เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ
A Prototype of Lime Vending Machine

นางสาวกัลยรัตน์ พูลเกษม
นางสาวชนิดาภา ณ หนองคาย
นายบุรัสกร กุลดิลก
นายอภิวัฒน์ บริสุทธิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ
A Prototype of Lime Vending Machine

นางสาวกัลยรัตน์ พูลเกษม
นางสาวชนิดาภา ณ หนองคาย
นายบุรัสกร กุลดิลก
นายอภิวัฒน์ บริสุทธิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Prototype of Lime Vending Machine

Ms.Kanyarat Poolkasem
Ms.Chanidapa Na nongkhai
Mr.Burassakorn Kuldilok
Mr.Apiwat Borrisuthi

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

A Prototype of Lime Vending Machine

นักศึกษาผู้จัดทำโครงการ

1. นางสาวกัลยรัตน์	พูลเกษม	รหัสนักศึกษา 57010066
2. นางสาวชนิดาภา	ณ หนองคาย	รหัสนักศึกษา 57010251
3. นายบุรัสกร	กุลดิลก	รหัสนักศึกษา 57010707
4. นายอภิวัฒน์	บริสุทธิ์	รหัสนักศึกษา 57011479

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน	เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวกัลยรัตน์ พูลเกษม
	นางสาวชนิดาภา ณ หนองคาย
	นายบุรัสกร กุลดิลก
	นายอภิวัฒน์ บริสุทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมอาหาร
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ และ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ โดยใช้พันธุ์มะนาวแป้นรำไพ เคลือบด้วยสารเคลือบผิวที่ทำจากคาร์นูบาร์ ผลทดลองศึกษาสมบัติทางกายภาพพบว่ามะนาวหนึ่งผล มีมวล, ปริมาตร, เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต, สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตระหว่างมะนาวกับพื้นผิวทำเหล็กกล้าไร้สนิม 57.26±7.97 กรัม, 53.66±6.78 ลูกบาศก์เซนติเมตร, 46.54±2.02 มิลลิเมตร และ 0.33±0.06 ตามลำดับ เครื่องต้นแบบมีส่วนประกอบ ดังนี้ 1) ถังบรรจุมะนาว 2) ชุดหยอดเหรียญ 3) ระบบลำเลียงมะนาวด้วยมอเตอร์กระแสตรง และ 4) วงจรไฟฟ้าควบคุม หลักการทำงาน คือ เมื่อหยอดเหรียญเข้าช่องหยอดเหรียญ ชุดหยอดเหรียญส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์ในถังบรรจุมะนาวและมอเตอร์ของส่วนลำเลียงให้เริ่มทำงาน จากนั้นมะนาวถูกลำเลียงไปยังช่องจำหน่าย โดยที่ขนาดความเร็วรอบมอเตอร์ในถังบรรจุมะนาวมีความเร็วรอบอยู่ที่ 40 รอบต่อนาที และขนาดมอเตอร์ของตัวจ่ายมะนาวมีความเร็วรอบอยู่ที่ 55 รอบต่อนาที ถังบรรจุมะนาวที่มีการติดตั้งพัดลมและไม่มีการติดตั้งพัดลมสามารถเก็บรักษามะนาวได้ถึง 6 วัน ซึ่งถังที่ไม่มีการติดตั้งพัดลม สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักของมะนาวได้ช้ากว่า

คำสำคัญ : มะนาว, เครื่องหยอดเหรียญ, เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	A Prototype of Lime Vending Machine
Students	Ms.Kanyarat Poolkasem
	Ms.Chanidapa Na nongkhai
	Mr.Burassakorn Kuldilok
	Mr.Apiwat Borrisuthi
Project Advisor	Assistant professor Dr.Ekkapong Cheevitsopon
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Food Engineering
Academic year	2017

Abstract

This project aims to design and test performance of a prototype of lime vending machine. Limes (Pan Rum Pai) were coated by carnauba wax. The physical properties of limes were determined and used to design a prototype machine. The physical properties of limes were 57.26±7.97 g, 53.66±6.78 cm^3, 46.54±2.02 mm and 0.33±0.06 for mass, volume, geometric mean diameter and coefficient of static friction on stainless steel surface, respectively. The prototype consists of 1) lime container 2) coin acceptor 3) transportation unit and a DC motor and 4) controller unit. The operation begins from loading coin into the coin acceptor, sending control signal to a DC motor, transferring a lime to pick-up box. The rotational speed of motor in container was a 40 rpm and rotational speed of motor in feeder was a 55 rpm. The shelf life limes in the container with and without force ventilation was 6 days. The mass loss of limes storaged in container without force ventilation was less than that of limes storaged in container with force ventilation.

Keywords : Lime, Vending Machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตามความหวังของผู้จัดทำ เนื่องจากความเมตตากรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ ที่รับเป็นที่ปรึกษาแนะนำ และเสียสละเวลาชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เกี่ยวกับการทำปริญญานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณ คณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้จนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกคนในภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์นี้

สุดท้ายขอขอบคุณครอบครัวที่ให้การอุปการะในด้านการศึกษาและการสนับสนุนเป็นอย่างดีเสมอมา

คณะผู้จัดทำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	2
2.1 ทฤษฎีทางพฤษศาสตร์ของมะนาว	2
2.2 อุตสาหกรรมมะนาว	3
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.4 สิทธิบัตร	6
2.5 เครื่องหยอดเหรียญ	7
2.6 หลักการพื้นฐานของชิ้นส่วนเครื่องจักรกล	8
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	13
3.1 การทดลองเบื้องต้นสำหรับเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ	14
3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การทดสอบความสามารถของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ	22
3.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	26
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	27
4.1 ผลการทดลองเบื้องต้นสำหรับเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ	27
4.2 หลักการทำงานของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ	28
4.3 ผลการทดสอบความสามารถของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ	29
4.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	35
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	38
บรรณานุกรม	39
ภาคผนวก	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การจัดขนาดมะนาว	3
2.2 ราคามะนาวเบอร์ 1 เฉลี่ยต่อเดือน ประจำปี 2560	4
2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของมะนาว	5
2.4 ลักษณะทางกายภาพของเหรียญกษาปณ์ชนิดต่าง ๆ	7
2.5 ส่วนประกอบของโลหะไร้สนิม	8
4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของมะนาวและค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตของมะนาว	27
4.2 ผลการทดลองหาความเร็วมอเตอร์ในถังบรรจุที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ	29
4.3 ผลการทดลองหาความเร็วมอเตอร์ของตัวจ่ายมะนาวที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ	30
4.4 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของมะนาวที่เก็บรักษาในถังบรรจุที่มีการระบายอากาศแบบมีพัดลมติดตั้งและไม่มีพัดลมติดตั้ง	32
4.5 ราคาทุนในการสร้าง	35
4.6 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับบ้านที่อยู่อาศัย	36
4.7 การวิเคราะห์ต้นทุนการขายมะนาว	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 มะนาว	2
2.2 โครงสร้างมะนาว	3
2.3 เครื่องล้างมะนาว	6
2.4 เครื่องจำหน่ายสินค้าแบบหยอดเหรียญ	7
2.5 เพลา	9
2.6 เฟืองตรง	10
2.7 ส่วนประกอบของโซ่ส่งกำลัง	11
2.8 โครงสร้างภายในของลิมิตสวิตซ์	11
2.9 วงจรการทำงานของรีเลย์	12
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	13
3.2 การวัดด้านกว้าง และยาวของมะนาว	14
3.3 การวัดด้านหนาของมะนาว	15
3.4 การชั่งมวลมะนาว	15
3.5 ชุดวัดปริมาตร	16
3.6 ชุดทดสอบแรงเสียดทาน	16
3.7 รูปจำลอง (a) และเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ (b)	17
3.8 ภายในถังบรรจุมะนาว	18
3.9 ชุดหยอดเหรียญ	18
3.10 ท่อลำเลียง	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 ระบบลำเลียงมะนาวด้วยมอเตอร์กระแสตรง	19
3.12 วงจรไฟฟ้า	20
3.13 มะนาวที่เคลือบผิวแล้ว	22
3.14 เครื่องวัดความเร็วรอบ	23
3.15 เครื่องวัดสี	25
3.16 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ	25
4.1 มะนาวในท่อลำเลียง	28
4.2 มะนาวในถังบรรจุ	29
4.3 การสูญเสียมวลของมะนาวที่ถูกเก็บรักษาในถังบรรจุที่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา	30
4.4 การเปลี่ยนแปลงของสี (ค่า Hue angle) ของมะนาวที่ถูกเก็บรักษาในถังบรรจุที่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา	31
4.5 มะนาวที่ถูกเก็บรักษาในถังบรรจุที่ไม่มีการติดตั้งพัดลมของวันที่ 0 (a) และวันที่ 6 (b)	33
4.6 มะนาวที่ถูกเก็บรักษาในถังบรรจุที่มีการติดตั้งพัดลมของวันที่ 0 (a) และวันที่ 6 (b)	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

พืชตระกูลส้มเป็นผลไม้ที่มีสำคัญทางเศรษฐกิจ จากข้อมูลทางสถิติแสดงให้เห็นว่า ในประเทศไทยส้มมีผลผลิตและมูลค่ามีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่ปี 2550 เป็นต้นมาโดยราคาของส้มในปี 2559 สูงถึง 46.67 บาทต่อกิโลกรัม และมะนาวมีผลผลิตและมูลค่ามีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่ปี 2554 เป็นต้นมา โดยราคาของมะนาวในปี 2559 สูงถึง 55.60 บาทต่อกิโลกรัม (จริยา, 2559) อีกทั้งพืชตระกูลส้มยังมีปริมาณและมูลค่าการนำเข้าจากต่างประเทศสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณการนำเข้ามากถึง 155,832 ตัน และมีมูลค่าอยู่ที่ 5,367 ล้านบาทโดยประมาณ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2559) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการบริโภคพืชตระกูลส้มของคนไทยที่มีการเติบโตขึ้น

โดยจากข้อมูลขั้นต้น จึงนำมะนาวมาเป็นกรณีศึกษา โดยมะนาวจัดอยู่ในตระกูลส้มซึ่งมีอัตราการหายใจและการสังเคราะห์เอทิลีนต่ำ ผลของมะนาวเป็นรูปทรงค่อนข้างกลม สีเขียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-6 เซนติเมตร (วสันติ์, 2557) พันธุ์มะนาวที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ คือ มะนาวแป้น พันธุ์แป้นรำไพ เนื่องจากสามารถให้ผลผลิตได้ตลอดปี (พีระศักดิ์, 2555) มะนาวสดสามารถเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องได้ประมาณ 5-7 วัน เมื่อมะนาวแก่เปลือกชั้นนอกจะมีสีเหลือง (นิภา, 2541) จึงทำให้ต้องมีการยืดอายุการเก็บรักษาโดยการยืดอายุการเก็บรักษาอีกวิธีหนึ่งที่นิยม คือการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบ โดยทำการใช้คาร์นูบาร์ ในการเคลือบเนื่องจากหาง่าย มีราคาถูกและสามารถละลายในน้ำได้ดี อีกทั้งยังช่วยให้มะนาวมีสีผิวสวยน่ารับประทาน

คณะผู้จัดทำเล็งเห็นถึงอัตราการบริโภคพืชตระกูลส้มของคนไทยที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในยุคปัจจุบันที่วิถีการใช้ชีวิตของผู้บริโภคต้องการความสะดวกสบาย และความรวดเร็วในการทำกิจกรรมต่างๆ ดังนั้นการกระจายสินค้าให้เข้าถึงง่ายเป็นสิ่งสำคัญ ทางคณะผู้จัดทำจึงต้องการตอบสนองความต้องการ ของผู้บริโภคด้วยธุรกิจเครื่องจำหน่ายสินค้าแบบหยอดเหรียญ ซึ่งเป็นตัวเลือกการจัดจำหน่ายที่นิยม เนื่องจากใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย และสามารถทำงานได้ด้วยตนเองตลอดเวลา

1.2 จุดประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. เครื่องมีวงจรไฟฟ้าสำหรับชุดหยอดเหรียญ
2. ใช้มะนาวพันธุ์แป้นรำไพ เบอร์ 1 มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 45 มิลลิเมตร
3. เครื่องจำหน่ายได้ครั้งละ 1 ผล

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

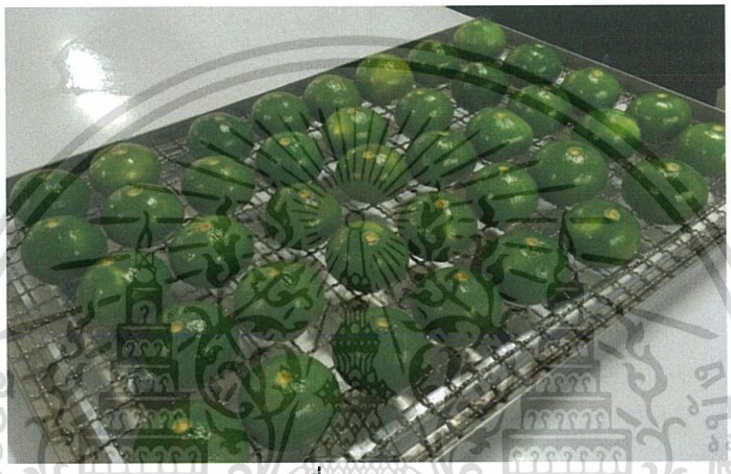
1. สามารถออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ
2. สามารถประยุกต์ใช้จำหน่ายพืชตระกูลส้มชนิดอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

การศึกษางานวิจัยเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ และเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ โดยทางคณะผู้จัดทำได้รวบรวมข้อมูล ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งสาระสำคัญดังนี้

2.1 ทฤษฎีทางพฤษศาสตร์ของมะนาว



รูปที่ 2.1 มะนาว

มะนาวเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle อยู่ในวงศ์ Rutaceae เช่นเดียวกับพืชสกุลส้มต่าง ๆ มะนาวเป็นพืชที่มีประโยชน์และคุณค่ามาก สามารถใช้ปรุงเป็นอาหารและเครื่องดื่ม มีรสเปรี้ยว อีกทั้งยังมีสรรพคุณทางยาสมุนไพร เพราะมีวิตามินซีสูง เป็นต้น

2.1.1 พันธุ์มะนาวและลักษณะประจำพันธุ์

1) มะนาวแป้น ผลขนาดกลาง รูปทรงแป้น และเปลือกบาง ให้ผลผลิตได้ตลอดปี มีหลากหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์แป้นรำไพ พันธุ์แป้นทราย พันธุ์แป้นพิจิต พันธุ์แป้นจริยา เป็นต้น

2) มะนาวหนัง ผลอ่อนมีลักษณะกลมยาวหัวท้ายแหลม เมื่อผลโตเต็มที่มีลักษณะกลมค่อนข้างยาว มีเปลือกค่อนข้างหนาจึงทำให้รักษาผลไว้ได้นาน

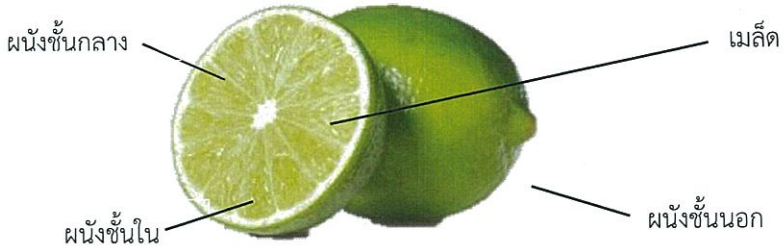
3) มะนาวไข่ ผลมีขนาดและลักษณะคล้ายกับมะนาวหนัง ผลอ่อนมีลักษณะกลมยาวหัวท้ายแหลม เมื่อผลโตเต็มที่มีลักษณะกลมมนขนาดผลโตกว่าและมีเปลือกบางกว่ามะนาวหนัง

4) มะนาวตาฮิติ เป็นมะนาวสายพันธุ์ที่นำเข้าจากหมู่เกาะตาฮิติ ประเทศญี่ปุ่น มะนาวพันธุ์นี้มีผลขนาดใหญ่ ไม่มีเมล็ด และเปลือกหนา

5) มะนาวพวง มีลักษณะรูปทรงรี เปลือกหนา ติดผลเป็นช่อมากกว่า 10 ผล และให้ผลผลิตตลอดปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ลักษณะทางกายภาพของมะนาว



รูปที่ 2.2 โครงสร้างมะนาว (Raw factory, 2015)

มะนาวมีลักษณะทางกายภาพที่สำคัญ ได้แก่ ผนังชั้นนอก ผนังชั้นกลาง ผนังชั้นใน และเมล็ด (Pathumpit, 2560) ดังรูปที่ 2.2

1) ผนังชั้นนอก มีสีเขียวหรืออาจเปลี่ยนเป็นสีอื่นเมื่อสุก ผนังชั้นนอกเป็นชั้นที่มีต่อมน้ำมันจำนวนมาก

2) ผนังชั้นกลาง มีลักษณะบาง อ่อนนุ่มคล้ายฟองน้ำสีขาว

3) ผนังชั้นใน มีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ และมีบางส่วนของชั้นนี้แปรรูปเป็นถุง (Juice sac) เพื่อสะสมน้ำตาลและกรดมะนาว

4) เมล็ด เจริญและพัฒนามาจากไข่ (Oval) ประกอบด้วย เปลือกหุ้มเมล็ด (Seed coat) ซึ่งมี 2 ชั้น ชั้นนอกมีสีเหลืองฟางข้าว ส่วนชั้นในมีลักษณะเป็นเยื่อบางสีน้ำตาล

2.2 อุตสาหกรรมมะนาว

มะนาวเป็นสินค้าเกษตรที่ออกผลตามฤดูกาล ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน ทำให้ช่วงเดือน มีนาคมถึงเมษายน ไม่มีมะนาวออกมาให้บริโภคหรือมีแต่ค่อนข้างน้อยและขนาดเล็ก ขณะที่ความต้องการมะนาวมีอย่างต่อเนื่อง ทำให้ราคาและขนาดมะนาวมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปี

1) การจัดขนาดมะนาว

มาตรฐานการจัดขนาดของมะนาวในประเทศไทย ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นเกณฑ์การจัดขนาด ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การจัดขนาดมะนาว

รหัสขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	
	พันธุ์ Citrus aurantifolia (Christm.) Swingle	พันธุ์ Citrus latifolia (Yu. Tanaka) Tanaka
1	มากกว่า 45	มากกว่า 55
2	มากกว่า 42 ถึง 45	มากกว่า 50 ถึง 45
3	มากกว่า 39 ถึง 42	มากกว่า 45 ถึง 50
4	มากกว่า 36 ถึง 39	มากกว่า 40 ถึง 45
5	มากกว่า 33 ถึง 36	มากกว่า 35 ถึง 40
6	30 ถึง 33	-

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ราคามะนาว

ราคามะนาวในประเทศไทยมีความแปรปรวนตลอดทั้งปี เนื่องจากมะนาวเป็นผลผลิตทางการเกษตร ออกผลตามฤดูการ ซึ่งมีราคาเฉลี่ยในแต่ละเดือนดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ราคามะนาวเบอร์ 1 เฉลี่ยต่อเดือน ประจำปี 2560

เดือน	สูงสุด (บาทต่อผล)	ต่ำสุด (บาทต่อผล)	เฉลี่ย (บาทต่อผล)
มกราคม	2.00	2.00	2.00
กุมภาพันธ์	2.00	2.00	2.00
มีนาคม	3.00	2.00	2.55
เมษายน	3.50	3.00	3.28
พฤษภาคม	4.50	3.00	3.87
มิถุนายน	3.00	2.00	2.47
กรกฎาคม	2.00	2.00	2.00
สิงหาคม	2.00	1.50	1.98
กันยายน	2.00	1.50	1.30
ตุลาคม	2.00	2.00	2.00
พฤศจิกายน	2.50	2.00	2.12
ธันวาคม	3.00	2.00	2.27

ที่มา : ตลาดสี่มุมเมือง (2560)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 สมบัติทางกายภาพของมะนาว

งานวิจัยสมบัติทางกายภาพของมะนาวของ Pawar et. al. (2015) ศึกษาการหาเส้นผ่านศูนย์กลางขั้ว เส้นผ่านศูนย์กลางรอบผล ความหนา มวล และความเป็นทรงกลม เพื่อแบ่งมะนาวออกเป็น 3 กลุ่มตามขนาด โดยเส้นผ่านศูนย์กลางขั้วเป็นการวัดจากขั้วของมะนาวไปยังด้านตรงข้ามเส้นผ่านศูนย์กลางรอบผลวัดตามแนวที่ตั้งฉากกับขั้วของมะนาว และความเป็นทรงกลมสามารถหาได้จากสมการ 2.1

$$\text{ความเป็นทรงกลม (\%)} = \frac{\left(D_p \times D_e \times T\right)^{1/3}}{D_p} \times 100 \qquad (2.1)$$

โดย D_p = เส้นผ่านศูนย์กลางขั้ว (มิลลิเมตร)

D_e = เส้นผ่านศูนย์กลางรอบผล (มิลลิเมตร)

T = ความหนา (มิลลิเมตร)

โดยค่าเฉลี่ยของแต่ละคุณสมบัติแสดงในตารางที่ 2.3 ซึ่งสามารถแบ่งมะนาวเป็น 3 กลุ่มได้ดังนี้

1) ขนาดใหญ่ ตั้งแต่ 41 มิลลิเมตร ขึ้นไป

2) ขนาดกลาง ระหว่าง 40 มิลลิเมตร ถึง 36 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ขนาดเล็ก ตั้งแต่ 35 มิลลิเมตร ลงไป

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของมะนาว

คุณสมบัติ	ขนาดใหญ่		ขนาดกลาง		ขนาดเล็ก	
	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD
เส้นผ่านศูนย์กลางขั้ว (มิลลิเมตร)	44.8	3.4	38.1	0.96	33.3	1.47
เส้นผ่านศูนย์กลางรอบผล (มิลลิเมตร)	44.7	2.6	38.1	0.95	33.4	1.12
ความหนา (มิลลิเมตร)	43.5	2.6	37.5	0.85	33.4	1.06
มวล (กรัม)	46.3	7.9	30.1	1.92	21.9	3.22
ความเป็นทรงกลม (เปอร์เซ็นต์)	97.5	3.1	98.2	0.70	99.1	1.20

ที่มา : Pawar et. al. (2015)

2.3.2 การยืดอายุการวางจำหน่ายของผลมะนาวโดยสารเคลือบผิวจากไขผึ้ง (เกศรัตน์ และคณะ, 2555)

งานวิจัยเรื่องการยืดอายุการวางจำหน่ายของผลมะนาวโดยสารเคลือบผิวจากไขผึ้งของคุณเกศรัตน์และคณะ จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ทำการศึกษาวิธีการยืดอายุของมะนาวด้วยสารเคลือบผิวจากไขผึ้ง โดยวิธีการทดลอง เริ่มจากการคัดเลือกมะนาวขนาดใกล้เคียงกันไม่มีแผล ไม่มีตำหนิ นำมาแช่มะนาวในน้ำอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเคลือบผิวของมะนาวด้วยไขผึ้งที่ความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 30±3 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 65-70 เปอร์เซ็นต์ โดยการทดลองนี้ตัดสินให้มะนาวหมดอายุก็ต่อเมื่อมวลมะนาวลดลงเกิน 12 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่าการใช้สารเคลือบผิวไขผึ้งความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุของมะนาวได้นานที่สุด ทั้งที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 26 และ 14 วัน ตามลำดับ

2.3.3 เครื่องจ่ายข้าวสารสามหัวจ่ายแบบหยอดเหรียญ (เพื่อชาติ, 2555)

งานวิจัยเรื่องเครื่องจ่ายข้าวสารสามหัวจ่ายแบบหยอดเหรียญของคุณเพื่อชาติ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจ่ายข้าวสาร มีการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่รับข้อมูลและควบคุมมอเตอร์กระแสตรงขนาด 12 โวลต์ ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที โดยส่วนชุดปล่อยข้าวสารประกอบด้วยถังเก็บข้าวสาร 3 ชนิด มีใบพัดหมุนทำหน้าที่เป็นตัวปล่อยให้ข้าวสารไหลออกมาจากถังได้ โดยกำหนดให้มอเตอร์หมุน 1 วินาที ปล่อยข้าวสารออกมา 0.14 กิโลกรัม มีระบบตรวจสอบปริมาณข้าวสารในถังโดยใช้ลิมิตสวิตช์ ถ้ามีข้าวสารปริมาณมากพอ ข้าวสารกดลิมิตสวิตช์ไว้ทำให้วงจรปิดสามารถจ่ายข้าวสารต่อไปได้ แต่เมื่อปริมาณข้าวสารไม่มากพอที่กดลิมิตสวิตช์ไว้ ทำให้วงจรเปิดและเครื่องไม่สามารถจ่ายข้าวสารได้และเหรียญที่หยอดลงไปแล้วคืนออกมา จากการทดลองปรากฏว่า มอเตอร์สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไข สามารถปล่อยข้าวสารได้น้ำหนักที่กำหนด และเมื่อข้าวสารในถังมีไม่มากพอกดลิมิตสวิตช์ไว้ เมื่อหยอดเหรียญแล้ว เหรียญจึงคืนกลับมาทุกครั้ง โครงการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาหารเม็ดสำหรับมนุษย์หรือสัตว์ได้อีกด้วย

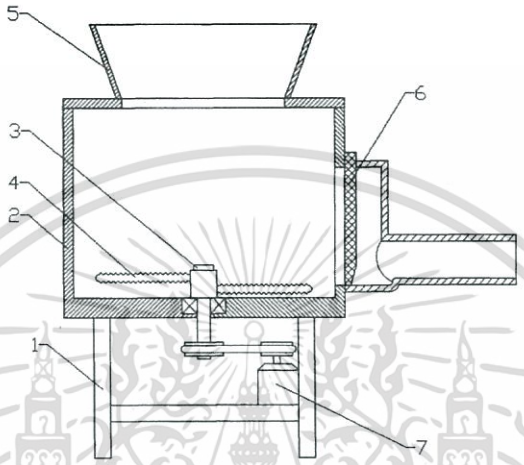
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สิทธิบัตร

2.4.1 เครื่องล้างมะนาว (Lime Washing Machine) (Xiuling, 2009)

กระบวนการล้างมะนาวเป็นการชำระสิ่งสกปรกออกจากผิวของมะนาว เช่น ดิน ฝุ่งผง ที่ทีติดมากับมะนาวจากกระบวนการเก็บเกี่ยว ก่อนส่งไปยังกระบวนการอื่น

เครื่องล้างมะนาวเครื่องนี้ได้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้สามารถล้างได้เร็วขึ้น ใช้แรงงานน้อยลง ประหยัดน้ำมากขึ้น ดังรูปที่ 2.3 มีการติดใบพัดที่ก้นถัง เมื่อใบพัดหมุน เกิดการเคลื่อนของน้ำในบริเวณถังผ่านบริเวณเบอร์ 2 เข้าไปในถังที่บรรจุมะนาวบริเวณเบอร์ 5

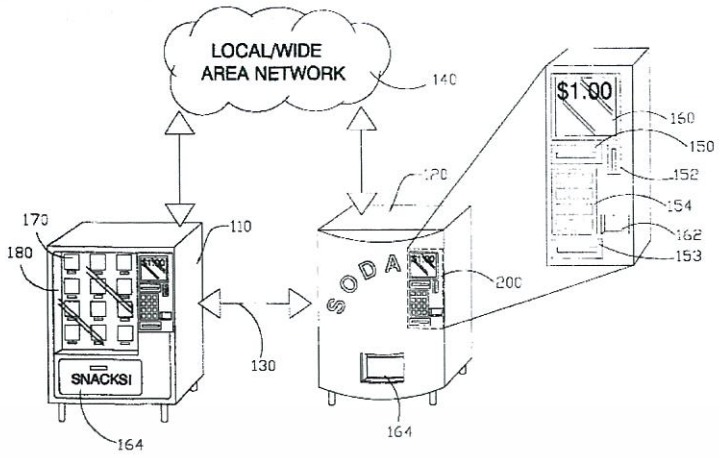


รูปที่ 2.3 เครื่องล้างมะนาว (Xiuling, 2009)

2.4.2 เครื่องจำหน่ายสินค้าแบบหยอดเหรียญ (Vending Machine) (Leason and Sullivan, 1999)

เครื่องจำหน่ายสินค้าแบบหยอดเหรียญ ดังรูปที่ 2.4 คือ เครื่องจักรที่สามารถจำหน่ายสินค้าครั้งละ 1ชิ้นหรือมากกว่าได้ สินค้าแต่ละชิ้นมีราคากำหนดไว้ ซึ่งมีตัวอย่างสินค้าแสดงไว้ โดยการทำงานของระบบเริ่มทำงานได้ต่อเมื่อมีการส่งสัญญาณให้กับแผงควบคุมโดยการหยอดเหรียญหรือใช้ธนบัตร เมื่อได้รับสัญญาณแล้วระบบควบคุมจึงทำการตรวจสอบสินค้าว่ามีสินค้าหมดหมดหรือไม่ หากสินค้าหมดจึงมีสัญญาณแสดงขึ้นให้ผู้บริโภคเห็นได้ชัดเจน เช่น มีไฟสีแดงขึ้นที่สินค้าที่หมด เป็นต้น โดยสามารถเลือกซื้อสินค้าได้เฉพาะสินค้าที่มีราคาไม่เกินจำนวนเงินที่ผู้บริโภคจ่ายไป โดยมีช่องทางออกของสินค้าที่ด้านล่างของเครื่อง โดยเครื่องจำหน่ายสินค้าแบบหยอดเหรียญมีข้อดีที่ความสะดวกรวดเร็ว สามารถทำงานได้ตลอดเวลาไม่จำเป็นต้องใช้แรงงาน สามารถติดตั้งได้ในหลายที่ และง่ายต่อการดูแลรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 เครื่องจำหน่ายสินค้าแบบหยอดเหรียญ (Leason and Sullivan, 1999)

2.5 เครื่องหยอดเหรียญ

อุปกรณ์หยอดเหรียญ (Coin acceptor) คือ อุปกรณ์รับเหรียญตรวจสอบว่าลักษณะตรงกับเหรียญต้นแบบที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยเหรียญแต่ละชนิดมีลักษณะทางกายภาพ ดังตารางที่ 2.4 หากลักษณะไม่ตรงกันเหรียญนั้นจึงถูกปล่อยคืนออกมา ซึ่งอุปกรณ์นี้โดยส่วนใหญ่สามารถแบ่งประเภทได้สองประเภท คือ ชนิดรับเหรียญลักษณะเดียว และชนิดรับเหรียญหลายลักษณะ หลักการพื้นฐานสำหรับการตรวจสอบเหรียญ คือ การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเหรียญเทียบกับลักษณะเหรียญต้นแบบที่กำหนดไว้ ซึ่งวิเคราะห์เหรียญตามน้ำหนัก ขนาด และองค์ประกอบโลหะหรือค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้า จากนั้นสัญญาณไฟฟ้าถูกส่งออกไปผ่านวงจรที่เชื่อมต่อไว้

ตารางที่ 2.4 ลักษณะทางกายภาพของเหรียญกษาปณ์ชนิดต่างๆ

ชนิดเหรียญ	ส่วนประกอบ	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)
25 สตางค์	เหล็กชุบทองแดง	16.00	1.9
50 สตางค์	เหล็กชุบทองแดง	18.00	2.4
1 บาท	เหล็กชุบนิกเกิล	20.00	3.0
2 บาท	อะลูมิเนียมบรอนซ์	21.75	4.4
5 บาท	คิวโปรนิกเกิล สอดไส้ทองแดง	24.00	7.5
10 บาท	คิวโปรนิกเกิล (วงแหวน) อะลูมิเนียมบรอนซ์ (ตรงกลาง)	26.00	8.5

ที่มา : สำนักกษาปณ์ (2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 หลักการพื้นฐานของชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

2.6.1 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) (British Stainless Steel Association, 2017)

เป็นโลหะผสมเหล็กที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย ซึ่งประกอบด้วยโครเมียมอย่างน้อย ร้อยละ 10.5 ของมวลโลหะทั้งหมด ทำให้เกิดชั้นบางๆเคลือบผิวเหล็กไว้ (Passive layer) เพื่อป้องกันการกัดกร่อนบนพื้นผิวของโลหะ ซึ่งปริมาณของโครเมียมนั้นมีผลต่อความทนทานการกัดกร่อน ซึ่งในกระบวนการผลิตอาหารและเครื่องดื่ม หรืออุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับอาหารนั้น European Hygienic Engineering and Design Group (EHEDG) กล่าวว่าโดยปกติใช้โลหะไร้สนิมประเภทออสทินิติก(Austenitic stainless steel) ชนิด 304 และ 316 ซึ่งมีส่วนประกอบดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบของโลหะไร้สนิม

ชนิดของโลหะไร้สนิม	ส่วนประกอบ (ร้อยละ)				
	คาร์บอน	ซิลิคอน	โครเมียม	โมบิลินัม	นิกเกิล
304	0.08	0.75	18.00 - 20.00	-	8.00 - 10.50
304L	0.03	1.00	18.00 - 20.01	-	8.00 - 12.00
316	0.08	0.75	16.00 - 18.00	2.00 - 3.00	-
316L	0.03	0.75	16.00 - 18.01	2.00 - 3.00	-

ที่มา : Atlas Steels (2010)

2.6.2 มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric motor) (ไชยชาญ, 2560)

มอเตอร์ไฟฟ้า คือ อุปกรณ์เครื่องกลสำหรับเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ซึ่งพลังงานกลเกิดจากสนามแม่เหล็กของขั้วแม่เหล็กกับขดลวดในมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อส่งกำลังควบคุมเครื่องจักรกลต่างๆ

1) ประเภทของมอเตอร์

1.1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current motor หรือ A.C. motor) มอเตอร์ไฟฟ้าสลับแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous Motor) และมอเตอร์ไฟฟ้าแบบซิงโครนัส (Synchronous motor)

1.2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current motor หรือ D.C. motor) แบ่งประเภทออกได้ 2 ประเภท ได้แก่ มอเตอร์ชนิดกระตุ้นฟิลด์จากภายนอก (Separated excited motor) และมอเตอร์ชนิดกระตุ้นฟิลด์จากภายในตัวเอง (Self excited motor)

2) การคำนวณหากำลังของมอเตอร์

เมื่อต้องการคำนวณหาขนาดกำลังมอเตอร์ที่ใช้เป็นต้นกำลัง จึงได้ค่า F นิวตัน ที่กระทำกับเพลา ทำให้เพลาหมุนด้วยความเร็วรอบ N รอบต่อนาที ขณะที่เพลาหมุนไป 1 รอบสามารถหาค่าต่างๆได้ดังสมการดังนี้

2.1) การคำนวณหางาน

สมการที่ใช้คำนวณหางาน สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.2

$$W_F = F \times 2\pi r \times N \qquad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) การคำนวณหาแรงบิด

สมการที่ใช้คำนวณหาแรงบิด สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.3

$$T = F \times r \tag{2.3}$$

2.3) การคำนวณหากำลังมอเตอร์

สมการที่ใช้คำนวณหากำลังมอเตอร์ สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.4

$$P = 2\pi T \frac{N}{60} \tag{2.4}$$

โดย P = กำลัง (วัตต์)

T = โมเมนต์แรงบิด (นิวตัน)

F = แรงที่กระทำ (นิวตัน)

N = ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)

r = รัศมี (เมตร)

2.6.3 เพลา (Shaft) (วริทธิ์ และชาญ, 2523)

เพลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องมือกล ของระบบส่งผ่านกำลัง กำลังที่ส่งผ่านเพลาอยู่ในรูปของโมเมนต์แรงบิด(Torque) ในการส่งกำลังผ่านระหว่างเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งจำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง เช่น เฟือง โซ่ สายพาน ฯลฯ ดังนั้นจึงเกิดแรงซึ่งเกิด จากการขบกันของเฟือง แรงเนื่องจากการฉุดของโซ่ หรือแรงดึงของสายพานมากระทำต่อเพลาอันเป็นผลให้เกิดโมเมนต์ดัด (Bending moments) ขึ้นบนเพลาด้วย ดังนั้นขณะที่เพลาทำหน้าที่ส่งผ่านกำลังเพลารับทั้งโมเมนต์บิดและโมเมนต์ดัดพร้อมกัน โดยเพลานั้นนิยมยึดกับตลับลูกปืน ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 เพลา (อนุชิต, 2560)

2.6.4 เฟือง (Gears) (Heiphar, 2014)

เป็นเครื่องกลที่ทำงานโดยการหมุน ทำขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์สำหรับการส่งกำลังในลักษณะของแรงบิด (Torque) โดยการหมุนของตัวเฟืองที่มีฟันอยู่ในแนวรัศมี โดยการส่งกำลังสามารถเกิดขึ้นได้ ก็ต่อเมื่อมีฟันเฟืองตั้งแต่สองตัวขึ้นไป

1) เฟืองตรง (Spur gears) เป็นเฟืองที่ใช้ส่งกำลังกับเพลาที่ขนานกันเฟืองตรงเหมาะสำหรับการส่งกำลังที่มีความเร็วรอบต่ำ ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งข้อดีของเฟืองตรง คือ ทำให้ไม่เกิดแรงในแนวแกนระหว่างใช้งาน ประสิทธิภาพในการทำงานสูงหน้ากว้างของเฟืองตรงสามารถเพิ่มได้เพื่อให้ เกิดผิวสัมผัสที่มากขึ้นเพื่อลดการสึกหรอให้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 เฟืองตรง (แมนูแฟคเจอร์โอเวอร์ฮอลราพิดแอนด์ออพติมอล, 2017)

2) เฟืองเฉียง (Helical gears) สามารถใช้งานได้เหมือนกับเฟืองตรงแต่มีข้อดีตรงที่เมื่อใช้งานที่ความเร็วรอบสูงจึงไม่มีเสียงเกิดขึ้น ได้มีการพัฒนาเป็นเฟืองก้างปลามีลักษณะฟันเฟืองเฉียงเข้าหากันในมุมที่เท่ากัน ทำให้แรงลัพธ์ของแรงรุนมีค่าเป็นศูนย์ สามารถรับแรงได้มากกว่าและมีแรงสั่นสะเทือนเกิดขึ้นน้อยกว่าเฟืองตรง

3) เฟืองสะพาน (Rack gears) เฟืองสะพานประกอบด้วยเฟือง (Gear) ทำหน้าที่ขับเคลื่อนส่วนมากเป็นเฟืองตรง และอีกส่วนคือเฟืองสะพาน (Rack) มีลักษณะเป็นแท่งตรงยาว ที่ด้านบนมีฟันที่ขบกับเฟือง(Gear) มีหน้าที่ช่วยในการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนจากเชิงมุมเป็นเชิงเส้น สามารถเป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาได้

4) เฟืองวงแหวน (Ring gear) มีลักษณะคล้ายกับเฟืองตรงแต่ต่างกันที่ฟันเฟืองของเฟืองวงแหวนนั้นอยู่ด้านในของวงกลมต้องใช้ทำงานร่วมกับเฟืองขนาดเล็ก เฟืองวงแหวนใช้งานในลักษณะที่ให้เฟืองขับและเฟืองตามทำงานในทิศทางเดียวกัน อัตราทดนั้นสามารถออกแบบให้มากหรือน้อยได้โดยขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองตัวนอก (Ring) และเฟืองตัวใน (Pinion) โดยที่ถ้าเฟืองตัวในเล็กกว่าเฟืองตัวนอกทำให้อัตราทดมากและถ้าเฟืองตัวในมีขนาดใหญ่กว่าเฟืองตัวนอกทำให้อัตราทดจึง โดยเฟืองวงแหวนเฟืองตัวเล็กที่อยู่ด้านในนั้นทำหน้าที่เป็นตัวขับ

5) เฟืองดอกจอก (Bevels gears) มีลักษณะคล้ายกับกรวยฟัน เฟืองดอกจอกมีแบบตรงและแบบเฉียง เฟืองดอกจอกเป็นเฟืองที่ใช้ส่งกำลังเพื่อเปลี่ยนทิศทางของเพลา สามารถทำมุมได้ 90 องศา และเป็นเฟืองที่ให้กำลังในการส่งมาก

6) เฟืองเกลียวสกรู (Spiral gears) ทำหน้าที่ส่งกำลังระหว่างเพลาที่ทำมุม 90 องศา และสามารถให้อัตราทดได้ระหว่าง 1 ถึง 5

2.6.5 โซ่ส่งกำลัง (Chain Drives) (ราชศักดิ์, 2555)

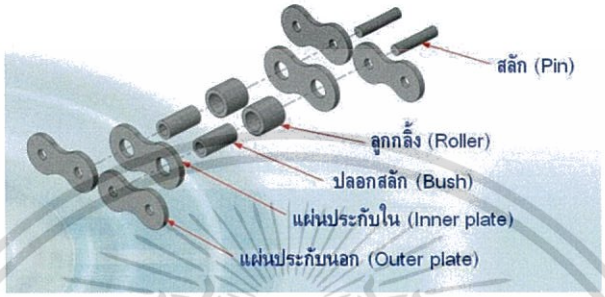
โซ่ที่สามารถให้โมเมนต์บิดได้สูงมาก โดยที่สามารถให้เป็นชุดส่งกำลังมีขนาดเล็กได้ ที่รองเพลารับภาระน้อยมาก ไม่มีการให้ลื่นไถลในขณะส่งกำลัง ในขณะส่งกำลังข้อต่อ โซ่ได้รับภาระความเสียดทานลื่น(Sliding friction) จึงต้องมีการหล่อลื่น โซ่ส่งกำลังเหมาะกับงานที่รับภาระดึงมาก และอุณหภูมิสูง โรงงานเคมี ไอน้ำมัน และความชื้นซึ่งเป็นที่สายพานไม่สามารถนำไปใช้งานได้ โซ่สามารถใช้ส่งกำลัง ลำเลียง ขับขับเคลื่อน ยก และส่งน้ำหนักลงข้างล่าง ทั้งส่งถ่ายแรงและโมเมนต์บิด ดังรูปที่ 2.7 โซ่จึงแบ่งตามลักษณะได้ดังนี้

1) โซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูช ประกอบด้วยแผ่นปิดข้าง โซ่ด้านนอก และด้านในที่ยึดด้วยบูชและโบลต์เข้าด้วยกัน โซ่ลูกกลิ้งที่มีใช้งานส่วนใหญ่มีลูกกลิ้งที่ชุบแข็งร้อยอยู่ในบูช ลูกกลิ้งนี้ช่วยลดความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียดทานและลดการสึกหรอของด้านข้างเฟืองโซ่ในขณะที่ล้อเฟืองขับโซ่ และมีเสียงดังน้อย เมื่อความเร็วโซ่สูงและได้รับโมเมนต์หมุนมาก ต้องใช้โซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูชแบบชุดหลายเส้น โดยปกติโซ่บูชทนการสึกหรอมากกว่าโซ่โบลต์ ซึ่งบูชหมุนได้ ส่วนโบลต์ยึดแน่นกับแผ่นปิดนอก

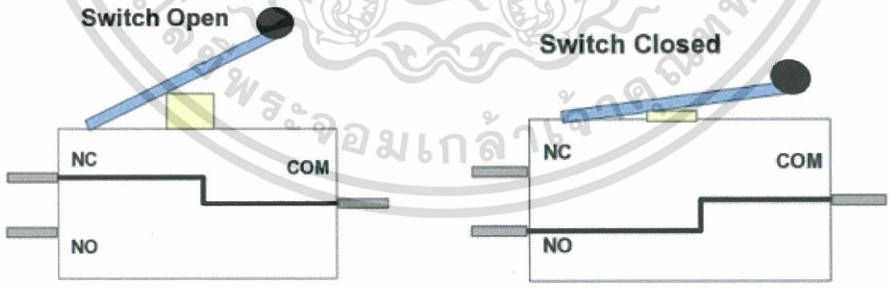
2) โซ่ฟัน มีรูปร่างฟันแต่ละข้อชัดเจน ฟันของโซ่ลงในร่องฟันของล้อโซ่พอดี แผ่นฟันที่ข้อต่อไม่ยึดด้วยโบลต์ แต่ยึดด้วยข้อต่อลูกกลิ้งที่มีความเสียดทานน้อยและทนต่อการสึกหรอได้ดี โซ่ฟันใช้รับกำลังงานได้สูง และเกือบไม่มีเสียงดังในขณะมีความเร็วโซ่ถึง 40 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของโซ่ส่งกำลัง (สำนักงานมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2560)

2.6.6 ลิมิตสวิตซ์ (Limit Switch) (บีเอฟอิเลคทริเคิลเทรดดิ้งไทยแลนด์, 2018)

ลิมิตซ์สวิตซ์เป็นสวิตซ์ที่จำกัดระยะทาง และอาศัยแรงกดจากภายนอกมากระทำ เป็นผลให้หน้า สัมผัสที่ต่อกับก้าน เปิด-ปิด ตามจังหวะของการชน โดยลิมิตสวิตซ์แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือปกติเปิด (NO) และปกติปิด (NC) ตัวอย่างการทำงานเช่น โครงสร้างภายในของแบบปกติปิด หน้าสัมผัสต่อถึงกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้ เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำกับก้าน ทำให้หน้าสัมผัสแย่งออกจากกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหวผ่านได้ และเมื่อนำแรงภายนอกออกจึงทำให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้อีกครั้ง ดังรูปที่ 2.8



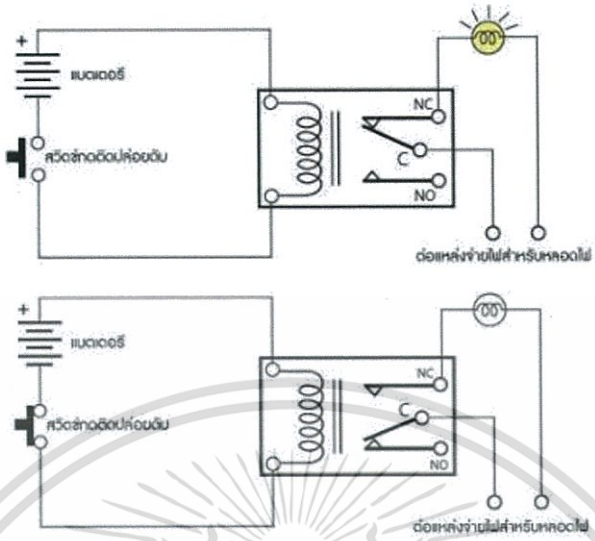
รูปที่ 2.8 โครงสร้างภายในของลิมิตสวิตซ์ (Tumrobot, 2018)

2.6.7 รีเลย์ (Relay) (Psptech, 2018)

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสเพื่อให้เปลี่ยนสภาวะ คล้ายกับการทำงานของสวิตซ์ ใช้ในการควบคุมวงจรต่างๆ ส่วนประกอบที่สำคัญของรีเลย์มี 2 ส่วนหลัก คือ ขดลวด (Coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนามแม่เหล็กให้แกนโลหะดึงดูดหน้าสัมผัส และส่วนสัมผัส (Contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟฟ้าให้อุปกรณ์ที่เราต้องการ ซึ่งมีวงจรการทำงานดังรูปที่ 2.9

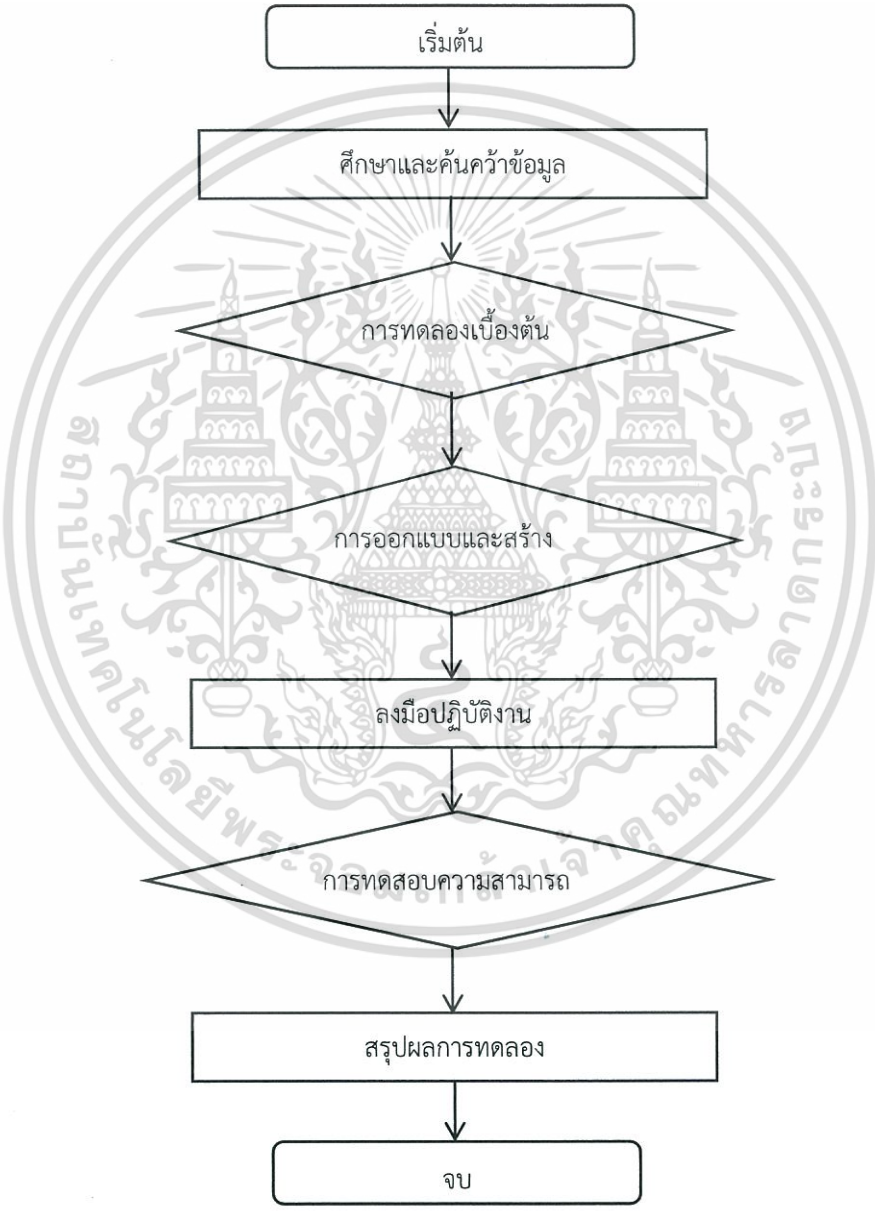


รูปที่ 2.9 วงจรการทำงานของรีเลย์ (Psptech, 2018)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานวิจัยเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญมีจุดประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ และ 2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การทดลองเบื้องต้นสำหรับเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

การทดลองเบื้องต้นสำหรับเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ 1) ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของมะนาว 2) การหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตของมะนาว ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นนั้นทำให้ทราบค่าตัวแปรต่างๆ สำหรับการออกแบบเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

3.1.1 ทดสอบคุณสมบัติทางกายของมะนาว

ลักษณะทางกายของมะนาวมีผลต่อการออกแบบเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ โดยมีวิธีการและอุปกรณ์ดังนี้

วัสดุและอุปกรณ์

1) มะนาว 100 ผล

2) เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

3) เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 0.0001 กรัม

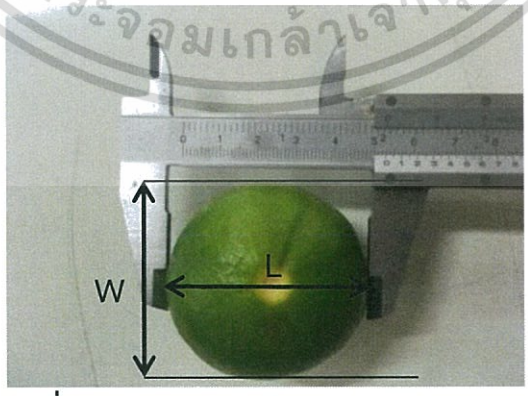
วิธีการทดลอง

1) วัดขนาดมะนาวด้านยาว (L) ด้านกว้าง (W) และด้านหนา (T) ดังรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงเรขาคณิต (GMD), ความเป็นทรงกลม (S) และพื้นที่ผิว (A) ด้วยสมการที่ (3.1), (3.2), และ (3.3) ตามลำดับ (ดัดแปลงจาก Mohesenin, 1970 และ McCabe et. al., 1986)

$$GMD = (LWT)^{\frac{1}{3}} \tag{3.1}$$

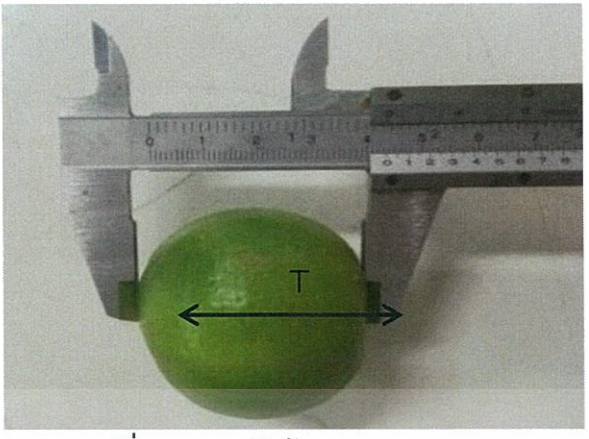
$$S = \frac{(LWT)^{\frac{1}{3}}}{L} \times 100\% \tag{3.2}$$

$$A = \pi(GMD)^2 \tag{3.3}$$



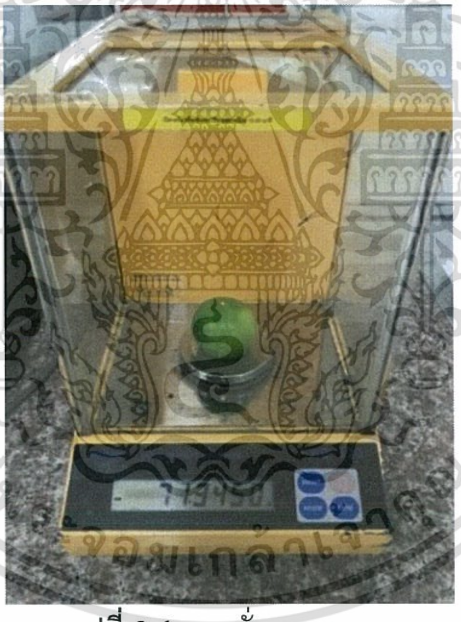
รูปที่ 3.2 การวัดด้านกว้างและยาวของมะนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 การวัดด้านหนาของมะนาว

2) นำมะนาวมาชั่งมวลด้วยเครื่องชั่งมวลดังรูปที่ 3.4 และทำการหาปริมาตรของมะนาวด้วยหลักการแทนที่ด้วยน้ำด้วยชุดวัดปริมาตรดังรูปที่ 3.5 (ดัดแปลงจาก Sharifi et. al., 2550)



รูปที่ 3.4 การชั่งมวลมะนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 ชุดวัดปริมาตร

3.1.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต

การหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตเพื่อนำไปใช้ออกแบบหาค่ามุมที่เหมาะสมในการเคลื่อนที่ของมะนาว โดยนำมะนาว 100 ผล มาทดสอบบนชุดทดสอบดังรูปที่ 3.6 การหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต โดยการอ่านค่ามุมที่มะนาวเคลื่อนที่ (θ) บนพื้นผิวของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม จากนั้นทำการหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต (μ_s) ดังสมการที่ 3.5

$$\mu_s = \tan\theta \tag{3.4}$$

รูปที่ 3.6 ชุดทดสอบแรงเสียดทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

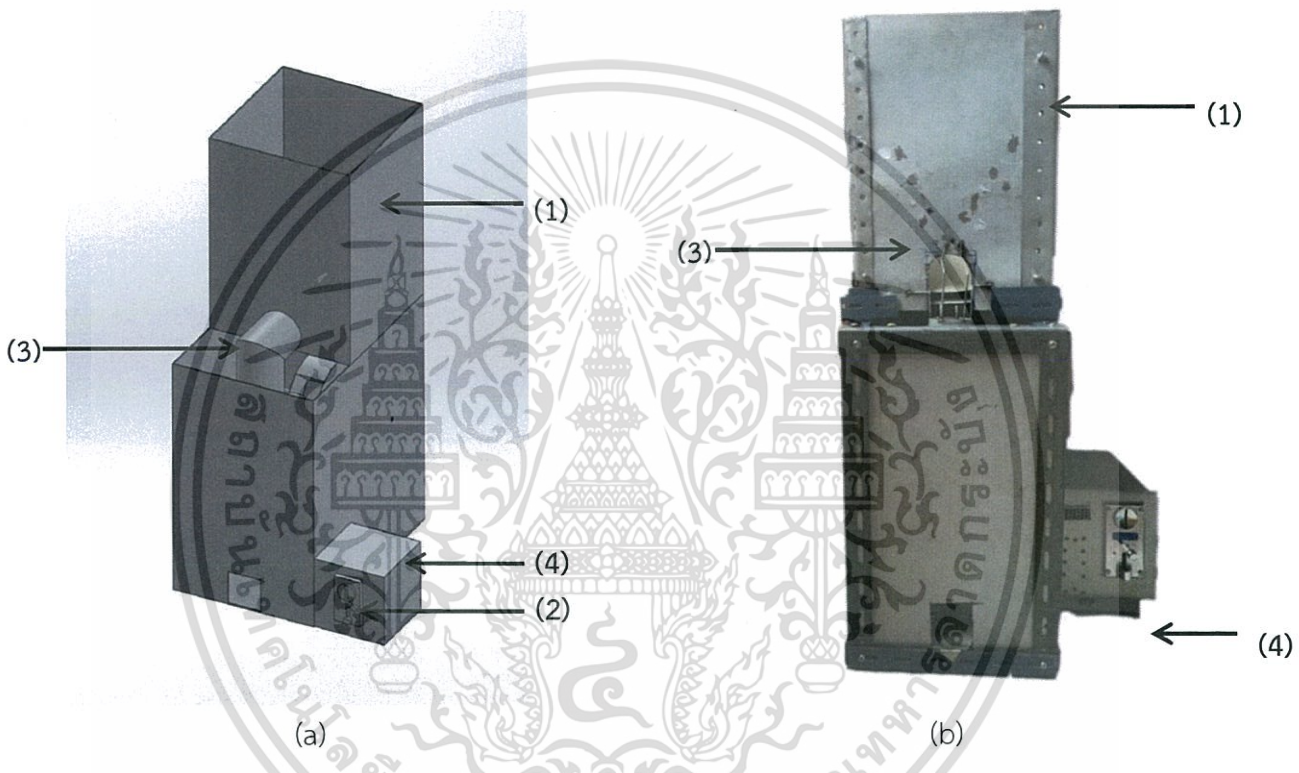
3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

การออกแบบเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ ได้อาศัยข้อมูลจากการทดลองเบื้องต้นมาใช้ประกอบการออกแบบ โดยเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

3.2.1 ส่วนประกอบเครื่องจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

เครื่องจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญที่ได้ทำการออกแบบมีส่วนประกอบดังนี้

1) ถังบรรจุมะนาว 2) ชุดหยอดเหรียญ 3) ระบบลำเลียงมะนาวด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และ 4) วงจรไฟฟ้าควบคุม โดยมีรูปจำลองและเครื่องต้นแบบดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 รูปจำลอง (a) และเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ (b)

1) ถังบรรจุมะนาว

ถังบรรจุมะนาว มีขนาดกว้าง ยาว และสูง เท่ากับ 30, 30 และ 42 เซนติเมตรตามลำดับ โดยภายในมีพื้นถังทำมุมเอียง 30 องศากับแนวระนาบ และบนพื้นถังมีแผ่นหมุน (1) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ทำหน้าที่หมุนเพื่อให้มะนาวที่ถูกบรรจุในถังเกิดการเคลื่อนที่ดังรูปที่ 3.8 ซึ่งแผ่นหมุนนั้นควบคุมการหมุนด้วยมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 ภายในถังบรรจุมะนาว

2) ชุดหยอดเหรียญ

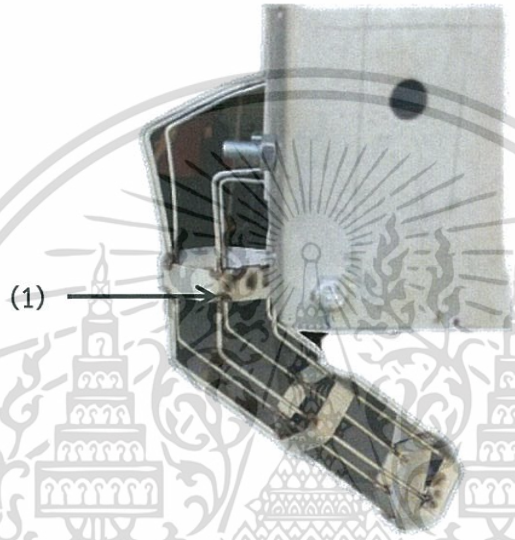
ชุดหยอดเหรียญมีหน้าที่รับเหรียญแล้วส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์ให้ทำงาน ซึ่งกำหนดว่าให้ตัวรับเหรียญนั้นรับเหรียญได้เพียงเหรียญเดียว มีหลักการทำงานคือ อุปกรณ์หยอดเหรียญจะทำการเทียบเหรียญที่ถูกหยอดเข้ามากับเหรียญตัวอย่างเมื่อมีการหยอดเหรียญเข้าไปที่ตัวรับเหรียญจากค่าความเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กของวัสดุที่ใช้ทำเหรียญแต่ละชนิด หากเป็นเหรียญชนิดเดียวกันกับเหรียญตัวอย่างจะทำการส่งสัญญาณไปที่วงจรไฟฟ้าควบคุม หากเป็นคนละชนิดกันเหรียญจะออกมาที่ช่องคืนเหรียญ ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 ชุดหยอดเหรียญ

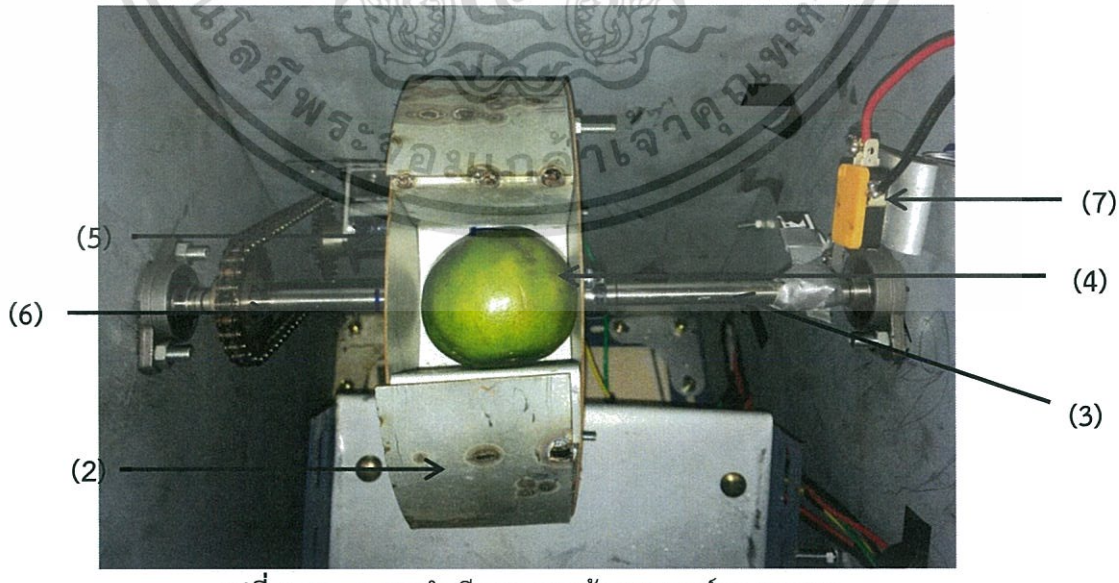
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ระบบลำเลียงมะนาวด้วยมอเตอร์กระแสตรง

ระบบลำเลียงประกอบด้วยท่อลำเลียง (1) ทำหน้าที่ลำเลียงมะนาวระหว่างถังบรรจุไปยังตัวจ่ายมะนาว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ยาว 37 เซนติเมตร และทำมุมเอียง 30 องศา ดังรูปที่ 3.10 และตัวจ่ายมะนาว (2) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 เซนติเมตร สวมกับเพลา (3) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และมีช่องรับมะนาว (4) ขนาดกว้าง ยาว และลึกเท่ากัน คือ 6 เซนติเมตร ทำหน้าที่จ่ายมะนาวครั้งละ 1 ผล ด้วยมอเตอร์กระแสตรง (5) ความเร็ว 50 รอบต่อนาที โดยมีโซ่และเฟือง (6) เป็นตัวส่งกำลัง และมีลิมิตสวิตช์ (7) เป็นตัวควบคุมการทำงานของมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุนครบ 1 รอบ ลิมิตสวิตช์จะส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์ให้หยุดการทำงาน ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.10 ท่อลำเลียง

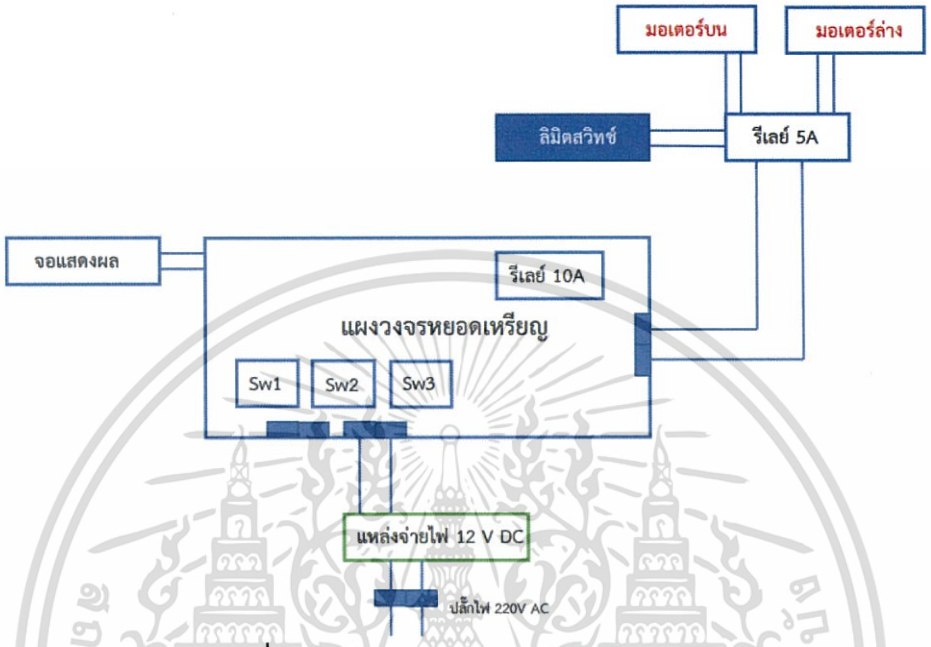


รูปที่ 3.11 ระบบลำเลียงมะนาวด้วยมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) วงจรไฟฟ้าควบคุม

วงจรไฟฟ้าควบคุม ประกอบด้วย วงจรไฟฟ้าไมโครคอนโทรเลอร์, รีเลย์ และ ลิมิตสวิตช์ (ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ล่างใช้ลำเลียงมะนาว) ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ผังการทำงานระบบไฟฟ้าควบคุม

3.2.2 การคำนวณขนาดมอเตอร์

การคำนวณขนาดมอเตอร์เพื่อจะได้ทราบถึงขนาดกำลังที่ใช้เป็นต้นกำลังเพื่อขับเคลื่อนเพลาให้ทำงานของเครื่องจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ โดยใช้สมการที่ 3.5 และ 3.6

$$T = F \times r \tag{3.5}$$

$$P = 2\pi T \frac{N}{60} \tag{3.6}$$

โดย P = กำลังที่เพลารับแรงจากมอเตอร์ (วัตต์)

T = โมเมนต์แรงบิดของเพลา (นิวตัน)

F = แรงที่กระทำต่อเพลา (นิวตัน)

N = ความเร็วรอบของเพลา (รอบต่อนาที)

r = รัศมีของเพลา (เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การคำนวณกำลังมอเตอร์ภายในถังบรรจุมะนาว

การคำนวณขนาดมอเตอร์ภายในถังบรรจุมะนาว โดยภายในถังบรรจุมะนาวจำนวน 50 ผล สามารถคำนวณหาโมเมนต์แรงบิดจากสมการ 3.4 และขนาดมอเตอร์จากสมการ 3.5

จากสมการ 3.4 $T = 28.06 \times 0.15$

$T = 4.21$ Nm

จากสมการ 3.5 $P = 2\pi(4.21)\frac{50}{60}$

$P = 22.04$ Watt

โดย F = แรงที่กระทำต่อเพลา คือน้ำหนักมะนาว 50 ผลภายในถัง (28.0574 นิวตัน)

N = ความเร็วรอบของเพลา (50 รอบต่อนาที)

r = ระยะเพลา (0.15 เมตร)

2) การคำนวณกำลังมอเตอร์ของตัวจ่ายมะนาว

การคำนวณขนาดมอเตอร์ภายในถังบรรจุมะนาว โดยภายในถังบรรจุมะนาวจำนวน 50 ผล สามารถคำนวณหาโมเมนต์แรงบิดจากสมการ 3.4 และขนาดมอเตอร์จากสมการ 3.5

จากสมการ 3.4 $T = 10.37 \times 0.09$

$T = 0.93$ Nm

จากสมการ 3.5 $P = 2\pi(0.93)\frac{50}{60}$

$P = 4.87$ Watt

โดย F = แรงที่กระทำต่อเพลา คือน้ำหนักมะนาว 1 ผลและน้ำหนักตัวจ่ายมะนาว (10.37 นิวตัน)

N = ความเร็วรอบของเพลา (50 รอบต่อนาที)

r = ระยะเพลา (0.09 เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดสอบความสามารถของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

3.3.1 การทดลองหาความเร็วมอเตอร์ในถังบรรจุที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

การทดลองหาความเร็วมอเตอร์ในถังบรรจุที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ เป็นการหาความเร็วรอบที่เหมาะสมที่ทำให้มะนาวในถังบรรจุมีโอกาสไหลเข้าท่อลำเลียงมะนาวในแต่ละครั้งที่หยอดเหรียญมากที่สุด

วัสดุและอุปกรณ์

1) เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

2) มะนาวที่เคลือบผิวแล้ว 50 ผล รูปที่ 3.13

3) เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer) รูปที่ 3.14

วิธีการทดลอง

1) นำมะนาวที่เคลือบผิวแล้วจำนวน 50 ผล ดังรูปที่ 3.13 ใส่ลงในถังบรรจุของเครื่องจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ โดยใส่เข้าไปในท่อลำเลียงมะนาวด้วย

2) ตั้งค่าความเร็วมอเตอร์ 45 รอบต่อนาที โดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ ดังรูปที่ 3.14 วัดความเร็วรอบ และหยอดเหรียญ 5 บาทเข้าไปที่ชุดหยอดเหรียญเป็นจำนวน 50 ครั้ง ซึ่งถังบรรจุมีมะนาว 50 ผลทุกครั้ง จากนั้นบันทึกจำนวนครั้งที่มะนาวเข้าท่อลำเลียง และนำมาคำนวณหาร้อยละการลำเลียงมะนาวเข้าท่อลำเลียงด้วยสมการที่ 3.7 ดังนี้

$$\text{ร้อยละการลำเลียงมะนาวเข้าท่อลำเลียง} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่มะนาวเข้าท่อเลียงใน 50 ครั้ง}}{50} \times 100\% \qquad (3.7)$$

3) ทำการทดลองซ้ำในข้อ 1 และ 2 โดยเปลี่ยนความเร็วรอบมอเตอร์เป็น 40 และ 35 รอบต่อนาที ตามลำดับ

รูปที่ 3.13 มะนาวที่เคลือบผิวแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 เครื่องวัดความเร็วรอบ

3.3.2 การทดลองหาความเร็วมอเตอร์ของตัวจ่ายมะนาวที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

การทดลองความเร็วมอเตอร์ที่เหมาะสมในการจำหน่ายมะนาวของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญทำเพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมที่ทำให้มะนาวออกมายังช่องรับสินค้าเป็นจำนวน 1 ผล

วัสดุและอุปกรณ์

1) เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ
2) มะนาวที่เคลือบผิวแล้ว 50 ผล
3) นาฬิกาจับเวลา
4) เครื่องวัดความเร็วรอบ

วิธีการทดลอง

1) นำมะนาวที่เคลือบผิวแล้วจำนวน 50 ผลใส่ลงในถังบรรจุของเครื่องจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

2) ตั้งค่าความเร็วมอเตอร์ 55 รอบต่อนาที โดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ เริ่มจับเวลาเมื่อหยอดเหรียญ 5 บาทเข้าไปที่ชุดหยอดเหรียญ และหยุดเวลาเมื่อมะนาวถูกจ่ายออกมายังช่องรับสินค้า บันทึกเวลา และทำเช่นนี้เป็นจำนวน 50 ครั้ง ซึ่งในเครื่องจะมีมะนาวบรรจุ 50 ผลทุกครั้ง

3) ทำการทดลองซ้ำในข้อ 1 และ 2 โดยเปลี่ยนความเร็วรอบมอเตอร์เป็น 40 และ 25 รอบต่อนาที ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การทดลองการเก็บรักษามะนาวในถังบรรจุมะนาวที่มีการระบายอากาศแบบมีพัดลมติดตั้งและไม่มีพัดลมติดตั้ง

ทดลองโดยการบันทึกและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของมะนาวที่ถูกเก็บรักษาในถังบรรจุที่ไม่มีการติดตั้งพัดลมเปรียบเทียบกับกับการเก็บรักษาในถังบรรจุที่มีการติดตั้งพัดลมเพื่อเพิ่มการระบายอากาศ เป็นระยะเวลา 12 วัน โดยใช้พัดลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร และมีความเร็วลม 8.5 เมตรต่อวินาที

วัสดุและอุปกรณ์

1) เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญที่ไม่มีการติดตั้งพัดลมและมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ

2) เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 0.0001 กรัม

3) เครื่องวัดสี Hunter lab รุ่น Colorflex ez รูปที่ 3.15

4) เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ยี่ห้อ Uni-t รุ่น UT333 รูปที่ 3.16

5) มะนาวที่เคลือบผิวแล้ว 100 ผล

วิธีการทดลอง

1) แบ่งมะนาวเป็น 2 ชุดการทดลอง ชุดละ 50 ผล มีการติดตามผลชุดละ 30 ผล โดยการติดหมายเลขบนมะนาวจากนั้นนำมาเก็บรักษาลงในถังบรรจุที่ไม่มีการติดตั้งพัดลมกับถังบรรจุที่มีการติดตั้งพัดลมอย่างละ 1 ชุด

2) บันทึกและวิเคราะห์ผลทางกายภาพของมะนาวทุกวัน โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของมะนาว คือการสูญเสียน้ำหนักของมะนาว และการเปลี่ยนแปลงสีผิวเป็นค่า Hue angle ด้วยสมการที่ 3.8 (Mclennan et. al., 1995)

$$h^{\circ} = 180+\arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \qquad (3.8)$$

และวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาภายในถังบรรจุ ซึ่งพิจารณาจากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค โดยมีผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ประเมินให้คะแนนผลมะนาว ของชุดการทดลองนั้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในช่วง 1- 9 คะแนน ดังนี้

9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด

8 คะแนน คือ ชอบมาก

7 คะแนน คือ ชอบปานกลาง

6 คะแนน คือ ชอบเล็กน้อย

5 คะแนน คือ เฉยๆ

4 คะแนน คือ ไม่ชอบเล็กน้อย

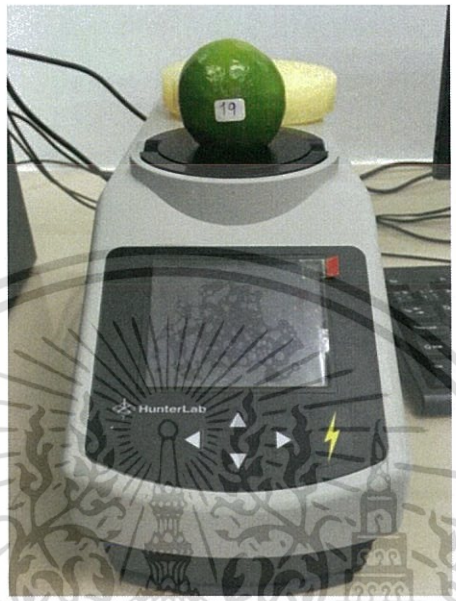
3 คะแนน คือ ไม่ชอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 คะแนน คือ ไม่ชอบมาก

1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด

ซึ่งหากมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า 6 คะแนน จะถือว่าสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา (ปพนวีณ์, 2555)



รูปที่ 3.15 เครื่องวัดสี

รูปที่ 3.16 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

3.4.1 การหาระยะเวลาคืนทุนเมื่อใช้เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) คือ ระยะเวลาของการลงทุนที่กระแสเงินสดรับสุทธิเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายสุทธิพอดี หรือกล่าวได้ว่าการลงทุนไม่มีกำไรและไม่ขาดทุน เพื่อให้ทราบว่าโครงการนั้นๆ จะใช้ระยะเวลาเท่าใดในการคืนทุน โดยคำนวณ ได้จากสมการที่ (3.8)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนเงินลงทุน}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิ-ต้นทุนแปรผัน}} \quad (3.8)$$

3.4.2 วิธีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เมื่อใช้เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

1) คำนวณหาค่าใช้จ่ายต่อปี โดยมีค่าใช้จ่ายต่อปีดังนี้

1.1) ค่าเสื่อมราคา คำนวณโดยใช้สมการที่ 3.9

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \text{ราคาเครื่องต้นแบบ} \times (A/P, 12\%, 10) \quad (3.9)$$

โดยที่ A คือ มูลค่าเทียบเท่ารายปี

P คือ มูลค่าเทียบเท่าปีปัจจุบัน

1.2) ค่าซ่อมบำรุงเครื่องต้นแบบ

1.3) ราคาต้นทุนของมะนาวต่อปี คำนวณโดยใช้สมการที่ 3.10

$$\text{ราคาต้นทุนของมะนาวต่อปี} = \text{ราคามะนาว 1 ผล} \times \text{จำหน่าย 50 ผล} \times 54 \text{ สัปดาห์} \quad (3.10)$$

1.4) ค่าไฟฟ้า

2) คำนวณหารายได้ต่อปี โดยมีรายได้ดังนี้

2.1) จำหน่ายมะนาว 50 ผลต่อสัปดาห์

3) คำนวณค่าแรงงานหากใช้แรงงานคนจำหน่ายมะนาว

3.1) ค่าจ้างแรงงาน 300 บาทต่อวัน

3.2) ค่าเช่าพื้นที่จำหน่าย 1,000 บาทต่อเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ มีจุดประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ และ 2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการทดลองเบื้องต้นสำหรับเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

4.1.1 ผลการทดลองสมบัติทางกายภาพของมะนาว

จากการทดลองสมบัติทางกายภาพของมะนาวดังตารางที่ 4.1 พบว่ามะนาวเบอร์ 1 มีความกว้างมากที่สุด 53.80 มิลลิเมตร ความยาวมากที่สุด 56.00 มิลลิเมตร ความหนามากที่สุด 48.90 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเชิงเรขาคณิตมากที่สุด 51.56 มิลลิเมตร ความเป็นทรงกลมเฉลี่ยร้อยละ 95.00±2.00 มวลเฉลี่ย 57.26±7.97 กรัม และปริมาตรเฉลี่ย 53.66±6.78 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.1.2 ผลการทดลองสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตของมะนาว

จากการทดลองทดลองสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตของมะนาวที่สรุปตามตารางที่ 4.1 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตระหว่างมะนาวกับพื้นผิวที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม 0.33 ± 0.06

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของมะนาวและค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตของมะนาว

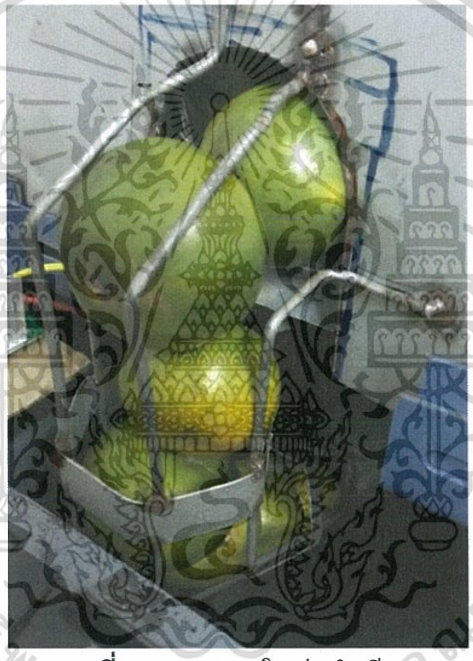
สมบัติทางกายภาพ	มากที่สุด	น้อยที่สุด	เฉลี่ย
ความกว้าง (มิลลิเมตร)	53.80	42.80	48.15 ± 2.30
ความยาว (มิลลิเมตร)	56.00	45.10	49.24 ± 2.46
ความหนา (มิลลิเมตร)	48.90	37.00	42.57 ± 2.35
มวล (กรัม)	78.45	43.53	57.26 ± 7.97
ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	66.90	42.05	53.66 ± 6.78
เส้นผ่านศูนย์กลางเชิงเรขาคณิต (มิลลิเมตร)	51.56	42.15	46.54 ± 2.02
ความเป็นทรงกลม (ร้อยละ)	99.00	84.00	95.00 ± 2.00
มุม (องศา)	24.33	10.33	18.06 ± 2.87
สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต	0.45	0.18	0.33 ± 0.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 หลักการทำงานของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

การเตรียมเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญให้พร้อมสำหรับการทำงาน เริ่มจากการนำมะนาวบรรจุในท่อลำเลียงให้เต็มเป็นจำนวน 7 ผล ดังรูปที่ 4.1 และมะนาวที่เหลืออีก 43 ผล ลงในถังบรรจุ ดังรูปที่ 4.2

หลักการทำงานของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญเริ่มจากหยอดเหรียญเข้าไปในช่องหยอดเหรียญ ชุดหยอดเหรียญจะทำการส่งสัญญาณไปยังวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงาน จอแสดงผลจะแสดงจำนวนเหรียญที่หยอดลงไป จากนั้นวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงานจะส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์ในถังบรรจุมะนาว ให้ใบพัดภายในถังบรรจุหมุน เพื่อให้มะนาวภายในถังเกิดการเคลื่อนที่เข้าท่อลำเลียง และมอเตอร์ของตัวจ่ายมะนาวให้เริ่มทำงาน มะนาวจะถูกลำเลียงเข้าตัวจ่ายมะนาวและถูกจ่ายมายังช่องจำหน่าย ซึ่งมอเตอร์ทั้งสองจะหยุดทำงานเมื่อมอเตอร์ของตัวจ่ายมะนาวหมุนครบรอบตำแหน่งที่กำหนดไว้



รูปที่ 4.1 มะนาวในท่อลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 มะนาวในถังบรรจุ

4.3 ผลการทดสอบความสามารถของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

4.3.1 การทดลองหาความเร็วมอเตอร์ในถังบรรจุที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

จากการผลทดลองหาความเร็วมอเตอร์ในถังบรรจุที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญดังตารางที่ 4.2 โดยบันทึกจำนวนครั้งที่มะนาวเข้าท่อลำเลียงในแต่ละครั้งที่หยอดเหรียญจากจำนวน 50 ครั้ง แล้วคำนวณเป็นร้อยละการลำเลียงมะนาวเข้าท่อลำเลียง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองหาความเร็วมอเตอร์ในถังบรรจุที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

ความเร็วรอบมอเตอร์ (รอบต่อนาที)	ร้อยละการลำเลียงมะนาวเข้าท่อลำเลียง
45	60.67 ± 3.06^{a}
40	62.67 ± 6.11^{a}
35	43.33 ± 4.16^{b}

พบว่าความเร็วรอบมอเตอร์มีร้อยละการลำเลียงมะนาวเข้าท่อลำเลียงจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดโดยทำงานอย่างไม่ขัดข้อง คือ 45 40 และ 35 รอบต่อนาทีตามลำดับ ซึ่งที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 45 และ 40 รอบต่อนาทีมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากการบรรจุมะนาวลักษณะกองสุมทำให้มะนาวกดทับกันบริเวณปากทางเข้าท่อลำเลียง จึงต้องทำให้เกิดการเคลื่อนที่ด้วยใบพัด ซึ่งความเร็วรอบมอเตอร์ที่สูงขึ้นทำให้ใบพัดในถังบรรจุหมุนทำให้มะนาวเกิดการเคลื่อนที่เข้าท่อลำเลียงได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การทดลองหาความเร็วมอเตอร์ของตัวจ่ายมะนาวที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองหาความเร็วมอเตอร์ของตัวจ่ายมะนาวที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

ความเร็วรอบมอเตอร์ (รอบต่อนาที)	เวลาที่ใช้ในการจำหน่ายมะนาว 1 ลูก (วินาที)
55	3.99 ± 0.01^{a}
40	5.38 ± 0.06^{b}
25	6.83 ± 0.21^{c}

จากการผลการทดลองหาความเร็วมอเตอร์ในถังบรรจุที่เหมาะสมดังตารางที่ 4.3 โดยบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละครั้งตั้งแต่เริ่มหยอดเหรียญจนมะนาวออกมาที่จุดจำหน่าย พบว่าที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 55 รอบต่อนาที เครื่องต้นแบบนี้สามารถใช้เวลาในการจำหน่ายมะนาวน้อยที่สุด คือ 3.99 วินาทีต่อลูก

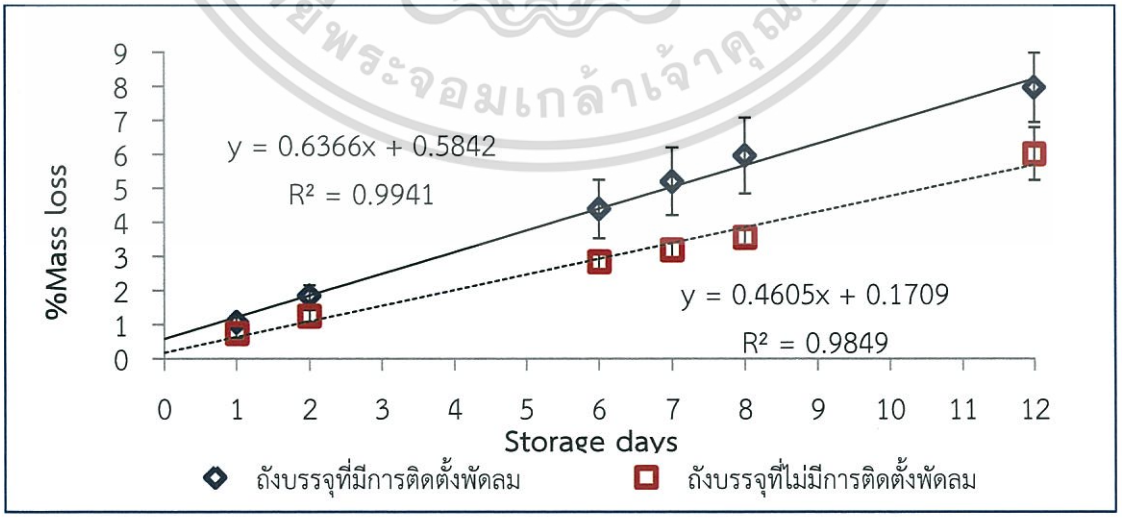
4.3.2 การทดลองการเก็บรักษามะนาวในถังบรรจุมะนาวที่มีการระบายอากาศแบบมีพัดลมติดตั้งและไม่มีพัดลมติดตั้ง

จากการทดลองการเก็บรักษามะนาวในเครื่องต้นแบบที่มีการระบายอากาศแบบที่มีการติดตั้งพัดลมและไม่มีการติดตั้งพัดลมที่อุณหภูมิห้องได้ผลการทดลองดังนี้

4.3.2.1 การทดสอบลักษณะทางกายภาพของมะนาว

1. การสูญเสียมวล

จากการทดสอบการเก็บรักษามะนาวในถังบรรจุทั้งสองชุดการทดลองที่อุณหภูมิห้องมีการสูญเสียมวลของมะนาว มีสมการเชิงเส้นที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษาดังแสดงในรูปที่ 4.3



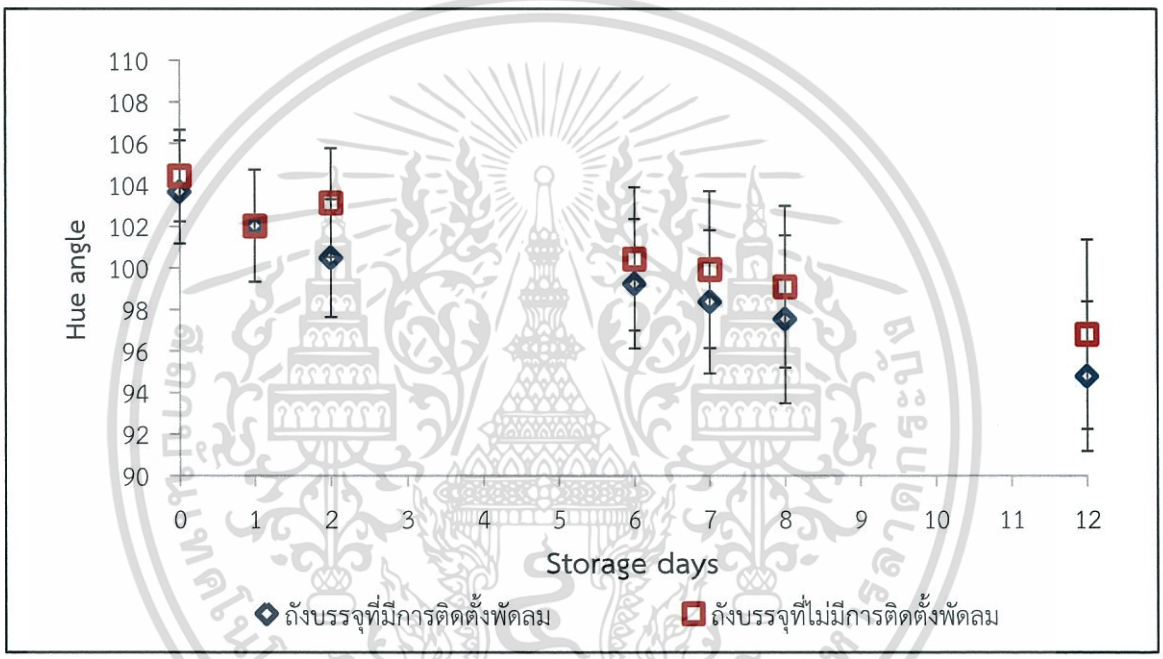
รูปที่ 4.3 การสูญเสียมวลของมะนาวที่ถูกเก็บรักษาในถังบรรจุที่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสียมวลของมะนาวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษาซึ่งมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ซึ่งเกิดจากกระบวนการหายใจของผลมะนาวอยู่จึงทำให้เกิดการคายน้ำ (จริงแท้ และธีรนุต, 2543) โดยการสูญเสียมวลของมะนาวที่เก็บในถังบรรจุที่มีการติดตั้งพัดลมมีค่ามากกว่าการเก็บรักษาในถังบรรจุที่ไม่มีการติดตั้งพัดลมอย่างชัดเจน เนื่องจากถังบรรจุที่มีการติดตั้งพัดลมทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในถังบรรจุที่สูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Whitelock, D.P (1994) ซึ่งทำการทดลองผลกระทบของความชื้นและการไหลเวียนของอากาศระหว่างการเก็บรักษาต่อคุณภาพพืช และพบว่าการไหลเวียนของอากาศที่สูงทำให้มวลลดลง และลดความแน่นของผลไม้

2. การเปลี่ยนแปลงสีผิว

การสุกของผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงของสีเป็นดัชนีที่สำคัญทำให้ทราบถึงระยะการสุกของผลไม้ ซึ่งจากการติดตามและบันทึกการผลการทดลองที่อุณหภูมิห้องจากรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงสีของมะนาวที่ถูกเก็บรักษาในถังบรรจุที่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และค่าสีค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้งสองชุดการทดลอง เนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (รงควัตถุสีเขียว) ไปเป็นสารที่ไม่มีสี ทำให้เม็ดสีอื่นๆ เช่น คาโรทีนอยด์ (รงควัตถุสีเหลือง) ปรากฏขึ้นมาให้เห็น ซึ่งเกิดจากเกิดการสุกและเสื่อมของผลไม้ เนื่องจากการหายใจและสังเคราะห์เอทิลีนของมะนาว (นิภา, 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.1 การประเมินทางประสาทสัมผัส

การประเมินทางประสาทสัมผัส เป็นดัชนีชี้วัดสำคัญ ที่แสดงให้เห็นถึงการยอมรับคุณภาพอาหารของผู้บริโภค ซึ่งใช้การทดสอบความชอบหรือการยอมรับในการการประเมิน มีผู้ทดสอบเป็นจำนวน 30 คน สำหรับพิจารณาอายุการเก็บรักษาของมะนาวในชุดการทดลอง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของมะนาวที่เก็บรักษาในถังบรรจุที่มีการระบายอากาศแบบมีพัดลมติดตั้งและไม่มีพัดลมติดตั้ง

วันที่	ลักษณะการระบายอากาศของถังบรรจุ	
	ไม่ติดตั้งพัดลม	ติดตั้งพัดลม
1	6.93	6.73
2	6.63	6.47
6	6.17	6.17
7	5.73	5.43
8	5.3	4.7
12	4.1	3.83

จากการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่าในวันที่ 7 การเก็บรักษาในถังบรรจุที่ติดตั้งพัดลมและไม่มีการติดตั้งพัดลมมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า 6 คะแนน แสดงให้เห็นว่าอายุการเก็บรักษามะนาวในถังบรรจุทั้งสองลักษณะควรเก็บรักษาไม่เกิน 6 วัน โดยมะนาวในวันที่ 0 และวันที่ 6 มีลักษณะดังรูปที่ 4.5 และ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

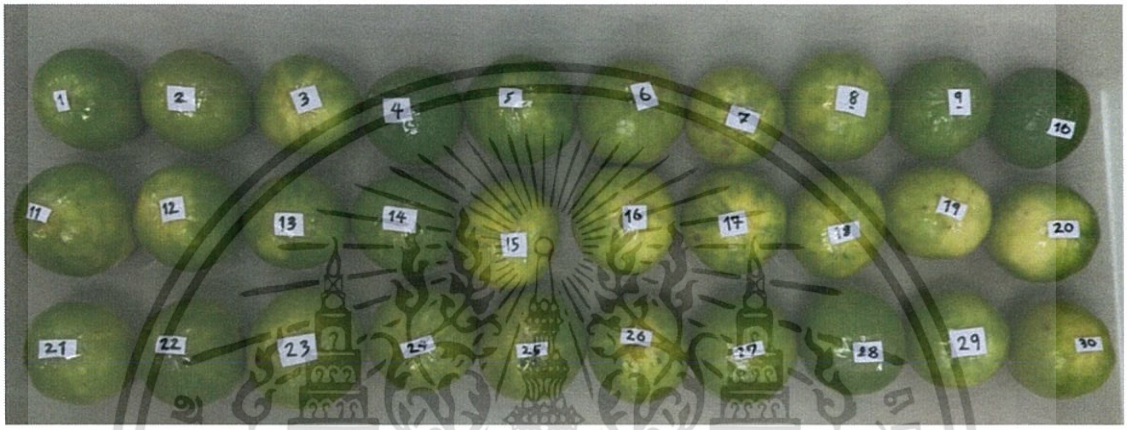
(a)

(b)

รูปที่ 4.5 มะนาวที่ถูกเก็บรักษาในถังบรรจุที่ไม่มีการติดตั้งพัดลมของวันที่ 0 (a) และวันที่ 6 (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(a)



(b)

รูปที่ 4.6 มะนาวที่ถูกเก็บรักษาในถังบรรจุที่มีการติดตั้งพัดลมของวันที่ 0 (a) และวันที่ 6 (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ หาระยะเวลาคุ้มทุนเมื่อใช้เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญโดยกำหนดให้เครื่องต้นแบบทำงานเต็มประสิทธิภาพทั้งวัน เครื่องต้นแบบใช้ทุนในการสร้างราคาและอุปกรณ์ในการสร้าง ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ราคาทุนในการสร้าง

รายการ	จำนวน	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ราคารวม (บาท)
เหล็กกล้าไร้สนิมชนิด 304 หนา 1 มิลลิเมตร 4×8 ฟุต	1 แผ่น	2,800	2,800
เพลาเหล็กกล้าไร้สนิมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร	2 แท่ง	40	80
อุปกรณ์หยอดเหรียญ	1 ชุด	640	640
วงจรไฟฟ้าควบคุม	1 วงจร	1,700	1,700
มอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์	2 ตัว	500	1,000
แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์	1 ตัว	460	460
รีเลย์ 5 แอมแปร์	1 ตัว	140	140
ซ็อคเก็ตรีเลย์	1 ตัว	85	85
ลิมิตสวิตซ์	1 ตัว	150	150
วงจรปรับความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรง	1 วงจร	230	230
รวม			7,285

4.4.1 เงื่อนไขในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ราคาเครื่องต้นแบบรวม 7,285 บาท

1) อายุการใช้งาน 5 ปี
2) มูลค่าซากร้อยละ 10 ของราคาเครื่อง เท่ากับ 728.5 บาท
3) อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ 7 ต่อปี
4) ค่าซ่อมบำรุงเครื่องต้นแบบร้อยละ 5 ของราคาเครื่องต้นแบบ เท่ากับ 364.25 บาทต่อปี
5) คิดค่าเสื่อมราคาแบบทุนจม (Sinking fund)
6) ค่าแรงของคนงานในการจ้างจำหน่ายมะนาว 300 บาทต่อวัน
7) เครื่องจำหน่ายมะนาวสัปดาห์ละ 50 ผล
8) คนจำหน่ายมะนาวได้วันละ 100 ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) ค่าเช่าที่สำหรับการใช้คนจำหน่าย เดือนละ 1,000 บาท

10) ราคาต้นทุนของมะนาว 3 บาทต่อผล

11) จำหน่ายมะนาว 1 ผลในราคา 5 บาท

12) ค่าไฟฟ้า คิดตามอัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านที่อยู่อาศัย ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับบ้านที่อยู่อาศัย

หน่วยพลังงานไฟฟ้า	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)
150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 ถึง 150)	1.8047
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 ถึง 400)	2.7781
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (ตั้งแต่หน่วยที่ 400 เป็นต้นไป)	2.9780

ที่มา : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (2543)

4.4.2 ระยะการคืนทุน

การวิเคราะห์ระยะการคืนทุนเมื่อใช้เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ ได้ระยะการคืนทุนเท่ากับ 1.65 ปี และการวิเคราะห์ต้นทุนการขายมะนาวระหว่างการใช้เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญและใช้คนจำหน่ายดังตารางที่ 4.7 สามารถคำนวณได้ดังนี้

จำหน่ายมะนาวสัปดาห์ละ 50 ผล ใน 1 ปี จำหน่ายได้

$$50 \times 52 = 2{,}600 \text{ ผล}$$

จำหน่ายมะนาวผลละ 5 บาท จึงเป็นจำนวนเงิน

$$2{,}600 \times 5 = 13{,}000 \text{ บาท}$$

ค่าเสื่อมราคา คิดจาก ราคาเครื่องจักรลบด้วยมูลค่าซากเครื่องจักร แล้วหารด้วยจำนวนปีที่ใช้งาน

$$\frac{7{,}285 - 728.5}{5} = 1{,}311 \text{ บาทต่อปี}$$

ค่าไฟ คิดจาก กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ใช้คูณด้วยชั่วโมงการใช้งานหารด้วย 1,000 ซึ่งใช้มอเตอร์ที่มีกำลัง 22.04 วัตต์ และ 4.87 วัตต์ ใน 1 เดือน ใช้งาน 200 ครั้ง ใช้เวลาครั้งละ 3.99 วินาที

$$\frac{(22.04+4.87)\times 200\times 3.995}{1{,}000\times 3600} = 0.006 \text{ ยูนิตต่อเดือน}$$

ใน 1 เดือน ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 0.06 ยูนิต คิดเป็นเงิน

$$0.006 \times 1.8047 = 0.011 \text{ บาทต่อเดือน}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน 1 ปี คิดเป็นเงินทั้งหมด

$$0.011 \times 12 = 0.132 \text{ บาท}$$

ราคาต้นทุนต่อหน่วยในการใช้เครื่องจำหน่ายมะนาว คิดจาก ราคาต้นทุนมะนาวรวมกับค่าไฟฟ้าแล้วหารด้วยจำนวนมะนาวที่จำหน่ายได้

$$\frac{7,800 + 0.132}{2,600} = 3 \text{ บาทต่อผล}$$

ราคาต้นทุนต่อหน่วยในการใช้แรงงานคนจำหน่าย คิดจาก ราคาต้นทุนมะนาวรวมกับค่าเช่าที่และค่าจ้างแรงงานหารด้วยจำนวนมะนาวที่จำหน่ายได้

$$\frac{15,600+12,00+109,500}{2,600} = 26.36 \text{ บาทต่อผล}$$

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ต้นทุนการขายมะนาว

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ	แรงงานคนจำหน่าย
ค่าใช้จ่ายต่อปี		
ต้นทุนของมะนาวต่อปี (บาท)	7,800	15,600
ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร (บาท)	1,311	-
ค่าซ่อมบำรุงรายปี (บาท)	364.25	-
ค่าไฟฟ้า (บาท)	0.132	-
ค่าเช่าที่ (บาท)	-	12,000
ค่าจ้างแรงงาน (บาท)	-	109,500
รายได้ต่อปี		
จำหน่ายมะนาว (ต่อปี)	13,000	26,000
ต้นทุนทั้งหมดในการจำหน่ายมะนาว (บาทต่อผล)	3	26.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ และเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 การทดลองเบื้องต้นสำหรับเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

สมบัติทางกายภาพของมะนาวที่ถูกนำมาพิจารณาสำหรับคำนวนและออกแบบเครื่องต้นแบบนี้คือ ความกว้าง ความยาว ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางเชิงเรขาคณิต มวล ปริมาตร และสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย์ ซึ่งพิจารณาได้ว่าควรออกแบบช่องสำหรับรองรับมะนาวมีขนาดความกว้าง ความยาว และความลึก 56 มิลลิเมตร, ช่องจำหน่ายมะนาวมีขนาดความกว้าง ความยาว และความสูง 56 มิลลิเมตร, ขนาดท่อลำเลียงควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 56 มิลลิเมตร, ปริมาตรถังบรรจุสำหรับมะนาว จำนวน 47 ผล ควรมีปริมาตรมากกว่า 2,599 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสำหรับการลำเลียงมะนาวควรมีความลาดเอียงมากกว่า 24 องศา

5.2 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญประกอบไปด้วยถังบรรจุมะนาว ชุดหยอดเหรียญ ระบบลำเลียงมะนาวด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และวงจรไฟฟ้าควบคุม โดยหลักการทำงานของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญเริ่มจากหยอดเหรียญเข้าไปในช่องหยอดเหรียญ จากนั้นชุดหยอดเหรียญจะทำการส่งสัญญาณไปยังวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงาน จอแสดงผลจะแสดงจำนวนเหรียญที่หยอดลงไป จากนั้นวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงานจะส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์ในถังบรรจุมะนาว ให้ใบพัดภายในถังบรรจุหมุน เพื่อให้มะนาวภายในถังเกิดการเคลื่อนที่เข้าท่อลำเลียง และมอเตอร์ของตัวจ่ายมะนาวให้เริ่มทำงาน มะนาวจะถูกลำเลียงเข้าตัวจ่ายมะนาว ถูกลำเลียงมายังช่องจำหน่าย ซึ่งมอเตอร์ทั้งสองจะหยุดทำงานเมื่อมอเตอร์ของตัวจ่ายมะนาวหมุนครบรอบตำแหน่งที่กำหนดไว้

5.3 การทดสอบความสามารถของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญนี้มีความเร็วรอบมอเตอร์ในถังบรรจุเหมาะสมที่สุด คือ 40 รอบต่อนาที และมอเตอร์ของตัวจ่ายที่เหมาะสมที่สุด และ 55 รอบต่อนาที โดยถังบรรจุมะนาวที่มีการติดตั้งพัดลมและไม่มีการติดตั้งพัดลมสามารถเก็บรักษามะนาวได้ไม่เกิน 6 วัน ซึ่งทั้งสองมีการเปลี่ยนแปลงสีของมะนาวใกล้เคียงกัน แต่ถังบรรจุที่ไม่มีการติดตั้งพัดลมสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักของมะนาวได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. 2543. **โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า ปี 2554-2558**. กรุงเทพฯ : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระรวงพลังงาน.

เกศรัตน์ วิศวไพศาลวิลาวัลย์, คำปวนจารุณี จูงกลาง และจำนงค์ อุทัยบุตร. 2555. "การยืดอายุการวางจำหน่ายของผลมะนาวโดยสารเคลือบผิวจากไขผึ้ง." **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 43(3) : 323-326.

จริงแท้ ศิริพานิช และธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์. 2543. **การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. นครปฐม : ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริยา สิทธิไชยา. 2559. **สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี**. กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ไชยชาญ หินเกิด. 2560. **มอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ตลาดสี่มุมเมือง. 2560. **ราคาขายส่งสินค้า มะนาวเบอร์ใหญ่**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.taladsimummuang.com/dmma/Portals/PriceListItem.aspx?id=010217010.

นิภา คุณทรงเกียรติ. 2532. **การเก็บรักษามะนาว**. กรุงเทพฯ : สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิภา คุณทรงเกียรติ. 2541. **การเก็บรักษามะนาว**. กรุงเทพฯ : สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บีเอฟอิเลคทริเคิลเทรดดิ้งไทยแลนด์. 2561. **ลิมิตสวิตซ์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.bfgroupth.com/15289316/ลิมิตสวิตซ์.

ปพนวีณ์ สุทธิประสิทธิ์. 2555. **การทดสอบและการประเมินด้วยวิธีการทางประสาทสัมผัส**. สุโขทัย : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ประพันธ์ อังแก้ว. 2558. **ทำความรู้จักมอเตอร์ไฟฟ้า**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://praponangkeaw-motor.blogspot.com.

พีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2555. **การปลูกมะนาว**. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

เพื่อชาติ สุขเรือน. 2555. **เครื่องจ่ายข้าวสารสามหัวจ่ายแบบหยอดเหรียญ**. กรุงเทพ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมนูแฟคเจอร์โอเวอร์ฮอลราพิดแอนด์ออพติมอล. 2558. **ชนิดของโซ่.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.moro.co.th/ชนิดของโซ่/.

แมนูแฟคเจอร์โอเวอร์ฮอลราพิดแอนด์ออพติมอล. 2560. **ชนิดของเฟือง.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.moro.co.th/ชนิดของเฟือง/.

เยาวเรศ พลอยแดง. "ผลของถุงพอลิเอทิลีนที่เจาะรูเข็มหมุดและอุณหภูมิต่ำต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของมะนาว." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2556.

ราชศักดิ์ ทองศรี. "การพัฒนาเซนเซอร์จากระบบแมคคานิกส์เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องพิมพ์ทอริตี้." ปริญญานิพนธ์อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการพิมพ์ สถาบันวิศวกรรมการพิมพ์, มหาวิทยาลัยสยาม. 2555.

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. 2522. **การออกแบบเครื่องจักรกล**. เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

วสันต์ ผ่องสมบูรณ์. 2547. **การผลิตมะนาวเชิงพาณิชย์**. พิจิตร : กรมวิชาการเกษตร.

ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร. 2553. **การปลูกมะนาว**. ชลบุรี : กรมส่งเสริมการเกษตร.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2559. **สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ**. กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

สรวิศ แจ่มจำรูญ. 2560. **การยืดอายุผักและผลไม้**. กรุงเทพ : ฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

สำนักกษาปณ์. 2554. **เหรียญกษาปณ์หมุนเวียนปัจจุบัน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.royalthaimint.net/ewtadmin/ewt/mint_web/ewt_news.php?nid=335&filename=index.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2560. **มะนาว**. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

อนุชิต เกษแก้ว. 2553. **ชุดเพลาแท่นเครื่องเลื่อย.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.thaicarpenter.com/เครื่องมือ/งานไสตัด/เลื่อย/ชุดเพลาแท่นเครื่องเลื่อน.html.

Atlas steels. 2010. **Complete Product Reference Manual**. [Online]. Available : http://www.atlassteels.com.au/site/pages/atlas-products-reference-manual.php.

British Stainless Steel Association. 2017. **The basics about stainless steel**. [Online]. Available : http://www.bssa.org.uk/about_stainless_steel.php.

Heiphar Engineering. 2014. **Gear.** [Online]. Available : http://heiphar.blogspot.com/2014/09/gear.html.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Leason, D. and Sullivan, S.L. 1999. **"Vending Machine."** United States Patent No. US09751619, December 200.

McCabe, W.L., Smith, J.C. and Harriot, P. 1986. **Unit Operations of Chemical Engineering.** New York : McGraw-Hill Press.

McLellan, M., Lind, L.R. and Kime, R.W. 1995. "Hue Angle Determinations and Statistical Analysis for Multiquadrant Hunter L, a, b Data." **Journal of Food Quality**. 18(3) : 235-240.

Mohsenin, N.N. 1970. **Physical Properties of Plant and Animal Materials**. New York : Gordon and Breach Science Publishers.

Pathumpit. 2017. **Fruit and Seed.** [Online]. Available : http://www.pathumpit.ac.th /garden-54/data/017.htm.

Pawar, S.G. Shinde, G.U. and Khodke, S.U. 2015. "Physical and mechanical properties of Citrus aurantiifolia Swingle var. Pramalini (Kagzi-lime)." **International Journal of Agriculture Sciences**. 7(1) : 399-402.

Psptech. 2014. **Relay**. [Online]. Available : http://www.psptech.co.th/รีเลย์relayคืออะไร -15696.page.

Raw factory. 2015. **Lime.** [Online]. Available : https://rawfactoryflavor.com/online-store/lime.

Sharifi, M. Rafiee, S. Keyhani, A. Jafari, A. Mobli, H. Rajabipour, A. and Akram, A. 2007. "Some Physical properties of orange (var. Tompson)." **International Agrophysics**. 21(4) : 391-397.

Tumrobot. 2018. **Project Home Control V4**. [Online]. Available : http://openfog.net /homectrl_v4_p5.html.

Whitelock, D.P. Brusewitz, G.H. Smith, M.W. and Zhang, X. 1994. **Humidity and Airflow during Storage Affect Peach Quality.** Hortscience. 29(7) : 798–801.

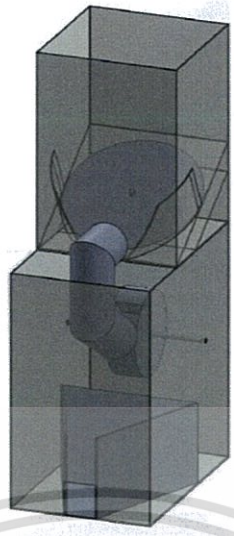
Xiuling, L. 2009. **Lime-Washing Machine of Lime.** China Patent No. CN200920027191, June 2009.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

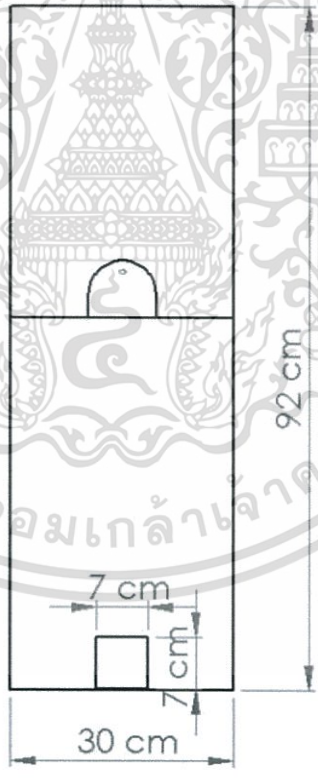
ภาคผนวก

แบบแปลนเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

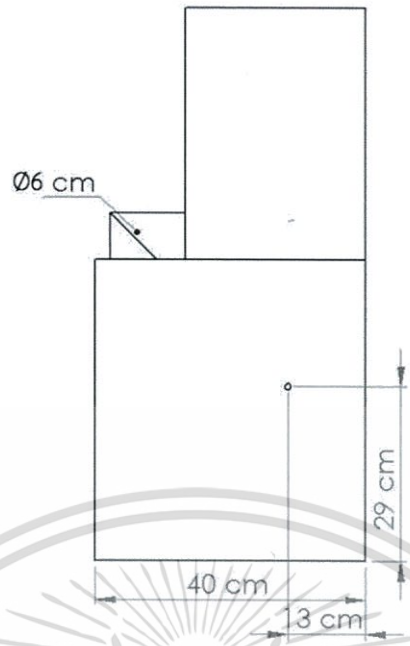


ภาพ ก เครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ



ภาพ ข ด้านหน้าของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

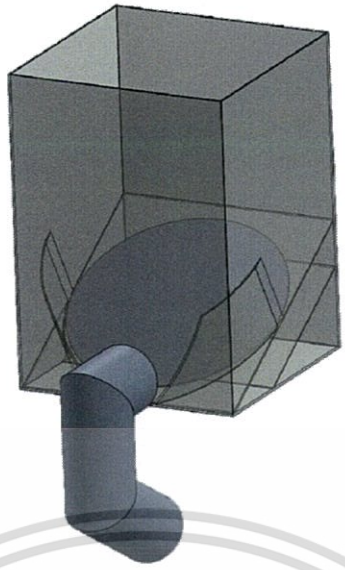
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



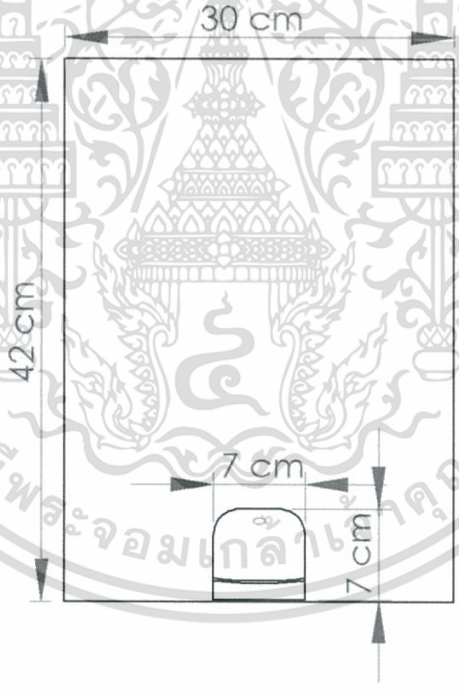
ภาพ ค ด้านข้างของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

ภาพ ง ด้านบนของเครื่องต้นแบบจำหน่ายมะนาวแบบหยอดเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

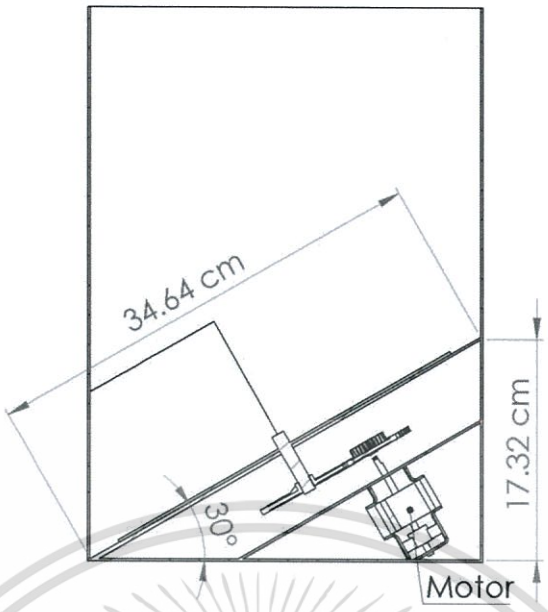


ภาพ จ ถังบรรจุมะนาวและท่อลำเลียง

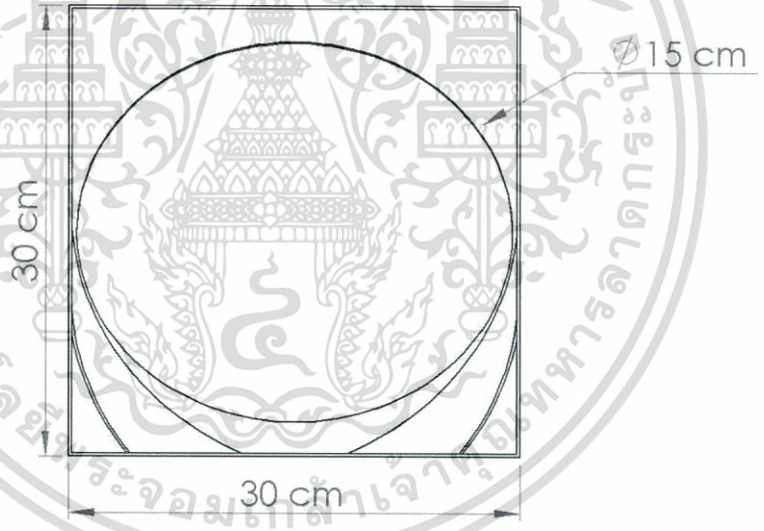


ภาพ ฉ ด้านหน้าของถังบรรจุมะนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

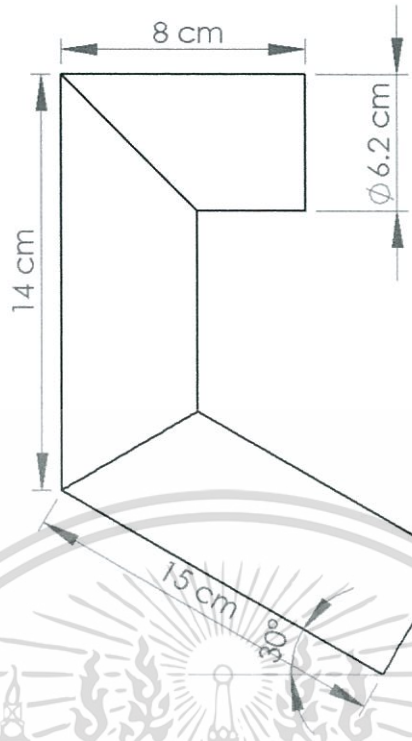


ภาพ ช ด้านข้างของถังบรรจุมะนาว

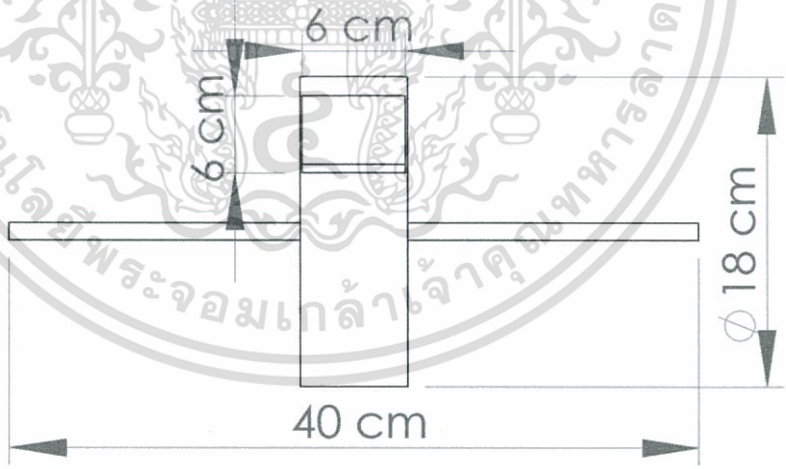


ภาพ ซ ด้านบนของถังบรรจุมะนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพ ฌ ท่อลำเลียง



ภาพ ญ ชุดจ่ายมะนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้