

การศึกษาความเป็นไปได้ในการปอกผลไม้ด้วยเครื่องจักร
FEASIBILITY STUDY ON USING MACHINE TO PEEL
THE FRUITS



T119487

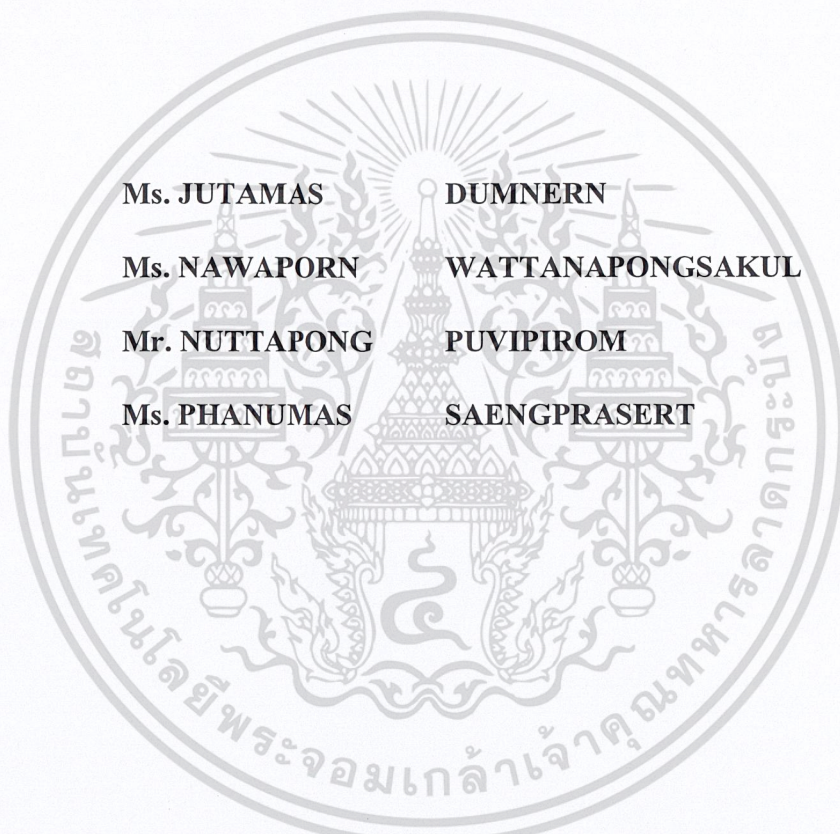
นางสาวจุฑามาศ ดำเนิน
นางสาวนภาพร วัฒนาพงษากุล
นายรัฐพงศ์ ภูวิภิรมย์
นางสาวภาณุมาศ แสงประเสริฐ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....119487
วัน,เดือน,ปี - ๒๕๕๔

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

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

**FEASIBILITY STUDY ON USING MACHINE TO PEEL
THE FRUITS**



Ms. JUTAMAS DUMNERN
Ms. NAWAPORN WATTANAPONGSAKUL
Mr. NUTTAPONG PUVIPIROM
Ms. PHANUMAS SAENGPRASERT

**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 2010**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2553

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

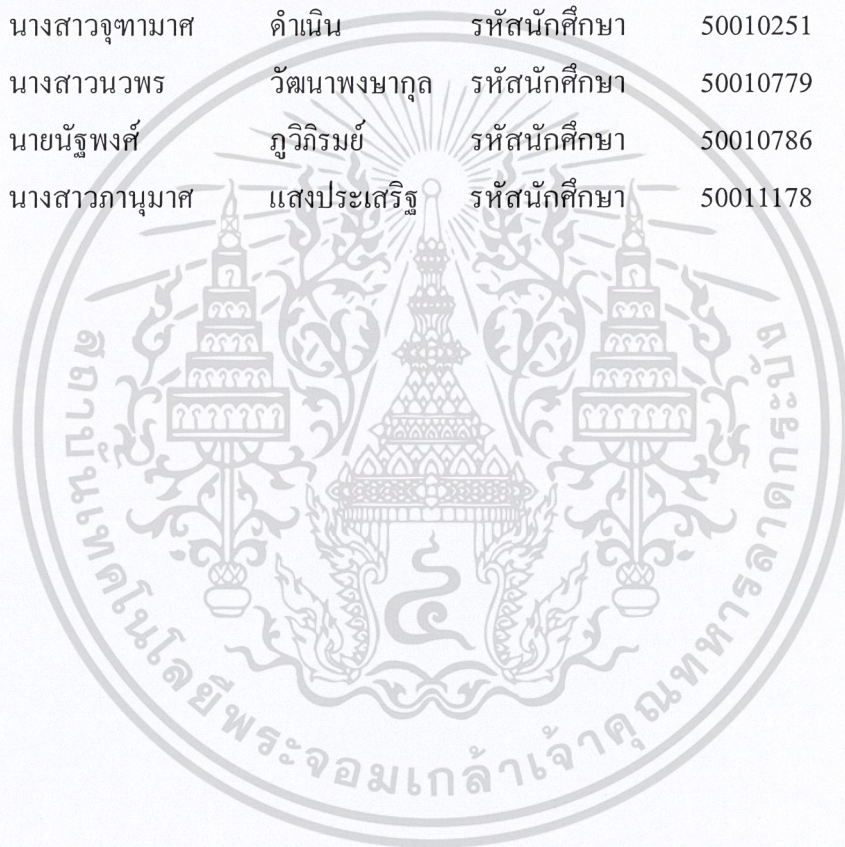
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการปอกผลไม้ด้วยเครื่องจักร

Feasibility study on using machine to peel the fruits

นักศึกษาผู้ทำโครงการ

นางสาวจุฑามาศ	ดำเนิน	รหัสนักศึกษา	50010251
นางสาวนวพร	วัฒนาพงษากุล	รหัสนักศึกษา	50010779
นายณัฐพงศ์	ภูวิกรมย์	รหัสนักศึกษา	50010786
นางสาวภาณุมาศ	แสงประเสริฐ	รหัสนักศึกษา	50011178





..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. เกียรติศักดิ์ รุ่งพระแสง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการ	การศึกษาความเป็นไปได้ในการปอกผลไม้ด้วยเครื่องจักร	
นักศึกษา	นางสาวจุฑามาศ	ดำเนิน รหัสนักศึกษา 50010251
	นางสาวนภาพร	วัฒนาพวงษากุล รหัสนักศึกษา 50010779
	นายณัฐพงศ์	ภูวิกรมย์ รหัสนักศึกษา 50010786
	นางสาวภาณุมาศ	แสงประเสริฐ รหัสนักศึกษา 50011178
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.เกียรติศักดิ์	รุ่งพระแสง
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอาหาร	
ปีการศึกษา	2553	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการปอกผลไม้ด้วยเครื่องจักร โดยทดสอบกับ มะกรูดและแอปเปิ้ลพันธุ์ฝรั่งเศส ซึ่งผลไม้ทั้งสองชนิดนี้มีขนาดใกล้เคียงกันแต่มีลักษณะเปลือกที่ แตกต่างกัน โดยผิวมะกรูดจะลึกละเอียดหนา เหนียว และขรุขระ ส่วนผิวของแอปเปิ้ลนั้นบางและ เรียบกว่า โดยจะเน้นไปที่การปอกผิวของมะกรูดซึ่งมีความยากในการปอกมากกว่า และเพื่อนำผิว ของมะกรูดไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและ ความสะดวกในการทำงาน ซึ่งได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และทางกลของมะกรูด เพื่อ นำมาออกแบบเครื่องปอกผลไม้ต้นแบบ ซึ่งแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนต้นกำลัง ส่วนตัวยึดจับมะกรูด และส่วนของชุดใบมีด โดยในส่วนต้นกำลังจะใช้มอเตอร์เป็นตัวส่งกำลังไปยังเพลาด้านหนึ่งและมี สายพานส่งกำลังไปยังเพลาด้านหนึ่ง ส่วนตัวยึดจับมะกรูดมีลักษณะเป็นหัวลูกศรออกแบบให้ อยู่กับที่ และส่วนชุดใบมีดให้เคลื่อนที่ไปตามราง Linear slide ใช้แรงจากสปริงกดใบมีดเข้าหาผิว หลังจากทำการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ ได้ทำการทดลองปอกผิวผลไม้ทั้งสองชนิด เพื่อ หามุมใบมีด และความเร็วรอบที่เหมาะสม สำหรับการทดลองปอกผิวมะกรูดในเบื้องต้นพบว่าไม่ สามารถปอกผิวมะกรูดได้ เนื่องจากผิวมะกรูดมีความขรุขระ หนา และเหนียวมาก จึงทำการทดลอง กับผลไม้ชนิดคือแอปเปิ้ลพันธุ์ฝรั่งเศส โดยผลการทดลองมุมของใบมีด ความเร็วรอบ และใบมีด ที่เหมาะสม คือ 20 องศา 380 รอบ/นาที และใบมีดแบบโค้งรูปตัววี ตามลำดับ โดยแต่ละการ ทดลองใช้ลักษณะเปลือกที่ปอกได้ เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเปลือกที่สามารถปอกได้ และเปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวเปลือกที่ปอกได้เป็นตัวชี้วัดความเหมาะสมของค่าต่างๆ กล่าวโดยสรุปคือ เครื่องปอก ผลไม้สามารถปอกผิวของผลไม้ที่มีความบางและเรียบเช่นแอปเปิ้ลพันธุ์ฝรั่งเศสได้ แต่อย่างไรก็ ตามเครื่องปอกผลไม้ไม่มีแนวโน้มที่จะสามารถปอกเปลือกของไม้ผลที่มีความหนา เหนียว และ ขรุขระ เช่น มะกรูดได้ หากได้รับการพัฒนาในขั้นตอนต่างๆอย่างถูกต้องต่อไป

คำสำคัญ เครื่องปอก, มะกรูด, แอปเปิ้ล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	FEASIBILITY STUDY ON USING MACHINE TO PEEL THE FRUITS		
Students	Ms. Jutamas Dumnern	Student ID. : 50010251	
	Ms. Nawaporn Wattanapongsakul	Student ID. : 50010779	
	Mr. Nuttapong Puvipirom	Student ID. : 50010786	
	Ms. Phanumas Saengprasert	Student ID. : 50011178	
Project Advisor	Dr. Kiattisak Roonprasang		
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Food Engineering		
Academic Year	2010		

Abstract

This research is a feasibility study on using machine to peel the fruits. The kaffir lime and French apple are the sample to use in the experiment, both of sample have similar size but different peel. The kaffir lime's peel is thick, tough and rough but the peel of an apple is thin and smooth over. This research focuses on peeling of the kaffir lime's peel, which is more difficult to peel, in order to use the peel in many other ways. The objective of the experiment is to investigate the case of operation, which can use to improve the machine. The physical properties and mechanical properties have been measured and use for design the prototype machine with consist of driven motor, the fruits placeholder and the blade unit. The motor sends power to the shaft on one side and a belt transmission shaft to another side. Style of kaffir lime placeholder is arrowhead which was unable to move and the knife to move along linear slide using the spring force to press the blade to the surface. After building the prototype machine, conducted experiments to determine the angle of the blade and the right speed of the motor in peeling the kaffir lime's peel. However, due to rough and thick surface of the kaffir lime's pare, the prototype machine was unable to pare it. Because the problem of this research needed to change the type of fruit to French apple instead. After tested, found that the appropriate one was v-shaped curve blade with the angle of the blade was 20 degree and the optimum motor speed was 380 rpm. Each of the experiment use style of pared peel, percentage of pared peel weight per unit and the percentage of the pared peel area as measurements of the appropriateness of the various. However, Fruit's peel paring machine is more likely to work well with the fruits that have thick, tough and rough skin like kaffir lime if it receives the correct development process.

Keywords peeling machine, kaffir lime, apple

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงมาได้โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ อาจารย์ท่านที่สำคัญที่ขาดไปไม่ได้คือ ดร.เกียรติศักดิ์ รุ่งพระแสง ที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา และความดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี คณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณท่านคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาต่างๆ เพื่อนำมาใช้ประกอบการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณคุณอำนาจ บุตรสงกา ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนช่วยเหลือในการทำเครื่องปอกผิวมะกรูด

ขอขอบพระคุณคุณวรารักษ์ มากไพศาลทรัพย์ และคุณบุญนำ ผลโพธิ์ ที่ช่วยเหลือจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดลองโครงการ

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆทุกคนในภาควิชาวิศวกรรมอาหารและนอกภาควิชาที่ให้ความสนใจในการทำงานเสมอมา

ขอขอบพระคุณชมรม Automotive ที่ช่วยเหลือในเรื่องการพัฒนาเครื่องปอกผิวมะกรูด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาอันเป็นที่รักยิ่งและผู้มีพระคุณของคณะผู้จัดทำทุกท่าน ผู้ที่มอบชีวิต การศึกษา และอนาคตที่ดี ตลอดจนให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นักศึกษาผู้จัดทำโครงการ

นางสาวจุฑามาศ	ดำเนิน
นางสาวนวพร	วัฒนาพงษากุล
นายณัฐพงศ์	ภูวิกรมย์
นางสาวกานุมาศ	แสงประเสริฐ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ปกใน(ภาษาไทย)	I
ปกใน(ภาษาอังกฤษ)	II
หน้าอำนวยการ	III
บทคัดย่อ	IV
Abstract	V
กิตติกรรมประกาศ	VI
สารบัญ	VII
สารบัญรูปภาพ	XI
สารบัญตาราง	XIII
รายการสัญลักษณ์	XIV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	3
2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของมะกรูด	3
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	3
2.1.2 สารสำคัญในมะกรูด	4
2.1.3 พันธุ์	4
2.1.4 วิธีการปลูก	4
2.1.4.1 การปฏิบัติดูแลรักษา	4
2.1.4.2 การเก็บเกี่ยว	4
2.1.5 การจำหน่าย	5
2.1.6 การใช้ประโยชน์จากมะกรูด	5
2.2 ข้อมูลเบื้องต้นของแอปเปิ้ล	5
2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	6
2.2.2 สารสำคัญในแอปเปิ้ล	6
2.2.3 วิธีการปลูก	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.2.4 การใช้ประโยชน์จากแอปเปิ้ล	7
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.3.1 เครื่องปอกมะพร้าว	7
2.3.2 เครื่องปอกมะละกอ	8
2.3.3 งานวิจัยคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลหลังการเก็บเกี่ยวของเปลือก และผลส้ม	9
2.3.3.1 ความชื้นฐานเปียกของเปลือกส้ม (moisture content)	9
2.3.3.2 แรงตัดของเปลือกส้ม (cutting test)	10
2.3.3.3 แรงเจาะของเปลือกส้ม (Puncture Force)	10
บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการ	11
3.1 วัสดุที่ใช้สร้างเครื่องปอกผลไม้	11
3.1.1 สแตนเลส หรือเหล็กกล้าไร้สนิม	11
3.1.2 อลูมิเนียม	11
3.2 มอเตอร์	12
3.3 สายพาน	13
3.3.1 ประเภทสายพาน	13
3.3.2 สายพานไทม์มิ่ง (Timing belt)	14
3.3 แบร์ริง	14
3.3.1 แบร์ริงกาบ (Plain bearings)	14
3.3.2 แบร์ริงลูกปืน (Rolling Bearing)	15
3.4 เพลา	15
3.4.1 ชนิดของเพลา	16
3.4.2 หน้าที่การใช้งานของเพลา	16
3.4.3 ขนาดของเพลา	18
3.5 สปริง	20
3.5.1 วัสดุสำหรับลวดสปริง	20
3.5.2 คุณสมบัติทางกลของลวดสปริง	20
3.6 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของมะกรูดและแอปเปิ้ล	21
3.6.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของมะกรูด	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.6.1.1 ขนาดของผลมะกรูด (Size)	21
3.6.1.2 ความหนาของเปลือกมะกรูด	21
3.6.1.3 ศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (Geometric mean diameter)	21
3.6.1.4 พื้นที่ผิว (Surface area)	22
3.6.1.5 ความเป็นทรงกลม (Sphericity)	22
3.6.1.6 น้ำหนักเปลือกเฉลี่ย (Average weight)	22
3.6.1.7 ปริมาตร (Volume)	22
3.6.1.8 ความหนาแน่นปรากฏ (Apparent density)	22
3.6.1.9 ความชื้นฐานเปียก	22
3.6.1.10 พื้นที่ภาพฉาย (Projected area)	23
3.6.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแอปเปิ้ล	23
3.6.3 ศึกษาคุณสมบัติทางกลของมะกรูด	24
3.6.3.1 การทดสอบแรงตัด	25
3.6.3.2 การทดสอบแรงเจาะ	26
บทที่ 4 การคำนวณและการออกแบบ	29
4.1 การวิเคราะห์เพื่อการออกแบบเครื่องปอกผลไม้	29
4.1.1 การวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นขณะทำการตัดเนื้อ	29
4.1.2 การคำนวณหาความเร็วในการตัดเนื้อ	30
4.2 การออกแบบเครื่องปอกผลไม้	31
4.2.1 วัสดุที่ใช้สร้างเครื่องปอกผลไม้	31
4.2.1.1 สเตนเลส หรือเหล็กกล้าไร้สนิม	31
4.2.1.2 อลูมิเนียม	31
4.2.2 ส่วนต้นกำลัง	32
4.2.3 การออกแบบสายพาน	32
4.2.4 การออกแบบเพลา	32
4.2.4.1 แรงบิดของสายพาน	33
4.2.4.2 แรงที่กระทำที่เบริง	33
4.2.5 ส่วนฐานเครื่อง	35
4.2.6 ส่วนชุดใบมีด	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.2.6.1 ไบมีด	36
4.2.6.2 สปริงในชุดไบมีด	38
4.2.7 ส่วนยึดจับ	39
4.3 หลักการทำงานของเครื่องปอกผลไม้	40
บทที่ 5 การทดสอบและผลการทดสอบ	42
5.1 จุดประสงค์การทดลอง	42
5.2 อุปกรณ์การทดลอง	42
5.3 วิธีการทดลอง	42
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	50
6.1 สรุปผลการวิจัย	50
6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง	50
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	53



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

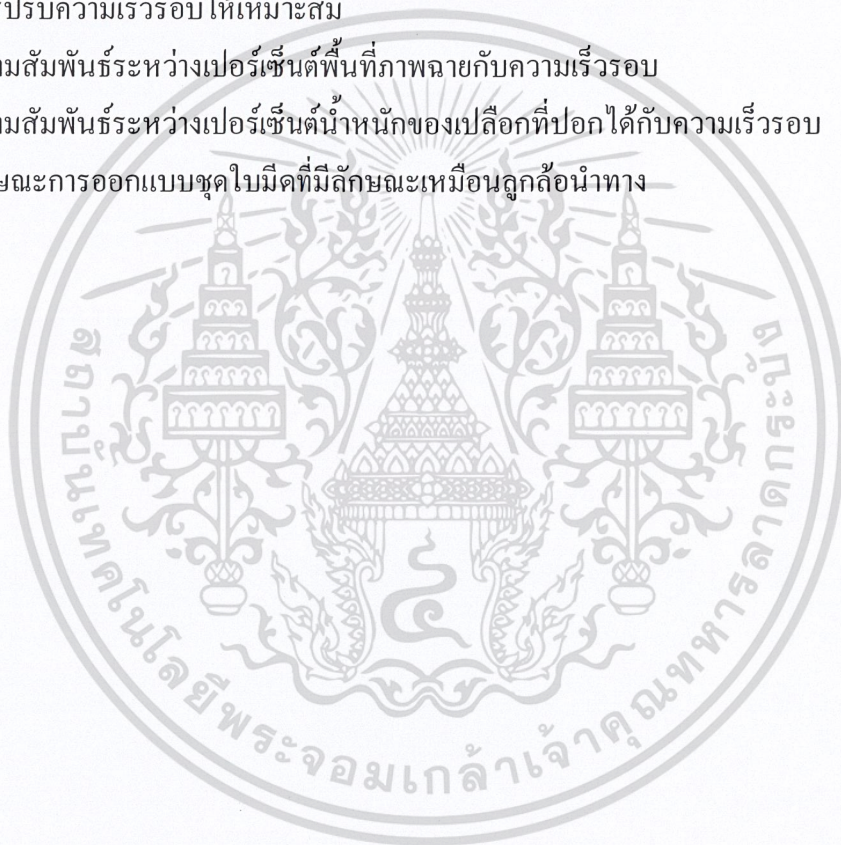
สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 เครื่องปอกมะพร้าวปริญญาณีพนธ์สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2543	8
รูปที่ 2.2 เครื่องปอกมะละกอ ปริญญาณีพนธ์สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2546	9
รูปที่ 3.1 เพลาส่งกำลังและส่วนประกอบอื่นๆ	16
รูปที่ 3.2 เพลารองรับภาระ	17
รูปที่ 3.3 การส่งกำลังด้วยเพลลา	17
รูปที่ 3.4 ลักษณะการใช้งานของเพลารองรับภาระ	18
รูปที่ 3.5 เส้นผ่านศูนย์กลางด้านยาว (a) ด้านกว้าง (b) ด้านหนา (c)	21
รูปที่ 3.6 ก. ลักษณะเครื่อง Texture analyzer ข. ลักษณะใบมีดแบบ Warner Bratzler Blade	24
รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงตัดกับเวลาของมะกรูดจำนวน 50 ผล	25
รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเจาะกับเวลา ที่บริเวณผิวของมะกรูดอ่อนและแก่	26
รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเจาะกับเวลา ที่บริเวณผลส่วนหัวของมะกรูดอ่อนและแก่	27
รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเจาะกับเวลา ที่บริเวณผลส่วนท้ายของมะกรูดอ่อนและแก่	27
รูปที่ 4.1 แบบจำลองแรงที่กระทำต่อผิวมะกรูด	30
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับตำแหน่งลูกมะกรูด	31
รูปที่ 4.3 ชิ้นส่วนต่างๆ ของชุดลูกกลิ้งที่มีแรงกระทำต่อเพลลา	33
รูปที่ 4.4 ชิ้นส่วนต่างๆ ของชุดลูกกลิ้งที่มีแรงกระทำต่อเพลลา	33
รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ของแรงเฉือนและ โมเมนต์ตัดที่เกิดกับเพลลา	34
รูปที่ 4.6 ส่วนของฐานเครื่องปอกผลไม้	35
รูปที่ 4.7 ส่วนของชุดใบมีด	36
รูปที่ 4.8 ใบมีดลักษณะแผ่นโค้งรูปตัวยู	37
รูปที่ 4.9 ใบมีดครีดยางพารา	37
รูปที่ 4.10 ใบมีดลักษณะเป็นแผ่นโค้งรูปตัววี	37
รูปที่ 4.11 สปริงในชุดเพลลายึดจับแบบแข็ง	38
รูปที่ 4.12 สปริงในชุดเพลลายึดจับแบบอ่อน	38
รูปที่ 4.13 เพลายึดจับปลายแหลมแบบเก่า	39
รูปที่ 4.14 เพลายึดจับปลายแหลมแบบใหม่	39
รูปที่ 4.15 แบบจำลองเครื่องปอกผลไม้กึ่งอัตโนมัติ	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปลภาพ(ต่อ)

รูปลภาพ	หน้า
รูปที่ 4.16 ต้นแบบเครื่องปอกผลไม้กึ่งอัตโนมัติ	41
รูปที่ 5.1 การวัดขนาดแอปเปิ้ลด้าน a, b และ c ด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์	43
รูปที่ 5.2 การปอกแอปเปิ้ลด้วยมือเพื่อเก็บเป็นข้อมูล จำนวน 20 ผล	43
รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า GMD กับน้ำหนักเปลือกทั้งผล	44
รูปที่ 5.4 (ก)การปอกแอปเปิ้ลด้วยเครื่อง (ข) เปลือกของแอปเปิ้ลที่ปอกได้ด้วยเครื่อง	45
รูปที่ 5.5 การปรับมุมของใบมีดให้เหมาะสม	45
รูปที่ 5.6 การปรับความเร็วรอบให้เหมาะสม	46
รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์พื้นที่ภาพฉายกับความเร็วยรอบ	47
รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของเปลือกที่ปอกได้กับความเร็วยรอบ	47
รูปที่ 6.1 ลักษณะการออกแบบชุดใบมีดที่มีลักษณะเหมือนลูกล่อนำทาง	51



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 ขนาดระบุของเพลตามาตรฐาน ISO/R775 – 1969	19
ตารางที่ 3.2 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆ ของมะกรูด	23
ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆ ของแอปเปิ้ล	24
ตารางที่ 3.4 ผลการทดสอบแรงตัดผิวมะกรูดจำนวน 50 ผล ด้วยเครื่อง Texture analyzer	25
ตารางที่ 3.5 ผลการทดสอบแรงเจาะผิว และผลมะกรูดอ่อนและแก่ด้วยเครื่อง Texture analyzer	28
ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองจากการปกเปิดแอปเปิ้ลด้วยใบมีดกรีดข่างพารา	48
ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองจากการปกเปิดแอปเปิ้ลด้วยใบมีดตัววี	49



รายการสัญลักษณ์

a	ด้านยาว (mm)
b	ด้านกว้าง (mm)
c	ด้านหนา (mm)
F	แรงเฉือน (N)
$F_{cutting}$	แรงในการตัดผิวมะกรูดที่ได้จากเครื่อง Texture Analyzer (N)
GMD	เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (mm)
K_{fs}	แฟกเตอร์ความเค้นหนาแน่น
K_f	แฟกเตอร์แก้ค่าอิทธิพลอื่นๆที่เหลือ
k_a	แฟกเตอร์แก้ผิว
k_b	แฟกเตอร์แก้ขนาด
k_c	แฟกเตอร์แก้โหลด
k_d	แฟกเตอร์แก้อุณหภูมิขณะใช้งาน
k_e	แฟกเตอร์แก้ระดับความน่าเชื่อถือ
M_a	โมเมนต์ตัด (N·m)
M_c	ความชื้นฐานเปียก (%)
m	น้ำหนัก (kg)
n	แฟกเตอร์ในการออกแบบ
n	ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)
P_w	กำลังของมอเตอร์ (watt)
r	รัศมีของผิวมะกรูดที่ยาวที่สุด (m)
S_a	พื้นที่ผิว (mm ²)
S_e	พิกัดการล้าของชิ้นงานจริง
S_{ut}	ความเค้นสูงสุดของวัสดุ (MPa)
T	แรงบิด (N·m)
T_m	แรงบิดที่กระทำกับมะกรูด (N·m)
v	ปริมาตร (m ³)
v	ความเร็วในการตัด (m/s)
W_1	น้ำหนักมะกรูดก่อนอบ (kg)
W_2	น้ำหนักมะกรูดหลังอบ (kg)
x	ค่า GMD เฉลี่ยของแต่ละความเร็วรอบ (mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์(ต่อ)

y	น้ำหนักเปลือกที่ควรปอกได้ทั้งผล (kg)
ω	ความเร็วเชิงมุม (rad/s)
ϕ	ค่าความเป็นทรงกลม
ρ	ความหนาแน่นปรากฏ (kg/m^3)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะกรูดและแอปเปิ้ลเป็นไม้ผลที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยในขณะนี้ โดยเฉพาะมะกรูด ซึ่งเป็นไม้ผลที่อยู่คู่ครัวคนไทยมานาน ในวันนี้หนึ่งๆ มีการบริโภคมะกรูดกันเป็นจำนวนมากทั้งในรูปแบบของใบ ผิว และน้ำของมะกรูด เพื่อนำมาเป็นส่วนหนึ่งในการประกอบอาหาร ดังจะเห็นได้จากอาหารจีนชื่อหลายชนิดที่มีส่วนผสมของมะกรูด เช่น ใบมะกรูดใช้ในอาหารประเภทต้มยำ ต้มข่า ต้มแซบ หรือซอยโรยหน้าห่อหมก กุ้งี่ พะแนง และใส่เป็นส่วนผสมของทอดมัน ผิวมะกรูดใช้ในอาหารประเภทพริกแกง น้ำมะกรูดใช้ปรุงรสเปรี้ยวในแกงเทโพ แกงส้ม เพราะมีกลิ่นหอม รสเปรี้ยวอมหวาน ทำให้มีรสชาติที่กลมกล่อม โดยอาหารเหล่านี้มีการแปรรูปเป็นอาหารสำเร็จรูปมากมาย ซึ่งสามารถจำหน่ายได้ทั้งภายในประเทศ และเพื่อส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ นอกจากนี้มะกรูดยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้อีก เช่น ผลิตภัณฑ์ทางเคมี เช่น ยาสมุนไพร ทำให้ความต้องการในการใช้มะกรูดของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศมีแนวโน้มที่สูงขึ้น เนื่องด้วยสรรพคุณที่มีความหลากหลายของมะกรูด

ตลาดของมะกรูดในประเทศไทยนั้น ยังถือว่าเป็นตลาดที่ยังเติบโตได้ดี เนื่องจาก ใบมะกรูดเป็นพืชที่จำเป็นของคนไทย แต่บางครั้งก็หายาก เพราะส่วนใหญ่นิยมปลูกเป็นพืชสวนครัวเท่านั้น ยังไม่มีการปลูกแพร่หลายเหมือนมะนาว และส้ม บทบาทของมะกรูดได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก เพราะผู้คนที่ต่างได้นำข้อเด่นของมะกรูดทั้งจากใบ จากผลมาแปรรูปมาเป็นส่วนประกอบในอาหาร กลายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มอย่างมากมาย หากนับแต่เพียงกลุ่มอาชีพที่ได้มีข้อมูลอยู่กับหน่วยงานราชการ เฉพาะกรมพัฒนาชุมชนอย่างเดียว มีกลุ่มผู้นำมะกรูดมาแปรรูปเป็นอาชีพ ไม่ต่ำกว่า 180 กลุ่ม หากคิดมูลค่าแล้วย่อมเป็นตัวเลขที่สูง ซึ่งตลาดของมะกรูดส่วนใหญ่ ได้แก่ โรงงานผลิตเครื่องสำอางประเภทต่างๆ เช่น แชมพู ครีมนวด ครีมหมักผม โรงงานใบมะกรูดอบแห้งส่งนอก โรงงานทำน้ำมันหอมระเหย โรงงานน้ำพริก โรงงานพริกแกง โดยอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่มักจะใช้ผิวของมะกรูดมาเป็นส่วนผสม ส่วนแอปเปิ้ลนั้นก็เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ผู้คนนิยมบริโภคกันเป็นจำนวนมาก ทางคณะผู้วิจัยจึงนำไม้ผลทั้งสองชนิดนี้มาทดลองปอกด้วยเครื่องปอกผลไม้ต้นแบบเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง โดยในขณะนี้ยังไม่มีเครื่องจักรที่ใช้ในการปอกผลไม้ได้อย่างหลากหลาย โดยเฉพาะมะกรูดที่มีเปลือกหนา เหนียว และผิวขรุขระ ทำให้ต้องจ้าง

แรงงานคนเพื่อใช้ในการปอก ทำให้เสียต้นทุนในการผลิตสูง และเสียเวลาในการผลิต นอกจากนี้ ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นจะต้องมีความชำนาญสูง หากขาดความชำนาญอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุขณะปอกผิว มะกรูดได้ ซึ่งเสี่ยงต่อความปลอดภัยของตัวผู้ปฏิบัติงานเป็นอย่างมาก ดังนั้นทางผู้จัดทำโครงการจึงมีแนวคิดในการนำเครื่องจักรเข้ามาใช้แทนแรงงานคน โดยได้ศึกษางานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการปอก ไม้ผลต่างๆ เช่น เครื่องปอกมะละกอ [7] เครื่องปอกมะพร้าว[8] เครื่องปอกเปลือกทุเรียน [9]และเครื่อง กะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์[10]เพื่อศึกษาการทำงานเบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ เครื่องปอกผิวผลไม้ โดยมุ่งเน้นให้เครื่องสามารถปอกผิวของไม้ผลได้ทุกชนิดโดยเฉพาะการปอกผิว มะกรูด ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบเครื่องด้วยการปอกผิวมะกรูด และแอปเปิ้ลพันธุ์ฝรั่งเศส เนื่องจากไม้ผล 2 ชนิดมีลักษณะเป็นทรงกลม และมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน แต่มีความแตกต่างในด้าน ลักษณะของผิว คือผิวมะกรูดจะมีความหนา เหนียว และขรุขระ ส่วนแอปเปิ้ลมีเปลือกที่บาง และเรียบ จึงเป็นสาเหตุในการเลือกไม้ผล 2 ชนิดนี้ในการทดสอบเครื่องปอกผลไม้ เพื่อให้มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้งานได้จริง ใช้งานได้ง่าย มีหลักการทำงานที่สะอาด และปลอดภัย

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาข้อมูลและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของมะกรูดและแอปเปิ้ล พันธุ์ฝรั่งเศสเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ
2. ศึกษาความเป็นไปได้ในการปอกผิวผลไม้ด้วยเครื่องจักร ซึ่งเลือกศึกษามะกรูดและแอปเปิ้ล

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของมะกรูดอ่อนผลสีเขียว มะกรูดผลแก่ผลสีเขียวอมเหลือง และ แอปเปิ้ลพันธุ์ฝรั่งเศสและศึกษาสมบัติทางกลของมะกรูด
2. เครื่องปอกผิวผลไม้ในงานวิจัยนี้เป็นเครื่องต้นแบบที่ใช้ทดสอบการทำงานเท่านั้น
3. งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการปอกผิวมะกรูดและแอปเปิ้ลเท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นำความรู้จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของมะกรูดและแอปเปิ้ลพันธุ์ฝรั่งเศสไป ใช้ในการออกแบบเครื่องปอกผิวผลไม้
2. สามารถนำสมบัติทางกายภาพ และทางกลของมะกรูดและแอปเปิ้ลพันธุ์ฝรั่งเศสไปประยุกต์ใช้ กับงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของมะกรูด

มะกรูด เป็นพืชในสกุลส้ม (Citrus) ไม่ทราบแหล่งกำเนิด แต่พบมากตามธรรมชาติในมาเลเซีย อินเดีย ศรีลังกา พม่า และแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มะกรูดสามารถใช้ได้ทุกส่วนทั้งผล ผิว น้ำ ใบ และราก แต่ที่นิยมใช้ คือ ใบ และผิวมะกรูด นำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องปรุงอาหารหลายชนิด

ชื่อทางวิทยาศาสตร์ : Citrus hystrix DC.

ชื่อวงศ์ : RUTACEAE

ชื่อสามัญ : Leech Lime, Mauritius Papeda, Kaffir Lime, Porcupine Orange

ชื่อท้องถิ่น : ภาคเหนือ เรียก มะขูด, มะขูน

: ภาคใต้ เรียก ส้มกรูด, ส้มมั่วผี

: กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน เรียก มะขู

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

- ลำต้น เป็น ไม้ยืนต้นขนาดกลางลำต้นสูง 2-12 เมตร เป็นไม้เนื้อแข็ง แตกกิ่งก้าน ลำต้น และกิ่งมีหนามแหลม
- ใบมะกรูด มีลักษณะเป็นรูปไข่กว้างถึงไข่แกมรี หรือขอบขนาน ขนาดของใบกว้าง 2-6 เซนติเมตร ยาว 3-15 เซนติเมตร ปลายใบมน โคนใบสอบหรือมน ใบมีปีกเป็นแผ่น คล้ายใบคล้ายรูปลิ้มหรือไข่หัวกลับใบเป็น 2 ตอนใบค่อนข้างหนา มีสีเขียวแก่แผ่นใบมี ต่อมน้ำมันใส มีกลิ่นหอม
- ดอก มีสีขาว อยู่บริเวณตรงซอกใบ มีกลิ่นหอม มีลักษณะเป็นทั้งดอกเดี่ยวและดอกช่อ มี 2-12 ดอก
 - กลีบเลี้ยง มี 4-5 กลีบ เป็นรูปไข่กว้าง ปลายแหลม
 - กลีบดอก มี 4-5 กลีบ กลีบหนา ปลายมนแหลม ด้านนอกมีต่อมน้ำมันกลีบร่วงง่าย
 - เกสรเพศผู้ มีจำนวนมาก ก้านเกสรสีขาว อับเรณูสีเหลืองอ่อน
 - เกสรเพศเมีย คล้ายรูปกระบอก สีเหลืองแกมเขียว ยอดเกสรกลม สีเหลืองแกมเขียว
 - รังไข่ ค่อนข้างกลม ส่วนบนกว้าง มีหลายช่อง
- ผล เป็นผลเดี่ยวค่อนข้างกลม บางพันธุ์มีผิวขรุขระ มีจุดที่หัวผล เปลือกหนา สีเขียวเมื่อ

สุกมีสีเหลือง มีเมล็ดหลายเมล็ด โครงสร้างด้านในคล้ายพืชตระกูลส้ม ขนาดของผล
ประมาณ 3–7 เซนติเมตร

2.1.2 สารสำคัญในมะกรูด

ในใบและผลมะกรูด เมื่อนำมากลั่นด้วยไอน้ำจะให้ น้ำมันหอม ระเหยในปริมาณ 0.08 % และ 4 % ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดมักประกอบด้วยเบต้า-ไพเนน, โลโมนีนและซาบิโนน เป็นสารหลัก ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากใบจะประกอบด้วย ซีโทรเนลลาล, ไอโซพูลิโกล และไลนาลู ออล เป็นสารหลัก ส่วนในน้ำมะกรูดมีกรดซิตริก ไวตามินซี และกรดอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ เป็น ส่วนประกอบ

2.1.3 พันธุ์

พันธุ์ของมะกรูดแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ มะกรูดพันธุ์พื้นเมืองที่มีมานานแล้ว ลักษณะผลจะเป็นผลใหญ่ ผิวขรุขระ และพันธุ์ผลเล็กที่มีลักษณะผลผิวไม่ขรุขระ ผลจะเล็กกว่าพันธุ์พื้นเมือง

2.1.4 วิธีการปลูก

มะกรูดปลูกได้ดีในดินทุกชนิด ขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด ควรปลูกด้วยกิ่งตอน ก่อนจะ ปลูกควรนำปุ๋ยคอกมาใส่ผสมกับดิน เพื่อให้ดินมีอาหารอุดมสมบูรณ์ดี หลุมที่ปลูกมีขนาด กว้าง x ยาว x ลึกประมาณ 80 เซนติเมตร ก่อนที่จะวางพีชลงปลูกในหลุมควรหาใบไม้ใบหญ้าแห้งที่เนาเปียกผูกฟ้ง ใสรองกันหลุมระยะปลูก ประมาณ 5 x 5 เมตร

2.1.4.1 การปฏิบัติดูแลรักษา

1. การให้น้ำ ในระยะที่ปลูกมะกรูดใหม่ ๆ ต้องหมั่นรดน้ำให้ความชุ่มชื้นแก่พืช จะ ทำให้พืชตั้งตัวได้เร็ว แยกใบอ่อนกิ่งอ่อนดี
2. การใส่ปุ๋ย ควรใส่เพิ่มธาตุอาหารให้พืชเป็นครั้งคราว ซึ่งอาจเป็นปุ๋ยอินทรีย์ หรือ ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ และปุ๋ยชีวภาพก็ได้ ปกติจะรับประทานใบมะกรูดเป็น อาหารจึง มักใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูง เช่น 20-14-14 หรือใส่ปุ๋ยพื้น เช่น 15-15-15
3. การป้องกันกำจัดศัตรูพืช จะมีหนอนของผีเสื้อกลางคืนกัดกินใบมะกรูด และ ยอดอ่อนจึงควรตรวจตราจับหนอนดังกล่าวในเวลาเช้าแล้วทำลายทิ้งเสีย

2.1.4.2 การเก็บเกี่ยว

เกษตรกรที่ปลูกมะกรูด เป็นการค้า และทำการตัดกิ่งและใบขาย เริ่มเก็บได้เมื่อมะกรูดอายุ 2-3 ปี และจะตัดโดยรักษาทรงพุ่มไปเรื่อยๆ ส่วนรายได้ที่ต้องการเก็บผลขาย จะเริ่มเก็บเมื่อมะกรูดมีอายุ 3-4 ปีขึ้นไป

2.1.5 การจำหน่าย

มะกรูดมีการนำมาใช้ประโยชน์มาก จึงสามารถจำหน่ายได้ตลอดปี โดยจำหน่ายเป็นใบสด ผลสด แต่ปัจจุบันสามารถจำหน่ายในรูปของใบมะกรูดแห้งและผิวมะกรูดแห้ง ซึ่งส่วนใหญ่จะส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม ความต้องการมะกรูดของตลาดภายในประเทศและต่างประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ทว่าเกษตรกรมักจะปลูกมะกรูดในลักษณะเป็นพืชสวนครัว หรือเป็นพืชรองเป็นพืชเสริมรายได้เท่านั้น ไม่ได้ปลูกกันอย่างจริงจัง การปลูกเป็นพืชหลักชนิดเดียวมีน้อย

2.1.6 การใช้ประโยชน์จากมะกรูด

2.1.6.1 ใช้ส่วนต่าง ๆ ของมะกรูด เป็นยาหรือส่วนผสมของยาต่าง ๆ ดังนี้

1. ใบมะกรูด มีรสปร่า กลิ่นหอม แก้ไอ แก้อาเจียนเป็นเลือด แก้จ้ำใน คับกลิ่นคาว และเป็นส่วนประกอบของอาหารบางชนิด เช่น ต้มยำ ยำต่างๆ เป็นต้น
2. ผลมะกรูด มีรสเปรี้ยว กัดเสมหะ แก่น้ำลายเหนียว กัดเถาดานในท้อง แก้กะดูเสียด ฟอกโลหิต ขับระดู ขับลมในลำไส้
3. ผิวผลสดและผลแห้ง รสปร่า หอมร้อน สรรพคุณแก้ลมหน้ามืด แก้วิงเวียน บำรุงหัวใจ ขับลมลำไส้ ขับระดู ผิวสดสามารถประกอบอาหารบางชนิดได้ เช่น พริกแกง แกงเผ็ด เป็นต้น และในผิวมะกรูดมีน้ำมันหอมระเหยอยู่มาก มีกลิ่นฉุน บางครั้งสามารถนำไปใช้ไล่แมลงบางชนิดได้
4. น้ำในลูกมะกรูด มีรสเปรี้ยว แก้ไอเสมหะ ฟอกโลหิต ขับระดู ขับลมในลำไส้ไม่ค่อยนิยมนำมาประกอบอาหารเท่ามะนาว เพราะมีน้ำน้อยกว่า
5. ราก มีรสจืดเย็น แก้ไข้ ถอนพิษสำแดง แก้ลมจุกเสียด กระทุ้งพิษไข้ แก้พิษฝ้ายภายใน แก้เสมหะ

2.1.6.2 ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหอมและเครื่องสำอางต่าง ๆ

2.1.6.3 กรดซิตริกที่อยู่ในน้ำของผลมะกรูด ช่วยขจัดคราบสบู่ที่หลงเหลืออยู่ ทำให้ผมหวีเรียบง่าย และน้ำมันจากผิวมะกรูด ช่วยให้ผมดกเป็นเงางาม

2.1.6.4 ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร คับกลิ่นคาวของอาหารใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องแกงต่าง ๆ [1]

2.2 ข้อมูลเบื้องต้นของแอปเปิ้ล

แอปเปิ้ลเป็นไม้ผลในวงศ์เดียวกับกุหลาบ สตรอเบอร์รี่ บ๊วย และท้อ มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันตกเฉียงใต้ ในปัจจุบันมีการพัฒนาพันธุ์มากกว่า 1,000 พันธุ์ ปลูกได้ทั่วโลก แต่มีปลูกมากในเขตอบอุ่น

โดยเฉพาะในยุโรปตะวันตก รัสเซีย จีน สหรัฐอเมริกา ตุรกี อิหร่าน และญี่ปุ่น ฝรั่งเศสเป็นประเทศที่ส่งออกแอปเปิ้ลมากที่สุดในโลก ในประเทศไทยก็มีการปลูกแอปเปิ้ลเช่นกันในบริเวณภูเขาสูงที่มีอากาศเย็น

ชื่อทางวิทยาศาสตร์	: <i>Pyrus malus</i> Linn.
ชื่อวงศ์	: Rosaceae.
ชื่อพฤกษศาสตร์	: <i>Malus domestica</i> Borkh.
ชื่อสามัญ	: Apple
ชื่ออื่น	: จีนเรียกว่า ผิงก้วย

2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

- ลำต้น เป็นพรรณไม้ยืนต้นขนาดสูงประมาณ 15 เมตร มีขนนุ่มปกคลุมที่กิ่งก้าน
- ใบ เป็นใบเดี่ยวมีรอยหยักคล้ายฟัน เลื่อยยาวประมาณ 9-25 ซม. กว้างประมาณ 5-14 ซม.
- ดอก ออกเป็นช่อ คล้ายร่ม กลีบดอกสีขาวหรือชมพู มีดอกประมาณ 3-7 ดอกต่อหนึ่งช่อ แต่ละดอกมีกลีบดอก 5 กลีบ มีเกสรตัวผู้จำนวนมาก
- ผล รูปร่างกลม ผลมีรอยบุ๋มบริเวณขั้วและก้น มีสีส้มต่างกันแล้วแต่พันธุ์ รสหวานถึงเปรี้ยว เมล็ดสีน้ำตาล

2.2.2 สารสำคัญในแอปเปิ้ล

มีกรดอินทรีย์ วิตามินเอ ซี ฟอสฟอรัส เหล็ก โปตัสเซียม และแคลเซียม นอกจากนั้นยังพบว่าผลของแอปเปิ้ลนั้นมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะมีน้ำตาลมากน้อยนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของแอปเปิ้ล

2.2.3 วิธีการปลูก

การปลูกแอปเปิ้ลมีระบบการปลูกเป็น 2 แบบ คือ ระบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า และระบบแนวระดับ โดยระบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะปลูกต้นไม้เป็นมุมฉากต่อกันอยู่แต่ละมุมของสี่เหลี่ยมผืนผ้า เหมาะสำหรับปลูกไม้แซมทำให้พรวนดินได้ 2 ทาง สะดวกในการดูแลรักษา และต้นแอปเปิ้ลจะได้รับแสงแดดมากที่สุด ส่วนระบบแนวระดับจะปลูกตามแนวระดับทางเดียวและมักจะคดเคี้ยวไปตามระยะทางห่างกันอีกด้านเป็นระยะจำกัดระบบนี้ช่วยลดการสึกกร่อนของดินเหมาะกับพื้นที่ที่เป็นเนินเขาหรือที่ลาดชัน การเตรียมดิน ก็เหมือนกับการปลูกไม้ผลทั่วไป โดยขุดหลุมขนาด 1x1x1 เมตร กองดินดินบนไว้กองหนึ่ง และดินชั้นล่างไว้อีกกองหนึ่ง นำปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกเก่า ๆ เทใส่ลงไปขนาดพอ ๆ กับกองดินบน ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันจากนั้นจึงค่อยเอาดินล่างกลบลงไปให้มีระยะสูงกว่าปากหลุม

เล็กน้อย นำดินตกลงปลูกได้แล้วกลบดินบริเวณโคนต้นให้แน่นพอควร ระยะปลูกที่เหมาะสม 3x3 เมตร หรือ 4x4 เมตร ในพื้นที่ 1 ไร่ จะได้ประมาณ 100-177 ต้น ฤดูกาลที่ปลูก ควรทำในขณะที่อยู่ในช่วงพักตัว คือช่วงฤดูหนาว ซึ่งในช่วงนี้ต้นพืชจะได้รับการกระทบกระเทือนจากการขุดย้ายน้อยที่สุด

2.2.4 การใช้ประโยชน์จากแอปเปิ้ล

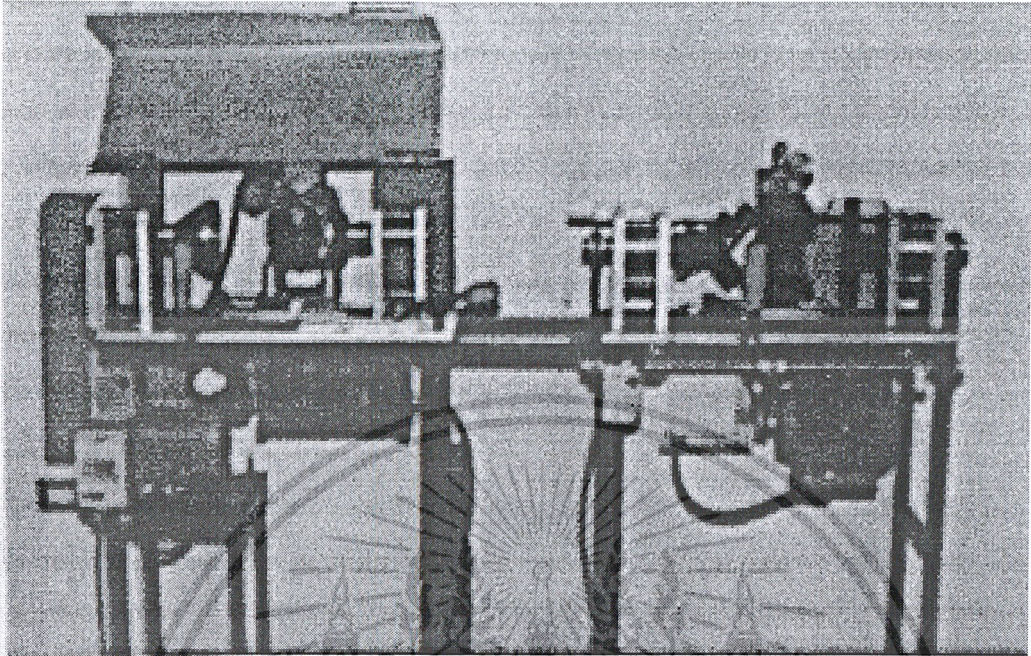
คุณค่าอาหาร แอปเปิ้ลนอกจากจะนำมารับประทานเป็นผลไม้สดแล้ว ยังนำเอาแอปเปิ้ลมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ ได้อีกหลายอย่าง เช่น แยม เยลลี่ เนย น้ำผลไม้ น้ำส้มสายชู ผลไม้กระป๋อง บรันดี แอปเปิ้ล หากรับประทานหลังอาหารจะช่วยทำความสะอาดฟัน และช่วยนวดเหงือก ช่วยขจัดคราบหินปูน ทำให้เหงือกและฟันสะอาด

สรรพคุณทางยา แอปเปิ้ล เป็นผลไม้ที่ให้รสชาติหวานชุ่มเย็น กระตุ้นน้ำลาย บำรุงปอด แก้พิษสุรา ระบายน้ำ จุกเสียด อึดแน่นหลังรับประทานอาหาร ทำให้เจริญอาหารหรือทาแก้ผดผื่น ใบแอปเปิ้ลสามารถนำมาต้มเพื่อรับประทานรักษาเลือดคั่งค้างหลังคลอด ขับน้ำคาวปลา รักษาอาการไข้ นำมาต้มพอกบริเวณบาดแผลหรือนำมาชงกับน้ำมันพืช ทาบริเวณแผลที่เกิดไฟไหม้ ผลแอปเปิ้ลสดนำมาคั้น เอาน้ำมาเคี้ยวหรือจะรับประทานได้เลย เป็นยารักษาอาการท้องผูก โรคเกี่ยวกับตับ โลหิตจาง บำรุงปอด รักษาพิษสุรา บำรุงร่างกายทารก ทำให้เจริญอาหาร กระตุ้นน้ำลาย หรือนำมาทารักษาโรคผิวหนัง เปลือกผลแอปเปิ้ล นำมาต้มรับประทานแบบชา รับประทานแก้ไอ เจียน เรอ ท้องอืด ท้องเฟ้อ

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 เครื่องปอกมะพร้าว

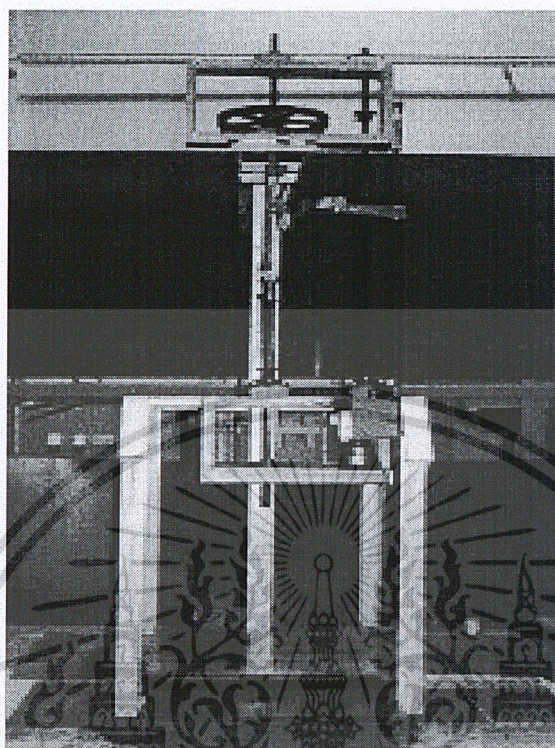
หลักการทำงานของเครื่องปอกมะพร้าว จะแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน คือ การปอกด้านข้าง และการปอกหัวท้าย โดยจะเริ่มการทำงานโดยการปอกเปลือกด้านข้าง ซึ่งจะมีอุปกรณ์ยึดหัวท้ายของผลมะพร้าว จากนั้นมอเตอร์จะทำงานด้วยการหมุนมะพร้าว ใบมีดก็จะหมุนอยู่กับแกนพร้อมกับเลื่อนเปลือกมะพร้าวออกไป เมื่อทำการปอกเปลือกด้านข้างแล้ว จึงนำไปติดตั้งกับอุปกรณ์ที่ใช้ปอกหัวท้าย ผลมะพร้าวจะถูกยึดโดยมือกลและส่วนหัวท้ายของมะพร้าวจะถูกตัดโดยใบมีดอีกครั้งหนึ่ง [9]



รูปที่ 2.1 เครื่องปอกมะพร้าว ปริญาณิพนธ์สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2543

2.3.2 เครื่องปอกมะละกอ

เครื่องปอกมะละกอ ตัวเครื่องทำมาจากโลหะเหล็กฉาก มีส่วนต้นกำลังที่มีมอเตอร์ขนาด $\frac{1}{2}$ แรงม้า เป็นตัวถ่ายทอดกำลังโดยใช้ Inverter เป็นตัวควบคุมทิศทางความเร็วรอบของมอเตอร์และส่งกำลังไปยังพูลเลย์กับเพลา โดยที่เพลา นั้นจะสวมหัวจักรเพื่อยึดให้มะละกอถูกจับตั้งในแนวตั้ง มีเพลาเกลียวซึ่งทำให้ชุดใบมีดเคลื่อนที่ขึ้น-ลง โดยเพลาเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19.6 มิลลิเมตร ยาว 1 เมตร มีมีดปอกมะละกอซึ่งยึดติดกับเพลาเกลียว โดยด้ามมีดทำด้วยวัสดุพลาสติก ใบมีดทำด้วยสแตนเลสสตีล มีสวิตซ์สองทางเป็นตัวควบคุมการหมุนของเพลาเกลียว โดยใช้มอเตอร์ขนาด DC 11V 0.8 AMP เป็นตัวขับ มีความเร็วรอบที่ 195 รอบต่อนาที [7]



รูปที่ 2.2 รูปเครื่องปอกมะละกอ ปริญาณิพนธ์สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2546

2.3.3 งานวิจัยคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลหลังการเก็บเกี่ยวของเปลือกและผลส้ม

Singh and Reddy (2006) ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลหลังการเก็บเกี่ยวเปลือกและผลส้ม ได้แก่ ความชื้นฐานเปียก ความเค้นแรงดึง แรงตัด สี น้ำหนักที่สูญเสีย จุดแตกหัก ความคงทนและแรงเจาะ ซึ่งทางผู้จัดทำได้อ้างอิงเฉพาะการทดสอบ ความชื้นฐานเปียก แรงตัด และแรงเจาะ ซึ่งงานวิจัยนี้มีการทดลองที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยเครื่องปอกผิวมะกรูดเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถอ้างอิงค่าและหาค่า (Pressing probe) ที่ใช้ในการทดสอบ โดยมีการปรับเปลี่ยนค่าตามความเหมาะสมของคุณสมบัติมะกรูด ดังนี้

2.3.3.1 ความชื้นฐานเปียกของเปลือกส้ม (moisture content)

นำเปลือกตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ไปใส่ในภาชนะอลูมิเนียม โดยกลุ่มตัวอย่างจะถูกทำให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ความชื้นของเปลือกจะคำนวณจากค่าความชื้นฐานแห้ง (dry weight basis) ซึ่งค่าเฉลี่ยได้จากการทดลองสามซ้ำ

2.3.3.2 แรงตัดของเปลือกส้ม (cutting test)

จากการแบ่งเปลือกที่บริเวณตรงกลางผลที่ได้จากการสุ่มส้มมา 5 ผล จะได้เปลือกที่มีขนาดประมาณ 20×40 mm นำมาวางบนพื้นผิวเครื่องวัดเนื้อสัมผัสของอาหาร ติดตั้งใบมีด HDP/BSK เพื่อใช้ในการตัดเปลือก โหลดเซลล์ตั้งค่าที่ 250 นิวตัน และความเร็วในการตัด 1 mm/s.

2.3.3.3 แรงเจาะของเปลือกส้ม (Puncture Force)

ใช้หัวเจาะทรงกระบอกขนาด 5 mm เปลือกส้มจะถูกวางบนแผ่น plate การทดสอบนี้ทดสอบที่ความเร็ว หัวเจาะ 1 mm/s [3]



บทที่ 3

ทฤษฎี และหลักการ

3.1 วัสดุที่ใช้สร้างเครื่องปอกผลไม้

การเลือกใช้วัสดุสำหรับทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกลจะเลือกใช้ตามความเหมาะสมของการทำงานในลักษณะต่างๆ ซึ่งวัสดุที่ใช้สำหรับสร้างเครื่องปอกผลไม้จะประกอบไปด้วยวัสดุ 2 ชนิด คือ สแตนเลส และอลูมิเนียม ดังนี้

3.1.1 สแตนเลส หรือเหล็กกล้าไร้สนิม

เหล็กกล้าไร้สนิม หรือ สแตนเลสในสมัยแรกๆ นั้นมักมีปัญหาเกี่ยวกับความแข็งจึงไม่สามารถรักษาความคมไว้ได้นาน ซึ่งปัญหาเหล่านี้ในปัจจุบันได้ทำการแก้ไขแล้วทำให้มีคุณสมบัติในการทนทานต่อสนิม และมีคุณสมบัติในการตัด ในทางโลหกรรมถือว่าเหล็กกล้าไร้สนิมเป็นโลหะผสมเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ (น้อยกว่า 2% ของน้ำหนัก) และมีส่วนผสมของโครเมียมอย่างน้อยที่สุด 10.5% สาเหตุที่สแตนเลสไม่เป็นสนิมเกิดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่าง ออกซิเจนในอากาศกับโครเมียมในเนื้อสแตนเลส เกิดเป็นฟิล์มบางๆเคลือบผิวไว้ ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดความเสียหายให้กับตัวเนื้อสแตนเลสได้เป็นอย่างดี สแตนเลสมีความแข็งแรง ทนทานต่อการกัดกร่อน ง่ายต่องานสร้างหรือประกอบ มีคุณสมบัติด้านสุขศาสตร์ จึงมักใช้ในงานอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมเคมี โดยสามารถจำแนกประเภทของสแตนเลสได้จากเลขรหัสที่กำหนดขึ้นตามมาตรฐานอเมริกา AISI เช่น 304 304L 316 316L เป็นต้น ซึ่งส่วนผสมจะเป็นตัวกำหนดเกรดของสแตนเลส เช่น การเติม นิกเกิล โมลิบดีนัม ไททาเนียม ไนโอเนียม ซึ่งมีความต้องการในการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป

โดยส่วนใหญ่มักจะกล่าวถึงสแตนเลส AISI 304 สแตนเลสชนิดนี้จะใช้กับสภาวะแวดล้อมซึ่งส่วนใหญ่พบอยู่ในโรงงานอาหาร และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่เปียก สามารถตอบสนองความต้องการเหล่านี้ได้เป็นอย่างดี แต่ชนิดที่มีความต้านทานการกัดกร่อนที่ดีกว่า คือ AISI 316 ความต้านทานการกัดกร่อนที่ทำให้เป็นรูของสแตนเลสจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มธาตุ โมลิบดีนัม (พลวง) ได้ในปริมาณตามที่ต้องการ ซึ่งก็จะมีราคาที่แพงขึ้น เพราะฉะนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะกำหนดระดับความเหมาะสมของธาตุ โมลิบดีนัม (พลวง) ซึ่งจะมีความหมายต่อการนำมาใช้งาน

3.1.2 อลูมิเนียม

อลูมิเนียมมีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีน้ำหนักเบา มีความต้านทานต่อการเป็นสนิม มีความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง มีความเหนียวสูง ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ราคาถูกกว่าสแตนเลสประมาณ 4

เท่า ขึ้นรูปง่าย ขัดล้างทำความสะอาดได้ จึงทำให้อลูมิเนียมสามารถเข้าไปแทนที่เหล็ก ทองแดง และสเทินเลสได้ แต่มีข้อเสียคือกัดกร่อน และหักกรอบได้ง่าย จึงมีการผสมอัลลอยด์ และโลหะประเภทอื่นๆ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเนื้ออะลูมิเนียม [10]

3.2 มอเตอร์

มอเตอร์เป็นเครื่องกลที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้อุปกรณ์สามารถหมุนไปตามความเร็วรอบที่ต้องการ มอเตอร์ไฟฟ้ามีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ และพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะมีคุณสมบัติที่ดีในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงความเร็วสูงสุด

หลักการทำงานมอเตอร์ มอเตอร์จะทำงานตามหลักการแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อเรานำเอาขดลวดพันแกนเหล็กหลายๆ รอบแล้วป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดนั้น แกนเหล็กจะกลายเป็นแม่เหล็ก แต่จะเป็นแบบชั่วคราว และเมื่อเรานำไฟฟ้าออก แกนเหล็กจะกลายเป็นแกนเหล็กธรรมดา และเมื่อแม่เหล็ก 2 อันมีขั้วต่างกันจะเกิดการผลักกัน ดังนั้นในตัวมอเตอร์เองจะประกอบด้วยเหล็กที่มีขั้วต่างกัน เมื่อเราป้อนพลังงานให้กับมอเตอร์จะเกิดเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า และจะมีขั้วต่างกับกับแม่เหล็กที่ขั้ว จึงทำให้เกิดการผลักกัน และการผลักกันของแม่เหล็กทั้ง 2 คือ การหมุนของมอเตอร์

การนำมอเตอร์ไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ และทิศทางการหมุนของมอเตอร์ การที่เราป้อนแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าแรงดันปกติของมอเตอร์จะทำให้มอเตอร์หมุนช้าลง หรือไม่หมุน และแรงบิดที่ได้จะน้อย ในทำนองเดียวกันหากเราป้อนแรงดันสูงกว่าแรงดันที่กำหนด จะทำให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้น และอาจเกิดความเสียหายแก่ตัวมอเตอร์เอง เช่น ขดลวดไหม้ หรือขาดได้ สิ่งที่สำคัญสำหรับการนำมอเตอร์ไปใช้งาน คือ การที่มอเตอร์รับภาระในการหมุนมากเกินไป ซึ่งอาจทำให้มอเตอร์หมุนไม่ได้ จะทำให้มอเตอร์เกิดกระแสลัดวงจรในขดลวด และมอเตอร์เสียหายได้

โดยมอเตอร์มีด้วยกัน 2 ประเภท คือ มอเตอร์กระแสสลับ (AC) และมอเตอร์กระแสตรง (DC) ซึ่งสำหรับเครื่องปอกผิวมะกรูดนี้จะใช้มอเตอร์กระแสตรง เนื่องจาก การควบคุมแรงบิด หรือความเร็วทำได้ง่าย มีผลการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแรงได้รวดเร็ว การปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงกว้าง [7]

- กำลังของมอเตอร์

$$P_w = T\omega \quad (3.1)$$

- แรงบิด

$$T = Fr \quad (3.2)$$

- ความเร็วเชิงมุม

$$\omega = \frac{2\pi}{60} \times n \quad (3.3)$$

P_w = กำลังของมอเตอร์ (watt)

T = แรงบิด (N·m)

ω = ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

F = แรงเฉือน (N)

r = รัศมีของผิววงกรวดที่ยาวที่สุด (m)

n = ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)

3.3 สายพาน

สายพานเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่มีความยืดหยุ่นหรือมีความสามารถในการโค้งงอ ถูกนำมาใช้ในกระบวนการถ่ายเทพลังงานและการส่งกำลังจากเพลลาอันหนึ่งไปยังเพลลาอีกอันหนึ่ง โดยมากสายพานมักจะถูกนำมาใช้แทนเฟือง และ โซ่ เนื่องจากสายพานมีข้อดีหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับ การส่งกำลังโดยใช้เฟือง คือ มีราคาถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระตุกและแรงสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง ค่าบำรุงรักษาต่ำ ทำให้การออกแบบเครื่องจักรกลง่ายขึ้น จึงช่วยลดต้นทุนได้เป็นอย่างมาก แต่สายพานก็มีข้อเสีย คือ อัตราทดไม่แน่นอนเนื่องจากการสลิป และการครีพของสายพาน และต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลลาหรือปรับแรงตึงในสายพานระหว่างใช้งาน นอกจากนี้ยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดสูงมากได้

อย่างไรก็ตามชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ยืดหยุ่นตัวได้เกือบทั้งหมดจะมีอายุการใช้งานที่จำกัด ในการนำชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเหล่านี้มาใช้งานจึงจำเป็นต้องจัดให้มีตารางกำหนดระยะเวลาการตรวจสอบเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสึกหรอ หหมดอายุการใช้งาน หรือสูญเสียคุณสมบัติความยืดหยุ่น และทำการเปลี่ยนในทันทีที่ตรวจพบว่าชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเหล่านี้เกิดการเสื่อมสภาพ

3.3.1 ประเภทสายพาน

การแบ่งประเภทสายพานจะพิจารณาจากลักษณะหน้าตัดของสายพาน ซึ่งการใช้งานสายพานแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันไป สายพานพื้นฐานที่สำคัญมี 4 ประเภท ดังนี้

- สายพานแบน (Flat belt) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ใช้กับพูลเลย์ที่มีรอยหยัก
- สายพานกลม (Round belt) มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม
- สายพานรูปตัววี (V belt) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ใช้กับพูลเลย์ที่มีร่อง
- สายพานไทม์มิ่ง (Timing belt) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่จะทำเป็นร่องคล้ายฟันเพื่อตลอดความยาวของสายพานใช้กับพูลเลย์ที่มีฟัน หรือใช้กับล้อฟันเฟือง สำหรับเครื่องปอกผิวมะกรูดนี้จะเลือกใช้สายพานไทม์มิ่งในการจับเพลลา

3.3.2 สายพานไทม์มิ่ง (Timing belt)

สายพานไทม์มิ่งทำมาจากผ้าทอหยาบขยงเคลือบด้วยไนลอนดัก และมีเส้นลวดเหล็กกล้าอยู่ภายในเพื่อรับโหลดแรงดึง สายพานประเภทนี้จะมีฟันสำหรับยึดเข้ากับร่องที่ตัดบนพูลเลย์ สายพานไทม์มิ่งจะไม่เกิดการยืดตัวและไม่เกิดการลื่นไถล จึงทำให้สามารถส่งกำลังด้วยอัตราการทดรอบคงที่และไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงเบื้องต้นในสายพาน สายพานประเภทนี้จึงใช้งานได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านความเร็ว มีประสิทธิภาพสูง คืออยู่ในช่วงระหว่าง 97% - 99% ไม่ต้องกรหล่อลื่น และมีเสียงเบาว่าการใช้โซ่ขับ เส้นลวดภายในสายพานไทม์มิ่งจะวางตัวอยู่ในแนวพิทซ์ของสายพาน ดังนั้นความยาวพิทซ์จึงเป็นค่าเดียวกับความยาวของสายพาน โดยไม่ต้องคำนึงถึงความหนา [4]

3.3 แบร์ริง

แบร์ริงเป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในการช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างชิ้นงาน ช่วยรองรับหรือช่วยยึดชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรที่มีการหมุนให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง แบร์ริงแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.3.1 แบร์ริงกาบ (Plain bearings)

มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกกลวง โดยมีแกนหมุนอยู่ภายใน ส่วนของแกนหมุนหรือเพลลาที่หมุนอยู่ภายในแบร์ริง เรียกว่า เจอร์นอล (Journal) ส่วนรูปทรงกระบอกกลวง เรียกว่า เจอร์นอลแบร์ริง (Journal bearing) ซึ่งมักทำด้วยโลหะหรือส่วนผสมของโลหะที่มีเนื้ออ่อนกว่าเจอร์นอล แบร์ริงกาบโดยทั่วไปจะใช้น้ำมันเป็นตัวหล่อลื่นมากกว่าจาระบี และมักใช้จาระบีในกรณีที่แบร์ริงไม่มีระบบป้องกันหรือซีลที่เพียงพอสำหรับน้ำมัน ในขณะที่ตัวเจอร์นอลหมุนอยู่ภายในแบร์ริง น้ำมันจะถูกเหวี่ยงเข้ามาเป็นฟิล์มป้องกันไม่ให้ผิวของเจอร์นอลและแบร์ริงมาสัมผัสกัน ความหนืดของน้ำมันไม่ควรจะต่ำเกินไปจนฟิล์มน้ำมันไม่สามารถแยกผิวสัมผัสทั้งสองออกจากกันได้ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นสูงขนาดน้ำมันหล่อลื่นถูกสูบ การเลือกความหนืดของน้ำมันขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ แรงกดและอุณหภูมิในขณะที่ใช้งาน แบร์ริงกาบยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- ทรัสต์แบร์ริง (Trust Bearing) ตัวเจอร์นอลได้รับแรงกดและหมุนอยู่ภายในเจอร์นอลแบร์ริง
- ไกด์แบร์ริง (Guide Bearing) ตัวเจอร์นอลเคลื่อนที่กลับไปกลับมาตามแนวยาวของเจอร์นอลแบร์ริง

3.3.2 แบร์ริงลูกปืน (Rolling Bearing)

การเคลื่อนไหวของแบร์ริงกาวจะเกิดในลักษณะเลื่อนสัมผัส (Sliding) ของผิวสัมผัสทั้งสอง ซึ่งจะทำให้เกิดแรงเสียดทานขึ้น แรงเสียดทานนี้สามารถลดลงได้โดยการเปลี่ยนการเคลื่อนไหวแบบเลื่อนสัมผัส (Rolling) โดยการติดตั้งวงแหวนซึ่งประกอบด้วยลูกปืนที่ทำด้วยโลหะแข็ง อาจจะมีลักษณะกลมเหมือนลูกบอล หรือเป็นแบบลูกกลิ้งเคลื่อนที่อยู่ระหว่างวงแหวนชั้นในและชั้นนอก ในทางทฤษฎีการหมุนสัมผัสกันไม่จำเป็นต้องอาศัยน้ำมันหล่อลื่น แต่ในทางปฏิบัติแล้วแบร์ริงลูกปืนยังมีการเคลื่อนไหวแบบเลื่อนสัมผัสอยู่บ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบร์ริงลูกปืนบางชนิดจะเกิดการบิดเมื่อได้รับแรงกด นอกจากนี้ยังเกิดการเลื่อนสัมผัสระหว่างตัวลูกปืนกับตัววัสดุที่ยึดลูกปืนนั้น ดังนั้นการหล่อลื่นจึงยังเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดจากการเลื่อนสัมผัสเป็นเกราะหรือฉیلป้องกันความชื้น การกัดกร่อน ตลอดจนสิ่งสกปรกต่างๆที่จะเข้าไปในแบร์ริง แบร์ริงลูกปืนส่วนใหญ่จะใช้จาระบีเป็นตัวหล่อลื่น จาระบียังทำหน้าที่เป็นฉیلป้องกันไม่ให้ความชื้นหรือสิ่งสกปรกต่างๆ เข้าไปทำความเสียหายแก่ลูกปืน การเลือกชนิดของจาระบี ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบแรงกด และอุณหภูมิของแบร์ริงในขณะที่ใช้งาน โดยทั่วไปมักใช้จาระบีเนกประสงค์ ที่ทำด้วยสบู่ลิเทียมในงานบางประเภทอาจมีความต้องการจาระบีที่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ คือ ไม่เหลวและไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันในขณะที่ใช้งานภายใต้อุณหภูมิต่ำ เช่น จาระบีสำหรับเครื่องบินซึ่งในบางสภาวะจาระบียังต้องมีคุณสมบัติทนต่อการถูกชะล้าง โดยน้ำและน้ำมันจะต้องไม่แยกตัวออกจาระบี [4]

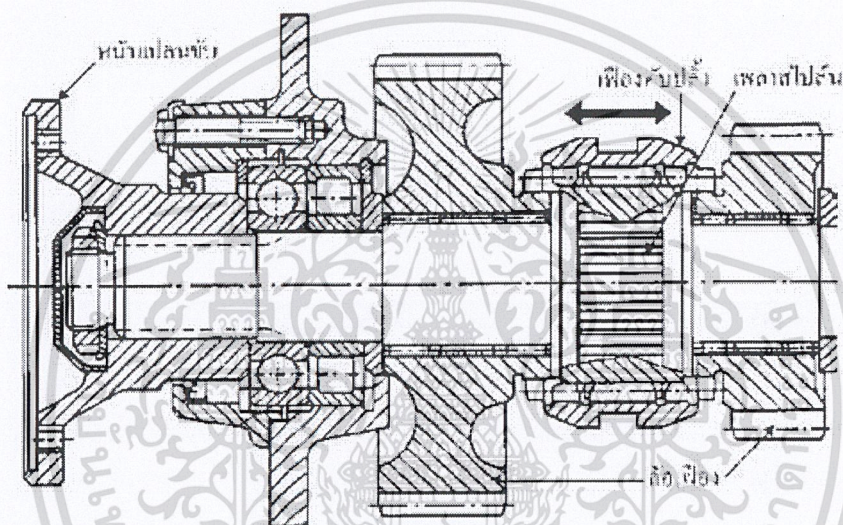
3.4 เพลา

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่มีการหมุน ซึ่งมักจะมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงกลม และใช้ในการส่งถ่ายกำลัง หรือถ่ายเทการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องจักร เช่น ส่งกำลังจากเครื่องต้นกำลังขับไปยังเครื่องจักรกลที่ต้องการใช้งาน ซึ่งส่งกำลังผ่านลิ้ม เพ็อง รอก ข้อเหวี่ยง เป็นต้น เพลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ขณะใช้งานเพลาจจะอยู่ภายใต้แรงชนิดต่างๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิด ส่วนเพลาแกน เป็นชิ้นส่วนที่ไม่มีการหมุนจึงไม่ต้องรับโมเมนต์บิด ถูกใช้ในการรองรับเฟือง ล้อหมุน งานโซ่ หรือพูลย์ เป็นต้น สำหรับเพลาสั้น คือ เพลาหมุนที่มีขนาดสั้น เช่น เพลาที่ใช้ในหัวแท่นกลึง โดยทั่วไปมักมีการติดตั้งชิ้นส่วนบนเพลา

3.4.1. ชนิดของเพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่หมุนได้ เพลาจะรับโมเมนต์บิดที่ถ่ายภาระมาจากกล่องเฟืองล้อสายพาน หรือคัตซ์ เพลาจึงสามารถรับภาระบิด และภาระดัด จึงมีการแบ่งเพลาออกเป็น 2 อย่าง คือ เพลาส่งกำลัง และเพลารองรับภาระ ดังรายละเอียด

- เพลาส่งกำลัง (TRANSMISSION SHAFTS) เพลาชนิดนี้ใช้เฉพาะการบิดหรืออาจรับทั้งการบิดและการดัดผสมกันก็ได้ การส่งกำลังจะถ่ายทอดผ่านเพลาโดยอาศัยแผ่นประกบต่อเพลา (COUPLING) ผ่านเฟือง ผ่านพูลเลย์ ผ่านสายพาน จานโซ่ หรือโซ่ เป็นต้น ดังรูปที่ 3.1



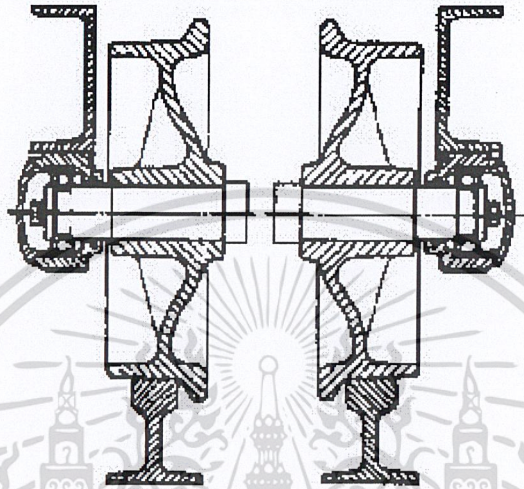
รูปที่ 3.1 เพลาส่งกำลังและส่วนประกอบอื่นๆ [4]

- เพลารองรับภาระ เป็นเพลาชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเช่นกัน ขณะใช้งานเพลาชนิดนี้อาจหมุนหรือไม่ก็ได้ แต่ที่สำคัญเพลาชนิดนี้ไม่ได้ส่งกำลังจะทำหน้าที่เป็นตัวรองรับชิ้นส่วนอื่นให้หมุน เช่น เพลาลูกกรอกสายพาน เพลาลูกกรอกสายพาน เพลาลูกล้อสลิงต่างๆ ซึ่งเป็นเพลาที่รับภาระน้ำหนักของอุปกรณ์อื่นที่กดทับทำให้สภาพการเสียหายของเพลาเกิดการดัดงอเป็นส่วนใหญ่ เช่น เพลา ล้อรถไฟ เป็นต้น ดังรูปที่ 3.2

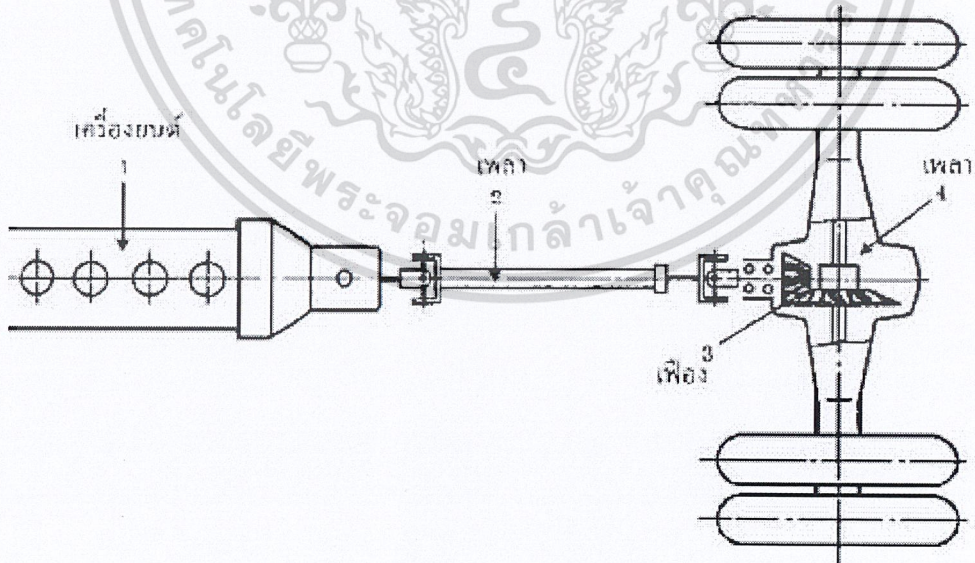
3.4.2 หน้าที่การใช้งานของเพลา

- เพลาส่งกำลัง มีหน้าที่ส่งถ่ายกำลังจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยผ่านชิ้นส่วนต่างๆ เช่น ส่งถ่ายกำลังมาจากเฟือง พูลเลย์ หรือจากคัตซ์ ซึ่งชิ้นส่วนต่างๆ เหล่านี้ได้ต้นกำลังมาจากมอเตอร์ หรือเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 3.3

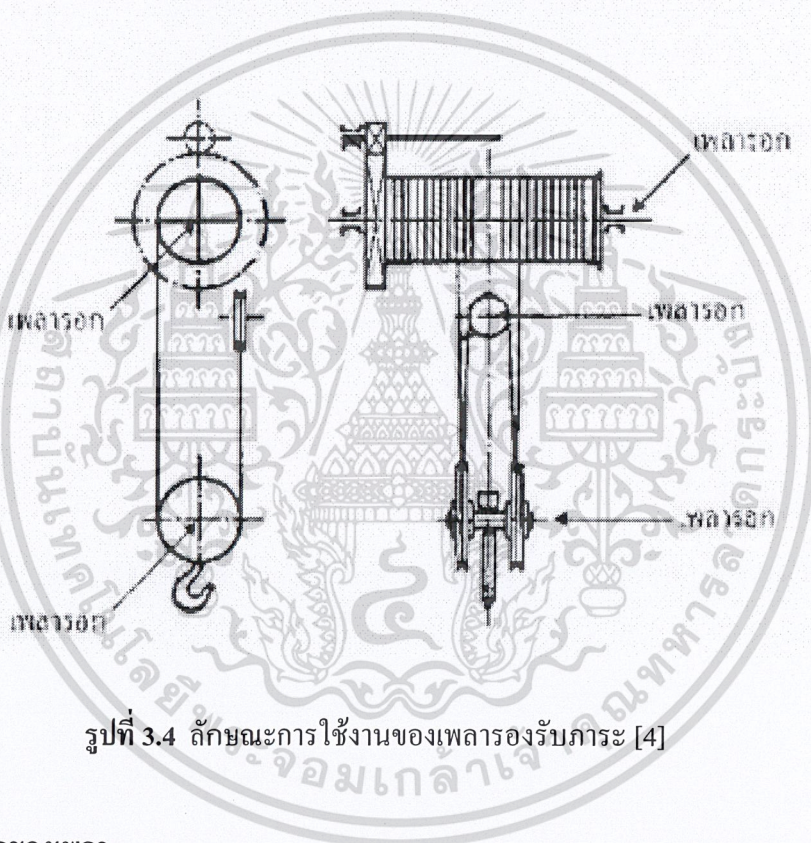
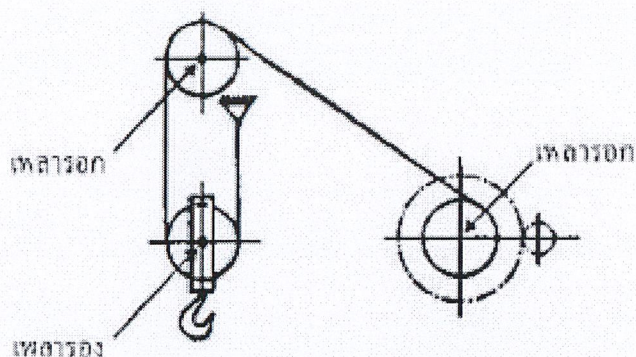
- เพลารองรับภาระ เป็นเพลาคงที่ทำหน้าที่รองรับภาระจากชิ้นส่วนอื่นเช่นกัน ซึ่งเพลาจอาจหมุนหรือไม่หมุนก็ได้ แต่ที่สำคัญเพลารองรับภาระทำหน้าที่หลักคือรับแรงกดอัดจากชิ้นส่วนอื่นตลอดเวลาการใช้งาน เช่น เพลาของรอก และคว้านต่างๆดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.2 เพลารองรับภาระ [4]



รูปที่ 3.3 การส่งกำลังด้วยเพลาคงที่ [4]



รูปที่ 3.4 ลักษณะการใช้งานของเพลาตรอกรับภาระ [4]

3.4.3 ขนาดของเพลา

เพื่อให้เพลา มีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลาซึ่งมีขนาดระบุ (Nominal size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อใช้สามารถเลือกได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของเบร้งที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลาแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 โดยสามารถคำนวณหาขนาดของเพลาได้จากทฤษฎีของคูัดแมน [5] ดังสมการที่ 3.4

$$d = \left[\frac{16n}{\pi} \left(2 \frac{K_f M_a}{S_e} + \sqrt{3} \frac{K_{fs} T_m}{S_{ut}} \right) \right]^{1/3} \quad (3.4)$$

M_a = โมเมนต์คัต

K_{fs} = แฟกเตอร์ความเค้นหนาแน่น

T_m = แรงบิดที่กระทำกับมะกรูด

S_{ut} = ความเค้นสูงสุดของวัสดุ

S_e = พิกัดการล้าของชิ้นงานจริง = $k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$

n = แฟกเตอร์ในการออกแบบ

k_a = แฟกเตอร์แก้ไขผิว

k_b = แฟกเตอร์แก้ไขขนาด

k_c = แฟกเตอร์แก้ไขโหลด

k_d = แฟกเตอร์แก้ไขอุณหภูมิขณะใช้งาน

k_e = แฟกเตอร์แก้ไขระดับความน่าเชื่อถือ

K_f = แฟกเตอร์แก้ไขค่าอิทธิพลอื่นๆที่เหลือ

ตารางที่ 3.1 ขนาดระบุของเพลตามมาตรฐาน ISO/R775 – 1969 [4]

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น mm				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 สปริง

สปริงเป็นชิ้นส่วนที่มีความยืดหยุ่นซึ่งมีใช้อยู่ในเครื่องจักรกลทั่วไป ถึงแม้ว่าชิ้นส่วนอื่นๆ ของเครื่องจักรกลจะมีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นเหมือนกัน แต่สปริงจะมีการยืดหยุ่นมากกว่า สปริงอาจจะมีรูปร่างต่างกันและทำจากวัสดุหลายชนิด แม้แต่ของไหล เช่น อากาศ ก๊าซ และของเหลว ก็สามารถนำมาใช้ทำหน้าที่เป็นสปริงได้ สปริงอาจทำหน้าที่ได้หลายประเภท ดังนี้

- ใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับกลไกต่างๆ งานประเภทนี้ได้ใช้กันมาตั้งแต่ดั้งเดิมและก็ยังคงจะมีใช้กันมากต่อไปอีก เช่น ลานนาฬิกา กล้องถ่ายภาพ และของเล่น เป็นต้น
- ใช้วัดแรง เช่น ตาชั่งสปริง ไดนาโมมิเตอร์ และอุปกรณ์ปรับต่างๆ เป็นต้น
- ใช้ทำหน้าที่เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิม เช่น ตัวตามลูกเบี้ยว ก้านวาล์ว
- ใช้ส่งแรงจากชิ้นส่วนหนึ่งไปยังอีกชิ้นส่วนหนึ่ง เช่น สปริงแผ่นคลัตช์ คัปปลิง เป็นต้น

3.5.1 วัสดุสำหรับลวดสปริง

จุดประสงค์ของการใช้สปริง ส่วนมากจะใช้เก็บพลังงานไว้ในตัวสปริง ความเค้นที่เกิดขึ้นในสปริงขณะใช้รับแรงจะมีค่าสูงมาก ดังนั้นจึงต้องนำวัสดุที่มีความแข็งแรงสูงมาใช้ทำสปริง โดยทั่วไปเหล็กสำหรับใช้ทำสปริงจะเป็นเหล็กที่มีคาร์บอนสูงกว่า 0.5% แล้วผ่านกรรมวิธีทางความร้อน เพื่อให้มีความยืดหยุ่นสูง เนื่องจากความสามารถในการยืดหยุ่นเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของสปริง เพื่อให้สปริงมีการยืดหดได้มากนั่นเอง นอกจากนี้แล้วยังมีวัสดุประเภทโลหะผสมเหล็กกล้าไร้สนิม และอื่นๆ ที่ต้องใช้กับงานเป็นพิเศษ เพื่อป้องกันการกัดกร่อนหรือทนทานต่ออุณหภูมิสูงๆ

สปริงชนิดแบบบิด (Torsion Spring) คือ ลวดสปริงที่ขดขึ้นรูป โดยที่ปลายทั้งสองข้าง จะมีขายึดเพื่อรับแรงบิด ซึ่งแรงบิดนี้จะขึ้นอยู่กับมุมองศาของขาสปริงชนิดแบบบิด เป็นสปริงที่ออกแบบมาเพื่อรับความเค้นดัด โดยหน้าที่ของสปริงชนิดแบบบิด จะใช้รับความเค้นดัดเพื่อใช้ในการส่งถ่ายกำลัง เช่น สปริงชาคลัทช์ สปริงขาเบรก และสปริงบานพับประตู เป็นต้น

3.5.2 คุณสมบัติทางกลของลวดสปริง

ค่าความต้านแรงของวัสดุที่ใช้ทำลวดสปริงจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของลวดสปริง ดังนั้น จึงอาจเขียนในรูปสมการที่ใช้หาค่าความต้านแรงของวัสดุลวดสปริงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใดๆ ได้ดังนี้ [4]

$$\sigma_u = \frac{A}{d^x} \quad (3.5)$$

3.6 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของมะกรูดและแอปเปิ้ล

คุณสมบัติของวัสดุ (Properties) มีลักษณะเด่นในหลายๆ ด้านด้วยกัน การที่เราจะสามารถออกแบบเครื่องปอกผิวมะกรูดหรือเครื่องใดๆก็ตามนั้น จำเป็นจะต้องทราบคุณสมบัติทางกายภาพ และทางกลของวัตถุที่จะใช้กับเครื่องนั้นก่อน เพื่อป้องกันผลกระทบที่จะตามมาภายหลังทั้งทางด้านตัวของผลิตภัณฑ์เอง และด้านของเครื่องจักรด้วย ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อต้นทุน และเวลาในการผลิต

3.6.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของมะกรูด

ทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆ โดยใช้มะกรูดจำนวน 100 ลูก ดังนี้

3.6.1.1 ขนาดของผลมะกรูด (Size)

ใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์วัดความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางโดยที่ด้านยาว a คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุด (cm) ด้านกว้าง b คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ a (cm) และด้านหนา c คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ ab (cm) ดังรูปที่ 3.5

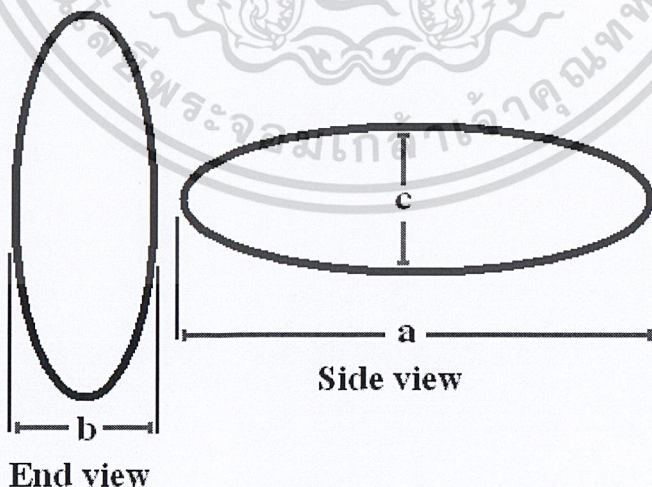
3.6.1.2 ความหนาของเปลือกมะกรูด

ปลอกเปลือกมะกรูดเพื่อหาความหนาที่บริเวณหัว กลาง และท้ายลูกมะกรูด โดยใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์วัด มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.6.1.3 ศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (Geometric mean diameter)

คำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตจากสมการ

$$GMD = (abc)^{1/3} \quad (3.6)$$



รูปที่ 3.5 เส้นผ่านศูนย์กลางด้านยาว (a) ด้านกว้าง (b) ด้านหนา (c)

3.6.1.4 พื้นที่ผิว (Surface area)

$$S_a = \pi(GMD)^2 \quad (3.7)$$

3.6.1.5 ความเป็นทรงกลม (Sphericity)

คำนวณหาค่าความเป็นทรงกลมจากความสัมพันธ์

$$\phi = \frac{(abc)^{1/3}}{a} \quad (3.8)$$

3.6.1.6 น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight)

นำเปลือกที่ปอกแล้วจำนวน 100 ลูก มาชั่งแล้วนำมาเฉลี่ยเพื่อหาน้ำหนักต่อหนึ่งผล

3.6.1.7 ปริมาตร (Volume)

ปริมาตรของวัตถุหาได้จากวิธีชั่งน้ำหนักในของเหลวโดยใช้ไม้แหลมเสียบแล้วกดลงไปให้จมิดของเหลวพอดี ไม่ให้สัมผัสกับภาชนะด้านใดด้านหนึ่ง จากนั้นอ่านค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยให้น้ำหนักของเหลวในบีเกอร์เท่ากับ 0.5 ลูกบาศก์มิลลิเมตรเสมอ โดยหาจากสมการ

$$\text{ปริมาตร} = \frac{\text{มวลที่จุ่มลงในของเหลว}}{\text{ความหนาแน่นของของเหลว}} \quad (3.9)$$

3.6.1.8 ความหนาแน่นปรากฏ (Apparent density)

ปริมาตรรวมของช่องว่างในลูกมะกรูดหาได้จากสมการ

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3.10)$$

3.6.1.9 ความชื้นฐานเปียก

ค่าความชื้นฐานเปียกของมะกรูดจะทำการเก็บข้อมูล 2 แบบ คือ มะกรูดแบบอ่อน และแบบแก่ ซึ่งค่าที่ได้เท่ากับ 72.35% และ 72.10% ตามลำดับ ดังสมการที่ 3.11

$$M_c = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (3.11)$$

M_c = ความชื้นฐานเปียก (%)

W_1 = น้ำหนักมะกรูดก่อนอบ

W_2 = น้ำหนักมะกรูดหลังอบ

3.6.1.10 พื้นที่ภาพฉาย (Projected area)

นำมะกรูดมาวางลงบนกระดาษที่ตีสเกล 1×1 เซนติเมตร เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบ สัดส่วน และถ่ายรูปรูปมะกรูดด้าน a, b และ c ด้วยกล้องดิจิทัล จากนั้นใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CS วิเคราะห์หาจำนวน pixel ของภาพ เพื่อหาพื้นที่ภาพฉายโดยการเทียบกับสเกลที่ทราบพื้นที่

ตารางที่ 3.2 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆ ของมะกรูด

คุณสมบัติทางกายภาพ	ค่าเฉลี่ย
ความยาว : a (mm)	47.30
ความหนา : b (mm)	43.95
ความกว้าง : c (mm)	43.43
น้ำหนัก (g)	38.08
ปริมาตร (cm ³)	44.03
ความหนาแน่นปรากฏ (g/cm ³)	0.87
น้ำหนักเปลือก (g)	13.97
ความหนาเปลือกด้านบน (mm.)	5.03
ความหนาเปลือกตรงกลาง (mm.)	3.43
ความหนาเปลือกด้านล่าง (mm.)	3.97
GMD (mm.)	44.83
ค่าความเป็นทรงกลม (%)	95.03

3.6.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแอปเปิ้ล

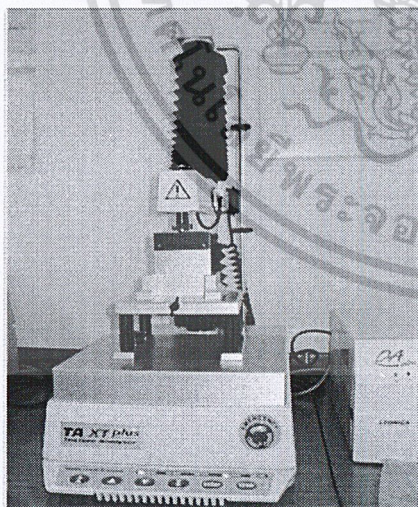
ทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆ โดยใช้แอปเปิ้ลจำนวน 40 ลูก หา ค่าเฉลี่ยของขนาดแอปเปิ้ล น้ำหนัก น้ำหนักเปลือก ศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต พื้นที่ผิว และพื้นที่ภาพฉาย ซึ่งใช้วิธีในการหาค่าต่างๆเช่นเดียวกับมะกรูด ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆ ของแอปเปิ้ล

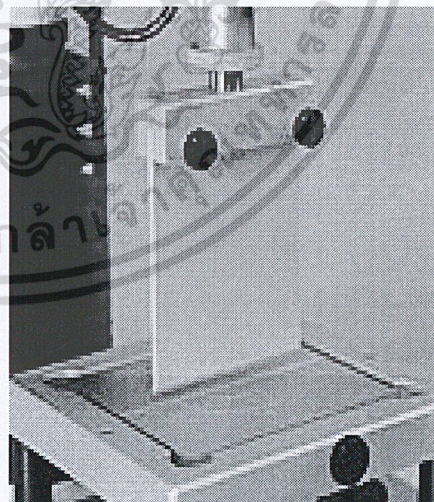
คุณสมบัติทางกายภาพ	ค่าเฉลี่ย
ความยาว : a (mm)	55.24
ความหนา: b (mm)	62.64
ความกว้าง : c (mm)	62.57
น้ำหนัก (g)	106.46
น้ำหนักเปลือก (g)	6.53
GMD (mm.)	60.03
พื้นที่ผิว (cm ²)	6811.73
พื้นที่ภาพฉาย (cm ²)	46.55

3.6.3 ศึกษาคุณสมบัติทางกลของมะกรูด

สำหรับการศึกษาคูสมบัติทางกลนั้นจะทำการศึกษาเพียงมะกรูดเท่านั้น เนื่องจาก ค่าที่นำไปออกแบบเครื่องปอกผิวผลไม้ นั้นครอบคลุมค่าต่างๆ ของแอปเปิ้ลแล้ว



(ก)



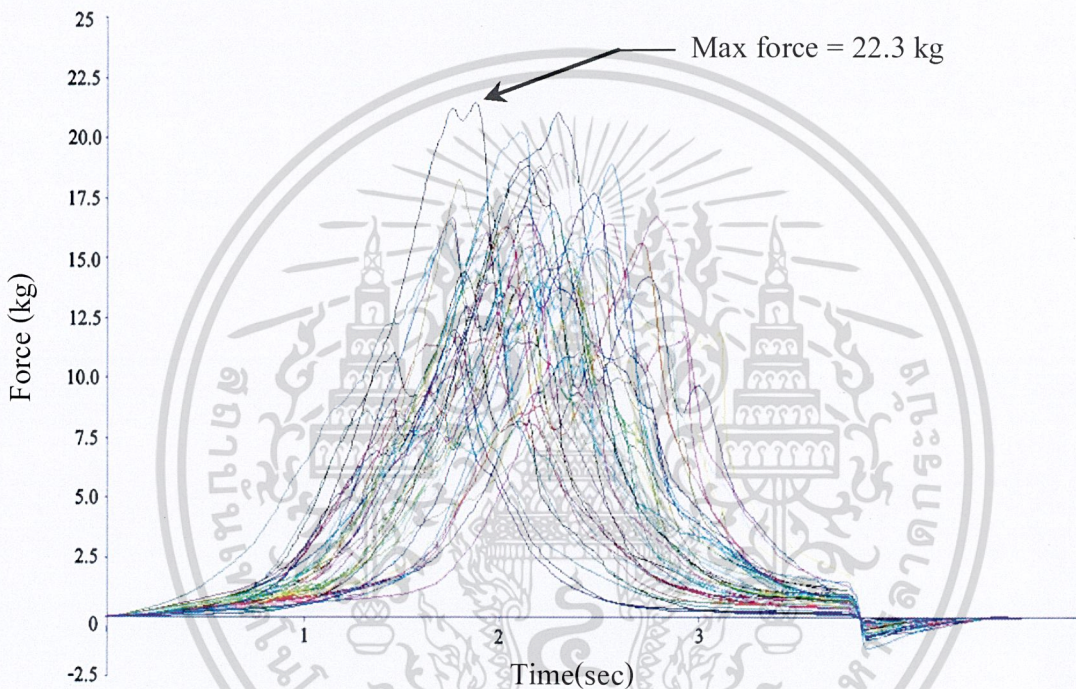
(ข)

รูปที่ 3.6 ก. ลักษณะเครื่อง Texture analyzer ข. ลักษณะใบมีดแบบ Warner Bratzler Blade

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3.1 การทดสอบแรงตัด

ทำการทดสอบโดยคัดเลือกมะกรูดจำนวน 50 ผล ทำการปอกผิวให้มีขนาดประมาณ 20×40 mm นำมาวางบนพื้นผิวเครื่อง Texture analyzer รุ่น: TAXT2i Stable Microsystems, England HDP/BSK ใบมีดแบบ Warner Bratzler Blade ความเร็วในการตัด 1 mm/s. ระยะการเคลื่อนที่ของใบมีด 4 mm. จะได้ค่าแรงตัดสูงสุดจากกราฟระหว่างแรง (N) กับเวลา (sec) ซึ่งมีผลการทดสอบดังรูปที่ 3.7 และตารางที่ 3.4



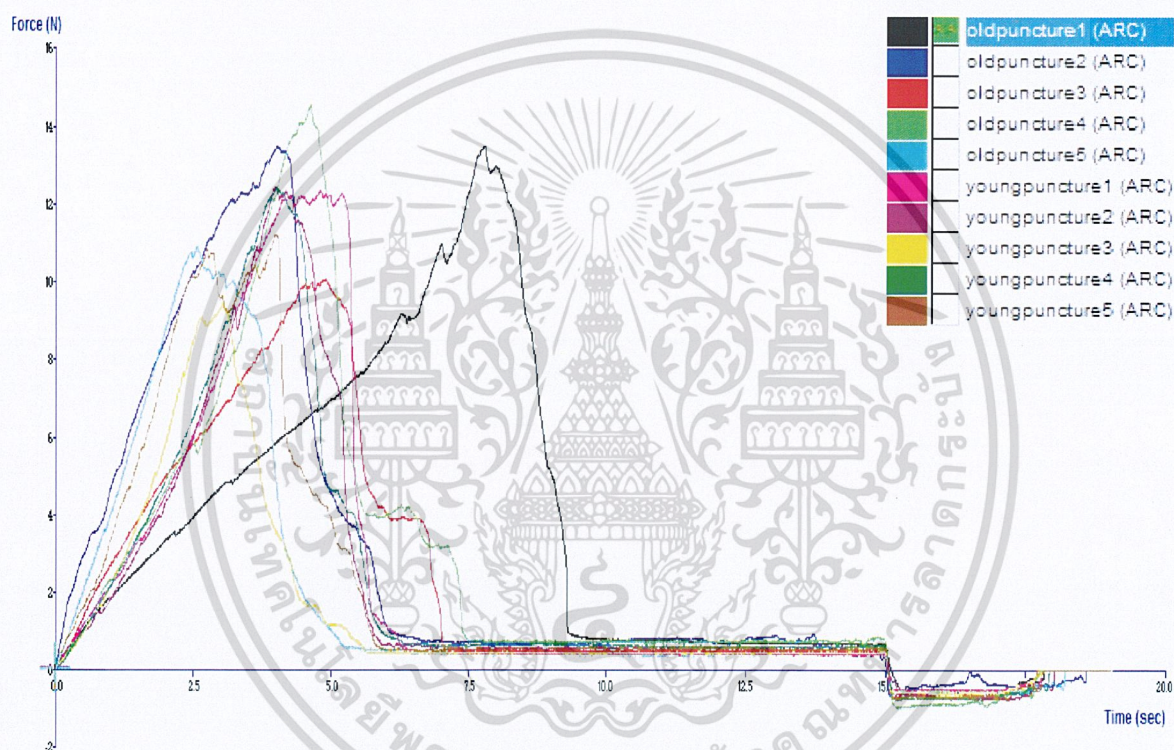
รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงตัดกับเวลาของมะกรูดจำนวน 50 ผล

ตารางที่ 3.4 ผลการทดสอบแรงตัดผิวมะกรูดจำนวน 50 ผล ด้วยเครื่อง Texture analyzer

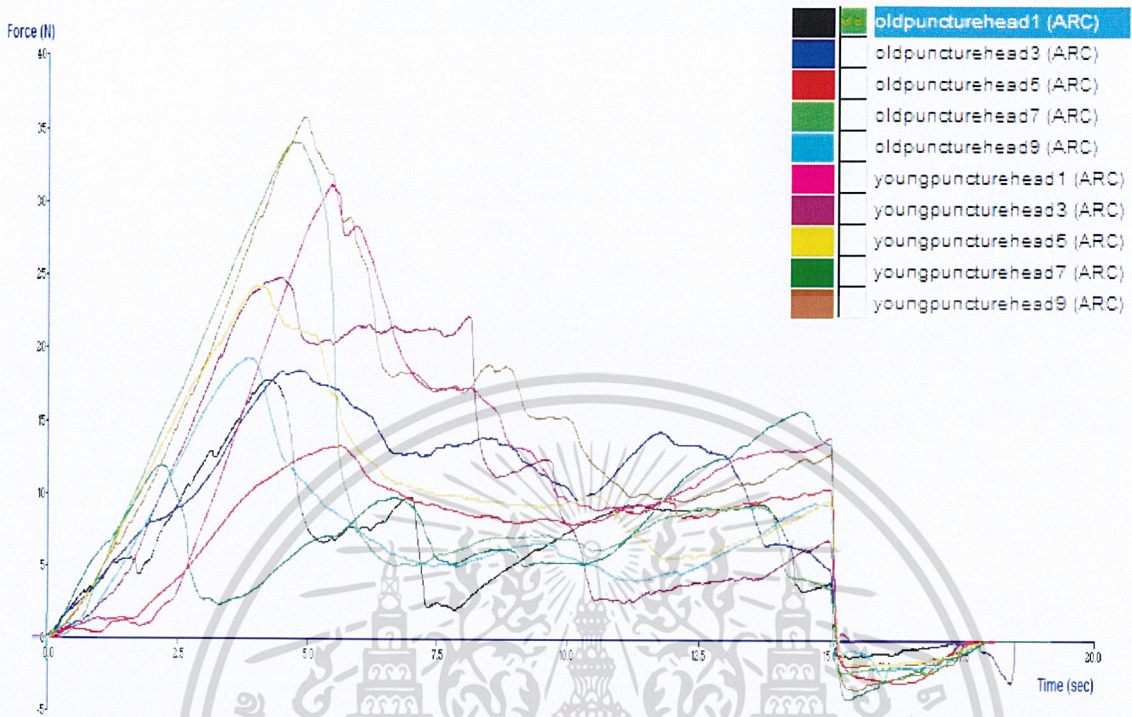
มะกรูด	แรงตัด (N)
ค่าเฉลี่ย	146.26
ค่าสูงสุด	218.76
ค่าต่ำสุด	83.95

3.6.3.2 การทดสอบแรงเจาะ

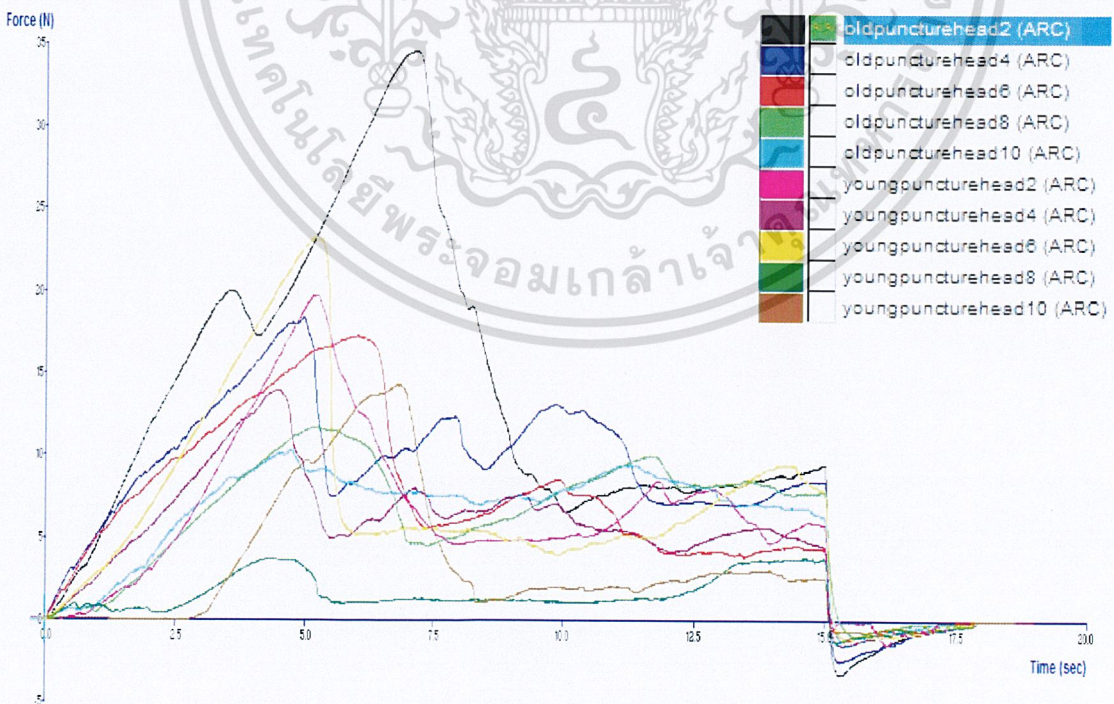
ทำการทดสอบแรงเจาะที่ผิว และที่ผลของมะกรูดอ่อนและแก่อย่างละ 5 ผล โดยเตรียมผิวมะกรูด และเครื่องที่ใช้ทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบหาแรงตัด เครื่องถูกสวมด้วยหัวกดทรงกระบอกขนาด P/2 ทดสอบที่ความเร็ว 5 mm/s ระยะการเคลื่อนที่ของหัวกดคือ 4 mm. จะได้ค่าแรงเจาะสูงสุดจากกราฟระหว่างแรง(N)กับเวลา (sec) ซึ่งมีผลการทดสอบดังรูปที่ 3.8 – รูปที่ 3.10 และตารางที่ 3.5 [3]



รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเจาะกับเวลา ที่บริเวณผิวของมะกรูดอ่อนและแก่



รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเจาะกับเวลา ที่บริเวณผลส่วนหัวของมะกรูดอ่อนและแก่



รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเจาะกับเวลา ที่บริเวณผลส่วนท้ายของมะกรูดอ่อนและแก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ผลการทดสอบแรงเฉาะผิว และผลมะกรูดอ่อนและแก่ด้วยเครื่อง Texture analyzer

มะกรูด	ผิวมะกรูด		ผลมะกรูด			
	อ่อน	แก่	อ่อน		แก่	
			หัว	ท้าย	หัว	ท้าย
ค่าเฉลี่ย	11.59	12.52	26.4	17.02	20.64	18.47
ค่าสูงสุด	12.46	14.57	35.81	23.24	34.11	34.64
ค่าต่ำสุด	9.45	10.09	15.82	13.82	13.34	10.35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การคำนวณ และการออกแบบ

4.1 การวิเคราะห์เพื่อการออกแบบเครื่องปอกผลไม้

การออกแบบเครื่องปอกผลไม้จำเป็นต้องศึกษา และวิเคราะห์แรงที่กระทำต่อมีดตัดเพื่อใช้ในการออกแบบมีดตัดให้มีประสิทธิภาพในการทำงาน โดยในขณะที่ทำการตัดเฉือนไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่ของมีดตัดเข้าหาชิ้นงาน การเคลื่อนที่ของชิ้นงานเข้าหา มีดตัด หรือจะเป็นการเคลื่อนที่ของชิ้นงานและมีดตัดพร้อมกัน จะสัมพันธ์กับความเร็วตัดซึ่งมีผลทำให้เกิดแรงในการตัดเฉือนขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาความเร็วตัดให้เหมาะสมกับการทำงาน เพื่อเป็นประโยชน์ในการออกแบบมุมของมีดตัดให้มีประสิทธิภาพในการตัดเฉือน

4.1.1 การวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นขณะทำการตัดเฉือน

จากการทดสอบหาสมบัติทางกลทำให้ทราบแรงในการตัดผิวมะกรูดให้ขาด ซึ่งเป็นแรงที่กระทำในแนวตั้งฉากกับผิวมะกรูด แต่จากการออกแบบการปอกผิวมะกรูดใบมีดจะต้องทำมุมกับผิวมะกรูดหรือเส้น normal line เพื่อให้ง่ายต่อการปอก โดยแรงที่ทำมุมกับผิวมะกรูดนี้ คือ แรงเฉือน ซึ่งจากคำนวณในสมการที่ 4.1 ทำให้ทราบแรงเฉือนมีค่าเท่ากับ 155.64 นิวตัน และจากการวิเคราะห์แรงที่กระทำกับผลมะกรูดจะประกอบไปด้วยแรงเฉือน และแรงบิด โดยแรงบิดเกิดจากกำลังของมอเตอร์ที่ส่งผ่านมายังเพลาขับเคลื่อนผลมะกรูด โดยคำนวณได้จากสมการที่ 3.2 เมื่อใบมีดสัมผัสกับผิวมะกรูดเพื่อออกแรงเฉือน ขณะที่ลูกมะกรูดหมุนจะทำให้เกิด โมเมนต์แรงคู่ควบขึ้นที่ตัวยึดภายในลูกมะกรูด ดังรูปที่ 4.1

$$F_{cutting} = F \cos \theta_2 \quad (4.1)$$

$F_{cutting}$ = แรงในการตัดผิวมะกรูดที่ได้จากเครื่อง Texture Analyzer

F = แรงเฉือน

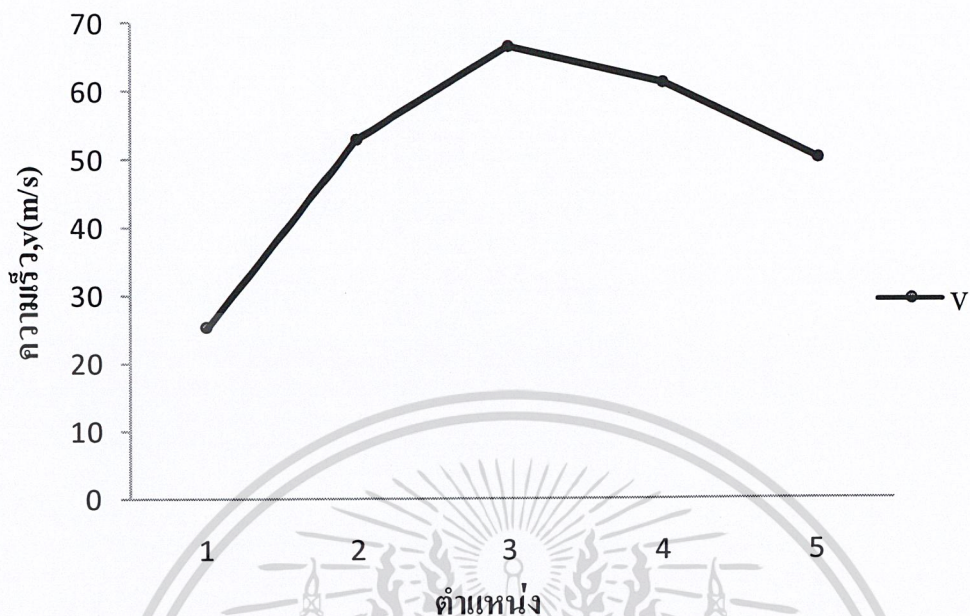
จากสมการที่ 4.1

$$F_{cutting} = F \cos \theta_2$$

$$146.26 = F \times \cos (20)$$

$$F = 155.64$$

นิวตัน



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับตำแหน่งลูกมะกรูด

4.2 การออกแบบเครื่องปอกผลไม้

ส่วนประกอบของเครื่องปอกผิวมะกรูดจะประกอบไปด้วยส่วนต้นกำลัง ส่วนฐานเครื่อง ส่วนชุดใบมีด ส่วนยึดจับมะกรูด เพลา และสายพาน โดยในส่วนชุดใบมีด และส่วนยึดจับมะกรูดมีการปรับปรุงโดยออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ เพิ่มเติม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปอกให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งการออกแบบเครื่องปอกผิวมะกรูดนี้จะรวมไปถึงการเลือกใช้วัสดุในการนำมาประกอบเครื่องด้วย ดังนี้

4.2.1 วัสดุที่ใช้สร้างเครื่องปอกผลไม้

4.2.1.1 สเตนเลส หรือเหล็กกล้าไร้สนิม

งานวิจัยนี้เลือกใช้เหล็กกล้าไร้สนิมมาใช้ในส่วนของคุณชุดใบมีด ชุดจับยึดมะกรูด และเพลาส่งกำลัง ซึ่งสาเหตุที่เลือกใช้เนื่องจาก มีความแข็งแรง ทนทานต่อการกัดกร่อน ง่ายต่องานสร้างหรือประกอบ มีคุณสมบัติด้านสุขศาสตร์ จึงมักใช้ในงานอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมเคมี

4.2.1.2 อลูมิเนียม

เลือกใช้อลูมิเนียมในส่วนของคุณฐานเครื่องปอกมะกรูด เนื่องจาก มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์สูงจึงทำให้อลูมิเนียมสามารถเข้าไปแทนที่เหล็ก และทองแดงได้ และยังมีราคาถูกกว่าสเตนเลสประมาณ 4 เท่า นอกจากนี้อลูมิเนียมยังมีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนได้ดีในบรรยากาศทั่วไป

4.2.2 ส่วนต้นกำลัง

งานวิจัยนี้เลือกใช้มอเตอร์กระแสตรง (DC) เป็นตัวต้นกำลัง เพื่อใช้ขับเพลาน้ำและเพลาลัง โดยมีการคำนวณเพื่อหาแรงบิด และกำลังของมอเตอร์ ดังนี้

- แรงบิด

$$\begin{aligned} T &= F \times r \\ &= 155.64 \times 0.022 \\ &= 3.42 \quad \text{N}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

- กำลังของมอเตอร์

$$\begin{aligned} P_w &= T\omega \\ &= 3.42 \times \frac{2\pi}{60} \times 100 \\ &= 35.85 \quad \text{watt} \end{aligned}$$

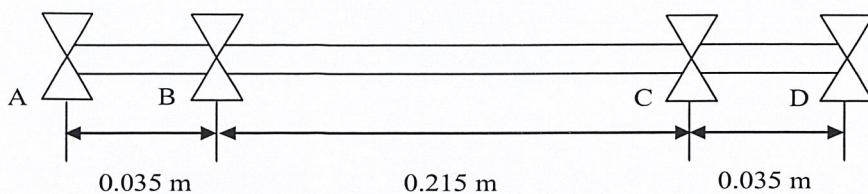
จากการคำนวณทำให้ทราบแรงบิดที่ใช้ในการปอกผิวมะกรูดเท่ากับ 3.42 N·m และกำลังของมอเตอร์เท่ากับ 35.85 watt แต่เนื่องจากกำลังมอเตอร์ที่คำนวณได้ไม่มีขายตามท้องตลาด จึงเลือกใช้มอเตอร์ที่มีขนาดเท่ากับ 36 watt

4.2.3 การออกแบบสายพาน

สายพานเป็นส่วนที่ช่วยในการขับเพลาน้ำและเพลาลัง ให้เพลาทิ้งสองหมุนไปพร้อมกัน ซึ่งมีพูลเลย์ช่วยในการขับเคลื่อนสายพาน และมีตลับลูกปืนเป็นจุดหมุน โดยจากการคำนวณในเรื่องต้นพบว่ากำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนของสายพานมีค่าเท่ากับ 36 watt ซึ่งมีค่าน้อยมาก ดังนั้นจึงเลือกสายพานที่มีขนาดเล็กและเส้นรอบวงไม่ยาวนานนัก จึงเลือกใช้สายพานตามขนาดของพูลเลย์ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 6 mm ความกว้าง เท่ากับ 15 mm จึงเลือกสายพานที่มีหน้าตัดกว้าง 12 mm และมีเส้นรอบวง เท่ากับ 36 cm มีระยะพิชต์ เท่ากับ 3.2 mm

4.2.4 การออกแบบเพลาลัง

จากการคำนวณแรงเฉือน และแรงบิดที่กระทำต่อมะกรูดแล้ว ได้ทำการพิจารณาแรงที่กระทำต่อเพลาลังเพื่อหาขนาดของเพลาลัง ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ที่มีแรงกระทำต่อเพลาลัง ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ชิ้นส่วนต่างๆ ของชุดลูกกลิ้งที่มีแรงกระทำต่อเฟลา

4.2.4.1 แรงบิดของสายพาน

แรงบิดที่ใช้ในการหมุนมะกรูดจะส่งกำลังมาหมุนพู่leyทำให้สายพานเคลื่อนที่ แรงบิดของสายพานจึงมีค่าเท่ากับแรงบิดที่ใช้ในการหมุนมะกรูด

$$T_{\text{มะกรูด}} = T_{\text{pulley}} = 3.42$$

4.2.4.2 แรงที่กระทำที่แบร้ง

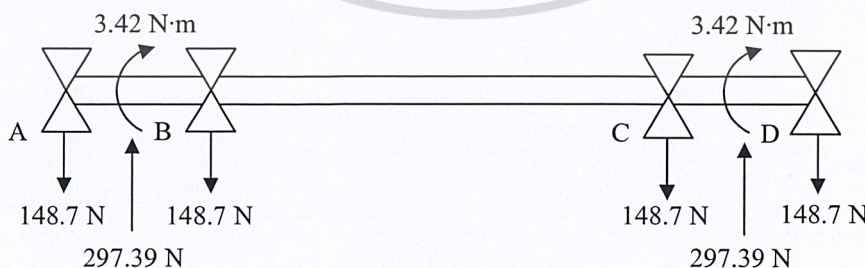
$$T_{\text{pulley}} = F \times r_{\text{pulley}} \quad ; \quad r_{\text{pulley}} = 11.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$3.42 = F \times 11.5 \times 10^{-3}$$

$$F_{\text{เฟือง}} = 297.39 \text{ N}$$

เนื่องจาก ในแต่ละข้างมีพู่leyอยู่กึ่งกลางระหว่างแบร้ง 2 ตัว ทำให้แรงที่กระทำกับแบร้ง คือครึ่งหนึ่งของแรงที่กระทำกับพู่ley

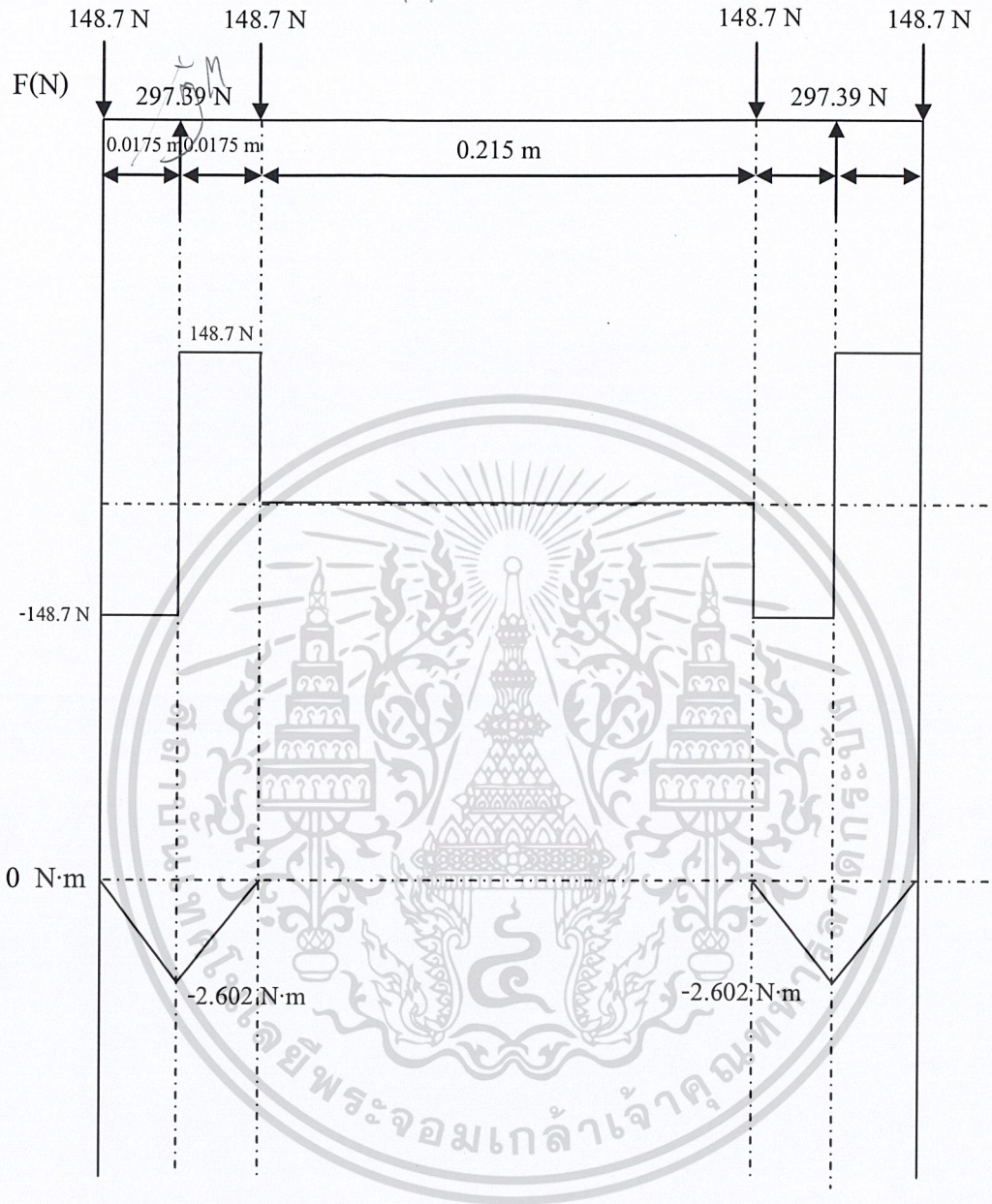
ดังนั้น F_A และ $F_B = \frac{297.39}{2} = 148.7 \text{ N}$



รูปที่ 4.4 ชิ้นส่วนต่างๆ ของชุดลูกกลิ้งที่มีแรงกระทำต่อเฟลา

$$M + (148.7 \times 0.0175) = 0$$

$$M = -2.602$$



รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ของแรงเฉือนและโมเมนต์คัตที่เกิดกับเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 ทำให้ทราบโมเมนต์ค้ดสูงสุด = 2.602 N•m

$$\text{จากสมการที่ 3.4} \quad d = \left[\frac{16n}{\pi} \left(2 \frac{K_f M_a}{S_e} + \sqrt{3} \frac{K_{fs} T_m}{S_{ut}} \right) \right]^{1/3}$$

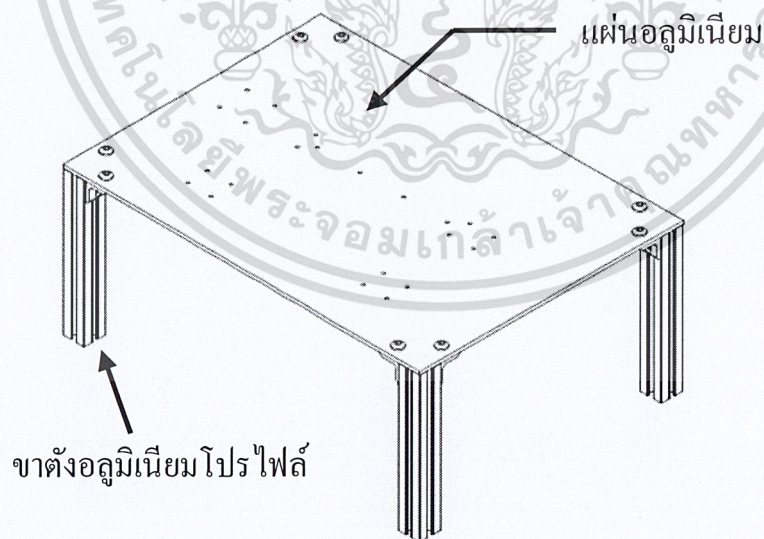
$$d = \left[\frac{16 \times 2}{\pi} \left(2 \frac{1 \times 2.602}{189} + \sqrt{3} \frac{1 \times 3.42}{515} \right) \right]^{1/3}$$

$$d = 5.8 \text{ mm}$$

จากขนาดที่คำนวณได้เท่ากับ 5.8 mm ซึ่งเพลลาที่คำนวณได้ไม่มีขายตามท้องตลาด จึงเลือกใช้เพลลาที่มีขนาดตามมาตรฐานเท่ากับ 6 mm.

4.2.5 ส่วนฐานเครื่อง

ส่วนฐานเครื่องมีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมสี่เหลี่ยม มีขนาด 362×500 ตารางเซนติเมตร และบริเวณส่วนปลายของแผ่นจะมีส่วนที่ยื่นขึ้นมาสูง 121 เซนติเมตร เพื่อรองรับเพลลาที่เชื่อมต่อกับมอเตอร์ โดยเลือกใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์มาเป็นขาตั้งมีความสูง 205 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.6

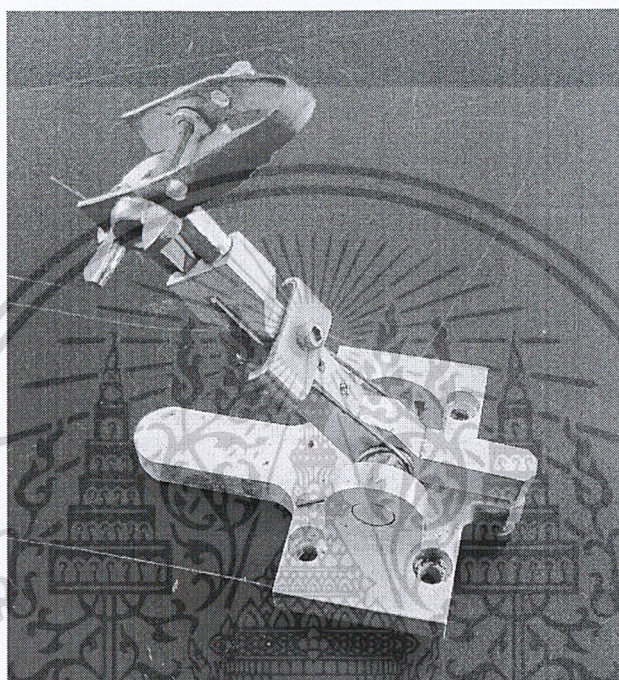


รูปที่ 4.6 ส่วนของฐานเครื่องปกผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ส่วนชุดใบมีด

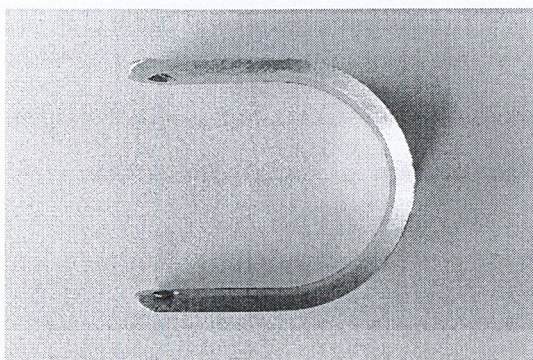
ชุดใบมีดประกอบไปด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ใบมีดสำหรับปอกผิวมะกรูด และสปริงที่ใช้กดใบมีดเข้าหามะกรูด โดยในส่วนของชุดใบมีดสามารถปรับมุมของใบมีดได้ เพื่อใช้ในการหาองศาของใบมีดที่เหมาะสมกับการปอกมากที่สุด ซึ่งวัสดุที่ใช้ทำชุดใบมีด คือ สแตนเลส ดังรูปที่ 4.7



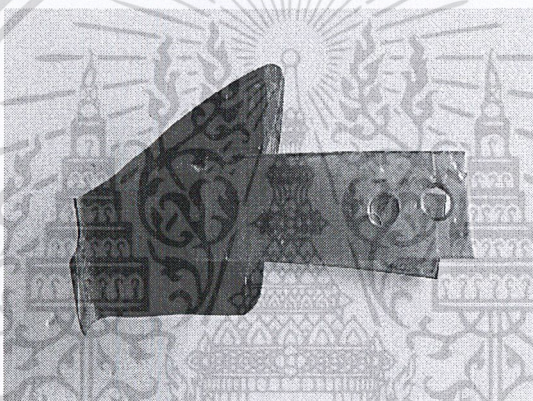
รูปที่ 4.7 ส่วนของชุดใบมีด

4.2.6.1 ใบมีด

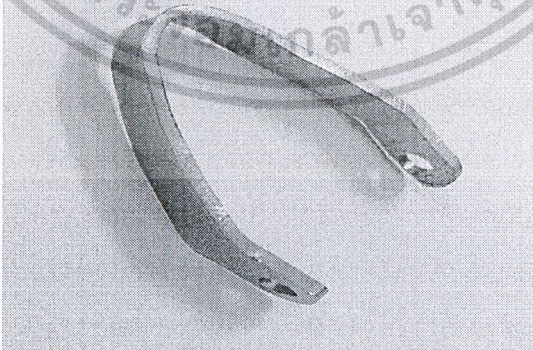
ใบมีดที่ได้ออกแบบไว้ในเบื้องต้นมีลักษณะเป็นแผ่น โค้งรูปตัวยู และมีคมมีดบริเวณปลายโค้ง เมื่อนำมาทดสอบปอกผิวมะกรูดพบว่าไม่สามารถปอกผิวมะกรูดให้มีลักษณะเป็นแผ่นได้ทำได้เพียงชุดผิวมะกรูดเท่านั้น สาเหตุเนื่องมาจากมีดมีความคมไม่พอ และมีพื้นที่สัมผัสมากเกินไป ทำให้มีดไม่สามารถเฉือนเข้าไปในผิวมะกรูดได้ จึงออกแบบใบมีดใหม่ 2 แบบ แบบแรกมีลักษณะเป็นแผ่น โค้งรูปตัววี เพื่อลดพื้นที่ของผิวสัมผัส แบบที่สองเลือกใช้ใบมีดกริดยางพารา เพราะบริเวณปลายใบมีดมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมแหลม ซึ่งจะช่วยให้สามารถเฉือนเข้าไปในเนื้อมะกรูดได้ง่ายขึ้น สำหรับการเคลื่อนที่ของชุดใบมีดจะเคลื่อนที่โดยใช้ linear guide



รูปที่ 4.8 ใบบิดลักษณะแผ่นโค้งรูปตัวยู



รูปที่ 4.9 ใบบิดกริดยางพารา

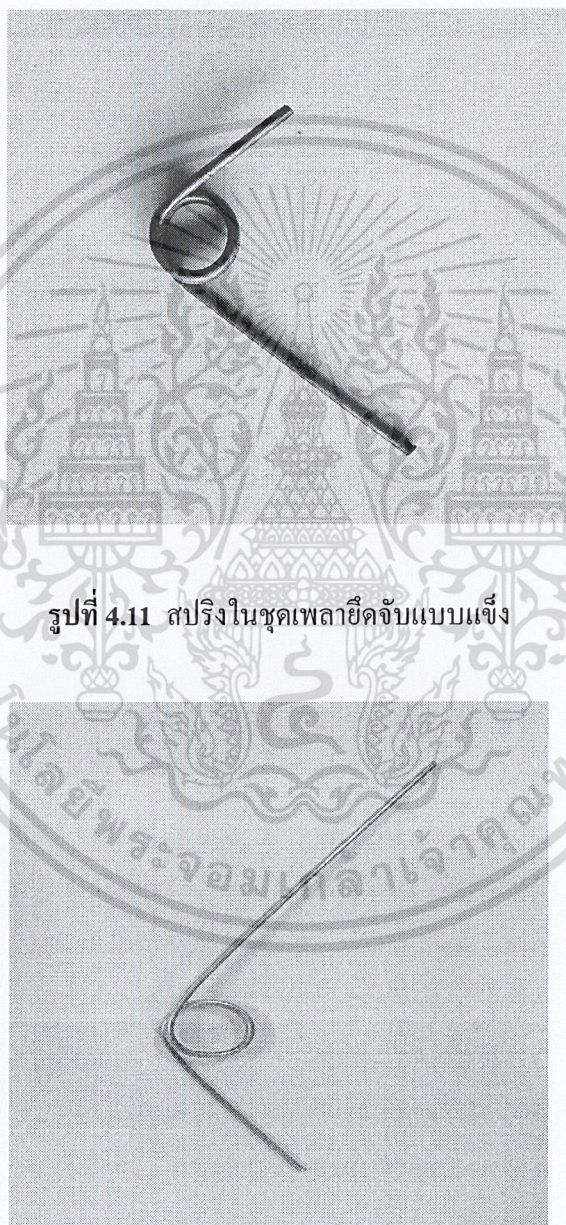


รูปที่ 4.10 ใบบิดลักษณะเป็นแผ่นโค้งรูปตัววี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6.2 สปริงในชุดใบมีด

สปริงในส่วนชุดใบมีดใช้สปริงติดจำนวน 2 ตัว โดยสปริงติดสามารถติดชุดใบมีดไปตามพื้นที่ที่ต้องการได้ แต่จากการทดลองเบื้องต้นในครั้งแรก พบว่าสปริงติดที่ใช้มีความแข็งแรงมาก ส่งผลให้ชุดใบมีดเกิดการคันผิวมะกรูดมากเกินไปจนกินเนื้อมะกรูดออกไปด้วย จึงลดสปริงให้เหลือเพียงตัวเดียว แต่สปริงที่ใช้ยังคงแข็งแรงเกินไปเหมือนเดิม จึงต้องทำการเปลี่ยนสปริงใหม่ให้มีความแข็งแรงน้อยลง



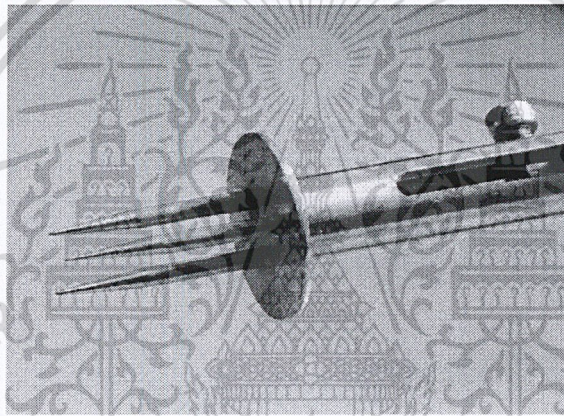
รูปที่ 4.11 สปริงในชุดเพลายึดจับแบบแข็ง

รูปที่ 4.12 สปริงในชุดเพลายึดจับแบบอ่อน

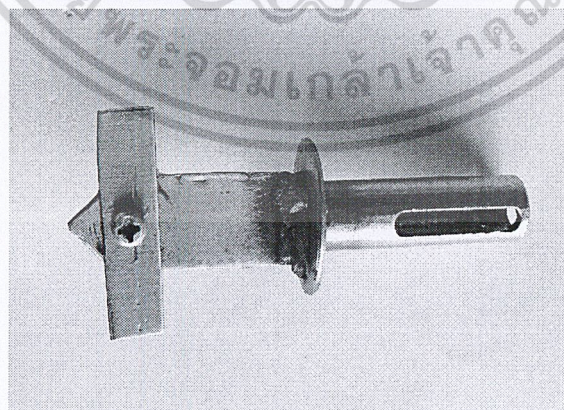
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7 ส่วนยึดจับ

การออกแบบเพลายึดจับมีลักษณะเป็นแท่งปลายแหลมจำนวน 3 แท่ง ใช้การเสียบที่หัวและท้ายของผลไม้เพื่อยึดผลไม้ไม่ให้หลุดจากเพล แต่จากการทดลองปอกผิวมะกรูดในเบื้องต้นพบว่า เมื่อมะกรูดเกิดการหมุนแล้วจะเกิดแรงต้านระหว่างเพลายึดจับกับผิวมะกรูด เป็นผลเนื่องมาจากแรงบิดและแรงเฉือนมีแรงที่ไม่สมดุลกัน ทำให้ผิวของมะกรูดฉีกขาด เกิดช่องว่างระหว่างมะกรูดและเพลายึดจับ ทำให้มะกรูดหลุดจากเพล ดังนั้นจึงควรแก้ปัญหาโดยออกแบบให้ตัวยึดจับมีพื้นที่สัมผัสกับมะกรูดมากขึ้น เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการต้านแรงซึ่งได้ออกแบบส่วนหัวยึดจับใหม่มีลักษณะเป็นแผ่นสแตนเลส มาตัดเป็นหัวลูกศร และมีแผ่นสแตนเลสรูปสี่เหลี่ยมยึดไว้ในลักษณะไขว้กัน เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการยึดจับมะกรูดให้มากขึ้น



รูปที่ 4.13 เพลายึดจับปลายแหลม แบบเก่า

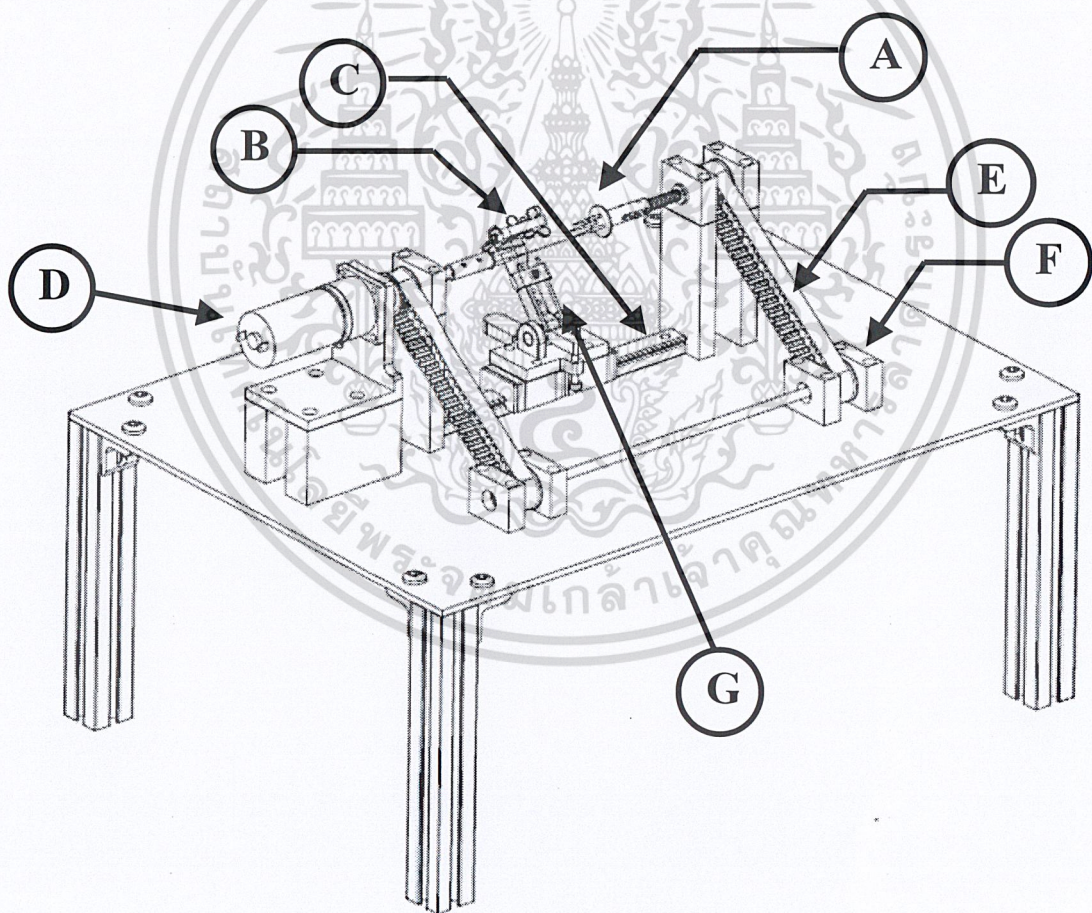


รูปที่ 4.14 เพลายึดจับปลายแหลม แบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

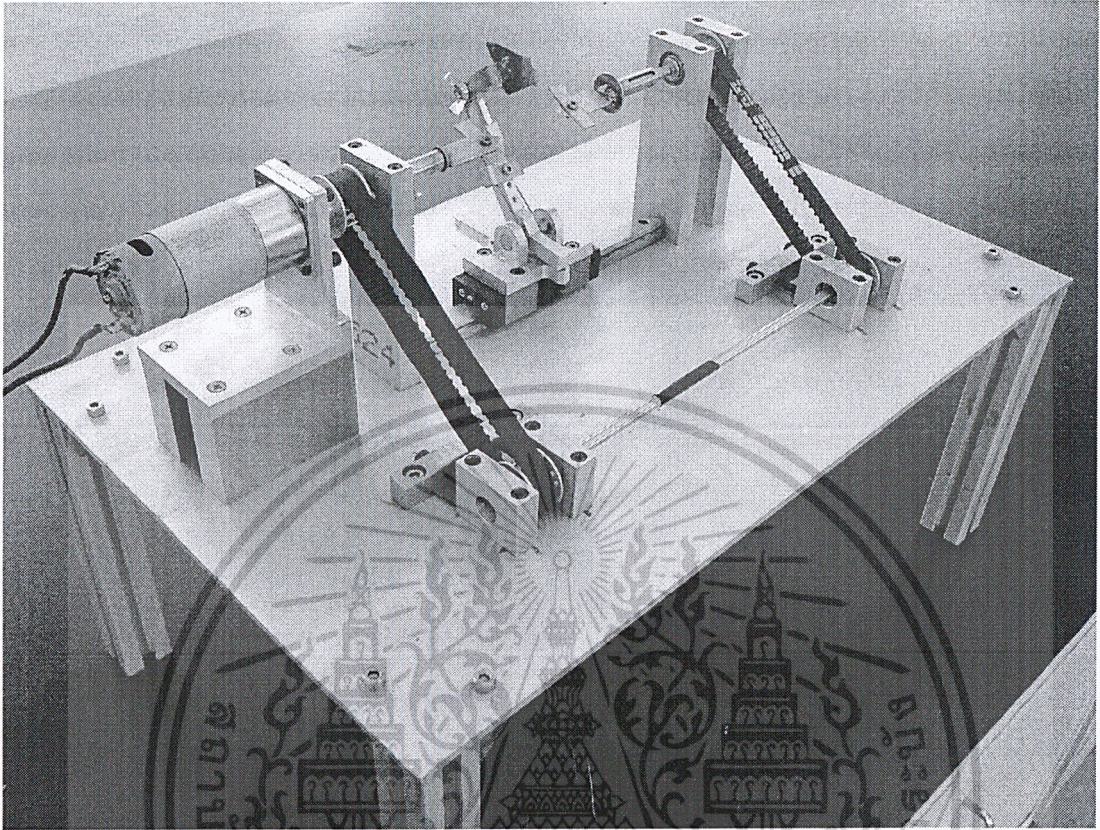
4.3 หลักการทำงานของเครื่องปอกผลไม้

ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องปอกผลไม้ดังแสดงในรูปที่ 4.15 โดยมีหลักการทำงานคือ ในขั้นแรกจะเป็นการนำมะกรูดเสียบเข้ากับตัวยึดจับ(A) แล้วล็อกตัวยึดจับให้แน่นเพื่อไม่ให้ลูกรมะกรูดหลุดจากตัวยึดจับขณะที่เครื่องทำงาน จากนั้นทำการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ต้องการ (D) และปรับมุมของชุดใบมีด(B)ให้ได้องศาในการปอกที่เหมาะสมโดยปรับที่หัวน็อตปีกผีเสื้อบริเวณด้านบนของชุดใบมีด เมื่อเริ่มเปิดสวิทซ์ให้มอเตอร์หมุนจึงเริ่มเลื่อนชุดใบมีดไปตามราง linear guide (C) ใบมีดจะทำการปอกผิวมะกรูดได้ตามต้องการ โดยในระหว่างการเลื่อนชุดใบมีดไปตามผิวมะกรูด ความยืดหยุ่นของสปริงจะทำให้ใบมีดวิ่งไปตามแนวโค้งของผิวมะกรูดได้เอง ซึ่งสปริงที่ใช้จะต้องมีค่าความแข็งและความยืดหยุ่นที่เหมาะสมอย่างไรก็ตามในการปอกผิวมะกรูดด้วยเครื่องปอกผิวมะกรูดนั้นจะเหลือพื้นที่ตรงขั้วของผลมะกรูดที่ไม่สามารถปอกได้ เนื่องจากใบมีดที่เคลื่อนที่ไปนั้นติดเพลายึดจับผลมะกรูด



รูปที่ 4.15 แบบจำลองเครื่องปอกผลไม้กึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ต้นแบบเครื่องปอกผลไม้กึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิธีการทดสอบ และผลการทดสอบ

5.1 จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทดสอบหามุมไบมีดที่เหมาะสม
2. เพื่อทดสอบหาความเร็วรอบมอเตอร์ที่เหมาะสม
3. เพื่อหาชนิดของไบมีดที่เหมาะสม

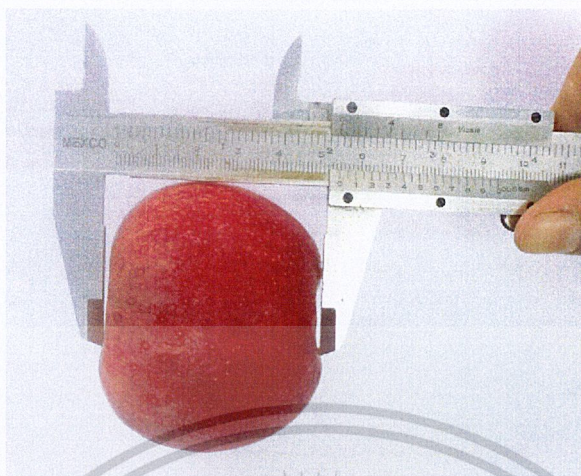
5.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องปอกผลไม้กึ่งอัตโนมัติ
2. เครื่องวัดความเร็วรอบ
3. นาฬิกาจับเวลา
4. กล้องถ่ายรูป
5. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล
6. ผลแอปเปิ้ลพันธุ์ฝรั่งเศส
7. มีดปอกผลไม้
8. เวอร์เนียคาลิเปอร์

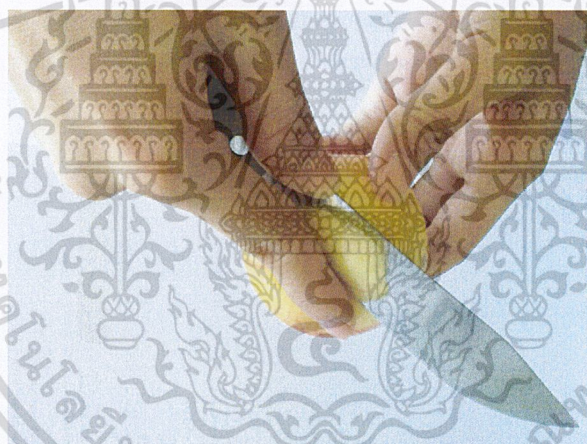
5.3 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 เก็บข้อมูลการปอกแอปเปิ้ลด้วยมือ

1. ชั่งน้ำหนักผลแอปเปิ้ลที่ต้องการทดลอง
2. วัดขนาดของแอปเปิ้ลด้าน a, b และ c
3. ทำการปอกแอปเปิ้ลด้วยมือ
4. จับเวลาในการปอก
5. นำเปลือกแอปเปิ้ลแต่ละผลไปชั่งน้ำหนัก
6. ทดลองทั้งหมด 20 ชั่ง
7. บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 5.1 การวัดขนาดแอปเปิ้ลด้าน a, b และ c ด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์

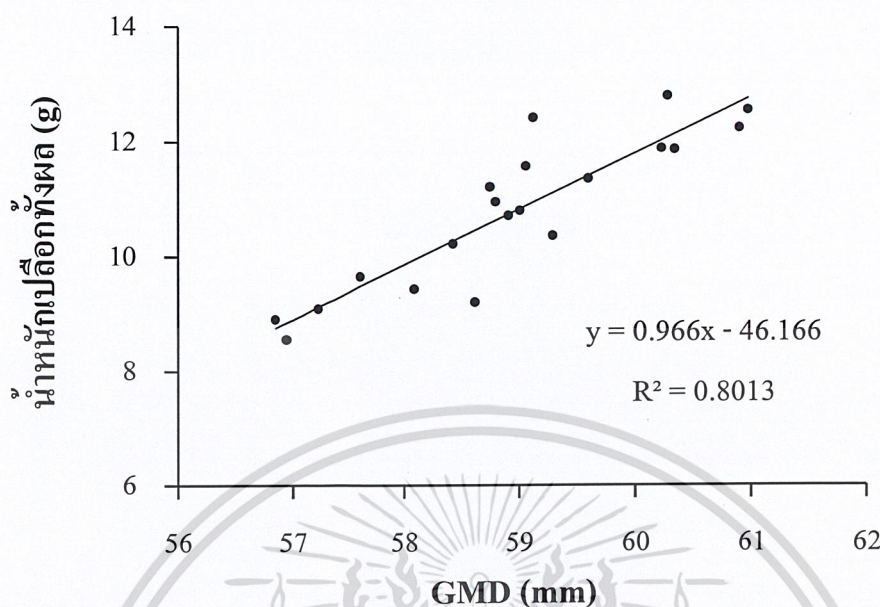


รูปที่ 5.2 การปอกแอปเปิ้ลด้วยมือเพื่อเก็บเป็นข้อมูล จำนวน 20 ผล

ผลการทดลองตอนที่ 1

จากการทดลองการปอกแอปเปิ้ลด้วยมือสามารถนำข้อมูลมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า GMD กับน้ำหนักเปลือกทั้งผล ดังรูปที่ 1 โดยได้สมการความสัมพันธ์ คือ $y = 0.966x - 46.166$ ซึ่งจะนำไปใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักเปลือกที่ควรจะต้องปอกได้ทั้งผล โดยการนำค่า GMD ของแอปเปิ้ลที่ปอกด้วยเครื่องไปแทนค่าแทนตัวแปร x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า GMD กับน้ำหนักเปลือกทั้งหมด

อภิปรายผลการทดลองตอนที่ 1

ผลการทดสอบการปอกเปลือกแอปเปิ้ลด้วยมือ การปอกในลักษณะนี้พบว่า มุมในการปอกนั้นไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ โดยมุมที่ใช้ในการปอกอยู่ระหว่าง 10 –30 องศา ลักษณะของเปลือกแอปเปิ้ลมีลักษณะค่อนข้างสมบูรณ์ มีลักษณะเป็นเส้นยาว มีเนื้อติดออกมาน้อย ในการปอกทั้งผลใช้เวลาประมาณ 4 นาทีต่อผล

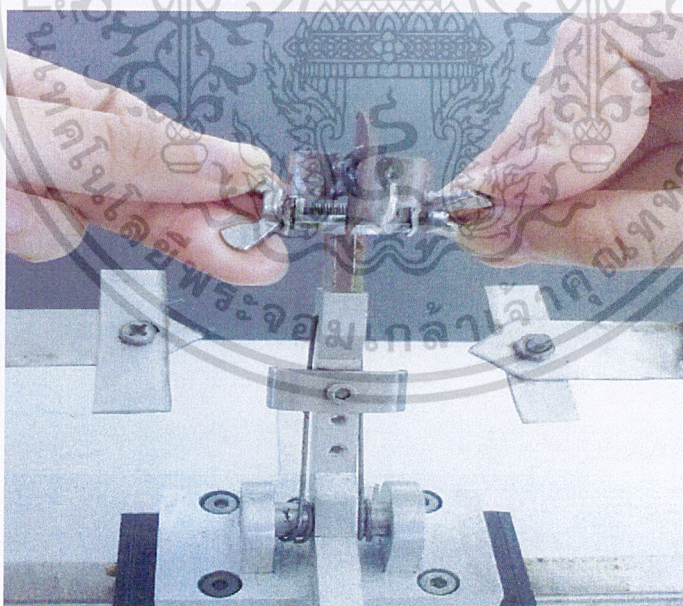
ตอนที่ 2 การทดลองเพื่อหามุมมีด หาคความเร็วรอบ และชนิดของใบมีดที่เหมาะสม

1. ชั่งน้ำหนักผลแอปเปิ้ลที่ต้องการทดลอง
2. วัดขนาดของแอปเปิ้ลด้าน a, b และ c
3. ถ่ายรูปแอปเปิ้ลด้าน a, b และ c เพื่อนำไปหา Projected area
4. นำผลแอปเปิ้ลเสียบใส่ที่ตัวยึดจับของเครื่องต้นแบบแล้วเปิดเครื่อง
5. วัดความเร็วรอบที่มากที่สุดของมอเตอร์โดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบแบบอินฟาเรด
6. ทำการทดลองปอกเปลือกแอปเปิ้ลกับความเร็วรอบที่มากที่สุด ทดสอบโดยใช้มุมใบมีด 3 มุม คือ 10, 20 และ 30 องศา
7. ถ่ายรูปผลแอปเปิ้ลที่ได้จากการปอกที่ความเร็วรอบมากที่สุด ทั้ง 3 ด้าน a, b และ c
8. นำเปลือกแอปเปิ้ลที่ได้จากการปอกไปชั่งน้ำหนัก
9. ทำการทดลองซ้ำ โดยลดความเร็วรอบลงทีละ 20 rpm จนถึงความเร็วรอบที่น้อยที่สุดที่

- สามารถปอกเปลือกแอปเปิ้ลได้ ทำการทดลองความเร็วรอบละ 5 ซ้ำ
10. ทำการทดลองซ้ำกับใบมีดทั้ง 2 ชนิด
 11. บันทึกผลการทดลองโดยบันทึกค่าต่างๆและลักษณะของเปลือกแอปเปิ้ลที่ได้จากการปอกด้วยเครื่อง

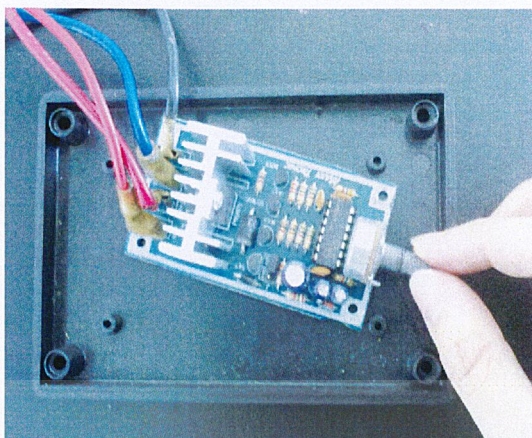


รูปที่ 5.4 (ก)การปอกแอปเปิ้ลด้วยเครื่อง (ข) เปลือกของแอปเปิ้ลที่ปอกได้ด้วยเครื่อง



รูปที่ 5.5 การปรับมุมของใบมีดให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 การปรับความเร็วรอบให้เหมาะสม

ผลการทดลองตอนที่ 2

จากการทดลองปอกแอปเปิ้ลด้วยเครื่องสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาความเร็วรอบ มุมของใบมีด และชนิดใบมีดที่เหมาะสม จากตัวชี้วัดต่างๆ คือ เปอร์เซนต์พื้นที่ภาพฉาย เปอร์เซนต์ของน้ำหนักเปลือกที่ปอกได้ด้วยเครื่อง และ ลักษณะของเปลือกที่ปอกได้ โดยแสดงออกมาในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ กับเปอร์เซนต์พื้นที่ภาพฉาย และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ กับเปอร์เซนต์ของน้ำหนักเปลือกที่ปอกได้ด้วยเครื่อง โดยเปอร์เซนต์พื้นที่ภาพฉายคำนวณมาจากสมการที่ 5.1 และคำนวณหาเปอร์เซนต์ของน้ำหนักเปลือกที่ปอกได้ด้วยเครื่องจากสมการที่ 5.2 ส่วนลักษณะของเปลือกที่ปอกได้ จะทำการสังเกตด้วยสายตา ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และ 5.2

$$\% \text{พื้นที่ภาพฉาย} = \frac{\text{พื้นที่ภาพฉายเปลือกก่อนปอก} - \text{พื้นที่ภาพฉายเปลือกหลังปอก}}{\text{ภาพฉายเปลือกก่อนปอก}} \times 100 \quad (5.1)$$

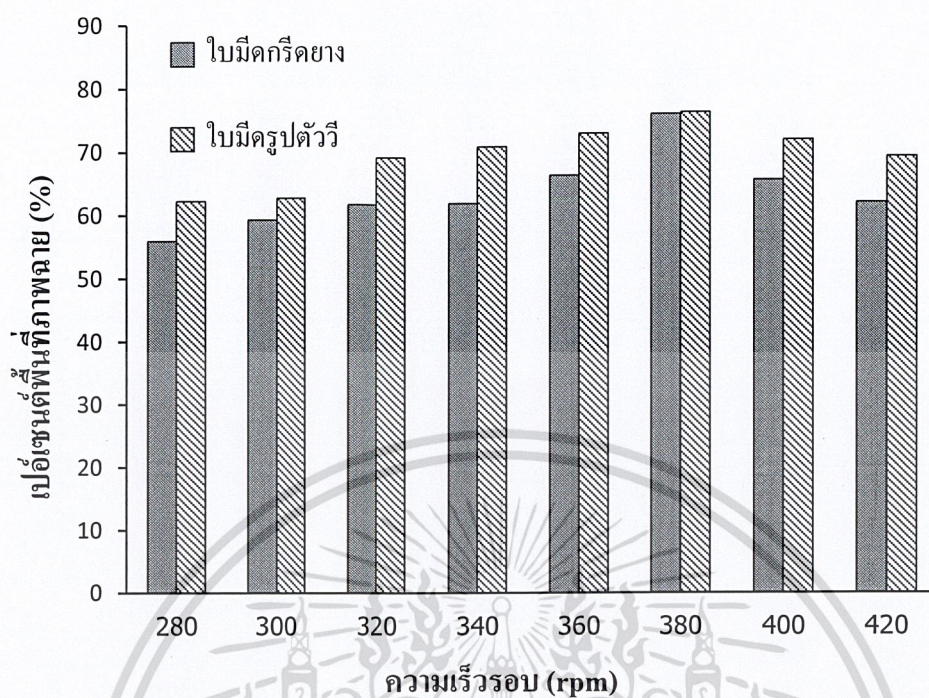
$$\% \text{น.น.เปลือกที่ปอกได้} = \frac{\text{น.น.เปลือกที่ควรปอกได้ทั้งหมด} - \text{น.น.เปลือกที่ปอกได้ด้วยเครื่อง}}{\text{น.น.เปลือกที่ควรปอกได้ทั้งหมด}} \times 100 \quad (5.2)$$

น้ำหนักเปลือกที่ควรปอกได้ทั้งหมดสามารถหาได้จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า GMD กับน้ำหนักเปลือกทั้งหมด ดังกราฟรูปที่ 1

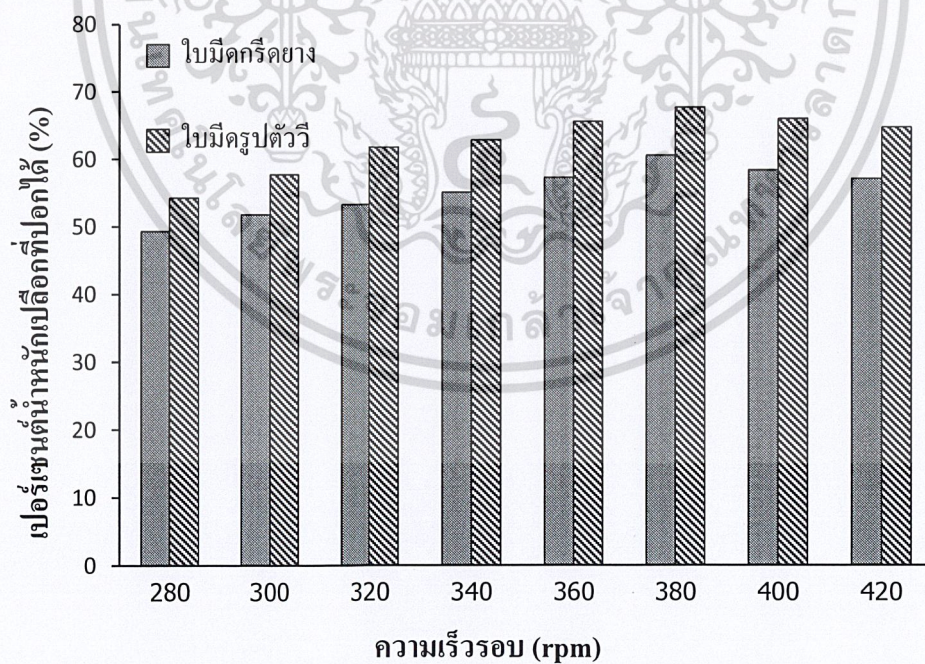
$$y = 0.966x - 46.166 \quad (5.3)$$

$$y = \text{น้ำหนักเปลือกที่ควรปอกได้ทั้งหมด}$$

$$x = \text{ค่า GMD เฉลี่ยของแต่ละความเร็วรอบ}$$



รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์พื้นที่ภาพฉาย กับความเร็วรอบ



รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของเปลือกที่ปอกได้ กับความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟรูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าใบมีดรูปตัววีสามารถปอกเปลือกแอปเปิ้ลได้ดีกว่าใบมีดกรีดขางและความเร็วรอบที่สามารถปอกแอปเปิ้ลได้ดีที่สุด คือ 380 รอบ/นาที

จากกราฟรูปที่ 5.3 แสดงให้เห็นว่าใบมีดรูปตัววีสามารถปอกเปลือกแอปเปิ้ลได้ดีกว่าใบมีดกรีดขางและความเร็วรอบที่สามารถปอกแอปเปิ้ลได้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกมากที่สุด คือ 380 รอบ/นาที

อภิปรายผลการทดลองตอนที่ 2

การปอกเปลือกแอปเปิ้ลโดยใช้เครื่องต้นแบบ พบว่าสามารถปอกเปลือกแอปเปิ้ลได้แต่ลักษณะเปลือกจะแตกต่างกันตามชนิดของใบมีด มุมของใบมีด และความเร็วรอบของมอเตอร์

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองจากการปอกเปลือกแอปเปิ้ลด้วยใบมีดกรีดขางพารา

ความเร็วรอบ (rpm)	GMD (mm)	projected area		น.น.เปลือกที่ ปอกด้วยเครื่อง (g)	น.น.เปลือกที่ ควรปอกได้ (g)	ลักษณะเปลือกที่ปอกได้จากเครื่อง
		apa ก่อนปอก	apa หลังปอก			
280	59.54	46.28	20.37	5.61	11.35	เป็นเส้นยาว มีเนื้อติดออกมากับเปลือกมาก และเนื้อแอปเปิ้ลขำ
300	60.76	46.02	18.70	6.49	12.53	เป็นเส้นยาว มีเนื้อติดออกมากับเปลือกมาก และเนื้อแอปเปิ้ลขำ
320	61.04	46.74	17.84	6.82	12.80	เป็นเส้นยาว มีเนื้อติดออกมากับเปลือกมาก และเนื้อแอปเปิ้ลขำ
340	60.97	47.06	17.89	7.01	12.73	เป็นเส้นยาว มีเนื้อติดออกมาน้อย สีเปลือกค่อนข้างคล้ำ
360	60.98	46.57	15.66	7.29	12.74	เป็นเส้นยาว มีเนื้อติดออกมาน้อย สีเปลือกค่อนข้างคล้ำ
380	59.51	47.16	11.30	6.84	11.32	เป็นเส้นยาวต่อเนื่อง มีเนื้อติดมากับเปลือกน้อย เนื้อและเปลือกไม่ขำ
400	59.45	46.08	15.85	6.56	11.26	เส้นขาด และยาวประมาณ 6 cm
420	58.02	46.51	17.68	5.62	9.88	เส้นขาด และสั้นมาก เนื้อแอปเปิ้ลขำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองจากการลอกเปลือกแอปเปิ้ลด้วยใบมีดตัววี

ความเร็วรอบ (rpm)	GMD (mm)	projected area		น.น.เปลือกที่ ลอกด้วยเครื่อง (g)	น.น.เปลือกที่ ควรรลอกได้ (g)	ลักษณะเปลือกที่ลอกได้จากเครื่อง
		apa ก่อนลอก	apa หลังลอก			
280	60.33	46.18	17.43	6.58	12.12	เป็นเส้นยาว มีเนื้อติดออกมากับเปลือกมาก และเนื้อแอปเปิ้ลขำ
300	60.71	46.47	17.29	7.20	12.48	เป็นเส้นยาว มีเนื้อติดออกมากับเปลือกมาก และเนื้อแอปเปิ้ลขำ
320	61.65	46.24	14.22	8.26	13.39	เป็นเส้นยาว มีเนื้อติดออกมากับเปลือกมาก และเนื้อแอปเปิ้ลขำ
340	60.07	46.57	13.55	7.44	11.87	เป็นเส้นยาว มีเนื้อติดออกมาน้อย สีเปลือกค่อนข้างคล้ำ
360	59.77	46.00	12.42	7.58	11.57	เป็นเส้นยาว มีเนื้อติดออกมาน้อย สีเปลือกค่อนข้างคล้ำ
380	59.89	45.41	10.78	7.90	11.69	เป็นเส้นยาวต่อเนื่อง มีเนื้อติดมากับเปลือกน้อย เนื้อและเปลือกไม่ขำ
400	60.82	45.67	12.81	8.29	12.58	เส้นขาด และสั้นมาก เนื้อแอปเปิ้ลขำ
420	59.63	46.48	14.27	8.08	12.53	เส้นขาด และสั้นมาก เนื้อแอปเปิ้ลขำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้สามารถออกแบบเครื่องปอกผลไม้กึ่งอัตโนมัติ โครงสร้างทำจากอลูมิเนียมและสแตนเลส มีขนาดความกว้าง 36.2 เซนติเมตร ความยาว 50 เซนติเมตร ความสูง 12.1 เซนติเมตร โดยเครื่องที่ได้ทำการออกเป็นเครื่องต้นแบบในการทดลองเท่านั้น

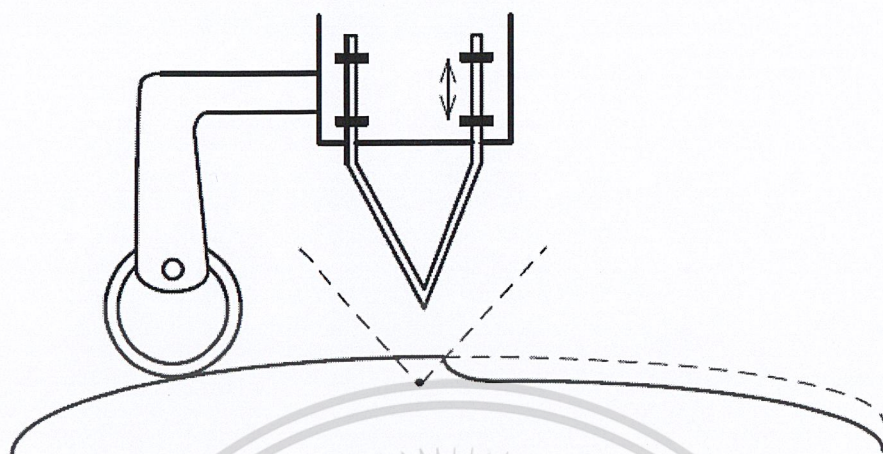
จากการทดสอบการทำงานของเครื่อง พบว่า เครื่องปอกผลไม้ยังไม่สามารถปอกผิวมะกรูดได้ เนื่องจาก มะกรูดมีผิวหนา เหนียว และขรุขระซึ่งยากต่อการปอก จึงได้ทำการทดลองกับแอปเปิ้ลพันธุ์ฝรั่งเศสซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับมะกรูด แต่ผิวเรียบและบางกว่าปรากฏว่าสามารถปอกผิวแอปเปิ้ลได้

จากการทดสอบเครื่องปอกผลไม้ โดยเลือกใช้แอปเปิ้ลพันธุ์ฝรั่งเศส พบว่าใบมีดรูปตัววีเหมาะสมกับการปอกมากกว่าใบมีดกริดขางพาราและใบมีดโค้งรูปตัวยู ความเร็วรอบที่เหมาะสมคือ 380 รอบ/นาที และมุมของใบมีดที่เหมาะสมกับการปอกมากที่สุดคือ 20 องศา ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเครื่องปอกผลไม้ต่อไป

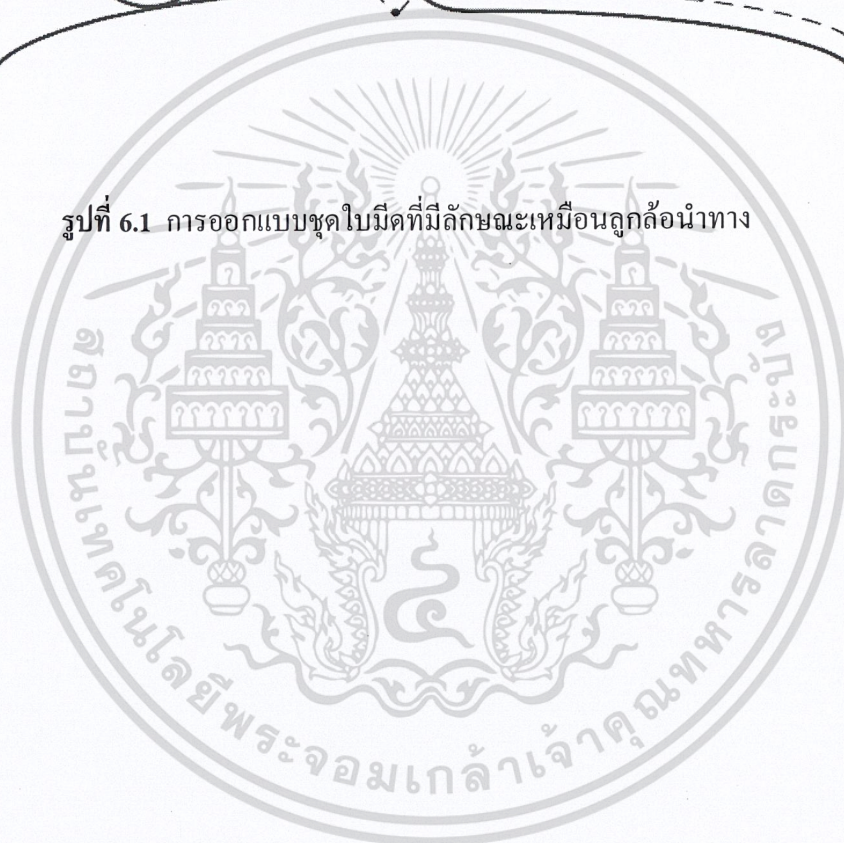
โดยสรุปได้ว่าเครื่องปอกผลไม้ต้นแบบสามารถปอกผลไม้ที่มีผิวบางและเรียบได้ แต่อย่างไรก็ตามเครื่องปอกผลไม้ไม่มีแนวโน้มที่จะสามารถปอกผลไม้ที่มีผิวหนา เหนียวและขรุขระได้ หากมีการพัฒนาและปรับปรุงไปในแนวทางที่ถูกต้องต่อ

6.2 ข้อเสนอแนะ และแนวทางการปรับปรุง

เนื่องจากการออกแบบและการทดลองเครื่องปอกผลไม้ยังพบปัญหาในด้านต่างๆอยู่ เช่น ชุดใบมีด ความคมของใบมีด จึงควรมีการพัฒนาชิ้นส่วนต่างๆของเครื่อง เพื่อให้การปอกมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยควรออกชุดใบมีดให้มีลักษณะเหมือนลูกสู่นำทางให้กับใบมีด เพื่อให้ใบมีดสามารถทราบระยะที่จะเฉือนเข้าไปในผิวของผลไม้ได้ ดังรูปที่ 6.1 และจะต้องเพิ่มความคมให้กับใบมีดเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิมและมีลักษณะโค้งเพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ไปตามผิวของผลไม้ได้



รูปที่ 6.1 การออกแบบชุดใบมีดที่มีลักษณะเหมือนลูกล้อนำทาง

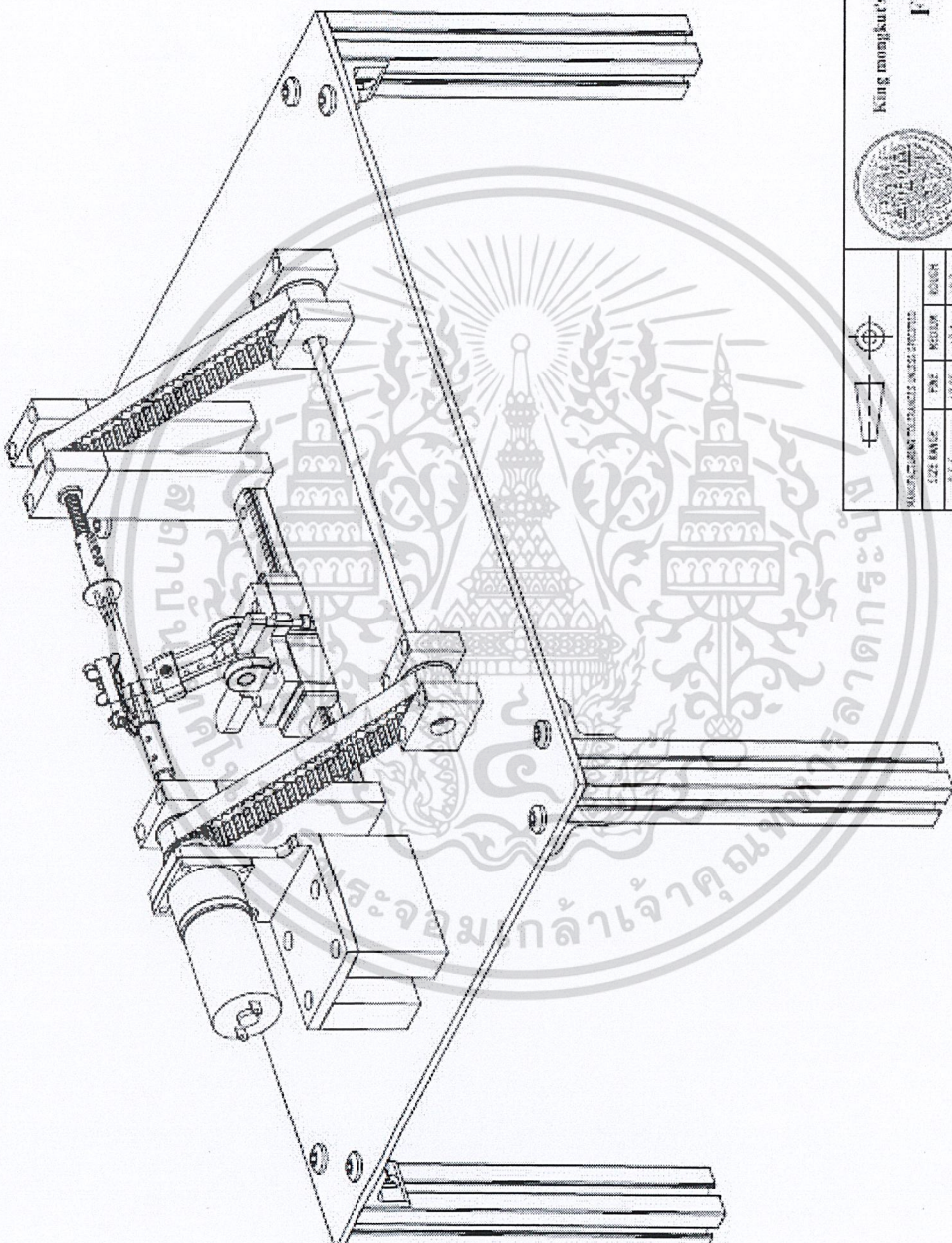


เอกสารอ้างอิง

- [1] รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. พีชเครื่องเทศและสมุนไพร. ตำราเอกสารวิชาการ ฉบับที่ 59 ภาคพัฒนา ตำราและเอกสารวิชาการ. 2535
- [2] ฝ่ายวิชาการ. การทำมีดและเครื่องมือต่างๆ. พิมพ์ครั้งที่ 1 : สำนักพิมพ์รุ่งวิทยา. 2529
- [3] Krishna K. Singh, B. Sreenivasula Reddy. “Post-harvest physico-mechanical properties of orange peel and fruit” **Journal of Food Engineering**. 2006, 73. March 2005. 112–120.
- [4] วริทธิ์ อึ้งภากร, ชาญ ถนัดงาน. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม1-2. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์ซี เอเอ็ดยูเคชั่น. 2548
- [5] Joseph E. shigley. Charles R. Mischke. Richard G. Budynas. การออกแบบเครื่องจักรกล. แปลจาก **Mechanical engineering design**. โดย น.อ. ภาณุฤทธิ์ ยุคตะทัต. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ท็อป. 2548
- [6] R.C. Hibbeler. **Mechanics of materials**. Sixth Edition in SI Units : Printed in Singapore.
- [7] วรุณี อิมกมล ,ศานติพันธุ์ สุนทรสุด , ศุภวิทย์ อินทประสาท. “การออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องปอกมะละกอ.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2546.
- [8] พิศาล ทวีผล ,รณชิต ยุทธเก่ง ,กันชวลักษณ์ ขวัญใจพานิช. “เครื่องปอกเปลือกทุเรียน.” วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2546.
- [9] กฤษณะ มีมาก,ชนวุฒิ นาคหวัง, ปิยะพงศ์ นันทวงศ์. “เครื่องปอกมะพร้าว.” วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2543
- [10] ไตรภพ อินทุใส และคณะ.โลหะวิทยาเบื้องต้น.พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ:ฟิสิกส์เซนเตอร์.2546.
- [11] จิรายุ สัจจาพันธ์, วรณูญา อ่ำโพธิ์, สาธิมน ยิ่งวัฒนาพร,สุชาวดี ประทุมมาศ. “แนวทางการออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2552.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Food Engineer

Name: Assembly
Project: Approaches the possibility of water line
roof that with machinery
Date: 18/2/2011
Material: _____
Scale: 1:4

SIZE	INCH	MM	INCH	MM
2.5	5/8	15.875	1/2	12.7
3.0	3/8	7.62	1/4	6.35
3.5	7/16	11.175	3/8	9.525
4.0	1/2	12.7	1/2	12.7
4.5	9/16	14.275	5/8	15.875
5.0	5/8	15.875	3/4	19.05
5.5	11/16	17.475	7/8	22.225
6.0	3/4	19.05	1	25.4

Approved by: _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAIL
SCALE 2:1

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Food Engineer

NO.	DATE	BY	REVISION
1	15/12/2558	Food Engineer	1
2	15/12/2558	Food Engineer	2
3	15/12/2558	Food Engineer	3
4	15/12/2558	Food Engineer	4
5	15/12/2558	Food Engineer	5
6	15/12/2558	Food Engineer	6
7	15/12/2558	Food Engineer	7
8	15/12/2558	Food Engineer	8
9	15/12/2558	Food Engineer	9


Name: Assembly
Subject: Approach the possibility of quality time food plant with machinery.

Date: 18/2/2011
Scale: 1:5

Material: -
Approve By: -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MANUFACTURING TOLERANCES UNLESS SPECIFIED	
SIZE RANGE	TOLERANCE
0-25	± 0.1
25-50	± 0.15
50-75	± 0.2
75-100	± 0.25
100-150	± 0.3
150-200	± 0.4
200-300	± 0.5
300-500	± 0.6
500-1000	± 0.8
1000-2000	± 1.0
2000-3000	± 1.2
3000-5000	± 1.5
5000-10000	± 2.0

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Food Engineer

Name: ฐิติกร ฐิติกร
 Project: Approaches the possibility of water time
 food start with machinery.
 Date: 18/2/2011
 Scale: 1:4
 Material:

Approved by:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Technical drawing showing a mechanical part with dimensions and an ISO view. The drawing includes a top view, a side view, and an ISO view. Dimensions are provided in millimeters (mm). The part is made of Aluminum.

ISO View

4 x Ø 4.500 THRU ALL

Ø 3.400 X 100

40, 32, 4, 32, 76, 76, 10, 10, 38, 40, 76

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Food Engineer

ชื่อ: ฐิติกร ฐิติกร
 Project: Approaches the possibility of fabricating food item with machinery.
 Date: 18/2/2011
 Material: Aluminum
 Scale: 1:2

SIZE RANGE	FAE	MDL	CDR
0.5-6	0218	0211	0213
6-30	0213	0217	0215
30-120	0215	0213	0218
120-600	0212	0215	0212
600-1000	0213	0218	0212
1000-2000	0215	0217	0213

APPROVE BY: -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Food Engineer

ชื่อ: อรุณรัตน์ ทรัพย์ธรรม
 วิชา: Approach the possibility of fabric line
 วันที่: 18/2/2011

Material: A. Aluminum
 Scale: 1:1

MANUFACTURING TOLERANCES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED			
SIZE RANGE	FRACTION	DECIMAL	MICROMETER
0.1-0.3	±0.15	±0.1	±0.2
0.3-0.6	±0.2	±0.15	±0.3
0.6-1.0	±0.3	±0.2	±0.4
1.0-1.5	±0.4	±0.3	±0.5
1.5-2.0	±0.5	±0.4	±0.6
2.0-3.0	±0.6	±0.5	±0.7
3.0-4.0	±0.7	±0.6	±0.8
4.0-5.0	±0.8	±0.7	±0.9
5.0-6.0	±0.9	±0.8	±1.0
6.0-8.0	±1.0	±0.9	±1.1
8.0-10.0	±1.1	±1.0	±1.2
10.0-15.0	±1.2	±1.1	±1.3
15.0-20.0	±1.3	±1.2	±1.4
20.0-30.0	±1.4	±1.3	±1.5
30.0-40.0	±1.5	±1.4	±1.6
40.0-50.0	±1.6	±1.5	±1.7
50.0-60.0	±1.7	±1.6	±1.8
60.0-70.0	±1.8	±1.7	±1.9
70.0-80.0	±1.9	±1.8	±2.0
80.0-90.0	±2.0	±1.9	±2.1
90.0-100.0	±2.1	±2.0	±2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO View

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Food Engineer

MULTI-PHASE PROJECT INTER-STEP	
S/C MARK	MARK
1.1-6	#1.1 #1.2 #1.3
2.30	#1.1 #1.2 #1.3
3.1-3	#1.1 #1.2 #1.3
1.2-4.0	#1.2 #1.3 #1.3
4.0-10.0	#1.3 #1.3 #1.3
2.0-20.0	#1.3 #1.2 #1.0

Name: **เชนชวนพิชญ์ปัทมา**
 Approaches the procedure of fabric time
 Date: 18/2/2011
 Project: **Food chain with machinery**
 Material: **Aluminium**
 Scale: **1:1**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SECTION A-A
SCALE 2:1

ISO View

SIZES RANGE	MANUFACTURING TOLERANCES (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED)		
	FINE	MEDIUM	ROUGH
0.3-3	±0.15	±0.1	±0.3
3-12.5	±0.25	±0.2	±0.5
12.5-40	±0.35	±0.3	±0.7
40-100	±0.5	±0.4	±1.0
100-250	±0.7	±0.6	±1.5

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Food Engineer

Name: ภูมิ
Subject: Approaches the possibility of coffee filter
rod stem with machinery
Date: 18/2/2011
Material: Aluminium
Scale: 1:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO View

ISO TOLERANCE BANDS		RAUGH	
SIZE RANGE	P1E	MEDIUM	ROUGH
0.5-6	±0.12	±0.1	±0.2
6-30	±0.1	±0.12	±0.3
30-150	±0.13	±0.2	±0.4
150-400	±0.2	±0.3	±0.7
400-1000	±0.3	±0.5	±1.2
1000-3000	±0.5	±0.8	±2.0

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Food Engineer

Name: ฐิติพร นิมิตต์

Project: Approaches the Possibility of Kaffir lime
food film with machinery

Date: 18.12.2011

Material: Aluminum

Scale: 1:1

Approve by: _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO View

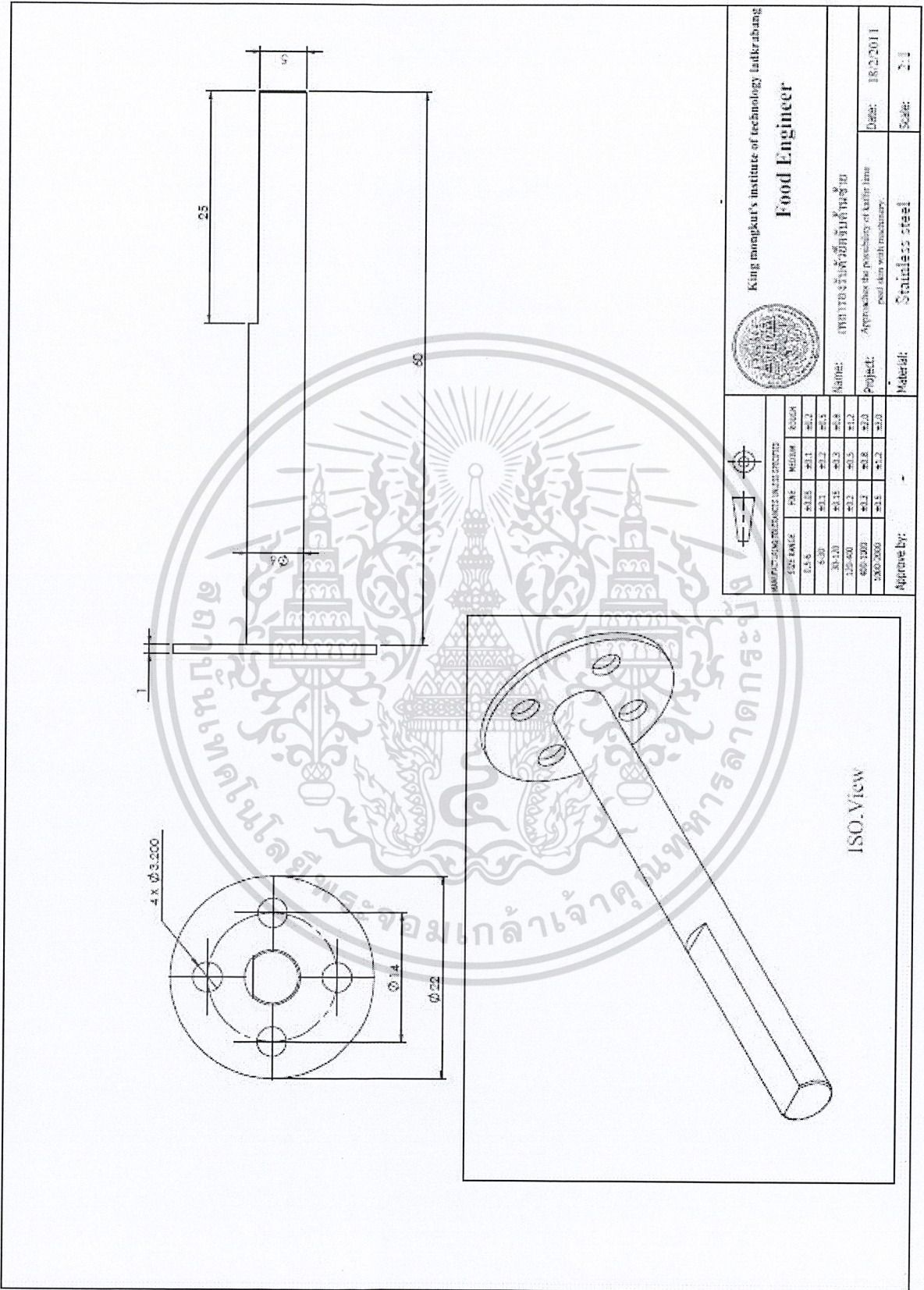
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Food Engineer


ชื่อ: ภาณุภัทรใจดี
Project: Approaches the possibility of knife frame
pool skin with machinery
Date: 18/2/2011
Material: Aluminium
Scale: 1:1

TOLERANCE			
SIZE RANGE	FRA	MEDIUM	COARSE
0-5	+0.10	+0.11	+0.12
5-30	+0.11	+0.12	+0.13
30-120	+0.12	+0.13	+0.14
120-500	+0.13	+0.14	+0.15
500-1000	+0.14	+0.15	+0.16
1000-2000	+0.15	+0.16	+0.17
2000-3000	+0.16	+0.17	+0.18

Approve by: -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



		King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Food Engineer	
มาตรฐานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง SIZE RANGE PRE MEDIUM REGULAR 1.5-5 +0.15 +0.1 +0.2 +0.2 6-30 +0.17 +0.12 +0.15 +0.15 38-110 +0.22 +0.13 +0.18 +0.18 120-600 +0.2 +0.15 +0.12 +0.12 600-1200 +0.2 +0.18 +0.18 +0.18 1300-2000 +0.15 +0.12 +0.12 +0.12		Name: เพชรทิพย์ วัฒนชัย Project: Approach the Psychology of knife firm real skin with machinery. Date: 18/2/2011	
Approve by:		Material: Stainless steel	Scale: 1:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO View

SAMPLING FREQUENCY INDEX SYSTEM			
SIZE RANGE	FOR	MEDIUM	RUN-IN
0-4	0.15	0.1	0.1
5-9	0.1	0.07	0.07
10-14	0.07	0.05	0.05
15-19	0.05	0.035	0.035
20-24	0.035	0.025	0.025
25-29	0.025	0.018	0.018
30-34	0.018	0.013	0.013
35-39	0.013	0.009	0.009
40-44	0.009	0.006	0.006
45-49	0.006	0.004	0.004
50-54	0.004	0.003	0.003
55-59	0.003	0.002	0.002
60-64	0.002	0.0015	0.0015
65-69	0.0015	0.001	0.001
70-74	0.001	0.0007	0.0007
75-79	0.0007	0.0005	0.0005
80-84	0.0005	0.00035	0.00035
85-89	0.00035	0.00025	0.00025
90-94	0.00025	0.00018	0.00018
95-99	0.00018	0.00013	0.00013
100-104	0.00013	0.00009	0.00009
105-109	0.00009	0.00006	0.00006
110-114	0.00006	0.00004	0.00004
115-119	0.00004	0.00003	0.00003
120-124	0.00003	0.00002	0.00002
125-129	0.00002	0.000015	0.000015
130-134	0.000015	0.00001	0.00001
135-139	0.00001	0.000007	0.000007
140-144	0.000007	0.000005	0.000005
145-149	0.000005	0.0000035	0.0000035
150-154	0.0000035	0.0000025	0.0000025
155-159	0.0000025	0.0000018	0.0000018
160-164	0.0000018	0.0000013	0.0000013
165-169	0.0000013	0.0000009	0.0000009
170-174	0.0000009	0.0000006	0.0000006
175-179	0.0000006	0.0000004	0.0000004
180-184	0.0000004	0.0000003	0.0000003
185-189	0.0000003	0.0000002	0.0000002
190-194	0.0000002	0.00000015	0.00000015
195-199	0.00000015	0.0000001	0.0000001
200-204	0.0000001	0.00000007	0.00000007
205-209	0.00000007	0.00000005	0.00000005
210-214	0.00000005	0.000000035	0.000000035
215-219	0.000000035	0.000000025	0.000000025
220-224	0.000000025	0.000000018	0.000000018
225-229	0.000000018	0.000000013	0.000000013
230-234	0.000000013	0.000000009	0.000000009
235-239	0.000000009	0.000000006	0.000000006
240-244	0.000000006	0.000000004	0.000000004
245-249	0.000000004	0.000000003	0.000000003
250-254	0.000000003	0.000000002	0.000000002
255-259	0.000000002	0.0000000015	0.0000000015
260-264	0.0000000015	0.000000001	0.000000001
265-269	0.000000001	0.0000000007	0.0000000007
270-274	0.0000000007	0.0000000005	0.0000000005
275-279	0.0000000005	0.00000000035	0.00000000035
280-284	0.00000000035	0.00000000025	0.00000000025
285-289	0.00000000025	0.00000000018	0.00000000018
290-294	0.00000000018	0.00000000013	0.00000000013
295-299	0.00000000013	0.00000000009	0.00000000009
300-304	0.00000000009	0.00000000006	0.00000000006
305-309	0.00000000006	0.00000000004	0.00000000004
310-314	0.00000000004	0.00000000003	0.00000000003
315-319	0.00000000003	0.00000000002	0.00000000002
320-324	0.00000000002	0.000000000015	0.000000000015
325-329	0.000000000015	0.00000000001	0.00000000001
330-334	0.00000000001	0.000000000007	0.000000000007
335-339	0.000000000007	0.000000000005	0.000000000005
340-344	0.000000000005	0.0000000000035	0.0000000000035
345-349	0.0000000000035	0.0000000000025	0.0000000000025
350-354	0.0000000000025	0.0000000000018	0.0000000000018
355-359	0.0000000000018	0.0000000000013	0.0000000000013
360-364	0.0000000000013	0.0000000000009	0.0000000000009
365-369	0.0000000000009	0.0000000000006	0.0000000000006
370-374	0.0000000000006	0.0000000000004	0.0000000000004
375-379	0.0000000000004	0.0000000000003	0.0000000000003
380-384	0.0000000000003	0.0000000000002	0.0000000000002
385-389	0.0000000000002	0.00000000000015	0.00000000000015
390-394	0.00000000000015	0.0000000000001	0.0000000000001
395-399	0.0000000000001	0.00000000000007	0.00000000000007
400-404	0.00000000000007	0.00000000000005	0.00000000000005
405-409	0.00000000000005	0.000000000000035	0.000000000000035
410-414	0.000000000000035	0.000000000000025	0.000000000000025
415-419	0.000000000000025	0.000000000000018	0.000000000000018
420-424	0.000000000000018	0.000000000000013	0.000000000000013
425-429	0.000000000000013	0.000000000000009	0.000000000000009
430-434	0.000000000000009	0.000000000000006	0.000000000000006
435-439	0.000000000000006	0.000000000000004	0.000000000000004
440-444	0.000000000000004	0.000000000000003	0.000000000000003
445-449	0.000000000000003	0.000000000000002	0.000000000000002
450-454	0.000000000000002	0.0000000000000015	0.0000000000000015
455-459	0.0000000000000015	0.000000000000001	0.000000000000001
460-464	0.000000000000001	0.0000000000000007	0.0000000000000007
465-469	0.0000000000000007	0.0000000000000005	0.0000000000000005
470-474	0.0000000000000005	0.00000000000000035	0.00000000000000035
475-479	0.00000000000000035	0.00000000000000025	0.00000000000000025
480-484	0.00000000000000025	0.00000000000000018	0.00000000000000018
485-489	0.00000000000000018	0.00000000000000013	0.00000000000000013
490-494	0.00000000000000013	0.00000000000000009	0.00000000000000009
495-499	0.00000000000000009	0.00000000000000006	0.00000000000000006
500-504	0.00000000000000006	0.00000000000000004	0.00000000000000004
505-509	0.00000000000000004	0.00000000000000003	0.00000000000000003
510-514	0.00000000000000003	0.00000000000000002	0.00000000000000002
515-519	0.00000000000000002	0.000000000000000015	0.000000000000000015
520-524	0.000000000000000015	0.00000000000000001	0.00000000000000001
525-529	0.00000000000000001	0.000000000000000007	0.000000000000000007
530-534	0.000000000000000007	0.000000000000000005	0.000000000000000005
535-539	0.000000000000000005	0.0000000000000000035	0.0000000000000000035
540-544	0.0000000000000000035	0.0000000000000000025	0.0000000000000000025
545-549	0.0000000000000000025	0.0000000000000000018	0.0000000000000000018
550-554	0.0000000000000000018	0.0000000000000000013	0.0000000000000000013
555-559	0.0000000000000000013	0.0000000000000000009	0.0000000000000000009
560-564	0.0000000000000000009	0.0000000000000000006	0.0000000000000000006
565-569	0.0000000000000000006	0.0000000000000000004	0.0000000000000000004
570-574	0.0000000000000000004	0.0000000000000000003	0.0000000000000000003
575-579	0.0000000000000000003	0.0000000000000000002	0.0000000000000000002
580-584	0.0000000000000000002	0.00000000000000000015	0.00000000000000000015
585-589	0.00000000000000000015	0.0000000000000000001	0.0000000000000000001
590-594	0.0000000000000000001	0.00000000000000000007	0.00000000000000000007
595-599	0.00000000000000000007	0.00000000000000000005	0.00000000000000000005
600-604	0.00000000000000000005	0.000000000000000000035	0.000000000000000000035
605-609	0.000000000000000000035	0.000000000000000000025	0.000000000000000000025
610-614	0.000000000000000000025	0.000000000000000000018	0.000000000000000000018
615-619	0.000000000000000000018	0.000000000000000000013	0.000000000000000000013
620-624	0.000000000000000000013	0.000000000000000000009	0.000000000000000000009
625-629	0.000000000000000000009	0.000000000000000000006	0.000000000000000000006
630-634	0.000000000000000000006	0.000000000000000000004	0.000000000000000000004
635-639	0.000000000000000000004	0.000000000000000000003	0.000000000000000000003
640-644	0.000000000000000000003	0.000000000000000000002	0.000000000000000000002
645-649	0.000000000000000000002	0.0000000000000000000015	0.0000000000000000000015
650-654	0.0000000000000000000015	0.000000000000000000001	0.000000000000000000001
655-659	0.000000000000000000001	0.0000000000000000000007	0.0000000000000000000007
660-664	0.0000000000000000000007	0.0000000000000000000005	0.0000000000000000000005
665-669	0.0000000000000000000005	0.00000000000000000000035	0.00000000000000000000035
670-674	0.00000000000000000000035	0.00000000000000000000025	0.00000000000000000000025
675-679	0.00000000000000000000025	0.00000000000000000000018	0.00000000000000000000018
680-684	0.00000000000000000000018	0.00000000000000000000013	0.00000000000000000000013
685-689	0.00000000000000000000013	0.00000000000000000000009	0.00000000000000000000009
690-694	0.00000000000000000000009	0.00000000000000000000006	0.00000000000000000000006
695-699	0.00000000000000000000006	0.00000000000000000000004	0.00000000000000000000004
700-704	0.00000000000000000000004	0.00000000000000000000003	0.00000000000000000000003
705-709	0.00000000000000000000003	0.00000000000000000000002	0.00000000000000000000002
710-714	0.00000000000000000000002	0.000000000000000000000015	0.000000000000000000000015
715-719	0.000000000000000000000015	0.00000000000000000000001	0.00000000000000000000001
720-724	0.00000000000000000000001	0.000000000000000000000007	0.000000000000000000000007
725-729	0.000000000000000000000007	0.000000000000000000000005	0.000000000000000000000005
730-734	0.000000000000000000000005	0.0000000000000000000000035	0.0000000000000000000000035

ISO View

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Food Engineer

ชื่อ: **ทีชิตชัยกุลพิณชัย**

Subject: **Approach the possibility of karri line post skin with machinery.**

Date: **18/3/2011**

Material: **Stainless steel**


Scale: **2:1**

ISO 2768-M (tolerances in mm)			
ISO TOLERANCE	FAE	MSLUM	KSUM
0.5-5	+0.15	+0.1	+0.1
5-30	+0.11	+0.2	+0.2
30-100	+0.15	+0.2	+0.2
100-400	+0.2	+0.3	+0.3
400-1000	+0.3	+0.4	+0.4
1000-2000	+0.5	+0.7	+0.7

Approve by: _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Technical drawing of a pencil sharpener. The drawing includes a front view with dimensions: total length 85, a section with length 10 and diameter $\phi 8$, and a section with length 11.430. A detail view shows a hole with diameter $\phi 2$ and a chamfered edge with a 45-degree angle. An ISO view shows the sharpener from an isometric perspective. A watermark of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang is visible in the background.

		King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Food Engineer	
Name: ทัศนัย นิมิตต์ (ทศนัย)		Date: 18/2/2011	
Subject: Approach the possibility of laser lens post slot with machinery.		Material: Stainless steel Scale: 2:1	
Approve by:			
MANUFACTURING TOLERANCES ON DIMENSIONS			
SIZE RANGE	FRACTION	DECIMAL	MICROMETER
0.5-6	± 0.15	± 0.1	± 0.2
6-30	± 0.1	± 0.1	± 0.3
30-120	± 0.15	± 0.2	± 0.4
120-300	± 0.2	± 0.3	± 0.5
300-1000	± 0.3	± 0.5	± 0.8
1000-3000	± 0.5	± 0.7	± 1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Technical drawing of a stainless steel handle. The drawing includes a side view with dimensions: a total length of 24.5, a section width of 2.5, and a curved section with a radius of 1.500. A detail view shows a circular cross-section with a diameter of 2.5 and a chamfered edge. An ISO view shows the handle from a different perspective. The drawing is overlaid with a large watermark of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

ISO View

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Food Engineer

LINE RANGE	FILE	REVISION	DATE
01-5	01.05	01.1	01.1
01-5	01.1	01.2	01.1
01-5	01.15	01.3	01.1
01-5	01.2	01.3	01.1
01-5	01.3	01.3	01.1
01-5	01.4	01.3	01.1

Name: ฐิติรัตน์
 Project: Approaches the possibility of knife handle
 food size with machinery
 Date: 18/12/2011
 Material: Stainless steel
 Scale: 1:1
 Approve by: -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้