

การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเผือก

DEVELOPMENT OF TARO SHELL PEELER

ศักรินทร์ หนูนุ่ม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเผือก

ศักรินทร์ หนูนุ่ม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเผือก Development of a Taro Peeler
ชื่อ - นามสกุล	นายศักรินทร์ หนูนุ่ม
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณทัต ชูเมฆา, ปร.ค.
ปีการศึกษา	2559

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(รองศาสตราจารย์จตุรงค์ ถังกาพินธุ์, D.Eng.)

ประธานกรรมการ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภกิตต์ สายสุนทร, ปร.ค.)

กรรมการ

.....
(รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.)

กรรมการ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณทัต ชูเมฆา, ปร.ค.)

กรรมการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 17 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเผือก
ชื่อ-นามสกุล	นายศักรินทร์ หนูนุ่ม
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์คลุททัย ชูเมฆา, ปร.ค.
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

เผือก (*Colocacia esculenta* L.) พืชที่มีชื่อเสียงของประเทศไทย ปัจจุบันเผือกได้ถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOPs) อาทิ เผือกฉาบ เผือกแท่ง เป็นต้น สามารถสร้างรายได้ให้กับวิสาหกิจชุมชน ซึ่งปัญหาของเปลือกเผือกคิบ คือ ก่อให้เกิดการระคายเคืองผิวหนังจากกรดออกซาลิกที่เปลือกเผือก งานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาและทดสอบสมรรถนะเครื่องปอกเปลือกเผือก

วิธีการศึกษาประกอบด้วย 1) การออกแบบและสร้างเครื่องจักร โดยที่เครื่องปอกเปลือกเผือกมีส่วนประกอบสำคัญ 5 ส่วน คือ ก. ส่วนของโครงเครื่องจักรขนาด 400x500x500 มิลลิเมตร, ข. ชุดจับผลเผือก ค. ชุดปอกเปลือกซึ่งเป็นใบมีด ง. ชุดต้นกำลัง มอเตอร์ 0.5 แรงม้า 220 โวลต์ และ จ. ชุดถาดรองรับ 2) ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่อง โดยมีปัจจัยควบคุม 3 ปัจจัย ได้แก่ ก. พันธุ์เผือก (หอม) ข. ขนาดของเผือก (เล็ก, กลาง, ใหญ่) และ ค. ความเร็วรอบชุดปอก (8, 12, 16, 20, 24 รอบ/นาที) ปัจจัยที่ประเมินคือ ประสิทธิภาพการปอก เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง และ อัตราการทำงานของเครื่อง 3) การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องปอกเปลือกเผือก

ผลการทดสอบ พบว่า สภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องอยู่ ณ ความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที แสดงค่าประสิทธิภาพการปอกและอัตราการทำงานของเครื่องสูงสุด สำหรับเผือกขนาด เล็ก, กลาง, ใหญ่ เท่ากับ 74.18 ± 5.72 %, 12.07 ± 1.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง, 76.30 ± 5.92 %, 12.08 ± 2.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 77.08 ± 5.53 %, 16.12 ± 2.53 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้เครื่องสามารถทำงานได้มากกว่าแรงงานคน โดยเฉลี่ย 2 เท่า (แรงงานคนสามารถทำงานได้ 8.8 ± 4.33 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) เมื่อให้เข้าเครื่องในราคา 5 บาทต่อกิโลกรัม มีจุดคุ้มทุนที่ 565.19 กิโลกรัมต่อปี และระยะเวลาการคืนทุน 1 ปี

คำสำคัญ : เครื่องปอกเปลือก เผือก การทดสอบ

Thesis Title	Development of a Taro Peeler
Name-Surname	Mr. Sakkarin Noonum
Program	Agricultural Machinery Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Dolhathai Chumeka, Ph.D.
Academic Year	2016

ABSTRACT

Taro (*Colocacia esculenta* L.) is a popular crop in Thailand. At present, taro is processed into several OTOP products including sweetened taro chips and taro fries which can generate revenue for local enterprises. The problem with peeling fresh taro by hand is skin irritation caused by an oxalic acid found in the peels. This research was aimed to develop and test the performance of a taro-peeling machine.

The research consisted of three phases. The first phase involved designing and fabricating the machine which consisted of five parts: a steel structure of 400x500x500 mm., a chuck, peeling blades, a 0.5 HP, 220 V electric motor, and a supporting unit. In the second phase, the machine's performance is tested and evaluated. The three control factors were the taro cultivar (Hom), the taro grades (small, medium, large) and the peeling speeds (8, 12, 16, 20, 24 rpm). The machine was also evaluated for its efficiency, capacity and the percentage of remaining skin. In the third phase, an engineering economy analysis of the machine was conducted.

The testing results indicated that the speed at 8 rpm produced the maximum efficiency and capacity in peeling the small, medium, and large grades at 74.18 ± 5.72 %, 12.07 ± 1.73 kg/h; 76.30 ± 5.92 % , 12.08 ± 2.54 kg/h; and 77.08 ± 5.53 % , 16.12 ± 2.53 kg/h respectively, which was approximately twice higher than that produced by a skilled worker at 8.8 ± 4.33 kg/h. The engineering economy analysis revealed that renting a peeler at the rate of 5 baht/kg would yield a break-even point of 565.19 kg/year and a payback in 1 year

Keywords : peeler, taro, testing

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องการพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเผือกสามารถดำเนินงานสำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชา วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณทัช ชูเมฆา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการให้คำแนะนำ ที่ดีเสมอมา ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ อาจารย์อภิมรย์ ชูเมฆา ที่ช่วยปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเผือกจนสามารถทำงานได้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ ลังกาพิณธุ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร และรองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ ที่ได้ให้ ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับบิดามารดา และทุกคนในครอบครัวของข้าพเจ้า ที่คอยดูแลให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ และเป็นกำลังใจที่คิดตลอดเวลาที่ผ่านมา รวมถึงคณาจารย์ ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน และเพื่อนๆภาควิชาวิศวกรรมเกษตรที่ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ นางสมคิด บุญยรัตน์ ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนแปรรูปเผือกหอม ตำบลหรรเทพ อำเภอบ้านหมอ จังหวัดสระบุรี ในความกรุณาให้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ เครื่องปอกเปลือกเผือก

คุณงามความดีที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ดำเนินโครงการขอมอบให้แก่บิดามารดา อาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชา และผู้ที่มีส่วนร่วมสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ให้ลุล่วง ไปได้ด้วยดี รวมถึง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งขึ้นชื่อว่า “มหาวิทยาลัยมงคลแห่ง พระราชา” สถานที่ที่ได้เล่าเรียนจนสำเร็จการศึกษา

ศักรินทร์ หนูนุ่ม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญรูป.....	(9)
บทที่ 1 บทนำ.....	11
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	11
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	12
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	12
1.4 กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	13
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	14
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.1 เฝือก.....	15
2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของผลผลิตเกษตร.....	23
2.3 คุณสมบัติเนื้อสัมผัสของผลผลิตทางเกษตร.....	24
2.4 กรรมวิธีการปกเปิดผลผลิตเกษตร.....	25
2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบ.....	27
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	33
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	42
3.1 ศึกษากระบวนการแปรรูปเฝือก.....	42
3.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเฝือก.....	42
3.3 ศึกษาสมบัติเชิงกลของเฝือก.....	44
3.4 ออกแบบและสร้างเครื่องปกเปิดเฝือก.....	44
3.5 ทดสอบสมรรถนะและประเมินผลการทำงานของเครื่อง.....	49
3.6 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องปกเปิดเฝือก.....	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7 ประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.....	50
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	52
4.1 ผลการศึกษากระบวนการแปรรูปเฟือก.....	52
4.2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเฟือก.....	54
4.3 ผลการศึกษาสมบัติเชิงกลของเฟือก.....	56
4.4 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกเฟือก.....	57
4.5 ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่อง.....	58
4.6 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องปอกเปลือกเฟือก...	66
4.7 ผลการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.....	69
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	70
5.1 สรุป.....	70
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	71
บรรณานุกรม.....	72
ภาคผนวก	76
ภาคผนวก ก ตารางผลการทดลอง.....	77
ภาคผนวก ข การคำนวณผลการทดลอง.....	129
ภาคผนวก ค การเขียนแบบทางวิศวกรรม.....	134
ภาคผนวก ง ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่.....	151
ประวัติผู้เขียน.....	166

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 รูปร่างวัตถุต่างๆและคำอธิบาย.....	23
ตารางที่ 2.2 เมตริกสหสัมพันธ์.....	30
ตารางที่ 2.3 ผลลัพธ์ที่ได้จากการสกัดองค์ประกอบ.....	31
ตารางที่ 2.4 เมตริกองค์ประกอบก่อนหมุนแกน.....	31
ตารางที่ 2.5 เมตริกองค์ประกอบหลังการหมุนแกน.....	32
ตารางที่ 4.1 ความหนาของเปลือกเปลือกที่ปอกด้วยแรงงานคน.....	53
ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอมขนาดเล็ก.....	54
ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอมขนาดกลาง.....	55
ตารางที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอมขนาดใหญ่.....	55
ตารางที่ 4.5 สมบัติเชิงกลของเปลือกพันธุ์หอมจำนวน 3 ขนาด.....	56
ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพของการปอกเปลือกเปลือกด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบ ต่างๆ.....	58
ตารางที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างของการปอกเปลือกเปลือกด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบ ต่างๆ.....	59
ตารางที่ 4.8 อัตราการทำงานของการปอกเปลือกเปลือกด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบต่างๆ.....	61
ตารางที่ 4.9 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการปอกเปลือกเปลือกด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบต่างๆ....	62
ตารางที่ 4.10 ความหนาของเปลือกเปลือกที่ปอกด้วยเครื่องและแรงงานคน.....	65
ตารางที่ 4.11 อัตราการทำงานของการปอกเปลือกเปลือกด้วยเครื่องกับแรงงานคน.....	66
ตารางที่ 4.12 ค่ามาตรฐานของปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์.....	66
ตารางที่ 4.13 ผลของปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์.....	67
ตารางที่ 4.14 ผลการคำนวณในแต่ละพารามิเตอร์.....	68
ตารางที่ 4.15 ต้นทุนสำหรับสร้างเครื่องปอกเปลือกเปลือก.....	69
ตารางที่ 4.16 จุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุน.....	69

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 หัวเผือก.....	16
รูปที่ 2.2 ต้นเผือก.....	16
รูปที่ 2.3 ใบเผือก.....	17
รูปที่ 2.4 ดอกเผือก.....	17
รูปที่ 2.5 เผือกหอมเชียงใหม่.....	18
รูปที่ 2.6 เผือกพันธุ์พิจิตร (พจ.016).....	19
รูปที่ 2.7 เผือกหอมทอดกรอบ.....	21
รูปที่ 2.8 เผือกฉาบ.....	21
รูปที่ 2.9 บัวลอยเผือกใส่เงาะดำ.....	22
รูปที่ 2.10 กรอบกรอบแป้งเผือกใส่เงาะดำ.....	22
รูปที่ 2.11 เผือกกระเทียม.....	22
รูปที่ 2.12 โมเดลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงสำรวจ.....	29
รูปที่ 2.13 เครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลัง.....	35
รูปที่ 2.14 เครื่องปอกเปลือกหัวมันต้มปะหลัง.....	36
รูปที่ 2.15 เครื่องปอกเปลือกมันฝรั่งชนิดปรับรอบปอก.....	37
รูปที่ 2.16 เครื่องปอกเปลือกหมาก.....	38
รูปที่ 2.17 เครื่องปอกมะละกอ.....	39
รูปที่ 2.18 เครื่องปอกเปลือกมันเทศ.....	40
รูปที่ 2.19 การจัดปอกเปลือกผักทอง.....	41
รูปที่ 3.1 การหาค่าขนาดมิติของผลเผือก.....	42
รูปที่ 3.2 แบบเครื่องปอกเปลือกเผือก.....	45
รูปที่ 3.3 โครงเครื่อง.....	46
รูปที่ 3.4 ชุดจับผลเผือก.....	46
รูปที่ 3.5 ชุดปอก.....	47

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.6 ชุดต้นกำลัง.....	48
รูปที่ 3.7 ชุดถาดรองรับ.....	48
รูปที่ 4.1 กรรมวิธีการปอกเปลือกของแม่บ้าน.....	52
รูปที่ 4.2 ผลเปลือกที่ผ่านการปอกด้วยแรงงานคน.....	53
รูปที่ 4.3 เปลือกพันธุ์หอมทั้ง 3 ขนาด (เล็ก, กลาง และใหญ่).....	54
รูปที่ 4.4 การทดสอบสมบัติเชิงกลของเปลือก.....	57
รูปที่ 4.5 เครื่องปอกเปลือกเปลือก.....	58
รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการปอกของการปอกเปลือกเปลือกด้วยเครื่อง ที่ความเร็วรอบต่างๆ..	60
รูปที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างของการปอกเปลือกเปลือกด้วยเครื่อง ที่ความเร็วรอบ ต่างๆ.....	60
รูปที่ 4.8 อัตราการทำงานของเครื่องที่ความเร็วรอบต่างๆ.....	62
รูปที่ 4.9 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการปอกเปลือกเปลือกเครื่องที่ความเร็วรอบต่างๆ.....	63
รูปที่ 4.10 ผลเปลือกที่ผ่านการปอกด้วยเครื่องที่ระดับความเร็วรอบต่ำ (8 รอบ/นาที).....	63
รูปที่ 4.11 ผลเปลือกที่ผ่านการปอกด้วยเครื่องที่ระดับความเร็วรอบสูง (12, 16, 20 และ 24 รอบ/นาที).....	64
รูปที่ 4.12 ผลเปลือกที่มีเปลือกติดค้าง.....	64
รูปที่ 4.13 เปลือกเปลือกที่ได้จากการปอกด้วยเครื่อง.....	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เฟือกมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Colocasia esculenta* L. เป็นพืชหัวประกอบด้วยหัวใหญ่ 1 หัว และหัวเล็กๆแตกออกรอบๆ สายพันธุ์ที่นิยมได้แก่ สายพันธุ์เฟือกหอม มีจุดเด่นคือ หัวใหญ่ เนื้อเฟือกมีสีขาวลายสีม่วงและมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว

เฟือกจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมบริโภค เนื่องจากมีกลิ่นหอมและรสชาติดี มีส่วนประกอบทางอาหารที่สำคัญ ได้แก่ แป้งและแร่ธาตุต่างๆ จึงเป็นที่ต้องการของตลาดภายในและต่างประเทศ เช่น ออสเตรเลีย ฮองกง ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ และมาเลเซีย โดยประเทศไทยมีปริมาณการปลูกเฟือกอยู่ทั่วไปทุกภาคของประเทศ รวมพื้นที่ปลูกเฟือกทั้งประเทศเฉลี่ยปีละ 25,000-30,000 ไร่ ผลผลิตอยู่ที่ประมาณ 45,000-65,000 ตัน แหล่งปลูกเฟือกที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ อำเภอบ้านหมอ จังหวัดสระบุรี ด้วยจุดเด่นของสภาพพื้นที่ ทำให้เฟือกที่นี่มีคุณภาพดีมาก นอกจากการขายเฟือกสดสำหรับบริโภคแล้ว เกษตรกรยังนำเฟือกมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากเฟือกและแป้งเฟือก ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการผลิตอาหารได้หลายอย่าง เช่น ไอศกรีม ทองม้วน ทองพับ เม็ดขนุน ซาลาเปา ขนมเปี๊ยะ ข้าวหิมะ เฟือกกรอบทรงเครื่อง เป็นต้น [19] เพื่อเพิ่มมูลค่าและสร้างรายได้อีกทางหนึ่ง

ในการนำเฟือกมาประกอบอาหารหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากเฟือกนั้น จะต้องผ่านขั้นตอนการปอกเปลือกเสียก่อน แต่เนื่องจากเปลือกของเฟือกนั้นจะมียางซึ่งเป็นกรดออกซาลิก เมื่อสัมผัสจะทำให้เกิดการระคายเคืองผิว รู้สึกคัน และอาจเกิดการแพ้ได้ จากปัญหาดังกล่าวจึงได้เกิดแนวคิดที่จะทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเฟือกขึ้นมาทดแทนแรงงานคนปอก และหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่อง เพื่อลดการระคายเคืองผิวและอุบัติเหตุ เพิ่มกำลังการผลิต เพราะเครื่องปอกเปลือกเฟือกต้นแบบ [9] ยังพบข้อเสียคือ ต้องใช้แรงงานคนในการหมุนชุดใบมีดด้วยมือเพื่อทำการปอกเปลือกเฟือก

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของเฟือง
- 1.2.2 เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกลของเฟือง
- 1.2.3 เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเฟือง
- 1.2.4 เพื่อทดสอบและประเมินผลสมรรถนะการทำงานของเครื่อง
- 1.2.5 เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่อง
- 1.2.6 เพื่อประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเฟืองพันธุ์หอม ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ซึ่งยังไม่ผ่านกระบวนการปอกเปลือก อาทิ ความกว้าง ความยาว ความหนา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย น้ำหนัก ความหนาของเปลือก และปริมาณความชื้น เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกเฟือง

1.3.2 ศึกษาสมบัติเชิงกลของเฟืองพันธุ์หอม ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ได้แก่ แรงแตกหัก การเปลี่ยนรูป ความแน่นเนื้อ และความแข็งแรงของผลเฟือง

1.3.3 ออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกเฟือง มีส่วนประกอบสำคัญ 5 ส่วน ได้แก่ โครงเครื่อง ชุดจับผลเฟือง ชุดปอกเปลือก ชุดต้นกำลัง และชุดถาดรองรับ

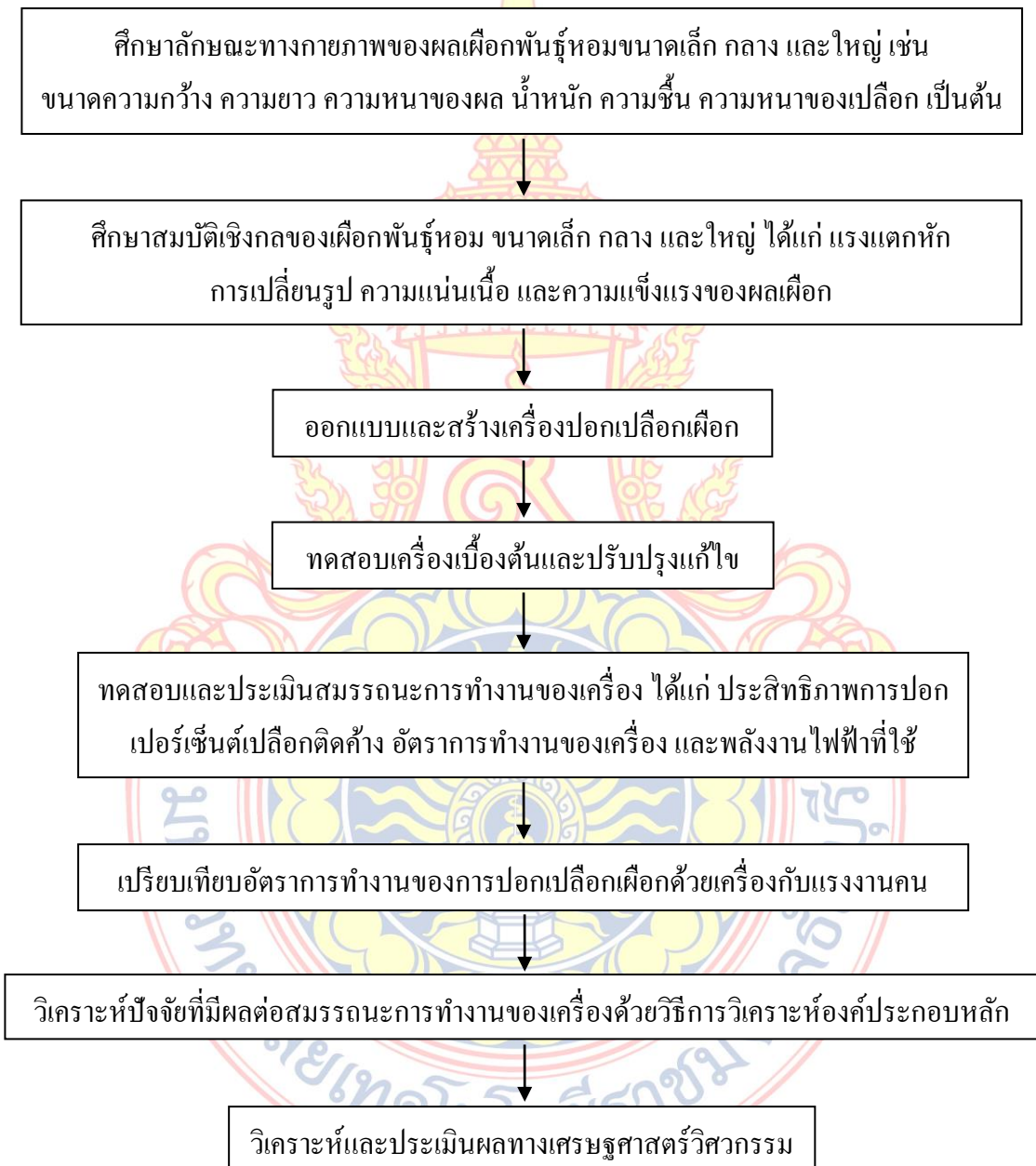
1.3.4 ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่อง โดยกำหนดปัจจัยควบคุม 2 ปัจจัย คือ ขนาดของเฟือง ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ตั้งความเร็วชุดจับผลเฟืองคงที่ที่ความเร็ว 90 รอบ/นาที และความเร็วรอบชุดปอก (ใบมีด) 5 ระดับ คือ 8, 12, 16, 20 และ 24 รอบ/นาที หรือความเร็วใบมีดเท่ากับ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 เมตร/วินาที ตัวแปรที่ถูกประเมินต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุม ได้แก่ ประสิทธิภาพการปอก เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง อัตราการทำงาน of เครื่อง และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้

1.3.5 วิเคราะห์ปัจจัยควบคุมที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องด้วย การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis, PCA)

1.3.6 ประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องปอกเปลือกเฟือง

1.4 กรอบแนวคิดของการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเปลือกส้ม จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลด้านลักษณะทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของผลเปลือกพันธุ์หอม ที่เหมาะสมต่อการนำไปแปรรูปเพื่อบริโภค สำหรับเป็นข้อมูลในการออกแบบและพัฒนาเครื่องให้มีสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องดีที่สุดในแนวความคิดในการออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเปลือกส้ม ตามรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทราบลักษณะทางกายภาพของเฟือกพันธุ์ที่นำมาใช้แปรรูป
- 1.4.2 ทราบสมบัติเชิงกลของเฟือกพันธุ์หอม
- 1.4.3 ได้เครื่องปอกเปลือกเฟือก
- 1.4.4 ทราบสมรรถนะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่อง
- 1.4.5 ทราบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่อง
- 1.4.6 ทราบจุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่อง



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เผือก

เผือกเป็นพืชเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยม เพราะมีกลิ่นหอมและรสชาติดี เป็นพืชหัวที่เป็นพืชอาหารที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง หัวเผือกจะมีส่วนประกอบเป็นพวกแป้งและแร่ธาตุต่าง ส่วนใบประกอบไปด้วยโปรตีนและแร่ธาตุ ซึ่งใบเผือกสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้อีกด้วย ปัจจุบันเผือกกำลังเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ เช่น ออสเตรเลีย ฮองกง ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ และมาเลเซีย เป็นต้น ประเทศไทยมีการปลูกเผือกอยู่ทั่วไปทุกภาคของประเทศ มีพื้นที่ปลูกเผือกทั้งประเทศปีละประมาณ 25,000 – 30,000 ไร่ ผลผลิตประมาณ 45,000 – 65,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 2 – 2.5 ตันต่อไร่ ส่วนจังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ นครสวรรค์ พิษณุโลก นครราชสีมา สุรินทร์ สระบุรี อัญญา สิงห์บุรี ปราชินบุรี นครปฐม ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี สุพรรณบุรี ชุมพร และสุราษฎร์ธานี [21]

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เผือกเป็นพืชที่มีอายุมากกว่า 1 ปีขึ้นไป หัวเผือกเป็นลำต้นที่เกิดอยู่ที่ดิน ประกอบด้วยหัวใหญ่ 1 หัว และมีหัวเล็กๆ แดกออกรอบๆ ขนาดรูปร่างของหัว สีของเนื้อเผือก มีความแตกต่างกันออกไปตามพันธุ์ หัวใหญ่มีน้ำหนักตั้งแต่ 450 กรัม ถึง 3.5 กิโลกรัม หัวเล็กมีน้ำหนักตั้งแต่ 28 กรัม ถึง 450 กรัม เนื้อเผือกมีสีต่างกันตั้งแต่สีขาว เหลือง ส้ม จนถึงแดงหรือม่วง

เผือกมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Colocacia esculenta* L. อยู่ในตระกูลอะระชาเซีย (Aracea) มีเผือกอยู่กว่า 200 พันธุ์ ในเมืองไทยนั้นมีหลายพันธุ์เช่นกัน เผือกเป็นพืชที่มีอายุอยู่ได้หลายฤดู ลำต้นใต้ดินเจริญเติบโตกลายเป็นหัว และมีหัวเล็กๆ ล้อมรอบ หัวมีขนาดและรูปร่างต่างกันออกไป ปกติต้นสูง 0.4-2 เมตร ใบใหญ่เป็นรูปหัวใจ มีขนาดสีต่างๆกัน ใบเกิดจากใต้ดิน ดอกปกติประกอบด้วย 2.5 ช่อดอก อยู่ในก้านใบ ช่อดอกมีก้านเกสรตัวผู้ 2-3 อัน ผลมีสีเขียว เปลือกบาง ไม่ค่อยมีเมล็ด [28]



รูปที่ 2.1 หัวเผือก [19]

2.1.2 ลักษณะทั่วไป

1) ลำต้นหรือหัวเผือก ลำต้นใต้ดินสะสมอาหารเรียกว่าหัวซึ่งเกิดจากการขยายของลำต้นใต้ดินพร้อมกับความยาวของปล้องลดลง เมื่อหัวมีขนาดใหญ่จะมีรากช่วยดึงหัวให้ลึกลงในดินที่ปลายรากเหล่านี้จะงอกโตขึ้นเป็นหัวย่อยที่มีขนาดเล็กหรือเรียกว่า ลูกเผือก ซึ่งจะทำหน้าที่ช่วยดึงลำต้นช่วยดูดน้ำและแร่ธาตุและสามารถใช้เป็นส่วนที่ขยายพันธุ์ได้ต่อไป



รูปที่ 2.2 ต้นเผือก [18]

2) ใบเผือก มีรูปร่างคล้ายหูช้างหรือคล้ายหัวใจขนาดใบกว้างประมาณ 25-30 เซนติเมตร ยาว 35-45 เซนติเมตร ก้านใบยาว 45-150 เซนติเมตร เผือกต้นหนึ่งจะมีก้านใบประมาณ 12-18 ก้าน สีของก้านใบลักษณะใบและขอบใบจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์เช่น ก้านใบจะมีสีเขียว

อ่อนเขียวเข้มม่วงหรือมีจุดสีม่วงขอบใบเรียบ หรือเป็นคลื่นปลายใบอาจแหลม หรือมนตัวใบอาจจะหนาและเป็นมันหรือบางและด้าน เป็นต้น



รูปที่ 2.3 ใบเฟือก [18]

3) ดอกเฟือก จะมีลักษณะเป็นดอกช่อมีดอกย่อยเกาะติดกับก้านดอกเดียวกัน ดอกย่อยจะเริ่มบานจากดอกที่อยู่ล่างสุดขึ้นไปทางปลายช่อ ไม่มีก้านดอกย่อย ดอกจะเกาะติดกับก้านดอกเดี่ยว ซึ่งลักษณะยาวและมีจานหุ้มช่อดอกไว้ช่อดอกมีขนาดยาว 10-15 เซนติเมตร จำนวนช่อดอกประมาณ 5-15 ช่อต่อต้น ช่อดอกมีก้านยาว 15-30 เซนติเมตร ดอกเฟือกมีสีขาวครีมและสีเหลืองอ่อนแตกต่างกันไปตามพันธุ์ บางพันธุ์ออกดอกง่ายแต่บางพันธุ์ออกดอกยาก เฟือกที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่จะไม่ออกดอกผล ผลของเฟือกมีขนาดเล็กเป็นผลเล็กๆเกาะกลุ่มอยู่ในก้านดอกเดียวกัน ผลมีสีเขียวเปลือกบางเนื้อผลอวบน้ำ เมื่อแก่มีสีน้ำตาลดำภายในผลจะมีเมล็ดเล็กๆ อยู่เป็นจำนวนมาก



รูปที่ 2.4 ดอกเฟือก [18]

2.1.3 การจำแนกพันธุ์เหือก

ประเทศไทยมีเหือกมากมายหลายพันธุ์ ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตรได้รวบรวมพันธุ์เหือกจากแหล่งต่างๆทั้งในและต่างประเทศประมาณ 50 พันธุ์ สามารถจำแนกพันธุ์เหือกเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้ดังนี้

1) จำแนกเหือกตามกลิ่นของหัว มี 2 ประเภท คือ

- เหือกหอม เหือกชนิดนี้เวลาต้มหรือประกอบอาหารจะมีกลิ่นหอมได้แก่ เหือกหอมเชียงใหม่ พันธุ์พิจิตร (พจ.016) พจ.08 และพจ.019 เป็นต้น
- เหือกชนิดไม่หอม เหือกชนิดนี้เวลาต้มหรือนำมาประกอบอาหารจะไม่มีกลิ่นหอม อย่างไรก็ตามเหือกชนิดนี้บางพันธุ์ถึงแม้จะไม่มีกลิ่นหอม แต่ก็มีข้อดีตรงที่มีลักษณะเนื้อเหนียวแน่นน่ารับประทานเช่นกัน ได้แก่ เหือกพันธุ์ พจ.06 พจ.025 และพจ.012 เป็นต้น

2) การจำแนกเหือกตามสีของเนื้อ มี 2 ประเภท คือ

- เหือกเนื้อสีขาวหรือสีครีม เหือกชนิดนี้เมื่อผ่าดูเนื้อใน จะพบว่ามีสีขาวหรือสีขาวครีม ได้แก่ เหือกพันธุ์พจ.06 พจ.07 พจ.025 พจ.014 (เหือกบราซิล) พันธุ์ศรีปาลาวิ (อินเดีย) และพันธุ์ศรีรัศมิ (อินเดีย) เป็นต้น
- เหือกเนื้อสีขาวปนม่วง เหือกชนิดนี้เมื่อผ่าหัวดูเนื้อจะพบว่ามีสีขาวลายม่วงปะปนอยู่ ซึ่งจะมีสีม่วงมากหรือน้อยแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ ได้แก่ เหือกหอมเชียงใหม่ พันธุ์พิจิตร (พจ.016) พจ.08 พจ.05 และพจ.020 เป็นต้น



รูปที่ 2.5 เหือกหอมเชียงใหม่ [21]



รูปที่ 2.6 เปลือกพันธ์พิจิตร (พจ.016) [21]

2.1.4 สรรพคุณทางยาของเปลือก

- 1) ช่วยบำรุงธาตุในร่างกาย
- 2) ช่วยบำรุงร่างกายให้แข็งแรง ด้วยการใช้หัวเปลือก 100 กรัม นำมาต้มใส่กับข้าวสวย 100 กรัมแล้วต้มเป็นโจ๊กใช้รับประทาน
- 3) ใช้เป็นยาลดไข้ ด้วยการใช้เปลือก 100 กรัม นำมาต้มกับข้าวสวย 100 กรัม ต้มให้เป็นโจ๊กใช้รับประทานจะช่วยทำให้ไข้ไข้ได้เร็วขึ้น
- 4) เปลือกมีธาตุเหล็กและฟลูออไรด์สูง จึงช่วยป้องกันฟันผุ ช่วยทำให้กระดูกแข็งแรง
- 5) เปลือกเป็นอาหารที่มีสรรพคุณช่วยบำรุงลำไส้ และแก้อาการท้องเสียได้ด้วย
- 6) ช่วยบำรุงไต
- 7) ใช้เป็นยาทาแก้แมลงสัตว์กัดต่อย ด้วยการใช้หัวเปลือกสดนำมาโขลกให้ละเอียดผสมกับน้ำมันงาแล้วคลุกจนเข้ากัน แล้วนำมาใช้ทา
- 8) น้ำยางใช้ถอนพิษจากแมลงสัตว์กัดต่อย
- 9) ใช้รักษาโรคเรื้อนกว้าง ด้วยการใช้ต้นกระเทียม 100 กรัม นำมาโขลกกับเปลือกสดอีก 100 กรัม โดยโขลกให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำมาทาบริเวณที่เป็นเรื้อนกว้าง จะช่วยให้อาการดีขึ้น
- 10) ช่วยแก้อาการอักเสบ ระวังอาการปวด
- 11) หากมีอาการปวดเมื่อย ปวดเมื่อยเส้นเอ็น ปวดกระดูกให้นำหัวเปลือกมาโขลกให้ละเอียด ผสมกับน้ำมันงา คลุกจนเข้ากัน ใช้เป็นยาทาบริเวณที่มีอาการปวดเมื่อย [1]

2.1.5 ประโยชน์ของเห็ดอก

1) ใบ ก้านใบ และยอดของต้นเห็ดอก สามารถนำมารับประทานเป็นผักได้ โดยก้านใบสามารถนำมาใช้ประกอบอาหารได้หลายอย่าง เช่น ทำแกง หรือนำไปทำเป็นผักคอง โดยคุณค่าทางโภชนาการของใบ ต่อ 100 กรัม ประกอบไปด้วย วิตามินเอ 20,885 หน่วยสากล, วิตามินซี 142 มิลลิกรัม และคุณค่าทางโภชนาการของยอด ต่อ 100 กรัม ประกอบไปด้วยวิตามิน 335 หน่วยสากล, วิตามินซี 8 มิลลิกรัม

2) หัวเห็ดอกหัวเห็ดอกเป็นอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง มีโปรตีน แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม วิตามินบี 1 วิตามินซี และอาหารอื่นๆ เกือบครบทุกชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เห็ดอกจึงเป็นอาหารที่ให้พลังงานและบำรุงสุขภาพไปพร้อมกัน มีรสหวานอมมันเล็กน้อย ย่อยได้ง่าย สามารถนำมาใช้ทำเป็นอาหารคาวหวานได้หลายอย่าง เช่น เห็ดอกเชื่อม เห็ดอกทอด เห็ดอกย่าง เห็ดอกเส้น กรอบเค็ม เห็ดอกกวน เห็ดอกบวชชี เห็ดอกฉาบ เห็ดอกอบเนย เห็ดอกหิมะ แกงบวชเห็ดอก ขนมบัวลอยเห็ดอก มะพร้าวอ่อน สังขยาเห็ดอก ข้าวอบเห็ดอก ข้าวเหนียวปั้นไส้เห็ดอก เค้กเห็ดอก หม้อแกงเห็ดอก เม็ดขนุนเห็ดอก ขนมเห็ดอก ขนมกุยช่ายไส้เห็ดอก หรือนำไปใช้กวนเป็นไส้ขนมต่าง ๆ หรือใช้ทำเป็น ซุปเห็ดอกปลากระพง หัวปลาเห็ดอกหม้อไฟ ข้าวต้มเห็ดอก เห็ดอกทรงเครื่อง ฯลฯ

3) นอกจากนี้ยังนำมาใช้ทำเป็นแปรงเห็ดอก เพื่อใช้ทำขนมต่างๆ เช่น ขนมปัง หรือทำอาหารทารก ทำเครื่องดื่ม ฯลฯ หรือใช้เป็นอาหารเพื่อป้องกันโรคแพ้งบางอย่างของเด็กทารก และใช้แทนธัญพืชในการรักษาโรคเกี่ยวกับกระเพาะลำไส้

4) ใบของเห็ดอก นำมาต้มให้หมูกิน [5]

2.1.6 ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเผือก



รูปที่ 2.7 เผือกหอมทอดกรอบ [11]



รูปที่ 2.8 เผือกฉาบ [6]



รูปที่ 2.9 บัวลอยเฟือกไส้งาคำ [26]



รูปที่ 2.10 กรุปกรอบแป้งเฟือกไส้งาคำ [20]



รูปที่ 2.11 เฟือกกระเทียม [10]

2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของผลผลิตเกษตร

คุณสมบัติทางกายภาพของผลผลิตเกษตร ได้แก่ ขนาด รูปร่าง พื้นที่ผิว ปริมาตร ความชื้น และคุณลักษณะทางกายภาพอื่นๆ ซึ่งเป็นตัวแปรทางวิศวกรรมที่สำคัญ สำหรับผลิตภัณฑ์นั้นๆ ในการพัฒนาเครื่องมือและเครื่องจักรกลสำหรับใช้งานทางด้านวิศวกรรมเกษตร [13]

2.2.1 รูปร่างและขนาด

รูปร่างและขนาดเป็นสิ่งที่จำเป็นและแยกจากกันไม่ได้ในการอธิบายวัตถุทางกายภาพ ในการระบุรูปร่าง จะต้องวัดตัวแปรมิติบางตัว Mohsenin [40] ให้คำจำกัดความรูปร่างของผลิตภัณฑ์เกษตร สามารถจะอธิบายได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 รูปร่างวัตถุต่างๆและคำอธิบาย

รูปร่าง	คำบรรยาย
กลม (Round)	เข้าใกล้วัตถุกลม (Spheroid)
แป้น (Oblate)	เรียวที่ขั้วหรือที่ปลาย
อ็อบลอง (Oblong)	เส้นผ่านศูนย์กลางในแนวตั้งยาวกว่าในแนวระดับ
กรวย (Conic)	เล็กเรียวลงไปหาปลาย (Tapered toward apex)
รูปร่างไข่ (Ovate)	รูปร่างเหมือน ไข่และขยายออกที่ขั้ว (Stem end)
เบ้ หรือ เอ้ หรือ เหน (Oblique)	แกนเชื่อมขั้วและปลายเอียงทำมุม (Slanted)
รังไข่กลับหัว (Obovate)	รูปร่างไข่กลับหัว (Inverted ovate)
วงรี (Elliptical)	เข้าใกล้วัตถุทรงรี
เหลี่ยมและมน (Truncate)	ปลายทั้งสองแบนหรือเป็นสี่เหลี่ยม
ไม่เท่ากัน (Unequal)	ครั้งหนึ่งใหญ่กว่าอีกครั้งหนึ่ง
ขรุขระ (Ribbed)	ในภาคตัดขวาง ด้านต่างๆ เป็นมุมไม่มากก็น้อย
สม่ำเสมอ หรือ ปกติ (Regular)	ภาคตัดขวางในแนวระดับใกล้เคียงวงกลม
ไม่สม่ำเสมอ หรือ ผิดปกติ (Irregular)	ภาคตัดขวางในแนวระดับไม่เป็นวงกลม

2.2.2 ความชื้น

ค่าความชื้นในผลผลิตเกษตร คือ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในผลผลิตเกษตร ซึ่งภายในผลผลิตประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ น้ำหนักน้ำที่มีอยู่ในผลผลิต และน้ำหนักแห้งของผลผลิต (มีค่าคงที่ตลอด) ส่วนน้ำหนักน้ำในผลผลิตเกษตร จะเปลี่ยนแปลงไปตามความชื้นในผลผลิต การบอกค่าความชื้นสามารถบอกได้ 2 วิธี คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก และเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานแห้ง [36]

2.3 คุณสมบัติเนื้อสัมผัสของผลิตผลทางเกษตร

2.3.1 ความหมายของเนื้อสัมผัส

เนื้อสัมผัส หมายถึงการตอบสนองของวัสดุต่อการสัมผัส แสดงถึงการต้านแรงของวัสดุ เนื้อสัมผัสเป็นสมบัติเชิงกลที่เกิดการตอบสนองของผลผลิตทางการเกษตรต่อแรงที่กระทำ ตัวอย่างแรงที่กระทำ ได้แก่ แรงกดจากการซ้อนทับกันของฝักและผลไม้ แรงจากการกระแทก แรงที่เกิดจากการสัมผัสด้วยมือ แรงที่เกิดการกระทำของเครื่องจักรต่อผลผลิตเกษตร เป็นต้น ตัวอย่างสมบัติเนื้อสัมผัสของผลิตผลทางการเกษตร ได้แก่ ความแน่นเนื้อ (Firmness) ความแข็ง (Hardness) ความยืดหยุ่น (Elasticity) แรงที่จุดชีวคราก (Bio-yield force) เป็นต้น โดยการทดสอบเนื้อสัมผัสแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การทดสอบเชิงวัตถุวิสัย (Objective test) และการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory test)

2.3.2 การทดสอบเนื้อสัมผัสเชิงวัตถุวิสัย

การทดสอบเนื้อสัมผัสเชิงวัตถุวิสัยเป็นการใช้เครื่องมือวัดเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับเนื้อสัมผัส โดยการให้แรงกระทำต่อตัวอย่างผลผลิตเกษตร โดยผ่านอุปกรณ์ในลักษณะต่างๆกัน ทำให้เกิดแรงหรือความเค้นกระทำต่อตัวอย่าง โดยผ่านอุปกรณ์ในลักษณะต่างๆกัน ทำให้เกิดแรงกระทำ ตัวอย่างลักษณะต่างๆกัน เช่น การกด (Compression) การเจาะ (Penetration หรือ Puncture) การเฉือน (Shear) การดึง (Tension) การผลักดัน (Extrusion) การยึด (Adhesion) เป็นต้น

2.3.3 เครื่องวัดเนื้อสัมผัสและหลักการทำงาน

เครื่องวัดเนื้อสัมผัสประกอบด้วยส่วนสำคัญ ได้แก่ แท่นวางตัวอย่าง ที่ติดตั้งหัววัด หัววัด ตัวตรวจรู้แรง (Force sensor หรือ Load cell) ตัวเปลี่ยนทิศทางการหมุนเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้นโดยใช้ Ball screw ทำให้ที่ติดตั้งหัววัดเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง ชุดขับเคลื่อน คอมพิวเตอร์ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องและบันทึกข้อมูล แรง ระยะเวลา และซอฟต์แวร์สำหรับคำนวณผล

เมื่อวางตัวอย่างในตำแหน่งที่พร้อมจะทำการวัด และกำหนดแบบการเคลื่อนที่ของที่ติดตั้งหัววัด เช่น ความเร็วหัววัด (ที่ติดตั้งหัววัด) ก่อนถึงตัวอย่าง (Pre-test speed) ความเร็วหัววัด

ขณะสัมผัสตัวอย่างหรือความเร็วขณะทดสอบ (Test speed) ความเร็วหัววัดหลังจากการทดสอบ ครบขั้นตอนหรือความเร็วถอนขึ้น (Post-test speed) ขนาดแรงเมื่อต้องการหยุดการเคลื่อนที่ขณะ ทดสอบ หรือระยะทางเมื่อต้องการหยุดการเคลื่อนที่ขณะทดสอบ หรือค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียด (% Strain) เมื่อต้องการหยุดการเคลื่อนที่ขณะทดสอบ เป็นต้น การกำหนดชนิดของหัววัดที่ใช้ การกำหนดความละเอียดของการบันทึกข้อมูล

เมื่อกำหนดค่าต่างๆเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้สามารถตั้งวัดได้ ที่ติดตั้งหัววัดพร้อมหัววัด จะเคลื่อนที่ตามคำสั่ง พร้อมบันทึกค่าแรง ระยะทางที่เคลื่อนที่และเวลา ซึ่งส่วนใหญ่จะพล็อตเป็น กราฟระหว่างแรงที่เปลี่ยนแปลงกับระยะทางที่เคลื่อนที่ หรือเวลาที่ผ่านไป โดยจุดเริ่มต้นอยู่ที่ ตำแหน่งที่หัววัดเริ่มสัมผัสกับตัวอย่างพอดี เป็นตำแหน่งที่เริ่มให้แรง จากข้อมูลชุดนี้สามารถนำไป คำนวณพารามิเตอร์ต่างๆของการทดสอบได้แก่ ค่าแรงสูงสุด อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงต่อหน่วย ระยะทาง (ความชันของกราฟ) ค่าพลังงานที่ใช้ไปในระหว่างให้แรง (พื้นที่ใต้กราฟแสดงแรงและ การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง) เป็นต้น

2.3.4 การทดสอบแบบเจาะ

การทดสอบแบบเจาะ (Puncture test หรือ Penetration test) จะใช้หัววัดเป็นแท่งรูป ทรงกระบอกหน้าตัดเรียบ มน หรือแบบเข็ม กดเจาะตัดเนื้อชิ้นตัวอย่าง โดยเส้นผ่านศูนย์กลาง ของหัววัดมีค่าน้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของขนาดตัวอย่างมากๆ เป็นการวัดการตอบสนองต่อแรงที่ จุดที่เจาะนั้นถึงระดับความลึกต่างๆ ในกรณีที่วัสดุตัวอย่างมีเปลือก เช่น ผักและผลไม้ การทดสอบ แบบนี้จะทำให้ทราบถึงความแข็งแรงหรือเนื้อสัมผัสของเปลือกและของเนื้อที่จุดเจาะ [17]

2.4 กรรมวิธีการลอกเปลือกผลผลิตเกษตร

การลอกเปลือกเป็นกระบวนการในการแปรรูปผักและผลไม้หลายชนิด ทั้งนี้เพื่อกำจัดเปลือก และรากที่บริโภคไม่ได้หรือไม่ต้องการ ผิวของวัตถุดิบที่ผ่านการลอกควรสะอาดและไม่เกิด การเสียหาย วิธีการลอกเปลือกที่สำคัญมี 5 วิธีดังต่อไปนี้

2.4.1 การลอกเปลือกอย่างรวดเร็วโดยใช้ไอน้ำ (Flash steam peeling)

ผลผลิตเกษตร เช่น มันฝรั่ง จะถูกส่งเข้ามายังภาชนะที่มีความดันสูง ซึ่งหมุนอยู่ด้วยความเร็ว 4-6 รอบต่อนาที ภายใต้ไอน้ำความดันสูง ผิวหน้าของอาหารทั้งหมดจะสัมผัสกับไอน้ำ ในขณะที่ภาชนะหมุนอยู่ในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ตามแต่ละชนิดอาหาร อุณหภูมิที่สูงนี้จะทำให้ ชั้นผิวหน้าของอาหารได้รับความร้อนอย่างรวดเร็ว (ภายใน 15-30 วินาที) ผลิตภัณฑ์หรืออาหารที่มี คุณสมบัติการนำไฟฟ้าต่ำจึงป้องกันการส่งผ่านความร้อนต่อไปจนทำให้ผลิตภัณฑ์สุกได้

ทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสและสีไว้ได้ ต่อจากนั้นความดันจะถูกลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดไอน้ำใต้ผิวผลผลิต มีผลให้ผิวหรือเปลือกของผลิตผลนั้นลอกออก

2.4.2 การปอกเปลือกโดยใช้มีด (Knife peeling)

มีดที่ตรึงอยู่กับที่จะกดลงไปบนผิวของผักหรือผลไม้ที่หมนอยู่เพื่อปอกเปลือกออกไป หรือในทางกลับกันมีดจะหมุนรอบอาหารที่ตรึงอยู่กับที่ วิธีนี้เหมาะกับผลไม้ประเภทส้มที่ปอกเปลือกง่ายและเกิดการสูญเสียน้อย

2.4.3 การปอกเปลือกโดยการขัดสี (Abrasion peeling)

ผลผลิตเกษตรถูกส่งผ่านไปยังลูกกลิ้งที่ทำจากคาโบรันดัม (Carborundum) หรือส่งเข้าไปในภาชนะซึ่งบุด้วยคาโบรันดัมซึ่งทำมาจากซิลิกอนและคาร์บอน ผิวที่ขรุขระจะขัดสีกับเปลือกของวัตถุดิบและเปลือกนี้จะหลุดออกไปด้วยการชะล้างด้วยน้ำปริมาณมาก ข้อดีของวิธีนี้คือใช้พลังงานต่ำเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้เป็นอุณหภูมิห้อง การลงทุนต่ำและได้ลักษณะผิวภายนอกของอาหารที่ดี อย่างไรก็ตามอาจจะต้องมีการตกแต่งหลังการปอกเปลือกสำหรับวัตถุดิบที่มีผิวขรุขระ เช่น มันฝรั่ง ข้อจำกัดของวิธีนี้ได้แก่

1) การสูญเสียเนื้อของผลิตภัณฑ์ไปกับเปลือกมากกว่าวิธีปอกเปลือกโดยใช้ไอน้ำ เช่น เกิดการสูญเสีย 25 เปอร์เซ็นต์ โดยการขัดสีเทียบกับ 8-18 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธีปอกเปลือกโดยใช้ไอน้ำในผัก

2) เกิดของเสียที่มีความเข้มข้นต่ำปริมาณมาก ทำให้ยากแก่การกำจัดและต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูง

3) ประสิทธิภาพของการทำงานต่ำ เนื่องจากอาหารทุกชิ้นจะต้องสัมผัสกับผิวของเครื่องขัดสี แต่จะมีข้อยกเว้นสำหรับหอมหัวใหญ่ ซึ่งเปลือกจะหลุดออกได้ง่ายด้วยเครื่องขัดสีแบบลูกกลิ้งนี้ และมีกำลังการผลิตสูง 2,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

2.4.4 การปอกโดยใช้ด่าง (Caustic peeling)

ในการปอกเปลือกด้วยด่างนี้จะใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่ำที่เรียกว่า น้ำด่าง (Lye) อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส โดยการปอกเปลือกด้วยน้ำด่างนั้น อาหารจะถูกส่งผ่านเข้าไปในอ่างซึ่งบรรจุน้ำด่างเข้มข้น 1-2 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ผิวของวัตถุดิบนุ่มและหลุดออกไปด้วยการฟั่นละอองน้ำที่มีความดันสูง การสูญเสียผลิตภัณฑ์ประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าจะเป็นวิธีที่นิยมสำหรับอาหารประเภทหัว แต่อาจจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์บางอย่างเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง ปัจจุบันจึงมีผู้นิยมหันมาใช้วิธีปอกเปลือกอย่างรวดเร็วด้วยไอน้ำเพิ่มขึ้น มีการพัฒนาวิธีการปอกเปลือกด้วยน้ำด่างโดยการใช้น้ำด่างเข้มข้นด้วยการจุ่มลงใน

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ และเปลือกจะถูกกำจัดออกอีกทีด้วยแผ่นยางหรือลูกกลิ้งยาง วิธีนี้จะลดปริมาณการใช้น้ำและการสูญเสียผลิตภัณฑ์ และให้ของเสียที่มีความเข้มข้นสูง ทำให้กำจัดได้ง่าย

2.4.5 การลอกเปลือกโดยใช้เปลวไฟ (Flame peeling)

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมมากกับหอมหัวใหญ่ เครื่องประกอบด้วยสายพานซึ่งจะลำเลียงและหมุนอาหารผ่านเตาซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 1,000 องศาเซลเซียส เปลือกกรอบๆ ด้านนอกและรากของหัวหอมจะไหม้ ผิวไหม้เกรียมนี้จะหลุดออกด้วยการพ่นละอองน้ำที่มีความดันสูง เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเฉลี่ย 9 เปอร์เซ็นต์ [23]

2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบ

Factor analysis หรือการวิเคราะห์ปัจจัย หรือบางครั้งเรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นเทคนิคที่จะจับกลุ่มหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ไว้ในกลุ่มหรือ Factor เดียวกัน ตัวแปรที่อยู่ใน Factor เดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก โดยความสัมพันธ์นั้นอาจจะเป็นในทิศทางบวก (ไปในทางเดียวกัน) หรือทิศทางลบ (ไปในทางตรงกันข้าม) ก็ได้ ส่วนตัวแปรที่อยู่คนละ Factor จะไม่มีความสัมพันธ์กัน หรือมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก [3]

การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว (Multivariate statistical technique) ที่ได้มีการนำไปใช้ในแทบทุกวงการวิชาการ ไม่ว่าจะเป็นในวงการสังคมศาสตร์ เช่น สังคมวิทยา รัฐศาสตร์ ประชากรศาสตร์ มานุษยวิทยาและโบราณคดี จิตวิทยาสังคม หรือในวงการวิทยาศาสตร์ รวมถึงในวงการการศึกษา เป็นต้น

Daniel [34] ได้พูดถึงการวิเคราะห์องค์ประกอบไว้ว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบถูกออกแบบมาเพื่อใช้ตรวจสอบโครงสร้างของชุดตัวแปรและเพื่อใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในรูปของจำนวนที่น้อยที่สุดของตัวแปรแฝงที่สังเกตไม่ได้ ซึ่งตัวแปรแฝงที่สังเกตไม่ได้เหล่านี้จะถูกเรียกว่า องค์ประกอบ

Joreskog and Sorbom [38] ได้อธิบายว่า แนวคิดที่สำคัญภายใต้รูปแบบของการวิเคราะห์องค์ประกอบ คือ มีตัวแปรบางตัวที่ไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรง หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นตัวแปรแฝงหรือองค์ประกอบ ตัวแปรที่ไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรงนั้น สามารถอ้างอิงได้ทางอ้อมจากข้อมูลของตัวแปรที่สังเกตได้ การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นกระบวนการทางสถิติสำหรับเปิดเผย (Uncooering) ตัวแปรแฝงที่มีอยู่ โดยศึกษาผ่านความแปรปรวนระหว่างชุดของตัวแปรที่สังเกตได้

2.5.1 ประโยชน์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

1) เพื่อลดจำนวนตัวแปรโดยการรวมตัวแปรหลาย ๆ ตัวให้อยู่ในปัจจัยเดียวกัน ปัจจัยที่ได้ถือว่าเป็นตัวแปรใหม่ที่สามารถหาค่าข้อมูลของปัจจัยที่สร้างขึ้นได้ เรียกว่า Factor score จึงสามารถนำปัจจัยดังกล่าวไปเป็นตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป เช่น การวิเคราะห์ความถดถอย และสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation analysis), การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA), การทดสอบสมมติฐาน (T-test, Z-test) และการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant analysis)

2) ใช้ในการแก้ปัญหาการที่ตัวแปรอิสระของเทคนิคการวิเคราะห์ความถดถอยมีความสัมพันธ์ (Multicollinearity)

3) ทำให้เห็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา เนื่องจากเทคนิค Factor Analysis จะหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ของตัวแปรทีละคู่ แล้วรวมตัวแปรที่สัมพันธ์กันมากไว้ในปัจจัยเดียวกัน จึงสามารถวิเคราะห์ถึงโครงสร้างที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในปัจจัยเดียวกันได้

4) ทำให้อธิบายความหมายของแต่ละปัจจัยได้ ตามความหมายของตัวแปรต่างๆที่อยู่ในปัจจัยนั้น ทำให้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนได้

2.5.2 จุดมุ่งหมายในการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบมีจุดมุ่งหมาย 2 ประการคือ

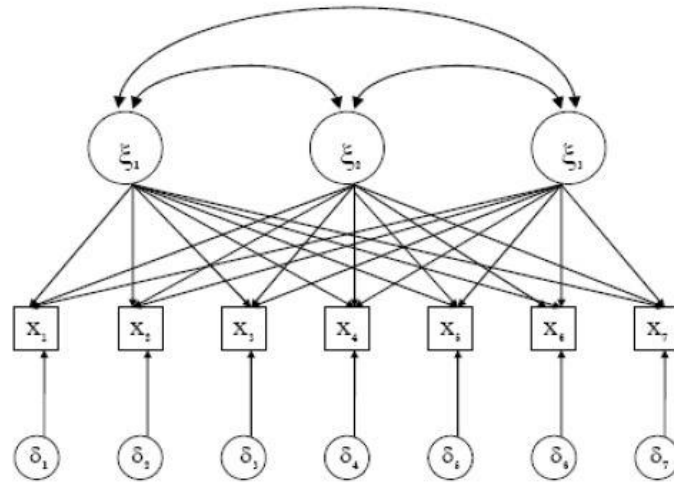
1) เพื่อสำรวจหรือค้นหาตัวแปรแฝงที่ซ่อนอยู่ภายใต้ตัวแปรที่สังเกตหรือวัดได้ เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory factor analysis)

2) เพื่อพิสูจน์ ตรวจสอบหรือยืนยันทฤษฎีที่ผู้อื่นค้นพบ เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis)

2.5.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจจะใช้ในการสำรวจข้อมูล กำหนดจำนวนองค์ประกอบ อธิบายความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรเมื่อผู้วิจัยไม่มีหลักฐานอ้างอิงเพียงพอสำหรับเป็นกรอบของสมมติฐานเกี่ยวกับจำนวนขององค์ประกอบภายใต้ข้อมูลที่สอบวัดได้

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจสามารถใช้ในการตอบคำถามที่เกี่ยวกับความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง เช่น แบบทดสอบที่นำไปสอบเก็บคะแนนมา สามารถวัดอะไรได้



รูปที่ 2.12 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ [22]

รูปที่ 2.12 แสดงให้เห็นรูปแบบการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ ในรูปนี้ตัวแปรในสี่เหลี่ยมคือตัวแปรที่สังเกตได้ และตัวแปรในวงกลมคือตัวแปรแฝงหรือองค์ประกอบ ลูกศรตรงชี้จากตัวแปรแฝงไปยังตัวแปรที่สังเกตได้ แสดงให้เห็นความเป็นสาเหตุของตัวแปรแฝงที่ส่งผลต่อตัวแปรที่สังเกตได้ เส้นโค้งระหว่างตัวแปรแฝง 2 ตัว แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง

วงกลมด้านบนในรูปที่ 2.12 แสดงตัวแปรแฝง ξ_1 , ξ_2 และ ξ_3 (ξ อ่านว่า 'ไซค์-xi') เส้นโค้งระหว่างตัวแปรแฝงแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงแต่ละตัว ตัวแปรแฝงแต่ละตัวเป็นสาเหตุที่ส่งผลไปยังตัวแปรที่สังเกตได้แต่ละตัว ซึ่งอยู่ในกล่องสี่เหลี่ยมมีชื่อว่า $X_1 - X_7$ เป็นลูกศรชี้จาก ξ ถึง X ตัวแปรแฝงหรือองค์ประกอบ ξ เรียกว่า Common factors ในรูปภาพนี้ Common factors จะมีผลโดยตรงต่อตัวแปรที่สังเกตจะได้นานกว่า 1 ตัว วงกลมในด้านล่างของรูปมีชื่อว่า $\delta_1 - \delta_7$ นั้นเรียกว่า unique factors หรือตัวแปรความคลาดเคลื่อน unique factors 1 ตัวจะมีผลกระทบต่อตัวแปรที่สังเกตได้เพียงตัวเดียว ในรูปแบบการวิเคราะห์เชิงสำรวจ จะสมมติ unique factors 1 ตัว จะมีผลกระทบต่อตัวแปรที่สังเกตได้เพียงตัวเดียว ในรูปแบบการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ จะสมมติ unique factors ว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน และไม่มีความสัมพันธ์กับ Common factors ดังจะเห็นได้ว่า ไม่มีเส้นโค้งระหว่าง unique factors ด้วยกันและไม่มีเส้นโค้งระหว่าง unique factors กับ Common factors ดังในรูปที่ 2.12

2.5.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

- 1) Common factors ทุกตัวมีความสัมพันธ์กัน
- 2) ตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมดจะต้องเป็นผลทางตรงจาก Common factors ทุกตัว
- 3) Unique factors แต่ละตัวจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน
- 4) ตัวแปรที่สังเกตได้ทุกตัวจะต้องเป็นผลทางตรงจาก Unique factors
- 5) Common factors ทั้งหมดไม่สัมพันธ์กับ Unique factors

2.5.5 กระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบและแปลความหมาย

ขั้นตอนในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจสามารถแบ่งได้ 5 ขั้นตอน คือ

- 1) เก็บข้อมูลและสร้างเมตริกสหสัมพันธ์ เป็นอันดับแรกในขั้นตอนของการวิเคราะห์องค์ประกอบคือการเก็บรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้มา หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่ต้องการวิเคราะห์ และนำเสนอในรูปแบบของเมตริกสหสัมพันธ์ ดังตัวอย่างตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เมตริกสหสัมพันธ์ [22]

ตัวแปร	V1	V2	V3
V1	1.0	.65	.48
V2	.65	1.0	.42
V3	.48	.42	1.0

- 2) การสกัดองค์ประกอบ เป็นขั้นตอนที่สองในการวิเคราะห์องค์ประกอบคือการค้นหาจำนวนองค์ประกอบที่มีความสามารถเพียงพอ ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้ ซึ่งมีวิธีการให้เลือกใช้ดังนี้

- Maximum likelihood method (หรือ Canonical factoring)
- Least-squares method (หรือ Principal axis factoring)
- Alpha factoring
- Image factoring
- Principal components analysis

ผู้วิจัยจะต้องเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง หรือให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เลือกให้ ถ้าเป็นโปรแกรม SPSS โปรแกรมจะเลือกวิธี Principal components analysis

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบ จะช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับจำนวนขององค์ประกอบเพื่อเก็บไว้สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ต่อไปในอนาคต กฎที่ดีที่สุดสำหรับการกำหนดจำนวนขององค์ประกอบคือ “Eigenvalue > 1” ค่า Eigenvalue เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถขององค์ประกอบว่าจะอธิบายความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างได้มากน้อยเพียงไร โดยปกติถ้าองค์ประกอบนั้นอธิบายความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างได้น้อยกว่า 1 Eigenvalue แล้วก็ไม่มีความหมายที่จะนำองค์ประกอบนั้นมาใช้

ตารางที่ 2.3 ผลลัพธ์ที่ได้จากการสกัดองค์ประกอบ [22]

Factor	Eigenvalue	% of variance	Cumulative % of variance
1	2.51349	41.9	41.9
2	1.73952	29.0	70.9
3	.59749	10.0	80.8
4	.52956	8.8	89.7
5	.41573	6.9	96.6
6	.20422	3.4	100.0

แปลความหมายผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ได้ว่า องค์ประกอบที่มีค่า Eigenvalue > 1 มี 2 องค์ประกอบรวมเปอร์เซ็นต์ของความแปรปรวนของ ทั้ง 2 องค์ประกอบได้ 70.9 % หมายความว่า 2 องค์ประกอบนี้อธิบายความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่างได้ 70.9 %

ตารางที่ 2.4 เมตริกซ์องค์ประกอบก่อนหมุนแกน [22]

variable	Factor 1	Factor 2	Communality
1	-6.27	.514	.66
2	.759	-.068	.58
3	.730	.337	.65
4	.494	.798	.88
5	.425	.832	.87
6	.767	-.168	.62

จากตารางที่ 2.4 ค่าที่อยู่ใต้หัวข้อ Factor คือ ค่า Loading เป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละตัวกับองค์ประกอบ ซึ่งมีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 ส่วนค่า Communality คือ เปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของตัวแปรแต่ละตัวกับองค์ประกอบ

เมื่อนำค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Loading) ในองค์ประกอบที่ 1 ของตัวแปรทั้ง 6 ตัวมา ยกกำลังสองแล้วบวกกัน จะได้ค่าเท่ากับค่า ไอเกน (Eigenvalue) เท่ากับ 2.51 เป็นต้น

3) เลือกวิธีการหมุนแกน เนื่องจากก่อนการหมุนแกนตัวแปรแต่ละตัวมีค่า Loading สูงมาก เนื่องจากตัวแปรบางตัวสามารถเป็นสมาชิกขององค์ประกอบได้มากกว่า 1 องค์ประกอบจึงยากในการแปลความหมายของข้อมูล วิธีเดียวที่จะแปลผลได้คือต้องหมุนแกนเพื่อให้ตัวแปรบางตัวที่เดิมเป็นสมาชิกหลายองค์ประกอบ กลายเป็นสมาชิกขององค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งอย่างเด่นชัด ซึ่งมีอยู่ 2 วิธี คือ

- Orthogonal ใช้ในกรณีที่ตัวแปรแต่ละตัวเป็นอิสระจากกัน การหมุนแกนด้วยวิธีนี้มีวิธีการหมุนแกน 3 แบบ Varimax, Equamax และ Quartimax
- Oblique ใช้ในกรณีที่ตัวแปรแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กัน วิธีการหมุนแกนมี 2 แบบคือ Oblimin และ Direc quartimin

คอมพิวเตอร์ส่วนมากจะเลือกการหมุนแกนด้วยวิธี Orthogonal แบบ Varimax ทั้งที่ความเป็นจริงยังมีเทคนิควิธีการหมุนแกนแบบอื่นๆ ให้เลือกใช้

ตารางที่ 2.5 เมตริกขององค์ประกอบหลังการหมุนแกน [22]

variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3
V1	-.787	.194	.66
V2	.724	.266	.58
V3	-.804	-.011	.65
V4	.102	.033	.88
V5	.025	.934	.87
V6	.764	.179	.62

จากตารางที่ 2.5 องค์ประกอบที่ผ่านการหมุนแกนแล้ว จะมีค่า Loading กระจายระหว่างองค์ประกอบจึงง่ายต่อการแปลผล และเมื่อนำค่าน้ำหนักองค์ประกอบจากทั้ง 2 องค์ประกอบมายกกำลังสองแล้วบวกกันจะได้ค่าเท่ากับค่ารวมกัน (Communality)

4) เลือกค่า loading เป็นการแยกตัวแปรใดควรอยู่ในองค์ประกอบใด โดยพิจารณาจากค่า Loading ของตัวแปรต่างๆ ว่ามีค่ามากที่สุดอยู่ที่องค์ประกอบใด ก็จัดให้อยู่ในองค์ประกอบนั้น แต่มีข้อแม้ว่าค่า Loading ควรจะมีค่าตั้งแต่ .3 ขึ้นไป เช่น จากตารางที่ 2.5 เมื่อพิจารณาจากค่า Loading แล้ว V1, V2, V3 และ V6 ควรจัดอยู่ใน Factor 1 ส่วน V4 และ V5 ควรจัดอยู่ใน Factor 2 เพราะมีค่า Loading มากที่สุดอยู่ในองค์ประกอบดังกล่าว

5) ตั้งชื่อองค์ประกอบที่วิเคราะห์ได้ เมื่อคัดเลือกตัวแปรเข้าองค์ประกอบใด องค์ประกอบหนึ่งแล้ว ต่อมาคือการตั้งชื่อให้แต่ละองค์ประกอบซึ่งมีกฎในการตั้งชื่อดังนี้

- สั้นๆ อาจตั้งชื่อเพียง 1-2 คำ
- มีความหมายสอดคล้องกับโครงสร้างขององค์ประกอบ

ตั้งชื่อตามความคล้ายคลึงกันของตัวแปรที่อยู่ในองค์ประกอบหรือตามโครงสร้างของทฤษฎีที่ผู้วิจัยได้ศึกษามาหรือตั้งชื่อใหม่ที่สอดคล้องกับแนวความคิดของผู้วิจัย แต่ควรจะต้องสื่อความหมายของตัวแปรทุกตัวที่อยู่ในองค์ประกอบนั้นได้

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจจะช่วยนักวิจัยอย่างมากในเรื่องการประเมินธรรมชาติของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและค้นหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของเครื่องมือวัด

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 การปรับปรุงเครื่องหมุนปอกเปลือกขิงคอง

กฤษฎา และคณะ [2] ออกแบบและปรับปรุงเครื่องหมุนปอกเปลือกขิงคอง โดยติดตั้งหัวฉีด Flat spray เพื่อฉีดพ่นบนเปลือกขิงคองขณะเครื่องหมุนทำงาน หลังการปรับปรุงเครื่องพบว่า ปริมาณขิงคองที่ 80 กิโลกรัมต่อครั้งและความเร็วรอบที่ 26 รอบต่อนาที เหมาะสมที่สุดต่อการทำงานของเครื่อง โดยมีความสามารถในการทำงาน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เเปอร์เซ็นต์เนื้อขิง 76.5 เเปอร์เซ็นต์ โดยมีความสามารถในการทำงานเพิ่มขึ้น 150 เเปอร์เซ็นต์หลังจากการปรับปรุงเครื่องสามารถลดค่าไฟในการล้างปอกเปลือกได้ 25,137 บาทต่อปีต่อเครื่อง

2.6.2 การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกกว่านหางจระเข้

ณัฐภัทร และสรศักดิ์ [7] การทดลองประกอบด้วย การศึกษาลักษณะทางกายภาพของ ใบัว่นหางจระเข้ การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ การทดสอบหาสภาวะการทำงาน ที่เหมาะสมของเครื่องที่ความเร็วรอบชุดป้อน 4 ระดับ ได้แก่ 40, 50, 60 และ 70 รอบต่อนาที เครื่องมี ส่วนประกอบ คือ 1) โครงเครื่อง 2) ชุดป้อนประกอบด้วยลูกกลิ้ง 2 ลูก 3) ชุดมีดปอก ทำจาก ไบมีดสแตนเลส 2 ใบ มีระยะห่างกัน 24 มิลลิเมตร 4) ระบบส่งและถ่ายทอดกำลัง 5) ถาดรองรับ สภาวะการทำงานที่เหมาะสมอยู่ ณ ระดับความเร็วรอบ 70 รอบต่อนาที แสดงค่าประสิทธิภาพและ ความสามารถในการทำงานสูงที่สุดคือ $90.1 \pm 12.92\%$ และ 165.74 ± 77.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างต่ำที่สุดมีค่า $9.92 \pm 12.92\%$

2.6.3 เครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อน

ณัฐพงศ์ และบัณฑิต [8] สร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนต้นแบบประกอบด้วย 1. ชุดส่งกำลัง มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า 2. ชุดปอกผลมะพร้าว ประกอบด้วย ชุดไบมีดปอกลำตัวผล, ชุดไบมีดปอกยอดผล, ชุดไบมีดตัดก้น และชุดจับยึดผลมะพร้าว การทดสอบประกอบด้วย 5 การทดสอบย่อย คือ ก) การทดสอบปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนในส่วนของการปอกลำตัวผล ข) การทดสอบปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนในส่วนของการปอกยอดผล ค) การทดสอบปอกเปลือก ผลมะพร้าวอ่อนในส่วนของการปอกทั้งผลและการทดสอบมุมไบมีดปอกลำตัว ง) การทดสอบ ปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนหลังการปรับปรุงและแก้ไขเครื่อง จ) เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนได้ ถูกโรงงานทดลองผลิตและทดสอบโดยผู้วิจัย พบว่า สามารถปอกเปลือกได้ 21 ผลต่อชั่วโมง เกิดเสียง เฉลี่ย 0.19% พื้นที่เปลือกสีเขียวเหลืออยู่ 1.1%

2.6.4 การสร้างและทดสอบเครื่องปอกเปลือกเผือกต้นแบบ

ดลหทัย และคณะ [9] สร้างและทดสอบเครื่องปอกเปลือกเผือกต้นแบบ เครื่องมี ส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน ได้แก่ 1) โครงเครื่อง 2) ชุดหัวจับ 3) ชุดปอกเปลือก 4) ชุดต้นกำลัง 5) ถาดรองรับเปลือก ทำการทดสอบกับเผือกพันธุ์หอม เกรดปานกลางและความเร็วรอบ 50, 70 และ 90 รอบต่อนาที ผลการทดสอบพบว่า ความเร็วรอบที่ 90 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพการปอกสูงสุด 86.07 ± 6.33 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง 13.93 ± 6.33 เปอร์เซ็นต์ สมรรถนะการทำงาน 32.92 ± 6.53 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

2.6.5 การพัฒนาและประเมินผลเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลัง

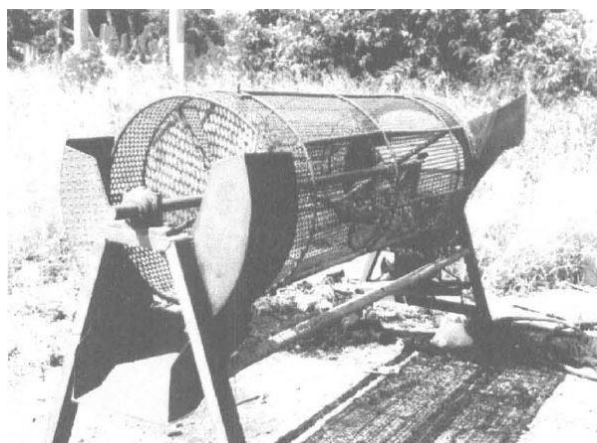
ธวัชชัย และทยาวีร์ [12] สร้างเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลังแบบใบมีดติดลูกกลิ้งซึ่งทำการปอกเปลือกปอกเปลือกขณะที่ท่อนมันหมุนรอบตัวเอง ตัวแปร คือ ความเร็วปลายใบมีดของลูกกลิ้งใบมีด ความเร็วลูกกลิ้งหมุนท่อนมัน และช่วงขนาดท่อนมันสำปะหลัง ซึ่งมีค่าชี้วัดที่สำคัญ คือ อัตราส่วนการได้น้ำมัน อัตราส่วนการปอกเปลือกมัน อัตราการปอกเปลือกท่อนมัน และประสิทธิภาพการปอก ทดสอบโดยใช้ท่อนมันช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 41-70 มิลลิเมตร ความยาวท่อนมัน 120 มิลลิเมตร ความเร็วปลายใบมีด 4.5 เมตรต่อวินาที ความเร็วลูกกลิ้งหมุนท่อนมัน 70 รอบต่อนาที และซี่ลำเลียงมีความเร็วเชิงเส้น 0.22 เมตรต่อวินาที พบว่า จะได้อัตราส่วนการได้น้ำมัน 0.88 อัตราส่วนการปอกเปลือกมัน 0.86 อัตราการปอกเปลือกท่อนมัน 224 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพการปอกเปลือก 75 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2.13 เครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลัง [12]

2.6.6 การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกหัวมันสำปะหลัง

ประดิษฐ์ [14] ออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกหัวมันสำปะหลัง โดยศึกษาจากผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลัง ได้แก่ มันเส้น มันอัดเม็ด และแป้งมันของไทย ซึ่งประสบปัญหาสินค้ามีคุณภาพต่ำ เนื่องจากหัวมันสำปะหลังที่ผลิตโดยเกษตรกรนั้นมีสิ่งเจือปนสูง จากการทดสอบ พบว่าเครื่องปอกเปลือกหัวมันสำปะหลังมีความสามารถในการทำงาน 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพการปอกเปลือก 93 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใช้จ่ายในการทำงานด้วยเครื่องเท่ากับ 0.14 บาทต่อกิโลกรัม และมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 60.62 ชั่วโมงต่อปี



รูปที่ 2.14 เครื่องปอกเปลือกห้วมันสำปะหลัง [14]

2.6.7 การวิจัยและพัฒนาเครื่องล้างและปอกเปลือกมันฝรั่ง

ประพันธ์ และคณะ [15] ออกแบบ สร้าง วิจัย พัฒนาเครื่องล้างและปอกเปลือกมันฝรั่ง สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อการแปรรูปมันฝรั่งแผ่นในขั้นตอนต่อไป ทดสอบโดยใช้มันฝรั่ง 4 พันธุ์ คือ พันธุ์เคนนิเบค พันธุ์แอตแลนติก พันธุ์ควินต้า และพันธุ์สปุนต้า พันธุ์ละ 200 กิโลกรัม พบว่า เครื่องสามารถล้างและปอกเปลือกมันฝรั่งจำนวน 50 กิโลกรัม จนเปลือกออกหมด ใช้เวลา 8 นาที ยกเว้น พันธุ์สปุนต้า ต้องใช้เวลาถึง 10 นาที เพราะมันพันธุ์นี้ เรียวยาว และมีตาลึกเข้าไปในเนื้อผลมากกว่า พันธุ์อื่นๆ

2.6.8 เครื่องปอกเปลือกมันฝรั่งชนิดปรับรอบปอก

ประพันธ์ [16] ออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกมันฝรั่งชนิดปรับรอบปอก เพื่อนำมาใช้ปอกเปลือกมันฝรั่งก่อนนำเข้าแปรรูปในกระบวนการถัดไป โดยใช้มันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก ทดสอบครั้งละ 25 กิโลกรัม พบว่า เครื่องทำงานได้ดีที่ความเร็วรอบของถังปอก 35 รอบต่อนาที เปลือกถูกปอกจนหมดโดยใช้เวลาไม่เกิน 5 นาที ได้เศษเปลือกจากการปอก 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมันฝรั่ง ส่วนน้ำล้างมันฝรั่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ และสมรรถนะในการปอกเปลือกมันฝรั่ง 250-300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



รูปที่ 2.15 เครื่องปอกเปลือกมันฝรั่งชนิดปรับรอบปอก [16]

2.6.9 การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องปอกเปลือกผลไม้โดยใช้การออกแบบการทดลอง

ศุภชัย [25] ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องปอกเปลือกผลไม้โดยในปัจจุบัน พบว่าการปอกเปลือกผลฝรั่งที่ได้จากเครื่องปอก มีเปลือกหลงเหลืออยู่โดยเฉลี่ย 800 ตารางมิลลิเมตร ทำให้ทางโรงงานต้องเพิ่มกระบวนการปอกเปลือกที่เหลือออกโดยใช้คน ผู้วิจัยได้ใช้การทดลองแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับ โดยทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 2 ครั้ง และใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่า ควรจะใช้ผลฝรั่ง ขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 เซนติเมตร) เป็นจำนวน 10 ผลต่อการปอกเปลือกในแต่ละครั้ง โดยใช้ น้ำ 12.6 ลิตร และใช้เวลาในการปอกเปลือกเท่ากับ 120 วินาที จากการตั้งค่านี้อาจทำให้พื้นที่เปลือกที่เหลือจากการปอกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.5 ตารางมิลลิเมตรต่อผล ซึ่ง ทำให้ทางโรงงานสามารถลดต้นทุนในการปอกเปลือกผลฝรั่งซ้ำด้วยคนลงได้

2.6.10 เครื่องปอกเปลือกหมาก

สมศักดิ์ [27] ออกแบบและสร้างเครื่องปอกหมาก เพื่อประหยัดแรงงานในการปอก และมีความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน โดยจัดสิ่งทดลองแบบ Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ระยะห่างชุดปอกเปลือก และระยะห่างระหว่างโซ่ลำเลียง โดยแต่ละปัจจัยแบ่งเป็น 3 ระดับ พบว่าการลดระยะห่างชุดปอกเปลือกและระยะห่างระหว่างโซ่ลำเลียงมีผลให้อัตราการปอกเปลือกและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีแตกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาพบว่า ระยะห่างชุดปอกเปลือก 26 มิลลิเมตร และระยะห่างระหว่างโซ่ลำเลียง 27 มิลลิเมตร เหมาะสมในการทำงานจริง โดยอัตรา

การปอกเปลือกสูงสุดเท่ากับ 59.43 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และค่าใช้จ่ายในการทำงานเท่ากับ 0.86 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อทำงานปีละ 120 วัน จะมีระยะเวลาคืนทุน 0.66 ปี และจุดคุ้มทุนที่ 74.83 ชั่วโมงต่อปี



รูปที่ 2.16 เครื่องปอกเปลือกหมาก [27]

2.6.11 การทดสอบเครื่องกะเทาะผลหมากที่ปรับปรุง

สุทธิพร และคณะ [29] การออกแบบการทดสอบเป็นแบบ factorial in CRD โดยมีปัจจัยควบคุมคือ ความเร็วของลูกนวดล้อย่าง 7 ระดับ (200, 300, 400, 500, 600, 700 และ 800 รอบต่อนาที) ระยะห่างระหว่างตะแกรงลูกนวดล้อย่าง 3 ระดับ (15.0, 17.5 และ 20.0 มิลลิเมตร) ขนาดของผลหมากแห้ง (ความชื้น 8.1%wb) 3 ขนาด (เล็ก, กลาง และใหญ่) ใช้ตัวอย่าง 3 ซ้ำสำหรับแต่ละ Combination ของปัจจัยควบคุม และ 60 ผลต่อซ้ำ พบว่า ปัจจัยควบคุมที่เหมาะสมคือ ความเร็วรอบที่ 600 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างตะแกรงและลูกนวด 15-17.5 มิลลิเมตร และผลหมากแห้งขนาดกลาง ทำให้กะเทาะได้หมากเต็มเมล็ด 61.5 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดแตก 14.5 เปอร์เซ็นต์ และหมากที่ไม่สามารถกะเทาะได้ 24.0 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการกะเทาะผลหมาก 155.42 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

2.6.12 เครื่องปอกมะละกอ

อนุชิต และคณะ [30] พัฒนาเครื่องปอกมะละกอ มีส่วนประกอบสำคัญคือ ชุดใบมีดปอกยาว 15 เซนติเมตร มีสปริงดึงบังคับให้ชุดใบมีดแนบกับผลมะละกอ ชุดใบมีดปอกสามารถเลื่อนโดยการหมุนของเกลิยวสกร ชุดหมุนมะละกอทำหน้าที่ในการยึดและหมุนมะละกอ พบว่าชุดมีดปอก

ที่เหมาะสมใช้แรงดึง 4.0 กิโลกรัม และมุมใบมีด 55 องศา ความเร็วรอบชุดใบมีด 180 รอบ/นาที และ ความเร็วหมุนมะละกอ 140 รอบ/นาที



รูปที่ 2.17 เครื่องปอกมะละกอ [30]

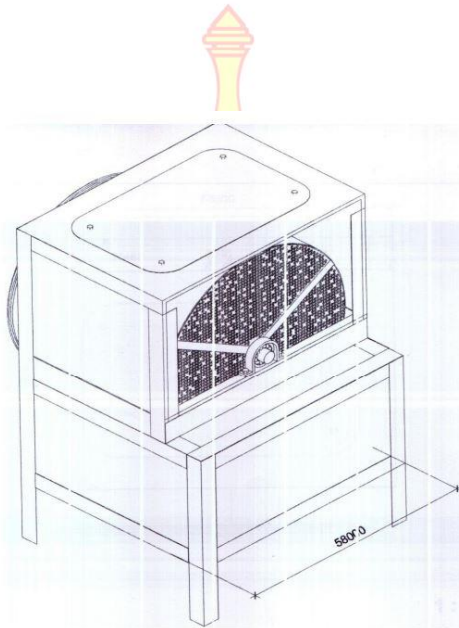
2.6.13 การทดสอบและประเมินผลเครื่องปอกเปลือกและแท่งแกนสับปะรด

อภิรมย์ และคณะ [31] งานวิจัยนี้ ทดสอบและประเมินผลเครื่องปอกเปลือกและแท่งแกนสับปะรด มีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน คือ 1) โครงเครื่อง 2) ชุดตัดจุกและก้านใช้ใบมีดจำนวน 2 ใบ นำมาประกอบยึดด้วยท่อและเพลา 3) ชุดปอกประกอบด้วยใบมีดทรงกระบอก สำหรับปอกเปลือกและแท่งแกนสับปะรด 4) มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า, 220 โวลต์ โดยทดสอบที่ความเร็วรอบ 5, 10 และ 15 รอบต่อนาที โดยใช้สับปะรดพันธุ์ตราสีทอง พบว่า สภาวะการทำงานของเครื่องที่ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที ให้ค่าการทำงานดีที่สุด โดยประสิทธิภาพการปอก $62.24 \pm 3.97\%$ ความสามารถในการทำงาน 329.94 ± 41.42 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเฉลี่ย $31.58 \pm 3.92\%$

2.6.14 การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกมันเทศ

Adetoro [32] ออกแบบ ประดิษฐ์ และทดสอบเครื่องปอกเปลือกมันเทศ เนื่องจากการปอกเปลือกมันเทศในปัจจุบันใช้เวลานาน ออกแบบโดยใช้แปรงในการขัดปอกเปลือก และทดสอบเครื่องที่ความเร็วรอบ 20 และ 50 รอบต่อนาที พบว่าประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง 80 และ 95 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพของเครื่องขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ ขนาด

และรูปร่างของมันเทศ การสูญเสียการปอกของเครื่อง 3.9 เปอร์เซ็นต์ อัตราการปอกเฉลี่ย 0.0108 กิโลกรัมต่อวินาที



รูปที่ 2.18 เครื่องปอกเปลือกมันเทศ [32]

2.6.15 วิธีการตัดปอกเปลือกฟักทอง

Bagher *et al.* [35] ออกแบบวิธีการปอกเปลือกฟักทองโดยการตัด ทดลอง ปอกเปลือกฟักทอง 2 พันธุ์ คือ จาร์สเดล และญี่ปุ่น ประเมินการทดสอบโดยใช้รากฐานของวิธีการ ทากูชิ พบว่า ประสิทธิภาพในการตัดปอกเปลือกฟักทองในพื้นที่เว้าและนูนเป็น 71.85 และ 79.01 เปอร์เซ็นต์ต่อนาทีตามลำดับ การสูญเสียเปลือก 1.02 เปอร์เซ็นต์ต่อนาที โดยความเร็วรอบของฟักทอง 5 รอบต่อนาที ความเร็วรอบหัวปอก 1,000 รอบต่อนาที แรงผลักดัน 1.65 นิวตัน และไปมีรูปแบบ A เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด



รูปที่ 2.19 การตัดปอกเปลือกฟักทอง [35]

2.6.16 เครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลังอัตโนมัติในประเทศไนจีเรีย

Jimoh and Olukunle [37] ออกแบบและทดสอบเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลัง เพื่อแปรรูปมันสำปะหลังในประเทศไนจีเรีย โดยทดสอบปอกเปลือกมันสำปะหลังในขนาดความยาว 100-140 มิลลิเมตร, 140-180 มิลลิเมตร, 180-220 มิลลิเมตร, 220-260 มิลลิเมตร และ 260-300 มิลลิเมตร ทดสอบที่ความเร็ว 100-600 รอบต่อนาที ผลการศึกษาพบว่ากำลังการผลิต 76-442 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการปอก 50-75 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการทำงาน 22-66 เปอร์เซ็นต์ และการเก็บรักษาเปลือก 7.2-33 เปอร์เซ็นต์

2.6.17 การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลัง

Olukunle *et al.* [41] พัฒนาเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลังจากการประเมินจากผู้ใช้งาน มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการแปรรูปหัวมันสำปะหลัง และลดแรงงานคน โดยใช้มันสำปะหลังที่มีความยาวเฉลี่ย 20-25 เซนติเมตร แบ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ระดับ คือ น้อยกว่า 8 เซนติเมตร, 8-10 เซนติเมตร และมากกว่า 10 เซนติเมตรในการทดสอบ ผลการศึกษาพบว่าที่ความเร็วรอบ 250-1000 รอบต่อนาที ส่งผลให้ประสิทธิภาพการปอกเปลือกอยู่ระหว่าง 82-92 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษากระบวนการแปรรูปเผือก

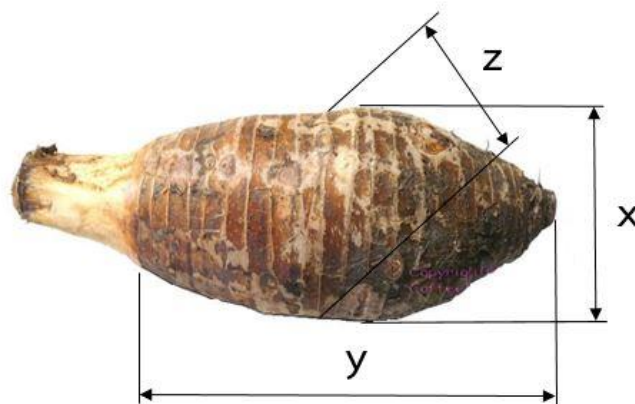
ศึกษากระบวนการแปรรูปเผือก โดยการสำรวจและสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกร ซึ่งประกอบกิจกรรมวิสาหกิจชุมชนแปรรูปเผือกหอม ตำบลหรรเทพ อำเภอบ้านหมอ จังหวัดสระบุรี เช่น พันธุ์ ขนาด และกระบวนการแปรรูป เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกเผือก รวมถึงเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องกับแรงงานคน

3.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเผือก

ในการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเผือกทั้ง 3 ขนาดคือ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเผือกให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น อันได้แก่ ขนาดความกว้าง ความยาว ความหนา ความหนาของเปลือก และปริมาณความชื้น ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 ขนาดของเผือก

เผือกที่นำมาทดสอบคือ เผือกพันธุ์หอม แบ่งเป็น 3 ขนาดคือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยวัดค่าความกว้าง (x) ความยาว (y) และความหนา (z) ของผลเผือกแต่ละขนาด ขนาดละ 50 ผล ด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (Mitutoyo, 0-150 มิลลิเมตร) ดังรูปที่ 3.1 แล้วชั่งน้ำหนัก จากนั้นคำนวณหาค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย [9] ตามสามการที่ 3.1 พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การหาค่าขนาดมิติของผลเผือก

$$\phi_{avg} = \frac{(x + z)}{2} \quad (3.1)$$

เมื่อ ϕ_{avg} = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของผลเฟือก (มิลลิเมตร)
 x = ความกว้างของผลเฟือก (มิลลิเมตร)
 z = ความหนาของผลเฟือก (มิลลิเมตร)

3.2.2 ความหนาของเปลือกของเฟือก

นำผลเฟือกจำนวน 3 ขนาด ขนาดละ 50 ผล มาปอกเปลือก และวัดความหนาของเปลือกเฟือกจำนวน 3 ตำแหน่ง คือ หัว กลาง และท้ายของผลเฟือก และหาค่าเฉลี่ยความหนาของเปลือกสูงสุด เพื่อนำไปใช้กำหนดความลึกของใบมีดในการปอกเปลือกเฟือก

3.2.3 ปริมาณความชื้น

หั่นเฟือกเป็นชิ้นเล็กๆ จำนวน 50 ชิ้นต่อขนาด แล้วบรรจุลงในถ้วยโลหะ ซึ่งผ่านกระบวนการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำเข้าตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิการอบเท่ากับอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นำออกมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งมีน้ำหนักคงที่ แล้วคำนวณหาค่าปริมาณความชื้น ดังสมการที่ 3.2

$$\%MC_{wb} = \frac{W_w}{(w_w + w_d)} \times 100 \quad (3.2)$$

เมื่อ $\% MC_{wb}$ = เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก (%)
 W_d = น้ำหนักแห้ง (กรัม)
 W_w = น้ำหนักน้ำ (กรัม)

3.3 ศึกษาสมบัติเชิงกลของเปลือก

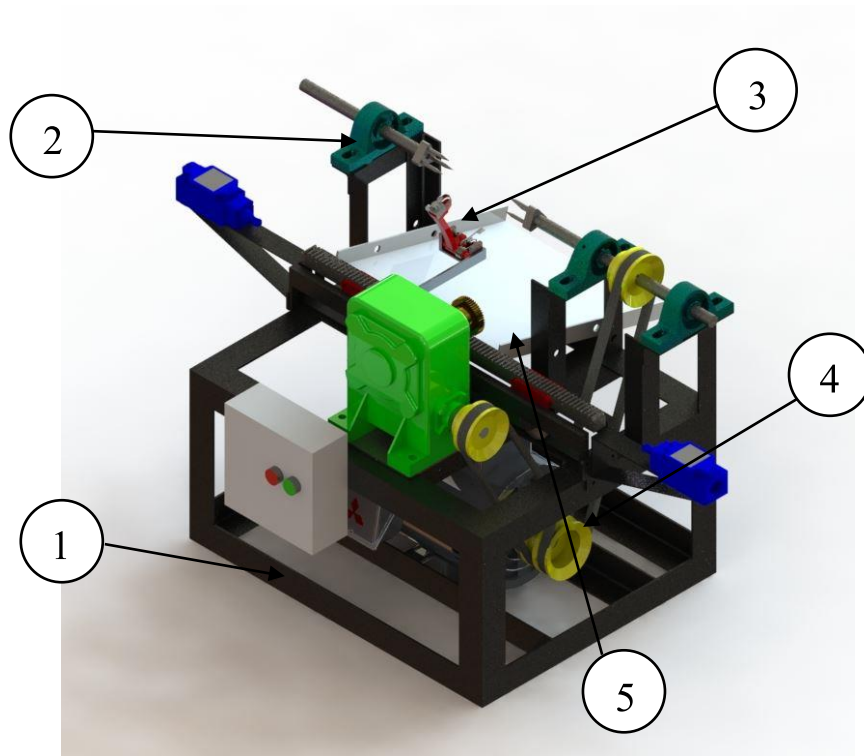
นำชิ้นทดสอบ (ผลเปลือก) ที่ระดับความสูงแก่เชิงการค้ำ จำนวน 3 ขนาด ขนาดละ 20 ผล มาทดสอบหาค่าเนื้อสัมผัส อัน ได้แก่ แรงแตกหัก (Rupture force), การเปลี่ยนรูปที่แรงแตกหัก (Deformation at rupture force), ความแน่นเนื้อ (Firmness) และความแข็งแรง (Ultimate strength) โดยการทดสอบแบบแทงทะลุด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) กับหัวกดทรงกระบอก (Puncture probe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วของการทดสอบที่ 25 มิลลิเมตรต่อ นาที นำค่าแรงแตกหักที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณหาค่าความแข็งแรงโดยแทนลงในสมการที่ 3.3

$$\sigma = F/A \quad (3.3)$$

เมื่อ σ = ความแข็งแรง (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)
 F = แรงที่ทำให้ชิ้นทดสอบปริหรือแตก (นิวตัน)
 A = พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ (ตารางมิลลิเมตร)

3.4 ออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกเปลือก

จากการศึกษากระบวนการแปรรูปเปลือก จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปเปลือกจาก ข้อ 3.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือก ข้อ 3.2 และศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของเปลือก ข้อ 3.3 นำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเปลือก โดยส่วนประกอบหลักของเครื่องมืออยู่ด้วยกันทั้งหมด 5 ส่วน คือ โครงเครื่อง ชุดจับผลเปลือก ชุดปอก ชุดต้นกำลัง และชุดถาดรองรับ ดังรูปที่ 3.2 โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดในการออกแบบดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.2 แบบเครื่องปอกเปลือกเฟือก

3.4.1 โครงเครื่อง

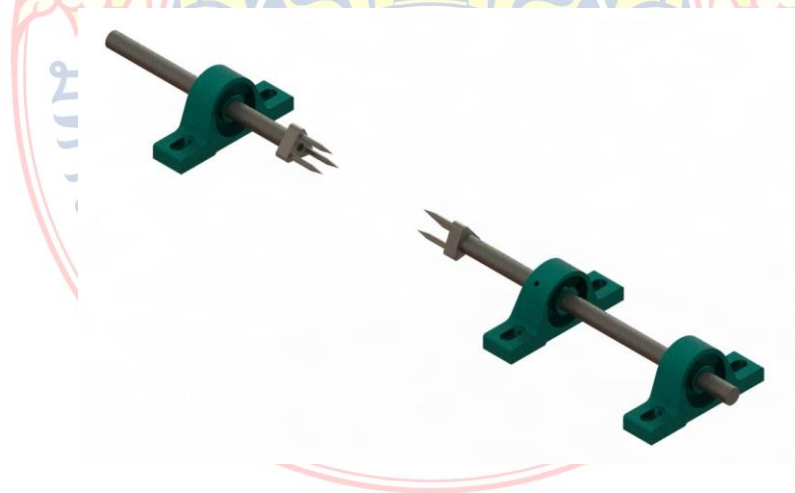
โครงของเครื่องนั้นได้ออกแบบ ให้มีจุดติดตั้งชุดต้นกำลัง ชุดจับผลเฟือก และชุดถาดรองรับ มีขนาดความกว้าง 400 มิลลิเมตร ยาว 500 มิลลิเมตรสูง 400 มิลลิเมตร โดยวัสดุที่ใช้สร้างในส่วนของโครงด้านล่างเป็นเหล็กฉากขนาด 40×40 มิลลิเมตรหนา 3 มิลลิเมตร และในส่วนของโครงด้านบนใช้เหล็กฉากขนาด 30×30 มิลลิเมตรหนา 3 มิลลิเมตร เพราะมีความเหนียวสามารถตัด เจาะ คัด หรือ เชื่อมได้ง่าย และมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โครงเครื่อง

3.4.2 ชุดจับผลเหือก

ในส่วนของกรออกแบบชุดจับผลเหือกนั้น ให้ยึดติดกับโครงเครื่องด้านบนด้วย
ตลับลูกปืนตึกตาขนาดรูเพลา 16 มิลลิเมตร โดยให้เพลาหัวจับด้านขวายึดติดกับที่และรับกำลังจาก
ชุดต้นกำลัง ในส่วนของเพลาหัวจับด้านซ้ายสามารถเลื่อนขยับได้ตามขนาดความยาวของเหือก
ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ชุดจับผลเหือก

3.4.3 ชุดปอก

ในการออกแบบชุดปอกนั้นประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ เหล็กยึดชุดปอก และชุดปอกเปลือกเป็นใบมีดปอกผลไม้คัดเป็นรูปถ้วย โดยในส่วนของเหล็กยึดชุดปอกทำหน้าที่ในการยึดชุดใบมีดให้ติดกับเฟืองสะพาน และชุดปอกจะออกแบบให้ก้านมีดสามารถยืดหดได้ตามขนาดของผลเปลือกด้วยระบบสปริง และปรับความลึกของใบมีดในการปอกเปลือกตามความหนาของเปลือกสูงสุด พร้อมถือใบมีดด้วยมือทางปลา แสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ชุดปอก

3.4.4 ชุดต้นกำลัง

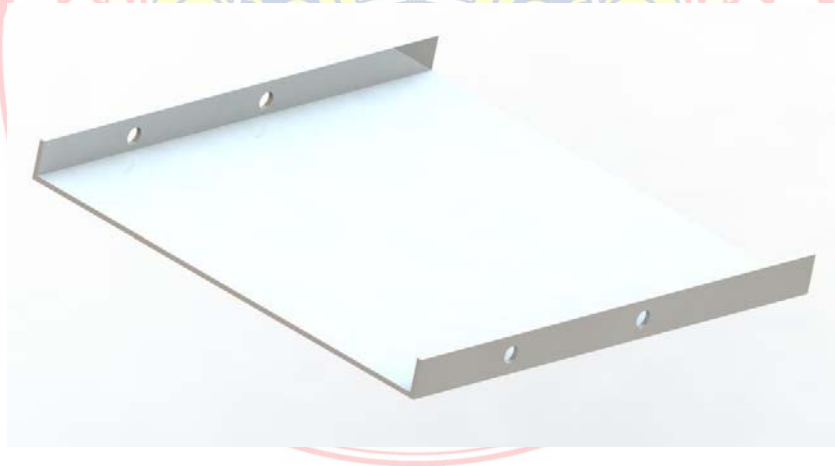
ชุดต้นกำลังประกอบด้วย มอเตอร์ มู่เล่ สายพาน เกียร์ทด เฟืองขับและเฟืองสะพาน โดยใช้มอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า เป็นเครื่องต้นกำลัง ต่อเข้ากับมู่เล่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว จำนวน 2 ร่อง ส่งกำลังโดยใช้สายพานร่อง A มายังมู่เล่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ที่ติดกับเพลาชุดจับผลเปลือก และส่งกำลังมายังมู่เล่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ที่ติดกับเกียร์ทดที่มีขนาดอัตราทดรอบ 1:40 และส่งกำลังไปยังเฟืองขับ ซึ่งทำหน้าที่ขับเฟืองสะพานที่มีชุดปอกติดอยู่ ตามรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ชุดต้นกำลัง

3.4.5 ชุดถาดรองรับ

ในส่วนของชุดถาดรองรับเปลือกนั้น ออกแบบให้มีขนาดความกว้าง 280 มิลลิเมตร ความยาว 300 มิลลิเมตร ความสูง 20 มิลลิเมตร โดยสร้างจากเหล็กแผ่นแสดหนา 1 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ชุดถาดรองรับ

3.5 ทดสอบสมรรถนะและประเมินผลการทำงานของเครื่อง

นำผลเฟือกพันธุ้ห้อม 3 ขนาดคือ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ มาทดสอบที่ความเร็วรอบชุดจับผลเฟือกกงที่ที่ระดับ 90 รอบ/นาทึ เนื่องจกให้ค่าประสิทธิภาพสูงที่สุด [9] และความเร็วรอบชุดปอก (อัตราการป้อนใบมีด) 5 ระดับ ได้แก่ 8, 12, 16, 20 และ 24 รอบ/นาทึ (หรือมีความเร็วใบมีดเท่ากับ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 เมตร/วินาที) โดยทำการทดสอบความเร็วรอบละ 5 ผล จำนวน 5 ซ้ำ จนครบทุกความเร็วรอบ บันทึกค่าเวลาที่ใช้ในการปอก ชั่งน้ำหนักเปลือกเฟือกที่ปอกได้และน้ำหนักเปลือกเฟือกที่ติดค้ำง คำนวณหาค่าประสิทธิภาพการปอก เปอร์เซนต์เปลือกติดค้ำง อัตราการทำงานองเครื่อง และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ดังสมการที่ 3.4, 3.5, 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ

- 1) ประสิทธิภาพการปอก (เปอร์เซนต์)

$$\text{ประสิทธิภาพการปอก} = \frac{\text{น้ำหนักเปลือกเฟือกที่ปอกได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักเปลือกเฟือกทั้งหมด (กรัม)}} \times 100 \quad (3.4)$$

- 2) เปอร์เซนต์เปลือกติดค้ำง (เปอร์เซนต์)

$$\text{เปอร์เซนต์เปลือกติดค้ำง} = \frac{\text{น้ำหนักเปลือกเฟือกที่ติดค้ำง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักเปลือกเฟือกทั้งหมด (กรัม)}} \times 100 \quad (3.5)$$

- 3) อัตราการทำงานองเครื่อง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

$$\text{อัตราการทำงานองเครื่อง} = \frac{\text{น้ำหนักเปลือกเฟือกที่ปอกได้ (กิโลกรัม)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการปอกทั้งหมด (ชั่วโมง)}} \quad (3.6)$$

- 4) พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์.ชั่วโมง)

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้} = IVt \quad (3.7)$$

เมื่อ I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

t = เวลาที่เครื่องทำงาน (ชั่วโมง)

3.6 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องปอกเปลือกเผือก

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) จะใช้ค่าปัจจัยที่ต้องการประเมิน คือ ประสิทธิภาพการปอก เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง อัตราการทำงาน of เครื่อง และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ มาวิเคราะห์ในการสร้างพารามิเตอร์ประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่อง [4] ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุม ได้แก่ ขนาดของเผือก (เล็ก, กลาง และใหญ่) ความเร็วรอบชุดจับผลเผือกที่ 90 รอบ/นาที และความเร็วรอบชุดปอก (8, 12, 16, 20 และ 24 รอบ/นาที คิดเป็นความเร็วใบมีดเท่ากับ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 เมตร/วินาที) ซึ่งจะสร้างพารามิเตอร์วัดสมรรถนะจากปัจจัยที่ใช้ประเมินทั้ง 4 ค่า มาไว้ในพารามิเตอร์ที่สร้างใหม่ให้มากที่สุด และใช้สมการคำนวณหาคะแนนดัชนีชี้วัดสมรรถนะการทำงานของเครื่อง เพื่อใช้เป็นพารามิเตอร์เพียงค่าเดียวในการเปรียบเทียบปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดของเครื่อง [24] จะสามารถบ่งบอกได้ถึงสภาวะการปอกเปลือกเผือกที่ดีที่สุดหรือเครื่องที่สร้างขึ้นมีสมรรถนะในการทำงานสูงที่สุด โดยพิจารณาจากค่าดัชนีที่มีค่ามากที่สุด [39]

3.7 ประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมซึ่งมีสมมติฐานว่า กลุ่มแม่บ้านซื้อเครื่องปอกเปลือกเผือก นำมาใช้ทดแทนแรงงานคนในการปอก เพื่อนำมาคำนวณหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุน ดังสมการที่ 3.8 และ 3.9 [33]

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC}}{(\text{H}-\text{VC per kg})} \quad (3.8)$$

$$\text{PBP} = \frac{\text{AC}}{p} \quad (3.9)$$

เมื่อ	BEP	=	จุดคุ้มทุน (กิโลกรัมต่อปี)
	FC	=	ต้นทุนคงที่ (บาทต่อปี)
	H	=	ค่าเช่าเครื่อง (บาทต่อกิโลกรัม)
	VC per kg	=	ต้นทุนแปรผัน (บาทต่อกิโลกรัม)
	PBP	=	ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)
	p	=	กำไร (บาท)
	AC	=	ค่าใช้จ่ายรวม (บาทต่อปี)



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษากระบวนการแปรรูปเผือก

ศึกษากระบวนการแปรรูปเผือกจากกลุ่มแม่บ้าน ซึ่งประกอบกิจการวิสาหกิจชุมชนแปรรูปเผือก พบว่าเกษตรกรมีปัญหากับการปอกเปลือกเผือก เนื่องจากเผือกมีกรดออกซาลิก หากสัมผัสกับผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคือง ในกรณีผู้แพ้บางรายอาจถึงขั้นเสียชีวิตได้ โดยเผือกที่ทางวิสาหกิจชุมชนนำมาแปรรูปคือ พันธุ์หอม เพราะเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปจะมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว เป็นที่นิยมของผู้บริโภค จำนวน 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ที่อายุการเก็บเกี่ยวเชิงการค้า เก็บรักษาไว้ไม่เกิน 1 อาทิตย์ วิธีการปอกของเกษตรกรอาศัยแรงงานคน ในการปอกเปลือกเผือก (อัตราค่าจ้าง 300 บาท/วัน) โดยจะนำผลเผือกมาทำการตัดด้วยมีดทำครัว ที่บริเวณส่วนปลายของผล ประมาณ 1.5 นิ้ว และส่วนหัวที่มีก้านสีเขียวทิ้ง จากนั้นจึงทำการปอกเปลือกแบบแห้ง (ไม่ล้างน้ำ) ดังรูปที่ 4.1 จนกระทั่งขาวสะอาดหมดทั้งผล (รูปที่ 4.2) ก่อนที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เผือกหอมทอดกรอบสำหรับจำหน่าย สาเหตุมาจากการล้างผลเผือกด้วยน้ำจะก่อให้เกิดกรดออกซาลิก ละลายมากับน้ำ สัมผัสกับผิวหนัง ส่งผลให้มีการระคายเคืองผิวหนังมากขึ้น และแรงงานแม่บ้านเกษตรกรมีความสามารถในการปอกเปลือกเผือกเท่ากับ 8.8 ± 4.33 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งให้ค่าความหนาเปลือกเผือกที่ปอกด้วยแรงงานคนดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กรรมวิธีการปอกเปลือกของแม่บ้าน



รูปที่ 4.2 ผลเปลือกที่ผ่านการปอกด้วยแรงงานคน

ตารางที่ 4.1 ความหนาของเปลือกเปลือกที่ปอกด้วยแรงงานคน

ตำแหน่งของผลเปลือก	ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)
	$\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$
หัว	$5.4 \pm 5.6 (0.37)$
กลาง	$6.7 \pm 5.8 (0.35)$
ปลาย	$4.4 \pm 5.1 (0.40)$
เฉลี่ย	$5.5 \pm 5.6 (0.37)$

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความหนาของเปลือกเปลือกส่วนหัว, กลาง และปลายผล เท่ากับ $5.4 \pm 5.6 (0.37)$ มิลลิเมตร, $6.7 \pm 5.8 (0.35)$ มิลลิเมตร และ $4.4 \pm 5.1 (0.40)$ มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งความหนาของเปลือกเปลือกเฉลี่ยที่ปอกโดยกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร มีค่าเท่ากับ $5.5 \pm 5.6 (0.37)$ มิลลิเมตร

4.2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเผือก

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเผือกพันธุ์หอม ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ (ตามรูปที่ 4.3) ให้ผลดังตารางที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 เผือกพันธุ์หอมทั้ง 3 ขนาด (เล็ก, กลาง และใหญ่)

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของเผือกพันธุ์หอมขนาดเล็ก

ลักษณะทางกายภาพ	เผือกขนาดเล็ก $\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$
ความกว้าง (มิลลิเมตร)	73.5 \pm 3.0 (0.04)
ความยาว (มิลลิเมตร)	105.8 \pm 7.9 (0.07)
ความหนา (มิลลิเมตร)	73.7 \pm 2.9 (0.04)
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	73.6 \pm 2.9 (0.04)
ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)	3.2 \pm 0.5 (0.14)
น้ำหนัก (กรัม)	380.7 \pm 45.3 (0.11)
ความชื้น (%)	65.57 \pm 3.7 (0.20)

ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอมขนาดกลาง

ลักษณะทางกายภาพ	เปลือกขนาดกลาง $\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$
ความกว้าง (มิลลิเมตร)	86.7 \pm 3.1 (0.03)
ความยาว (มิลลิเมตร)	112.6 \pm 10.8 (0.09)
ความหนา (มิลลิเมตร)	86.4 \pm 2.9 (0.03)
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	86.5 \pm 2.9 (0.03)
ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)	3.3 \pm 0.4 (0.10)
น้ำหนัก (กรัม)	535.4 \pm 35.2 (0.06)
ความชื้น (%)	63.23 \pm 3.4 (0.16)

ตารางที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอมขนาดใหญ่

ลักษณะทางกายภาพ	เปลือกขนาดใหญ่ $\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$
ความกว้าง (มิลลิเมตร)	109.3 \pm 4.0 (0.03)
ความยาว (มิลลิเมตร)	139.6 \pm 9.2 (0.06)
ความหนา (มิลลิเมตร)	109.5 \pm 4.1 (0.03)
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	109.4 \pm 4.0 (0.03)
ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)	3.4 \pm 0.6 (0.09)
น้ำหนัก (กรัม)	1,022.3 \pm 73.6 (0.07)
ความชื้น (%)	62.73 \pm 4.6 (0.22)

จากตารางที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 พบว่า ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอม ก่อนนำมาทดสอบ จะนำมาใช้สำหรับออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเปลือก โดยเปลือกขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยและความยาวผลเท่ากับ 73.6 \pm 2.9 มิลลิเมตร, 105.8 \pm 7.9 มิลลิเมตร, 86.5 \pm 2.9 มิลลิเมตร, 112.6 \pm 10.8 มิลลิเมตร และ 109.4 \pm 4.0 มิลลิเมตร, 139.6 \pm 9.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ และยังเห็นได้ว่า เปลือกแต่ละขนาดจะมีค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกันขนาดละ

ประมาณ 10 มิลลิเมตร ในส่วนของน้ำหนักของผลเปลือกขนาดเล็กมีค่า 380.7 ± 45.3 กรัม ขนาดกลาง 535.4 ± 35.2 กรัม และขนาดใหญ่ $1,022.3 \pm 73.6$ กรัม โดยเปลือกทั้ง 3 ขนาดจะมีค่าความหนาของเปลือก และค่าความชื้นของขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ เท่ากับ 3.2 ± 0.5 มิลลิเมตร, 65.57 ± 3.7 %, 3.3 ± 0.4 มิลลิเมตร, 63.23 ± 3.4 % และ 3.4 ± 0.6 มิลลิเมตร, 62.73 ± 4.6 % ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน จนสามารถ ถือได้ว่าเท่ากัน

4.3 ผลการศึกษาสมบัติเชิงกลของเปลือก

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของเปลือกพันธุ์หอมจำนวน 3 ขนาดและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ให้ผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สมบัติเชิงกลของเปลือกพันธุ์หอมจำนวน 3 ขนาด

สมบัติเชิงกล	ขนาดของเปลือก		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
แรงแตกหัก (นิวตัน)	$93.50 \pm 22.08a$	$100.15 \pm 6.21a$	$103.02 \pm 9.71a$
การเปลี่ยนรูปที่แรงแตกหัก (มิลลิเมตร)	$5.22 \pm 0.54b$	$5.29 \pm 0.67b$	$4.63 \pm 0.42a$
ความแน่นเนื้อ (นิวตัน/มิลลิเมตร)	$18.73 \pm 1.47a$	$19.14 \pm 2.05a$	$22.41 \pm 2.89b$
ความแข็งแรง (นิวตัน/ตาราง มิลลิเมตร)	$3.45 \pm 0.34a$	$3.54 \pm 0.22a$	$3.64 \pm 0.34a$

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

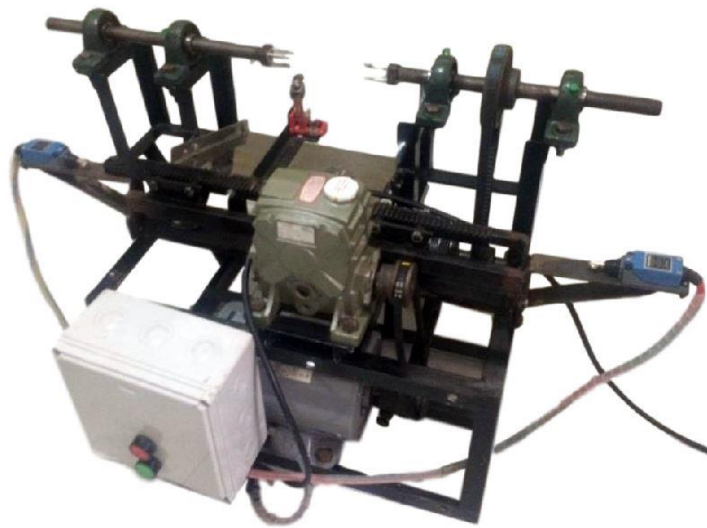
ผลการทดสอบด้วยการแทงทะลุ (ตารางที่ 4.5) พบว่า ที่อายุการเก็บเกี่ยวเชิงการค้าของผลเปลือก ค่าแรงแตกหักและความแข็งแรงมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างขนาดของผลเปลือกทั้ง 3 ขนาด ซึ่งให้เห็นว่าแรงตัดเนื้อเปลือกหรือเนื้อในกระบวนการแปรรูปไม่แตกต่างกัน ขนาดของเปลือกพันธุ์หอม มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนรูปที่แรงแตกหักและความแน่นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% ($p \leq 0.05$) การเปลี่ยนรูปที่แรงแตกหักของผลเปลือกขนาดใหญ่มีค่าน้อยกว่าขนาดกลาง และเล็ก และผลเปลือกขนาดเล็ก มีความแน่นเนื้อน้อยกว่าขนาดกลางและใหญ่



รูปที่ 4.4 การทดสอบสมบัติเชิงกลของเปลือก

4.4 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกเปลือก

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกทั้ง 3 ชนิด ซึ่งได้ว่า เปลือกขนาดใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวเฉลี่ยมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 109.4 ± 4.0 มิลลิเมตร และ 139.6 ± 9.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ จึงได้ออกแบบชุดหัวจับผลเปลือกให้มีระยะห่างหัวจับทั้งสองเท่ากับ 200 มิลลิเมตร เครื่องปอกเปลือกเปลือกอาศัยหลักการทำงานโดยการเคลื่อนที่ของชุดปอก (ใบมีดรูปตัวยู) ซึ่งสามารถปรับก้านยึดใบมีดตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเปลือกด้วยการยืดหดของสปริง และปรับระยะความลึกของคมมีดตามความหนาของเปลือกเปลือก ชุดปอกสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยเฟืองสะพาน และเคลื่อนที่ไปกลับผ่านลิมิตสวิตช์เพื่อปอกเปลือกเปลือก ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 0.5 แรงม้า (จากการนำผลการทดสอบสมบัติเชิงกล ค่าแรงแตกหักของผลเปลือก มาคำนวณหาขนาดมอเตอร์) ทำหน้าที่เป็นต้นกำลัง ส่งกำลังผ่าน เกียร์ทด 1:40 สายพาน มู่เล่ และมีชุดควบคุมสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่อง แสดงไว้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 เครื่องปอกเปลือกเฟือก

4.5 ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่อง

ในการทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องปอกเปลือกเฟือก จะทำการกดสวิทช์ควบคุมให้ชุดปอกทำการปอกเปลือกเฟือกเพียง 1 รอบ และเคลื่อนที่กลับมายังตำแหน่งเริ่มต้นแล้วจึงกดสวิทช์เพื่อหยุดการทำงาน ให้ผลการทดสอบประสิทธิภาพการปอก และเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง แสดงในตารางที่ 4.6 และ 4.7

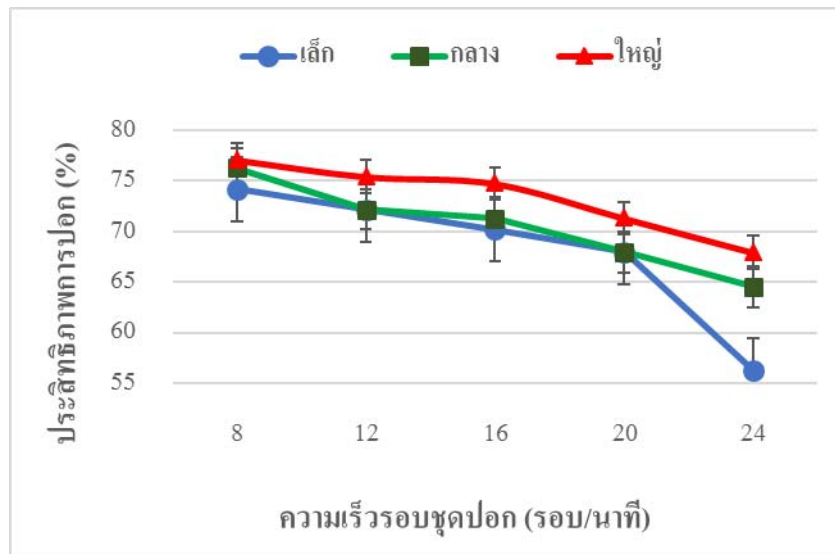
ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพของการปอกเปลือกเฟือกด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบต่างๆ

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	ประสิทธิภาพการปอก (%)		
	$\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$		
	ขนาดเฟือก		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	74.18±5.72 (0.08)	76.30±5.92 (0.07)	77.08±5.53 (0.07)
12	72.16±4.65 (0.06)	72.20±6.05 (0.08)	75.43±6.56 (0.15)
16	70.21±7.52 (0.10)	71.30±5.87 (0.04)	74.75±8.11 (0.11)
20	67.96±9.39 (0.13)	67.95±8.68 (0.12)	71.33±5.37 (0.07)
24	56.28±9.80 (0.17)	64.54±8.88 (0.17)	67.94±8.46 (0.12)

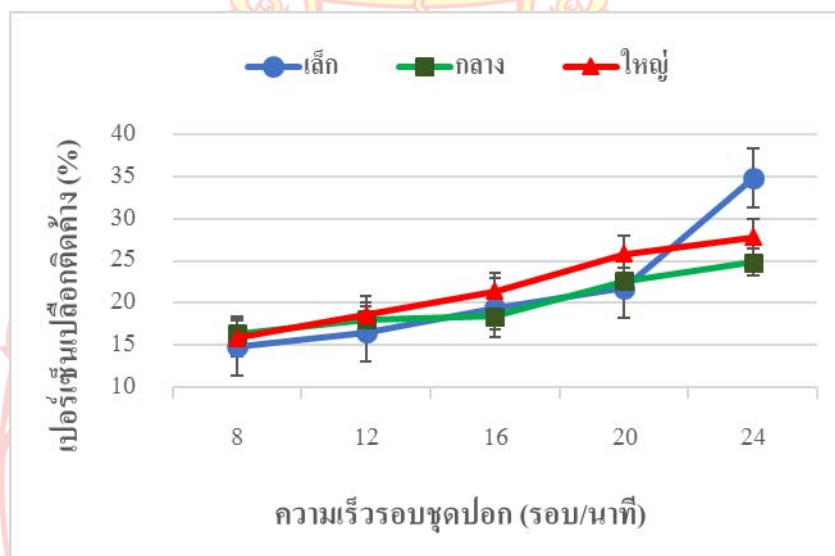
ตารางที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างของการปอกเปลือกเปลือกด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบต่างๆ

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)		
	$\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$		
	ขนาดเปลือก		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	14.84 \pm 3.80 (0.25)	16.38 \pm 2.70 (0.16)	15.82 \pm 2.64 (0.17)
12	16.54 \pm 5.09 (0.30)	18.07 \pm 6.92 (0.31)	18.54 \pm 10.66 (0.57)
16	19.41 \pm 8.95 (0.46)	18.41 \pm 5.41 (0.29)	21.40 \pm 5.45 (0.25)
20	21.79 \pm 7.89 (0.36)	22.63 \pm 7.13 (0.31)	25.81 \pm 5.08 (0.24)
24	34.82 \pm 9.72 (0.27)	24.82 \pm 8.19 (0.38)	27.77 \pm 8.57 (0.31)

ตารางที่ 4.6 และ 4.7 แสดงค่าประสิทธิภาพการปอกและเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างของการปอกเปลือกเปลือกด้วยเครื่อง จำนวน 3 ขนาด ทั้ง 5 ความเร็วรอบชุดปอก พบว่า ณ ความเร็วรอบต่ำที่สุดคือ 8 รอบ/นาที (0.5 เมตร/วินาที) เครื่องสามารถปอกเปลือกเปลือกขนาด เล็ก, กลาง และใหญ่ โดยให้ค่าประสิทธิภาพการปอกเปลือกสูงที่สุดเท่ากับ 74.18 \pm 5.72 % (C.V.0.08), 76.30 \pm 5.92 % (C.V. 0.07) และ 77.08 \pm 5.53 % (C.V. 0.07) ตามลำดับ และค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างน้อยที่สุดเท่ากับ 14.84 \pm 3.80 % (C.V. 0.25), 16.38 \pm 2.70 % (C.V. 0.16) และ 15.82 \pm 2.64 % (C.V.0.17) ตามลำดับ เมื่อระดับความเร็วรอบชุดปอกมีค่าสูงขึ้น ค่าประสิทธิภาพของการปอกเปลือกจะมีค่าลดลง ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างมีค่าสูงขึ้น จนกระทั่งความเร็วรอบชุดปอกที่สูงเกินไป (20 และ 24 รอบ/นาที หรือ 2.0 และ 2.5 เมตร/วินาที) ค่าประสิทธิภาพการปอกจะมีค่าลดลงมาก สาเหตุมาจากความเร็วรอบชุดปอกสูงเกินไป ใบมีดไม่สามารถปอกเปลือกเปลือกได้ทัน มีผลให้เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างสูงมากขึ้นตาม



รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการปกเปลือกฝือกด้วยเครื่อง ที่ความเร็วรอบต่างๆ



รูปที่ 4.7 เปอร์เซนต์เปลือกติดค้ำของการปกเปลือกฝือกด้วยเครื่อง ที่ความเร็วรอบต่างๆ

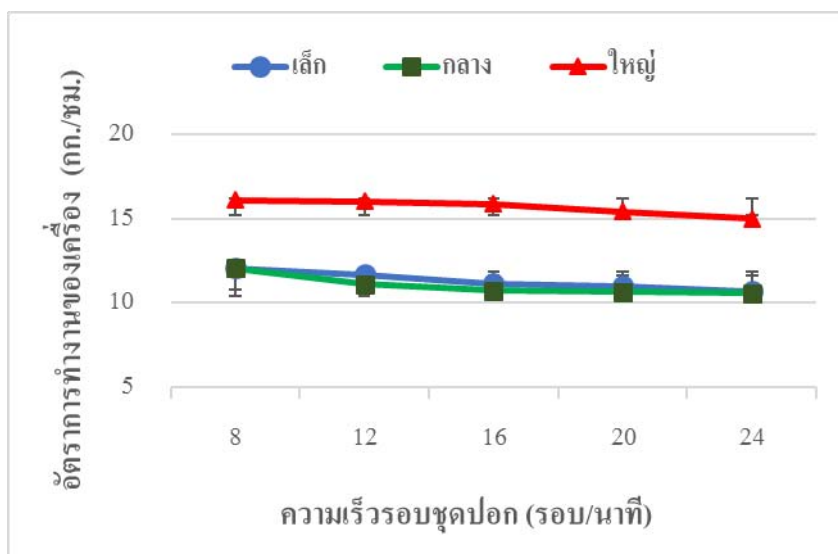
จากรูปที่ 4.6 และ 4.7 พิจารณาค่าเปลือกฝือกที่ปกได้ (ประสิทธิภาพการปก) และเปลือกติดค้ำ (เปอร์เซนต์เปลือกติดค้ำ) ที่ความเร็วรอบชุดปก 5 ระดับ แสดงให้เห็นว่าที่ความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที (0.5 เมตร/วินาที) ค่าประสิทธิภาพการปกเปลือกฝือกสูงที่สุด และเปอร์เซนต์เปลือกติดค้ำต่ำที่สุด และเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ค่าประสิทธิภาพการปกจะมีค่าลดลง และ

ในทางตรงกันข้าม ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบชุดปอก ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับเปลือกทั้ง 3 ขนาด (ตามรูปที่ 4.6 และ 4.7) เนื่องจากที่ระดับความเร็วรอบต่ำ มีผลให้ชุดปอก (ใบมีด) มีความเร็วน้อย เคลื่อนตัวช้า ใบมีดสัมผัสเปลือกเปลือกได้นาน สามารถปอกเปลือกเปลือกได้หมด เปลือกติดค้างเหลือน้อย ขณะที่ความเร็วรอบสูง เปลือกเปลือกมีระยะเวลาสัมผัสกับใบมีดน้อย โอกาสเกิดเปลือกติดค้างจึงมากตาม ทั้งนี้เพราะใบมีดไม่สามารถปอกเปลือกได้ทัน โดยความเร็วของชุดปอกไม่ควรต่ำกว่าระดับ 8 รอบ/นาที (0.5 เมตร/วินาที) ด้วยเหตุผลคือ ความเร็วรอบต่ำเกินไป ทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของใบมีดช้ามาก ผลเปลือกสัมผัสกับใบมีดนาน จนกระทั่งปอกกินเนื้อเปลือก

ตารางที่ 4.8 อัตราการทำงานของการปอกเปลือกเปลือกด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบต่างๆ

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	อัตราการทำงานของเครื่อง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)		
	$\bar{x} \pm S.D. (C.V.)$		
	ขนาดเปลือก		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	12.07 \pm 1.73 (0.14)	12.08 \pm 2.54 (0.13)	16.12 \pm 2.53 (0.19)
12	11.68 \pm 1.39 (0.15)	11.11 \pm 2.20 (0.27)	16.03 \pm 3.82 (0.20)
16	11.15 \pm 2.39 (0.19)	10.75 \pm 2.45 (0.20)	15.89 \pm 4.65 (0.25)
20	10.99 \pm 3.10 (0.18)	10.65 \pm 5.39 (0.32)	15.40 \pm 6.37 (0.22)
24	10.69 \pm 8.41 (0.24)	10.57 \pm 6.02 (0.30)	14.98 \pm 7.44 (0.29)

ผลการทดสอบในตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าอัตราการทำงานของเครื่องที่ได้ในแต่ละความเร็วรอบ เมื่อพิจารณาผลเปลือกหอมที่ขนาดเดียวกัน พบว่า ณ ความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที (0.5 เมตร/วินาที) ให้ผลการปอกเปลือกเปลือกได้อัตราการทำงานมากที่สุด โดยที่เปลือกขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ เครื่องสามารถทำการปอกเปลือกได้ในอัตรา 12.07 \pm 1.73 กิโลกรัม/ชั่วโมง, 12.08 \pm 2.54 กิโลกรัม/ชั่วโมง และ 16.12 \pm 2.53 กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ จากผลดังกล่าวบ่งชี้ว่า ความเร็วรอบสูงเกินไปส่งผลต่อการปอกเปลือกเปลือก โดยได้เปลือกในปริมาณน้อย เพราะความเร็วรอบสูง ใบมีดไม่สามารถปอกเปลือกได้ทัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าที่ความเร็วรอบต่ำ (8 รอบ/นาที หรือ 0.5 เมตร/วินาที) ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) จะมีค่าน้อยตาม เนื่องจากใบมีดสามารถปอกเปลือกได้อย่างต่อเนื่อง มีผลให้ปอกเปลือกเปลือกได้สม่ำเสมอ

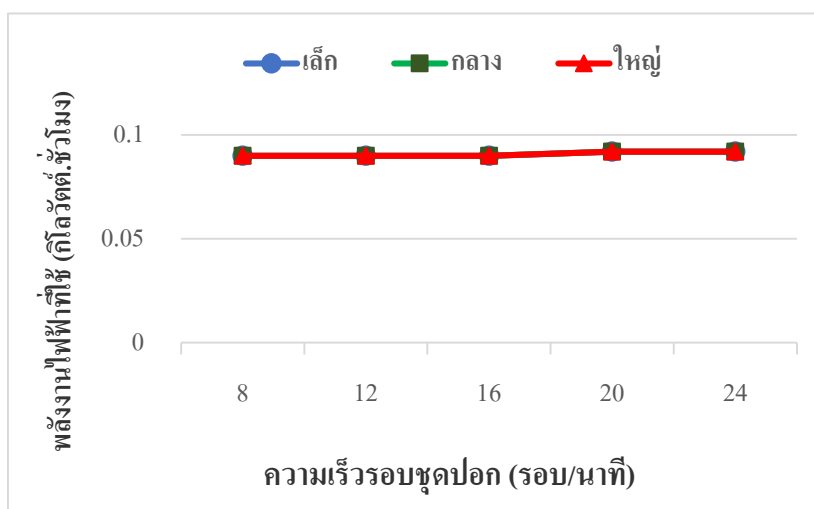


รูปที่ 4.8 อัตราการทำงานของเครื่องที่ความเร็วรอบต่างๆ

จากรูปที่ 4.8 แสดงถึงแนวโน้มของกราฟอัตราการทำงานของเครื่อง จะเห็นได้ว่า ที่ค่าความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที 0.5 เมตร/วินาที) ให้อัตราการทำงานมีค่าสูงที่สุดกับเฟืองทั้ง 3 ขนาด (เล็ก, กลาง และใหญ่) และมีค่าลดลงตามระดับของความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.9 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการปอกเปลือกเฟืองด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบต่างๆ

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์.ชั่วโมง)		
	ขนาดเฟือง		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	0.090	0.090	0.090
12	0.090	0.090	0.090
16	0.090	0.090	0.090
20	0.092	0.092	0.092
24	0.092	0.092	0.092



รูปที่ 4.9 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการปอกเปลือกเครื่องที่ความเร็วรอบต่างๆ

เมื่อพิจารณารายที่ 4.9 และรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการปอกเปลือกเปลือกด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบ 8, 12 และ 16 รอบ/นาที ใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.090 กิโลวัตต์.ชั่วโมง และในส่วนของความเร็วรอบ 20 และ 24 รอบ/นาที ใช้พลังงานไฟฟ้า 0.092 กิโลวัตต์.ชั่วโมง ใช้ไฟฟ้ามักกว่าเพียง 0.002 กิโลวัตต์.ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าเพียงเล็กน้อย จึงสามารถอนุมานได้ว่า ใช้ไฟฟ้าในปริมาณเท่ากัน



รูปที่ 4.10 ผลเปลือกที่ผ่านการปอกด้วยเครื่องที่ระดับความเร็วรอบต่ำ (8 รอบ/นาที)



รูปที่ 4.11 ผลเผือกที่ผ่านการปอกด้วยเครื่องที่ระดับความเร็วรอบสูง (12, 16, 20 และ 24 รอบ/นาที)



รูปที่ 4.12 ผลเผือกที่มีเปลือกติดค้าง



รูปที่ 4.13 เปลือกเผือกที่ได้จากการปอกด้วยเครื่อง

ตารางที่ 4.10 ความหนาของเปลือกเปลือกที่ปอกด้วยเครื่องและแรงงานคน

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)		
	$\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$		
	ขนาดเปลือก		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	3.5±0.7 (0.04)	3.5±0.5 (0.05)	3.6±0.9 (0.04)
12	3.1±1.2 (0.04)	3.2±0.8 (0.07)	3.1±0.7 (0.05)
16	3.1±1.4 (0.05)	3.0±1.6 (0.05)	3.2±1.1 (0.06)
20	3.0±1.2 (0.07)	2.9±1.0 (0.06)	2.9±0.8 (0.05)
24	2.9±2.2 (0.09)	2.9±1.4 (0.07)	2.8±1.2 (0.06)
แรงงานคน	5.5±5.6 (0.37)		

พิจารณาความหนาเปลือกของความเร็วชดปอก 5 ระดับ ได้แก่ 8, 12, 16, 20, 24 รอบ/นาที (ตารางที่ 4.10) เห็นได้ว่า ความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที เครื่องสามารถปอกเปลือกเปลือกได้ขนาดความหนาใกล้เคียงกับค่าความหนาของเปลือกเปลือกที่วัดได้ ซึ่งมีค่าความหนาของเปลือกตั้งแต่ 3.2±0.5 ถึง 3.4±0.6 มิลลิเมตร แต่ที่ความเร็วรอบ 12, 16, 20 และ 24 รอบ/นาที ความหนาเปลือกที่ปอกได้มีค่าน้อยกว่าความหนาเปลือกเปลือกจริง เหตุผลเพราะความเร็วรอบที่สูงขึ้น ใบมีดเคลื่อนที่เร็ว มีเวลาสัมผัสเปลือกเปลือกได้น้อย ทำให้ความลึกของการปอกเปลือกเปลือกมีค่าน้อยกว่า ความหนาของเปลือกเปลือกเมื่อเปรียบเทียบความหนาของเปลือกเปลือกที่ผ่านการปอกด้วยแรงงานคน มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) สูงกว่าความหนาของเปลือกซึ่งปอกด้วยเครื่องในทุกๆความเร็วรอบ สาเหตุมาจากการปอกเปลือกเปลือกด้วยแรงงานคนอาศัยการปอกโดยการประมาณความหนาของเปลือก และถ้ายังมีผิวเปลือกชั้นในซึ่งมีสีอมม่วงอ่อนๆปรากฏอยู่ ก็ยังต้องปอกซ้ำอีกจนกระทั่งเห็นสีขาวของเปลือก ถือว่านำไปใช้แปรรูปได้ จึงส่งผลต่อความหนาของเปลือก

ตารางที่ 4.11 อัตราการทำงานของการปอกเปลือกฝักด้วยเครื่องกับแรงงานคน

อัตราการทำงานของเครื่อง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ความสามารถในการปอกของแรงงานคน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16.12±2.53	8.8±4.33

ความสามารถในการปอกเปลือกฝักของแรงงานคนมีค่า 8.8±4.33 กิโลกรัม/ชั่วโมง และอัตราการทำงานของเครื่องปอกเปลือกฝักเท่ากับ 16.12±2.53 กิโลกรัม/ชั่วโมง ซึ่งเครื่องสามารถทำงานได้มากกว่าแรงงานคนประมาณ 2 เท่า ดังตารางที่ 4.11

4.6 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องปอกเปลือกฝัก

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปแปลงค่าปัจจัยที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะจำนวน 4 ค่า ได้แก่ ประสิทธิภาพการปอก เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง อัตราการทำงาน of เครื่อง และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ให้เป็นค่ามาตรฐาน แสดงไว้ดังตารางที่ 4.12 แล้วจึงนำค่าดังกล่าวมาวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ให้ผลตามตารางที่ 4.13 และตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.12 ค่ามาตรฐานของปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์

พารามิเตอร์	ประสิทธิภาพการปอก FAC_1	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง FAC_2	อัตราการทำงาน ของเครื่อง FAC_3	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ FAC_4
S-8	0.98879	-0.85426	-0.69922	0.24234
S-12	0.61918	-0.85557	0.13118	0.34329
S-16	0.18084	-0.84344	1.08178	0.43435
S-20	-0.80591	-0.33275	-1.49749	0.32494
S-24	-0.12033	-0.29038	1.93000	0.43430
M-8	0.93797	-0.58642	-0.63313	-0.93434
M-12	0.41502	-0.91286	0.41968	-0.72493
M-16	0.31073	-1.0498	0.60805	-0.73498
M-20	-0.88135	-0.41156	-1.42241	-0.63478
M-24	-0.2305	0.43111	-0.50332	0.13829

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) ค่ามาตรฐานของปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์

พารามิเตอร์	ประสิทธิภาพการปอก FAC_1	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้ำ FAC_2	อัตราการทำงานของเครื่อง FAC_3	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ FAC_4
L-8	1.32791	0.93362	-0.31485	1.82349
L-12	0.93017	1.13465	0.66882	0.43487
L-16	0.65691	1.28236	1.30680	0.34345
L-20	-0.50248	1.70249	-0.92525	0.39290
L-24	-0.83694	0.51502	-0.15067	0.29423

ตารางที่ 4.13 ผลของปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์

พารามิเตอร์สมรรถนะ	PC 1	PC 2	Total variance (%)
ประสิทธิภาพการปอก	0.948	0.177	
เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้ำ	0.905	-0.354	
อัตราการทำงานของเครื่อง	0.415	0.903	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	0.864	-0.135	
Variance (%)	67.250	25.532	92.782

ตารางที่ 4.13 แสดงผลพารามิเตอร์ที่ใช้ประเมินสมรรถนะ ซึ่งสร้างขึ้นใหม่จาก 2 พารามิเตอร์คือ PC 1 และ PC 2 โดยทั้ง 2 พารามิเตอร์สามารถดึงข้อมูลจากค่าปัจจัยที่ใช้ประเมินสมรรถนะทั้ง 4 ค่า มาไว้กับพารามิเตอร์ PC 1 เท่ากับ 67.250 % และ PC 2 เท่ากับ 25.532 %

ตารางที่ 4.14 ผลการคำนวณในแต่ละพารามิเตอร์

พารามิเตอร์	PC 1	PC 2	PIS
S-8	0.98879	-0.85426	3.245224
S-12	0.61918	-0.85557	1.723907
S-16	0.18084	-0.84344	0.722039
S-20	-0.80591	-0.33275	1.825378
S-24	-0.12033	-0.29038	0.112393
M-8	0.93797	-0.58542	2.720932
M-12	0.41502	-0.91286	1.343224
M-16	0.31073	-1.0498	1.393629
M-20	-0.88135	-0.41156	2.143243
M-24	-0.2305	0.43111	0.349022
L-8	1.32791	0.93362	6.352552
L-12	0.93017	1.13465	3.609808
L-16	0.65691	1.28236	2.832429
L-20	-0.50248	1.70249	3.672232
L-24	-0.83694	0.51502	2.132342

ตารางที่ 4.14 ได้มาจากการนำค่า PC 1 และ PC 2 มาคำนวณคะแนนดัชนีชี้วัดสมรรถนะการทำงานของเครื่อง (Performance Indicator Score, PIS) ผลปรากฏว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องปอกเปลือกเผือก คือ เผือกพันธุ์หอม ขนาดใหญ่ ความเร็วรอบชุดปอก 8 รอบ/นาที (0.5 เมตร/วินาที) ให้ค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะการทำงานของเครื่องมากที่สุด 6.352552

4.7 ผลการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ต้นทุนในการสร้างเครื่องปอกเปลือกเผือก แสดงดังตารางที่ 4.15 และผลการวิเคราะห์ จุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุนตามหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ได้ผลตามตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.15 ต้นทุนในการสร้างเครื่องปอกเปลือกเผือก

ส่วนประกอบเครื่อง	ราคา (บาท)
1. โครงเครื่อง, ชุดปอก, ชุดจับผลเผือก และชุดถาดรองรับ	9,000
2. มอเตอร์ 0.5 แรงม้า 1 เฟส	3,500
3. สายพาน, มู่เล่ และเพลลา	3,500
4. ลิมิตสวิตช์และชุดควบคุม	4,000
5. เกียร์ทดรอบ 1:40	6,500
6. แรงงานสร้างและประกอบเครื่อง	8,500
รวม	35,000

ตารางที่ 4.16 จุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุน

จุดคุ้มทุน (กิโลกรัม/ปี)	ระยะเวลาการคืนทุน (ปี)
565.19	0.97

ตารางที่ 4.15 และ 4.16 กล่าวโดยสังเขปได้ว่า เครื่องปอกเปลือกเผือกมีต้นทุนในการสร้างเครื่องเท่ากับ 35,000 บาท และถ้าให้เช่าเครื่องในอัตรา 5 บาท/กิโลกรัม จะมีจุดคุ้มทุน และระยะเวลาในการคืนทุนที่ 565.19 กิโลกรัม/ปี และ 1 ปี ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

5.1.1 เปลือกพันธุ์หอมขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยและความยาวผลเท่ากับ 73.6 ± 2.9 มิลลิเมตร, 105.8 ± 7.9 มิลลิเมตร, 86.5 ± 2.9 มิลลิเมตร, 112.6 ± 10.8 มิลลิเมตร และ 109.4 ± 4.0 มิลลิเมตร, 139.6 ± 9.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีน้ำหนักเฉลี่ยขนาดเล็ก 380.7 ± 45.3 กรัม ขนาดกลาง 535.4 ± 35.2 กรัม และขนาดใหญ่ $1,022.3 \pm 73.6$ กรัม ค่าความหนาเปลือกเฉลี่ยและความชื้นของขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ เท่ากับ 3.2 ± 0.5 มิลลิเมตร, 65.67 ± 3.7 %, 3.3 ± 0.4 มิลลิเมตร, 63.23 ± 3.4 % และ 3.4 ± 0.6 มิลลิเมตร, 62.73 ± 4.6 % ตามลำดับ

5.1.2 สมบัติเชิงกลของเปลือกพันธุ์หอมขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ ซึ่งแสดงในรูปค่าแรงแตกหัก การเปลี่ยนรูป ความแน่นเนื้อ และความแข็งแรงของเปลือกมีค่าเท่ากับ 93.50 ± 22.08 นิวตัน, 5.22 ± 0.54 มิลลิเมตร, 18.73 ± 1.47 นิวตัน/มิลลิเมตร, 3.45 ± 0.35 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร, 100.16 ± 6.21 นิวตัน, 5.29 ± 0.67 มิลลิเมตร, 19.15 ± 2.05 นิวตัน/มิลลิเมตร, 3.54 ± 0.22 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และ 103.02 ± 9.71 นิวตัน, 4.63 ± 0.42 มิลลิเมตร, 22.42 ± 2.89 นิวตัน/มิลลิเมตร, 3.64 ± 0.34 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

5.1.3 เครื่องปอกเปลือกเปลือกที่พัฒนาขึ้น มีการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ ต่อยอดจากเครื่องเดิม ซึ่งอาศัยแรงงานคนหมุนชุดมีด โดยพัฒนาชุดปอกให้เคลื่อนที่ไปและกลับด้วยลิวิตซ์ จนกระทั่งสามารถปอกเปลือกเปลือกได้หมดผล มีส่วนประกอบ 5 ส่วน ได้แก่ โครงเครื่อง ชุดจับผลเปลือก ชุดปอก ชุดต้นกำลัง และชุดถาดรองรับ

5.1.4 สภาพการทำงานที่ดีที่สุดของเครื่อง คือ ความเร็วรอบชุดปอก 8 รอบ/นาที ให้ประสิทธิภาพการปอกและอัตราการทำงานของเครื่อง สำหรับเปลือกขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ เท่ากับ 74.18 ± 5.72 %, 12.07 ± 1.73 กิโลกรัม/ชั่วโมง, 76.30 ± 5.92 %, 12.08 ± 2.54 กิโลกรัม/ชั่วโมง และ 77.08 ± 5.53 %, 16.12 ± 2.53 กิโลกรัม/ชั่วโมง

5.1.5 เครื่องทำงานได้มากกว่าแรงงานคนประมาณ 2 เท่า ซึ่งแรงงานคนสามารถปอกเปลือกเปลือกได้ 8.8 ± 4.33 กิโลกรัม/ชั่วโมง

5.1.6 เครื่องมีจุดคุ้มทุนที่ 565.19 กิโลกรัม/ปี และระยะเวลาในการคืนทุน 1 ปี

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการใช้เครื่อง

- 1) เฟือกที่นำมาปอก ควรมีอายุการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 1 อาทิตย์
- 2) ในการทำงาน ควรเลือกใช้ความเร็วรอบต่ำสุด (8 รอบ/นาที)
- 3) เมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินในระหว่างเครื่องทำงาน ให้กดปุ่มสีแดงเพื่อหยุดการทำงานของเครื่อง

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

- 1) ควรปรับปรุงชุดจับผลเฟือกให้สะดวกต่อการถอดเข้า-ออกของผลเฟือก
- 2) ควรปรับปรุงชุดใบมีดให้สามารถถอดเปลี่ยนได้สะดวกและรวดเร็ว



บรรณานุกรม

- [1] กรมส่งเสริมการเกษตร. 2541. คำแนะนำเรื่องการปลูกเผือก. พิมพ์ครั้งที่ 1. ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.
- [2] กฤษฎา สุทธะชัย, สิทธิชัย ไชยศิลป์ และสุทิน หนสมสุข. 2551. การปรับปรุงเครื่องหมนปอกเปลือกชิงดอง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร)
- [3] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2549. การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows. พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [4] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2552. การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร. กรุงเทพมหานคร. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [5] โครงการเผยแพร่ข้อมูลทรัพยากรชีวภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่นบนพื้นที่สูง. เผือก. [ออนไลน์]. 2558. ;เข้าถึงได้จาก : eherb.hrdi.or.th, (11 ตุลาคม 2558)
- [6] โครงการเพิ่มศักยภาพชุมชนด้วยเกษตรปลอดภัยด้วยกระบวนการเรียนรู้ผ่าน ICT. กลุ่มวิสาหกิจชุมชนขนมหวานบ้านทองเอน. [ออนไลน์]. 2557 ;เข้าถึงได้จาก : <http://foodsafetythai.com/?p=677>, (9 มีนาคม 2559)
- [7] ณัฐภัทร และสรศักดิ์. 2559. การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกถั่วหางจระเข้. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)
- [8] ณัฐพงศ์ รัตนเดช และบัณฑิต จริโมภาส. 2553. เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41: ฉบับที่ 1 (พิเศษ) :405-408
- [9] ดลหทัย ชูเมฆา, อภิรมย์ ชูเมฆา, จักรพันธ์ แก้วไทรสุน และวริยส แฉ่งประเสริฐ. 2557. การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกเผือกต้นแบบ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 45: 3/1 (พิเศษ) :385-388
- [10] ไทยตำบล ดอท คอม. เผือกกระเทียม. [ออนไลน์]. 2553 ;เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaitambon.com/product/101027125617>, (9 มีนาคม 2559)
- [11] ไทยตำบล ดอท คอม. เผือกหอมทอดกรอบ. [ออนไลน์]. /2557 ;เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaitambon.com/product/14318171642>, (11 ตุลาคม 2558)

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [12] ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์ และทยาวิรี หนูบุญ. 2549. การพัฒนาและประเมินผลเครื่องปอกเปลือกมันลำปะหลัง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 37: ฉบับที่ 2 (พิเศษ) :182-185
- [13] บัณฑิต จริโมภาส. 2545. สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [14] ประดิษฐ์ กิตติวรกุล. 2545. การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกหัวมันลำปะหลัง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)
- [15] ประพันธ์ ศิริพลับพลา, ธงชัย ยัตศรี และยศธนา คุณาทร. 2538. การวิจัยและพัฒนาเครื่องล้างและปอกเปลือกมันฝรั่ง. (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)
- [16] ประพันธ์ ศิริพลับพลา. 2547. เครื่องปอกเปลือกมันฝรั่งชนิดปรับรอบปอก. (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)
- [17] ปานมนัส ศิริสมบุญ. 2559. การวัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. หจก. มิน เซอร์วิส ซัพพลาย, กรุงเทพฯ
- [18] เผือก สรรพคุณและประโยชน์ของเผือก เผือกหอม 16 ข้อ. [ออนไลน์]. 2557 ;เข้าถึงได้จาก : <http://frynn.com/เผือก/>, (11 ตุลาคม 2558)
- [19] เผือกหอม พืชหลังไร่นา สร้างรายได้งามของคนบ้านหมอ สระบุรี. [ออนไลน์]. ม.ป.ป. ;เข้าถึงได้จาก : <http://www.vigotech.co.th/index.php?lay=show&ac=article&Id=539826202&N>, (11 ตุลาคม 2558)
- [20] พรกมล ฤทธิกุล และอรรรพพล ช่วยแก้ว. นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ หุ่นยนต์และโครงการวิทยาศาสตร์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. ผลิตภัณฑ์การบูรณาการแปรรูปเผือก. [ออนไลน์]. 2553 ;เข้าถึงได้จาก : <http://bverd.vec.go.th/innovation/bverd/>, (9 มีนาคม 2559)
- [21] มาลินี พิทักษ์, สมศรี บุญเรือง และรังสิมันต์ สัมฤทธิ์. 2539. การปลูกเผือก. เอกสารวิชาการ กองส่งเสริมพืชไร่นา. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพมหานคร. 77 หน้า
- [22] รสริน ศรีวิกานนท์. การวิเคราะห์องค์ประกอบ. [ออนไลน์]. ม.ป.ป. ;เข้าถึงได้จาก : <http://www.saruthipong.com/port/document/299-705/299-705-8.pdf>, (11 ตุลาคม 2558)
- [23] วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [24] วุฒิพันธ์ เต่งภาวดี, วิชา หมั่นทำการ และอนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะเมล็ดข้าวโพดหวานฝักสดโดยจุ่มกข้าวโพดไม่ขาด. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 21 ฉบับที่ 1 (2558):8-15
- [25] ศุภชัย ปานโบ. 2556. การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องปอกเปลือกผลไม้โดยการใช้การออกแบบการทดลอง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ)
- [26] สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. สวพ. ถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากส่วนเหลือใช้ของต้นและผลเผือกหอม. [ออนไลน์]. 2557 ;เข้าถึงได้จาก : [http://decade1.ird.rmutp.ac.th/2014/04/สวพ-ถ่ายทอดเทคโนโลยีการ, \(9 มีนาคม 2559\)](http://decade1.ird.rmutp.ac.th/2014/04/สวพ-ถ่ายทอดเทคโนโลยีการ, (9 มีนาคม 2559)
- [27] สมศักดิ์ ทองคำธรรมชาติ. 2547. เครื่องปอกเปลือกหมาก. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)
- [28] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. เผือก. [ออนไลน์]. ม.ป.ป. ;เข้าถึงได้จาก : [http://kanchanapisek.or.th, \(11 ตุลาคม 2558\)](http://kanchanapisek.or.th, (11 ตุลาคม 2558)
- [29] สุทธิพร นิยมหอม, บัณฑิต จริ โภภาส และอเนก สุขเจริญ. 2549. การทดสอบเครื่องกะเทาะหมากที่ปรับปรุง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 37: ฉบับที่ 5 (พิเศษ) :244-247
- [30] อนุชิต ปรานนคร, พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์, นเรนทร บุญส่ง, อภินันท์ ชุ่มสูงเนิน และนิธิวัฒน์ ตองอ่อน. 2553. การพัฒนาเครื่องปอกมะละกอ. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
- [31] อภิรมย์ ชูเมฆา, คลุทัย ชูเมฆา, สรียนต์ ทีปะลา, ศิวพล พยัคฆเทศ และนันทพงษ์ มั่นเสมอ. 2557. การทดสอบและประเมินผลเครื่องปอกเปลือกและแทงแกนลับประด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 45: ฉบับที่ 3/1 (พิเศษ) :321-324
- [32] Adetoro K. A. 2012. Development of a yam peeling machine. **Global Advanced Research Journal of Engineering (ISSN: 2315-5124), Vol. 1(4), 085-088**
- [33] Bundit, J. Dolhathai, R. and Paul, C. 2002. Guava Sizing Machine. **Silpakorn University International Journal, Vol. 2 No. 2: 165-167**

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [34] Daniel, L. G. (1988). Statistical significance testing: **A historical overview of misuse and misinterpretation with implications for the editorial policies of educational journals.** *Research in the Schools*, 5(2), 23-32
- [35] Emadi, B., Kosse, V., & Yarlagadda, K. D. V. P. 2007. Abrasive peeling of pumpkin. **Journal of Food Engineering**, 79, 647-656
- [36] Henderson, S. M. and R. L. Perry. 1976. **Agricultural Process Engineering.** AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut, USA
- [37] Jimoh, M.O. & Olukunle, O.J. 2012. An Automated Cassava Peeling for the Enhancement of Food Security in Nigeria. **Nigerian Food Journal, NIFOJ Vol. 30 No. 2**, 73-79
- [38] Jorekog, K. G., & Sorbom, D. (1989). **A Guide to the Program and Applications.** SPSS Publications
- [39] Krishna, D., Rama Moham, S. & Murthy, B S N. 2002. Performance Evaluation of Public Research Institutes Using Principal Component Analysis. **Journal of Scientific & Industrial Research** 61, 940-947
- [40] Mohsenin, Nuri N. 1978. **Physical Properties of Plant and Animal Materials.** Gordon & Breach Science Publishers. 742
- [41] Olukunle, O. J., Cornelius, A. O., Simeon, O.A., Leo, A. S., & Adebola, A. (2006). Development of a Double Action Self-Fed Cassava Peeling Machine. **Conference on International Agricultural Research for Development**, University of Bonn, Germany



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ ก.1 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอม ขนาดเล็ก

ผลที่	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)
1	78.7	76.1	77.4	114.5	2.6
2	73.7	74.3	74.0	114.7	2.7
3	74.0	76.3	75.2	115.0	2.8
4	77.2	76.7	77.0	126.6	2.7
5	73.3	72.0	72.7	111.1	3.8
6	74.6	74.6	74.6	115.3	3.5
7	72.9	72.8	72.9	100.0	3.8
8	75.7	77.6	76.7	105.2	3.4
9	67.2	67.6	67.4	110.8	2.8
10	72.6	73.2	72.9	115.2	3.1
11	78.4	80.3	79.4	128.6	3.8
12	71.2	71.1	71.2	121.8	3.2
13	78.0	76.9	77.5	116.5	3.2
14	74.4	73.6	74.0	116.5	3.0
15	76.6	75.8	76.2	100.0	2.9
16	75.6	76.4	76.0	111.0	3.9
17	72.8	72.5	72.7	128.0	3.3
18	71.7	72.9	72.3	106.5	2.8

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอม ขนาดเล็ก

ผลที่	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)
19	71.9	71.0	71.5	114.5	3.2
20	69.0	70.6	69.8	113.3	3.6
21	72.4	73.9	73.2	110.6	4.2
22	69.5	70.1	69.8	99.5	3.1
23	74.6	74.4	74.5	109.5	2.6
24	70.6	72.5	71.6	112.5	3.6
25	75.6	76.4	76.0	108.6	3.0
26	71.9	72.5	72.2	105.6	2.4
27	68.5	67.5	68.0	98.6	2.8
28	76.9	76.6	76.8	106.9	3.6
29	70.5	70.2	70.4	115.6	2.6
30	75.9	75.5	75.7	106.0	3.0
31	72.4	71.8	72.1	101.3	3.5
32	77.9	76.4	77.2	119.7	2.7
33	76.9	76.9	76.9	120.5	3.7
34	68.5	69.8	69.2	114.6	2.5
35	70.9	70.0	70.5	102.6	3.2
36	74.3	74.9	74.6	106.4	3.5

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอม ขนาดเล็ก

ผลที่	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)
37	74.5	75.3	74.9	115.3	2.8
38	69.5	69.4	69.5	103.5	3.7
39	75.6	77.1	76.4	116.5	3.4
40	71.6	70.5	71.1	106.4	2.6
41	73.6	74.5	74.1	113.6	3.0
42	73.0	74.7	73.9	109.9	3.8
43	68.4	69.0	68.7	108.1	2.8
44	74.7	73.5	74.1	124.0	3.9
45	76.5	76.5	76.5	118.6	3.0
46	77.6	76.9	77.3	104.6	3.6
47	70.8	71.2	71.0	104.7	2.9
48	76.9	75.8	76.4	110.1	2.7
49	76.9	76.0	76.5	101.0	2.6
50	70.4	70.4	70.4	109.9	3.2
\bar{X}	73.5	73.7	73.6	105.8	3.2
S.D.	3.0	2.9	2.9	7.9	0.5
C.V.	0.04	0.04	0.04	0.07	0.14

ตารางที่ ก.2 ลักษณะทางกายภาพของน้ำหนักเปลือกพันธุ์หอม ขนาดเล็ก

ผลที่	น้ำหนักเปลือกก่อนปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกหลังปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกที่หักทั้งหมด (กรัม)
1	395.8	360.4	34.9
2	398.1	360.1	37.0
3	350.6	324.1	25.7
4	463.4	423.6	39.6
5	350.3	305.9	42.3
6	400.9	351.6	47.4
7	322.8	284.3	36.8
8	398.7	362.9	34.7
9	305.5	272.9	30.9
10	375.0	331.5	43.7
11	472.4	426.7	44.8
12	357.1	326.6	28.6
13	447.2	408.4	37.9
14	382.2	346.5	34.1
15	367.1	339.1	26.9
16	437.8	401.5	35.1
17	374.0	344.7	28.3
18	325.6	295.9	28.7

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของน้ำหนักเปลือกพันธุ์หอม ขนาดเล็ก

ผลที่	น้ำหนักเปลือกก่อนปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกหลังปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเปลือกทั้งหมด (กรัม)
19	349.7	322.0	26.9
20	298.9	270.5	28.0
21	376.2	338.0	36.9
22	306.7	277.2	29.3
23	424.4	392.6	30.6
24	386.0	351.3	34.2
25	457.9	414.9	42.3
26	404.1	367.8	35.6
27	381.1	352.4	28.0
28	406.3	373.0	32.4
29	436.1	394.2	40.9
30	365.5	338.6	26.7
31	339.0	311.9	26.4
32	445.3	401.5	43.6
33	366.2	334.6	30.7
34	324.1	294.3	28.4
35	387.7	348.7	38.6
36	405.5	368.4	36.9

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของน้ำหนักเปลือกพันธุ์หอม ขนาดเล็ก

ผลที่	น้ำหนักเปลือกก่อนปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกหลังปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเปลือกทั้งหมด (กรัม)
37	426.8	385.4	40.2
38	394.3	360.4	33.3
39	294.9	272.0	22.6
40	345.4	310.8	34.0
41	429.5	403.8	25.5
42	395.1	364.4	30.4
43	336.4	295.0	41.3
44	343.8	313.5	29.6
45	380.6	346.1	34.4
46	407.2	377.5	29.4
47	436.6	392.9	42.6
48	364.8	328.8	35.6
49	383.0	337.2	45.6
50	309.9	285.1	24.1
\bar{X}	380.7	345.8	34.0
S.D.	45.3	42.1	6.3
C.V.	0.11	0.12	0.18

ตารางที่ ก.3 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอม ขนาดปานกลาง

ผลที่	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)
1	86.2	85.7	86.0	119.0	3.3
2	86.0	85.6	85.8	105.3	2.9
3	85.8	86.0	85.9	118.2	3.2
4	90.0	88.9	89.5	137.0	3.3
5	84.7	85.3	85.0	130.2	3.0
6	90.4	89.8	90.1	122.6	3.3
7	87.8	90.2	89.0	137.2	4.0
8	83.6	83.0	83.3	96.4	3.5
9	87.0	86.9	87.0	115.0	2.9
10	91.3	89.8	90.6	111.5	3.5
11	81.0	80.6	80.8	107.0	3.1
12	82.9	84.2	83.6	111.0	3.8
13	83.0	80.4	81.7	119.6	2.7
14	89.8	89.5	89.7	114.1	3.6
15	91.1	91.0	91.1	114.7	3.2
16	89.2	89.4	89.3	111.3	2.7
17	82.1	81.8	82.0	95.8	3.0
18	89.7	90.0	89.9	109.6	3.8

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอม ขนาดปานกลาง

ผลที่	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)
19	84.6	85.1	84.9	120.6	2.4
20	82.8	83.3	83.1	106.5	3.2
21	88.2	88.6	88.4	126.2	3.2
22	87.0	85.6	86.3	110.8	3.9
23	87.7	88.5	88.1	92.1	3.7
24	90.5	89.4	90.0	115.7	3.0
25	86.7	88.7	87.7	124.8	3.1
26	91.0	90.6	90.8	101.0	2.9
27	89.5	87.0	88.3	98.0	3.1
28	90.0	91.0	90.5	100.8	3.4
29	89.0	85.7	87.4	125.3	2.8
30	86.0	88.0	87.0	119.5	3.0
31	85.8	85.3	85.6	107.3	3.4
32	89.4	88.5	89.0	110.0	2.9
33	86.9	85.0	86.0	102.0	2.6
34	86.1	86.3	86.2	118.5	3.6
35	86.5	84.0	85.3	100.6	3.3
36	84.6	86.2	85.4	105.6	2.7

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอม ขนาดปานกลาง

ผลที่	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)
37	87.1	87.8	87.5	123.4	3.1
38	81.0	82.7	81.9	102.4	3.5
39	91.0	88.7	89.9	118.2	2.8
40	92.0	89.8	90.9	107.0	3.0
41	80.5	82.1	81.3	106.9	3.5
42	81.6	82.9	82.3	125.6	2.9
43	86.5	84.6	85.6	102.2	3.3
44	86.0	88.1	87.1	100.3	3.4
45	88.4	86.9	87.7	120.2	3.1
46	87.0	84.8	85.9	129.5	3.0
47	82.0	80.8	81.4	98.6	3.0
48	90.4	86.9	88.7	115.0	3.4
49	85.5	84.0	84.8	116.8	3.3
50	82.6	83.7	83.2	103.6	3.4
\bar{X}	86.7	86.4	86.5	112.6	3.3
S.D.	3.1	2.9	2.9	10.8	0.4
C.V.	0.03	0.03	0.03	0.09	0.10

ตารางที่ ก.4 ลักษณะทางกายภาพของน้ำหนักเปลือกพันธุ์หอม ขนาดปานกลาง

ผลที่	น้ำหนักเปลือกก่อนปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกหลังปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกที่หลุดทั้งหมด (กรัม)
1	492.6	439.9	50.8
2	488.4	442.7	43.2
3	501.1	450.5	48.6
4	543.1	494.7	46.2
5	524.9	470.5	51.8
6	563.3	508.9	51.9
7	592.4	536.8	53.5
8	489.5	443.2	44.8
9	539.6	484.6	53.9
10	586.4	535.9	49.5
11	490.9	441.5	48.0
12	503.6	447.8	54.2
13	485.4	431.4	53.2
14	486.7	435.6	49.2
15	597.0	544.6	50.3
16	565.1	506.5	56.9
17	539.3	480.5	57.3
18	587.0	534.6	50.3

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของน้ำหนักเปลือกพันธุ์หอม ขนาดปานกลาง

ผลที่	น้ำหนักเปลือกก่อนปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกหลังปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเปลือกทั้งหมด (กรัม)
19	563.3	508.9	51.9
20	524.8	472.0	50.4
21	592.1	534.2	56.2
22	551.3	488.5	60.2
23	549.3	490.2	58.1
24	555.6	500.1	54.4
25	550.0	501.1	48.7
26	563.7	508.1	53.4
27	492.6	443.2	47.3
28	576.1	523.8	50.6
29	549.6	502.0	46.2
30	511.3	460.5	49.0
31	496.6	444.2	50.9
32	537.1	489.5	46.2
33	506.7	460.4	45.7
34	524.6	471.5	52.3
35	498.9	449.3	47.1
36	502.0	451.1	48.8

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของน้ำหนักเปลือกพันธุ์หอม ขนาดปานกลาง

ผลที่	น้ำหนักเปลือกก่อนปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกหลังปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเปลือกทั้งหมด (กรัม)
37	564.6	504.0	59.1
38	483.5	434.1	48.1
39	589.4	533.0	54.7
40	567.4	506.6	59.1
41	508.6	450.6	56.8
42	516.4	466.8	48.7
43	543.9	491.6	51.1
44	538.6	488.3	47.9
45	595.4	535.3	58.4
46	574.2	518.2	54.1
47	498.3	449.7	46.5
48	537.9	478.5	56.9
49	529.4	481.3	45.8
50	500.8	455.5	43.7
\bar{X}	535.4	482.4	51.2
S.D.	35.2	33.2	4.4
C.V.	0.06	0.06	0.08

ตารางที่ ก.5 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอม ขนาดใหญ่

ผลที่	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)
1	106.9	107.0	107.0	128.9	3.5
2	108.2	109.0	108.6	130.8	2.8
3	109.4	110.8	110.1	135.2	2.9
4	108.2	109.4	108.8	122.0	3.3
5	109.9	109.4	109.7	131.1	3.5
6	106.5	107.5	107.0	141.0	3.3
7	102.4	102.6	102.5	140.2	3.6
8	104.4	102.5	103.5	126.5	3.1
9	108.7	108.6	108.7	155.6	3.1
10	107.2	106.8	107.0	149.7	3.3
11	102.3	99.5	100.9	141.9	3.3
12	109.0	107.7	108.4	155.6	3.6
13	102.0	100.8	101.4	128.6	3.5
14	106.9	106.8	106.9	133.6	3.1
15	108.4	108.0	108.2	142.6	2.8
16	110.5	109.6	110.1	150.6	3.6
17	109.6	111.5	110.6	135.6	3.1
18	111.5	112.0	111.8	148.5	2.7

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอม ขนาดใหญ่

ผลที่	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)
19	106.5	106.9	106.7	136.9	2.9
20	109.7	110.2	110.0	140.5	3.3
21	116.4	115.9	116.2	153.2	3.0
22	111.8	111.4	111.6	146.5	3.6
23	103.5	105.0	104.3	138.7	2.8
24	107.7	109.5	108.6	143.6	3.3
25	114.5	113.8	114.2	153.5	3.1
26	110.4	110.6	110.5	143.6	3.5
27	118.2	117.1	117.7	148.4	2.8
28	109.4	110.5	110.0	132.5	2.6
29	110.0	112.5	111.3	142.6	3.2
30	103.5	105.6	104.6	128.6	3.2
31	112.5	112.9	112.7	146.0	2.8
32	107.5	108.3	107.9	129.4	3.0
33	109.9	111.7	110.8	135.4	3.1
34	108.6	108.9	108.8	130.7	3.3
35	116.5	116.1	116.3	153.1	3.5
36	114.6	114.5	114.6	146.2	3.1

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอม ขนาดใหญ่

ผลที่	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)	ความหนาเปลือก (มิลลิเมตร)
37	108.6	106.2	107.4	126.7	3.2
38	105.6	105.1	105.4	125.6	3.2
39	113.5	114.8	114.2	143.9	3.0
40	111.1	111.7	111.4	137.6	2.8
41	116.0	115.8	115.9	151.1	2.6
42	104.5	106.1	105.3	129.4	3.5
43	110.8	110.1	110.5	131.8	3.3
44	109.6	110.0	109.8	134.6	3.1
45	105.6	107.1	106.4	143.5	3.3
46	112.6	113.3	113.0	143.2	3.6
47	104.3	103.5	103.9	126.5	2.9
48	113.2	114.0	113.6	149.6	2.7
49	118.6	117.2	117.9	153.4	3.3
50	108.5	108.8	108.7	134.2	3.5
\bar{X}	109.3	109.5	109.4	139.6	3.4
S.D.	4.0	4.1	4.0	9.2	0.6
C.V.	0.03	0.03	0.03	0.06	0.09

ตารางที่ ก.6 ลักษณะทางกายภาพของน้ำหนักของเปลือกพันธุ์หอม ขนาดใหญ่

ผลที่	น้ำหนักเปลือกก่อนปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกหลังปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกทั้งหมด (กรัม)
1	985.9	874.8	108.5
2	971.1	867.1	98.6
3	1,099.3	985.7	106.2
4	942.9	854.8	85.0
5	1,072.0	963.0	102.3
6	962.7	875.8	85.5
7	920.4	822.6	94.6
8	939.5	838.1	100.2
9	916.1	825.4	87.6
10	1,193.8	1,111.8	79.4
11	953.4	864.8	86.4
12	954.6	860.4	92.1
13	1,104.6	999.8	100.6
14	951.9	867.2	81.0
15	956.5	861.1	90.8
16	1,032.7	940.0	89.6
17	1,069.2	968.4	96.5
18	1,118.6	1,012.9	103.5

ตารางที่ ก.6 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของน้ำหนักของเปลือกพันธุ์หอม ขนาดใหญ่

ผลที่	น้ำหนักเปลือกก่อนปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกหลังปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเปลือกทั้งหมด (กรัม)
19	998.6	911.6	84.9
20	1,045.9	956.6	87.9
21	1,165.4	1,065.9	98.1
22	1,086.1	998.1	86.4
23	968.4	875.6	89.5
24	985.2	909.5	74.6
25	1,094.6	1,002.1	88.9
26	1,009.1	911.7	94.6
27	1,165.7	1,060.2	101.5
28	996.1	907.0	86.3
29	1,042.5	955.4	84.6
30	967.3	865.5	98.4
31	1,010.0	926.2	81.1
32	976.3	869.8	103.5
33	996.7	902.8	91.6
34	986.1	902.7	81.0
35	1,069.4	985.3	80.6
36	1,013.3	917.1	93.4
37	964.2	875.4	86.5
38	941.6	854.3	83.7

ตารางที่ ก.6 (ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของน้ำหนักของเปลือกพันธุ์หอม ขนาดใหญ่

ผลที่	น้ำหนักเปลือกก่อนปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกหลังปอก (กรัม)	น้ำหนักเปลือกทั้งหมด (กรัม)
39	996.4	887.4	106.5
40	973.4	885.1	85.6
41	1,123.4	1,025.8	96.1
42	1,045.6	959.4	84.6
43	1,143.1	1,047.8	92.6
44	1,085.6	995.4	87.1
45	997.6	885.3	108.6
46	1021.6	935.7	84.1
47	932.4	828.3	101.0
48	979.6	880.9	94.3
49	1,189.6	1,090.6	96.2
50	997.2	895.4	99.7
\bar{X}	1,022.3	927.3	92.0
S.D.	73.6	72.9	8.4
C.V.	0.07	0.07	0.09

ตารางที่ ก.7 คุณสมบัติเชิงกลของเปลือกเปลือกพันธุ์หอม ขนาดเล็ก

ผลที่	แรงแตกหัก (นิวตัน)	การเปลี่ยนรูป ที่แรงแตกหัก (มิลลิเมตร)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน/มิลลิเมตร)	ความแข็งแรง (นิวตัน/มิลลิเมตร ²)
1	9.18	5.63	16.21	3.23
2	100.25	5.21	19.26	3.55
3	93.36	5.84	16	3.3
4	81.48	4.58	17.79	2.88
5	105.25	5.55	18.96	3.72
6	98.65	5.03	19.61	3.49
7	104.43	5.68	18.39	3.69
8	92.09	4.79	19.25	3.26
9	112.76	5.89	19.14	3.98
10	108.59	5.46	19.88	3.84
11	99.9	4.79	20.85	3.53
12	98.31	6.04	16.28	3.48
13	110.57	6.04	18.31	3.91
14	78.66	4.38	17.96	2.78
15	78.37	4.58	17.11	2.77
16	93.16	4.58	20.34	3.3
17	104.85	5.63	18.67	3.71
18	98.32	4.79	20.53	3.48
19	98.37	4.81	20.45	3.48
20	103.48	5.27	19.64	3.66
\bar{X}	93.50	5.22	18.73	3.45
S.D.	22.08	0.54	1.47	0.35

ตารางที่ ก.8 คุณสมบัติเชิงกลของเปลือกเปลือกพันธุ์หอม ขนาดกลาง

ผลที่	แรงแตกหัก (นิวตัน)	การเปลี่ยนรูป ที่แรงแตกหัก (มิลลิเมตร)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน/มิลลิเมตร)	ความแข็งแรง (นิวตัน/มิลลิเมตร ²)
1	99.46	6.46	15.4	3.52
2	98.41	5.21	18.89	3.48
3	98.65	5.83	16.92	3.49
4	98.91	5	19.78	3.5
5	107.91	5.62	19.2	3.82
6	102.25	5.42	18.87	3.62
7	96.24	4.79	20.09	3.4
8	101.16	5.21	19.42	3.58
9	102.14	5.83	17.52	3.61
10	95.74	5.63	17.01	3.39
11	115.31	5.83	19.78	4.08
12	97.46	4.17	23.37	3.45
13	97.3	4.38	22.21	3.44
14	98.21	5.21	18.85	3.47
15	104.99	4.79	21.92	3.71
16	99.31	6.25	15.89	3.51
17	98.24	4.79	20.51	3.47
18	93.8	5	18.76	3.32
19	111.12	6.25	17.78	3.93
20	86.56	4.17	20.76	3.06
\bar{X}	100.16	5.29	19.15	3.54
S.D.	6.21	0.67	2.05	0.22

ตารางที่ ก.9 คุณสมบัติเชิงกลของเปลือกเปลือกพันธุ์หอม ขนาดเล็กใหญ่

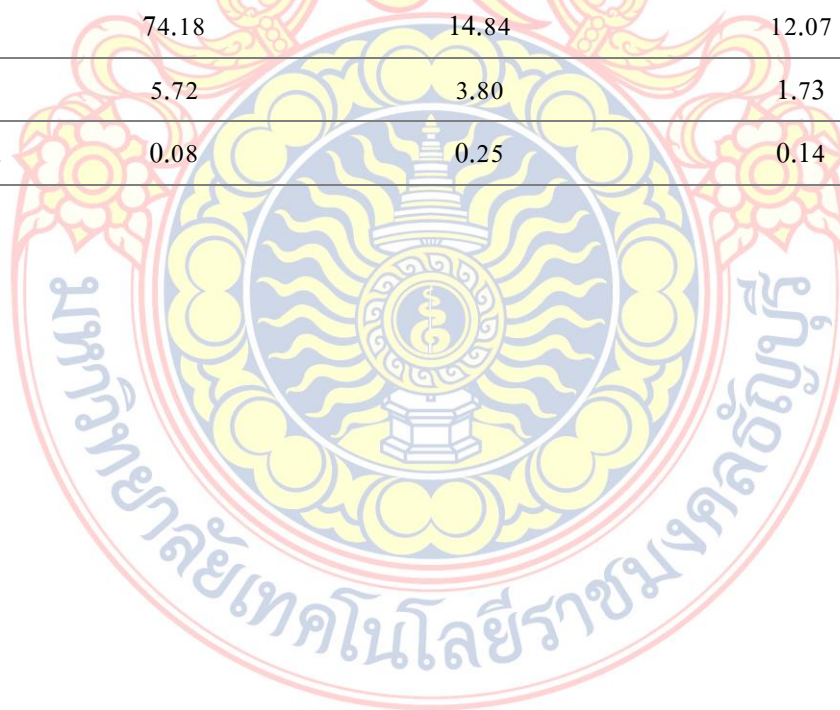
ผลที่	แรงแตกหัก (นิวตัน)	การเปลี่ยนรูป ที่แรงแตกหัก (มิลลิเมตร)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน/มิลลิเมตร)	ความแข็งแรง (นิวตัน/มิลลิเมตร ²)
1	98.74	4.58	21.56	3.49
2	113.51	4.79	23.7	4.02
3	100.91	4.99	20.22	3.57
4	111.1	4.79	23.19	3.93
5	82.29	5.42	15.2	2.91
6	99.45	5	19.89	3.52
7	90.8	4.38	20.75	3.21
8	105.69	4.38	24.16	3.74
9	104.76	5.42	19.35	3.71
10	108.92	4.38	24.89	3.85
11	92.59	4.17	22.23	3.28
12	119.03	4.16	28.61	4.21
13	102.08	4.17	24.48	3.61
14	105.54	5.21	10.26	3.73
15	106.29	4.38	24.29	3.76
16	100.48	4.38	22.97	3.55
17	122.43	4.79	25.56	4.33
18	107.37	4.79	22.42	3.8
19	97.2	3.96	24.58	3.44
20	91.23	4.55	20.04	3.23
\bar{X}	103.02	4.63	22.42	3.64
S.D.	9.71	0.42	2.89	0.34

ตารางที่ ก.10 ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบ 8 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	83.80	9.79	15.13
2	78.67	18.63	13.63
3	70.78	19.14	11.91
4	80.90	16.27	10.58
5	74.03	19.53	11.91
6	82.31	13.27	11.95
7	68.24	15.50	12.13
8	66.09	8.83	13.90
9	70.64	14.26	11.78
10	75.61	11.63	13.78
11	77.60	8.77	13.22
12	74.62	14.82	9.60
13	67.15	16.79	9.68
14	67.44	20.26	9.29
15	74.84	15.16	12.73

ตารางที่ ก.10 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบ 8 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	72.65	16.36	10.65
17	65.62	23.45	9.17
18	80.65	13.34	13.27
19	85.26	10.02	13.96
20	77.36	11.15	12.98
21	70.95	15.63	10.12
22	67.54	16.62	10.15
23	70.32	10.21	12.35
24	74.15	16.98	13.87
25	77.36	14.78	13.86
\bar{X}	74.18	14.84	12.07
S.D.	5.72	3.80	1.73
C.V.	0.08	0.25	0.14

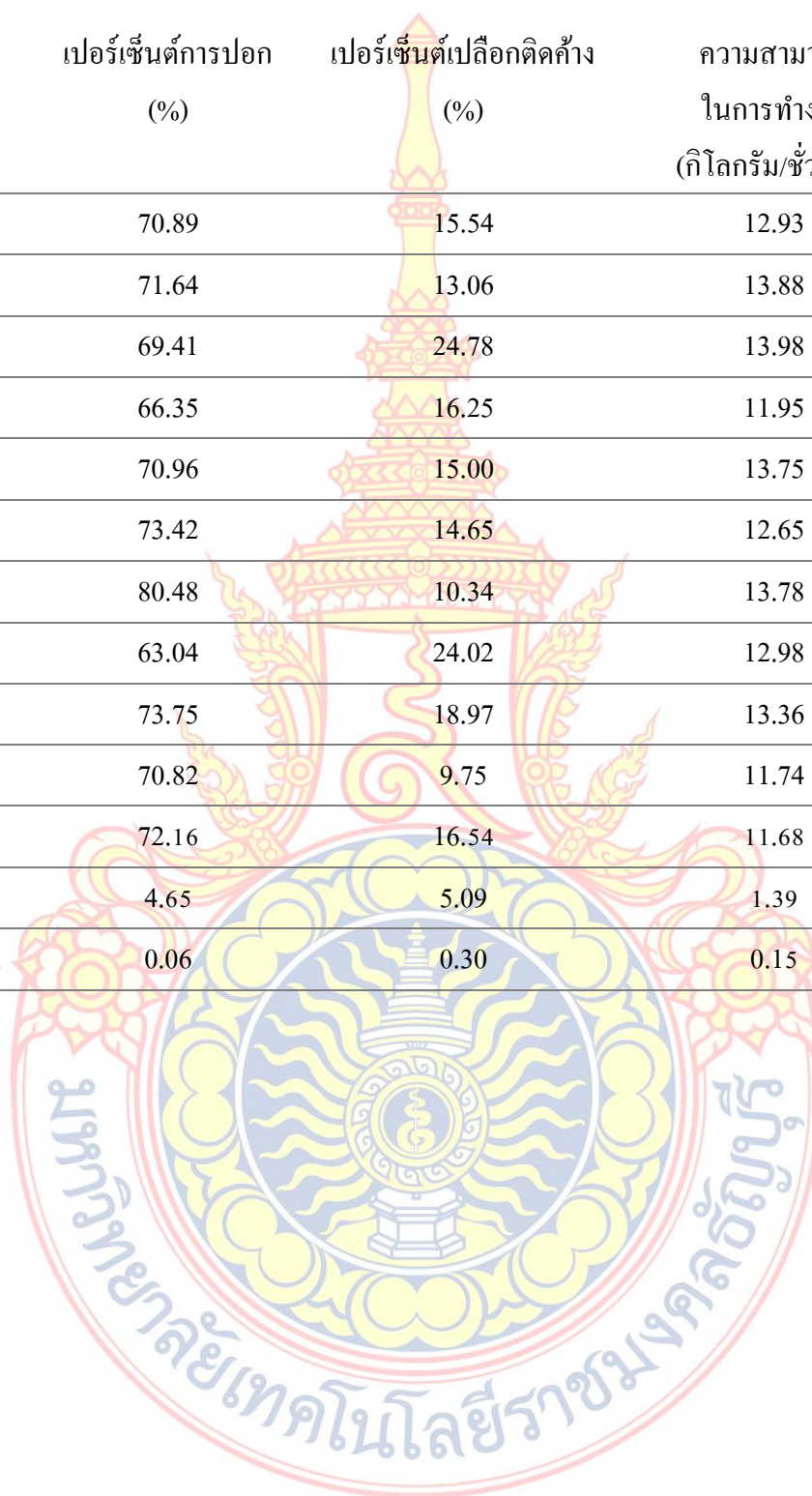


ตารางที่ ก.11 ผลทดสอบการทำงานของเฟือกขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	69.39	23.82	10.38
2	78.17	9.43	11.13
3	74.75	18.36	10.42
4	74.67	11.84	10.79
5	72.67	19.77	10.52
6	63.61	28.91	10.19
7	70.00	17.67	10.83
8	78.26	11.04	10.25
9	78.57	12.01	10.27
10	69.77	15.68	11.99
11	76.97	16.33	10.70
12	70.77	12.57	10.19
13	66.21	19.80	12.63
14	71.15	14.23	10.09
15	78.29	19.80	10.78

ตารางที่ ก.11 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	70.89	15.54	12.93
17	71.64	13.06	13.88
18	69.41	24.78	13.98
19	66.35	16.25	11.95
20	70.96	15.00	13.75
21	73.42	14.65	12.65
22	80.48	10.34	13.78
23	63.04	24.02	12.98
24	73.75	18.97	13.36
25	70.82	9.75	11.74
\bar{X}	72.16	16.54	11.68
S.D.	4.65	5.09	1.39
C.V.	0.06	0.30	0.15

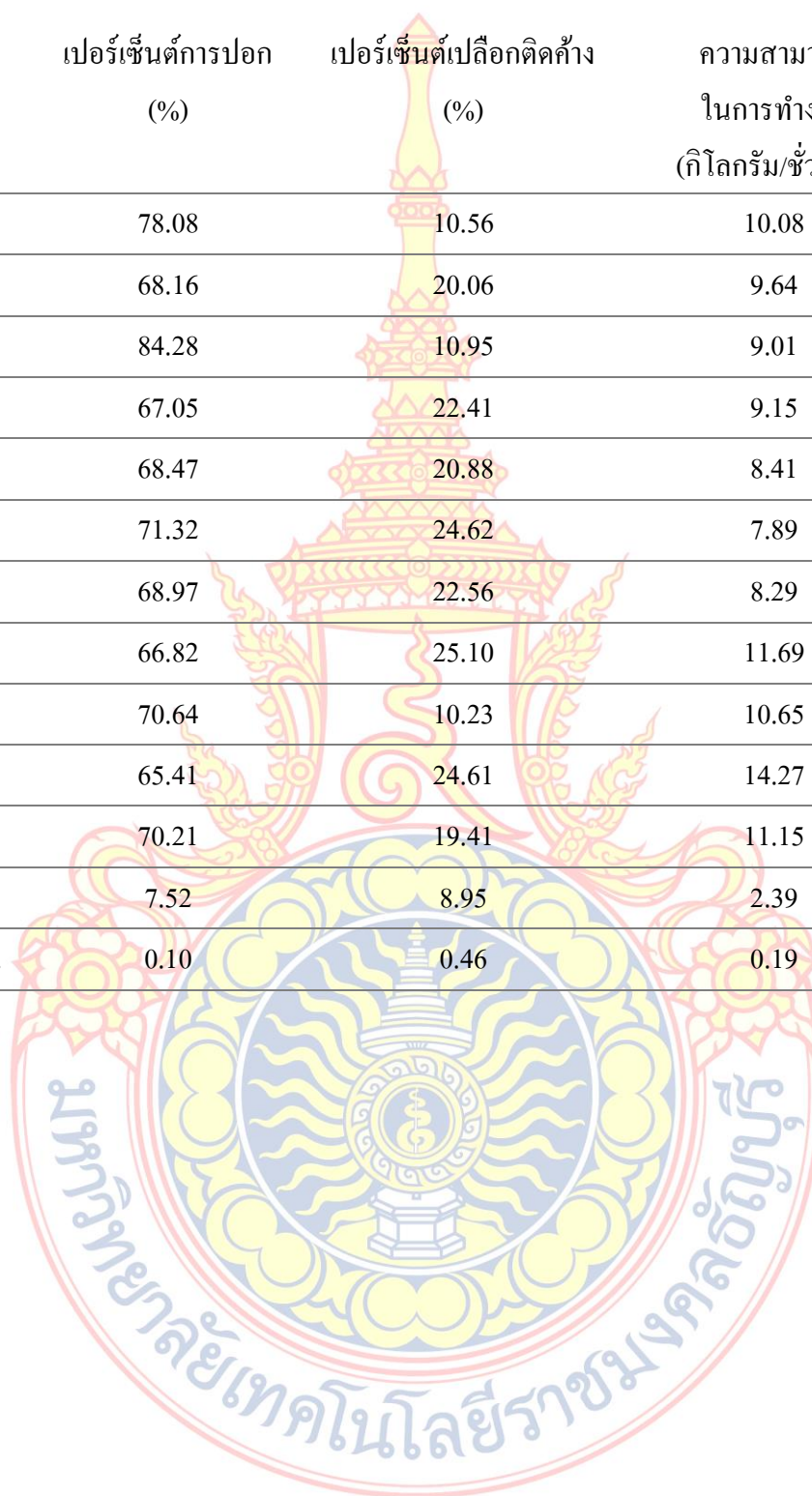


ตารางที่ ก.12 ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบ 16 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	68.82	22.19	11.41
2	68.85	24.61	10.30
3	48.60	48.16	7.45
4	78.53	13.56	14.10
5	70.45	19.70	13.52
6	68.54	19.63	11.14
7	57.92	28.16	9.36
8	70.64	17.24	12.09
9	75.37	14.43	15.03
10	74.50	13.00	14.21
11	86.56	3.23	16.41
12	71.80	18.03	10.87
13	64.31	22.38	11.74
14	71.18	4.06	12.43
15	70.07	24.82	9.69

ตารางที่ ก.12 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบ 16 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	78.08	10.56	10.08
17	68.16	20.06	9.64
18	84.28	10.95	9.01
19	67.05	22.41	9.15
20	68.47	20.88	8.41
21	71.32	24.62	7.89
22	68.97	22.56	8.29
23	66.82	25.10	11.69
24	70.64	10.23	10.65
25	65.41	24.61	14.27
\bar{X}	70.21	19.41	11.15
S.D.	7.52	8.95	2.39
C.V.	0.10	0.46	0.19

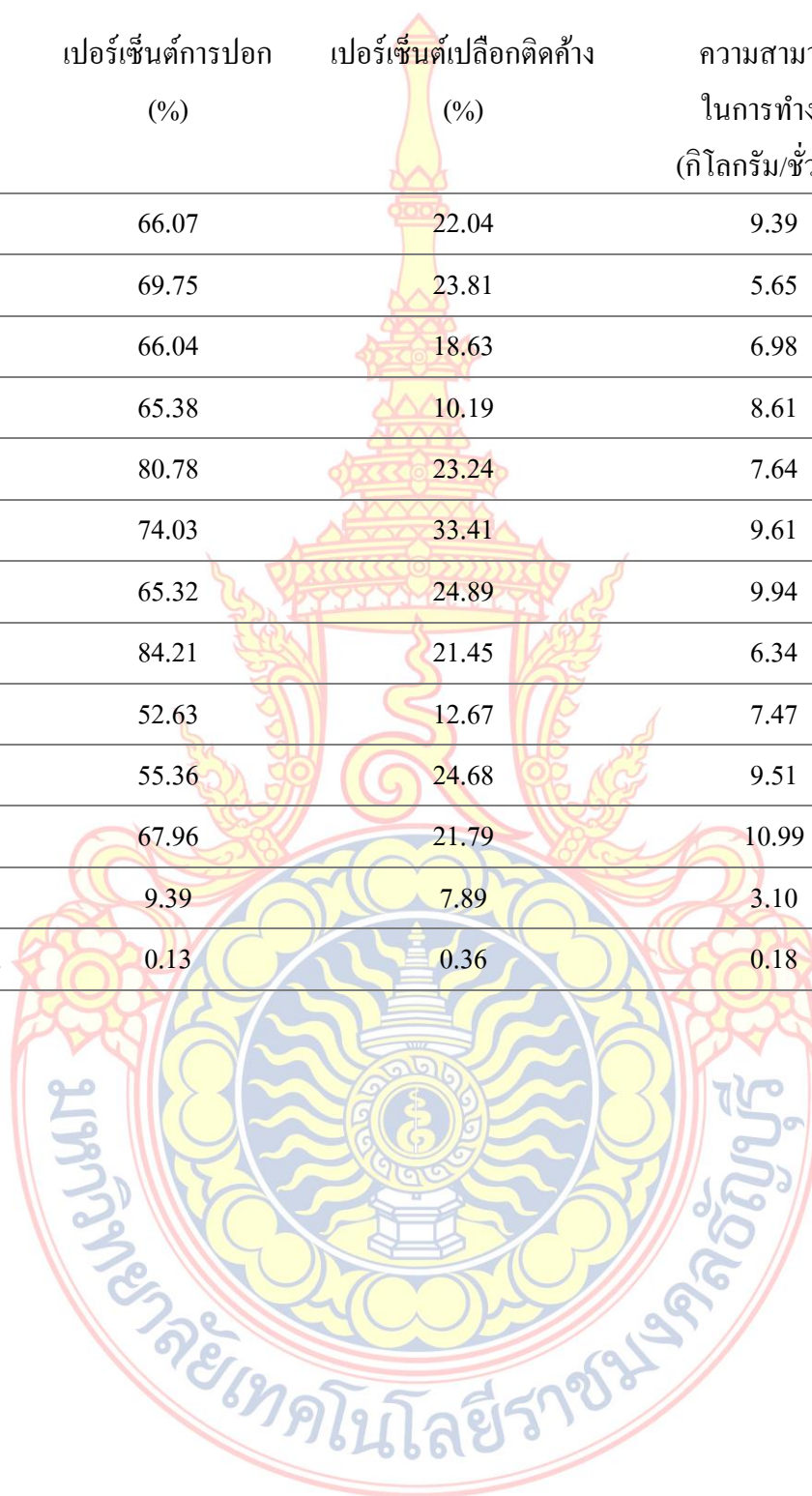


ตารางที่ ก.13 ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	58.08	28.22	13.32
2	50.72	34.38	12.85
3	66.78	26.71	15.50
4	60.93	37.54	13.19
5	81.31	10.82	10.29
6	78.74	10.63	11.35
7	68.91	22.10	13.22
8	64.00	17.00	14.07
9	65.02	18.48	15.83
10	87.35	6.34	12.31
11	66.77	23.00	7.06
12	61.51	29.34	14.41
13	73.06	18.39	15.74
14	71.60	18.83	12.44
15	64.60	28.02	12.26

ตารางที่ ก.13 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	66.07	22.04	9.39
17	69.75	23.81	5.65
18	66.04	18.63	6.98
19	65.38	10.19	8.61
20	80.78	23.24	7.64
21	74.03	33.41	9.61
22	65.32	24.89	9.94
23	84.21	21.45	6.34
24	52.63	12.67	7.47
25	55.36	24.68	9.51
\bar{X}	67.96	21.79	10.99
S.D.	9.39	7.89	3.10
C.V.	0.13	0.36	0.18

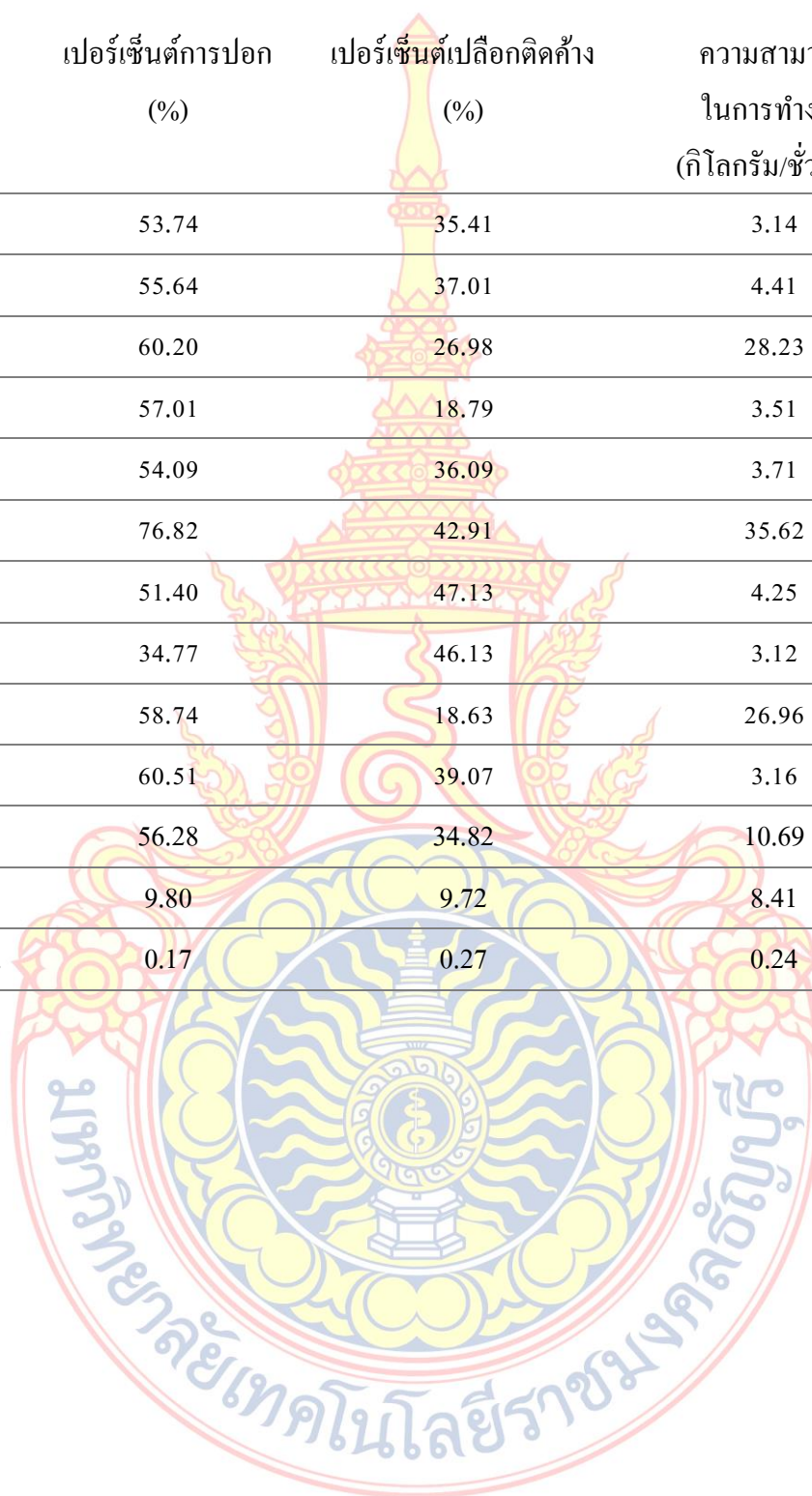


ตารางที่ ก.14 ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบ 24 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	59.87	29.32	9.48
2	66.44	30.14	9.40
3	47.23	46.49	11.58
4	41.90	49.85	12.12
5	41.10	54.60	11.71
6	50.35	36.71	13.50
7	47.73	42.17	5.43
8	63.29	26.58	5.10
9	55.95	33.26	10.57
10	52.94	32.65	12.88
11	78.43	19.05	14.83
12	59.00	34.33	11.90
13	61.10	25.07	10.38
14	59.82	33.43	8.73
15	59.07	28.68	3.59

ตารางที่ ก.14 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบ 24 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	53.74	35.41	3.14
17	55.64	37.01	4.41
18	60.20	26.98	28.23
19	57.01	18.79	3.51
20	54.09	36.09	3.71
21	76.82	42.91	35.62
22	51.40	47.13	4.25
23	34.77	46.13	3.12
24	58.74	18.63	26.96
25	60.51	39.07	3.16
\bar{X}	56.28	34.82	10.69
S.D.	9.80	9.72	8.41
C.V.	0.17	0.27	0.24

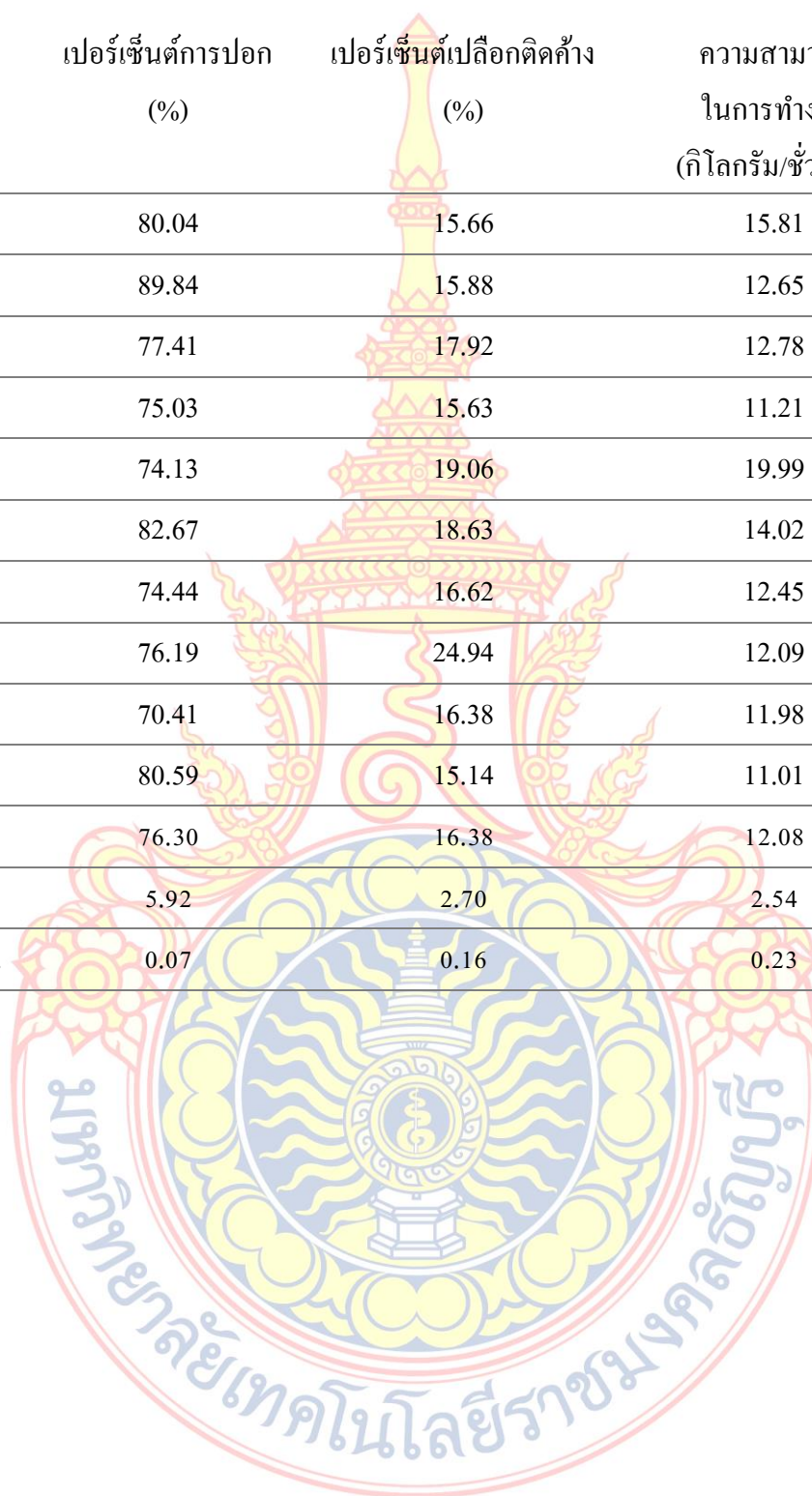


ตารางที่ ก.15 ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดกลาง ที่ความเร็วรอบ 8 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	89.29	15.16	8.01
2	81.96	14.97	13.15
3	76.50	18.89	10.84
4	74.37	19.54	8.56
5	67.38	13.72	13.55
6	72.46	17.63	9.73
7	83.73	12.86	10.64
8	75.66	12.95	12.69
9	69.56	16.81	11.98
10	72.98	14.95	14.97
11	70.43	18.67	9.13
12	69.13	14.46	8.98
13	74.23	13.27	12.67
14	70.46	13.13	10.65
15	78.61	16.74	12.65

ตารางที่ ก.15 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดกลาง ที่ความเร็วรอบ 8 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	80.04	15.66	15.81
17	89.84	15.88	12.65
18	77.41	17.92	12.78
19	75.03	15.63	11.21
20	74.13	19.06	19.99
21	82.67	18.63	14.02
22	74.44	16.62	12.45
23	76.19	24.94	12.09
24	70.41	16.38	11.98
25	80.59	15.14	11.01
\bar{X}	76.30	16.38	12.08
S.D.	5.92	2.70	2.54
C.V.	0.07	0.16	0.23

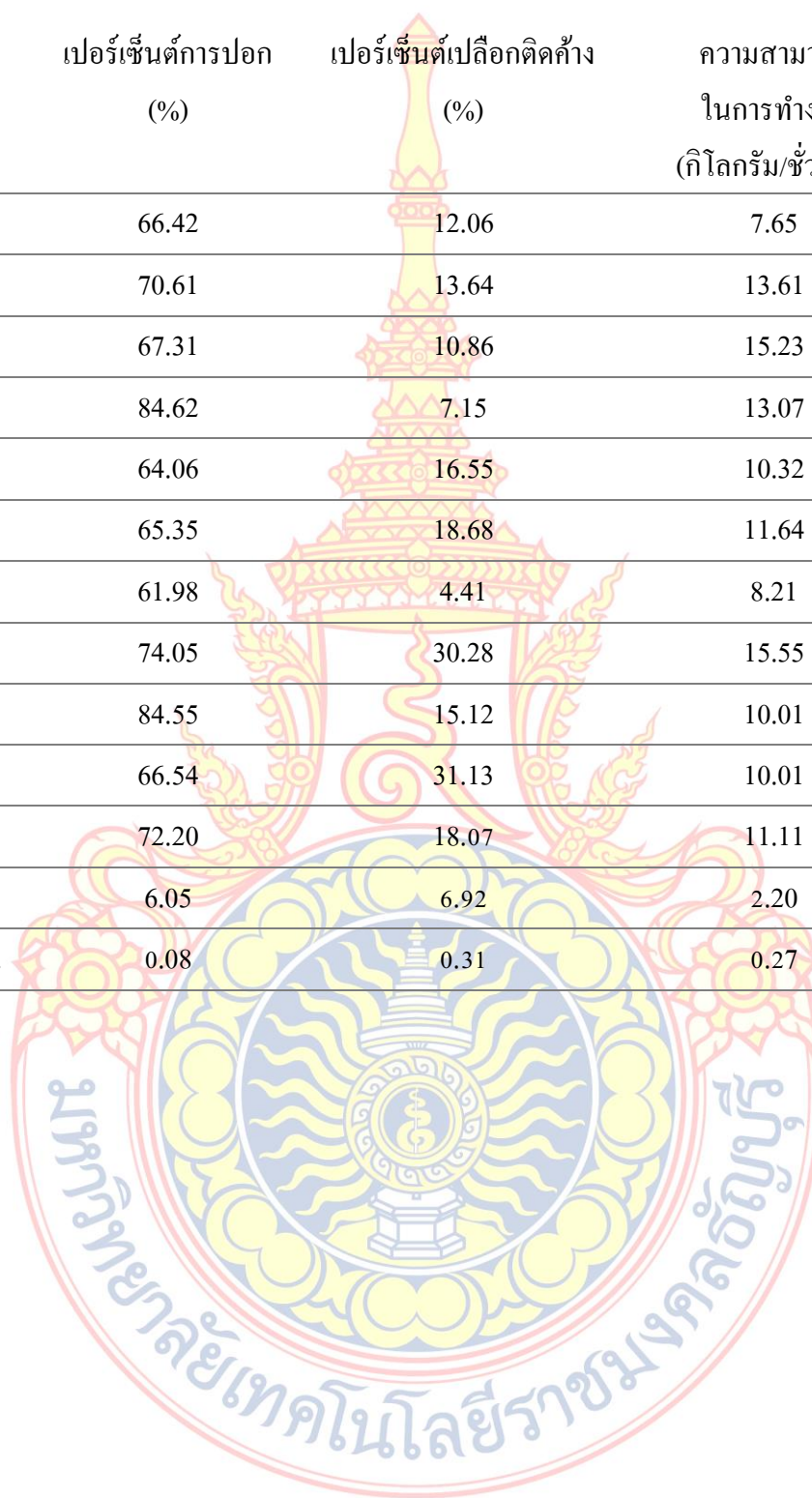


ตารางที่ ก.16 ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดกลาง ที่ความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	80.25	20.06	10.16
2	69.78	13.08	9.43
3	65.63	20.31	9.31
4	76.68	31.80	12.03
5	68.64	25.09	8.22
6	74.79	20.73	10.45
7	75.31	14.26	12.65
8	70.49	19.74	11.79
9	75.63	14.44	10.98
10	68.65	25.61	8.87
11	76.79	13.79	14.65
12	74.65	15.01	10.66
13	78.65	20.98	9.65
14	71.54	19.67	13.61
15	72.06	17.41	10.09

ตารางที่ ก.16 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดกลาง ที่ความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	66.42	12.06	7.65
17	70.61	13.64	13.61
18	67.31	10.86	15.23
19	84.62	7.15	13.07
20	64.06	16.55	10.32
21	65.35	18.68	11.64
22	61.98	4.41	8.21
23	74.05	30.28	15.55
24	84.55	15.12	10.01
25	66.54	31.13	10.01
\bar{X}	72.20	18.07	11.11
S.D.	6.05	6.92	2.20
C.V.	0.08	0.31	0.27

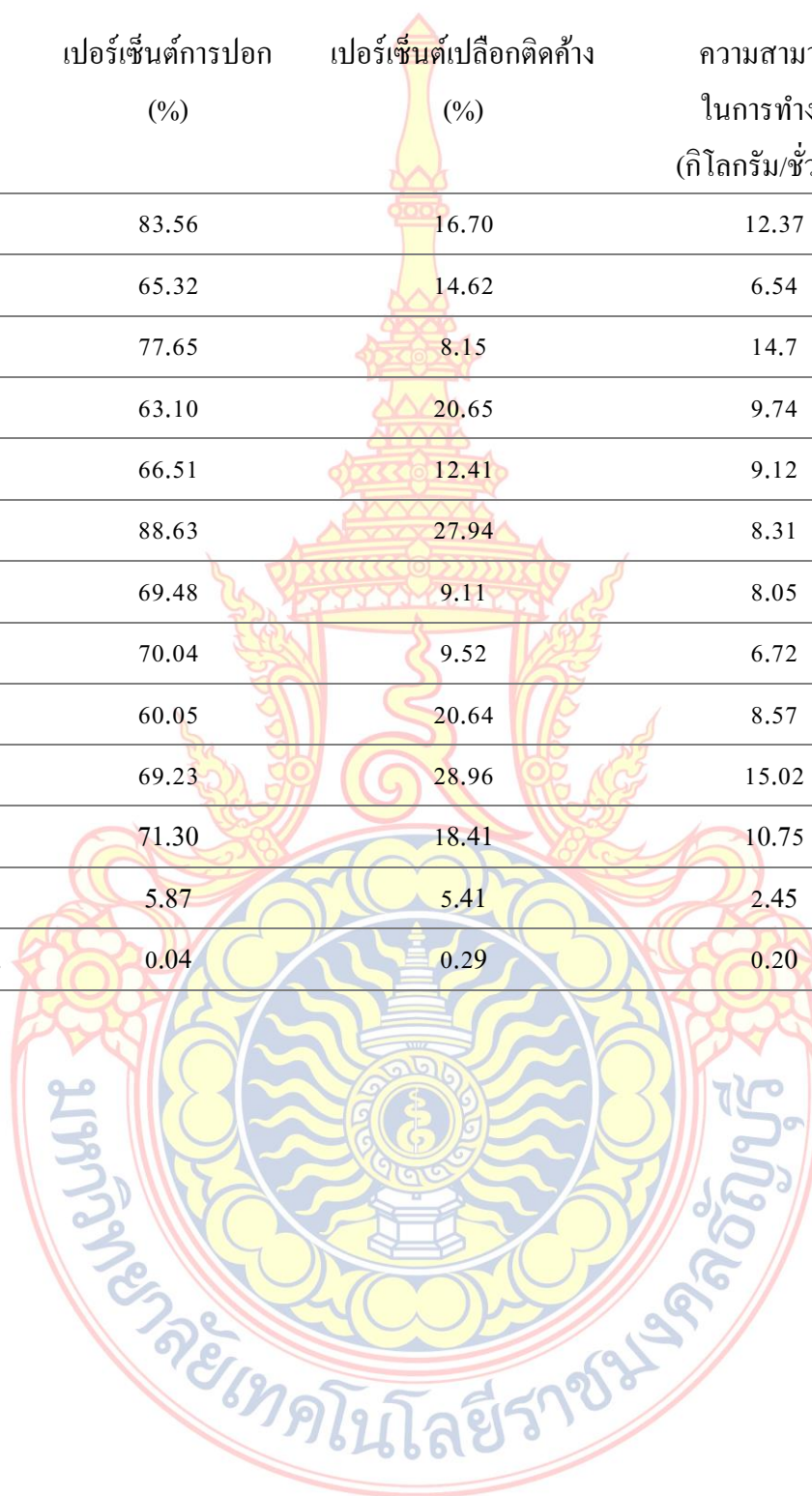


ตารางที่ ก.17 ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดกลาง ที่ความเร็วรอบ 16 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	74.92	14.24	12.03
2	71.32	21.88	9.85
3	72.54	16.06	13.55
4	70.45	13.71	15.71
5	67.11	26.17	10.11
6	70.13	20.66	12.67
7	73.23	19.69	12.60
8	71.36	20.67	10.89
9	72.63	18.72	10.06
10	73.34	20.56	12.27
11	68.40	22.59	9.83
12	67.34	21.76	8.32
13	70.04	19.46	10.79
14	72.69	18.84	10.99
15	73.59	16.74	10.06

ตารางที่ ก.17 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดกลาง ที่ความเร็วรอบ 16 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	83.56	16.70	12.37
17	65.32	14.62	6.54
18	77.65	8.15	14.7
19	63.10	20.65	9.74
20	66.51	12.41	9.12
21	88.63	27.94	8.31
22	69.48	9.11	8.05
23	70.04	9.52	6.72
24	60.05	20.64	8.57
25	69.23	28.96	15.02
\bar{X}	71.30	18.41	10.75
S.D.	5.87	5.41	2.45
C.V.	0.04	0.29	0.20

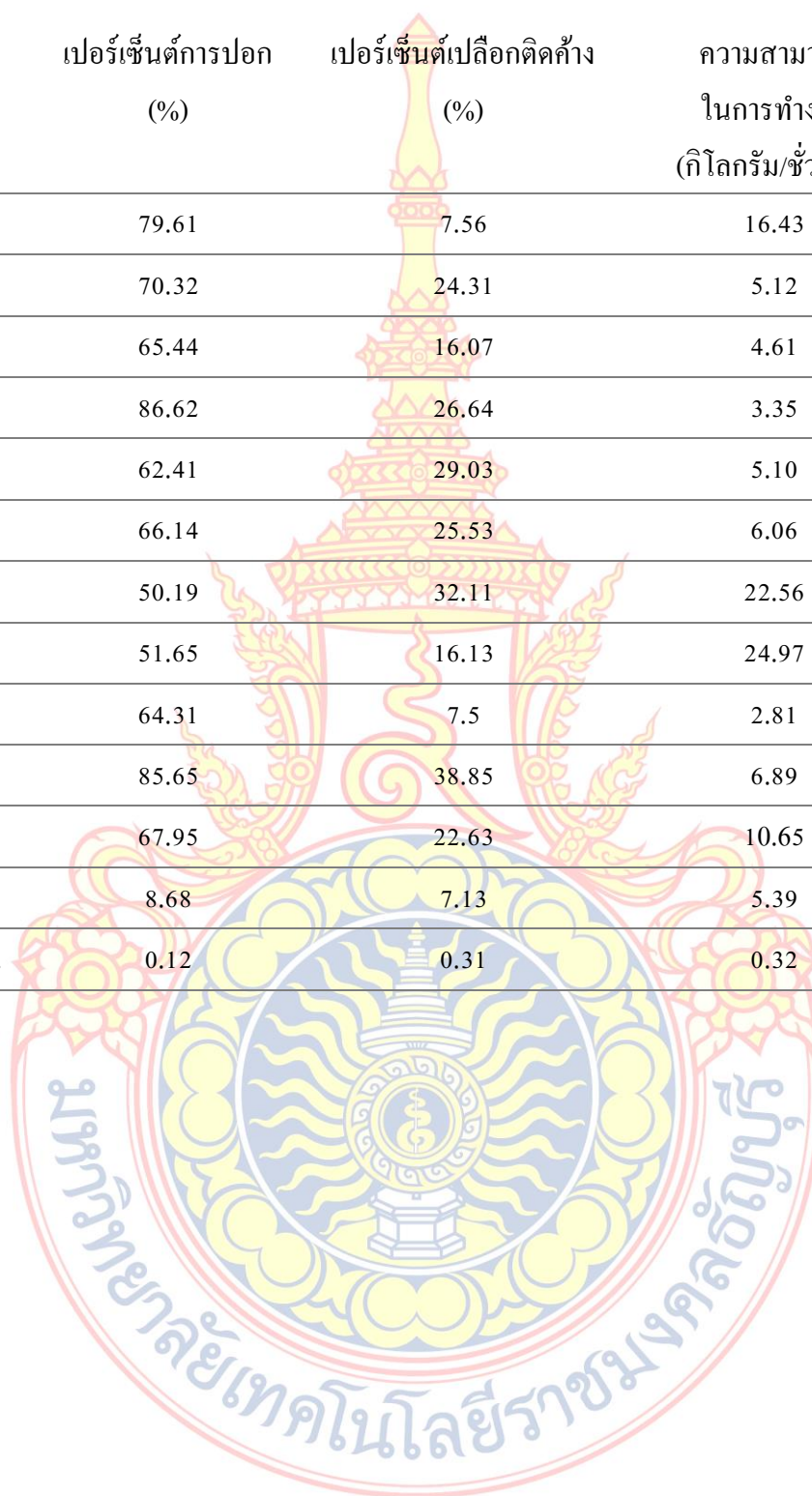


ตารางที่ ก.18 ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดกลาง ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	77.84	14.43	15.84
2	66.00	24.92	14.08
3	57.72	31.99	11.95
4	75.88	16.58	14.43
5	62.29	25.25	12.59
6	65.57	26.32	10.66
7	69.27	24.96	11.03
8	70.68	19.63	8.65
9	72.09	20.01	9.84
10	67.74	23.71	11.36
11	64.13	23.65	8.64
12	65.39	20.02	9.96
13	70.08	21.56	10.08
14	64.40	25.25	9.36
15	67.41	23.78	9.89

ตารางที่ ก.18 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดกลาง ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	79.61	7.56	16.43
17	70.32	24.31	5.12
18	65.44	16.07	4.61
19	86.62	26.64	3.35
20	62.41	29.03	5.10
21	66.14	25.53	6.06
22	50.19	32.11	22.56
23	51.65	16.13	24.97
24	64.31	7.5	2.81
25	85.65	38.85	6.89
\bar{X}	67.95	22.63	10.65
S.D.	8.68	7.13	5.39
C.V.	0.12	0.31	0.32

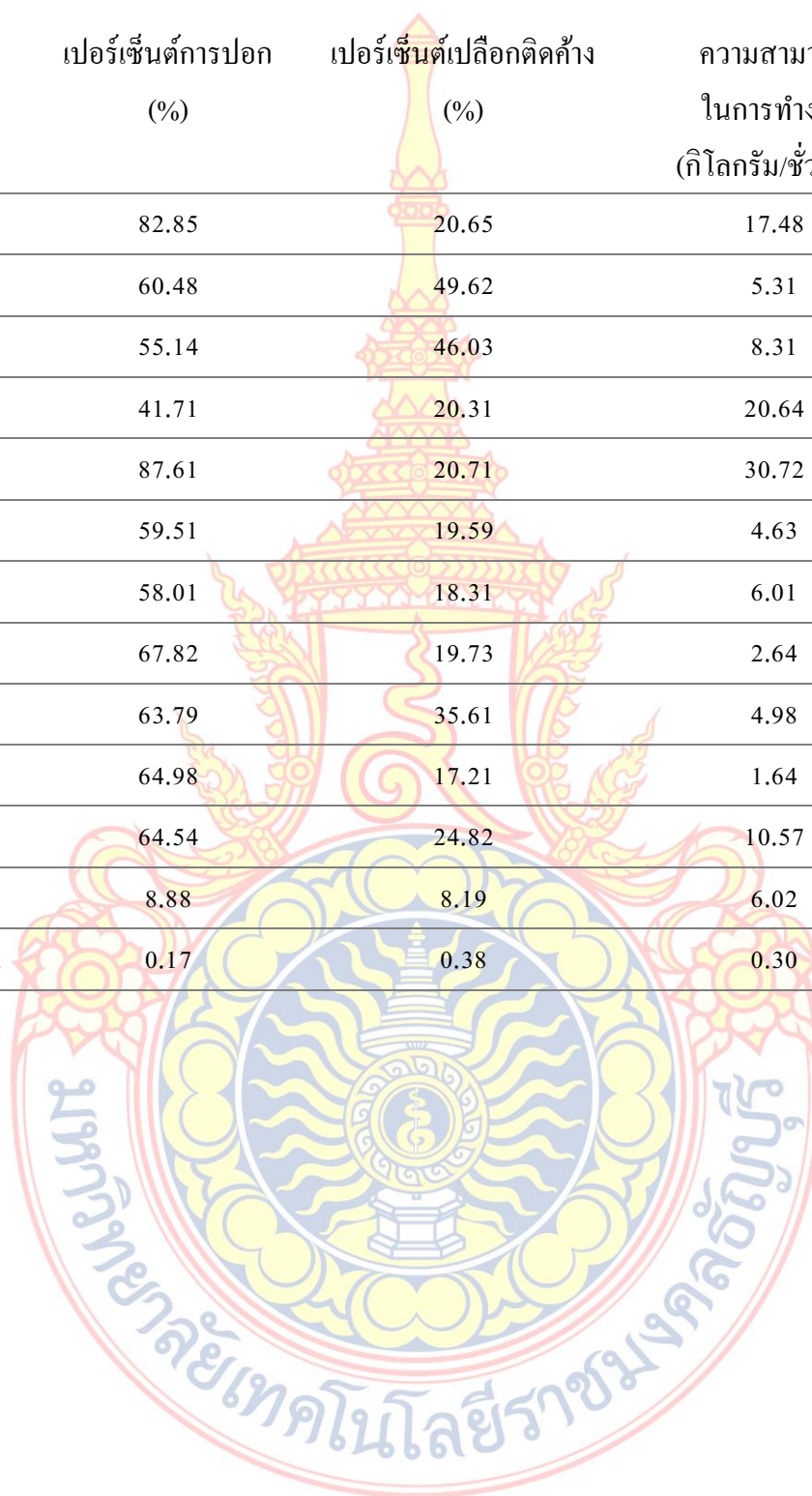


ตารางที่ ก.19 ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดกลาง ที่ความเร็วรอบ 24 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	62.41	27.24	14.66
2	68.29	24.57	10.78
3	69.37	21.62	11.37
4	65.35	26.44	12.63
5	57.27	24.24	13.69
6	59.09	30.47	8.84
7	60.73	25.61	11.45
8	56.74	28.09	8.06
9	66.60	24.02	10.85
10	70.68	19.63	8.65
11	72.09	20.01	9.84
12	67.41	23.78	9.89
13	66.15	16.79	9.68
14	62.44	20.26	9.29
15	67.07	20.12	12.37

ตารางที่ ก.19 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดกลาง ที่ความเร็วรอบ 24 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	82.85	20.65	17.48
17	60.48	49.62	5.31
18	55.14	46.03	8.31
19	41.71	20.31	20.64
20	87.61	20.71	30.72
21	59.51	19.59	4.63
22	58.01	18.31	6.01
23	67.82	19.73	2.64
24	63.79	35.61	4.98
25	64.98	17.21	1.64
\bar{X}	64.54	24.82	10.57
S.D.	8.88	8.19	6.02
C.V.	0.17	0.38	0.30

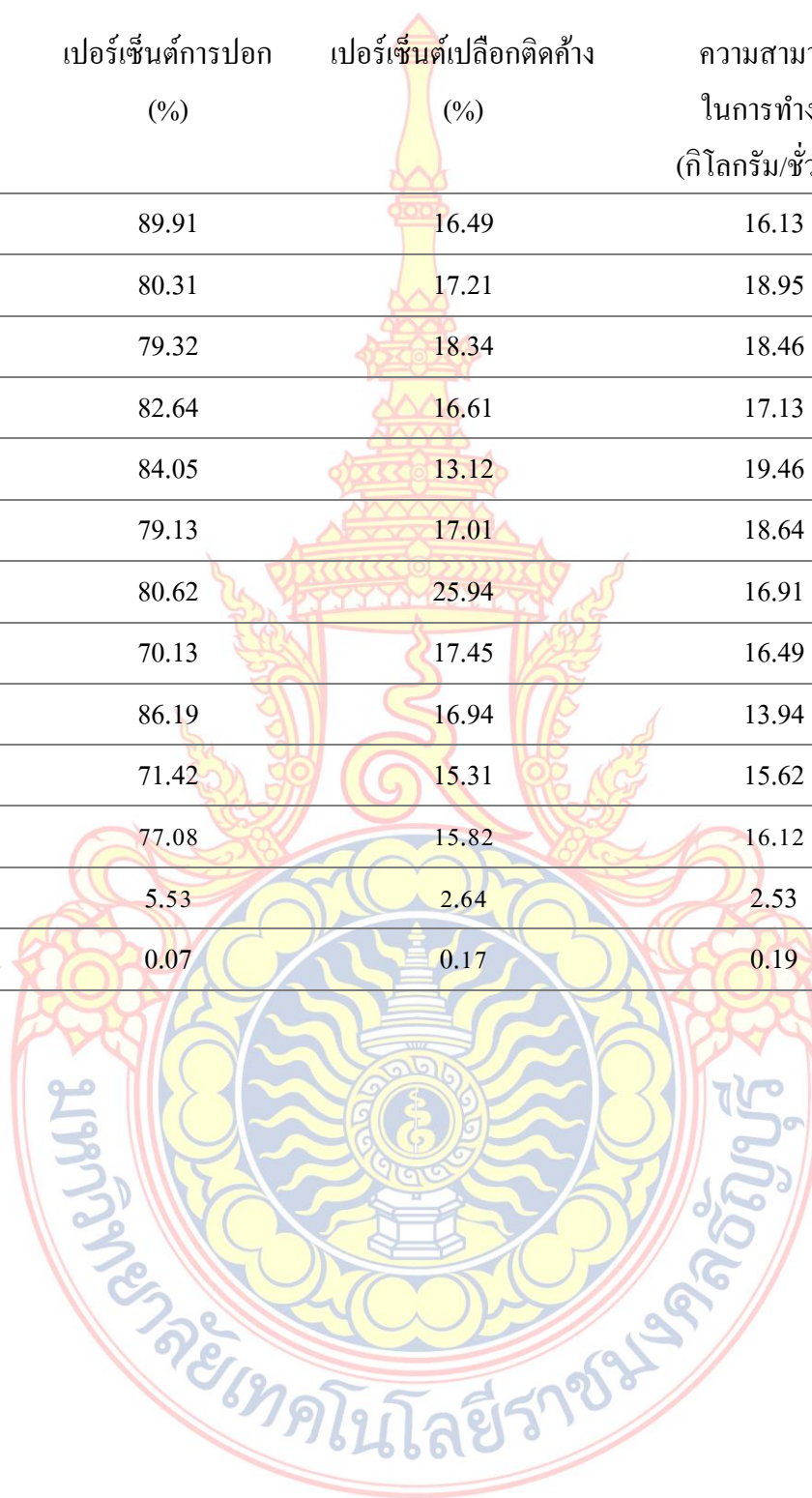


ตารางที่ ก.20 ผลทดสอบการทำงานของเฟือกขนาดใหญ่ ที่ความเร็วรอบ 8 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	71.43	13.46	12.78
2	76.03	15.22	10.08
3	84.51	14.73	16.93
4	73.41	15.93	14.53
5	71.73	15.02	12.74
6	75.68	12.03	15.78
7	77.60	12.77	13.22
8	74.62	14.82	17.60
9	70.15	16.89	19.98
10	71.84	16.27	19.29
11	74.04	14.36	12.73
12	81.65	14.06	17.72
13	74.79	16.73	15.45
14	75.31	14.26	17.65
15	70.49	14.74	14.79

ตารางที่ ก.20 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดใหญ่ ที่ความเร็วรอบ 8 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	89.91	16.49	16.13
17	80.31	17.21	18.95
18	79.32	18.34	18.46
19	82.64	16.61	17.13
20	84.05	13.12	19.46
21	79.13	17.01	18.64
22	80.62	25.94	16.91
23	70.13	17.45	16.49
24	86.19	16.94	13.94
25	71.42	15.31	15.62
\bar{X}	77.08	15.82	16.12
S.D.	5.53	2.64	2.53
C.V.	0.07	0.17	0.19

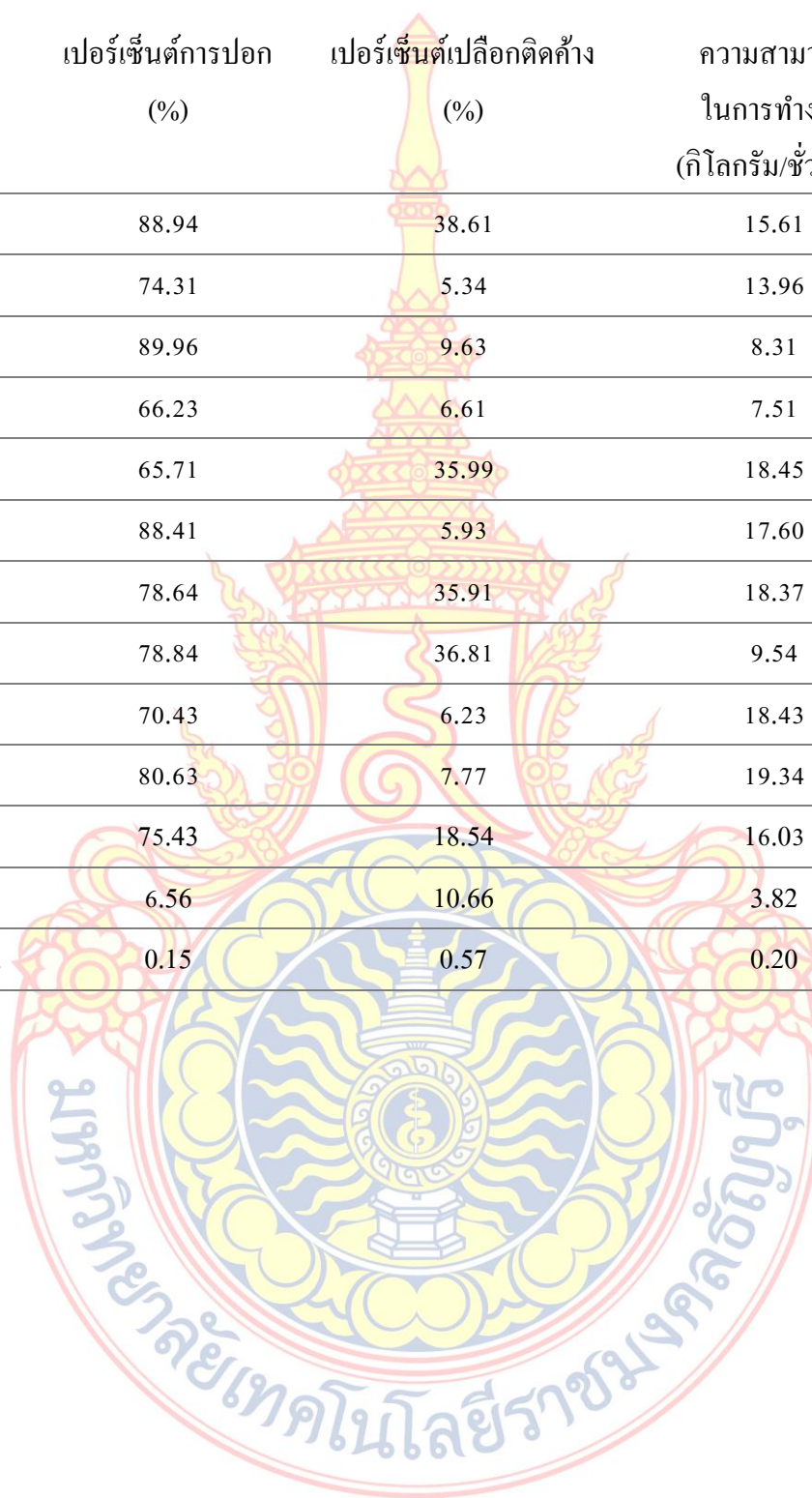


ตารางที่ ก.21 ผลทดสอบการทำงานของเฟือกขนาดใหญ่ ที่ความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	81.83	10.61	23.19
2	73.80	12.18	18.14
3	74.22	16.43	22.56
4	68.56	37.05	13.94
5	73.75	16.45	17.67
6	69.30	23.23	18.56
7	72.65	15.69	14.62
8	75.31	14.26	14.05
9	70.49	19.74	13.65
10	75.63	14.44	15.98
11	74.68	22.03	15.78
12	77.64	18.77	13.42
13	74.92	14.82	17.66
14	71.05	16.89	19.08
15	69.99	22.14	15.52

ตารางที่ ก.21 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดใหญ่ ที่ความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	88.94	38.61	15.61
17	74.31	5.34	13.96
18	89.96	9.63	8.31
19	66.23	6.61	7.51
20	65.71	35.99	18.45
21	88.41	5.93	17.60
22	78.64	35.91	18.37
23	78.84	36.81	9.54
24	70.43	6.23	18.43
25	80.63	7.77	19.34
\bar{X}	75.43	18.54	16.03
S.D.	6.56	10.66	3.82
C.V.	0.15	0.57	0.20

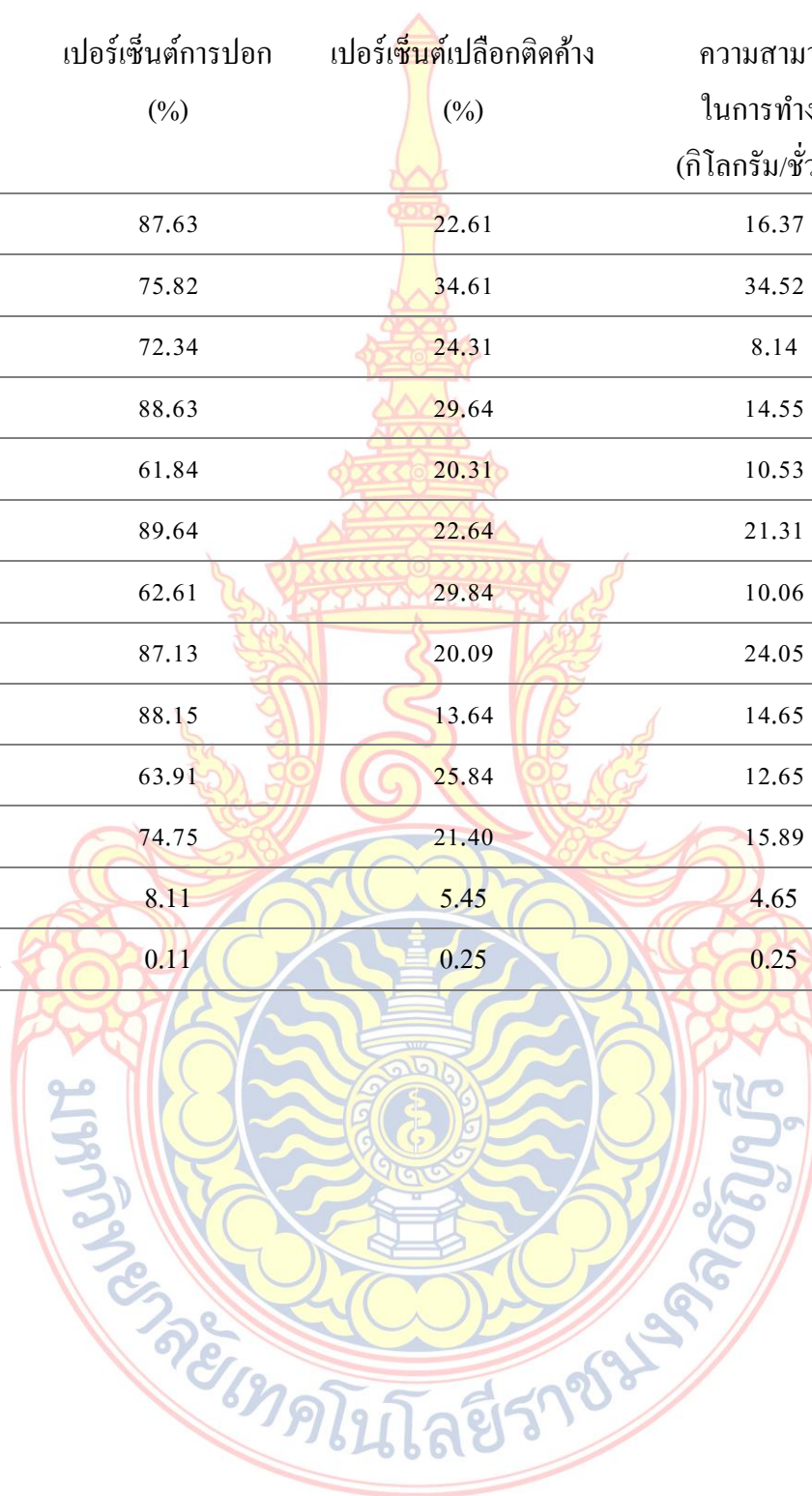


ตารางที่ ก.22 ผลทดสอบการทำงานของเฟือกขนาดใหญ่ ที่ความเร็วรอบ 16 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	69.31	30.15	11.90
2	74.85	21.01	22.99
3	74.31	16.08	20.62
4	69.28	22.03	15.74
5	80.02	17.75	21.78
6	74.62	14.82	17.66
7	75.05	15.83	19.18
8	73.33	19.39	12.81
9	71.36	20.67	10.82
10	73.41	23.93	15.53
11	74.79	20.73	15.45
12	75.31	14.26	17.65
13	67.41	22.18	12.89
14	67.15	16.69	10.68
15	70.98	16.03	14.75

ตารางที่ ก.22 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดใหญ่ ที่ความเร็วรอบ 16 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	87.63	22.61	16.37
17	75.82	34.61	34.52
18	72.34	24.31	8.14
19	88.63	29.64	14.55
20	61.84	20.31	10.53
21	89.64	22.64	21.31
22	62.61	29.84	10.06
23	87.13	20.09	24.05
24	88.15	13.64	14.65
25	63.91	25.84	12.65
\bar{X}	74.75	21.40	15.89
S.D.	8.11	5.45	4.65
C.V.	0.11	0.25	0.25

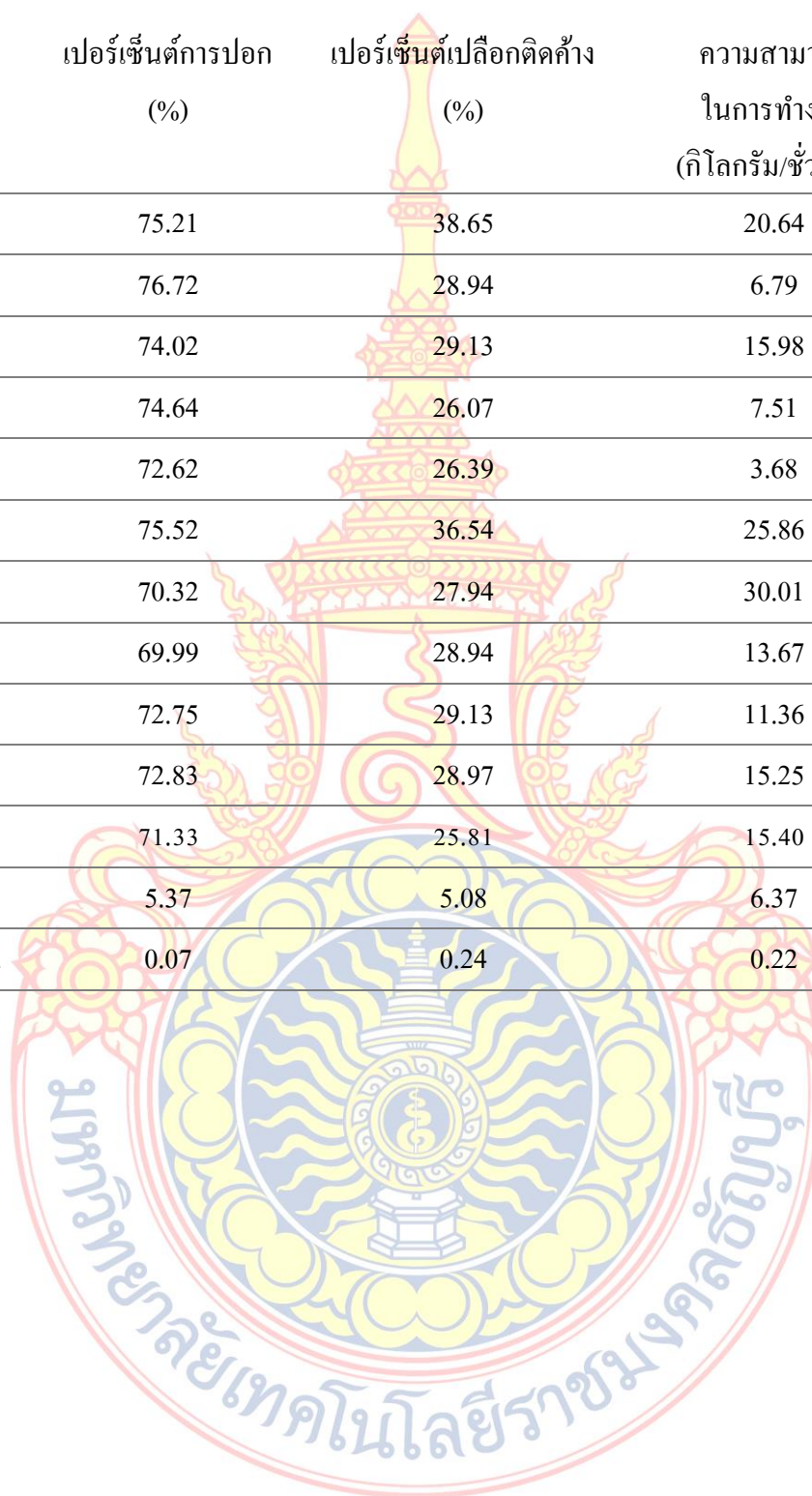


ตารางที่ ก.23 ผลทดสอบการทำงานของเฟือกขนาดใหญ่ ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	79.23	25.13	16.14
2	69.68	26.17	25.31
3	72.06	21.32	19.75
4	69.75	25.29	19.56
5	80.93	16.15	22.55
6	74.79	20.73	15.45
7	75.31	24.26	17.65
8	60.73	25.61	11.45
9	56.74	28.09	8.06
10	72.06	21.32	12.75
11	69.75	25.29	16.56
12	67.41	23.08	10.89
13	64.15	16.77	9.68
14	67.44	20.86	12.29
15	68.66	24.63	16.34

ตารางที่ ก.23 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดใหญ่ ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	75.21	38.65	20.64
17	76.72	28.94	6.79
18	74.02	29.13	15.98
19	74.64	26.07	7.51
20	72.62	26.39	3.68
21	75.52	36.54	25.86
22	70.32	27.94	30.01
23	69.99	28.94	13.67
24	72.75	29.13	11.36
25	72.83	28.97	15.25
\bar{X}	71.33	25.81	15.40
S.D.	5.37	5.08	6.37
C.V.	0.07	0.24	0.22

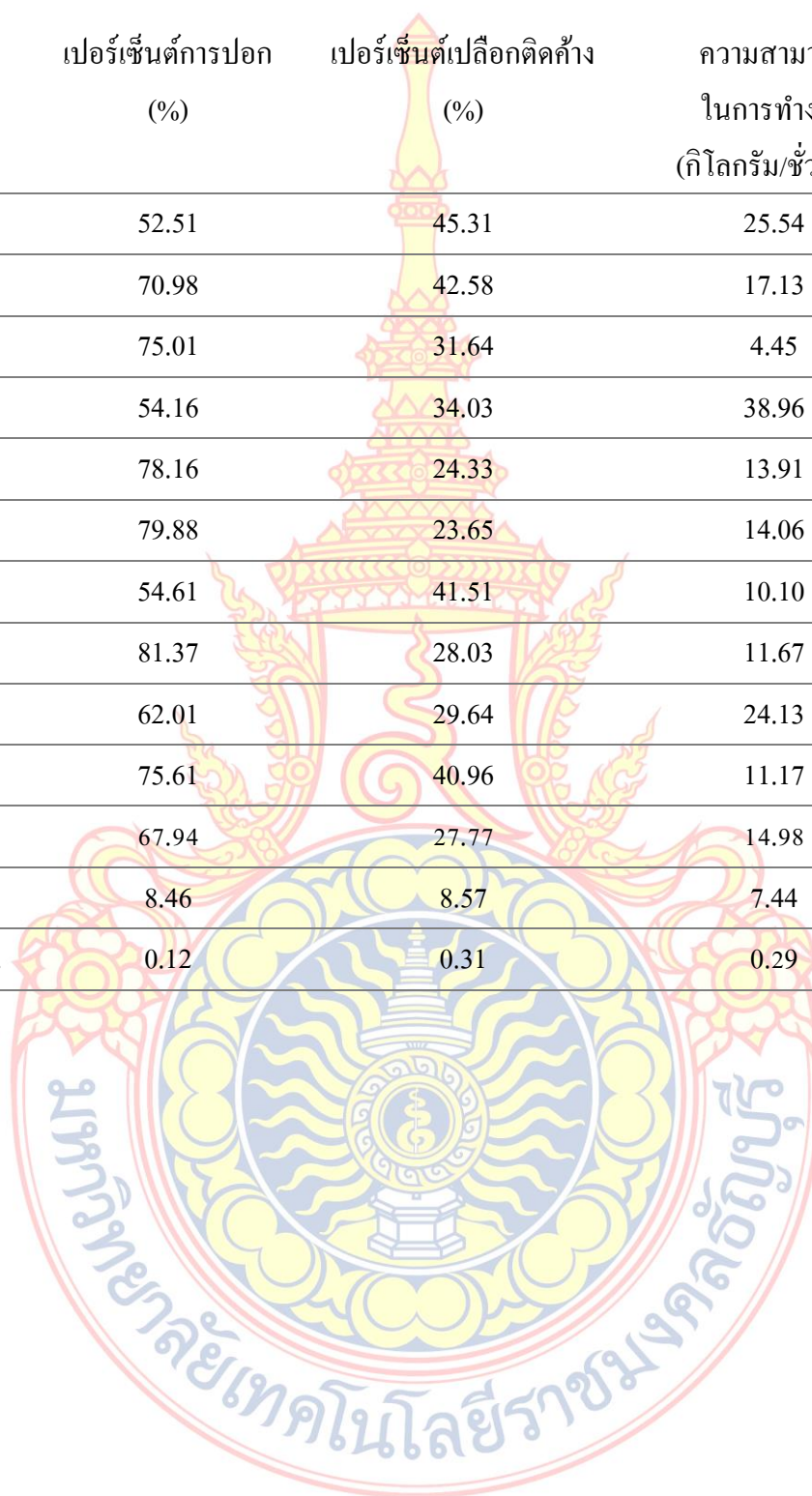


ตารางที่ ก.24 ผลทดสอบการทำงาน ที่เฟือกขนาดใหญ่ ความเร็วรอบ 24 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	70.78	23.26	25.14
2	62.50	32.56	16.60
3	73.61	22.18	15.91
4	76.70	20.30	19.68
5	56.13	40.56	21.45
6	60.73	24.01	11.45
7	56.74	18.02	9.66
8	66.60	24.02	10.85
9	70.68	19.63	8.65
10	72.09	20.01	9.84
11	70.68	19.63	8.65
12	72.99	21.03	10.74
13	67.40	25.78	9.83
14	66.05	16.79	11.68
15	70.62	24.96	13.45

ตารางที่ ก.24 (ต่อ) ผลทดสอบการทำงานของเฟืองขนาดใหญ่ ที่ความเร็วรอบ 24 รอบต่อนาที

ผลที่	เปอร์เซ็นต์การปอก (%)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)	ความสามารถ ในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
16	52.51	45.31	25.54
17	70.98	42.58	17.13
18	75.01	31.64	4.45
19	54.16	34.03	38.96
20	78.16	24.33	13.91
21	79.88	23.65	14.06
22	54.61	41.51	10.10
23	81.37	28.03	11.67
24	62.01	29.64	24.13
25	75.61	40.96	11.17
\bar{X}	67.94	27.77	14.98
S.D.	8.46	8.57	7.44
C.V.	0.12	0.31	0.29





ภาคผนวก ข

การคำนวณผลการทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตัวอย่างการคำนวณ

1. การคำนวณหาประสิทธิภาพการปอก เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง และความสามารถในการทำงาน

1.1) ประสิทธิภาพการปอก (%)

$$\begin{aligned}\text{ประสิทธิภาพการปอก} &= \frac{\text{น้ำหนักเปลือกฝอยที่ปอกได้ (ก.)}}{\text{น้ำหนักเปลือกฝอยทั้งหมด (ก.)}} \times 100 \\ &= \left[\frac{44.5 \text{ (ก.)}}{53.1 \text{ (ก.)}} \right] \times 100 \\ &= 83.80 \text{ เปอร์เซนต์}\end{aligned}$$

1.2) เปอร์เซนต์เปลือกติดค้าง (%)

$$\begin{aligned}\text{เปอร์เซนต์เปลือกติดค้าง} &= \frac{\text{น้ำหนักเปลือกฝอยที่ติดค้าง (ก.)}}{\text{น้ำหนักเปลือกฝอยทั้งหมด (ก.)}} \times 100 \\ &= \left[\frac{5.2 \text{ (ก.)}}{53.1 \text{ (ก.)}} \right] \times 100 \\ &= 9.79 \text{ เปอร์เซนต์}\end{aligned}$$

1.3) ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)

$$\begin{aligned}\text{ความสามารถในการทำงาน} &= \frac{\text{น้ำหนักเปลือกฝอยที่ปอกได้ (กก.)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการปอกทั้งหมด (ชม.)}} \\ &= \left[\frac{44.5 \text{ (กก.)}}{10.59 \text{ วินาที}} \right] \times 3.6 \\ &= 15.13 \text{ กิโลกรัม/ชั่วโมง}\end{aligned}$$

2. การคำนวณเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ข้อมูลเครื่องปอกเปลือกเผือก

ราคาเครื่อง (P)	35,000 บาท
อัตราดอกเบี้ย (i)	20 %
มูลค่าซาก (D)	10 %P
ความสามารถในการทำงาน	16.12 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

มูลค่าซาก

$$\begin{aligned} S &= 0.1 \times P \\ &= 0.1 \times 35,000 \\ &= 3,500 \text{ บาท} \end{aligned}$$

ค่าเสื่อมราคา

$$D = \frac{P - S}{L} = \frac{35,000 - 3,500}{10} = 3,150 \text{ บาท}$$

ค่าเสียโอกาส

$$OC = \frac{P + S}{2} \times i = \left[\frac{35,000 + 3,500}{2} \right] \times 0.2 = 3,850 \text{ บาท}$$

ค่าต้นทุนคงที่

$$FC = D + OC = 3,150 + 3,850 = 7,000 \text{ บาท}$$

กำหนดให้อัตรากำลังแรงงานขั้นต่ำ 300 บาท/วัน

คนดำเนินการใช้เครื่อง 1 คน

จำนวน 24 วันต่อปี และ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ค่าไฟฟ้า = 7 บาท/กิโลวัตต์

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 0.09 กิโลวัตต์.ชั่วโมง

ค่าบำรุงรักษาเฉลี่ย = 10 บาท/วัน

ค่าจ้างแรงงาน (W)	=	300×24	=	7,200	บาท/ปี
ค่าไฟฟ้า (E)	=	$0.09 \times 7 \times 8 \times 24$	=	120.96	บาท/ปี
ค่าบำรุงรักษา (M)	=	30×24	=	720	บาท/ปี
ต้นทุนแปรผัน (VC)	=	W + E + M			
	=	$7,200 + 120.96 + 720$			
	=	8,040.96			บาท/ปี
ต้นทุนรวม (AC)	=	FC + VC			
	=	$7,000 + 8,040.96$			
	=	15,040.96			บาท/ปี
อัตราการรับจ้าง (H)	=	15			บาท/กิโลกรัม
ใน 1 ปีเครื่องทำงาน	=	192			ชั่วโมง
ปอกเปลือกเปลือกได้	=	16.12			กิโลกรัม/ชั่วโมง
ดังนั้นสามารถปอกเปลือกเปลือกได้	=	3,073.92			กิโลกรัม
2.1) จุดคุ้มทุน					
BEP	=	$\frac{FC}{H - (VCperkg)}$			
	=	$\frac{7,000}{15 - (8,040.96/3,073.92)}$			
	=	565.19			กิโลกรัม/ปี

2.2) ระยะเวลาในการคืนทุน

อัตราการรับจ้าง 5 บาท/กิโลกรัม ใน 1 ปี รายได้เท่ากับ

$$= 5 \times 3,073.92 = 15,365 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{PBP} = \frac{\text{AC}}{p}$$

$$= \frac{15,040.96}{15,365}$$

$$= 0.97 \text{ ปี}$$

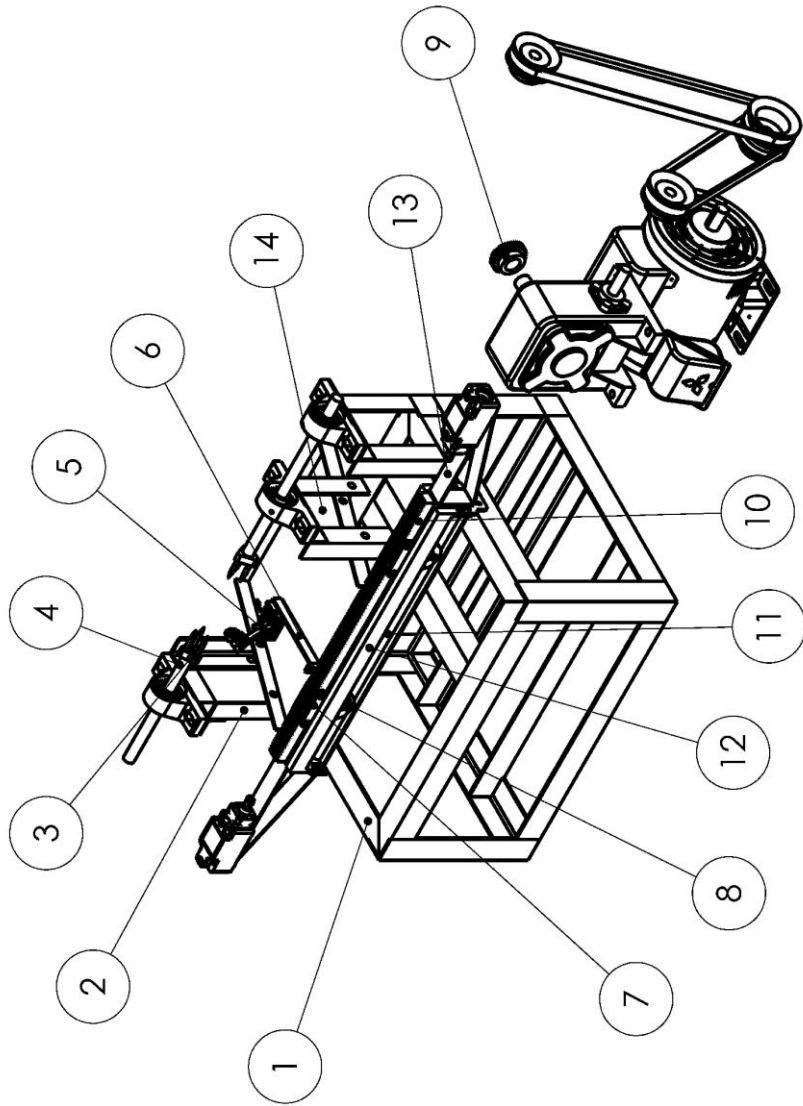






ภาคผนวก ค

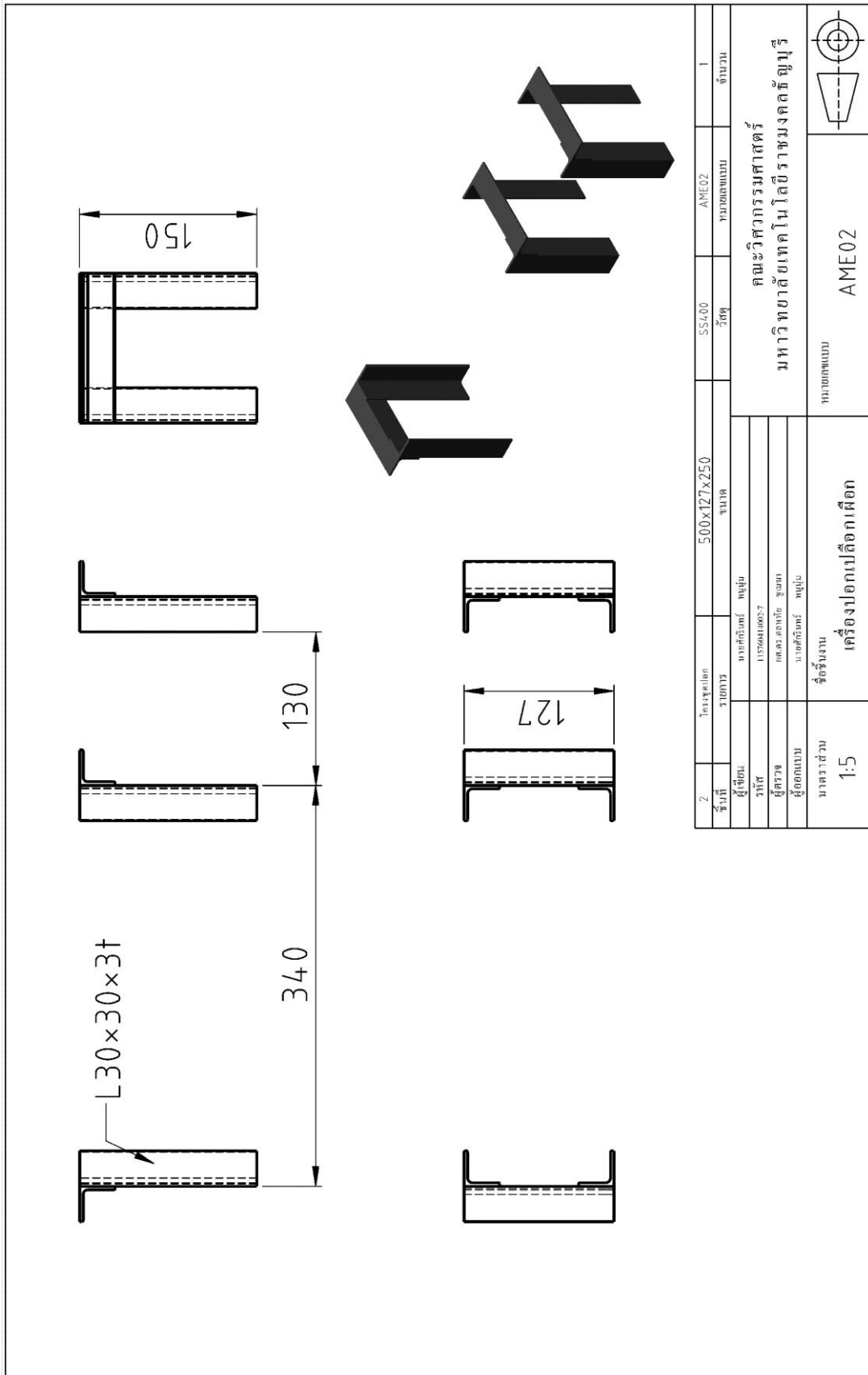
การเขียนแบบทางวิศวกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

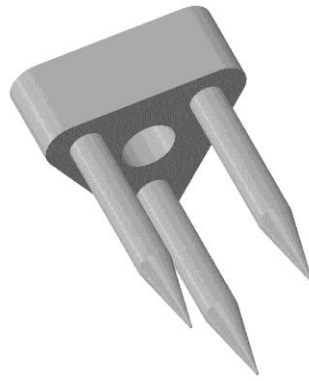
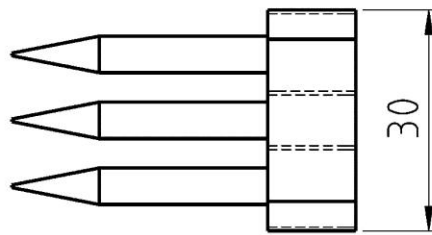
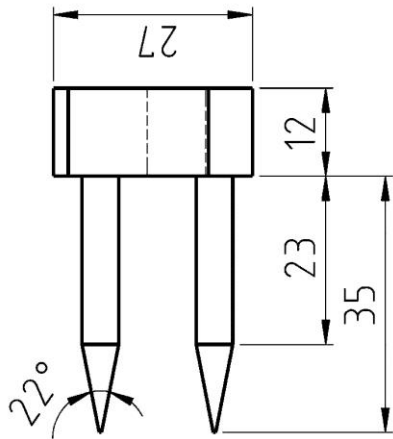
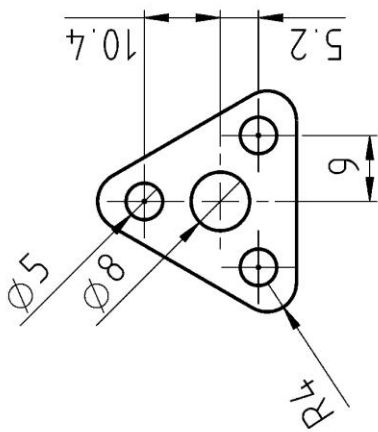


ผู้เขียน	นางศศิวิมลย์ หนูขุน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	
อาจารย์	1157661100527		
ผู้ตรวจ	ศศดร.ศศศิวิมลย์ หนูขุน		
ผู้ออกแบบ	นางศศิวิมลย์ หนูขุน	หมายเลขแบบ	AME00
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน	ชื่อโครงการ	เครื่องปกเปิดกึ่งอัตโนมัติ
1:10			

24	ใบตัด/มีด			Standard	AME24	
23	ลิ้นมีดสวิตช์			Standard	AME23	2
22	สายพานรอง			Standard	AME22	1
21	สายพานรอง			Standard	AME21	1
20	มีดเล 1 ร่อง	3 in		Standard	AME20	1
19	มีดเล 1 ร่อง	2 in		Standard	AME19	1
18	มีดเล 2 ร่อง	2 in		Standard	AME18	1
17	ค้อนอุดกึ่งนิ้วดีกดา	6 in		Standard	AME17	1
16	ค้อนอุดกึ่งนิ้วดีกดา	6 in		Standard	AME16	1
15	ค้อนอุดกึ่งนิ้วดีกดา	6 in		Standard	AME15	1
14	ชุดค้อนกรับ	280x23x300		SUS304	AME14	1
13	ฐานกึ่งมีดสวิตช์	30x200x60		SS400	AME13	2
12	ตัวประกอบเฟืองสะพาน	12x500x60		SS400	AME12	2
11	รางข้อ	30x500x30		SS400	AME11	1
10	เฟืองสะพาน	20x500x20		S45C	AME10	1
9	เฟืองขับ	50x20x50		S45C	AME09	1
8	สกรูต่งวี	50x18x50		SS7ZN	AME08	2
7	ตัวยึดล้อ	66x5x60		SS400	AME07	4
6	ตัวยึดชุดปลด	18x126x15		SS400	AME06	1
5	ชุดปลด	49x25x100		SS400/SUS304	AME05	1
4	เพลาชุดขับ	16x300x16		SS400	AME04	2
3	นิ้วขับเคลื่อน	30x47x27		SUS304	AME03	2
2	โครงชุดปลด	500x127x250		SS400	AME02	1
1	โครง	500x400x250		SS400	AME01	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาด		วัสดุ	หมายเหตุ	จำนวน
ผู้เขียน	นายศศิธรณ์ หนูคุ้ม					
รหัส	117604180027					
ผู้ตรวจ	ดร.ศศิธรณ์ หนูคุ้ม					
ผู้ออกแบบ	นายศศิธรณ์ หนูคุ้ม					
มาตรฐาน	ชิ้นงาน	เครื่องบดเปลือกเผือก				
				<p style="text-align: center;">มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี</p> <p style="text-align: center;">คณะวิศวกรรมศาสตร์</p>		
				<p style="text-align: center;">AME00</p>		



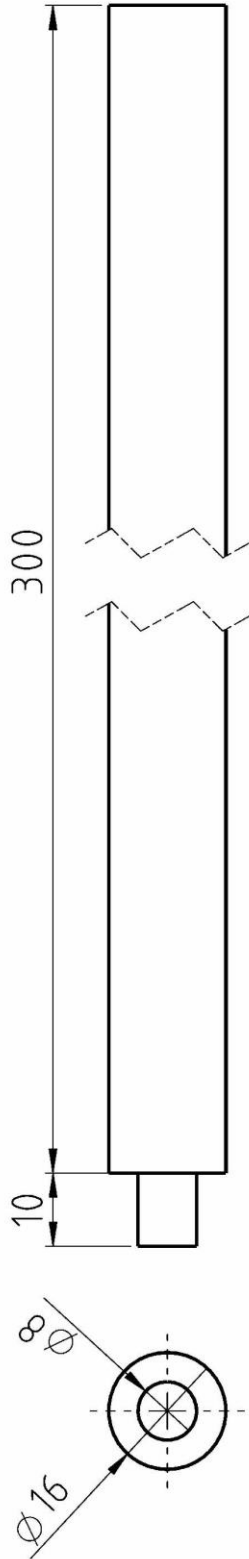
2	โครงการ	500x127x250	SS400	AME02	1
ชื่อ	ชื่อ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลข	จำนวน
ผู้เขียน	นายศรัณย์ หนูเงิน				
ผู้ตรวจสอบ	115764140057				
ผู้ออกแบบ	ศศ.ดร.ศศ.ดร. ฐิติมา				
มาตรฐาน	นายศรัณย์ หนูเงิน				
1:5	เครื่องปกเปิดกึ่งเฟือก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์			
		หมายเลข			
		AME02			



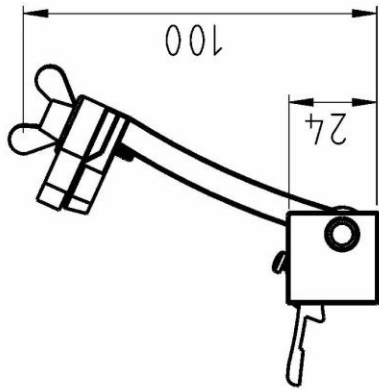
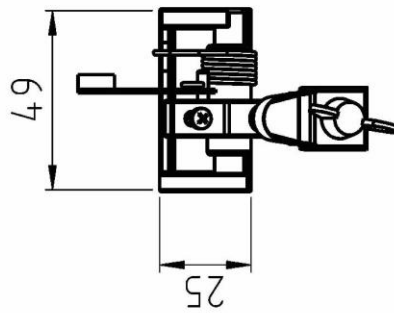
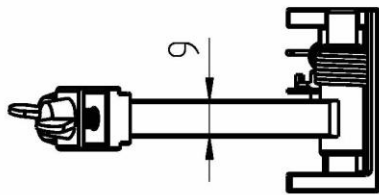
3	ทำชิ้นประกอบ	30x4.7x27	SUS304	AME03	2
ชื่อ	ชื่อ	ชื่อ	ชื่อ	ชื่อ	ชื่อ
ผู้เขียน	นายศศิธรณ์ ทรัพย์				
ผู้ตรวจ	115700440027				
ผู้ออกแบบ	ศศธรณ์ ทรัพย์				
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน	เครื่องประกอบปลอกเหล็ก	ชื่อ	AME03	
1:1					

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



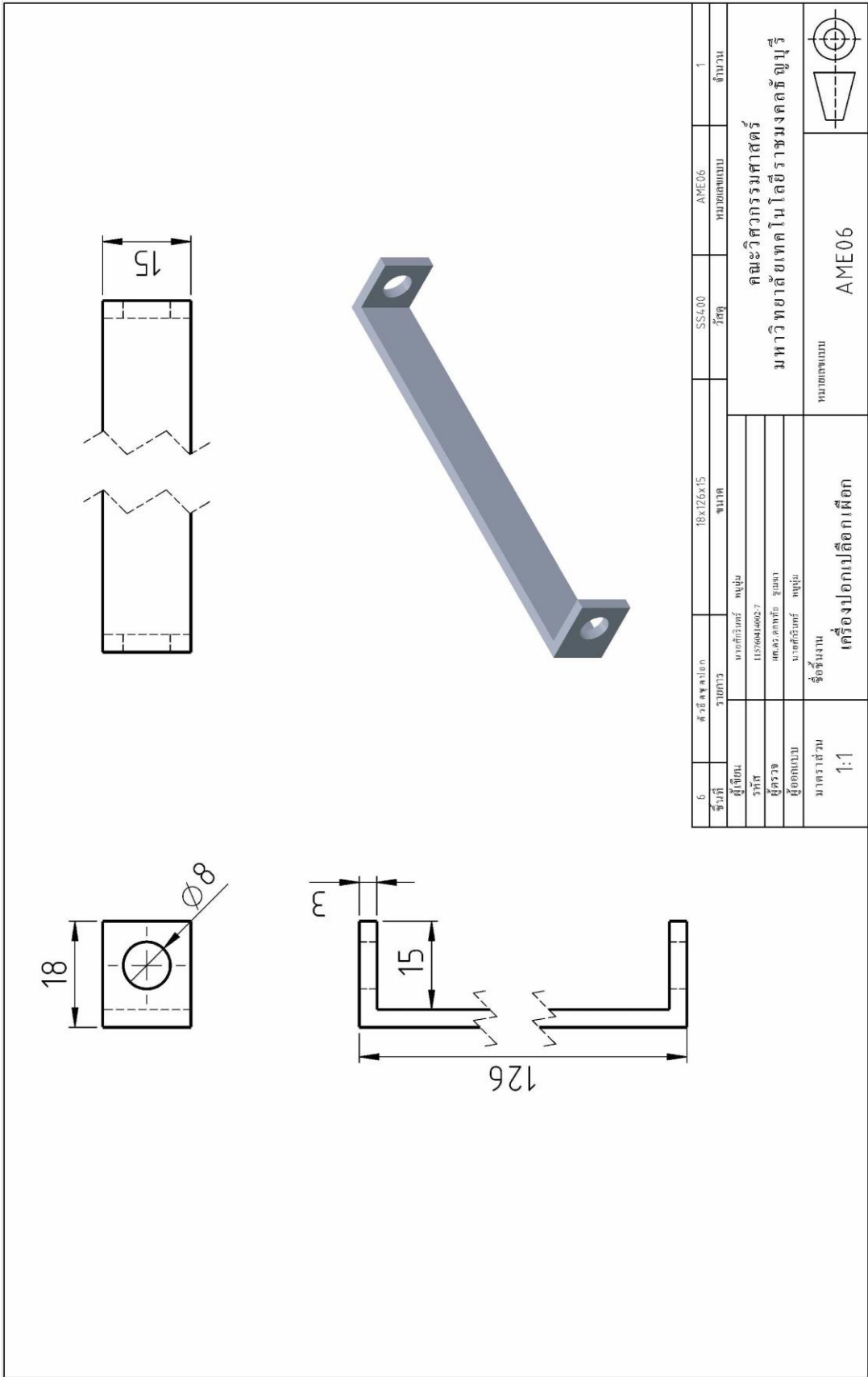


4.	หมายเลขฉบับ รายการ	16x300x16 ขนาด	SS400 วัสดุ	AME04 หมายเลขแบบ	2 จำนวน
ผู้เขียน	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี หมายเหตุ:			
วันที่	11/5/2564				
ผู้ตรวจ	ศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ				
ผู้ออกแบบ	นายศรัทธาภรณ์ ขุนพงษ์				
มาตรฐาน	อ้างอิงงาน	เครื่องปอกเปลือกเหล็ก	หมายเลขแบบ AME04		
มาตราส่วน	1:1				

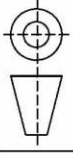


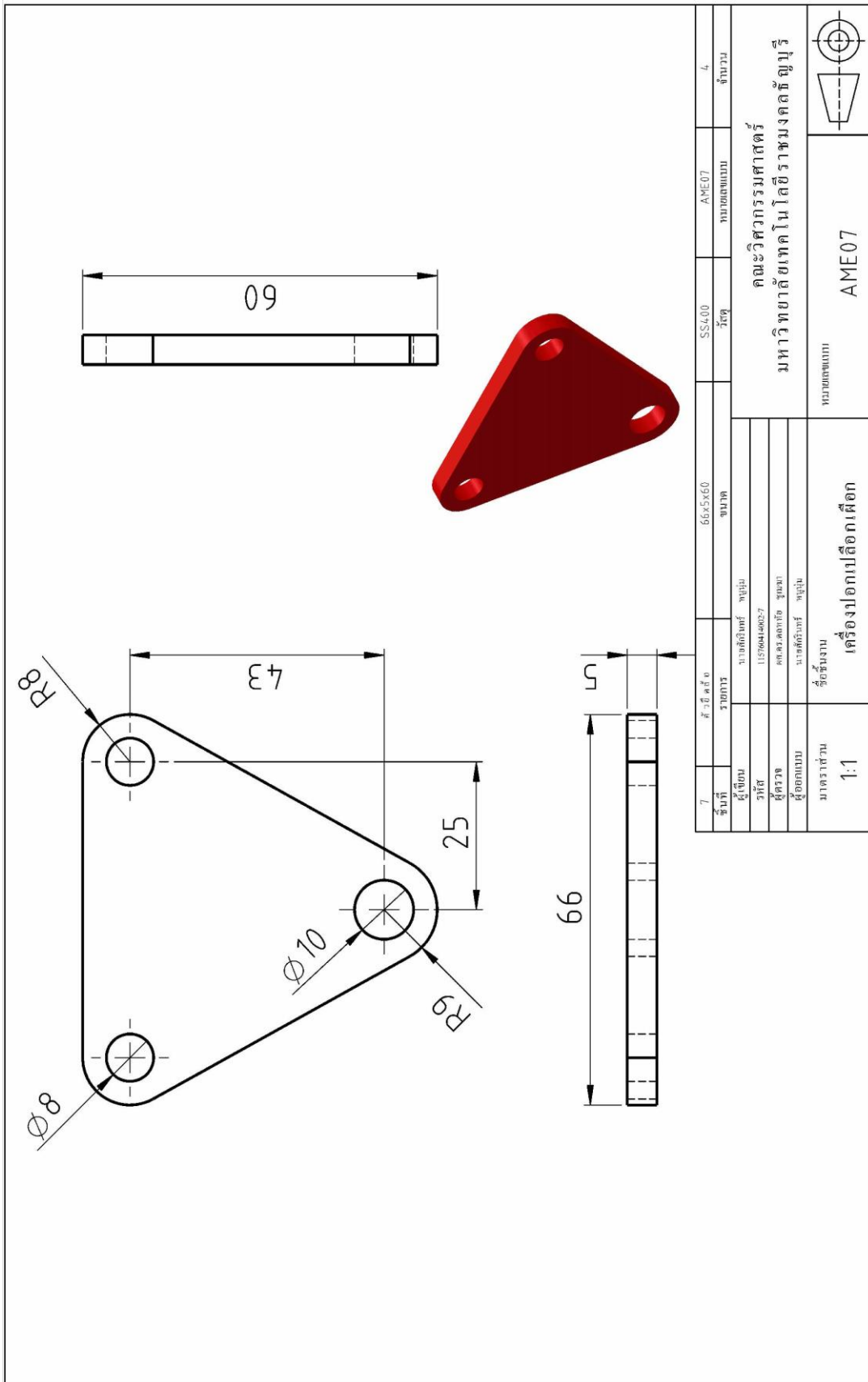
5	ชุดประกอบ	49x25x100	SS400/SUS304	AME05	1
จำนวน	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายศรัณห์ ภูมิ				
วันที่	11/26/61				
ผู้ตรวจ	ศศ.ว.สกลชัย ชูแสง				
ผู้ออกแบบ	นายศรัณห์ ภูมิ				
มาตรฐาน	ท้องถิ่น				
1:2	เครื่องบอกเปิดกึ่งตึก			AME05	

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

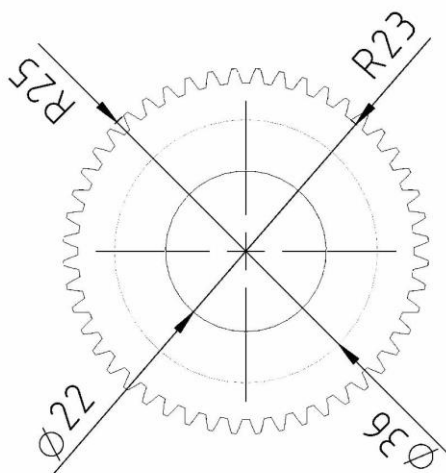


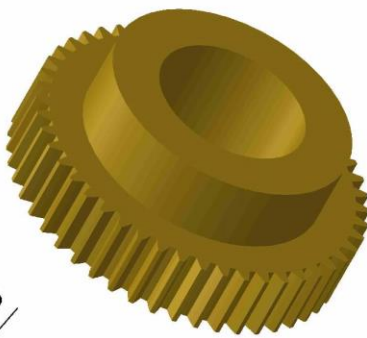
6.	สร้อยปลอก	18x126x15	SS400	AME06	1
วันที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายอภิรักษ์ หนูบุษ				
รหัส	115/664/002-7				
ผู้ตรวจ	ศ.ดร.เอกชัย ฐิตธนา				
ผู้ออกแบบ	นายอภิรักษ์ หนูบุษ				
มาตรฐาน	ชื่อรุ่นงาน	เครื่องปอกเปลือกเปลือก		AME06	
1:1					

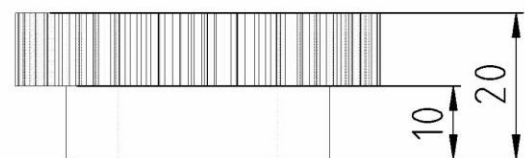


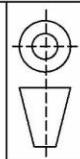


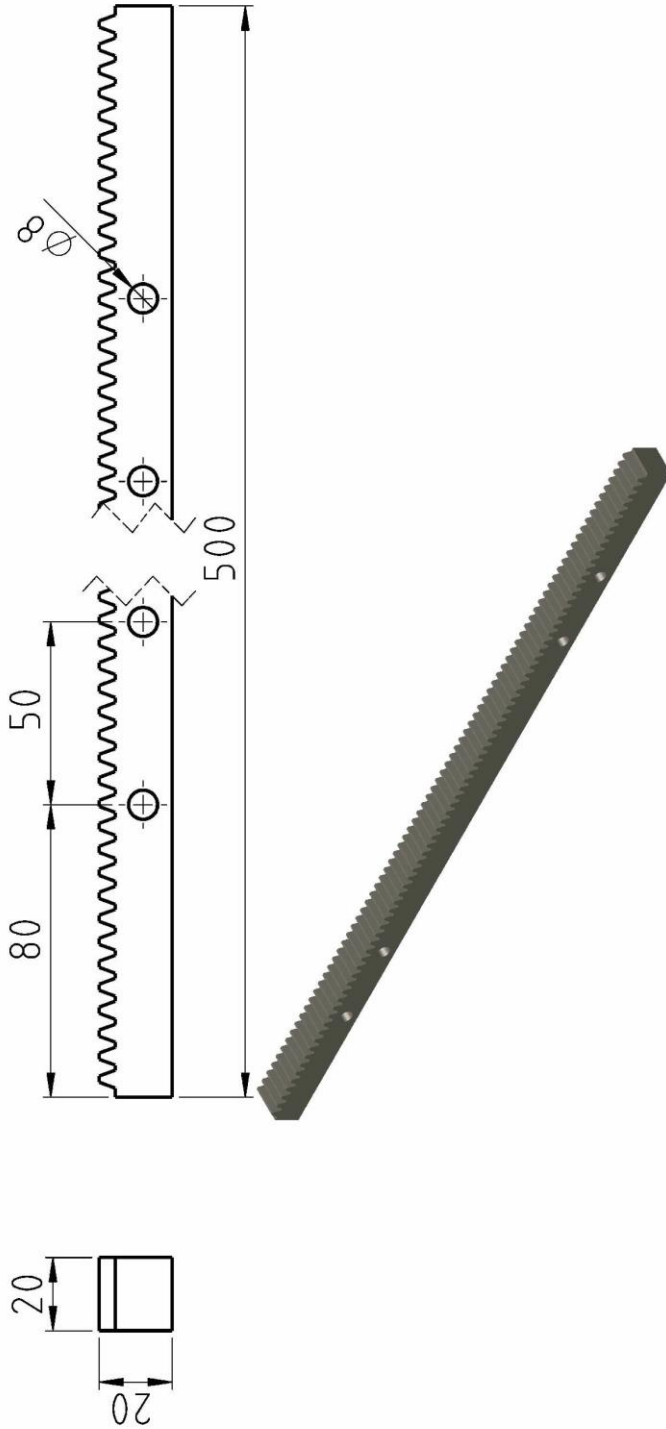
8	ชื่อรายการ	50x18x50	SS/ZN	AME08	2
รูปที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเหตุ	จำนวน
ผู้เขียน	นายศุภสิทธิ์ หนูปุ่น				
วันที่	11/5/2020				
ผู้ตรวจ	ดร.สมชาย ฐิตานา				
ผู้ออกแบบ	นายศุภสิทธิ์ หนูปุ่น				
มาตราส่วน	ข้อค้นงาน	เครื่องปกเปิดแกว่ง		หมายเหตุ	
1:1				AME08	
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี					



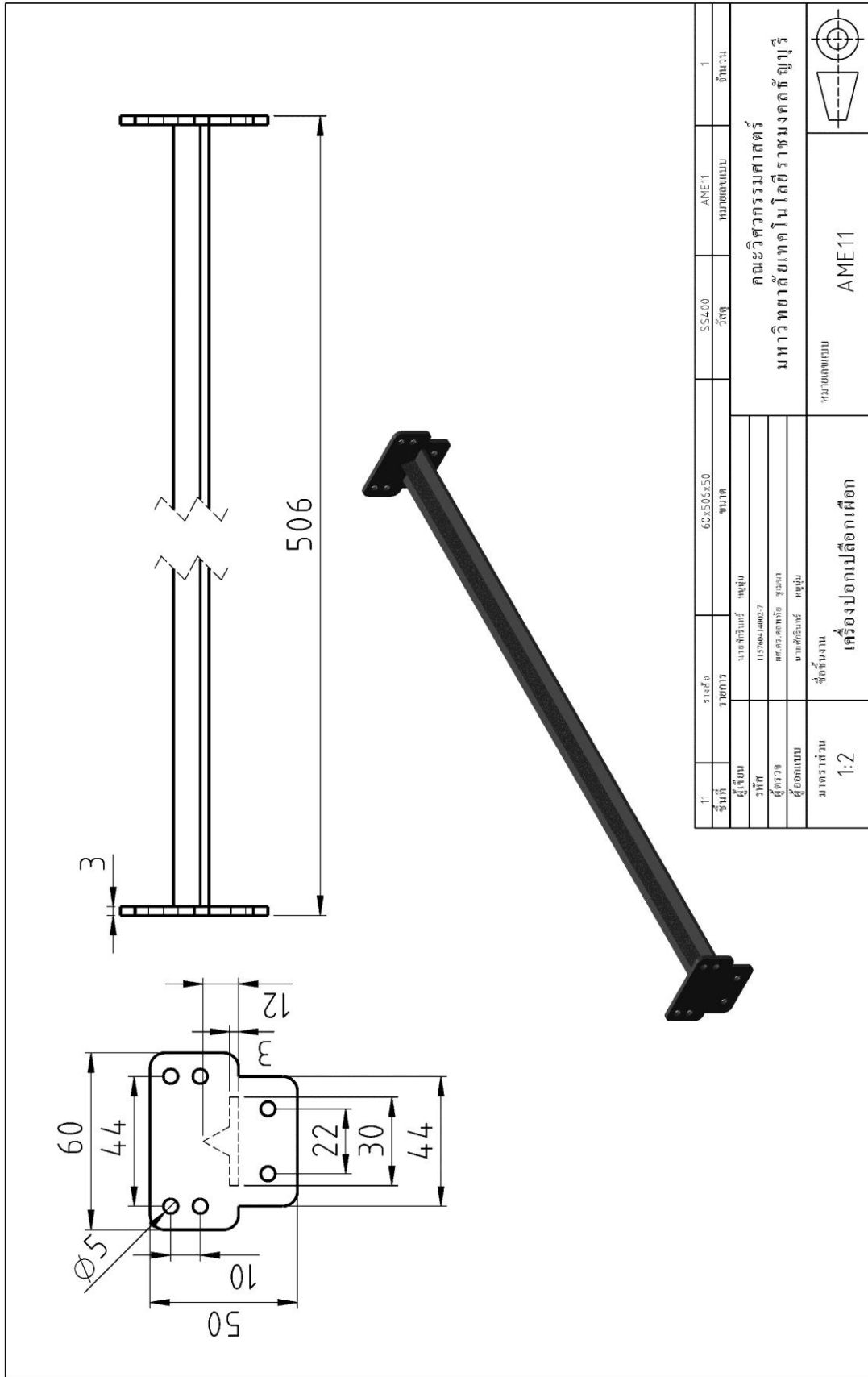


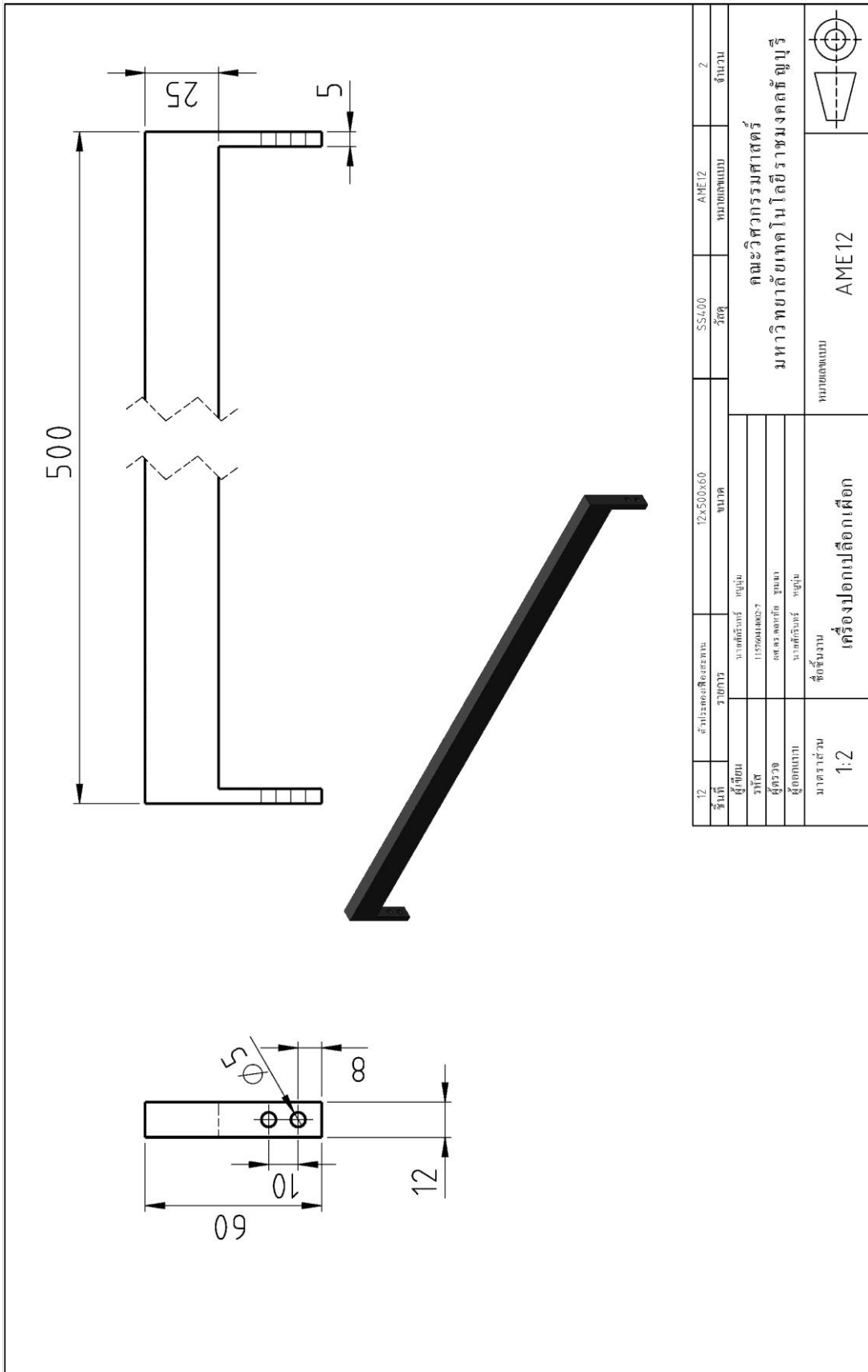


9	ชื่องาน	50x20x50	S45C	AME09	จำนวน	1
วันที่	วันที่รับ	ชนิด	วัสดุ	หมายเลขแบบ		
ผู้เขียน	นายศศิธรณ์ หนูปุ่น					
รหัส	115766440027					
ผู้ตรวจ	ศศ.ดร.เอกวิทย์ สุขมา					
ผู้ออกแบบ	นายศศิธรณ์ หนูปุ่น					
ขนาดส่วน	ข้อรันงาน					
1:1	เครื่องปกเปิดกึ่งเฟือก					
		หมายเลขแบบ			AME09	
		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี				

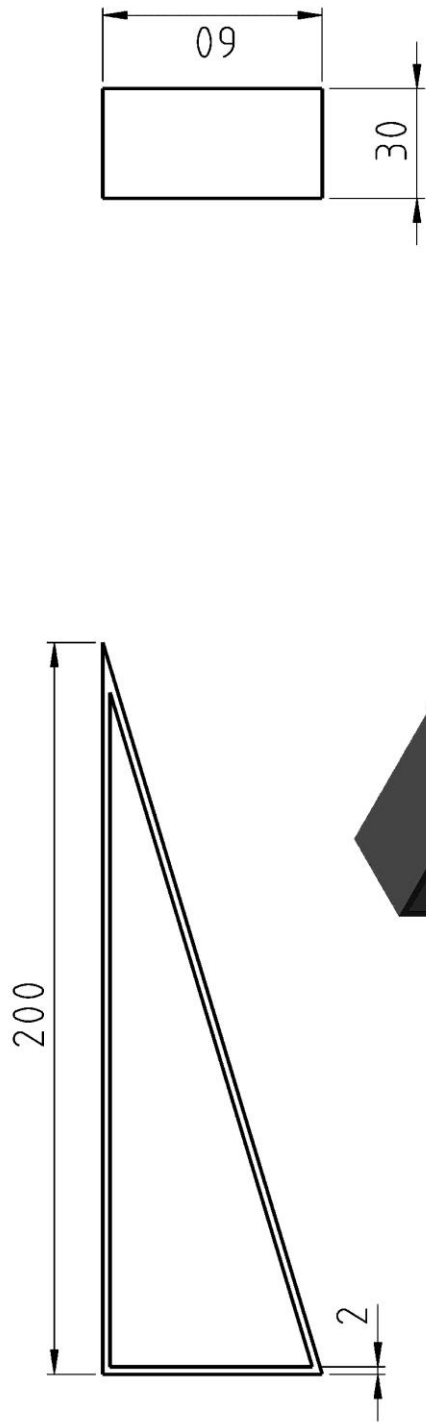


10	เครื่องเล่น	20x500x20	545C	AME10	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเหตุ	จำนวน
ผู้เขียน	บ.อศ.สิริกันต์ ขุนปุ่ม				
ผู้ตรวจสอบ	ศ.อ.อภิญญา ขุนปุ่ม				
ผู้ออกรายงาน	บ.อศ.สิริกันต์ ขุนปุ่ม				
มาตราส่วน	ข้อรับงาน	เครื่องปอกเปลือกเปลือก		หมายเหตุ	
1:2				AME10	
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี					

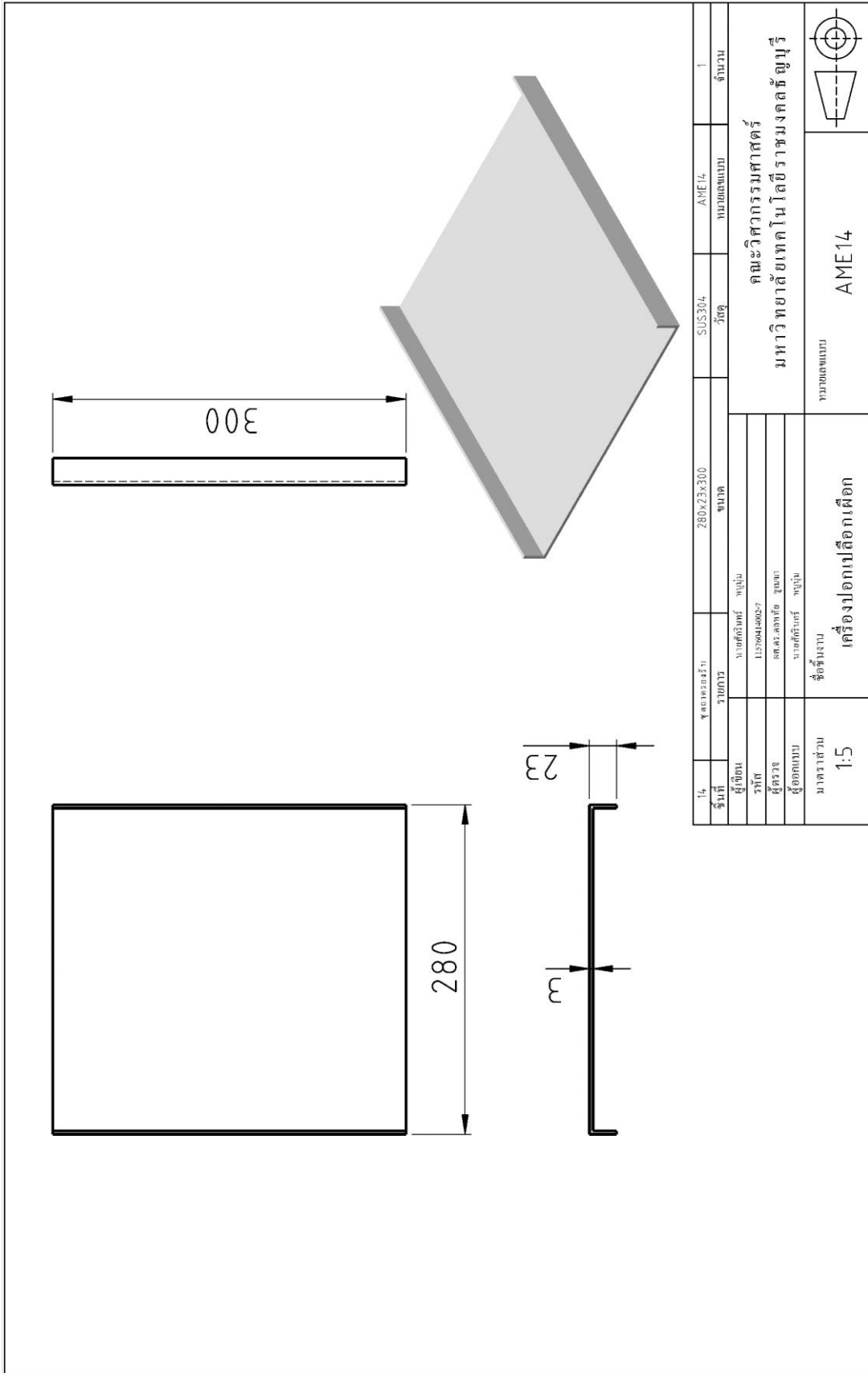




12	ส่วนประกอบเครื่องชั่ง	ขนาด	SS400	AME12	จำนวน
ชื่อ	ชื่อ	วัสดุ	ชื่อ	ชื่อ	จำนวน
ผู้เขียน	นายศักดิ์สิทธิ์ หนูเงิน				
วันที่	11/5/64				
ผู้ตรวจ	ศาสตราจารย์ ชูชนน				
ผู้ออกแบบ	นายศักดิ์สิทธิ์ หนูเงิน				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน	ชื่อเครื่อง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
1:2	เครื่องปอกเปลือกเผือก	AME12			



13	ฐานตั้ง 3x3x3 คัด วัสดุ	30x200x60 ขนาด	SS400 วัสดุ	AME13 หมายเลขแบบ	2 จำนวน
ผู้เขียน	นายศรัทธินันท์ ชูบุญ รหัส 115766414002-7	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี			
ผู้ตรวจ	ดร.ดร.สมชาย ชูบุญ				
ผู้ออกแบบ	นายศรัทธินันท์ ชูบุญ				
มาตรฐาน 1:2	ชื่อชิ้นงาน เครื่องปอกเปลือกเผือก	หมายเลขแบบ AME13			



14	ชุดประกอบ	ชุดประกอบ	ขนาด	SUS304	AME14	1
ผู้เขียน	นายศักดิ์สิทธิ์ ชาญไม่	ผู้ตรวจสอบ	นายศักดิ์สิทธิ์ ชาญไม่	คณะวิศวกรรมศาสตร์		
ผู้ตรวจ	11576440027	ผู้ออกแบบ	นายศักดิ์สิทธิ์ ชาญไม่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ชื่อชิ้นงาน	ชื่อชิ้นงาน	เครื่องปกเปิดเหล็ก		ชื่อแบบ		
ขนาดส่วน	1:5			AME14		



ภาคผนวก ง

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่



วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏนครราชสีมา

Journal of Engineering, RMUTT

ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม - มิถุนายน 2560 www.engineer.rmutt.ac.th/journal ISSN 1685-5280

การเชื่อมเสียดทานแบบทวนรอยต่อระหว่างอลูมิเนียมผสมพีวีดี 6063 และอลูมิเนียมหล่อผสมแมกนีเซียม-ซิลิกอน Friction Stir Welding of Butt Joint between 6063 Aluminum Alloy Rolled Plate and As-cast Mg-Si Aluminum Alloy Plate • ศักดิ์ ช่างทอง สุภรณ์ เก่งทอง เกษณี เกษณี อรุณี อธิษฐานพร เสกสรรค์พร บุรพจน์	1
การคืนสภาพน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากน้ำมันเครื่องใช้แล้วโดยสกัดด้วยตัวทำละลายผสม Recovery of Lube Base Oil from Used Lubricant Oil by Mixed Solvent Extraction • ณัฐพร พิเศษชัย	9
การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกพริกทั้งตัวอัตโนมัติ Development of a Semiautomatic Peeled Taro Machine • ศศิธรณ์ บุญตาภา อรุณี เกษณี อรุณี อธิษฐานพร	15
การลดการดึงกลับของเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษเกรด JIS-SPFC980Y ในรูปฟันขึ้นรูปตัว V A spring-back reduction of advanced high strength steel grade JIS-SPFC980Y in V-bending die • ทวีพรพร อธิษฐานพร ณัฐพร เก่งทอง เสกสรรค์พร บุรพจน์	24
การศึกษาและทดสอบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง Study and Testing of a Lotus Seed Peeling Machine • อรุณี อธิษฐานพร อธิษฐานพร อธิษฐานพร อธิษฐานพร อธิษฐานพร อธิษฐานพร	35
การคำนวณฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแก้ว Carbon Footprint for Production of Banana Crisps • อธิษฐานพร อธิษฐานพร อธิษฐานพร อธิษฐานพร	43
คุณสมบัติเบื้องต้นของพาสต์ มอร์ตาร์ และคอนกรีตผสมเสริมกำลังด้วย Basic Properties of Pastes, Mortars and Concrete Containing Strength Enhancing Mineral Admixture • อธิษฐานพร อธิษฐานพร อธิษฐานพร อธิษฐานพร อธิษฐานพร อธิษฐานพร	51
Properties of Borassus Fruit Fiber • Kitiyaphan Pholam Ed Sarobol and Rattanaphol Mongkolrattanasit	61

0992-6666 โทรสาร 0992-2555 www.engineer.rmutt.ac.th/journal ISSN 1685-5280

การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเพือกกึ่งอัตโนมัติ Development of a Semiautomatic Peeled Taro Machine

ศักรินทร์ หนูนุ่ม¹ ดลหทัย ชูเมฆา² และอภิรมย์ ชูเมฆา³
sn.rmutt@gmail.com¹, dolhathai_ch@mutt.ac.th², apirom_ch@mutt.ac.th³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาและทดสอบสมรรถนะเครื่องปอกเปลือกเพือกกึ่งอัตโนมัติ วิธีการศึกษาประกอบด้วย 1) การออกแบบและสร้างเครื่องจักร โดยที่เครื่องปอกเปลือกเพือกมีส่วนประกอบ 5 ส่วนสำคัญ คือ ก. ส่วนของโครงเครื่องจักรขนาด 400x500x500 มม., ข. ชุดจับผลเพือก, ค. ชุดปอกเปลือกซึ่งเป็นใบมีด, ง. ชุดดันกำลัง มอเตอร์ 0.5 แรงม้า 220 โวลต์ และ จ. ชุดถาดรองรับ 2) ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่อง โดยมีปัจจัยควบคุม 3 ปัจจัย ได้แก่ ก. พันธุ์เพือก (หอม) ข. ขนาดของเพือก (เล็ก, กลาง, ใหญ่) และ ค. ความเร็วรอบชุดปอก (8, 12, 14, 16, 20, 24 รอบ/นาที) ปัจจัยที่ประเมินคือ ประสิทธิภาพการปอก เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง และอัตราการทำงานของเครื่อง 3) การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องปอกเปลือกเพือก ผลการทดสอบ พบว่าสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องอยู่ ณ ความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที แสดงค่าประสิทธิภาพการปอกและอัตราการทำงานของเครื่องสูงสุด สำหรับเพือกขนาด เล็ก, กลาง, ใหญ่ เท่ากับ 74.18 ± 5.72 %, 12.07 ± 1.73 กก./ชม., 76.30 ± 5.92 %, 12.08 ± 2.54 กก./ชม. และ 77.08 ± 5.53 %, 16.12 ± 2.53 กก./ชม. ตามลำดับ ทั้งนี้เครื่องสามารถทำงานได้มากกว่าแรงงานคนโดยเฉลี่ย 2 เท่า (แรงงานคนสามารถทำงานได้ 8.8 ± 4.33 กก./ชม.) เมื่อให้เข้าเครื่องในราคา 5 บ./กก. มีจุดคุ้มทุนที่ 404.54 กก./ปี และระยะเวลากลับทุน 4 เดือน

คำสำคัญ: เครื่องปอกเปลือก เพือก การทดสอบ

Abstract

This research was to develop and test the performance of a Semiautomatic Peeled Taro Machine. As this methodology comprising about: 1) Design and fabrication of the machine, that consisted of the 5 parts: A. a steel structure of 400x500x500 mm., B. peeled chuck unit, C. peeled blade unit, D. a 0.5 HP, 220 V, electric motor, E. supporting unit. 2) Test and evaluation of the machine performance for the controlling were taken. The 3 control factors were cultivar (Hom), grade (small, medium, large) and peeling speed (8, 12, 16, 20, 24 rpm). The evaluated factors were peeling efficiency, shell remain percentage, capacity. 3) Analysis of engineering economic. Then the result indicated that suitable working condition at 8 rpm presented the maximum efficiency and capacity for small, medium, large grade 74.18 ± 5.72 %, 12.07 ± 1.73 kg/h,

¹ นักศึกษานอกวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

² อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

76.30±5.92 %, 12.08±2.54 kg/h and 77.08±5.53 %, 16.12±2.53 kg/h, respectively. Which higher than operated by labor approximately 2 times. (Worker skilled 8.8±4.33 kg/h). Engineering economic analysis revealed that renting the peeler at the rate of 5 baht/kg would give break event point 404.54 kg/year and payback in 4 month.

Keywords: Peeler Taro Testing

1. บทนำ

เผือกมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Colocacio esculenta* L. อยู่ในตระกูลอะราเซีย (*Aracea*) เป็นพืชหัว ประกอบด้วยหัวใหญ่ 1 หัว และหัวเล็ก ๆ แตกกอกรอบ ๆ สายพันธุ์ที่นิยมได้แก่ สายพันธุ์เผือกหอม มีจุดเด่นคือ หัวใหญ่ เนื้อเผือกมีสีขาวลายสีม่วง จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมบริโภค เนื่องจากมีกลิ่นหอมและรสชาติดี มีส่วนประกอบทางอาหารที่สำคัญ ได้แก่ แป้งและแร่ธาตุต่าง ๆ จึงเป็นที่ต้องการของตลาดภายในและต่างประเทศ เช่น ออสเตรเลีย ฮองกง ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ และมาเลเซีย โดยประเทศไทยมีปริมาณการปลูกเผือกอยู่หัวไปทุกภาคของประเทศ รวมทั้งพื้นที่ปลูกเผือกทั้งประเทศเฉลี่ยปีละ 25,000-30,000 ไร่ ผลผลิตอยู่ที่ประมาณ 45,000-65,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 2 -2.5 ตันต่อไร่ [4]

แหล่งปลูกเผือกที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ อำเภอ บ้านหมอ จังหวัดสระบุรี [3] ด้วยจุดเด่นของ สภาพพื้นที่ ทำให้เผือกที่มีคุณภาพดีมีมาก และนอกจากการขายเผือกสด สำหรับบริโภคแล้ว เกษตรกรที่นี่ยังนำเผือกมาแปรรูป เป็นผลิตภัณฑ์จากเผือก เช่น เผือกฉาบ เผือกเค็ม เป็นต้น เพื่อเพิ่มมูลค่าและสร้างรายได้อีก ทางหนึ่ง ซึ่งการนำเผือก มาประกอบอาหารหรือแปรรูปนั้น จะต้องผ่านขั้นตอน การปอกเปลือกเสียก่อน แต่เนื่องจากเปลือกของเผือกนั้น จะมียางซึ่งเป็นกรดออกซาลิก [2] เมื่อสัมผัสจะทำให้เกิด อาการระคายเคืองผิว รุ้สึกคัน และเกิด อาการแพ้ จากปัญหา ดังกล่าวจึงได้เกิดแนวคิดพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเผือก ขึ้นมาทดแทนแรงงานคน เพื่อลดสภาวะการระคายเคืองผิว และอุบัติเหตุขณะปอกเปลือก รวมถึงเพิ่มกำลังการผลิต แต่เครื่องปอกเปลือกเผือกต้นแบบมีข้อเสียคือ ต้องอาศัย

แรงงานคนในการหมุน ชุดใบมีดด้วยมือ เพื่อทำการ ปอกเปลือกเผือก จึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่อง ปอกเปลือกเผือกให้สามารถทำงานได้แบบกึ่งอัตโนมัติ และหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่อง

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ศึกษากระบวนการแปรรูปเผือก

ศึกษากระบวนการแปรรูปเผือกโดยการลงพื้นที่ สํารวจและสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกร ซึ่งประกอบกิจการ วิชาทกิจชุมชนแปรรูปเผือก ตำบลลพเทพ อำเภอ บ้านหมอ จังหวัดสระบุรี เช่น พันธุ์ ขนาด ความหนาของเปลือกเผือกซึ่ง แม้บ้านเกษตรกรปอกด้วยมือ และกระบวนการแปรรูป เพื่อใช้ เป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกเผือก รวมถึงเปรียบเทียบ การทำงานระหว่างเครื่องจักรกับแรงงาน คน

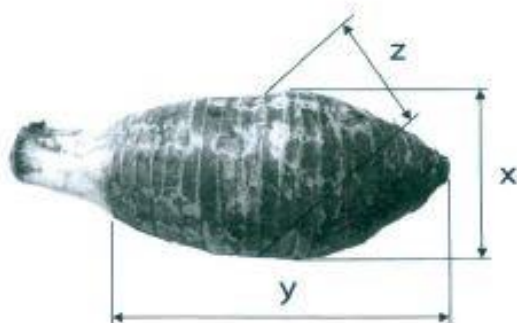
2.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเผือก

ศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลเผือกพันธุ์หอม ทั้ง 3 ขนาดคือ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ซึ่งยังไม่ผ่าน กระบวนการปอกเปลือก อันได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความหนา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย น้ำหนัก ความหนาของเปลือก และปริมาณความชื้น พร้อมทั้ง คำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.)

2.2.1 ขนาด

ทำการวัดขนาดผลเผือกด้วยเวอร์เนียร์ คาลิเปอร์ (Mitutoyo, 0-150 มม.) ได้แก่ ความกว้าง (x) ความยาว (y)

และ ความหนา (z) ของเปลือก ดังรูปที่ 1 จำนวนขนาดละ 50 ผล จากนั้นนำค่าความกว้างและความหนาของผลมาคำนวณหาค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (สมการที่ 1) [1] วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับเป็นข้อมูลในการออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเปลือก



รูปที่ 1 การหาค่าขนาดของผลเปลือก

$$\theta_{avg} = \frac{(X + Z)}{2} \quad (1)$$

- เมื่อ θ_{avg} = เส้นผ่านศูนย์กลางผลเปลือกเฉลี่ย (มม.)
 X = ความกว้างผลเปลือก (มม.)
 Z = ความหนาผลเปลือก (มม.)

2.2.2 ความหนาเปลือก

นำผลเปลือกจำนวน 3 ขนาด ขนาดละ 50 ผล มาปอกเปลือก และวัดความหนาของเปลือกเปลือกจำนวน 3 ตำแหน่ง คือ หัว กลาง และท้ายของผลเปลือก และหาค่าเฉลี่ยความหนาของเปลือกสูงสุด เพื่อนำไปใช้กำหนดความลึกของใบมีดในการปอกเปลือกเปลือก

2.2.3 น้ำหนัก

ทำการชั่งน้ำหนักผลเปลือกโดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล (Sartorius, 0-3100 ก.) จำนวนขนาดละ 50 ผล พร้อมทั้งบันทึกค่า

2.2.4 ปริมาณความชื้น

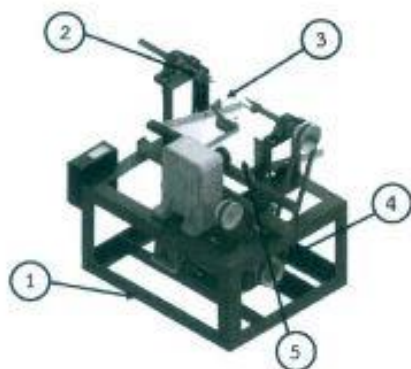
หั่นเปลือกเป็นชิ้นเล็ก ๆ จำนวน 50 ชิ้นต่อขนาด แล้วบรรจุลงในถ้วยโลหะ ซึ่งผ่านกระบวนการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °ซ. เป็นเวลา 8 ชม. จากนั้นนำเข้าตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิการอบเท่ากับอุณหภูมิ 105 °ซ นำออกมาชั่งน้ำหนักทุก ๆ 1 ชม. จนกระทั่งมีน้ำหนักคงที่ แล้วคำนวณหาค่าปริมาณความชื้น สมการที่ 2 [6]

$$\%MC_{wb} = \frac{W_w}{(W_w + W_d)} \quad (2)$$

- เมื่อ $\%MC_{wb}$ = เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก (%)
 W_w = น้ำหนักน้ำ (ก.)
 W_d = น้ำหนักแห้ง (ก.)

2.3 ออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกเปลือก

นำข้อมูลลักษณะทางกายภาพที่ผ่านการศึกษามาใช้ออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเปลือก เครื่องมีส่วนประกอบหลัก คือ 1. โครงเครื่อง มีขนาดความกว้างxความยาวxความสูง เท่ากับ 400x500x500 มม. เพื่อให้มีขนาดกะทัดรัด ผู้ใช้เครื่องสามารถนั่งปฏิบัติงานได้ 2. ชุดจับผลเปลือก เป็นสแตนเลสยึดติดกับเพลาและลวดสแตนเลสปลายแหลม 3 ชิ้น โดยให้เพลาหัวจับด้านขวายึดติดกับที่ และรับกำลังจากชุดส่งกำลัง ส่วนเพลาหัวจับด้านซ้ายสามารถปรับได้ตามขนาดความยาวของเปลือก 3. ชุดปอก ประกอบด้วยใบมีดปอกผลไม้ตัดเป็นรูปตัวยู ปรับระยะคมมีดด้วยมือจากทางปลา และก้านยึดใบมีดสามารถปรับระยะได้ตามขนาดของผลเปลือก ผ่านสปริงมีเหล็กเชื่อมยึดติดกับชุดปอก เพื่อทำหน้าที่ยึด ชุดปอกให้ติดกับเฟืองสะพาน 4. ชุดต้นกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า, 220 โวลต์ ส่งกำลังสู่ชุดส่ง และสายพานผ่านเกียร์ทด 1:40 ส่งกำลังต่อไปยังเฟืองขับซึ่งทำหน้าที่ขับเฟืองสะพานที่มีชุดปอกยึดอยู่ 5. ชุดถาดรองรับ ใช้แผ่นสแตนเลสพับให้มีขนาด ความกว้าง 280 มม. ความยาว 300 มม. และความสูง 20 มม. ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบเครื่องปอกเปลือกกล้วยอัตโนมัติ

2.4 ทดสอบสมรรถนะและประเมินผลการทำงาน ของเครื่อง

นำผลเปลือกพันธุ์หอม 3 ขนาดคือ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ มาทดสอบที่ความเร็วรอบชุดปอก (อัตราการปอกใบมีด) 5 ระดับ ได้แก่ 8, 12, 16, 18, 20 และ 24 รอบ/นาที โดยทดสอบความเร็วรอบละ 5 ผล จำนวน 5 ซ้ำ จนครบทุกความเร็วรอบ บันทึกค่าเวลาที่ใช้ในการปอก ซึ่งนำหนักเปลือกเปลือกที่ปอกได้และนำหนักเปลือกเปลือกที่ติดค้าง จากนั้นนำไปคำนวณหา ค่าประสิทธิภาพการปอก เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง อัตราการทำงาน of เครื่อง และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ดังสมการที่ 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ [1]

$$P_p = \frac{W_p}{W_t} \times 100 \quad (3)$$

$$P_L = \frac{W_L}{W_T} \times 100 \quad (4)$$

$$C = \frac{W_p}{t} \times 100 \quad (5)$$

$$R = IVt \times 100 \quad (6)$$

- เมื่อ P_p = ประสิทธิภาพการปอก (%)
 W_p = น้ำหนักเปลือกเปลือกที่ปอกได้ (ก.)
 W_T = น้ำหนักเปลือกเปลือกทั้งหมด (ก.)
 P_L = เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)
 W_L = น้ำหนักเปลือกเปลือกที่ติดค้าง (ก.)

- C = อัตราการทำงาน of เครื่อง (กก./ชม.)
 t = เวลาที่ใช้ในการปอกทั้งหมด (ชม.)
 R = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์.ชม.)
 I = กระแสไฟฟ้า (แอมป์)
 V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

2.5 ประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม ซึ่งมีสมมติฐานว่า กลุ่มแม่บ้านซื้อเครื่องปอกเปลือกกล้วย เพื่อนำมาใช้ทดแทนแรงงานคนในการปอก เพื่อนำมาคำนวณหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุน สมการที่ 6 และ 7 [7]

$$BEP = \frac{FC}{(H - VC_{per kg})} \times 100 \quad (7)$$

$$PBP = \frac{AC}{p} \times 100 \quad (8)$$

- เมื่อ BEP = จุดคุ้มทุน (กก./ปี)
 FC = ต้นทุนคงที่ (บ./ปี)
 H = ค่าเช่าเครื่อง (บ./กก.)
 $VC_{per kg}$ = ต้นทุนแปรผัน (บ./กก.)
 PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)
 p = กำไร (บ.)
 AC = ค่าใช้จ่ายรวมรายปี (บ./ปี)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษากระบวนการแปรรูปเปลือก

ศึกษากระบวนการแปรรูปเปลือกจากกลุ่มแม่บ้าน ซึ่งประกอบกิจการวิสาหกิจชุมชนแปรรูปเปลือก พบว่าเกษตรกรใช้เปลือก พันธุ์หอม ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ซึ่งมีอายุการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 1 อาทิตย์ นำมาทำการตัดที่บริเวณส่วนล่างของผลประมาณ 1.5 นิ้ว และตัดก้าน สีเขียวที่ตรงส่วนบนของผลทิ้งแล้วปอกเปลือกด้วยมีด (รูปที่ 3) จนกระทั่งขาวสะอาดทั้งลูก (รูปที่ 4) ก่อนที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เปลือกหอมทอดกรอบสำหรับจำหน่าย



รูปที่ 3 กรรมวิธีการปอกเปลือกของแม่บ้าน



รูปที่ 4 ผลเปลือกที่ผ่านการปอกด้วยแรงงานคน

3.2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือก

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอม ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ (ตามรูปที่ 5) ให้ผลดังตารางที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 5 เปลือกพันธุ์หอมทั้ง 3 ขนาด (เล็ก, กลาง และใหญ่)

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกขนาดเล็ก

ลักษณะทางกายภาพ	เปลือกขนาดเล็ก $\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$
ความกว้าง (มม.)	73.5 \pm 3.0 (0.04)
ความยาว (มม.)	105.8 \pm 7.9 (0.07)
ความหนา (มม.)	73.7 \pm 2.9 (0.04)
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (มม.)	73.6 \pm 2.9 (0.04)
ความหนาเปลือก (มม.)	3.2 \pm 0.5 (0.14)
น้ำหนัก (ก.)	380.7 \pm 45.3 (0.11)
ความชื้น (%)	65.57 \pm 3.7 (0.20)

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกขนาดกลาง

ลักษณะทางกายภาพ	เปลือกขนาดกลาง $\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$
ความกว้าง (มม.)	86.7 \pm 3.1 (0.03)
ความยาว (มม.)	112.6 \pm 10.8 (0.09)
ความหนา (มม.)	86.4 \pm 2.9 (0.03)
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (มม.)	86.5 \pm 2.9 (0.03)
ความหนาเปลือก (มม.)	3.3 \pm 0.4 (0.10)
น้ำหนัก (ก.)	535.4 \pm 35.2 (0.06)
ความชื้น (%)	63.23 \pm 3.4 (0.16)

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกขนาดใหญ่

ลักษณะทางกายภาพ	เปลือกขนาดใหญ่ $\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$
ความกว้าง (มม.)	109.3 \pm 4.0 (0.03)
ความยาว (มม.)	139.6 \pm 9.2 (0.06)
ความหนา (มม.)	109.5 \pm 4.1 (0.03)
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (มม.)	109.4 \pm 4.0 (0.03)
ความหนาเปลือก (มม.)	3.4 \pm 0.6 (0.09)
น้ำหนัก (ก.)	1,022.3 \pm 73.6 (0.07)
ความชื้น (%)	62.73 \pm 4.6 (0.22)

จากตารางที่ 1, 2 และ 3 พบว่า ลักษณะทางกายภาพของเปลือกพันธุ์หอมก่อนนำมาทดสอบ จะนำมาใช้การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกเปลือก โดยเปลือกขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

เฉลี่ยและความยาวผลเท่ากับ 73.6 ± 2.9 มม., 105.8 ± 7.9 มม., 86.5 ± 2.9 มม., 112.6 ± 10.8 มม. และ 109.4 ± 4.0 มม., 139.6 ± 9.2 มม. ตามลำดับ และยังเห็นได้ว่า เมื่อกแต่ละขนาดจะมีค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน ขนาดละประมาณ 10 มม. ในส่วนของน้ำหนักของผลเมื่อกขนาดเล็กมีค่า 380.7 ± 45.3 ก. ขนาดกลาง 535.4 ± 35.2 ก. และขนาดใหญ่ $1,022.3 \pm 73.6$ ก. โดยเมื่อกทั้ง 3 ขนาดจะมีค่าความหนาของเปลือก และค่าความชื้นของขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ เท่ากับ 3.2 ± 0.5 มม., 65.57 ± 3.7 %, 3.3 ± 0.4 มม., 63.23 ± 3.4 % และ 3.4 ± 0.6 มม., 62.73 ± 4.6 % ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน จนสามารถถือได้ว่าเท่ากัน

3.3 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกเมื่อก

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมื่อกทั้ง 3 ขนาด ซึ่งได้ว่า เมื่อกขนาดใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวเฉลี่ยมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 109.4 ± 4.0 มม. และ 139.6 ± 9.2 มม. ตามลำดับ จึงได้ออกแบบและพัฒนาชุดหัวจับผลเมื่อกให้มีระยะห่างหัวจับทั้งสองเท่ากับ 200 มม. เครื่องปอกเปลือกเมื่อกกึ่งอัตโนมัติอาศัยหลักการทำงานโดยการเคลื่อนที่ของชุดปอก (ใบมีด) ซึ่งสามารถปรับระยะคมมีดตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ขนาด) ของเมื่อกด้วยการยึดหดของสปริง และเคลื่อนที่บนเพื่องสะพานไปกลับผ่านลิมิตสวิตช์เพื่อปอก เปลือกเมื่อก นำค่าแรงเฉือนซึ่งได้จากการทดสอบหา แรงต้านระหว่าง ใบมีดและผลเมื่อกด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ที่ความเร็วคงที่ มาคำนวณหาขนาดมอเตอร์ [5] จึงเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า ทำหน้าที่เป็นต้นกำลัง ส่งกำลังผ่านเกียร์ทด 1:40 สายพาน มู่เล่ และมีชุดควบคุมสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่อง แสดงไว้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 เครื่องปอกเปลือกเมื่อกกึ่งอัตโนมัติ

3.4 ผลการทดสอบสมรรถนะและประเมินผล การทำงานของเครื่อง

ในการทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องปอกเปลือกเมื่อกกึ่งอัตโนมัติ จะทำการกดสวิตช์ควบคุมให้ชุดปอกทำการปอกเปลือกเมื่อกเพียง 1 รอบ และเคลื่อนที่กลับมายังตำแหน่งเริ่มต้น แล้วจึงกดสวิตช์เพื่อหยุดการทำงาน ให้ผลการทดสอบประสิทธิภาพ และเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง แสดงในตารางที่ 4 และ 5

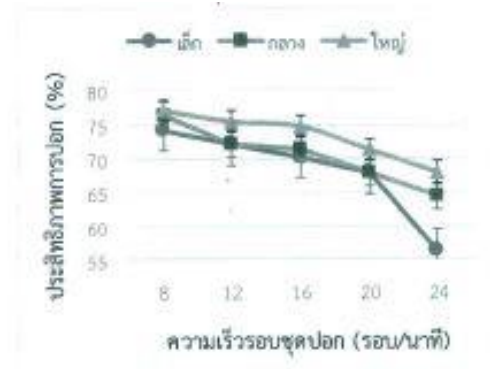
ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการปอกของการปอกเปลือกเมื่อกด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	ประสิทธิภาพการปอก (%)		
	$\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$		
	ขนาดเมื่อก		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	74.18±5.72 (0.08)	76.30±5.92 (0.07)	77.08±5.53 (0.07)
12	72.16±4.65 (0.06)	72.20±6.05 (0.08)	75.43±6.56 (0.15)
16	70.21±7.52 (0.10)	71.30±5.87 (0.04)	74.75±8.11 (0.11)
20	67.96±9.39 (0.13)	67.95±8.68 (0.12)	71.33±5.37 (0.07)
24	56.28±9.80 (0.17)	64.54±8.88 (0.17)	67.94±8.46 (0.12)

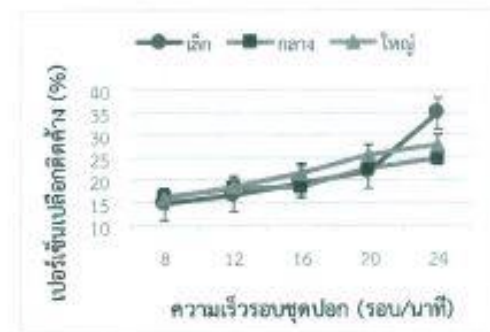
ตารางที่ 5. เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างของการปกเปลือกเมือก ด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%) X±S.D. (C.V.)		
	ขนาดเมือก		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	14.84±3.80 (0.25)	16.38±2.70 (0.16)	15.82±2.64 (0.17)
12	16.54±5.09 (0.30)	18.07±6.92 (0.31)	18.54±10.66 (0.57)
16	19.41±8.95 (0.46)	18.41±5.41 (0.29)	21.40±5.45 (0.25)
20	21.79±7.89 (0.36)	22.63±7.13 (0.31)	25.81±5.08 (0.24)
24	34.82±9.72 (0.27)	24.82±8.19 (0.38)	27.77±8.57 (0.31)

ตารางที่ 4 และ 5 แสดงค่าประสิทธิภาพ การปกและเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างของการปกเปลือกเมือก ด้วยเครื่อง จำนวน 3 ขนาด ทั้ง 5 ความเร็วรอบ ชุดปก พบว่า ณ ความเร็วรอบต่ำที่สุดคือ 8 รอบ/นาที เครื่องสามารถปกเปลือกเมือกขนาด เล็ก, กลาง และใหญ่ โดยให้ค่าประสิทธิภาพการปกเปลือกสูงที่สุดเท่ากับ 74.18±5.72% (C.V.0.08), 76.30±5.92% (C.V. 0.07) และ 77.08±5.53 % (C.V. 0.07) ตามลำดับ และค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างน้อยที่สุดเท่ากับ 14.84±3.80% (C.V. 0.25), 16.38±2.70% (C.V. 0.16) และ 15.82±2.64% (C.V.0.17) ตามลำดับ เมื่อระดับ ความเร็วรอบชุดปกมีค่าสูงขึ้น ค่าประสิทธิภาพของ การปกเปลือกจะมีค่าลดลง ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างมีค่าสูงขึ้น จนกระทั่งความเร็วรอบชุดปก ที่สูงเกินไป (20 และ 24 รอบ/นาที) ค่าประสิทธิภาพ การปกจะมีค่าลดลงมาก สาเหตุมาจากความเร็วรอบ ชุดปกสูงเกินไป ใบมีดไม่สามารถปกเปลือกเมือกได้ทัน มีผลให้เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างสูงมากขึ้นตาม



รูปที่ 7. ประสิทธิภาพการปกของการปกเปลือกเมือกด้วยเครื่อง ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ



รูปที่ 8. เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างของการปกเปลือกเมือก ด้วยเครื่อง ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

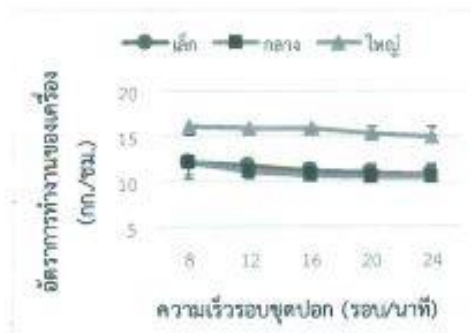
จากรูปที่ 7 และ 8 พิจารณาว่าเปลือกเมือกที่ปกได้ (ประสิทธิภาพการปก) และเปลือกติดค้าง (เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง) ที่ความเร็วรอบชุดปก 5 ระดับ แสดงให้เห็นว่า ที่ความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที ค่าประสิทธิภาพการปกเปลือกเมือกสูงที่สุด และเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างต่ำที่สุดและเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ค่าประสิทธิภาพการปกจะมีค่าลดลง และ ในทางตรงกันข้าม ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างจะมี ค่าเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบชุดปก ซึ่งมีแนวโน้ม ไปในทางเดียวกันกับเมือกทั้ง 3 ขนาด (ตามรูปที่ 7 และ 8) เนื่องจากที่ระดับความเร็วรอบต่ำ มีผลให้ชุดปก (ใบมีด) มีความเร็ว น้อย เคลื่อนตัวช้า ใบมีดสัมผัสเปลือกเมือกได้นาน สามารถปกเปลือกเมือกได้หมด เปลือกติดค้างเหลือน้อย ขณะที่ความเร็วรอบสูง

เปลือกเผือกมีระยะเวลาสั้น ผัสกับไวมิตน้อย โอกาสเกิดเปลือกติดค้างจึงมากตาม ทั้งนี้เพราะไวมิตไม่สามารถลอกเปลือกได้ทัน โดยความเร็วของชุดลอกไม่ควรต่ำกว่าระดับ 8 รอบ/นาที ด้วยเหตุผลคือ ความเร็วรอบต่ำเกินไป ทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของไวมิตช้ามาก ผลเผือกสัมผัสกับไวมิตนาน จนกระทั่งลอกกินเนื้อเผือก

ตารางที่ 6 อัตราการทำงานของการลอกเปลือกเผือกด้วยเครื่อง ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	อัตราการทำงานของเครื่อง (กก./ชม.) $\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$		
	ขนาดเผือก		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	12.07±1.73 (0.14)	12.08±2.54 (0.13)	16.12±2.53 (0.19)
12	11.68±1.39 (0.15)	11.11±2.20 (0.27)	16.03±3.82 (0.20)
16	11.15±2.39 (0.19)	10.75±2.45 (0.20)	15.89±4.65 (0.25)
20	10.99±3.10 (0.18)	10.65±5.39 (0.32)	15.40±6.37 (0.22)
24	10.69±8.41 (0.24)	10.57±6.02 (0.30)	14.98±7.44 (0.29)

ผลการทดสอบในตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าอัตราการทำงานของเครื่อง ที่ได้ในแต่ละความเร็วรอบ เมื่อพิจารณาผลเผือกหอมที่ขนาดเดียวกัน พบว่า ณ ความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที ให้ผลการลอกเปลือกเผือกได้อัตราการทำงานมากที่สุด โดยที่เผือกขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ เครื่องสามารถทำการลอกเปลือกได้ในอัตรา 12.07±1.73 กก./ชม., 12.08±2.54 กก./ชม. และ 16.12±2.53 กก./ชม. ตามลำดับ จากผลดังกล่าวบ่งชี้ว่า ความเร็วรอบสูงเกินไป ส่งผลต่อการลอกเปลือกเผือก โดยได้เปลือกในปริมาณน้อย เพราะความเร็วรอบสูง ไวมิต ไม่สามารถลอกเปลือกได้ทัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ที่ความเร็วรอบต่ำ (8 รอบ/นาที) ค่าสัมประสิทธิ์ ความแปรปรวน (C.V.) จะมีค่าน้อยตาม เนื่องจากไวมิตสามารถลอกเปลือกได้อย่างต่อเนื่อง มีผลให้ลอกเปลือกเผือกได้สม่ำเสมอ

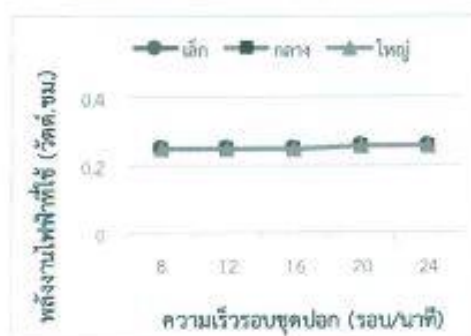


รูปที่ 9 อัตราการทำงานของเครื่องที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

จากรูปที่ 9 แสดงแนวโน้มของกราฟอัตราการทำงานของเครื่อง จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที ให้อัตราการทำงานมีค่าสูงที่สุด กับเผือกทั้ง 3 ขนาด (เล็ก, กลาง และใหญ่) และมีค่าลดลงตามระดับของความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 7 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการลอกเปลือกเผือกด้วยเครื่อง ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์.ชม.)		
	ขนาดเผือก		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	0.25	0.25	0.25
12	0.25	0.25	0.25
16	0.25	0.25	0.25
20	0.26	0.26	0.26
24	0.26	0.26	0.26



รูปที่ 10 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการลอกเปลือกเผือกเครื่องที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

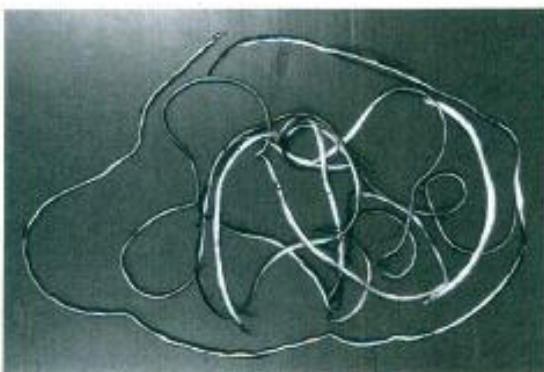
เมื่อพิจารณาดารางที่ 7 และรูปที่ 10 จะพบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการลอกเปลือกด้วยเครื่องที่ ความเร็วรอบ 8, 12 และ 16 รอบ/นาที ใช้พลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.25 วัตต์.ชม. ในส่วนของความเร็วรอบ 20 และ 24 รอบ/นาที ใช้พลังงานไฟฟ้า 0.26 วัตต์.ชม.ซึ่งให้ค่า มากกว่าเพียงเล็กน้อย สามารถอนุมานได้ว่าเท่ากัน



รูปที่ 11 ผลเปลือกที่ผ่านการลอกด้วยเครื่องที่ระดับความเร็วรอบต่ำ (8 รอบ/นาที)



รูปที่ 12 ผลเปลือกที่ผ่านการลอกด้วยเครื่องที่ระดับความเร็วรอบสูง (12, 16, 20 และ 24 รอบ/นาที)



รูปที่ 13 เปลือกเปลือกที่ได้จากการลอกด้วยเครื่อง

ตารางที่ 8 ความหนาของเปลือกเปลือกที่ลอกด้วยเครื่องและ แรงงานคน

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	ความหนาเปลือก (มม.) $\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$		
	ขนาดเปลือก		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	3.5±0.7 (0.04)	3.5±0.5 (0.05)	3.6±0.9 (0.04)
12	3.1±1.2 (0.04)	3.2±0.8 (0.07)	3.1±0.7 (0.05)
16	3.1±1.4 (0.05)	3.0±1.6 (0.05)	3.2±1.1 (0.06)
20	3.0±1.2 (0.07)	2.9±1.0 (0.06)	2.9±0.8 (0.05)
24	2.9±2.2 (0.09)	2.9±1.4 (0.07)	2.8±1.2 (0.06)
แรงงานคน	5.5±5.6 (0.37)		

พิจารณาความหนาเปลือกของความเร็วรอบ 5 ระดับ ได้แก่ 8, 12, 16, 20, 24 รอบ/นาที (ตารางที่ 8) จะพบว่า ความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที เครื่องสามารถ ลอกเปลือกได้ขนาดใกล้เคียงกับค่าความหนาของเปลือก เปลือกที่วัดได้ ซึ่งมีค่าความหนาของเปลือกตั้งแต่ 3.2±0.5 ถึง 3.4±0.6 มม. แต่ที่ความเร็วรอบ 12, 16, 20 และ 24 รอบ/นาที ความหนาเปลือกที่ลอกได้มีค่าน้อยกว่า ความหนาเปลือกเปลือกจริง เหตุผลเพราะความเร็วรอบ ที่สูงขึ้น ใบมีดเคลื่อนที่เร็ว มีเวลาสัมผัสเปลือกเปลือกได้น้อย ทำให้ความลึกของการลอกเปลือกมีค่าน้อยกว่า ความ หนาของเปลือกเปลือกเมื่อเปรียบเทียบความหนาของเปลือก เปลือกที่ผ่านการลอกด้วยแรงงานคน มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}), ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และสัมประสิทธิ์ ความแปรปรวน (C.V.) สูงกว่า ความหนาของเปลือกซึ่งลอกด้วยเครื่องใน ทุก ๆ ความเร็วรอบ สาเหตุมาจาก การลอกเปลือกเปลือก ด้วยแรงงานคนอาศัยการลอกโดยการประมาณความหนา ของเปลือก และถ้ายังมีผิวเปลือกชั้นในซึ่งมีสีอมม่วงอ่อน ๆ ปรากฏอยู่ ก็ยังต้องลอกซ้ำ อีกจนกระทั่งเห็นสีขาวของเปลือก ถือว่านำไปใช้แปรรูปได้จึงส่งผลต่อความหนาของเปลือก

ตารางที่ 9 อัตราการทำงานของการปอกเปลือกผักด้วยเครื่องกับแรงงานคน

อัตราการทำงานเฉลี่ยของเครื่อง (กก./ชม.)	ความสามารถในการปอกของแรงงานคน(กก./ชม.)
$\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$	
13.42 \pm 2.27 (0.17)	8.8 \pm 4.33 (0.49)

ความสามารถในการปอกเปลือกผักของแรงงานคน 8.8 \pm 4.33 (0.49) กก./ชม. อัตราการทำงานของเครื่องปอกเปลือกผัก เมื่อทำการปอกเปลือกผัก 3 ขนาด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.42 \pm 2.27 (0.17) กก./ชม. ซึ่งเครื่องสามารถทำงานได้มากกว่าแรงงานคนประมาณ 2 เท่า ดังตารางที่ 9

3.5 ผลการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ต้นทุนในการสร้างเครื่องปอกเปลือกผักกึ่งอัตโนมัติ แสดงดังตารางที่ 10 และผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุนตามหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ได้ผลตามตารางที่ 11

ตารางที่ 10 ต้นทุนสำหรับสร้างเครื่องปอกเปลือกผัก

ส่วนประกอบเครื่อง	ราคา (บ.)
1. โครงเครื่อง, ชุดปอก, ชุดจับผลผัก และชุดอาคารรองรับ	9,000
2. มอเตอร์ 0.5 แรงม้า 1 เฟส	3,500
3. สายพาน, มู่เล่ และเฟลา	3,500
4. สวิตช์และชุดควบคุม	4,000
5. เกียร์ทดรอบ 1:40	6,500
6. แรงงาน	8,500
รวม	35,000

ตารางที่ 11 จุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุน

จุดคุ้มทุน (กก./ปี)	ระยะเวลาการคืนทุน (ปี)
404.54	0.34

ตารางที่ 10 และ 11 กล่าวโดยสังเขปได้ว่า เครื่องปอกเปลือกผักมีต้นทุนในการสร้างเท่ากับ 35,000 บ. และถ้าให้เข้าเครื่องในอัตรา 5 บ./กก. จะมีจุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุนที่ 404.54 กก./ปี และ 4 เดือนตามลำดับ

4. สรุป

เครื่องปอกเปลือกผักที่พัฒนาขึ้น มี การทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ ต่อยอดจากเครื่องเดิม ซึ่งอาศัยแรงงานคนหมุนชุดมีด โดยพัฒนาชุดปอกให้เคลื่อนที่ไปและกลับด้วยลิมิตสวิตช์ จนกระทั่งสามารถปอกเปลือกผักได้หมดผล มีสภาวะการทำงานที่ดีที่สุดของเครื่อง คือ ความเร็วรอบชุดปอก 8 รอบ/นาที ให้ประสิทธิภาพการปอกและอัตราการทำงานของเครื่อง สำหรับผักขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ เท่ากับ 74.18 \pm 5.72%, 12.07 \pm 1.73 กก./ชม., 76.30 \pm 5.92%, 12.08 \pm 2.54กก./ชม. และ 77.08 \pm 5.53 %, 16.12 \pm 2.53 กก./ชม. เครื่องทำงานได้มากกว่าแรงงานคนประมาณ 2 เท่า ซึ่งแรงงานคนสามารถปอกเปลือกผักได้ 8.8 \pm 4.33 กก./ชม. มีจุดคุ้มทุนที่ 404.54 กก./ปี และระยะเวลาในการคืนทุน 4 เดือน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สำหรับ ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือ สำหรับทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ดลพทย์ ชูเมฆา, อภิรมย์ ชูเมฆา, จักรพันธ์ แก้วไทรสุน์ และวริยส แฉ่งประเสริฐ. 2557. การสร้างและทดสอบเครื่องปอกเปลือกผักต้นแบบ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 45: 3/1 (พิเศษ) :385-388
- [2] นิตตา หงษ์วิวัฒน์, 2547. ผักและสุขภาพ vegetable & health. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: พรรณีการพิมพ์. หน้า 67

- [3] เผือกหอม พืชหลังไร่ไร่ สร้างรายได้งามของคน
บ้านหม้อ สระบุรี. [ออนไลน์]. น.ป.ป. เข้าถึง
ได้จาก : [http://www.vigotech.co.th/index.
php?lay=show&ac=article&id=539826202&N,](http://www.vigotech.co.th/index.php?lay=show&ac=article&id=539826202&N)
(11 ตุลาคม 2558)
- [4] มาลินี พิทักษ์, สมศรี บุญเรือง และรังสิมันต์ สันฤทธิ์,
2539. การปลูกเผือก. กรุงเทพฯ: เอกสารวิชาการ กอง
ส่งเสริมพืชไร่ กรมส่งเสริมการเกษตร
- [5] วรสิทธิ์ อิงภากรณ์ และชาญ ทัศนงาน. 2549. การ
ออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด
ยูเคชั่น.
- [6] อภิรมย์ ชูเมฆา, สถาพร วีระสุนทร และดลหทัย
ชูเมฆา. 2558. การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของกล้วย
น้ำว้าสำหรับการออกแบบเครื่องเดือนกล้วย.
วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46: 3/1. (พิเศษ)
:441-444
- [7] Bundit Jarimopas, Dolhathai Rachanukroh
and Paul Chen. 2002. **Guava Sizing
Machine**. Silpakorn University International
Journal, Vol. 2 No. 2: 165-167



ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว: หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002
โทรศัพท์ (043) 202597 (081)7087600 โทรสาร (043) 202598

ที่ ศธ 0514.4.4/PHTIC/ ว, 090

22 พฤษภาคม 2560

เรื่อง การตอบรับให้เสนอผลงานในการประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 15
เรียน คุณตลท้อย ชูเมธา

คณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 15 ประจำปี 2560 ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 13-14 กรกฎาคม 2560 ณ โรงแรมอวานี ขอนแก่น โฮเทล แอนคอนเวนชันเซ็นเตอร์ จังหวัดขอนแก่น มีความยินดีที่จะแจ้งให้ทราบว่า

บทความเรื่อง การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเมล็ดด้วยวิธีเชิงกล
กลุ่ม Postharvest Machinery

ได้รับการตอบรับให้เสนอผลงาน ภาคบรรยาย ในการประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวครั้งนี้ และสามารถตรวจสอบรหัสการนำเสนอบทความได้ที่ <http://npht15.phtnet.org> ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมประชุมที่มาจากส่วนราชการที่ได้รับอนุมัติจากผู้บังคับบัญชาแล้ว สามารถเข้าร่วมประชุมโดยไม่มีถือเป็นวันลาและมีสิทธิ์เบิกค่าใช้จ่ายได้ตามระเบียบของทางราชการจากต้นสังกัด

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผ.ศ.ดร.สมโภชน์ สุตาจันทร์)
ประธานคณะกรรมการอำนวยการจัดประชุมฯ

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเผือกด้วยวิธีเชิงกล
Determination of Taro Texture by Mechanical Method

ศักดิ์รินทร์ หนูนุ่ม¹, อภิรมย์ ชูเมฆา² และ ดลหทัย ชูเมฆา¹
Sakkarin Nunoom¹, Apirom Chumeka² and Dolhathai Chumeka¹

Abstract

This determination of taro texture by mechanical method had the objective to study the taro texture (Hom cultivar) for used the standard data and design criteria of taro shell peeling machine. The controlling parameters were 3 sizes of Hom cultivar as large, medium and small. The determining parameters consisted of weight, average diameter, moisture, rupture force, deformation at rupture force, firmness and ultimate strength were evaluated on penetration test by Universal Testing Machine (UTM) with puncture probe (6mm diameter) and used testing velocity at 25 mm/min. The experiments showed the taro size significantly affected deformation and firmness at 5% significance level ($p \leq 0.05$). The large, medium and small size had average diameter, weight and moisture 109.4±4.0 mm, 1,022.3±73.6 g, 62.7±4.6 %, 86.5±2.9 mm, 535.4±35.2 g, 63.2±3.4 % and 73.6±2.9 mm, 380.7±45.3 g, 65.7±3.7 %, respectively. The taro properties in term of rupture force, deformation, firmness and ultimate strength of the large, medium and small size presented 103.02±9.71 N, 4.63±0.42 mm, 22.42±2.89 N/mm, 3.64±0.34 N/mm², 100.16±6.21 N, 5.29±0.67 mm, 19.15±2.05 N/mm, 3.54±0.22 N/mm² and 93.50±22.08 N, 5.22±0.54 mm, 18.73±1.47 N/mm, 3.45±0.35 N/mm², respectively.

Keywords: Taro, Texture, Mechanical method

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเผือกด้วยวิธีการเชิงกลนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเนื้อสัมผัสของเผือกพันธุ์หอม สำหรับใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและเกณฑ์การออกแบบเครื่องปอกเปลือกเผือก มีปัจจัยที่ใช้ควบคุมคือ ขนาดของเผือกพันธุ์หอม จำนวน 3 ขนาด ได้แก่ ใหญ่ กลาง และเล็ก ปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์ประกอบด้วย น้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความชื้น แรงแตกหัก การเปลี่ยนรูปที่แรงแตกหัก ความแน่นเนื้อ และความแข็งแรง โดยการทดสอบแบบแทงทะลุด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) กับหัวกดทรงกระบอก (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.) ใช้ความเร็วของการทดสอบที่ 25 มม./นาที ผลการศึกษาพบว่า ขนาดของผลเผือก มีอิทธิพลต่อค่าการเปลี่ยนรูป และความแน่นเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% ($p \leq 0.05$) เผือกขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของผล น้ำหนัก และความชื้นเท่ากับ 109.4±4.0 มม., 1,022.3±73.6 ก., 62.7±4.6 %, 86.5±2.9 มม., 535.4±35.2 ก., 63.2±3.4 % และ 73.6±2.9 มม., 380.7±45.3 ก., 65.7±3.7 % ตามลำดับ ค่าเนื้อสัมผัสของเผือก ซึ่งแสดงในรูปค่าแรงแตกหัก การเปลี่ยนรูป ความแน่นเนื้อ และความแข็งแรงของเผือก ซึ่งว่า ผลเผือกขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก มีค่าเท่ากับ 103.02±9.71 นิวตัน, 4.63±0.42 มม., 22.42±2.89 นิวตัน/มม., 3.64±0.34 นิวตัน/มม², 100.16±6.21 นิวตัน, 5.29±0.67 มม., 19.15±2.05 นิวตัน/มม., 3.54±0.22 นิวตัน/มม² และ 93.50±22.08 นิวตัน, 5.22±0.54 มม., 18.73±1.47 นิวตัน/มม., 3.45±0.35 นิวตัน/มม² ตามลำดับ

คำสำคัญ: เผือก, เนื้อสัมผัส, วิธีเชิงกล

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

² Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, PathumThani 12110

³ ภาควิชาอุตสาหกรรมวิศวกรรม คณะอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

⁴ Department of Industrial Education, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, PathumThani 12110

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นาย ศักรินทร์ หนูน่วม รหัส 115760414002-7
วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 9 เมษายน 2535
ที่อยู่ 5 หมู่ 3 ตำบล โคกสะบ้า อำเภอนาโยง
จังหวัด ตรัง รหัสไปรษณีย์ 92170
ประวัติการศึกษา ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2556
เบอร์โทรศัพท์ 094-7813210
อีเมล sn.rmutt@gmail.com

