



การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดอาหารสัตว์  
Design and Development of Animal Feed Corn Sheller

ภาณุพงษ์ จิตรคำ  
PANUPONG CHITKHAM  
วรวิทย์ ขอบใจ  
WORAWIT KOBJAI  
พงศ์ศิริ วีระยุทธ  
PONGSIRI WIRAYUT

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล  
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดอาหารสัตว์  
Design and Development of Animal Feed Corn Sheller



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล  
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดอาหารสัตว์  
Project Title DESIGN AND DEVELOPMENT OF ANIMAL FEED CORN SHELLER  
ชื่อนักศึกษา ภาณุพงษ์ จิตรคำ รหัสประจำตัว 61512014  
วรวิทย์ ขอบใจ รหัสประจำตัว 61512019  
พงศ์ศิริ วีระยุทธ์ รหัสประจำตัว 61512056  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล  
อาจารย์ที่ปรึกษา ว่าที่ร้อยตรี ดร. กิตติศักดิ์ เพ็ชรพันธ์  
ปริญญาานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์			ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ชัยวัฒน์	รัตนมีชัยสกุล	กรรมการสอบ	ชัยวัฒน์
รศ.ดร.ธัชพล	จุงเจริญ	กรรมการสอบ	ธัชพล
ผศ.ดร.ณัฐพงศ์	รัตนเดช	กรรมการสอบ	ณัฐพงศ์
อ.ดร.วารุณี	ลิ้มมัน	กรรมการสอบ	วารุณี ลิ้มมัน
รศ.ดร.นฤบดี	ศรีสังข์	กรรมการสอบ	นฤบดี ศรีสังข์
ผศ.ดร.ศิริวรรณ	ศรีสังข์	กรรมการสอบ	ศิริวรรณ ศรีสังข์
ว่าที่ร้อยตรี ดร.กิตติศักดิ์ เพ็ชรพันธ์		อาจารย์ที่ปรึกษา	กิตติศักดิ์ เพ็ชรพันธ์

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 เวลา 09.30-11.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบออนไลน์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ กุศล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2564

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดอาหารสัตว์	
ชื่อนักศึกษา	ภาณุพงษ์ จิตรคำ	รหัสประจำตัว 61512014
	วรวิทย์ ขอบใจ	รหัสประจำตัว 61512019
	พงศศิริ วีระยุทธ	รหัสประจำตัว 61512056
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ว่าที่ร้อยตรี ดร. กิตติศักดิ์ เพ็ชรพันธ์	
ปริญญานิพนธ์		

### บทคัดย่อ

โครงการปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด พร้อมทั้งหาเงื่อนไขของรูปแบบใบกะเทาะ ความห่างฟันกะเทาะ ระยะห่างระหว่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง และความเร็วรอบของลูกกะเทาะที่ให้ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ดี และร้อยละการแตกหักน้อยที่สุด เครื่องต้นแบบมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ประกอบด้วยส่วนที่เป็นกลไกการกะเทาะ ส่วนที่เป็นถังกะเทาะด้านบน และส่วนที่เป็นถังกะเทาะด้านล่าง การทดสอบเครื่องต้นแบบได้ศึกษารูปแบบใบกะเทาะที่มีมุมในการกะเทาะแตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ 90 120 และ 180 องศา ความห่างฟันระหว่างซี่ฟันมี 3 ระดับ คือ 5 10 และ 15 cm ระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างมี 3 ระดับ คือ 2 3 และ 4 cm และความเร็วรอบของลูกกะเทาะมี 3 ระดับ คือ 130 150 และ 170 rpm ผลการทดสอบพบว่า เครื่องต้นแบบซึ่งทำงานภายใต้เงื่อนไขใบกะเทาะที่มีมุม 90 องศา มีความห่างฟันกะเทาะเท่ากับ 10 cm มีระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 3 cm และความเร็วรอบของลูกกะเทาะเท่ากับ 130 rpm เหมาะสำหรับการทำเป็นเครื่องต้นแบบโดยมีประสิทธิภาพการกะเทาะ 98.87 % และมีร้อยละการแตกหักของเมล็ด 0.72 % โดยมีความสามารถในการทำงานของเครื่องต้นแบบเท่ากับ 232 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

คำสำคัญ : เครื่องกะเทาะ, เมล็ดข้าวโพด, ข้าวโพดอาหารสัตว์

**Project Title** DESIGN AND DEVELOPMENT OF ANIMAL FEED CORN SHELLER

<b>Student</b>	PANUPONG CHITKHAM	Student ID 61512014
	WORRAWIT KOBJAI	Student ID 61512019
	PONGSIRI WIRAYUT	Student ID 61512056
<b>Degree</b>	Bachelor of Engineering	
<b>Program</b>	Mechanical Engineering	
<b>Project Advisor</b>	Dr. KITTISAK PHETPAN	

### ABSTRACT

This project aims to design and to develop an animal feed corn sheller. Shelling efficiency and percentage of broken maize were explored based on testing conditions from different shelling angle patterns, shelling tooth pitch distances, tip-sieve gaps, and shelling revolution speeds. A prototype machine consisted of 3 parts, a shelling mechanism, toppler and bottom tank. The prototype was tested for, the shelling angle patterns at 90, 120, and 180 degrees, pitch distances at 5, 10, and 15 cm, tip-sieve gaps at 2, 3, and 4 cm, and the revolution speeds at 130 150 and 170 rpm to find out the best output. The results showed that the prototype operated by the shelling angle patterns at 90 degrees, the pitch distances at 10 cm, the tip-sieve gaps at 3 cm, and the revolution speeds at 130 rpm provided the best shelling efficiency at 98.87% and percentage of broken maize at 0.72 %. The capacity of this machine was 232 kg/hr.

**Keywords:** Sheller, Maize, Maize animal feed

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเป็นความกรุณาจากบุคคลหลายท่าน โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษา ดร. กิตติศักดิ์ เพ็ชรพันธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือดูแล แนะนำด้านต่างๆเสมอมา ขอขอบคุณอาจารย์สาขาวิศวกรรมทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาซึ่งเป็นประโยชน์ต่อโครงการนี้ ขอขอบคุณ คุณไชยรัตน์ เพชรศิริ ที่ช่วยเหลือทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ของสาขาวิศวกรรมเครื่องกล และ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ที่ให้การสนับสนุนสถานที่สำหรับการดำเนินงานอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยฉบับนี้



ภาณุพงษ์ จิตรคำ  
วรวิทย์ ขอบใจ  
พงศ์ศิริ วีระยุทธ  
14 กรกฎาคม 2564

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ความรู้เกี่ยวกับข้าวโพด	3
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพด	3
2.3 การแบ่งแยกประเภทข้าวโพดอาหารสัตว์	5
2.4 ประโยชน์ของข้าวโพด	6
2.5 การกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	7
2.6 การหาปริมาณเมล็ดแตกหักและประสิทธิภาพการกะเทาะ	9
2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะ	10
2.8 ความชื้น	11
2.9 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในเครื่องจักรกลเกษตรเบื้องต้น	12
2.10 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ	14
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	26
3.1 หลักการ และแนวคิดในการออกแบบ	26
3.2 การออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	30
3.3 ขั้นตอนการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด	32
3.4 วิธีการทดสอบ	35

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลและการวิจารณ์ผล	40
4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการกะเทาะ	40
4.2 ผลการทดสอบปริมาณละการแตกหักของเมล็ด	50
4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องและร้อยละแตกหักของเมล็ด	61
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ	62
5.1 สรุป	62
5.2 ข้อเสนอแนะ	62
เอกสารอ้างอิง	63
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง	68
ภาคผนวก ข การเขียนทางวิศวกรรม	114
ประวัติผู้เขียน	121

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวประกอบความเค้น	18
3.1 ส่วนประกอบของเครื่องกะเทาะข้าวโพด	31
4.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องและปริมาณการแตกหักของเมล็ด	60
ก.1 การทดลองมุมที่ 90 องศา รอบที่ 1	69
ก.2 การทดลองมุมที่ 90 องศา รอบที่ 2	70
ก.3 ค่าเฉลี่ยในมุมที่ 90 องศา	71
ก.4 การทดลองมุมที่ 120 องศา รอบที่ 1	72
ก.5 การทดลองมุมที่ 120 องศา รอบที่ 2	73
ก.6 ค่าเฉลี่ยในมุมที่ 120 องศา	74
ก.7 การทดลองมุมที่ 180 องศา รอบที่ 1	75
ก.8 การทดลองมุมที่ 180 องศา รอบที่ 2	76
ก.9 ค่าเฉลี่ยในมุมที่ 180 องศา	77
ก.10 Efficiency 90.5.2 ในโปรแกรม SPSS	78
ก.11 Efficiency 90.5.3 ในโปรแกรม SPSS	78
ก.12 Efficiency 90.5.4 ในโปรแกรม SPSS	78
ก.13 Efficiency 90.5.130 ในโปรแกรม	79
ก.14 Efficiency 90.5.150 ในโปรแกรม SPSS	79
ก.15 Efficiency 90.5.170 ในโปรแกรม SPSS	79
ก.16 Efficiency 90.10.2 ในโปรแกรม SPSS	80
ก.17 Efficiency 90.10.3 ในโปรแกรม SPSS	80
ก.18 Efficiency 90.10.4 ในโปรแกรม SPSS	80
ก.19 Efficiency 90.10.130 ในโปรแกรม SPSS	81
ก.20 Efficiency 90.10.150 ในโปรแกรม SPSS	81
ก.21 Efficiency 90.10.170 ในโปรแกรม SPSS	81
ก.22 Efficiency 90.15.2 ในโปรแกรม SPSS	82
ก.23 Efficiency 90.15.3 ในโปรแกรม SPSS	82
ก.24 Efficiency 90.15.4 ในโปรแกรม SPSS	82
ก.25 Efficiency 90.15.130 ในโปรแกรม SPSS	83
ก.26 Efficiency 90.15.150 ในโปรแกรม SPSS	83
ก.27 Efficiency 90.15.170 ในโปรแกรม SPSS	83
ก.28 Efficiency 120.5.2 ในโปรแกรม SPSS	84
ก.29 Efficiency 120.5.3 ในโปรแกรม SPSS	84

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.30 Efficiency 120.5.4 ในโปรแกรม SPSS	84
ก.31 Efficiency 120.5.130 ในโปรแกรม SPSS	85
ก.32 Efficiency 120.5.150 ในโปรแกรม SPSS	85
ก.33 Efficiency 120.5.170 ในโปรแกรม SPSS	85
ก.34 Efficiency 120.10.2 ในโปรแกรม SPSS	86
ก.35 Efficiency 120.10.3 ในโปรแกรม SPSS	86
ก.36 Efficiency 120.10.4 ในโปรแกรม SPSS	86
ก.37 Efficiency 120.10.130 ในโปรแกรม SPSS	87
ก.38 Efficiency 120.10.150 ในโปรแกรม SPSS	87
ก.39 Efficiency 120.10.170 ในโปรแกรม SPSS	87
ก.40 Efficiency 120.15.2 ในโปรแกรม SPSS	88
ก.41 Efficiency 120.15.3 ในโปรแกรม SPSS	88
ก.42 Efficiency 120.15.4 ในโปรแกรม SPSS	88
ก.43 Efficiency 120.15.130 ในโปรแกรม SPSS	89
ก.44 Efficiency 120.15.150 ในโปรแกรม SPSS	89
ก.45 Efficiency 120.15.170 ในโปรแกรม SPSS	89
ก.46 Efficiency 180.5.2 ในโปรแกรม SPS	90
ก.47 Efficiency 180.5.3 ในโปรแกรม SPSS	90
ก.48 Efficiency 180.5.4 ในโปรแกรม SPSS	90
ก.49 Efficiency 180.5.130 ในโปรแกรม SPSS	91
ก.50 Efficiency 180.5.150 130 ในโปรแกรม SPSS	91
ก.51 Efficiency 180.5.170 130 ในโปรแกรม SPSS	91
ก.52 Efficiency 180.10.2 ในโปรแกรม SPSS	92
ก.53 Efficiency 180.10.3 ในโปรแกรม SPSS	92
ก.54 Efficiency 180.10.4 ในโปรแกรม SPSS	92
ก.55 Efficiency 180.10.130 ในโปรแกรม SPSS	93
ก.56 Efficiency 180.10.150 ในโปรแกรม SPSS	93
ก.57 Efficiency 180.10.170 ในโปรแกรม SPSS	93
ก.58 Efficiency 180.15.2 ในโปรแกรม SPSS	94

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.59 Efficiency 180.15.3 ในโปรแกรม SPSS	94
ก.60 Efficiency 180.15.4 ในโปรแกรม SPSS	94
ก.61 Efficiency 180.15.130 ในโปรแกรม SPSS	95
ก.62 Efficiency 180.15.150 ในโปรแกรม SPSS	95
ก.63 Efficiency 180.15.170 ในโปรแกรม SPSS	95
ก.64 Percent 90.5.2 ในโปรแกรม SPSS	96
ก.65 Percent 90.5.3 ในโปรแกรม SPSS	96
ก.66 Percent 90.5.4 ในโปรแกรม SPSS	96
ก.67 Percent 90.5.130 ในโปรแกรม SPSS	97
ก.68 Percent 90.5.150 ในโปรแกรม SPSS	97
ก.69 Percent 90.5.170 ในโปรแกรม SPSS	97
ก.70 Percent 90.10.2 ในโปรแกรม SPSS	98
ก.71 Percent 90.10.3 ในโปรแกรม SPSS	98
ก.72 Percent 90.10.4 ในโปรแกรม SPSS	98
ก.73 Percent 90.10.130 ในโปรแกรม SPSS	99
ก.74 Percent 90.10.150 ในโปรแกรม SPSS	99
ก.75 Percent 90.10.170 ในโปรแกรม SPSS	99
ก.76 Percent 90.15.2 ในโปรแกรม SPSS	100
ก.77 Percent 90.15.3 ในโปรแกรม SPSS	100
ก.78 Percent 90.15.4 ในโปรแกรม SPSS	100
ก.79 Percent 90.15.130 ในโปรแกรม SPSS	101
ก.80 Percent 90.15.150 ในโปรแกรม SPSS	101
ก.81 Percent 90.15.170 ในโปรแกรม SPSS	101
ก.82 Percent 120.5.2 ในโปรแกรม SPSS	102
ก.83 Percent 120.5.3 ในโปรแกรม SPSS	102
ก.84 Percent 120.5.4 ในโปรแกรม SPSS	102
ก.85 Percent 120.5.130 ในโปรแกรม SPSS	103
ก.86 Percent 120.5.150 ในโปรแกรม SPSS	103
ก.87 Percent 120.5..170 ในโปรแกรม SPSS	103
ก.88 Percent 120.5.2 ในโปรแกรม SPSS	104
ก.89 Percent 120.5.3 ในโปรแกรม SPSS	104

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.90 Percent 120.5.4 ในโปรแกรม SPSS	104
ก.91 Percent 120.5.130 ในโปรแกรม SPSS	105
ก.92 Percent 120.5.150 ในโปรแกรม SPSS	105
ก.93 Percent 120.5.170 ในโปรแกรม SPSS	105
ก.94 Percent 120.15.2 ในโปรแกรม SPSS	106
ก.95 Percent 120.15.3 ในโปรแกรม SPSS	106
ก.96 Percent 120.15.4 ในโปรแกรม SPSS	106
ก.97 Percent 120.15.130 ในโปรแกรม SPSS	107
ก.98 Percent 120.15.150 ในโปรแกรม SPSS	107
ก.99 Percent 120.15.170 ในโปรแกรม SPSS	107
ก.100 Percent 180.5.2 ในโปรแกรม SPSS	108
ก.101 Percent 180.5.3 ในโปรแกรม SPSS	108
ก.102 Percent 180.5.4 ในโปรแกรม SPSS	108
ก.103 Percent 180.5.130 ในโปรแกรม SPSS	109
ก.104 Percent 180.5.150 ในโปรแกรม SPSS	109
ก.105 Percent 180.5.170 130 ในโปรแกรม SPSS	109
ก.106 Percent 180.10.2 ในโปรแกรม SPSS	110
ก.107 Percent 180.10.3 ในโปรแกรม SPSS	110
ก.108 Percent 180.10.4 ในโปรแกรม SPSS	110
ก.109 Percent 180.10.130 ในโปรแกรม SPSS	111
ก.110 Percent 180.10.150 ในโปรแกรม SPSS	111
ก.111 Percent 180.10.170 130 ในโปรแกรม SPSS	111
ก.112 Percent 180.15.2 ในโปรแกรม SPSS	112
ก.113 Percent 180.15.3 ในโปรแกรม SPSS	112
ก.114 Percent 180.15.4 3 ในโปรแกรม SPSS	112
ก.115 Percent 180.15.130 ในโปรแกรม SPSS	113
ก.116 Percent 180.15.150 130 ในโปรแกรม SPSS	113
ก.117 Percent 180.15.170 ในโปรแกรม SPSS	113

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เมล็ดข้าวโพด	4
2.2 ชั่งข้าวโพด	4
2.3 เมล็ดข้าวโพดชนิดหัวบวบ	5
2.4 เมล็ดข้าวโพดหัวแข็ง	5
2.5 การกะเทาะข้าวโพดแบบใช้มือ	7
2.6 เครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบมือหมุน	7
2.7 กลไกลูกกะเทาะแบบซี่ตี	8
2.8 กลไกลูกกะเทาะแบบเหล็กเส้นหมุนเป็นเกลียว	9
2.9 กลไกลูกกะเทาะแบบโซ่	9
2.10 ความเค้นความเครียด	14
3.1 มุมองศาฟันกะเทาะ 90องศา(ก) มุม 120องศา(ข) และมุม 180 องศา(ค)	26
3.2 ระยะห่างระหว่างซี่ฟันกะเทาะ 5cm(ก) 10cm(ข) และ15cm(ค)	27
3.3 ระยะห่างระหว่างตะแกรง 2cm(ก) 3cm(ข) และ 4cm(ค)	27
3.4 ถังกะเทาะด้านบน	28
3.5 ถังกะเทาะด้านล่าง	28
3.6 แสดงการวางแผนดำเนินงาน	29
3.7 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดออกแบบในโปรแกรม Solidwork 2019	30
3.8 ส่วนประกอบของเครื่องกะเทาะข้าวโพด	31
3.9 ฐานของเครื่องกะเทาะข้าวโพด	32
3.10 ถังด้านบน	33
3.11 ช่องป้อนฝักข้าวโพด	33
3.12 เป็นการทำให้และติดตั้งตะแกรงรองเมล็ด	34
3.13 นำเพลามาเชื่อมกับน็อตตัวเมีย	34
3.14 รูปแบบใบกะเทาะที่มีมุมองศาต่างๆ ก) 90 องศา ข) 120 องศา และ ค) 180 องศา	35
3.15 ระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ระยะ ก) 2 cm ข) 3 cm และ ค) 4 cm	35
3.16 ความห่างระหว่างซี่ฟันกะเทาะ ที่ระยะ ก) 5 cm ข) 10 cm และ ค) 15 cm	36
3.17 ระดับความเร็วรอบของลูกกะเทาะ ก) 133 rpm ข) 150 rpm และ ค) 172 rpm	36
3.18 ชั่งข้าวโพดพันธุ์ลิเบอร์ตี้ 777	37
3.19 อินเวอร์เตอร์และเครื่องวัดความเร็วรอบ	37
3.20 การใส่ข้าวโพดในช่องใส่ข้าวโพด	38

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.21 ขั้วโพลต์ที่ออกจากช่องออกฝึกขั้วโพลต์	38
3.22 ชั่งขั้วโพลต์และเมล็ดขั้วโพลต์	38
3.23 ไบกะเทาะมุ่มและระยะต่างๆ	39
4.1 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ไบกะเทาะมุ่ม 90 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 5 cm	41
4.2 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ไบกะเทาะมุ่ม 90 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 10 cm	42
4.3 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ไบกะเทาะมุ่ม 90 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 15 cm	43
4.4 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ไบกะเทาะมุ่ม 120 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 5 cm	44
4.5 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ไบกะเทาะมุ่ม 120 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 10 cm	45
4.6 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ไบกะเทาะมุ่ม 120 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 15 cm	46
4.7 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ไบกะเทาะมุ่ม 180 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 5 cm	47
4.8 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ไบกะเทาะมุ่ม 180 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 10 cm	48
4.9 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ไบกะเทาะมุ่ม 180 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 15 cm	49
4.10 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ไบกะเทาะมุ่ม 90 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 5 cm	50
4.11 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ไบกะเทาะมุ่ม 90 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 10 cm	51
4.12 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ไบกะเทาะมุ่ม 90 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 15 cm	52
4.13 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ไบกะเทาะมุ่ม 120 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 5 cm	54
4.14 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ไบกะเทาะมุ่ม 120 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 10 cm	55
4.15 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ไบกะเทาะมุ่ม 120 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 15 cm	56

4.16 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ใบกะเทาะมุม 180 องศา ในความห่างของซี่ฟัน กะเทาะ 5 cm	57
4.17 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ใบกะเทาะมุม 180 องศา ในความห่างของซี่ฟัน กะเทาะ 10 cm	58
4.18 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ใบกะเทาะมุม 180 องศา ในความห่างของซี่ฟัน กะเทาะ 15 cm	59



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวโพดอาหารสัตว์ เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และเป็นวัตถุดิบที่สำคัญ ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าการส่งออกประมาณ 80,000 ล้านบาทต่อปี [1] ปัจจุบันพบว่าผลผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์ที่ผลิตภายในประเทศมีปริมาณไม่เพียงพอับความต้องการของตลาด โดยในฤดูการปลูกปี 2559/60 ได้มีการคาดว่าอุตสาหกรรมอาหารสัตว์มีความต้องการข้าวโพดอาหารสัตว์ประมาณ 8 ล้านตัน ในขณะที่ปริมาณผลผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์ที่ผลิตได้ในประเทศมีเพียง 5 ล้านตัน ทำให้ต้องนำเข้าวัตถุดิบอื่นมาเป็นวัตถุดิบทดแทนข้าวโพดอาหารสัตว์ ในปี 2560/61 ภาครัฐได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยจัดทำโครงการส่งเสริมการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ในฤดูแล้งหลังนา ปี 2560/61 เพื่อส่งเสริมเกษตรกรให้มีการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ทำให้มีผลผลิตที่เพียงพอับความต้องการของตลาดและกระจายผลผลิตออกสู่ตลาดเพื่อแก้ไขปัญหาอย่างยั่งยืน [2]

ข้าวโพดอาหารสัตว์ใช้ส่วนเมล็ด ซึ่งจะต้องกะเทาะออกจากฝักข้าวโพด โดยสามารถทำได้หลายวิธี ประกอบด้วย การกะเทาะด้วยแรงงานคน การกะเทาะด้วยเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวโพด และการกะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด ทั้งนี้วิธีการกะเทาะข้าวโพดจะขึ้นอยู่กับบริบทของพื้นที่ กล่าวคือ ในบางพื้นที่ที่เป็นเชิงเขาจะนิยมใช้แรงงานคนหรือใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดในการกะเทาะ ส่วนพื้นที่ราบขนาดใหญ่จะใช้เครื่องเกี่ยวขนาดข้าวโพดในการกะเทาะ [3] สำหรับการใช้มือในการกะเทาะเมล็ดออกจากฝักนั้นมีความยากลำบาก เนื่องจากเมล็ดข้าวโพดอาหารสัตว์มีความแข็งและเหนียวหากทำในปริมาณที่มากจะส่งผลให้เกิดอาการบาดเจ็บ อีกทั้งยังสิ้นเปลืองเวลาและได้ปริมาณเมล็ดข้าวโพดที่น้อย [4] เครื่องเกี่ยวขนาดข้าวโพดประกอบด้วยชุดปัดและลำเลียงฝัก ชุดกะเทาะ และชุดคัดแยกพร้อมชุดทำความสะอาด สามารถทำงานได้เบ็ดเสร็จในเครื่องเดียว ดังนั้นจึงสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว แต่มีข้อจำกัด คือมีขนาดใหญ่ ราคาแพง และเหมาะสมกับพื้นที่ราบขนาดใหญ่ แต่พื้นที่เชิงเขาที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวนมากอาจจะไม่เหมาะสม นอกจากนี้การขับเคลื่อนด้วยตัวเองใช้ช่วงล่างโดยเฉพาะโซ่และใบแทรกในการขับเคลื่อนพื้นดินที่แห้งและมีหินหรือกรวดอาจจะทำให้โซ่และใบแทรกเกิดการสึกหรออย่างรวดเร็ว รวมทั้งการเคลื่อนย้ายเครื่องที่มีขนาดใหญ่ต้องใช้รถบรรทุกเครื่องจักรขนาดใหญ่ในการขนย้าย ทำให้มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น และเมื่อทำการเก็บเกี่ยวได้เมล็ดข้าวโพดแล้วต้องทำการจำหน่ายโดยทันที อีกทั้งวิธีการนี้

เกษตรกรจำเป็นต้องลดความชื้น และเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพดส่งผลต่อค่าใช้จ่ายและเวลาดำเนินการที่เพิ่มขึ้น [5] ด้วยเหตุนี้ เครื่องเกี่ยวนวดข้าวโพดจึงไม่เหมาะสมและไม่เป็นที่นิยมสำหรับเกษตรกรบางพื้นที่ จึงได้มีการพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดที่ใช้ต้นกำลังจากเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ ซึ่งสามารถจำแนกได้ 3 รูปแบบ ตามลักษณะเฉพาะกลไกของลูกกะเทาะ [6] ประกอบด้วย 1) ลูกกะเทาะทรงกระบอก มีฟันลูกกะเทาะเป็นเหล็กกลม มีข้อด้อย คือเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่แตกหักสูง 2) ลูกกะเทาะทรงกระบอกและมีเหล็กเส้นม้วนเป็นเกลียว มีข้อด้อย คือสามารถกะเทาะเมล็ดได้น้อย และ 3) ลูกกะเทาะทรงกระบอก มีโชติติดอยู่รอบแกนลูกกะเทาะ และมีข้อด้อย คือพบสิ่งเจือปนมากเกินไป

จากข้อบกพร่องที่พบสำหรับกลไกลูกกะเทาะแบบต่างๆ ข้างต้น จึงได้นำมาซึ่งการศึกษาวิจัยของปริญญาโทเพื่อทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดอาหารสัตว์ขนาดกลางที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดขนาดใหญ่ที่มีขายในท้องตลาดที่ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังเหมือนกัน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องต้นแบบกะเทาะเมล็ดข้าวโพดอาหารสัตว์
- 1.2.2 เพื่อหาเงื่อนไขของรูปแบบใบกะเทาะ ความห่างของฟันกะเทาะ ระยะห่างระหว่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง และความเร็วรอบของลูกกะเทาะที่ให้ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ดีที่สุด และร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยที่สุด

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 เครื่องกะเทาะถูกออกแบบให้สามารถกะเทาะฝักข้าวโพดที่ไม่มีเปลือกเท่านั้น
- 1.3.2 การศึกษานี้ใช้ข้าวโพดอาหารสัตว์พันธุ์ลิเบอร์ตี้ 777 สำหรับการทดสอบ
- 1.3.3 ความชื้นของข้าวโพดในการกะเทาะไม่เกิน 14.5 เปอร์เซ็นต์
- 1.3.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของข้าวโพดที่ใช้ในการทดสอบ 4.5-5 เซนติเมตร
- 1.3.5 เครื่องต้นแบบสามารถกะเทาะข้าวโพดอาหารสัตว์ได้เท่านั้น
- 1.3.6 มีความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 5 10 และ 15 cm
- 1.3.7 มีระยะห่างระหว่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 2 3 และ 4 cm
- 1.3.8 มีความเร็วรอบของลูกกะเทาะ 130 150 และ 170 rpm

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้เงื่อนไขการทำงานของเครื่องต้นแบบที่สามารถลดร้อยละการแตกหักของเมล็ดข้าวโพด

## บทที่ 2

# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ความรู้เกี่ยวกับข้าวโพด

ข้าวโพดเป็นพืชตระกูลเดียวกับหญ้ามีลำต้นสูง โดยเฉลี่ย 2.2 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น 0.5-2.0 นิ้ว ถิ่นกำเนิดก็คือ ได้มีการขุดพบซึ่งข้าวโพดและซากของต้นข้าวโพดที่ใกล้แม่น้ำในนิวเม็กซิโก (แถบ อเมริกาใต้) และปัจจุบันนิยมปลูกแพร่หลายในแถบอเมริกา แคนาดา ฯลฯ สามารถปลูกได้ในสภาพที่ ภูมิอากาศแตกต่างกันมากๆ เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์ เพราะสามารถนำมาเลี้ยงสัตว์ได้ทั้งต้น ใบ และ เมล็ด [7] สำหรับประเทศไทย คนไทยรู้จักนำข้าวโพดมาเลี้ยงสัตว์ตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่ 1 โดย หม่อมเจ้าสิทธิพร กฤดากร ได้นำข้าวโพดพันธุ์ที่ใช้เลี้ยงสัตว์มาปลูกและทดลองใช้เลี้ยงสัตว์ ซึ่งในขณะนั้นเป็น ยังเป็นที่รู้จักกันน้อย จนกระทั่งหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 การใช้ข้าวโพดเริ่มแพร่หลายขึ้นเนื่องจาก หลวง สุวรรณวาจกกสิกิจได้นำการเลี้ยงไก่แบบการค้ามาเริ่มสาธิต และกระตุ้นให้ประชาชนปฏิบัติตามผู้เลี้ยงไก่จึง รู้จักใช้ข้าวโพดมากขึ้นกว่าเดิม แต่เนื่องจากระยะนั้นข้าวโพดมีราคาสูงและหายาก การใช้ข้าวโพดจึงใช้เป็น เพียงส่วนประกอบของอาหารหลัก ซึ่งมีรำและปลายข้าวเป็นส่วนใหญ่ แต่ในปัจจุบันผู้เลี้ยงสัตว์รู้จักข้าวโพดกัน ทั่วไป และในปัจจุบันประเทศไทยได้ปลูกข้าวโพดในปีหนึ่งๆ เป็นจำนวนมาก [8] ข้าวโพดอาหารสัตว์นั้นจะมีเมล็ดที่แข็งกว่าและมีความหวานน้อยกว่าและมีระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวที่นาน (ประมาณ 120 วัน หลังการปลูก) ซึ่งต่างจากข้าวโพดที่มนุษย์รับประทานกันลักษณะจะมีเมล็ดเรียงอยู่สม่ำเสมอ มีฝักยาวใหญ่ เมล็ดเรียงเต็มถึงปลายฝัก เมล็ดมีลักษณะทรงกลมแบนเล็กๆ มีเยื่อหุ้มเมล็ดผิวเรียบบางใส มีสีเหลือง เมล็ดอ่อนมีเนื้อนุ่มฉ่ำน้ำ มีรสชาติหวานมัน ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวจะอยู่ที่ประมาณ 65-75 วัน

### 2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพด

ข้าวโพดเป็นพืชจำพวกบาสซ่า รากชั่วคราว เรียกว่า ไพร่ หลังจากข้าวโพดเจริญเติบโตได้ประมาณ 7-10 วัน รากถาวรจะงอกขึ้นรอบ ๆ ข้อปลา ในระดับใต้พื้นดินประมาณ 1-2 นิ้ว รากถาวรเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แฉกออกไปโดยรอบประมาณ 100 เซนติเมตร รากของข้าวโพด เป็นระบบรากฝอย (Fibrous Root System) นอกจากรากที่อยู่ใต้ดิน ยังมีรากยึดเหนี่ยว (Brace Root) ซึ่งเกิดขึ้นรอบ ๆ ข้อที่อยู่ใกล้ผิวดิน มีลำต้นตั้งตรงแข็งแรง เนื้อภายในคล้ายฟองน้ำสูงประมาณ 1.4 เมตร ลำต้นมีข้อ (Node) และปล้อง (Internode) ปล้องที่อยู่ในดินและใกล้ผิวดินสั้น และจะค่อย ๆ ยาวขึ้นไปทางด้านปลาย ปล้องเหนือพื้นดินจะมีจำนวนประมาณ 8-20 ปล้อง ลำต้นสดมีสีเขียว ใบ ยาวรี เป็นเส้นตรงปลายแหลม ยาวประมาณ 30-100 ซม. เส้นกลางของใบจะเห็นได้ชัด ตรงขอบใบมีขนอ่อน ๆ มีเยื่อใบ ลักษณะของใบรวมทั้งสีของใบแตกต่างกันไป แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ บางพันธุ์ใบ สีเขียว บางพันธุ์ใบสีม่วงและบางพันธุ์ใบลาย จำนวนใบก็เช่นเดียวกันอาจมีตั้งแต่ 8-48 ใบ ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในต้นเดียวกัน ข้อดอกตัวผู้อยู่ส่วนยอดของลำต้น ข้อดอกตัวเมียอยู่ต่ำลงมา อยู่ระหว่างกาบของใบ และลำต้น ข้อดอกตัวผู้ (Tassel) อยู่ตอนบนสุดของลำต้น ดอกตัวผู้ดอกหนึ่ง จะมี

อับเกสร (Anther) 3 อับ ส่วนดอกตัวเมียอยู่รวมกันเป็นช่อ เกิดขึ้นตอนช่อกกลาง ๆ ลำต้น ฝักเกิด จากดอกตัวเมียที่เจริญเติบโตแล้ว ฝักอ่อนจะมีสีเขียว พอแก่เป็นสีนวล [7]

### 2.2.1 เมล็ดข้าวโพด

จัดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ให้พลังงานสูง ใช้เป็นส่วนผสมหลักสำหรับอาหาร ทั้งสัตว์ กระเพาะเดี่ยว และสัตว์เคี้ยวเอื้อง เมล็ดข้าวโพดสำหรับสัตว์ควรมีความชื้นไม่เกิน 13-14 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 2.1) คุณค่าทางอาหารของเมล็ดข้าวโพด ตัวเมล็ดจะมีคุณค่าทางอาหารสูงส่วนใหญ่เป็นพวกแป้งซึ่งใช้เป็นพลังงานในอาหารสัตว์มีเยื่อใยต่ำ มีโปรตีนต่ำ โดยเฉพาะมีกรดอะมิโนบางชนิดต่ำกว่าความต้องการของสัตว์ แต่ปัจจุบันได้มีการผสมพันธุ์ปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดให้ดีขึ้น โดยสามารถได้พันธุ์ข้าวโพดที่ให้ไลซีนสูงหรือข้าวโพดโปรตีนคุณภาพดีกว่าข้าวโพดธรรมดาเกือบ 2 เท่า และยังมีปริมาณเมทไธโอนีน และทริปโตเฟนสูงกว่าข้าวโพดธรรมดา [7]



รูปที่ 2.1 เมล็ดข้าวโพด [7]

### 2.2.2 ชังข้าวโพด

ชังข้าวโพด (Cob meal หรือ Ground corn cob) หมายถึง ฝักข้าวโพดที่กะเทาะเปลือกและเมล็ด ออก (รูปที่ 2.2) แล้วนำมาบดเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่น วัวนม หรือฟอค แม่พันธุ์โคเนื้อ เพื่อป้องกันไม่ให้สัตว์เคี้ยวเอื้องอ้วน เกินไป และยังช่วยเพิ่มปริมาณไขมันนมให้สูงขึ้น จัดเป็นอาหารหยาบที่ให้พลังงาน เพราะเป็นอาหารที่มีเยื่อใย (กาก) สูง แต่ยังมีคุณค่าสูงกว่าฟางข้าว นิยมใช้เมื่อขาดแคลนหญ้าสด แต่เนื่องจากชังข้าวโพดย่อยยาก ดังนั้นก่อนนำมาเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงควรผ่านกระบวนการบด และควรเสริมโปรตีนอย่างเพียงพอ (เพื่อช่วยเพิ่ม จุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร) รวมถึงใช้อาหารที่มีแป้งที่ละลายได้หรือย่อยง่ายผสมด้วย นอกจากนี้ควรเสริม แร่ธาตุโดยเฉพาะฟอสฟอรัส ซึ่งสัตว์มักขาดหากได้รับชังข้าวโพดบด ชังข้าวโพดบดไม่เหมาะกับการใช้เป็น อาหารสุกร ไก่ นอกจากนี้ นำมาเป็นวัสดุรองพื้นคอก อัตราที่ใช้เลี้ยงวัวได้ผลดีใกล้เคียงกับหญ้าสด คือ 2 กก./ วัน [7]



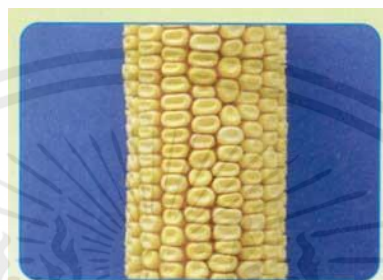
รูปที่ 2.2 ชังข้าวโพด [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 การแยกประเภทข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

### 2.3.1 ข้าวโพดไร่ชนิดหัวบุบ (Dent corn)

มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays indentata* เป็นข้าวโพดที่เมล็ดตอมนบนมีรอยบุบ (รูปที่ 2.3) เนื่องจากตอมนบนเป็นแป้งชนิดอ่อน (Soft starch) และด้านข้างเมล็ดเป็นแป้งชนิดแข็ง (Corneous starch) เมื่อตากให้แห้งส่วนที่เป็นแป้งอ่อนจึงหดยุบตัวและเกิดลักษณะหัวบุบดังกล่าว มีลำต้นสูงตั้งแต่ 2.5 – 4.5 เมตร ฝักยาวตั้งแต่ 15 – 30 เซนติเมตร และมีเมล็ดระหว่าง 8 – 24 แถว



เมล็ดข้าวโพดชนิดหัวบุบ

รูปที่ 2.3 เมล็ดข้าวโพดชนิดหัวบุบ [7]

### 2.3.2 ข้าวโพดไร่ชนิดหัวแข็ง (Flint corn)

มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays indurata* เป็นข้าวโพดที่มีลักษณะเมล็ดค่อนข้างแข็งแรง กลม เรียบ หัวไม่บุบ (รูปที่ 2.4) เพราะมีแป้งชนิดอ่อนอยู่ตรงกลางแต่ด้านนอกถูกห่อหุ้มด้วยแป้งชนิดแข็ง เมื่อตากให้แห้งจึงไม่หดตัว มีขนาดฝักและจำนวนแถวน้อยกว่าชนิดหัวบุบ



เมล็ดข้าวโพดชนิดหัวแข็ง

รูปที่ 2.4 เมล็ดข้าวโพดชนิดหัวแข็ง [7]

### 2.3.3 ข้าวโพดหวาน (Sweet corn)

มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays saccharata* เป็นข้าวโพดปลูกรับประทานฝักสดโดยเมล็ดเมื่ออ่อนจะมีลักษณะใสโปร่งแสง และมีรสหวานเนื่องจากมีน้ำตาลมาก เมื่อเมล็ดแก่จะหดตัวและเหี่ยวยุบ

### 2.3.4 ข้าวโพดคั่ว (Pop corn)

มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays everta* เมล็ดมีขนาดค่อนข้างเล็ก มีแป้งประเภทแข็งอยู่ภายใน ภายนอกถูกห่อหุ้มด้วยสารที่ค่อนข้างเหนียวและยึดตัวได้ ฉะนั้น เมื่อเมล็ดที่มีความชื้นอยู่ภายในพอสมควร ถูกความร้อน จะเกิดแรงดันภายในเมล็ดและเมื่อถึงขีดสุดก็จะระเบิดตัวออกมาโดยทั่ว ๆ ไป อาจแบ่งได้ตามรูปร่างเมล็ดอีก 2 พวก คือ พวกหัวแหลม Rice pop corn และพวกเมล็ดกลม Pearl pop corn เมล็ดมีสีต่าง ๆ กัน เช่น เหลือง ขาว ส้ม ม่วงฝักก็มีขนาดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 5 – 10 เซนติเมตร

### 2.3.5 ข้าวโพดข้าวเหนียว (Waxy corn)

มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays ceratina* มีลักษณะเมล็ดเหนียวคล้ายขี้ผึ้ง ซึ่งเป็นแป้งที่มีลักษณะคล้ายแป้งมันสำปะหลัง ปลูกกันเล็กน้อยในสหรัฐอเมริกา เพื่อใช้ทำแป้งที่มีคุณภาพคล้ายแป้งมันดังกล่าว กล่าวกันว่าข้าวโพดพันธุ์นี้มีพบครั้งแรกในประเทศจีน

### 2.3.6 ข้าวโพดแป้ง (Flour corn)

มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays amylacea* เมล็ดประกอบด้วยแป้งชนิดอ่อนมาก มีรูปร่างและลักษณะเมล็ดคล้ายข้าวโพดไร่ชนิดหัวแข็งมากแต่หัวไม่บวบ หรือบวบเล็กน้อย โดยสม่ำเสมอ หัวเมล็ด มีเมล็ดประมาณ 8-12 แถว ปลูกมากในบางท้องที่ของอเมริกาใต้ อเมริกากลาง และสหรัฐอเมริกาทางภาคตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งค่อนข้างแห้งแล้ง ชาวอินเดียนแดงใช้เป็นอาหาร ทั้งฝักสดและฝักแก่

### 2.3.7 ข้าวโพดป่า (Psod corn)

มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays tunicate* เป็นข้าวโพดที่มีลักษณะแปลก ใกล้เคียงกับพืชป่า เมล็ดมีเปลือกหุ้มทุกเมล็ด และยังมีเปลือกฝักอีกชั้นหนึ่ง ส่วนเมล็ดมีลักษณะต่าง ๆ กัน คือ มีทั้งพวกหัวบวบ หัวแข็ง ข้าวโพดแป้ง ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดคั่ว

## 2.4 ประโยชน์ของข้าวโพด

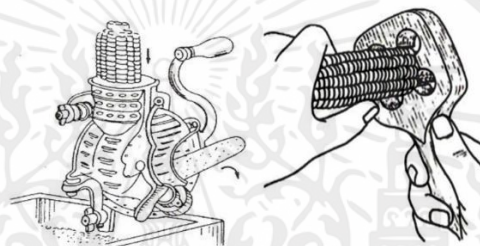
คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพด ข้าวโพด 100 กรัม จะให้พลังงาน 86 กิโลแคลอรี (คิดเป็น 10-19% ของพลังงานที่ร่างกายต้องการใน 1 วัน) และยังอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุ ต่าง ๆ มากมาย ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ข้าวโพดสามารถส่งเสริมการย่อยสลายฟิเออเอชที่ปนเปื้อนใน ดิน เช่น ย่อยสลาย ฟิแนนทรีน ไพรินได้ 90 % ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และยังส่งเสริมการย่อยสลาย แอนทราซีน เอนโดซัลแฟน ซัลเฟตได้ จึงมีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ฟื้นฟูดินที่ปนเปื้อนสารมลพิษอินทรีย์ [8]

## 2.5 การกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

การกะเทาะเมล็ดข้าวโพดที่ใช้แรงงานคนส่วนใหญ่จะใช้สำหรับการเพาะปลูก ปัจจุบันได้มีการกะเทาะเมล็ดข้าวโพดโดยใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดที่มีการพัฒนาและปรับปรุงเพื่อใช้ในการกะเทาะเปลือกและเมล็ดข้าวโพดในประเทศไทยแบ่งออกได้ดังนี้

### 2.5.1 วิธีการกะเทาะด้วยแรงงานคน

การกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบดั้งเดิม โดยการกะเทาะแบบดั้งเดิมนั้นมีการกะเทาะโดย การใช้มือหมุนเอา (รูปที่ 2.5) วิธีการกะเทาะเมล็ดข้าวโพดโดยใช้แรงงานคนส่วนใหญ่ใช้มือในการเอาเมล็ดออกจากซัง การกะเทาะแบบนี้ ทำได้ช้า และสิ้นเปลืองแรงงานในการกะเทาะ แต่สามารถกะเทาะได้ทุกเมล็ด มีเมล็ดแตกหักน้อย [9]



รูปที่ 2.5 การกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบใช้มือ [9]

การกะเทาะด้วยเครื่องที่ใช้แรงคน (รูปที่ 2.6) สามารถแยกเมล็ดออกจากซังข้าวโพดได้ แต่ไม่สามารถป้อนข้าวโพดในปริมาณมากได้ [9]



รูปที่ 2.6 เครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบมือหมุน [12]

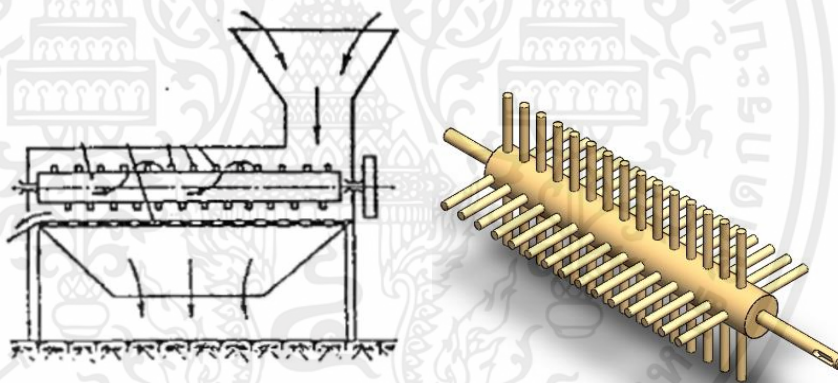
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.2 วิธีการกะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์เป็นต้นกำลัง มีองค์ประกอบสำคัญคือลูกกะเทาะที่ใช้ในการกะเทาะเมล็ดข้าวโพด ติดตั้งอยู่ภายในเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด ทำงานโดยการเสียดสีกัน กระแทกกันด้วยความเร็วและความแรง ทำให้เมล็ดข้าวโพดหลุดออกจากซึ่งในการเสียดสีของเมล็ดข้าวโพดได้นำการหมุนของมอเตอร์ มูเลย์และสายพานมาประยุกต์ใช้กับ เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด เป็นการช่วยประหยัดแรงงานคน พลังงานและเวลาที่ใช้ในการทำงาน พร้อมทั้งทำการติดตั้งระบบคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเมล็ด โดยจะแบ่งกลไกการกะเทาะอยู่ด้วยกัน 3 กลไก ดังนี้

### 2.5.2.1 กลไกลูกกะเทาะแบบซี่ตี

เครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบซี่ตี มีส่วนประกอบหลัก คือ ถังป้อน ลูกกะเทาะตะแกรงกะเทาะ ตะแกรงคัดแยกช่องทางออกเมล็ด (รูปที่ 2.7) โดยการทำงานเครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบซี่ตีให้เดินเครื่องสักระยะหนึ่ง แล้วเทฝัก ข้าวโพดลงในถังป้อน ฝักข้าวโพดจะไหลลงสู่ห้องกะเทาะซึ่งอยู่ระหว่างลูกกะเทาะกับตะแกรงกะเทาะ ฝักข้าวโพดจะถูกกะเทาะโดยซี่ตีและตะแกรงกะเทาะ ในขณะที่กะเทาะฝักข้าวโพดจะเคลื่อน ตัวไปตามแนวของลูกกะเทาะ และฝักข้าวโพดจะออกทางด้านข้างส่วนเมล็ดที่ได้จากการกะเทาะนั้นจะไหลลงสู่ภาชนะรองรับ



รูปที่ 2.7 กลไกลูกกะเทาะแบบซี่ตี [9]

### 2.5.2.2 กลไกลูกกะเทาะแบบเพลลาเป็นลักษณะกลมแต่มีเหล็กเส้นม้วนเป็นเกลียว

มีส่วนประกอบหลัก คือ ช่องใส่ฝักข้าวโพด ลูกกะเทาะตะแกรงกะเทาะ ตะแกรงคัดแยกและช่องทางออกของเมล็ดโดยจะมีการทำงานคือเมื่อใส่ฝักข้าวโพดเข้าไปฝักข้าวโพดจะไปเสียดสีระหว่างตัวเหล็กเพลลา กับตะแกรงกะเทาะทำให้เมล็ดข้าวโพดหลุดออกมาและตัวเหล็กเส้นที่ม้วนเป็นเกลียว (รูปที่ 2.8) ยังทำหน้าที่เป็นตัวทำให้ฝักข้าวโพดไปสู่ช่องทางออกของเครื่อง สามารถใส่ได้ครั้งละ 1 ฝัก แต่ใส่ได้ตลอดแต่บางครั้งถ้าความเร็วการหมุนช้าเกินไปก็กะเทาะเมล็ดได้ไม่หมดและถ้าเร็วเกินไปจะทำให้ซึ่งข้าวโพดแตกหักได้



รูปที่ 2.8 กลไกลูกกะเทาะเหล็กเส้นม้วนเป็นเกลียว [6]

### 2.5.2.3 กลไกลูกกะเทาะแบบโซ่

จะประกอบด้วยถังป้อนฝักข้าวโพดตะแกรงคัดแยกเมล็ดโดยการทำงานเมื่อใส่ข้าวโพดเข้าไปโซ่ที่ติดกับเพลลา (รูปที่ 2.9) จะเป็นตัวที่ทำให้ฝักข้าวโพดหมุนวนและจะตีให้เมล็ดออกจากฝักซึ่งทางออกของฝักข้าวโพดนั้นจะมีลักษณะแบบเปิดปิดได้ซึ่งต้องปิดเครื่องก่อนถึงจะนำฝักข้าวโพดออกมา



รูปที่ 2.9 กลไกลูกกะเทาะแบบโซ่ [6]

## 2.6 การหาปริมาณเมล็ดแตกหักและประสิทธิภาพการกะเทาะ

ปริมาณเมล็ดแตกหัก (Breakage) ปริมาณเมล็ดแตกหักคืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของเมล็ดข้าวโพดที่แตกหักต่อน้ำหนักของเมล็ดข้าวโพดที่กะเทาะ

$$BR(\%) = \frac{BG \times 100}{WS} \quad (2.1)$$

เมื่อ	BR	=	ปริมาณแตกหัก (เปอร์เซ็นต์)
	BG	=	น้ำหนักเมล็ดข้าวโพดที่แตกหัก (กรัม)
	WS	=	น้ำหนักเมล็ดข้าวโพดที่ถูกกะเทาะ (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพการกะเทาะ (Shelling efficiency) ประสิทธิภาพการกะเทาะ ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของเมล็ดข้าวโพดที่ถูกกะเทาะทั้งหมดต่อน้ำหนักของเมล็ดข้าวโพด ทั้งหมด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ว่า

$$SE(\%) = \frac{WS \times 100}{TW} \quad (2.2)$$

เมื่อ	SE	=	ประสิทธิภาพการกะเทาะ (เปอร์เซ็นต์)
	WS	=	น้ำหนักเมล็ดข้าวโพดและซังที่ถูกกะเทาะทั้งหมด (กรัม)
	TW	=	น้ำหนักเมล็ดข้าวโพดที่ได้ทั้งหมด (กรัม)

## 2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะข้าวโพด

### 2.7.1 ความสุกแก่

กรมส่งเสริมการเกษตร (2559) ให้ข้อแนะนำเกี่ยวกับการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ต่างๆ ในประเทศไทย มีอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 100-120 วัน ซึ่งการเก็บเกี่ยวควรเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดแก่เต็มที่ สังเกตจากจากกาบหุ้มฝักแห้ง ใบแห้ง หรือเมล็ดควรมีความชื้นไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวของข้าวโพด หากเก็บเกี่ยวระยะเวลาที่ต่างกันจะทำให้ความชื้นต่างกัน ฆานิตย์ ศิริปมิตต์ดุลและนุชนารถ บัณฑุภาค ปรีชา (2531) ได้พัฒนาเครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบมือหมุน เพื่อใช้ทดสอบกะเทาะข้าวโพด ที่ความชื้นระดับต่างกัน พบว่า มีอัตราการทำงานที่แตกต่างกันและการแตกหักของเมล็ด ที่แตกต่างกัน และวิบูลย์ ช่างเรือ (2541) ได้ทดสอบเครื่องกะเทาะข้าวโพดทั้งเปลือก ที่ความชื้นต่างกัน 3 ระดับ พบว่าเมื่อความชื้นสูงขึ้นจะทำให้มีความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้น

### 2.7.2 จำนวนซี่ฟัน

สมชาย ชวนอุดมและวินิต ชินสุวรรณ (2552) ทดลองถอดฟันซี่นวดเครื่องนวดข้าว ในลักษณะ ซี่ฟันซี่ตลอดความยาวลูกนวด เพื่อใช้กะเทาะข้าวโพด ทำให้ลดแรงต้านในขณะ กะเทาะข้าวโพดได้ ทั้งนี้ผลการทดลองพบว่า มีผลต่อการสูญเสียจากการคัดแยกและการสูญเสียรวม ด้วยซึ่งสาทิส เวณัฐนทร์ และคณะ (2540) รายงานว่า เครื่องนวดเมล็ดพืชแบบ กวศ. จะนวดกะเทาะข้าวโพดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อปรับลดจำนวนซี่ฟันนวดลงครึ่งหนึ่ง โดยให้มี ระยะห่างระหว่างปลายฟันนวดกับตะแกรงรอบลูกนวด 30 – 35 มิลลิเมตร

### 2.7.3 ความเร็วในการกะเทาะ

นินนาท ราชประดิษฐ์ และภควัต พัวสมบัติศักดิ์ (2533) ได้ออกแบบเครื่องกะเทาะข้าวโพด เพื่อใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงาน การแตกหักของเมล็ด โดยใช้วิธีเปลี่ยนความเร็วรอบลูกกะเทาะ โดย การปรับเปลี่ยนพู่ล้อยให้มีขนาดเล็กหรือใหญ่ขึ้น พบว่าพู่ล้อยที่มีขนาดต่างกัน มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน การแตกหัก และสิ่งเจือปน ที่แตกต่างกัน

### 2.7.4 ระยะห่างระหว่างปลายลูกกะเทาะกับตะแกรงล่าง

สมชาย ชวนอุดมและวินิต ชินสุวรรณ (2552) ได้ดัดแปลงเครื่องนวดข้าวสำหรับใช้กะเทาะข้าวโพด โดยการลดความยาวของซี่ฟันนวด เพื่อให้ได้ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับ ปลายซี่ฟันที่มากขึ้น สำหรับใช้ทดสอบกะเทาะข้าวโพดที่ปอกเปลือก เพื่อให้ฝักข้าวโพดได้ถูกขัดสี จากซี่ฟันและตะแกรงล่างเพิ่มขึ้น

สาทิส เวณจันทร์ และคณะ (2540) รายงานว่า เครื่องนวดเมล็ดพืช แบบ กวศ. ที่ใช้นวดกะเทาะข้าวโพดที่ไม่มีเปลือกหุ้มได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อระยะห่างปลายฟันนวด กับตะแกรงรอบลูกนวดล่างในช่วง 30 – 35 มิลลิเมตร

## 2.8 ความชื้น

ความชื้น (Moisture content) เป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร เป็นสมบัติที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของอาหาร เนื่องจากความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร (Food spoilage) โดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (Microbial spoilage) ซึ่งกระทบต่ออายุการวางจำหน่าย (Shelf life) อาหารที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำสูงจะเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย (Perishable food) เนื่องจากมีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียเช่น แบคทีเรีย ยีสต์ และรา ความชื้นมีผลต่อความปลอดภัยทางอาหาร (Food safety) อาหารที่มีน้ำสูงเหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค (Pathogen) และการสร้างสารพิษ (Toxin) ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ รวมถึงการสร้างสารพิษของรา (Mycotoxin) เช่น Aflatoxin และ Patulin ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ความชื้นมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงความร้อนของอาหารด้านต่างๆ เช่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด การนำความร้อน (Thermal conductivity) ความร้อนจำเพาะ (Specific heat) ความชื้นมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของอาหาร ได้แก่ เนื้อสัมผัส (Texture) เช่น ความกรอบ ความหนืด (Viscosity) การเกาะติดกันเป็นก้อน (Caking) ความชื้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่มีผลกระทบทางลบต่ออาหารระหว่างการเก็บรักษา เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (Lipid oxidation) และความชื้นมีผลต่อการกำหนดราคาสินค้า เช่น ข้าว เมล็ดธัญพืช กำหนดราคาซื้อขายผันแปรตามปริมาณความชื้น [10]

### 2.8.1 การแสดงค่าความชื้นของอาหาร

ปริมาณความชื้น นิยมบอกเป็นเปอร์เซ็นต์มี 2 รูปแบบคือ

1. ความชื้นฐานเปียก (wet basis) เป็นค่าความชื้นที่มักใช้ในทางการค้า เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ความชื้นโดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน มักบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยมีสมการดังนี้

$$M_w = \frac{w - d}{w} \times 100 \quad (2.3)$$

โดยที่  $M_w$  = ความชื้นฐานเปียก  
 $w$  = น้ำหนักเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์  
 $d$  = น้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความชื้นฐานแห้ง (dry basis) เป็นค่าที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้ง (dehydration) เพราะช่วยให้คำนวณได้สะดวก เนื่องจากน้ำหนักแห้งของอาหารจะคงที่ อาจบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ หรือ จำนวนกรัมของน้ำต่อจำนวนกรัมของของแข็ง ( $\text{g H}_2\text{O} / \text{g solid}$ )

### 2.8.2 การวัดความชื้น

การวัดความชื้นแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

1. การวัดโดยตรง (Direct Methods) เป็นการวัดความชื้น โดยนำเมล็ดพืชมาผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อแยกน้ำออกจากเนื้อสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1.1 การทำปฏิกิริยาเคมี (Chemical Reaction) โดยการแยกน้ำด้วยปฏิกิริยาเคมี วิธีนี้ไม่นิยมใช้เนื่องจากใช้เวลานานและมีราคาแพง

1.2 การอบไล่ความชื้น (Heating Oven) เป็นวิธีที่นิยมใช้ โดยนำตัวอย่างเมล็ดพืชที่บด เป็น แปะแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์แล้ว นำไปชั่งน้ำหนัก เปรียบเทียบน้ำหนักก่อนและหลังการอบ จากนั้นนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ ความชื้น

1.3 การกลั่น (Distillation) นำตัวอย่างเมล็ดพืชที่บดเป็นแปะผสมกับตัวทำละลายโทลูอีน (toluene) แล้วนำไปต้มน้ำจะระเหยออกมาและควบแน่นเป็นหยด ซึ่งวัดเป็นปริมาตรและ น้ำหนักได้

1.4 การใช้รังสีอินฟราเรดหรือคลื่นไมโครเวฟ (Infrared and Microwave Radiation) เป็นการใช้รังสีอินฟราเรดหรือคลื่นไมโครเวฟ เพื่อระเหยน้ำในแปะที่ได้จากการ บดตัวอย่างเมล็ดพืช วิธีการวัดความชื้นเหล่านี้มีจุดเด่นที่ให้ผลการวัดถูกต้องแต่จุดด้อยสำคัญคืออุปกรณ์และเครื่องมือมีราคาแพง การใช้งานต้องเตรียมอุปกรณ์หลายชิ้น และการวัดแต่ละครั้งใช้เวลานาน

2. การวัดโดยอ้อม (Indirect Methods) เป็นการวัดสมบัติทางไฟฟ้าของเมล็ดพืชด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น วัดค่าความจุไฟฟ้า การวัดโดยอ้อมวัดได้หลายวิธีเช่นกันคือ

2.1 ความต้านทานไฟฟ้า (Resistance) อุปกรณ์วัดจะวัดความต้านทานไฟฟ้าของเมล็ด พืช โดยบรรจุเมล็ดพืชตัวอย่างลงช่องว่างระหว่างขั้วไฟฟ้าในภาชนะปิดแน่น ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ วัดได้จะแปรเป็นค่าปริมาณความชื้น

2.2 ความจุไฟฟ้า (Capacitance) ตัวอย่างจะถูกบรรจุในภาชนะปิด โดยผนังภาชนะทำ หน้าที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าความถี่สูงออกมา การวัดวิธีนี้จำเป็นต้องใช้ตารางคาลิเบรชัน (calibration) ประกอบด้วยค่าความชื้นที่ได้จากการวัดด้วยวิธีนี้ จะมีความแม่นยำมากกว่าการวัดจากค่าความ ต้านทานไฟฟ้า

## 2.9 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการใช้เครื่องจักรกลเกษตรเบื้องต้น

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย ระยะเวลาคืนทุน และจุดคุ้มทุนในการที่จะนำเครื่องจักรกลเกษตรมาใช้ทดแทนแรงงานคน โดยใน บทความนี้จะเป็นตัวอย่างการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเบื้องต้นให้กลุ่มเกษตรกร วิสาหกิจ ชุมชน หรือผู้ประกอบการรายย่อยใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการลงทุนที่จะนำ เครื่องจักรกลเกษตรมาใช้ในกิจการของตนเอง โดยเน้นความคุ้มค่าและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด [11]

### 2.9.1 การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมเกี่ยวกับต้นทุนในการใช้งานเครื่องจักรกลเกษตรที่จะนำมาใช้ทดแทนแรงงานคน สมมติว่าเกษตรกรซื้อเครื่องจักรกลเกษตรมาทดแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องจักรกลเกษตรประมาณ 5-10 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ยจากอัตราของธนาคารแห่งประเทศไทย) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์จะไม่คิดต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่าประกันภัย ค่าภาษี ค่าโรงเรือน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องไปทำงานตามสถานที่ต่างๆ เป็นต้น สำหรับต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานคนเพื่อทำงานร่วมกับเครื่อง ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา และค่าซ่อมแซม เป็นต้น [11]

### 2.9.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay-back period)

เป็นการคาดคะเนว่า เมื่อลงทุนใช้เครื่องจักรกลเกษตรไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี โดยคิดจากราคาในการลงทุนซื้อของเครื่องจักรกลเกษตรหารกับผลประโยชน์สุทธิที่คาดว่าจะได้รับในการใช้งานของเครื่องจักรกลเกษตร 5-10 ปี คำนวณได้จากสมการ

$$PBP = \frac{P}{R} \quad (2.4)$$

เมื่อ PBP = ระยะเวลาคืนทุน (ปี)  
 P = ราคาเครื่องจักร (บาท)  
 R = กำไรสุทธิต่อปี (บาทต่อปี)

### 2.9.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break-even point)

เป็นการคำนวณหาจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องจักรกลเกษตร โดยการเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนในการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตรกับแรงงานคน คำนวณได้จากสมการ

$$BEP = \frac{Fc}{B - VC} \quad (2.5)$$

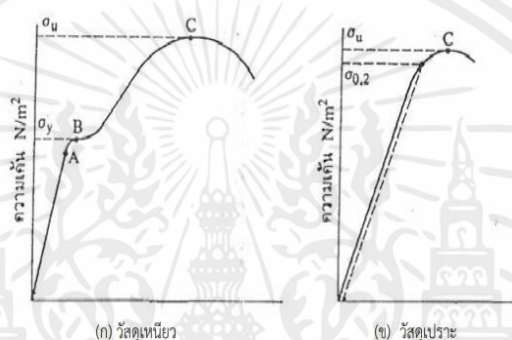
เมื่อ BEP = จุดคุ้มทุน (ชั่วโมงต่อปี)  
 Fc = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)  
 B = อัตราการรับจ้าง (บาทต่อชั่วโมง)  
 VC = ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อชั่วโมง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.10 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ

ก่อนที่จะได้ทำการคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ จะขอกล่าวถึงคุณสมบัติทางกลของวัสดุ เพราะ มีความสำคัญ ในการออกแบบชิ้นส่วน เครื่องจักรกลจะต้องคำนวณหาขนาดของชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติทางกลของวัสดุเป็นสำคัญซึ่งจะพบว่ามีชื่อเรียกต่าง ๆ อยู่มาก ดังนั้นเพื่อ ความสะดวกในการอ้างอิงต่อไปจึงจะได้นิยามความหมายของชื่อต่างๆ ไว้ พอสังเขปดังนี้ [12]

ความต้านทานแรงดึงอัลติเมท (Ultimate tensile strength),  $u$  เป็นความเค้นสูงสุดที่วัสดุ จะรับได้ ซึ่งคำนวณได้จากการนำแรงที่ใช้ดึงวัสดุตัวอย่างหารด้วยพื้นที่ หน้าตัดเดิม และแทน ด้วยจุด C บนกราฟ ความเค้น - ความเครียดรูปที่ (2.10) ในบางครั้งอาจเรียกให้สั้นลงได้ว่าความต้านแรงดึง (Tensile strength)



รูปที่ 2.10 ความเค้น - ความเครียด [15]

ขีดจำกัดความเป็นสัดส่วน (Proportional Limit) เป็นค่าความเค้นค่าสุดท้ายที่เป็นสัดส่วน โดยตรงกับความเครียด ดังจุด A เมื่อพ้นจุดนี้ไปแล้ว กราฟจะเป็นเส้นโค้ง ในทางปฏิบัติจะหาจุดนี้ ยากมาก ฉะนั้นในการคำนวณจึงนิยมใช้ความต้านแรงดึงครากแทน (Yield Strength)

ขีดจำกัดความยืดหยุ่น (Elastic Limit) อยู่ระหว่าง A และ B เป็นจุดสุดท้ายที่เมื่อเอาแรง ภายนอกออกแล้วชิ้นตัวอย่างทดสอบจะกลับมาที่ขนาดเท่าเดิม กราฟในช่วง A,B นี้ จะมีความโค้ง เล็กน้อย

ความต้านแรงดึงคราก (Yield strength),  $y$  เป็นจุดที่ชิ้นทดสอบยืดออกได้มากโดยที่ เพิ่ม แรงอีกเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งแทนด้วยจุด B หรือเรียกว่า จุดครากความเค้นที่จุดนี้ ถือเป็นหลัก ในการ ออกแบบทุกๆ ไป สำหรับวัสดุที่ไม่มีจุดคราก เช่น เหล็กหล่อ ก็อาจใช้ความต้านแรงดึง เป็นหลักใน การออกแบบหรืออาจจะหาความเค้นที่เรียกว่า ความเค้นที่จุดยืนถาวร (Proof stress) มาใช้แทน ความต้านแรงดึงคราก โดยการลากเส้นขนาน กับส่วนที่เป็นเส้นตรงของกราฟตาม เพอร์เซ็นต์ ของ ความเครียดที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้วมักจะใช้ 0.2 % และเพื่อแสดงความแตกต่าง ระหว่างความเค้น ที่จุดยืนถาวร กับความต้านแรงดึงครากจึงใช้สัญลักษณ์แทนความ เเค้นที่จัดยึด ถาวร 0.2 % หรืออาจ เรียกสั้น ๆ ว่า ความเค้นพิสูจน์ 0.2 %

ยังโมดูลัส (Young modulus) หรือโมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) เป็น อัตราส่วนระหว่างความเค้นต่อความเครียดในส่วนที่กราฟเป็นเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมดูลัสเฉือน (Shear modulus) หรือโมดูลัสความแข็งแรง (Modulus of elasticity) ในการทดสอบชิ้นส่วนโดยใช้แรงเฉือนแล้วเขียนกราฟระหว่างความเค้นเฉือน (Shear stress) กับความเครียดเฉือน (Shear strain) ก็จะได้กราฟลักษณะเดียวกับการทดสอบแรงดึง อัตราส่วน ระหว่างความเค้นเฉือนต่อความเครียดเฉือนในส่วนที่กราฟเป็นเส้นตรงเรียกว่า โมดูลัสเฉือน

### 2.10.1 เพลา (Shaft)

เพลาอาจจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะของการใช้งานดังต่อไปนี้ คือ เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง เพลาอาจจะมีรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงดันหรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ ดังนั้น การคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วยแรงเหล่านี้ ยังอาจจะมี การเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เพลาเสียหาย เพราะความล้าได้ ฉะนั้น จึงต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอ สำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนี้เพลาจะต้องมีความแข็งแรง (rigidity) เพียงพอเพื่อ ลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลา ก็เป็นสิ่งสำคัญ ในการกำหนดของเพลา เช่นเดียวกันเพราะถ้าเพลาที่มีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุน ทำให้ความเร็ววิกฤติ (Critical speed) ของเพลาลดลงซึ่งอาจจะทำให้เพลา มีการสั่นอย่างรุนแรงใน ขณะที่ความเร็วของเพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตินี้ได้ ระยะโก่ง นี้ยังมีผลต่อการ เลือกรับเพลา เช่น บอลแบร์ริง (Ball Bearing) ก็ต้องมีการเบี่ยงแนว (Misalignment) ในการใช้ งานที่พอเหมาะกับเพลาด้วย [12]

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้น หนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static design method) ในการหาสมการสำหรับการออกแบบเพลาให้พิจารณาเพลา ให้เพลาเป็นแบบกลมและกลวง โดยมีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ  $d_i$  และ  $d$  ตามลำดับ ความเค้นต่างๆ ที่เกิดขึ้นบน เพลา มีดังต่อไปนี้

$$\text{ความเค้นดึงหรือกด} \quad \sigma_a = \frac{4F}{\pi(d^2 - d_i^2)} \quad (2.6)$$

$$\text{ความเค้นดัด} \quad \sigma_b = \frac{MC}{I} = \frac{32Md}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.7)$$

$$\text{ความเค้นเฉือน} \quad \tau_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16Td}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.8)$$

F	=	แรงกระทำ N
M	=	โมเมนต์ N.m
d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก m
d <sub>i</sub>	=	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน m
C	=	ระยะห่างจากแกนสะเทิน ไปยังผิววนอกสุด m
r	=	รัศมี m
J	=	โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้วพื้นที่ cm <sup>4</sup>
I	=	โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ cm <sup>4</sup>
T	=	โมเมนต์แรงบิด N.m

ในกรณีที่เป็นแรงกด อาจมีผลจากการโก่งงอ ( Buck ling) ได้ ดังนั้นสมการที่ (2.6) จะกลายเป็น

$$\sigma_a = \frac{4\alpha F}{\pi(d^2 - d_i^2)} \quad (2.9)$$

เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร เพราะเพลามุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำยังอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาได้ ดังนั้นเพลาก็เกิดความเสียหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณของ ASME ใช้วิธีการแบบสถิติศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า (Fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

ถ้าให้	C <sub>m</sub>	=	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการตัด
	C <sub>t</sub>	=	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

ดังนั้นสมการที่ (2.7) และสมการ (2.8) จึงกลายเป็นสมการที่ (2.10) และ (2.11)

$$\sigma_b = \frac{32C_m M d}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.10)$$

$$\tau_{xy} = \frac{16C_t T d}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.11)$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวมคือ

$$\sigma = \sigma_a - \sigma_b \quad (2.12)$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau = \left( \tau_{xy}^2 + \left( \frac{\sigma}{2} \right)^2 \right)^{1/2} \quad (2.13)$$

แทนค่าในสมการ (2.9), (2.10), (2.11) และสมการ (2.12) ลงในสมการข้างบนนี้แล้วจัดรูปแบบใหม่จะ  
ได้ว่า

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau (1 - k^4)} \left[ (C_t T)^2 + \left( \frac{\alpha (1 - k^2)}{8} + C_m M \right)^2 \right]^{1/2} \quad (2.14)$$

ในกรณีของเพลตตัน  $k = d_i / d = 0$  เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ (2.14) ก็จะได้สมการที่ (2.15)

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau_d} \left( (C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right)^{1/2} \quad (2.15)$$

จากสมการ (2.15) เป็นสูตรของ ASME Code ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบตามทฤษฎีความ  
เค้นเฉือนสูงสุดและค่าประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งดูได้ จาก  
ตารางที่ 2.1



สายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูงซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดี แม้ว่าจะมี ส่วนโค้งสัมผัสผืนน้อยและมีแรงดึง ขึ้นต้นค่อนข้างต่ำ และเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อยในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุด เมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่น กับร่องบนล้อสายพานและในกรณีที่ไม่มีเหตุฉุกเฉินก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรกได้ ด้วย

### 2.10.3 มอเตอร์

ในปัจจุบันนี้โรงงานต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานอุตสาหกรรมนิยมใช้มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ เพราะเหตุว่าในปัจจุบันนี้มีไฟฟ้ากระแสสลับใช้อย่างกว้างขวาง ซึ่งในงานบางอย่างก็ ยังจำเป็นต้องใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอยู่เช่น มอเตอร์สตาร์ทรถยนต์ รถจักรดีเซล รถราง หรือ มอเตอร์ยกของหนักในเรือ มอเตอร์ที่กล่าวนี้เขาสร้างขึ้นให้มีขนาดต่างๆ กัน ตั้งแต่ขนาด 1/100 กำลังม้า จนกระทั่งถึงหลาย ๆ พันกำลังม้ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor หรือ A.C. Motor) คือ เครื่องที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) ให้เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) พลังงานไฟฟ้าไม่ได้นำเข้าสู่วอเตอร์ ของมอเตอร์โดยตรง แต่ได้จากการเหนี่ยวนำหรือที่ เรียกว่า อินдукชัน (Induction) ดังนั้น จึงเรียกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับว่า อินдукชัน [13]

การหาแรงบิดมอเตอร์จากสูตร

$$T = FR \quad (2.17)$$

$$\begin{aligned} T &= \text{แรงบิด Nm} \\ F &= \text{แรงกระทำ N} \\ R &= \text{แรงแนวในการกระทำ m} \end{aligned}$$

การหาขนาดมอเตอร์

$$W_p = \frac{2\pi n T_1}{60} \quad (2.18)$$

หรือ 
$$W_p = T\omega = 2\pi n T$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } W_p &= \text{กำลังมอเตอร์ W} \\ T_1 &= \text{แรงบิดมอเตอร์ Nm} \\ n &= \text{ความเร็วรอบมอเตอร์ rev/s} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มงคล ตุ่นเฮ้า และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาเครื่องต้นแบบกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่ามีประสิทธิภาพการกะเทาะสูงสุดคือ 94.94 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเมล็ดแตกหัก 1.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นความเร็วเชิงเส้นที่แนะนำสำหรับเครื่องต้นแบบนี้ ส่วนเครื่องนวดข้าวได้ที่ปรับปรุงเพื่อกะเทาะข้าวโพดที่มีเปลือกหุ้มและให้แยกเปลือกและซังออกจากกันในระบบกะเทาะด้วยการปรับระยะห่างซี่ตะแกรงล่างช่วงสุดท้ายให้มากขึ้น ผลการทดลองพบว่า การปรับซี่ตะแกรงให้มากขึ้นเป็นสองเท่า ของระยะเดิมทำให้ซังแยกตัวออกจากเปลือก เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย และการปรับระยะห่าง ใบปิดของซังเศษ ให้มีระยะเพิ่มขึ้นอีก 10 เซนติเมตร ไม่มีผลต่อการแยกเปลือกออกจากซัง

เกษม เจนวิไลศิลป์ [9] ได้ทำการศึกษาออกแบบสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง ซึ่งเหมาะกับ เกษตรกรที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าการกะเทาะเมล็ดข้าวโพดออกจากฝัก โดยมีความชื้น ไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ แยกฝู่นอกโดยการเป่า และแยกซังข้าวโพดออกจากเมล็ด แล้วทำการสับซังข้าวโพด โดยมีมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ ผลการวิจัย พบว่า เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซังสามารถกะเทาะเมล็ดข้าวโพดได้ 446.67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมล็ดข้าวโพดที่แตกหัก 0.28 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพของเครื่องในการกะเทาะ ทำได้ 94.29 เปอร์เซ็นต์

พิพัฒน์ อมตฉายา [14] ได้ทำการศึกษาการพัฒนาออกแบบสร้างและทดสอบเพื่อหา สภาพการทำงานที่เหมาะสมสำหรับเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด พบว่าที่ระยะห่างหัวกะเทาะ 17 มิลลิเมตร มุมเอียงของ หัวกะเทาะ 30 องศา และความเร็วรอบของเพลากะเทาะ 90, 110 และ 130 รอบต่อ นาที จะมีประสิทธิภาพการกะเทาะสูงสุดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะห่างหัวกะเทาะ 19 มิลลิเมตร มุมเอียงของหัวกะเทาะ 60 องศา และความเร็วรอบของเพลากะเทาะ 90 รอบต่อ นาที จะมี ประสิทธิภาพ การกะเทาะสูงสุดเท่ากับ 88 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ความเร็วลม 7.5 เมตรต่อวินาที จะให้ ประสิทธิภาพ การคัดแยกสูงสุดเท่ากับ 62.44 เปอร์เซ็นต์ เครื่องกะเทาะสามารถกะเทาะเมล็ด ข้าวโพดที่มีขนาดเมล็ดพร้อมเปลือก กว้าง 21.02 มิลลิเมตร ยาว 23.35 มิลลิเมตร หนา 16.25 มิลลิเมตร และขนาดเมล็ดในกว้าง 15.70 มิลลิเมตร ยาว 19.20 มิลลิเมตร หนา 12.75 มิลลิเมตร ความสามารถในการกะเทาะ 60 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

มนต์ชัย ราชกิจ [15] ได้ทำการศึกษาการสร้างเครื่องกะเทาะเยื่อถั่วลิสง เพื่อหาสมรรถนะ ของเครื่องกะเทาะเยื่อถั่วลิสง และเพื่อหาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องกะเทาะเยื่อถั่วลิสง ซึ่งได้ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเยื่อถั่วลิสงโดยมีส่วนประกอบหลักทั้งหมด 3 ส่วนคือชุดถั่ว เมล็ดถั่วลิสงมีขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 55 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ชุดกะเทาะเมล็ด ถั่วลิสงมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ยาว 56 เซนติเมตร และชุดต้อนเมล็ดถั่วลิสงมีลักษณะขนาด ความกว้าง 17 เซนติเมตร ยาว 46 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ผลการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของชุดถั่วเมล็ดถั่วลิสง โดยใช้ปริมาณของเมล็ดถั่วลิสง 2.5 กิโลกรัม พบว่าคุณสมบัติที่มีผลต่อการกะเทาะเยื่อและการอบแห้งเมล็ดถั่วลิสงที่มีประสิทธิภาพ สูงสุด คือ อุณหภูมิที่ 150 องศา สามารถกะเทาะเยื่อเมล็ดถั่วลิสงได้ 99.เปอร์เซ็นต์ เมล็ดถั่วลิสงที่มี เยื่อติดอยู่ 0.65 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การแตกหัก 0.1 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีมีเมล็ดไหม้ และหลังจาก

การรอบแห้งที่ 140 องศา ใช้เวลาอบแห้ง 4 นาที เมล็ดถั่วลิสงมีความชื้นสัมพัทธ์แบบแห้ง 4.2 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดเปอร์เซ็นต์ความชื้นได้ 32.4 เปอร์เซ็นต์

วีรศักดิ์ ศักดิ์สง่างวงษ์ และคณะ [16] ได้สร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด สำหรับนำมาใช้เลี้ยงสัตว์และทำการทดสอบเครื่อง เพื่อที่จะหาสมรรถนะการทำงานของเครื่อง และทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดมี ประสิทธิภาพ ที่ดี ข้าวโพดนั้นจะอาศัยเพลากะเทาะที่รับกำลังมาจากมอเตอร์เป็นตัวกะเทาะ เมล็ดข้าวโพดให้ หลุดออกจากฝัก เมล็ดที่ได้ก็จะตกลงบนตะแกรงที่อยู่ข้างล่าง ซึ่งจะทำหน้าที่แยกเมล็ดข้าวโพดกับเศษซึ่ง ข้าวโพดที่แตกหัก ส่วนซึ่งข้าวโพดที่ใหญ่ก็จะถูกเหวี่ยงให้ออกทางด้านข้าง เมื่อเมล็ดและเศษซึ่งข้าวโพดที่เล็ก ๆ ลดตะแกรงรูแล้วก็จะตกเข้าไปในถังทำความสะอาด การทดสอบนั้นจะทำการทดสอบที่ความเร็วรอบของ เพลากะเทาะต่าง ๆ กัน คือ 438 rpm, 600 rpm, และ 736 rpm โดยการเปลี่ยนขนาดของมู่oley เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76.2 มิลลิเมตร, 101.6 มิลลิเมตร และ 127 มิลลิเมตร. ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่า ความเร็วรอบ 736 รอบ/นาที จะให้ผลดีที่สุดในให้อัตราการกะเทาะประมาณ 2,422 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดติดซึ่ง 5.62% ซึ่งน้อยที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก 2.31%, เปอร์เซ็นต์สิ่งเจือปน 0.43% และเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย 8.49%

กฤษณะ นาวารัตน์ [17] ได้ทำการศึกษเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด พบว่าการกะเทาะฝักข้าวโพดด้วยเครื่อง กะเทาะเมล็ดข้าวโพดที่ระดับความเร็วรอบ 4 ความเร็วรอบคือ 600, 550, 500 และ 450 รอบต่อนาที ได้ความสามารถเชิงวัสดุคือ ที่ระดับความเร็ว 600 รอบต่อนาทีที่ได้ความสามารถเชิงวัสดุ 160.65 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ระดับความเร็วรอบ 550 รอบต่อนาทีได้ความสามารถเชิงวัสดุ 148 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ระดับความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาทีได้ความสามารถเชิงวัสดุ 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ ที่ความเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที ได้ความสามารถใช้วัสดุ 140 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จากการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดจากความเร็วรอบต่าง ๆ ความเร็วรอบที่เหมาะสมสามารถกะเทาะได้และความสามารถเชิงว่าสูงมากที่สุดคือที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที

ไกรสร รวยป้อม และ สุรพงษ์ โชทอง [18] ได้ทำการศึกษเครื่องกะเทาะหมากแห้ง พบว่าการทดสอบ ทำการค้นหาขนาดของผลหมากออกเป็น 2 ขนาดคือ ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ทำการกะเทาะผลหมากแห้งทั้ง 2 ขนาด ทำการจับเวลาที่ใช้ในการกะเทาะและลักษณะผลหมากที่ได้ จากการทดสอบผลการทดสอบ การทำงานของเครื่องกะเทาะหมากแห้ง คือ เปอร์เซ็นต์จาก การกะเทาะหมากขนาดเล็ก ได้เปอร์เซ็นต์เมล็ดหมากเต็มเมล็ด 67.3 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดหมากแตก 7.3 เปอร์เซ็นต์ และผลหมากที่ที่ปอกไม่ได้ 25.3 เปอร์เซ็นต์ ผลหมากขนาดใหญ่เปอร์เซ็นต์เมล็ดหมากเต็ม เมล็ด 80.6 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดหมากแตก 6.6 เปอร์เซ็นต์ และผลหมากที่ปอกไม่ได้ 12.6 เปอร์เซ็นต์

นิพนธ์ แสงจันทร์ และคณะ [19] ได้ทำการศึกษาออกแบบสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟสำหรับเกษตรกร หรือผู้ที่มีความสนใจเกี่ยวกับการกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟเพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้ โดยใช้หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงรวมทั้งวงจรควบคุม 16 และหัวไม้เป็นตัวกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟ การทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟ ซึ่งจะทำให้เกิดประโยชน์แก่เกษตรกรและผู้สนใจ ในการใช้เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟ ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟ ซึ่งมีขนาดที่เหมาะสม กับการใช้งาน

สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกโดยมีความกว้างของตัวเครื่อง 450 มิลลิเมตร ความยาวของ ตัวเครื่อง 650 มิลลิเมตร และความสูงของตัวเครื่อง 2500 มิลลิเมตร ซึ่งเครื่องกะเทาะ เปลือกเมล็ดกาแฟ สามารถคัดแยกเมล็ดสมบูรณ์ได้จำนวนถึง 5,000 กรัม โดยใช้เวลา 3.20 นาทีต่อการกะเทาะเปลือก เมล็ดกาแฟ 3 รอบ ทำให้เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟมีความสำคัญ และความเหมาะสมต่อ เกษตรกรและผู้สนใจเป็นอย่างมาก

วิบูลย์ ช่างเรือ [20] ได้สร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด มีขนาดความสูง 110 เซนติเมตร ใช้ ต้น กำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส 3 แรงม้า นำ ไปทดสอบโดยสีข้าวโพดอาหารสัตว์พันธุ์ 888 ทั้งหมด 10 ครั้งแต่ ละครั้ง ป้อนตัวอย่างข้าวโพดครั้งละ 5 กิโลกรัม ทำการจับเวลาที่ใช้ในการกะเทาะ เฉลี่ยครั้งละ 70 วินาที สามารถสีข้าวโพดได้เมล็ดที่สมบูรณ์ 90 % เมล็ดแตกหัก 10 % นับรวมทั้ง จากช่องทางออกข้าวโพด และ ช่องทางออกซัง เมล็ดข้าวโพดที่ออกจากช่องทางออกคิดเป็น 70 % แบ่งเป็นเมล็ดสมบูรณ์ 65 % เป็นเมล็ด แตกหัก 5 % และเมล็ดข้าวโพดที่ออกไปทางช่องทางออกซัง คิดเป็น 30 % แบ่งเป็นเมล็ดสมบูรณ์ 27 % เป็น เมล็ดแตกหัก 3 % เมล็ดปะปนออกไปที่ช่องทางออก ของซังคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย 30 % สาเหตุที่เมล็ด ออกจากช่องทางออกซัง เพราะเมื่อกะเทาะ ข้าวโพดเมล็ดจะถูกหมุนอยู่ด้านในตามแนวแกน โดยไม่มีตะแกรง รองรับทางด้านช่องทางออกซัง ทำให้เมล็ดปะปนติดไปทางด้านทางออกออกซัง ได้ประสิทธิภาพในการกะเทาะ 70 % เปอร์เซ็นต์เศษซัง ที่ติดมากับช่องทางออกเมล็ด 0.55 %

นฤมล บุญกระจ่าง [21] ได้ทดสอบเครื่องกะเทาะหมากแห้งเพื่อหาความสามารถ ใน การ กะเทาะ คุณภาพการกะเทาะ และสมรรถนะการทำงาน พบว่าความชื้นผลหมากที่ใช้ใน กะเทาะไม่ ควรสูงกว่า 13.21 เปอร์เซ็นต์ ( มาตรฐานเปียก W.B. ) และ ไม่ควรต่ำกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐาน เปียก W.B. ) เครื่องกะเทาะมีความสามารถในการกะเทาะเฉลี่ยสูงกว่า 90เปอร์เซ็นต์ ของ ผลหมาก แห้ง กะเทาะได้หมากเต็มเมล็ดเฉลี่ย 60 เปอร์เซ็นต์ ของผลหมากแห้งที่สามารถกะเทาะได้ ความสามารถในการ ผลิตหมากเต็มเมล็ดสูงสุด 102 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 29.38 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เครื่องกะเทาะหมากแห้งแบบล้อหมุนในแนวระดับพัฒนาขึ้น เพื่อความสะดวก และปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน มี ความสามารถในการกะเทาะ 69.16 เปอร์เซ็นต์ ของผลหมากแห้ง และมีความสามารถผลิตหมากเต็มเมล็ด 96.42 เปอร์เซ็นต์ ของผลหมากแห้งที่สามารถกะเทาะได้ ความสามารถในการผลิตหมากเต็มเมล็ดสูงสุด 61.05 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 42.24 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุนพบว่าต้องผลิตหมากเต็มเมล็ดแห้งปีละ 2,704 กิโลกรัม

ชาญวิทย์ ชัยอมฤต และ คณะ [22] ได้ศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะข้าวโพด ส่วนประกอบของเครื่องกะเทาะข้าวโพดจะใช้เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมมาตรฐานขนาด 38 มิลลิเมตรหนา 2.3 มิลลิเมตรมาเชื่อมเป็นโครงสร้างถาดรองทำขึ้นจากสังกะสีนำมาตัดขึ้นรูปตามแบบที่ต้องการถึง กะเทาะเป็นถึงเหล็กทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.48 เมตรความยาว 0.8 เมตร ซึ่งเลือกใช้ความจุถังขนาด 150 ลิตร สำหรับการรองรับปริมาณข้าวโพด 15 กิโลกรัม นำมาเจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15 มิลลิเมตรจำนวน 192 รู เพื่อใช้เป็นช่องกรองเมล็ดที่กะเทาะ แล้วเพลลาทำด้วยเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร อุปกรณ์กะเทาะ ทำด้วยโซ่เหล็กที่มีขนาด 3 มิลลิเมตร ความยาว 0.2 เมตร จำนวน 21 เส้น นำมาติดและวางเรียงตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปตามแนวแกนเพลลา ผลจากการทดสอบพบว่ากระบวนการกะเทาะข้าวโพด 10 20 และ 30 วินาที พบว่ามีประสิทธิภาพของเครื่องอยู่ที่ 77.67 % ,84.9 % และ 84.33 % ตามลำดับและมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ด 1.2 % 1.53 % และ 1.87 % ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของข้าวโพดที่อยู่ในถังกะเทาะที่นานขึ้น

ภาคภูมิ ไจชมพู และคณะ [23] ได้ทำการศึกษาเครื่องกะเทาะข้าวโพดที่สร้างให้กับชุมชนบ้านป่าแดงใต้ ต.ตลุกกลางทุ่ง อ.เมือง จ.ตาก โดยทดลองกับข้าวโพดพันธุ์ แปซิฟิก 339 ที่ความชื้นร้อยละ 15-16 พบว่าความเร็วรอบ ของเครื่องที่ดีที่สุด คือ 360 รอบต่อนาที ทดลองกะเทาะ ข้าวโพด จำนวน 20 กิโลกรัม ใช้เวลาเฉลี่ย 30.74 วินาที ได้ เมล็ดข้าวโพด 85.80 เปอร์เซ็นต์ ได้แกนข้าวโพดที่สมบูรณ์ 83.34 เปอร์เซ็นต์ มีฝุ่นผงและเมล็ดที่แตกเฉลี่ย 8.14 เปอร์เซ็นต์ และเครื่องสามารถกะเทาะเมล็ดข้าวโพดได้ไม่น้อย กว่า 1,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือประมาณ 12,000 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อนำข้อมูลจากข้างต้น มาประมาณการใน การนำเมล็ดข้าวโพดและแกนข้าวโพดไปจำหน่ายให้กับโรงรับซื้อพืชผลทางการเกษตร จำนวน 4 โรงรับซื้อๆ จำหน่าย เมล็ดข้าวโพดได้กิโลกรัมละ 7.5 บาท ซึ่งข้าวโพดกิโลกรัมละ 1 บาท โดยถ้าคิดที่ 12,000 กิโลกรัม จะขายได้เป็นเงิน 102,000 บาท หักค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้น 60,667 บาท รวม แล้วใน 1 วัน หรือที่ 12,000 กิโลกรัม จะได้กำไรจาก การขายเมล็ดข้าวโพดและซังข้าวโพด 41,333 บาท ผลที่ได้คือ ชาวบ้านในชุมชนจะมีกำไรใน การจำหน่ายเมล็ดข้าวโพด เพิ่มขึ้นจากเดิมที่ขายรวมทั้งฝักข้าวโพด

อวิรุทธิ์ สุวิชา และคณะ [24] การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแบบลูกกลิ้ง ได้สร้างเครื่องกะเทาะ เมล็ดข้าวโพดแบบลูกกลิ้ง ขนาด 65x65x125 เซนติเมตร ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า จำนวน 2 ตัว มีช่องทางออกของซังข้าวโพดและเมล็ดข้าวโพดคนละช่อง เพิ่มล้อเลื่อนเพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้าย มีความเร็วรอบที่ดีที่สุด คือ 360 รอบต่อนาทีผลต่างความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที ในการทดลองใช้ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ S7328 ของบริษัทชินเจนต้า ทำการทดลองจำนวน 3 ครั้ง แต่ละครั้งป้อน ข้าวโพดครั้งละ 400 กรัม ได้ประสิทธิภาพในการกะเทาะ 92.42 เปอร์เซ็นต์ มีเมล็ดที่ถูกกะเทาะ 69.76 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดที่ไม่ถูกกะเทาะ 3.27 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักของซังข้าวโพด 19.39 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดที่ตกค้างในเครื่อง 7.58 เปอร์เซ็นต์

นฤเบศร์ หนูใสเพชร [25] ได้ทำการศึกษาปัจจัยของเครื่องกะเทาะผลหมากแห้งแบบล้อยาง พบว่าอัตราการป้อนผลหมากและความดันลมยางที่เหมาะสม ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2.24 กิโลวัตต์ เป็นต้นกำลัง ล้อยางหมุนด้วยความเร็วรอบที่ 600 รอบต่อนาที โดยเฉลี่ย ได้ทดสอบความดันลมยางที่ 10, 15 และ 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและตั้งระยะห่างระหว่างตะแกรงกับล้อยางล้อด้านบน 3.5 เซนติเมตร และล้อด้านล่าง 2.5 เซนติเมตร การหาอัตราการป้อนผลหมากในการทดสอบได้ทำการปรับช่องป้อน 3 ระดับ คือ 5, 10 และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะได้อัตราการป้อนที่เหมาะสม 194 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ช่องป้อน 15 เซนติเมตร และการทดสอบหาความดันลมยางที่ เหมาะสมพบว่าที่ความดันลมยาง 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยได้ผลผลิต เนื้อในเมล็ดเต็มร้อยละ 75.84 เมล็ดหมากแห้งที่ไม่ถูกกะเทาะร้อยละ 23.33 และเมล็ดแตกหักเพียง ร้อยละ 0.83 และเมื่อคิดจุดคุ้มทุนพบว่าเครื่องกะเทาะผลหมากแห้งแบบล้อยางจะคืนทุนภายใน 9 วัน ของการกะเทาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิทักษ์ คล้ายชม และคณะ [26] ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อัตโนมัติแบบแนวตั้งให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยนำเครื่องกะเทาะเมล็ดจากโรงงานแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรีมาทำการศึกษาและพัฒนาปรับปรุง ซึ่งสามารถ แบ่งส่วนผลการศึกษาที่สำคัญสรุปได้ ดังต่อไปนี้ 1. เมล็ดที่ใช้เวลาการต้มนาน 20 นาที ให้ผลการกะเทาะที่ดีที่สุดคอดีเมล็ดในเต็ม 85 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดในซีก 4 เปอร์เซ็นต์ และผ่าไม่ได้ 11 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเมล็ดในไม่แตกซีกง่าย และเปลือกไม่แข็งหรืออ่อนเกินไป 2. ชุดจับเมล็ดก่อนการปรับปรุงมีประสิทธิภาพในการจับเมล็ดได้สำเร็จเพียง 76.6 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากขาจับเมล็ดมีพื้นที่ห้อยและได้ทำการปรับปรุงให้ขาจับเมล็ดมีพื้นที่มากขึ้นส่งผล ให้ชุดจับเมล็ดหลังการปรับปรุงมีประสิทธิภาพ

Bako and Bature [27] ได้ออกแบบเครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบใช้มือหมุนเพื่อเปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิมคือใช้ซังข้าวโพดขัดสีกับตัวอิฐหรือหินและจะมีตะแกรงรองเมล็ดอยู่ด้านล่าง ซึ่งใช้เวลานาน และต้องใช้แรงงานจำนวนมากโดยกะเทาะได้เพียง 12.63 กิโลกรัม/ชั่วโมง จึงได้ทำการการศึกษา ออกแบบ ประดิษฐ์ เครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบใช้มือหมุนประกอบด้วยเพลาทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม. ยาว 86 ซม. มีเหล็กแหลมตามแนวเพลาเพื่อแยกฝักข้าวโพดกับเมล็ด ใช้แผ่นเหล็กขนาด 2 มม. ความยาวไว้ 86 ซม. เป็นฝาครอบกะเทาะ ใช้ข้าวโพดที่มีความชื้น 16 % พบว่าประสิทธิภาพการกะเทาะ 75.03 % และมีการแตกหักของเมล็ด 1.3 % ความสามารถของเครื่องกะเทาะ 22.06 กิโลกรัม/ชั่วโมง จะเห็นว่าเครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบใช้มือหมุนมีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่า สามารถลดเวลาและจำนวนคนในการกะเทาะได้

Aremu and Ijadunola [28] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบใช้กำลังจากมอเตอร์ เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรในจิจเรียเพื่อลดต้นทุนในการจ้างรถเกี่ยวขนาดข้าวโพด โดยลักษณะของเครื่อง ความยาว 830 mm ความกว้าง 605 mm และความสูงของตัวเครื่อง 950 mm ใช้เพลากะเทาะแบบซี่ฟันกะเทาะ ความเร็วรอบในการกะเทาะ มีความยาวของเพลากะเทาะ 750 mm ความเร็วในการกะเทาะ 600 และ 800 rpm ที่ความชื้นของข้าวโพด 13 % และ 16 % พบว่าข้าวโพดที่มีความชื้น 13% ต่อความเร็วรอบ 800 rpm จะมีประสิทธิภาพดีกว่าในความความเร็วรอบ 600 rpm และในความชื้นของข้าวโพด 16 % จะทำให้มีการแตกหักของเมล็ดเพราะเกิดจากมีความชื้นในเมล็ดมากเกินไป โดยเครื่องกะเทาะที่ได้สร้างจะกะเทาะข้าวโพดที่ความชื้นไม่เกิน 13 % ซึ่งจะมีประสิทธิภาพการกะเทาะ 87.08 % มีการแตกหักของเมล็ด 2.96 % และมีความสามารถของเครื่อง 624 กิโลกรัม/ชั่วโมง สามารถเคลื่อนย้ายไปยังฟาร์มเพื่อดำเนินการได้อย่างสะดวก ทำงานได้เร็วกว่ากะเทาะด้วยมือ

Desoukey and Mousa [29] ได้นำเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวันมาดัดแปลงเป็นเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด สำหรับนำมาใช้เลี้ยงสัตว์และทำการทดสอบเครื่อง เพื่อที่จะหาสมรรถนะการทำงานของเครื่อง และทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดมี ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ดี ได้ทำการออกแบบเพลากะเทาะด้วยกันสองแบบคือ แบบซี่ฟันเรียง 30 องศา (ลักษณะเป็นเกี้ยว) และ แบบซี่ฟันเรียง 90 องศา การทดสอบนั้นจะทำการทดสอบที่ความเร็วรอบของ เพลากะเทาะต่างๆ กัน คือ 438 rpm, 600 rpm, และ 736 rpm โดยการเปลี่ยนขนาดของมู่เล่ย์ เป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 76.2 มิลลิเมตร, 101.6 มิลลิเมตร และ 127 มิลลิเมตร. ตามลำดับ ผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าที่ความเร็ว 736 รอบ/นาที ของเพลากะเทาะแบบซี่ฟันเรียง 90 องศา จะให้ผลดีที่สุด ให้อัตราการกะเทาะประมาณ 2,422 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีประสิทธิภาพการกะเทาะ 94.5% มีเมล็ดที่แตกหัก 2.31%

Taha and Khafajie [30] ได้ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะข้าวโพดในโรงงานกะเทาะเมล็ดข้าวโพดที่อัล-มุไซยิบ / เขตผู้ว่าราชการบาบิโลน มีวัตถุประสงค์ของการศึกษาเครื่องกะเทาะดัดแปลงเฉพาะสำหรับเมล็ดข้าวโพดโดยใช้เครื่องกะเทาะที่ดัดแปลงในท้องถิ่นด้วยค่าที่แตกต่างกัน ความเร็วรอบในการกะเทาะ 900, 1100 และ 1300 rpm ระยะห่างของซี่ฟันกะเทาะ 23 และ 28 mm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 28 มม. บ่งชี้ว่ามีนัยสำคัญเหนือกว่าที่ระยะความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 23 mm มีความสามารถในการกะเทาะ 2.474 ตัน/ชั่วโมง และประสิทธิภาพในการกะเทาะ 193.735 กิโลกรัม/ชั่วโมง เมื่อเพิ่มความเร็วรอบลูกกะเทาะ จาก 900 เป็น 1100 และ 1300 rpm พบว่าที่ความเร็วรอบลูกกะเทาะ 1300 rpm ค่าบ่งชี้ว่ามีนัยสำคัญเหนือกว่าความเร็วรอบนอกของปลอกกระสุน 900 และ 1100 rpm มีความสามารถในการกะเทาะสูงขึ้น 3.039 ตัน/ชั่วโมง และผลผลิตคุณภาพสูง 205.061 กิโลกรัม/ชั่วโมง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

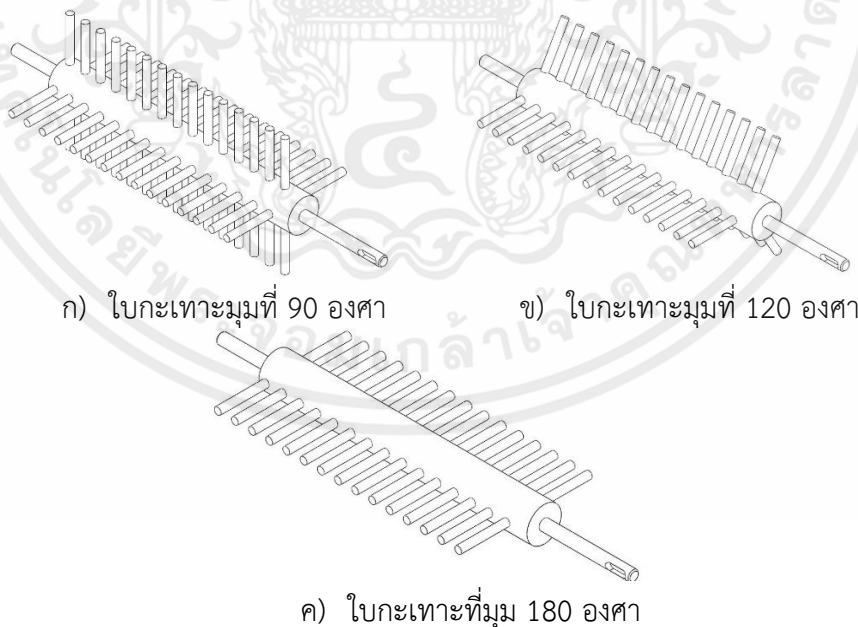
### วิธีการดำเนินงาน

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้จัดทำมีจุดมุ่งหมายในการออกแบบ และสร้างเครื่องต้นแบบ จึงทำการทดสอบรูปแบบใบกะเทาะ ความห่างระหว่างฟันกะเทาะ ระยะห่างระหว่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง และความเร็วรอบของลูกกะเทาะที่ให้ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ดีที่สุดของ และร้อยละการแตกหักน้อยที่สุด

#### 3.1 หลักการ และแนวคิดในการออกแบบ

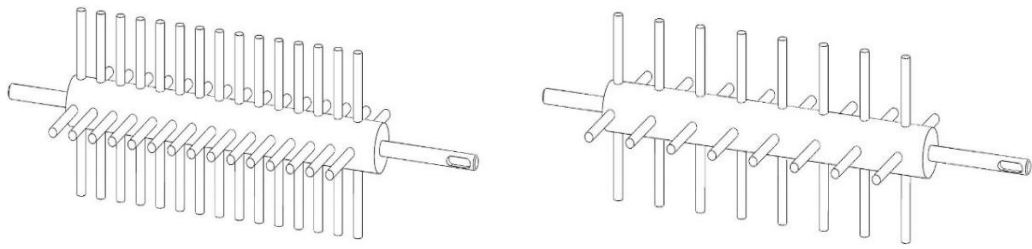
ในการออกแบบเครื่องกะเทาะข้าวโพด ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องถึงความเป็นไปได้ในการออกแบบเครื่องกะเทาะข้าวโพด เพื่อที่จะทดสอบหาประสิทธิภาพการกะเทาะและร้อยละการแตกหักของเมล็ด โดยต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายด้าน เช่น ความคงทนแข็งแรง ความปลอดภัย ความสะดวกในการใช้งาน วัสดุอุปกรณ์หาง่าย เป็นต้น ซึ่งจะมีส่วนประกอบหลักๆ ดังนี้

3.1.1 ส่วนที่เป็นกลไกการกะเทาะ ผู้วิจัยได้ออกแบบให้สามารถปรับมุมมองของใบกะเทาะได้ (รูปที่ 3.1 ก-ค) และระยะความห่างฟันกะเทาะ (รูปที่ 3.2 ก-ค) นอกจากนี้แล้วกลไกการกะเทาะยังสามารถปรับระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างได้ (รูปที่ 3.3 ก-ค) ดังนั้นในบริบทของโครงการนี้จึงจำเป็นต้องใช้เหล็กสตัดในการทำฟันกะเทาะเพื่อให้สามารถถอดเปลี่ยนได้สะดวก



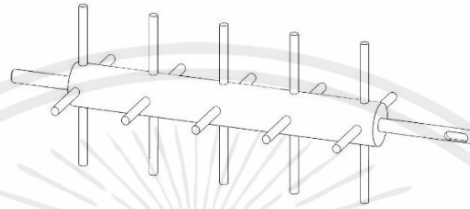
รูปที่ 3.1 ลักษณะใบกะเทาะมุมต่างๆ ก) 90 ข) 120 และ ค) 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



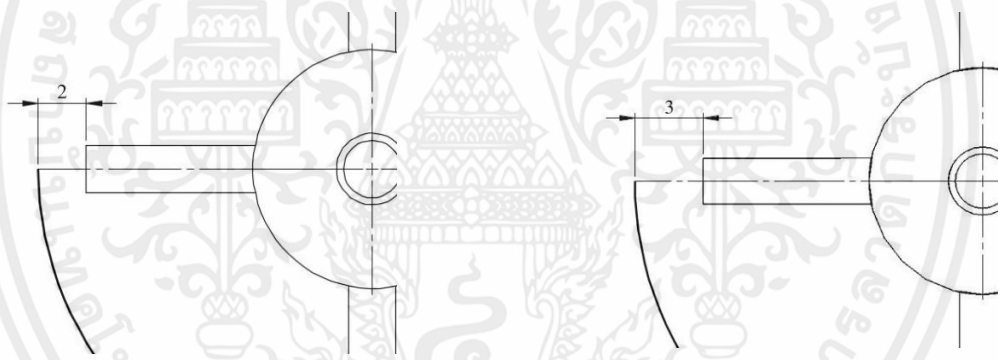
ก) ระยะความห่างพินกะเทาะที่ 5 cm

ข) ระยะความห่างพินกะเทาะที่ 10 cm



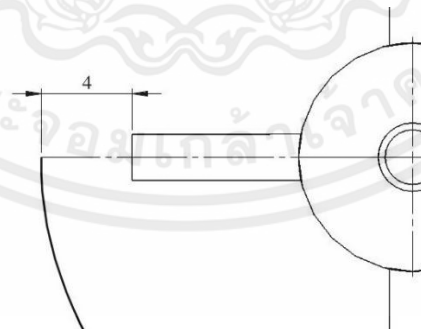
ค) ระยะความห่างพินกะเทาะที่ 15 cm

รูปที่ 3.2 ลักษณะความห่างใบกะเทาะที่ระยะห่าง ก) 5 ข) 10 และ ค) 15 cm



ก) ระยะห่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่าง 2 cm

ข) ระยะห่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่าง 3 cm

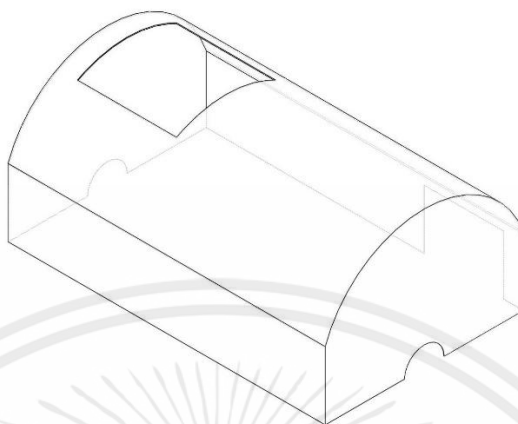


ค) ระยะห่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่าง 4 cm

รูปที่ 3.3 ระยะห่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ ก) 2 ข) 3 และ ค) 4 cm

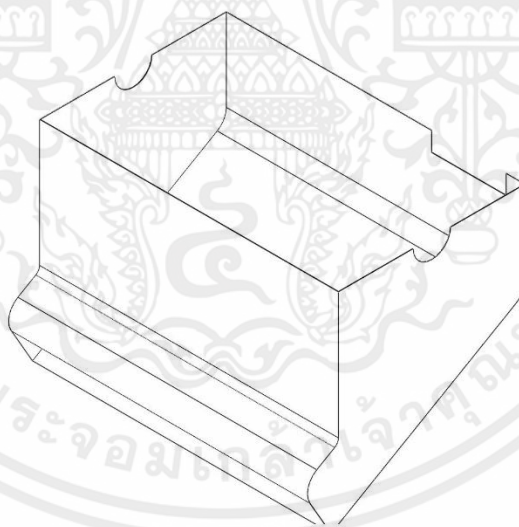
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ถังกะเทาะด้านบนจะออกแบบให้มีรูปทรงครึ่งวงกลม (รูปที่ 3.4 ) เพื่อฝักข้าวโพดถูกกะเทาะตามตามแนวโค้งของถัง



รูปที่ 3.4 ถังกะเทาะด้านบน

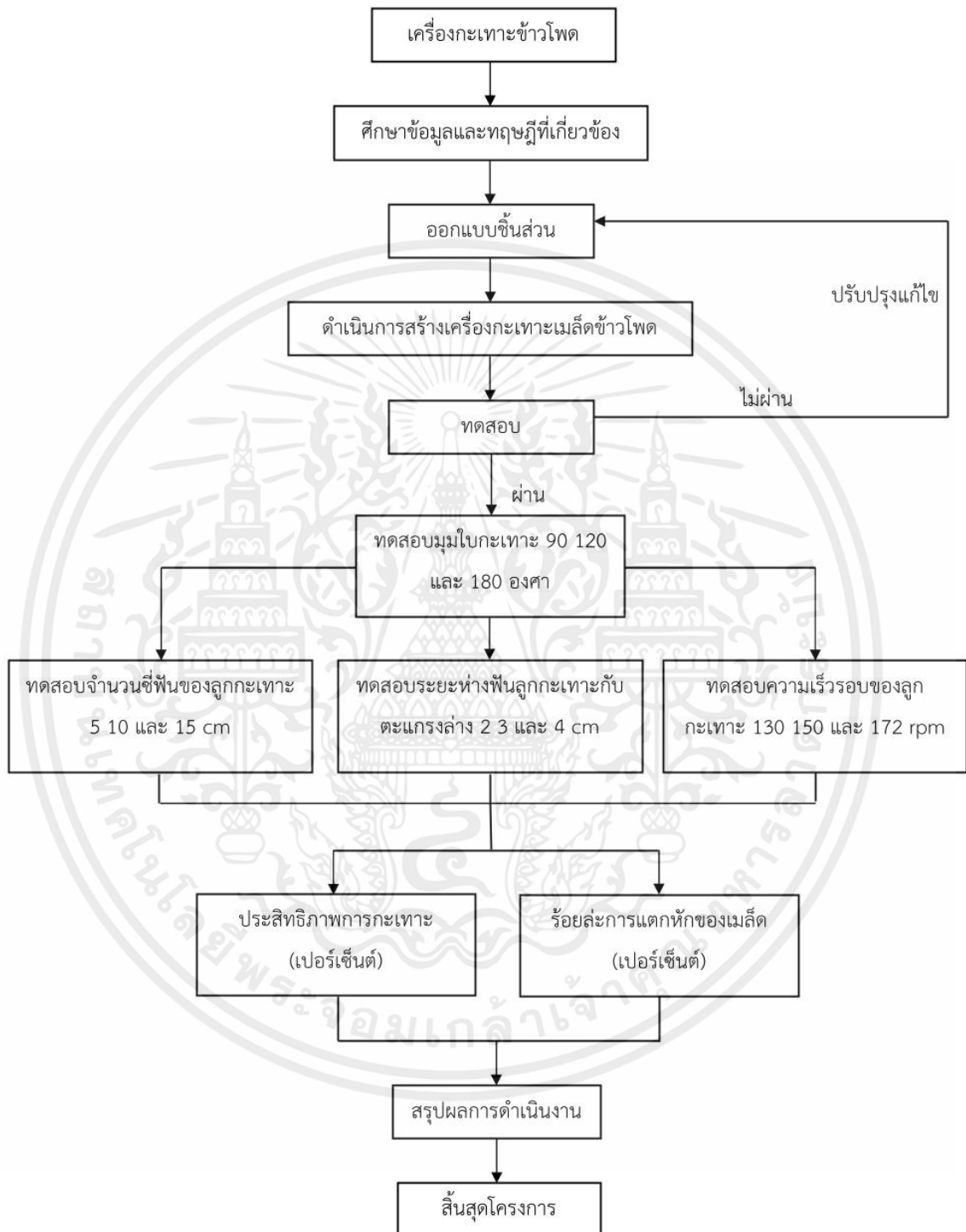
3.1.3 ถังกะเทาะด้านล่างออกแบบให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู (รูปที่ 3.5) เพื่อให้เมล็ดข้าวโพดที่ถูกกะเทาะสามารถไหลลงออกมาได้ง่าย



รูปที่ 3.5 ถังกะเทาะด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการนี้มีขั้นตอนต่างๆ ในการออกแบบวางแผนดำเนินงานในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการวางแผนดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

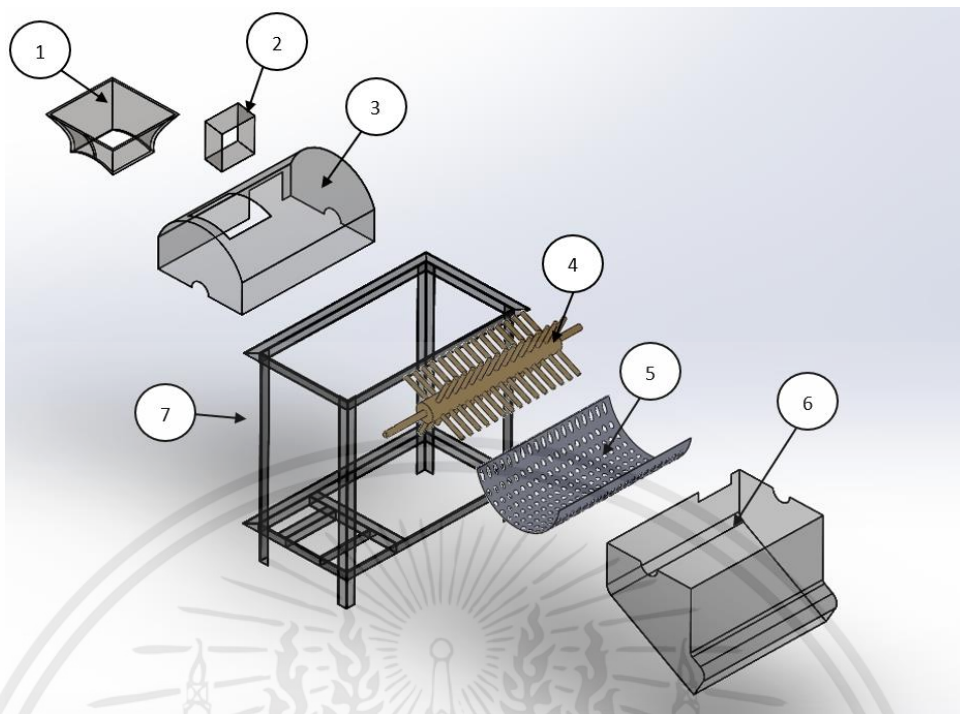
### 3.2 การออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

ในการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดผู้จัดทำได้ออกแบบส่วนประกอบต่างๆ โดยใช้โปรแกรม Solidwork 2019 ในการเขียนแบบของตัวเครื่อง (รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.7 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดออกแบบในโปรแกรม Solidwork 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบของเครื่องกะเทาะข้าวโพด

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของเครื่องกะเทาะข้าวโพด

ลำดับ	ส่วนประกอบของเครื่องกะเทาะข้าวโพด	จำนวน
1	ช่องป้อนฝักข้าวโพด	1
2	ช่องออกของฝักข้าวโพด	1
3	ถังกะเทาะด้านบน	1
4	เพลาลูกกะเทาะ	1
5	ตะแกรงรองเมล็ด	1
6	ถังกะเทาะด้านล่าง	1
7	ฐานของเครื่องกะเทาะข้าวโพด	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ขั้นตอนการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

#### 3.3.1 จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์

- |                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| 3.3.1.1 เหล็กฉาก      | 3.3.1.6 พู่เล่ย์ |
| 3.3.1.2 เหล็กเพลลา    | 3.3.1.7 สายพาน   |
| 3.3.1.3 เหล็กแผ่น     | 3.3.1.8 มอเตอร์  |
| 3.3.1.4 เหล็กสตัด     | 3.3.1.9 อื่นๆ    |
| 3.3.1.5 ลูกปิ่นตุ๊กตา |                  |

3.3.2 ตัดเหล็กฉากตามขนาดเพื่อสร้างเป็นโครงโดยจะมีขนาด กว้าง 62.61 cm ยาว 110.16 cm และสูง 110 cm (รูปที่ 3.9) โครงสร้างของเครื่องทำด้วยเหล็กฉากหนา 2 mm เชื่อมติดกับส่วนต่างๆของโครงเพื่อต้องการให้โครงสร้างความแข็งแรงเพราะลักษณะของเครื่องมีขนาดใหญ่ มีอุปกรณ์ต่างๆที่โครงสร้างต้องรองรับน้ำหนัก จึงจำเป็นต้องใช้โครงสร้างที่แข็งแรงเพื่อให้เกิดความสมดุลกับขนาดของแรงมอเตอร์ เมื่อทำการกะเทาะจะทำให้เครื่องไม่มีการขยับ



รูปที่ 3.9 แบบโครงของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

3.3.3 ทำการม้วนเหล็กเพื่อทำเป็นฝาครอบลูกกะเทาะหรือถังกะเทาะด้านบนพร้อมทั้งทำช่องใส่ฝักข้าวโพดและช่องออกของฝักข้าวโพด (รูปที่ 3.10) ฝาครอบลูกกะเทาะหรือถังกะเทาะด้านบนทำขึ้นเพื่อครอบเพลากะเทาะเอาไว้เพื่อไม่ให้ฝักข้าวโพดกระเด็นออกเมื่อทำการกะเทาะเหล็กที่นำมาทำการม้วนเพื่อเป็นฝาครอบลูกกะเทาะใช้เหล็กแผ่น หนา 2 mm เพื่อต้องการให้ฝาครอบลูกกะเทาะมีความแข็งแรงจึงต้องใช้เหล็กที่มีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและอีกในทางหนึ่งคือที่

ต้องใช้เหล็กที่มีความหนาขนาดนี้ก็คือไม่หนาเกินไป เพราะทำการม้วนขึ้นรูปง่ายเมื่อ ทำการกะเทาะ แล้วฝักของข้าวโพดจะกระทบกับฝาครอบลูกกะเทาะ



รูปที่ 3.10 การม้วนเหล็กแผ่นและการทำช่องป้อนและทางออกของฝักข้าวโพด

3.3.4 ทำการเชื่อมเหล็กแผ่นให้เป็นลักษณะสี่เหลี่ยมพร้อมทั้งทำช่องทางออกของเมล็ดข้าวโพดห้องกะเทาะด้านล่างทำหน้าที่รองรับเมล็ดข้าวโพดให้ไหลลงสู่ทางออกของเมล็ด (รูปที่ 3.11)



รูปที่ 3.11 ลักษณะรูปแบบของเหล็กแผ่นที่เชื่อมเป็นถังกะเทาะด้านล่าง

3.3.5 นำตะแกรงมาติดตั้งเข้ากับตัวเครื่อง ซึ่งตะแกรงรองเมล็ดทำหน้าที่เป็นตัวกรองเพื่อให้เมล็ดข้าวโพดที่กะเทาะแล้วหล่นลงไปในห้องเมล็ดออก โดยทำจากเหล็กแผ่นพร้อมทั้งเจาะรูให้ใหญ่กว่าเมล็ดข้าวโพดแล้วนำไปม้วนเป็นครึ่งวงกลมโดยจะเชื่อมติดอยู่กับห้องกะเทาะด้านล่าง (รูปที่ 3.12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 เป็นการทำให้และติดตั้งตะแกรงรองเมล็ด

3.3.6 นำเหล็กเพลามาเชื่อมกับน็อตตัวเมียเพื่อที่จะได้นำเหล็กสตัดมาทำเป็นซี่ที่ใช้ในการกะเทาะ ตัวเพลากะเทาะนั้นจะทำหน้าที่เอาเมล็ดข้าวโพดออกมาจากฝักข้าวโพด แล้วตีให้ฝักข้าวโพดไหลไป ยังขบวนการต่อไป จะใช้เพลานขนาด 1 inch แล้วนำมาเชื่อมติดเข้ากับเหล็กที่ลักษณะคล้ายท่อน้ำหรือ PIPE แล้วนำน็อตตัวเมียมาเชื่อมติดกับแกนเพลานเพื่อที่จะได้ใส่กลับเหล็กสตัดดังแสดงใน (รูปที่ 3.13)



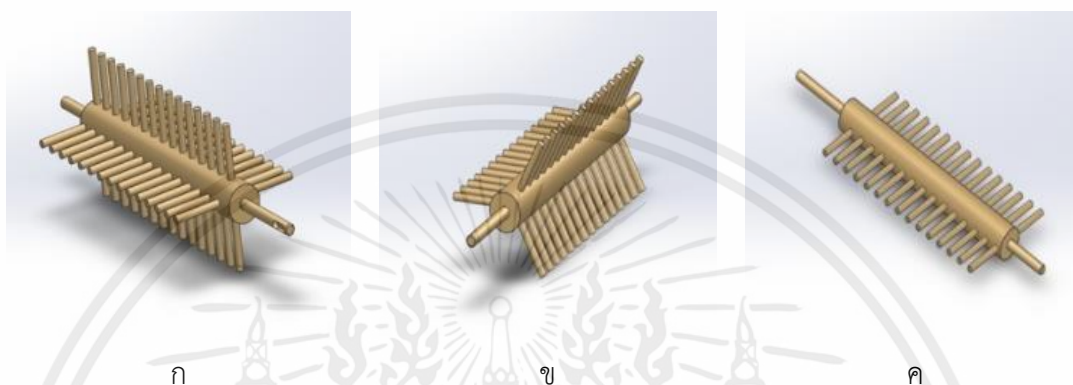
รูปที่ 3.13 นำเพลามาเชื่อมกับน็อตตัวเมีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 วิธีการในการทดสอบ

ในการออกแบบเครื่องกะเทาะข้าวโพดจำเป็นต้องอย่างยิ่งในการหาประสิทธิภาพการกะเทาะและร้อยละการแตกหักของเมล็ด จึงจำเป็นต้องทดสอบปัจจัยต่างๆ ที่อาจส่งผลดังนี้

3.4.1 ทดสอบมุมใบการกะเทาะเพื่อศึกษาหารูปแบบของใบกะเทาะที่เหมาะสม ซึ่งออกแบบให้มีมุมมองของใบในการกะเทาะที่แตกต่างกัน คือ 90,120 และ 180 องศา (รูปที่ 3.14 ก-ค)



รูปที่ 3.14 รูปแบบใบกะเทาะที่มีมุมมองต่างๆ ก) 90 องศา ข) 120 องศา และ ค) 180 องศา

3.4.2 ทดสอบระยะห่างระหว่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเป็นการศึกษาปัจจัยของระยะห่างของปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างว่าส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ดหรือไม่ โดยได้ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยนี้ทั้งหมด 3 ระดับ ประกอบด้วย การทดสอบที่ระยะห่าง 20 30 และ 40 mm (รูปที่ 3.15 ก-ค)



รูปที่ 3.15 ระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ระยะ ก) 2 cm ข) 3 cm และ ค) 4 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.3 ทดสอบความถี่ของซี่ฟันกะเทาะ

เป็นการศึกษาปัจจัยของความห่างในแต่ละซี่ฟันที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะแตกต่างกันหรือไม่ จึงออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยนี้ทั้งหมด 3 ระดับความห่าง ประกอบด้วยการเว้นระยะจาก 5 10 และ 15 cm (รูปที่ 3.16 ก-ค)



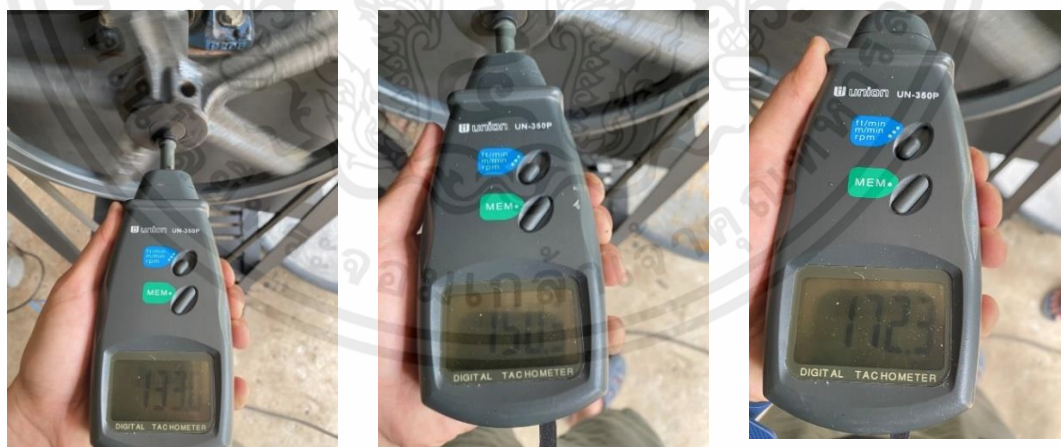
ก

ข

ค

รูปที่ 3.16 ความห่างระหว่างซี่ฟันกะที่ระยะ ก) 5 cm ข) 10 cm และ ค) 15 cm

3.4.4 ทดสอบความเร็วรอบของลูกกะเทาะ เป็นการศึกษาความเร็วรอบที่แตกต่างกันจะมีผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะมากน้อยเพียงใด โดยจะปรับความเร็วรอบของลูกกะเทาะผ่านอินเวอร์เตอร์และใช้ตัววัดรอบในการหาค่าความเร็วลูกกะเทาะจึงมีความเร็วทั้งหมด 3 ระดับคือ 133 150 และ 172 rpm (รูปที่ 3.17 ก-ค)



ก

ข

ค

รูปที่ 3.17 ระดับความเร็วรอบของลูกกะเทาะ ก) 133 rpm ข) 150 rpm และ ค) 172 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 วิธีการทดลองเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

3.5.1 นำข้าวโพดพันธุ์เบอร์ตี้ 777 ทำการชั่งตราชั่งที่ 2 Kg ในการทดลอง (รูปที่ 3.18 )



รูปที่ 3.18 ชั่งข้าวโพดพันธุ์เบอร์ตี้ 777

3.5.2 ใช้อินเวอร์เตอร์ที่ปรับค่าได้ทำการปรับค่าที่ 14 Hz (130 rpm) 16 Hz (150rpm) และ 18Hz (180rpm) เมื่อเครื่องได้ความเร็วรอบ โดยทำการวัดจากเครื่องวัดความเร็วรอบที่ต้องการจะทดลอง (รูปที่ 3.19)



รูปที่ 3.19 อินเวอร์เตอร์และเครื่องวัดความเร็วรอบ

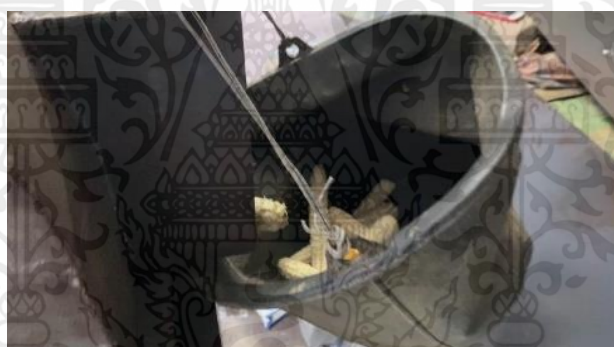
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.3 นำข้าวโพดที่ซังไว้ในช่องใส่ข้าวโพด (รูปที่ 3.20)



รูปที่ 3.20 การใส่ข้าวโพดในช่องใส่ข้าวโพด

### 3.5.4 ทำการจับเวลา เมื่อฝักข้าวโพดออกมาจนหมดจะทำการหยุดเวลา (รูปที่ 3.21)



รูปที่ 3.21 ข้าวโพดที่ออกจากช่องออกฝักข้าวโพด

### 3.5.5 ทำการชั่งเมล็ดข้าวโพด ชั่งข้าวโพด และเมล็ดที่แตกหัก(รูปที่ 3.22)



รูปที่ 3.22 ชั่งชั่งข้าวโพดและเมล็ดข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.6 ทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบการกะเทาะเพื่อทดลองตามวัตถุประสงค์ในการทดลอง (รูปที่ 3.23)



รูปที่ 3.23 ใบกะเทาะมุมและระยะต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

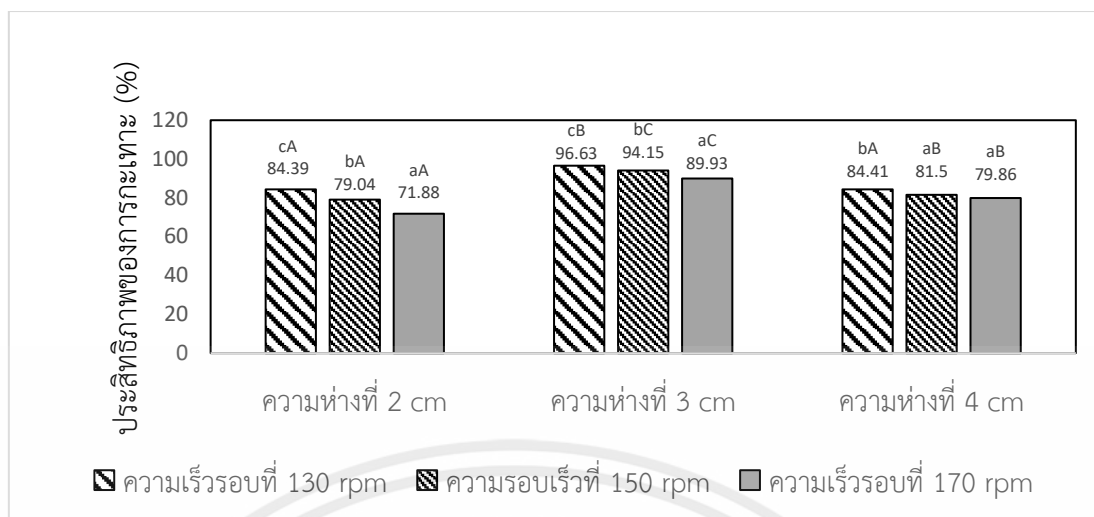
### ผลและวิจารณ์ผล

เนื้อหาในบทนี้เป็นการนำเสนอผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดต้นแบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเงื่อนไขของรูปแบบใบกะเทาะ ความห่างระหว่างซี่ฟันกะเทาะ ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง และความเร็วรอบของลูกกะเทาะที่ให้ประสิทธิภาพการกะเทาะ และร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ดีที่สุด โดยคณะผู้จัดทำได้แบ่งการนำเสนอผลและการวิจารณ์ออกเป็น 2 ส่วนคือ การทดสอบประสิทธิภาพของการกะเทาะ และการทดสอบหาร้อยละการแตกหักของเมล็ด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการกะเทาะ

เพื่อให้บรรลุหนึ่งในวัตถุประสงค์ในการหารูปแบบการทำงานที่เหมาะสม เครื่องต้นแบบนี้จึงถูกออกแบบให้สามารถเปลี่ยนรูปแบบใบกะเทาะ ปรับระยะความห่างของซี่ฟันกะเทาะ ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง และความเร็วรอบของลูกกะเทาะได้ โดยในการศึกษานี้ คณะผู้จัดทำปริญญาณิพนธ์ได้ให้ความสนใจรูปแบบใบกะเทาะที่มีมุมในการกะเทาะแตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ มุม 90 120 และ 180 องศา โดยแต่ละรูปแบบมีปัจจัยหลักจำนวน 3 ปัจจัยที่คาดว่าจะมีประสิทธิภาพในการกะเทาะที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย 1) ปัจจัยด้านความห่างระหว่างซี่ฟันกะเทาะ มี 3 ระดับ คือ 5 10 และ 15 cm 2) ปัจจัยด้านระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างมี 3 ระดับ คือ 2 3 และ 4 cm และ 3) ปัจจัยด้านความเร็วรอบของลูกกะเทาะมี 3 ระดับ คือ 130 150 และ 170 rpm โดยคณะผู้จัดทำได้จำแนกการนำเสนอผลของการทดสอบสำหรับรูปแบบใบกะเทาะแต่ละรูปแบบ ดังหัวข้อต่อไปนี้

รูปที่ 4.1 นำเสนอประสิทธิภาพการกะเทาะของใบกะเทาะที่มีมุม 90 องศา ที่มีความห่าง ของซี่ฟันกะเทาะเท่ากับ 5 cm พบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 3 cm มีประสิทธิภาพการ กะเทาะดีกว่าระยะที่ 2 และ 4 cm ทุกเงื่อนไขความเร็วของลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของ ความเร็วรอบในเงื่อนไขที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด คือ ที่ระยะความห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่าง เท่ากับ 3 cm พบว่า ความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะ และ มีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 96.63 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 130 rpm และเมื่อพิจารณาผลของระยะห่างปลายฟันกับตะแกรงล่างพบว่า ความเร็วรอบ 130 rpm ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะ ที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 4 cm ของความเร็วรอบ 130 rpm ซึ่งมีประสิทธิภาพการกะเทาะไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 150 และ 170 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างทั้ง 3 ระดับ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

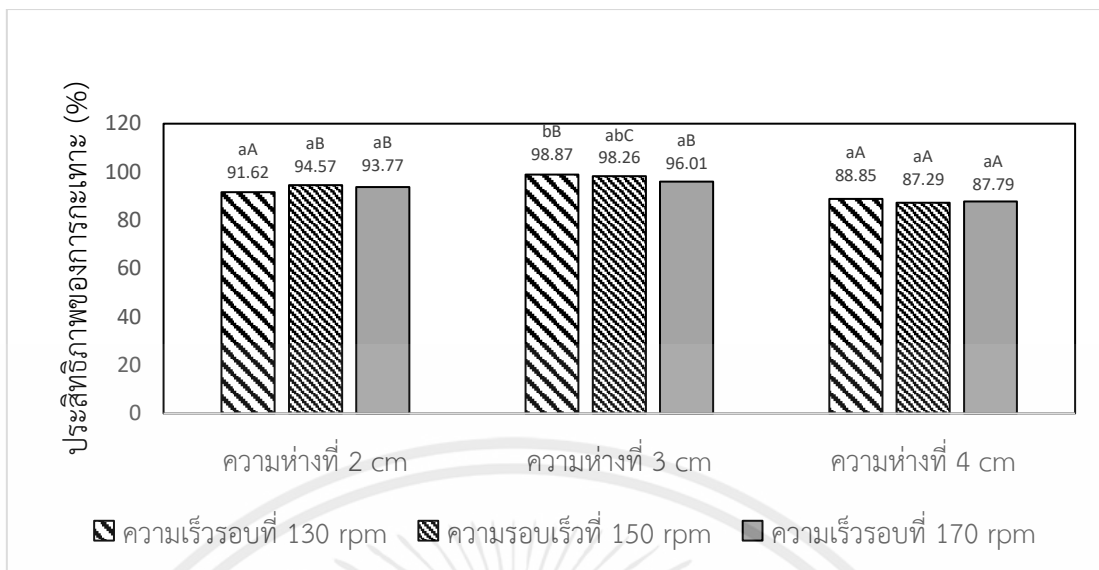


รูปที่ 4.1 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่โเบกะเทาะมุม 90 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 5 cm

#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

รูปที่ 4.2 นำเสนอประสิทธิภาพการกะเทาะของโเบกะเทาะที่มุม 90 องศา ที่มีความห่างของฟันกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 10 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าระยะอื่นๆ คือ 2 และ 4 cm ทุกเงื่อนไขความเร็วของลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบในเงื่อนไขที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด คือ ที่ระยะความห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 3 cm พบว่า ความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะ และมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 98.87 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 130 rpm และเมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายฟันกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ความเร็วรอบ 130 rpm ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะ ที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 4 cm ของความเร็วรอบ 130 rpm ซึ่งมีประสิทธิภาพการกะเทาะไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 150 และ 170 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างทั้ง 3 ระดับ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะที่ต่างกัน แต่ที่ความเร็วรอบ 170 rpm ของระยะห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่าง 2 และ 3 cm จะมีประสิทธิภาพการกะเทาะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

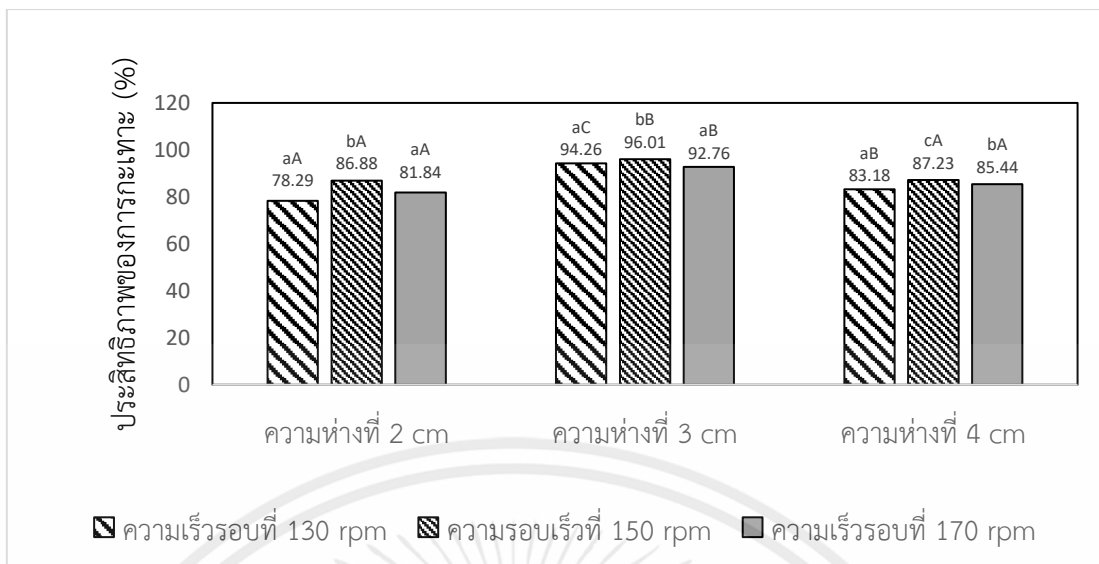


รูปที่ 4.2 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ใบกะเทาะมุม 90 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 10 cm

#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

รูปที่ 4.3 นำเสนอประสิทธิภาพการกะเทาะของใบกะเทาะที่มุม 90 องศา ที่มีความห่างของฟันกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 15 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าระยะอื่นๆ คือ 2 และ 4 cm ทุกเงื่อนไขความเร็วของลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบในเงื่อนไขที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด คือ ที่ระยะความห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 3 cm พบว่า ความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะ และมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 96.01 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 150 rpm และเมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายฟันกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วรอบ 150 rpm ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะ ที่แตกต่างจากรยะห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 4 cm ของความเร็วรอบ 150 rpm ซึ่งมีประสิทธิภาพการกะเทาะไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 130 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างทั้ง 3 ระดับ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะที่แตกต่างกัน และ เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 170 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 2 และ 4 cm ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะที่แตกต่างกับ ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 3 cm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 4.3 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ใบกะเทาะมุม 90 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 15 cm

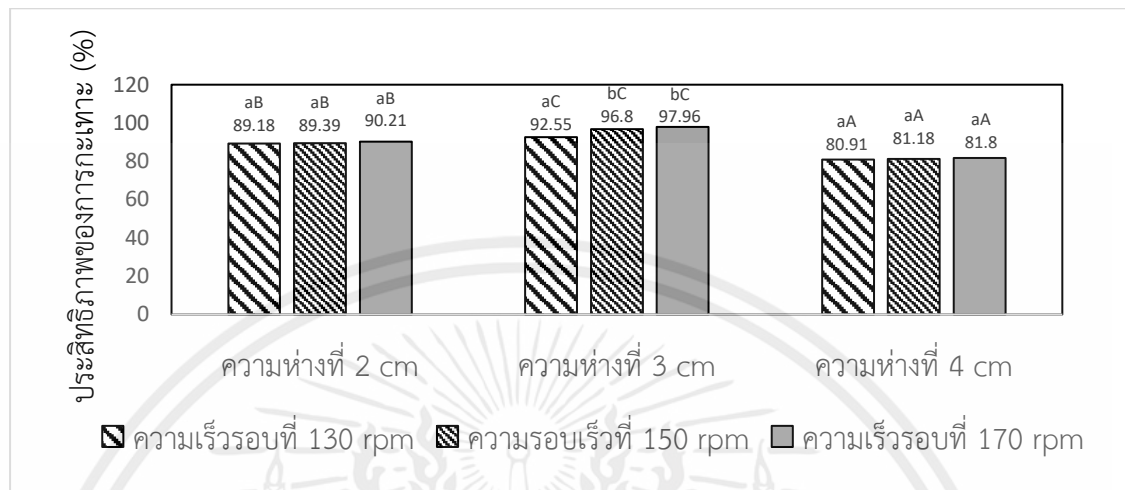
#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการกะเทาะของใบกะเทาะที่มุม 90 องศา พบว่าในความห่างซี่ฟันกะเทาะที่ระยะ 10 cm จะมีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าที่ความห่างซี่ฟันกะเทาะที่ระยะ 5 และ 15 cm ความห่างระหว่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าที่ระยะ 2 และ 4 cm เมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบที่ความห่างซี่ฟันกะเทาะที่ 10 cm ประสิทธิภาพการกะเทาะจะดีที่สุดอยู่ที่ความเร็วรอบ 130 rpm ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกะเทาะถึง 98.87 %

รูปที่ 4.4 นำเสนอประสิทธิภาพการกะเทาะของใบกะเทาะที่มุม 120 องศา ที่มีความห่างของฟันกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 5 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าระยะอื่นๆ คือ 2 และ 4 cm ทุกเงื่อนไขความเร็วของลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบในเงื่อนไขที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด คือ ที่ระยะความห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 3 cm พบว่า ความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะ และมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 97.96 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 170 rpm และเมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายฟันกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วรอบ 170 rpm ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะ ที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 4 cm ของ

ความเร็วรอบ 170 rpm ซึ่งมีประสิทธิภาพการกะเทาะแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 130 และ 150 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างทั้ง 3 ระดับ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

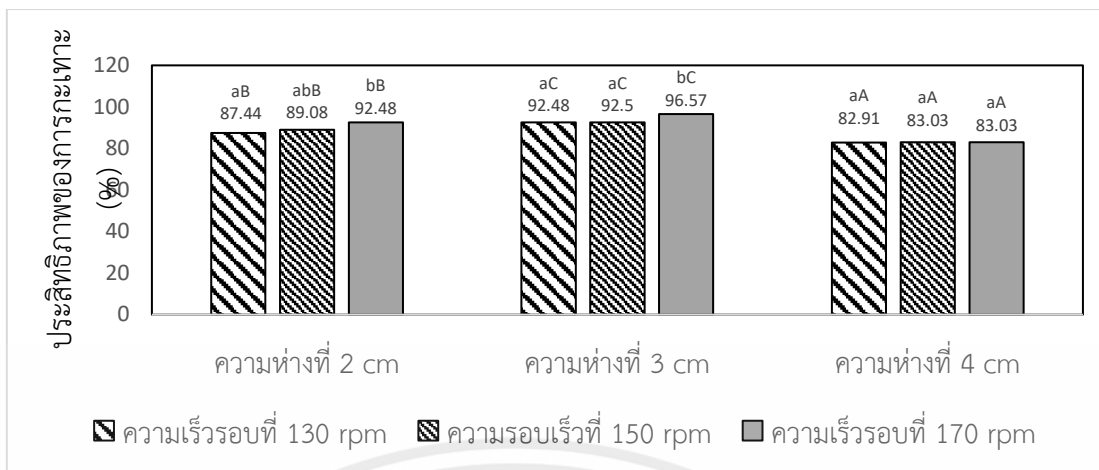


รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ใบกะเทาะมุม 120 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 5 cm

#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

รูปที่ 4.5 นำเสนอประสิทธิภาพการกะเทาะของใบกะเทาะที่มุม 120 องศา ที่มีความห่างของฟันกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 10 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าระยะอื่นๆ คือ 2 และ 4 cm ทุกเงื่อนไขความเร็วของลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบในเงื่อนไขที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด คือ ที่ระยะความห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 3 cm พบว่า ความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะ และมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 92.5 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 150 rpm เมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบในเงื่อนไขที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 3 cm พบว่าความเร็วรอบในการกะเทาะที่ 130 และ 150 rpm ส่งผลให้ประสิทธิภาพมีความแตกต่างจากความเร็วรอบที่ 170 rpm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

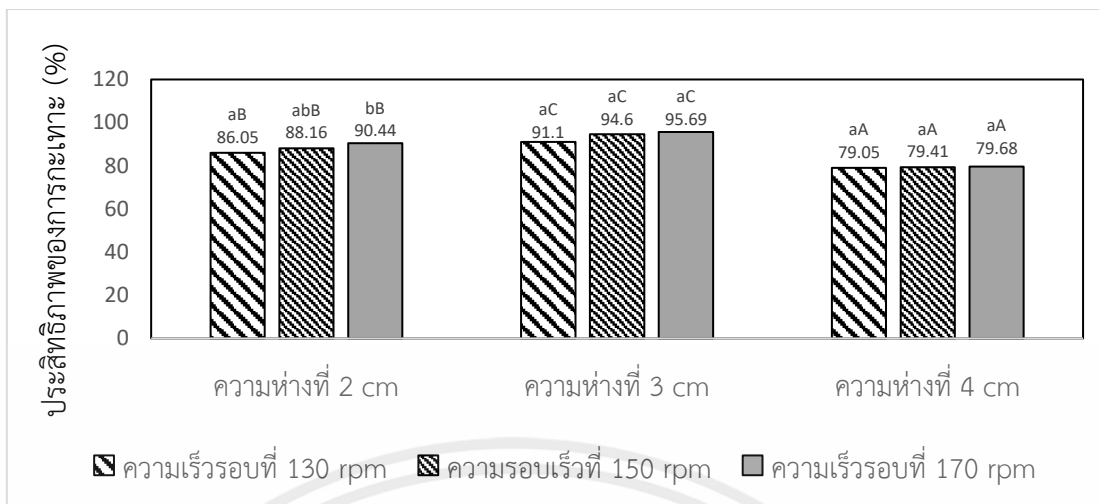


รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ใบกะเทาะมุม 120 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 10 cm

#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

รูปที่ 4.6 นำเสนอประสิทธิภาพการกะเทาะของใบกะเทาะที่มุม 120 องศา ที่มีความห่างของฟันกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 15 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าระยะอื่นๆ คือ 2 และ 4 cm ทุกเงื่อนไขความเร็วของลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบในเงื่อนไขที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด คือ ที่ระยะความห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 3 cm พบว่า ความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะ และมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 95.69 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 170 rpm เมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายฟันกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วรอบ 170 rpm ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะ ที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 4 cm ของความเร็วรอบ 170 rpm ซึ่งมีประสิทธิภาพการกะเทาะแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 130 และ 150 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างทั้ง 3 ระดับ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่โม่กะเทาะมุ่ม 120 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 15 cm

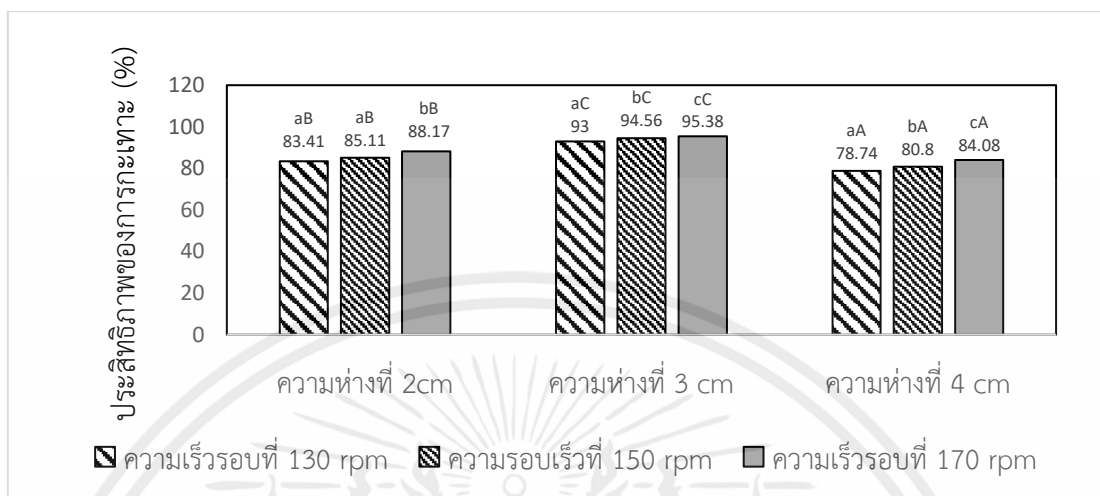
#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงเหล็ก)

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการกะเทาะของโม่กะเทาะที่มุ่ม 120 องศา พบว่าที่ความห่างซี่ฟันกะเทาะเท่ากับ 5 cm จะมีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าที่ระยะอื่นๆ คือ 10 และ 15 cm ความห่างระหว่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าที่ระยะ 2 และ 4 cm เมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบที่ความห่างซี่ฟันกะเทาะเท่ากับ 5 cm ประสิทธิภาพการกะเทาะจะดีที่สุดอยู่ที่ความเร็วรอบ 170 rpm ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกะเทาะถึง 97.96 % ซึ่งมีประสิทธิภาพการกะเทาะมากกว่าในความเร็วรอบ 130 และ 150 rpm

รูปที่ 4.7 นำเสนอประสิทธิภาพการกะเทาะของโม่กะเทาะที่มุ่ม 180 องศา ที่มีความห่างของฟันกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 5 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าระยะอื่นๆ คือ 2 และ 4 cm ทุกเงื่อนไขความเร็วของลูกกะเทาะ เมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบในเงื่อนไขที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดคือ ที่ระยะความห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 3 cm พบว่า ความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะ และมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 95.38 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 170 rpm เมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายฟันกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วรอบ 170 rpm ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะ ที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 4 cm ของความเร็วรอบ 170 rpm ซึ่งมีประสิทธิภาพการกะเทาะแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อ

พิจารณาที่ความเร็วรอบ 130 และ 150 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างทั้ง 3 ระดับ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

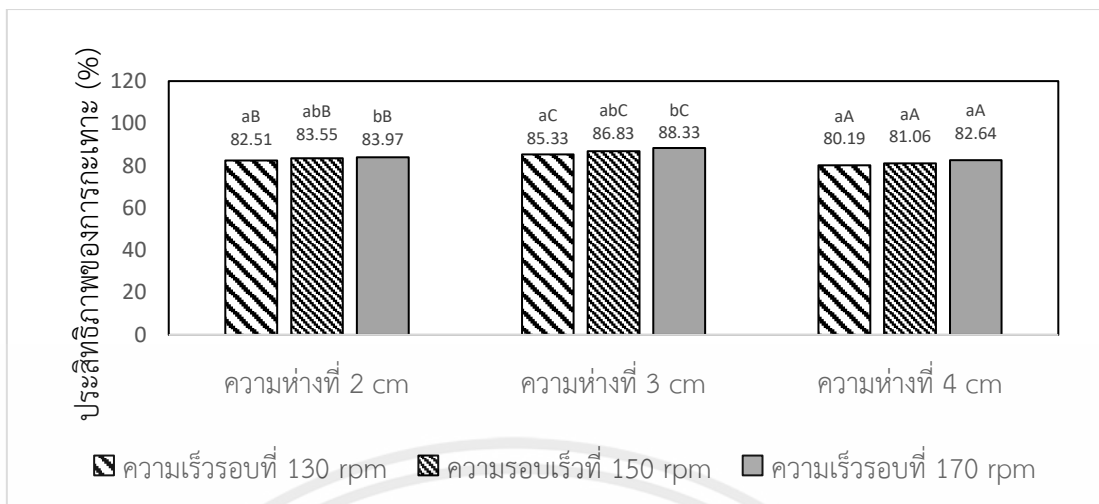


รูปที่ 4.7 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ใบกะเทาะมุม 180 องศา ในความห่างของซี่พินกะเทาะ 5 cm

#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

รูปที่ 4.8 นำเสนอประสิทธิภาพการกะเทาะของใบกะเทาะที่มุม 180 องศา ที่มีความห่างของพินกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 10 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่าง 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าระยะอื่นๆ คือ 2 และ 4 cm ทุกเงื่อนไขความเร็วของลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบในเงื่อนไขที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด คือ ที่ระยะความห่างระหว่างปลายพินกับตะแกรงล่างเท่ากับ 3 cm พบว่า ความเร็วรอบลูกกะเทาะที่ต่างกัน ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะ และมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 88.33 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 170 rpm เมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายพินกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วรอบ 170 rpm ระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะ ที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายพินกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 4 cm ของความเร็วรอบ 170 rpm แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 130 และ 150 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างทั้ง 3 ระดับ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

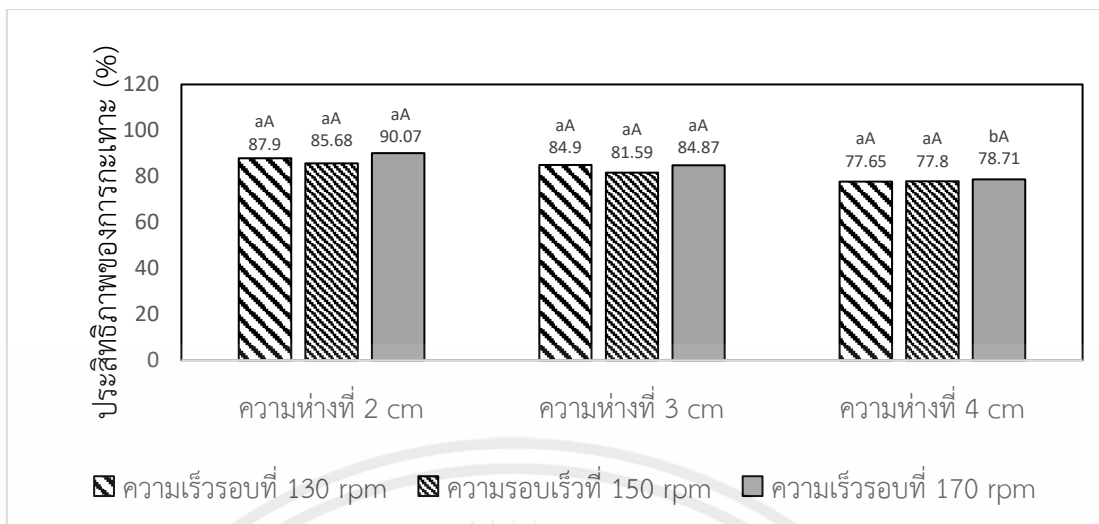


รูปที่ 4.8 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ใบกะเทาะมุม 180 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 10 cm

#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

รูปที่ 4.9 นำเสนอประสิทธิภาพการกะเทาะของใบกะเทาะที่มุม 180 องศา ที่มีความห่างของฟันกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 15 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 2 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าระยะอื่นๆ คือ 3 และ 4 cm ในทุกเงื่อนไขความเร็วของลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบในเงื่อนไขที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ระยะความห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 cm พบว่า ความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะ และมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 90.07 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 170 rpm เมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายฟันกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วรอบ 170 rpm ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะ ที่ไม่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 (และ 4 cm ของความเร็วรอบ 170 rpm อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 130 และ 150 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างทั้ง 3 ระดับ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกะเทาะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 4.9 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่โบริกะเทาะมุม 180 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 15 cm

#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

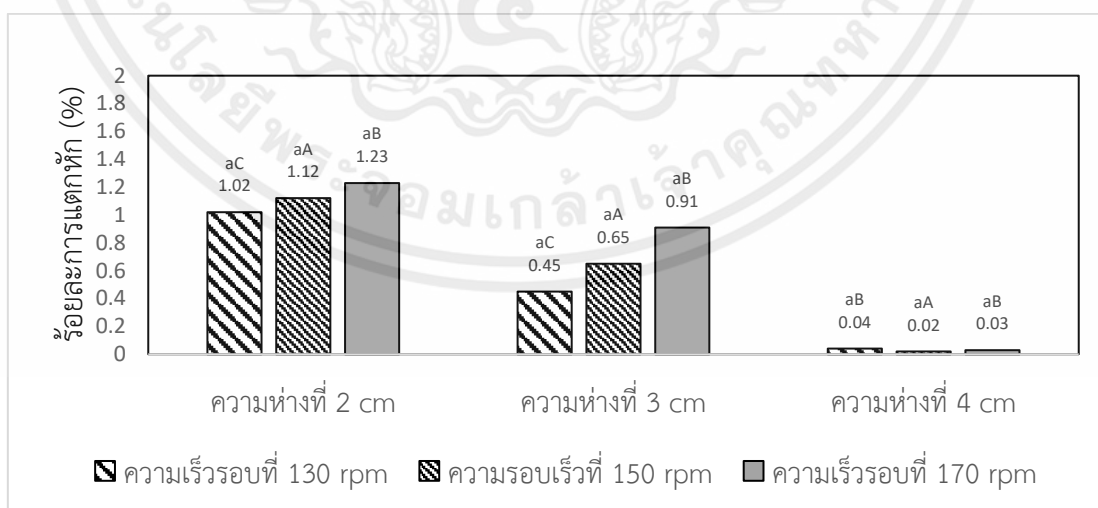
จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการกะเทาะของโบริกะเทาะที่มุม 180 องศา พบว่าที่ความห่างซี่ฟันกะเทาะเท่ากับ 5 cm จะมีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าที่ระยะอื่นๆคือ 10 และ 15 cm ความห่างระหว่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 3 cm มีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าที่ระยะ 2 และ 4 cm เมื่อพิจารณาผลของความเร็วยุโรปที่ความห่างซี่ฟันกะเทาะเท่ากับ 5 cm ประสิทธิภาพการกะเทาะจะดีที่สุดอยู่ที่ความเร็วรอบ 170 rpm ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกะเทาะถึง 95.58 % ซึ่งมีประสิทธิภาพการกะเทาะมากกว่าในความเร็วรอบ 130 และ 150 rpm

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการกะเทาะของโบริกะเทาะที่มุม 90 120 และ 180 องศา ของทุกความห่างซี่ฟันกะเทาะและทุกระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง พบว่าโบริกะเทาะที่มุม 90 องศา มีแกนฟันกะเทาะสี่แกนฟัน ทำให้ฝักข้าวโพดถูกกะเทาะสี่ครั้งต่อการหมุนหนึ่งรอบ ทำให้กะเทาะในความเร็วรอบที่ไม่สูงได้ ในส่วนของโบริกะเทาะมุม 120 องศา แกนฟันกะเทาะนั้นจะมีสามแกนฟันทำให้ฝักข้าวโพดถูกกะเทาะสามครั้งต่อการหมุนหนึ่งรอบ และพบว่าโบริกะเทาะที่มุม 180 องศา จะมีแกนฟันกะเทาะสองแกนทำให้ฝักข้าวโพดถูกกะเทาะสองรอบต่อการหมุนหนึ่งรอบ ทำให้ทั้งสองมุมนี้ต้องเพิ่มความเร็วรอบในการกะเทาะ จึงสรุปได้ว่าโบริกะเทาะมุม 90 ความห่างระหว่างซี่ฟัน 10 cm ความห่างปลายฟัน 3 cm และความเร็วรอบ 130 rpm ให้ประสิทธิภาพการกะเทาะสูงสุดเท่ากับ 98.87 %

**หมายเหตุ:** การคิดประสิทธิภาพการกะเทาะ จะคิดจากน้ำหนักเมล็ดข้าวโพดที่ถูกกะเทาะรวมกับน้ำหนักฝักข้าวโพดที่ถูกกะเทาะแล้วนำมาหารกับน้ำหนักเมล็ดก่อนการกะเทาะ ซึ่งหากกะเทาะไม่หมดฝักจะต้องนำเมล็ดข้าวโพดออกฝักเสียก่อนจึงจะคำนวณหาประสิทธิภาพได้ ในกรณีที่ฝักข้าวโพดแตกหักเราจะนำไปรวมกับน้ำหนักฝักข้าวโพดที่ถูกกะเทาะเพื่อหาประสิทธิภาพ

#### 4.2 ผลการทดสอบร้อยละการแตกหักของการกะเทาะ

รูปที่ 4.10 เป็นการหาปริมาณการแตกหักของเมล็ดที่โอบกะเทาะที่มุม 90 องศา ที่มีความห่างของฟันกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 5 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 4 cm มีร้อยละการแตกหักน้อยกว่าระยะที่ 2 และ 3 cm ในทุกเงื่อนไขความเร็วรอบลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วยรอบลูกกะเทาะในเงื่อนไขที่ให้ร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดที่ระยะความห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 4 cm พบว่า ความเร็วยรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ด และมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดเท่ากับ 0.02 % ที่ความเร็วยรอบเท่ากับ 150 rpm และเมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วยรอบ 150 rpm ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ด ที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 3 cm ของความเร็วยรอบ 150 rpm ซึ่งมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความเร็วยรอบ 130 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 2 และ 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่แตกต่างกับ ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 3 cm และความเร็วยรอบ 170 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างทั้ง 3 ระดับ ส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ต่างกันอย่างน้อยมีนัยสำคัญทางสถิติ



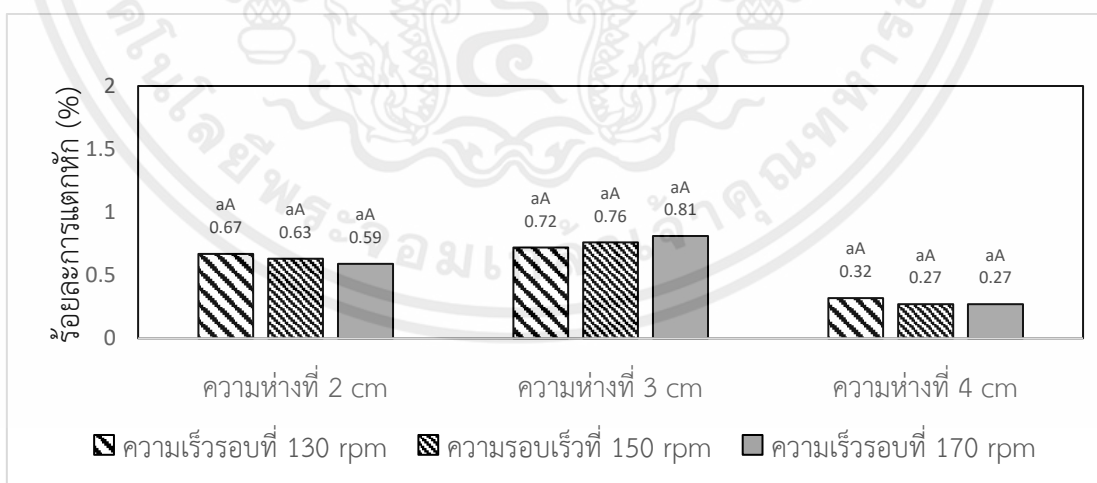
รูปที่ 4.10 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่โอบกะเทาะมุม 90 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

รูปที่ 4.11 เป็นการหาร้อยละการแตกหักของของเมล็ดที่โอบกะเทาะที่มุม 90 องศา ที่มีความห่างของฟันกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 10 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยกว่าระยะที่ 2 และ 3 cm ในทุกเงื่อนไขความเร็วรอบลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วยรอบลูกกะเทาะในเงื่อนไขที่หาร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดที่ระยะความห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 4 cm พบว่า ความเร็วยรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ด และมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดเท่ากับ 0.27 % ที่ความเร็วยรอบเท่ากับ 150 และ 170 rpm และเมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วยรอบ 150 และ 170 rpm ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดไม่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 3 cm ของความเร็วยรอบ 150 และ 170 rpm ซึ่งมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความเร็วยรอบ 130 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างทั้ง 3 ระดับ ส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

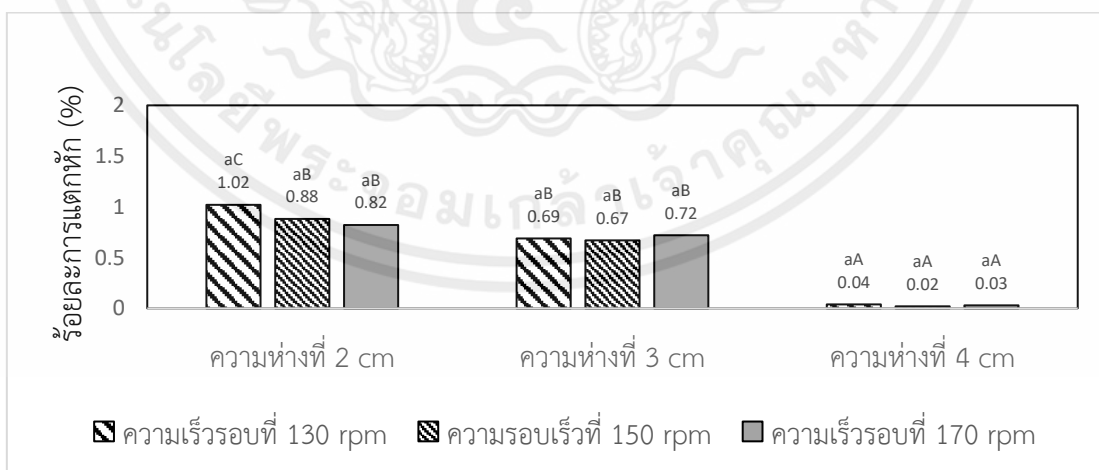


รูปที่ 4.11 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่โอบกะเทาะมุม 90 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 10 cm

### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

รูปที่ 4.12 เป็นการหาร้อยละการแตกหักของเมล็ดของใบกะเทาะที่มุม 90 องศา ที่มีความห่างของปลายฟันกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 15 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยกว่าระยะที่ 2 และ 3 cm ในทุกเงื่อนไขความเร็วรอบลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบลูกกะเทาะในเงื่อนไขที่ให้ปริมาณการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดที่ระยะความห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 4 cm พบว่า ความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ด และมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดเท่ากับ 0.02 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 150 rpm และเมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วรอบ 150 rpm ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดแตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 2 และ 3 cm ของความเร็วรอบ 150 rpm ซึ่งมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 130 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างทั้ง 3 ระดับ ส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่แตกต่างกัน และความเร็วรอบ 170 rpm พบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 2 และ 3 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



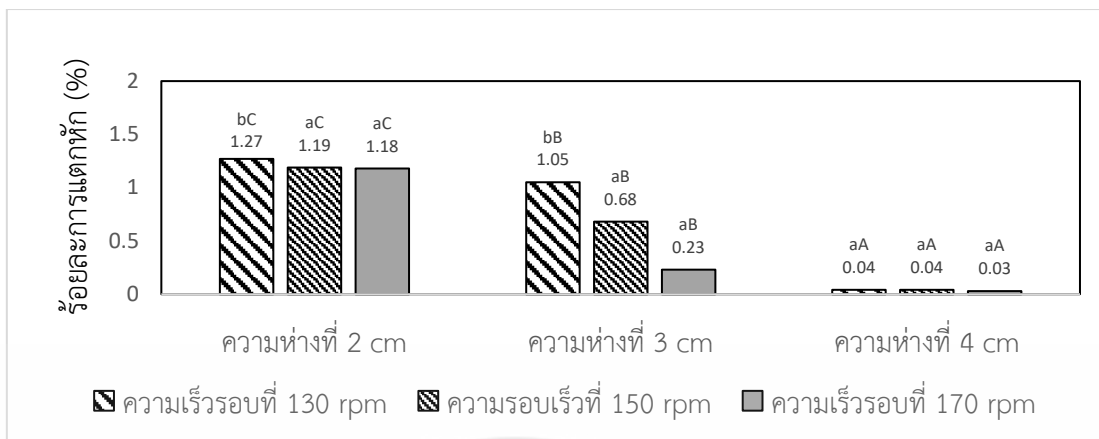
รูปที่ 4.12 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ใบกะเทาะมุม 90 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 15 cm

## หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

จากการทดสอบหาร้อยละการแตกหักของเมล็ดของใบกะเทาะที่มุม 90 องศา พบว่าที่ความห่างซี่ฟันกะเทาะเท่ากับ 5 และ 15 cm จะมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยกว่าที่ระยะอื่นๆ คือ 10 cm ความห่างระหว่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยกว่าที่ระยะ 2 และ 3 cm เมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบที่ความห่างซี่ฟันกะเทาะเท่ากับ 5 และ 15 cm ร้อยละการแตกหักของเมล็ดจะน้อยที่สุดอยู่ที่ความเร็วรอบ 150 rpm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดถึง 0.02 % ซึ่งมีร้อยละการแตกหักที่น้อยกว่าในความเร็วรอบ 130 และ 170 rpm

รูปที่ 4.13 เป็นการหาร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ใบกะเทาะที่มุม 120 องศา ที่มีความห่างของฟันกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 5 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยกว่าระยะที่ 2 และ 3 cm ในทุกเงื่อนไขความเร็วรอบลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบลูกกะเทาะในเงื่อนไขที่ให้ร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดที่ระยะความห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 4 cm พบว่า ความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ด และมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดเท่ากับ 0.03 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 170 rpm เมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วรอบ 170 rpm ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ด ที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 3 cm ของความเร็วรอบ 170 rpm ซึ่งมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 130 และ 150 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างทั้ง 3 ระดับ ส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

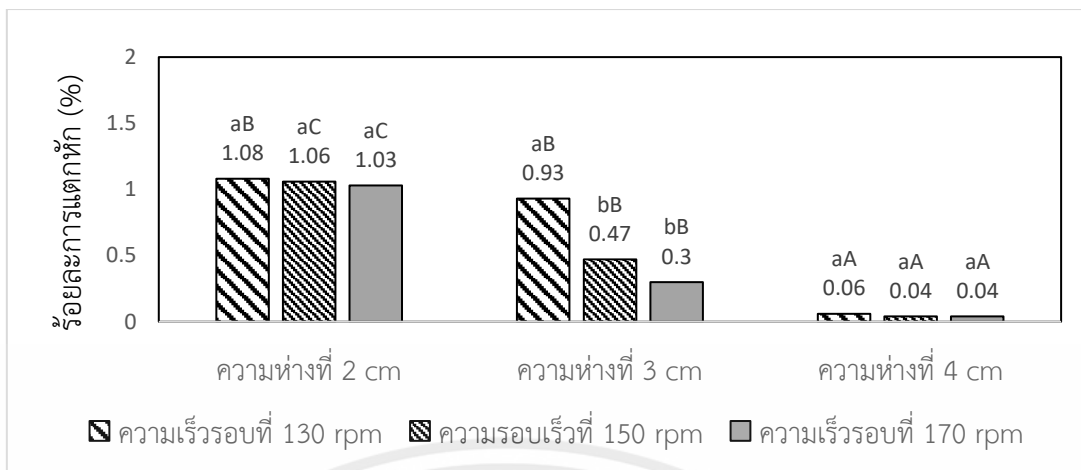


รูปที่ 4.13 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่โอบกะเทาะมุม 120 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 5 cm

#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

รูปที่ 4.14 เป็นการหาร้อยละการแตกหักของเมล็ดโอบกะเทาะที่มุม 120 องศา ที่มีความห่างของฟันกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 10 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยกว่าระยะที่ 2 และ 3 cm ในทุกเงื่อนไขความเร็วรอบลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบลูกกะเทาะในเงื่อนไขที่ให้ร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดที่ระยะความห่างระหว่างปลายฟันกับตะแกรงล่างเท่ากับ 4 cm พบว่าความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ด และมีร้อยละการแตกหักน้อยสุดเท่ากับ 0.04 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 150 และ 170 rpm เมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วรอบ 150 และ 170 rpm ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ด ที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 3 cm ซึ่งมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 130 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 2 และ 3 cm ส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

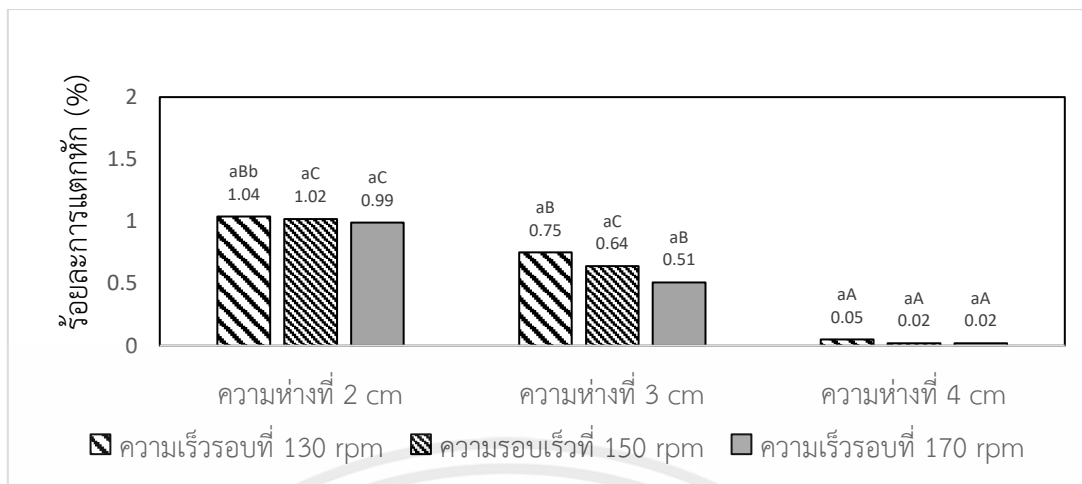


รูปที่ 4.14 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ใบกะเทาะมุม 120 องศา ในความห่างของซี่พินกะเทาะ 10 cm

#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

รูปที่ 4.14 เป็นการหาร้อยละการแตกหักของเมล็ดใบกะเทาะที่มุม 120 องศา ที่มีความห่างของพินกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 15 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่าง 4 cm มีปริมาณร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยกว่าระยะที่ 2 และ 3 cm ในทุกเงื่อนไขความเร็วรอบลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบลูกกะเทาะในเงื่อนไขที่ให้ร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดที่ระยะความห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 4 cm พบว่า ความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ด และมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดเท่ากับ 0.02 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 150 และ 170 rpm เมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วรอบ 150 และ 170 rpm ระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ด ที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 3 cm ซึ่งมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 130 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 2 และ 3 cm ส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 4.15 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่โอบกะเทาะมุม 120 องศา ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ 15 cm

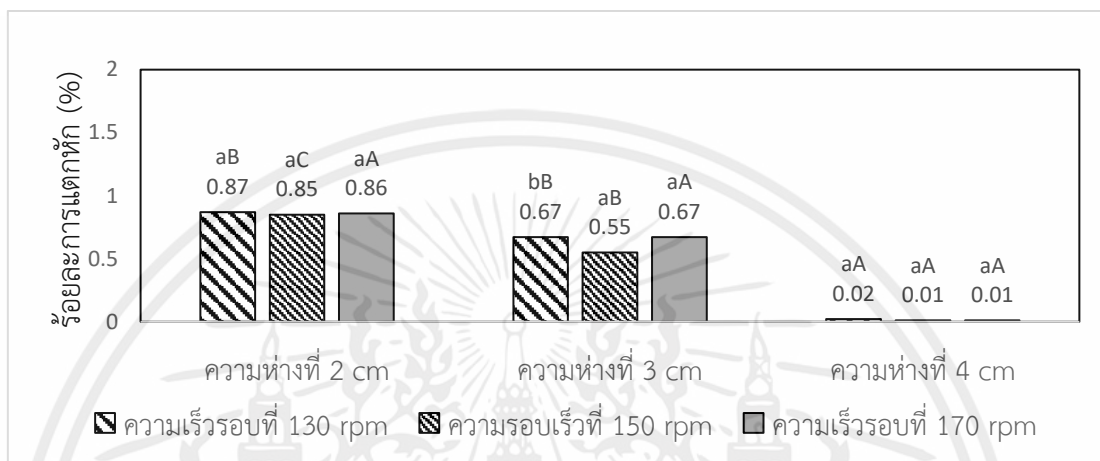
#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

จากการทดสอบหาร้อยละการแตกหักของโอบกะเทาะที่มุม 120 องศา พบว่าที่ความห่างซี่ฟันกะเทาะเท่ากับ 15 cm จะมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยกว่าที่ระยะอื่นๆคือ 5 และ 10 cm ความห่างระหว่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยกว่าที่ระยะ 2 และ 3 cm เมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบที่ความห่างซี่ฟันกะเทาะเท่ากับ 15 cm ร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยที่สุดอยู่ที่ความเร็วรอบ 150 และ 170 rpm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดถึง 0.02 % ซึ่งมีปริมาณการแตกหักที่น้อยกว่าในความเร็วรอบ 130 rpm

รูปที่ 4.16 เป็นการหาร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่โอบกะเทาะที่มุม 180 องศา ที่มี ความห่างของฟันกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 5 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยกว่าระยะที่ 2 และ 3 cm ในทุกเงื่อนไขความเร็วรอบลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบลูกกะเทาะในเงื่อนไขที่ให้ร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดที่ระยะความห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 4 cm พบว่า ความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ด และมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดเท่ากับ 0.01 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 150 และ 170 rpm เมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วรอบ 150 rpm ระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ด ที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 3 cm ซึ่งมีร้อยละการ

แตกหักของเมล็ดแตกต่างกัน และ 170 rpm ระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ด ที่ไม่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 3 cm อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 130 rpm พบว่า ระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 2 และ 3 cm ส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



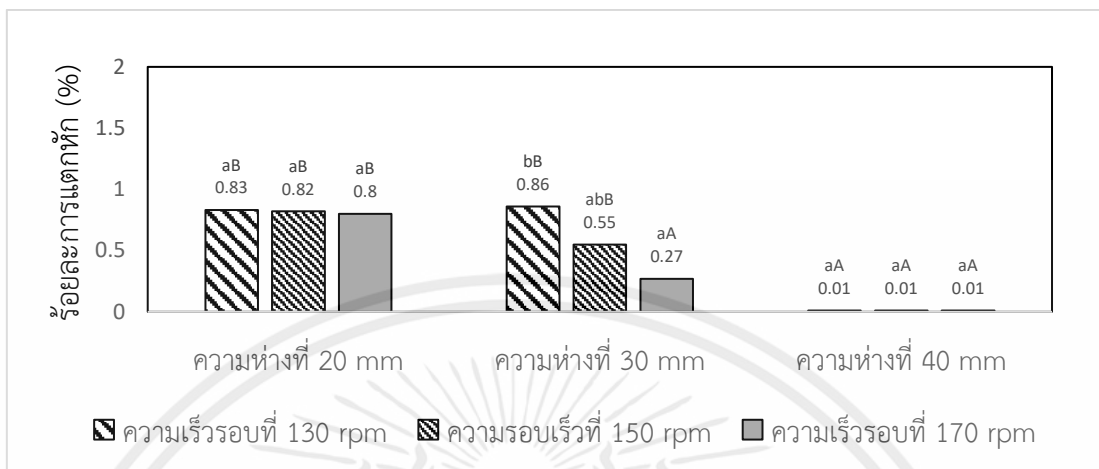
รูปที่ 4.16 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่โม่กะเทาะ 180 องศา ในความห่างของซี่พินกะเทาะ 5 cm

#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

รูปที่ 4.17 เป็นการหาร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่โม่กะเทาะที่ 180 องศา ที่มีความห่างของพินกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 10 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่าง 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยกว่าระยะที่ 2 และ 3 cm ในทุกเงื่อนไขความเร็วรอบลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบลูกกะเทาะในเงื่อนไขที่ให้ร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดที่ระยะความห่างระหว่างปลายพินกับตะแกรงล่างเท่ากับ 4 cm พบว่าความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ด และมีปริมาณการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดเท่ากับ 0.01 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 130 150 และ 170 rpm เมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วรอบ 130 150 และ 170 rpm ระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ด ที่

แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 3 cm ซึ่งมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

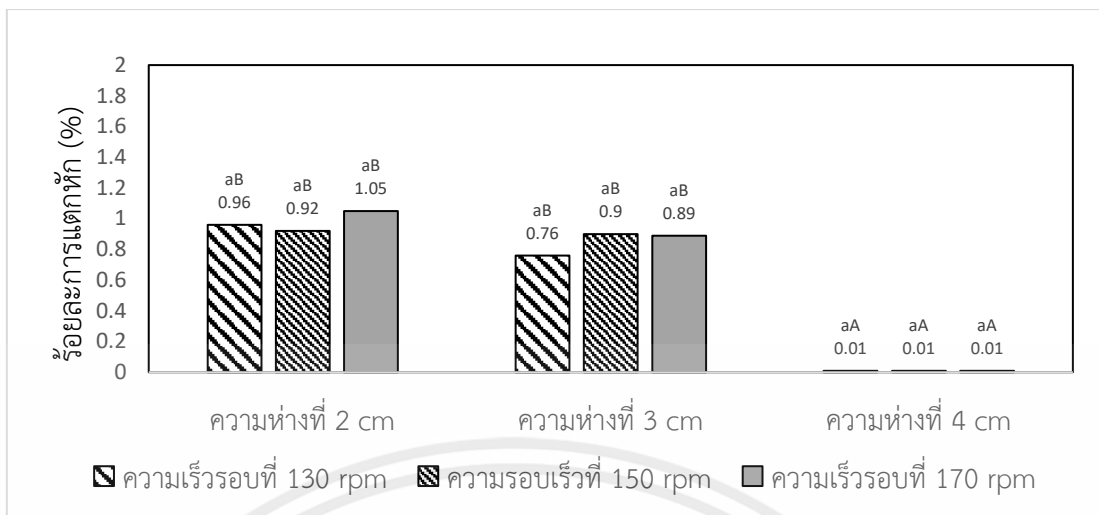


รูปที่ 4.17 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่โม่กะเทาะมุม 180 องศา ในความห่างของซี่พินกะเทาะ 10 cm

#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่าง)

รูปที่ 4.17 เป็นการหาร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่โม่กะเทาะที่มุม 180 องศา ที่มีความห่างของพินกะเทาะที่ระยะห่างเท่ากับ 15 cm จากการทดสอบพบว่าที่ระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่าง 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยกว่าระยะที่ 2 และ 3 cm ในทุกเงื่อนไขความเร็วรอบลูกกะเทาะ และเมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบลูกกะเทาะในเงื่อนไขที่ให้ปริมาณการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดที่ระยะความห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 4 cm พบว่า ความเร็วรอบลูกกะเทาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อร้อยละการแตกหักของเมล็ด และมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยสุดเท่ากับ 0.01 % ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 130 150 และ 170 rpm เมื่อพิจารณาผลของระยะห่างของปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างเดียวกันพบว่า ที่ความเร็วรอบ 130 150 และ 170 rpm ระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ด ที่แตกต่างจากระยะห่างระหว่างปลายพินกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 2 และ 3 cm ซึ่งมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 4.18 ร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ไบกะเทาะมุม 180 องศา ในความห่างของซีฟนกะเทาะ 15 cm

#### หมายเหตุ

- 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยความเร็วรอบในการกะเทาะ)
- 2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ทดสอบปัจจัยระยะห่างปลายฟนกะเทาะกับตะแกรงล่าง)


จากการทดสอบหาร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ไบกะเทาะที่มุม 180 องศา พบว่าที่ความห่างซีฟนกะเทาะเท่ากับ 10 และ 15 cm จะมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยกว่าที่ระยะอื่นๆคือ 5 cm ความห่างระหว่างฟนกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยกว่าที่ระยะ 2 และ 3 cm เมื่อพิจารณาผลของความเร็วรอบที่ความห่างซีฟนกะเทาะเท่ากับ 10 และ 15 cm ร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยที่สุดอยู่ที่ความเร็วรอบ 130 150 และ 170 rpm ซึ่งมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดเท่ากับ 0.01 %

จากการทดสอบหาร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่ไบกะเทาะที่มุม 90 120 และ 180 องศา พบว่าระยะห่างระหว่างปลายฟนกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 4 cm จะทำให้การกะเทาะมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยที่สุดนั้นก็เพราะว่าเมื่อมีความห่างของฟนกะเทาะกับตะแกรงล่างที่มีความห่างกัน จะทำให้มีการเสียดสีของฝักข้าวโพดน้อยทำให้เมล็ดโดนกดน้อยทำให้มีเมล็ดข้าวโพดที่ติดฝักนั้นหลงเหลืออยู่ จะเห็นว่าที่ไบกะเทาะมุม 180 องศาของความห่างซีฟนกะเทาะที่ระยะ 15 cm และระยะห่างระหว่างปลายฟนกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ระยะ 4 cm ต่อความเร็วรอบ 150 และ 170 rpm จะมีปริมาณการแตกหักอยู่ที่ 0.01 % แต่เพราะว่าไบกะเทาะที่มุม 180 นี้มีแกนกันกะเทาะอยู่สองแกนฟนทำให้มีเมล็ดถูกกะเทาะไม่หมดฝักเป็นจำนวนมาก

### 4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องและร้อยละการแตกหักของเมล็ด

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการกะเทาะและร้อยละการแตกหักของเมล็ดพบว่าที่ระยะห่างระหว่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 3 cm ของใบกะเทาะมุม 90 องศา ของระยะห่างจำนวนซี่ฟันเท่ากับ 10 cm ที่ความเร็วรอบ 130 rpm จะมีประสิทธิภาพการกะเทาะดีกว่าและเมล็ดข้าวโพดจะติดฝักเป็นจำนวนน้อย ซึ่งในความเร็วรอบ 130 rpm นี้จะทำให้ร้อยละการแตกหักของเมล็ดจะน้อยกว่าในความเร็วรอบที่ 150 และ 170 rpm และยังพบว่า ใบกะเทาะที่มุม 180 องศา ของความห่างซี่ฟันกะเทาะเท่ากับ 15 cm ต่อระยะห่างระหว่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm พบว่า มีร้อยละการแตกหักของเมล็ดที่น้อยเนื่องจากใบกะเทาะที่มุม 180 องศา นี้มีแกนฟันกะเทาะสองแกน ฟันจึงทำให้มีการแตกหักของเมล็ดน้อยแต่เมล็ดยังคงติดฝักอยู่ทำให้ประสิทธิภาพการกะเทาะน้อยไปด้วยเช่นกัน ซึ่งเห็นได้ว่า ใบกะเทาะมุม 90 องศา ของระยะห่างจำนวนซี่ฟันเท่ากับ 10 cm ที่มีระยะห่างระหว่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 3 cm ที่ความเร็วรอบ 130 rpm เหมาะสำหรับเครื่องต้นแบบ เพราะมีประสิทธิภาพการกะเทาะอยู่ที่ 98.87 % มีร้อยละการแตกหักของเมล็ด 0.72 % ความสามารถในการกะเทาะของเครื่องเท่ากับ 232 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกะเทาะและร้อยละการแตกหักของเครื่องที่เคยมีผู้วิจัยมาก่อนแล้วพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำประสิทธิภาพการกะเทาะได้ดีกว่าและมีร้อยละการแตกหักที่น้อยกว่าซึ่งสามารถดูได้จาก ตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องและร้อยละการแตกหักของเมล็ด

เครื่องกะเทาะ ข้าวโพด			
	กลไกแบบซี่ฟัน	กลไกเรียง 45 องศา [31]	กลไกแบบซี่ฟันเกลียว [23]
ประสิทธิภาพ เครื่องกะเทาะ เมล็ดข้าวโพด	98.87 %	70 %	85.80 %
ร้อยละการ แตกหัก	0.72 %	10 %	8.14 %

ทั้ง 3 เครื่องนี้เลือกประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของแต่ละเครื่องมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ สรุปได้ว่า เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดกลไกแบบซี่ฟันกะเทาะได้ประสิทธิภาพที่ดีและมีร้อยละแตกหักที่น้อย เมื่อเทียบกับกลไกการกะเทาะอื่นๆ

### กลไกที่ 2

เครื่องกะเทาะข้าวโพดด้วยกลไกลูกกะเทาะแบบมีฟันเรียง 45 องศา ใช้มอเตอร์ 2 แรงม้า มีความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาทีเป็นตัวส่งกำลัง โดยส่งกำลังผ่านสายพาน ประสิทธิภาพการกะเทาะได้ 90 % และมีร้อยละการแตกหัก 10 % เพราะเมื่อกะเทาะข้าวโพด เมล็ดจะถูกหมุนอยู่ด้านในตามแนวแกน โดยไม่มีตะแกรงรองรับทางด้านช่องทางออกซึ่งทำให้เมล็ดปะปนติดไปด้านช่องทางออกซึ่ง [14]

### กลไกที่ 3

เครื่องกะเทาะข้าวโพดด้วยกลไกแบบซี่ฟันเกลียว การกะเทาะข้าวโพดแบบลูกกะเทาะหมุนพาฝักข้าวโพดชูดกับผนังตะแกรงกะเทาะ ทำให้เมล็ดข้าวโพดหลุดออกจากแกนข้าวโพด แล้วผ่านตะแกรงล่อนเมล็ดข้าวโพด ความเร็วรอบที่ดีที่สุด คือ 360 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการกะเทาะ 85.80 % มีร้อยละการแตกหัก 8.14 % เครื่องสามารถกะเทาะเมล็ดข้าวโพดได้ 1,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง [15]

## บทที่ 5

# สรุปและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุป

การออกแบบเครื่องกะเทาะข้าวโพด เพื่อหาเงื่อนไขของรูปแบบใบกะเทาะ ความห่างระหว่างซี่ฟันกะเทาะ ระยะห่างระหว่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง และความเร็วรอบของลูกกะเทาะที่ให้ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ดีที่สุด และมีร้อยละการแตกหักของเมล็ดน้อยที่สุด พบว่า ใบกะเทาะที่มุม 120 และ 180 องศา จะกะเทาะฝักข้าวโพดได้ไม่หมดฝักทำให้ต้องเพิ่มความเร็วในการกะเทาะ ในความห่างของซี่ฟันกะเทาะ ที่ความห่างซี่ฟันระยะที่ 5 cm จะทำให้ฝักข้าวโพดถูกสัมผัสกับแนวฟันกะเทาะมากเกินไปทำให้ฝักและเมล็ดนั้นจะมีการแตกหักก่อนที่เมล็ดจะหมด และในความห่างซี่ฟันกะเทาะระยะที่ 15 cm ข้าวโพดจะถูกสัมผัสน้อยตามระยะความห่างซี่ฟันกะเทาะทำให้มีข้าวโพดบางส่วนยังหลงเหลืออยู่ที่ฝัก ในส่วนของระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ ระยะ 2 cm จะมีการเสียดสีของข้าวโพดที่ฝักทำให้ข้าวโพดมีการแตกหัก และในระยะห่างระหว่างปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างที่ 4 cm นั้นจะทำให้การเสียดสีของข้าวโพดน้อย การแตกหักก็จะมีน้อยแต่จะทำให้มีเมล็ดที่ยังคงติดอยู่ที่ฝัก ทำให้พบว่า ที่ใบกะเทาะที่มุม 90 องศา ความห่างระหว่างซี่ฟันกะเทาะ 10 cm มีระยะห่างระหว่างซี่ฟันกะเทาะกับตะแกรงล่างเท่ากับ 3 cm และความเร็วรอบของลูกกะเทาะที่ 130 rpm. เหมาะสมสำหรับการกะเทาะเมล็ดข้าวโพด ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกะเทาะได้ 98.87 % และมีร้อยละการแตกหัก 0.72 % มีความสามารถในการทำงานของเครื่องต้นแบบเท่ากับ 232 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรติดตั้งตะแกรงร่อนไว้เพื่อคัดแยกฝุ่นและเมล็ดให้ออกจากกันโดยทำการติดตั้งไว้ที่ช่องออกของเมล็ดข้าวโพด

5.2.2 ควรทำฝาปิดบนช่องใส่ฝักข้าวโพดเพราะว่าในการกะเทาะที่ซึ่งความเร็วรอบสูงจะทำให้เมล็ดกระเด็นออกจากช่องใส่ฝัก

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมส่งเสริมการเกษตร โครงการส่งเสริมการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา (2559) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 29 สิงหาคม 2563 แหล่งที่มา: [www.matichon.co.th/news/339276](http://www.matichon.co.th/news/339276)
- [2] สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสระบุรี ระบบฐานข้อมูลเพื่อการวางแผนพัฒนาการเกษตร และสหกรณ์รายสินค้า (2562) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 3 กันยายน 2563 แหล่งที่มา: [www.opsmoac.go.th/saraburi-dwl-files-412791791798](http://www.opsmoac.go.th/saraburi-dwl-files-412791791798)
- [3] วุฒิพล จันทร์สระคู และ คณะ เครื่องกะเทาะข้าวโพดลูกกะเทาะคู่ กรมวิชาเกษตร (2558) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 3 กันยายน 2563 แหล่งที่มา: [PDF.cfm \(kku.ac.th\)](http://PDF.cfm (kku.ac.th))
- [4] มงคล ตุ่นเฮ้า และคณะ กรมวิชาการเกษตร วิจัยและพัฒนาเครื่องกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (2561) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 29 สิงหาคม 2563 แหล่งที่มา: [dffsdfsdfshttps://www.doa.go.th/research/showthread.php?tid=2674](https://www.doa.go.th/research/showthread.php?tid=2674)
- [5] สาทิส เวณจันทร์ และคณะ ทดสอบและออกแบบเครื่องปลิดฝักข้าวโพดและเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตในประเทศให้สามารถใช้เกี่ยวข้าวโพดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยร่วมมือกับภาคเอกชน (2550) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 30 สิงหาคม 2563 แหล่งที่มา: <https://rep.doa.go.th/research/attachment.php?aid=1561>
- [6] ปราณปรียา ตันกันยา สาขาเทคโนโลยี อุตสาหกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม การพัฒนาชุดกะเทาะของเครื่องนวดข้าวโพดแบบลูกกลิ้ง (2560) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 30 สิงหาคม 2563 แหล่งที่มา: <http://en.rmu.ac.th/enmis/upload/paper/1584807065.p>
- [7] ระบบข้อมูลทางวิชาการเกี่ยวกับข้าวโพด กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (2560) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 1 กันยายน 2563 แหล่งที่มา: <http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=17>
- [8] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร ประโยชน์ของข้าวโพด (2559) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 15 กันยายน 2563 แหล่งที่มา: <https://intrend.trueid.net/article/9->
- [9] เกษม เจนวีไลศิลป์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดแห้งและสับซัง (2558) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 15 กันยายน 2563 แหล่งที่มา: <https://www.arda.or.th/%20%20kasetinfo/north/plant/fcorn.html>
- [10] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ความชื้น (2558) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 29 สิงหาคม 2563 แหล่งที่มา: <https://www.playsotec.com/>
- [11] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการใช้เครื่องจักรกลเกษตรเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (2562) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 18 ธันวาคม 2563 แหล่งที่มา: การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการใช้เครื่องจักรกลเกษตรเบื้องต้น (iaid.in.th)
- [12] วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร: ซี เอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 2523.
- [13] ไชซาญู หินเกิด. เครื่องกลไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2541.
- [14] พิพัฒน์ อมตฉายา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา การพัฒนาเครื่อง กะเทาะเมล็ดข้าวพารา (2554) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา: [https://soreda.oas.psu.ac.th/show\\_detail.php?research\\_id=799](https://soreda.oas.psu.ac.th/show_detail.php?research_id=799)
- [15] มนต์ชัย ราชกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เครื่องกะเทาะเยื่อถั่วลิสง (2555) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา: <https://li01.tchitthaijo.org/index.php/TSAEJ/article/view/242602>
- [16] วีรศักดิ์ ศักดิ์สง่าวงศ์, วารี ศีรสอน และ สมชาย ชวนอุดม ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สร้างเครื่องต้นแบบกะเทาะเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (2555) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา: <https://www.doa.go.th/aeri/?cat=17>
- [17] กฤษณะ นาวารัตน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด (2555) วารสารวิจัยคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร
- [18] ไกรสร รวยป้อม และ สุรพงษ์ โช้ทอง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เครื่อง กะเทาะหมากแห้งแบบคริวเรื้อน (2556) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา: [http://old.rmutto.ac.th/rmuttonews/attachment/NR429\\_1.pdf](http://old.rmutto.ac.th/rmuttonews/attachment/NR429_1.pdf)
- [19] นิพนธ์ แสงจันทร์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เครื่อง กะเทาะเปลือกเมล็ดกาแฟ (2557) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา: <https://www.lib.ku.ac.th/kuconf/KC4311027.pdf>
- [20] วิบูลย์ ช่างเรือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ การ สร้างเครื่องกะเทาะข้าวโพด (2557) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา: [https://eng.kps.ku.ac.th/dblibv2/fileupload/project\\_IdDoc230\\_IdPro666.pdf](https://eng.kps.ku.ac.th/dblibv2/fileupload/project_IdDoc230_IdPro666.pdf)
- [21] นฤมล บุญกระจ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เครื่องกะเทาะหมากแห้งแบบล้อหมุนในแนว ระดับ (2557) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา: <https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve.DOI=10.14457/KU.the.2012.738>
- [22] ชาญวิทย์ ชัยอมฤต นิตติกร สิ้นชัย และ สุรียา เหล่าศร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาลัยขอนแก่น การออกแบบและ

- สร้างเครื่อง กะเทาะข้าวโพด (2560) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา:[http://cheqa.rmuti.ac.th/rmuti\\_3300/2560/2/2.3-02-14.pdf](http://cheqa.rmuti.ac.th/rmuti_3300/2560/2/2.3-02-14.pdf)
- [23] ภาคภูมิ ใจชมพู, ไพฑูรย์ อุดมเกตุ, นรุตม์ คล้ายเคลื่อน, จิรวัดณ์ วรวิชัย และจุมพล ชัยประเดิมศักดิ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา การสร้างเครื่องกะเทาะข้าวโพดให้กับชุมชนบ้านป่าแดงใต้ (2560) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา: <https://ph01.tcithaijo.org/index.php/RMUTLEngJ/article/view/183572>
- [24] อวิรุทธิ์ สุวิชา, ทีชญา สุทธิธรรม, วัชพล วิเทห์ และ ปราณปรียา ตันกันยามหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการผลิต (2562) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา: <http://en.rmu.ac.th/enmis/upload/paper/1584807065.pdf>
- [25] นฤเบศร์ หนูใสเพชร มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ การวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านเทคนิค และ เศรษฐศาสตร์ของเครื่อง กะเทาะแบบล้อยาง (2561) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา:[https://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research\\_id=mf145](https://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=mf145)
- [26] พิทักษ์ คล้ายชม, อภิศักดิ์ พรหมฝาย และกันต์ อินทวงศ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ด มะม่วงหิมพานต์แบบอัตโนมัติ (2557) อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา [www.lib.kps.ku.ac.th/specialproject/food\\_engineering/2541/Bs/peerapo](http://www.lib.kps.ku.ac.th/specialproject/food_engineering/2541/Bs/peerapo)
- [27] Bako T.k. ,O.A, Bature B.J. Department of Agriculturaland. Environmental Engineering, University of Agriculture, Makurdi, Nigeria. Design, Fabrication and Performance Evaluation of a Hand Operated Maize Sheller (2019) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา:AmericanScience.Org -Online scientificpublication journal andscience jobs for science community([jofamericanscience.org](http://jofamericanscience.org))
- [28] Aremu D.o, O.A. ,Ijadunola J.a. Department of Agricultural Engineering, Federal College of Agriculture, Ibadan,Nigeria. Design,Fabrication and PerformanceEvaluation of a Motorized Maize Shelling Machine (2017) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา:Design -Fabrication -and -Performance -Evaluation -of-a-Motorized -Maize -Shelling-Machine.pdf ([researchgate.net](http://researchgate.net))
- [29] Desoukey E.l, O.A. ,Mousa E. Nat. Res. And Agri. Eng. Dept., Faculty of Agric., Damnhour, Alexandria Univ., Egypt. Feasibility of Using Corn ShellerMachine in Threshing Sunflower (2018) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แหล่งที่มา:[http://www.damanhour.edu.eg/pdf/agrfac/Root1/Vol\\_e6\\_3\\_2.pdf](http://www.damanhour.edu.eg/pdf/agrfac/Root1/Vol_e6_3_2.pdf)
- [30] Taha F. j. O.A., Khafajie H. u. Dept of technicians Agricultural Machinery and Equipments Technical University. Evaluation of Some Technical Indicator of Locally Modified Sheller for Corn Grain (2017) [ออนไลน์] อ้างอิงเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564

แหล่งที่มา: EVALUATION-OF-SOME-TECHNICAL-INDICATORS-OF-THE-LOCALLY-MODIFIED-SHELLER-FOR-CORN-GRAIN.pdf (researchgate.net)

- [31] เอี่ยมเส็ง เวียนศิริ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะ วิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดต้นแบบ (2558) [ออนไลน์] อ้างอิง เมื่อ 30 ธันวาคม 2563 แหล่งที่มา: [https://eng.kps.ku.ac.th/dblibv2/fileupload/project\\_IdDoc230\\_IdPro666.pdf](https://eng.kps.ku.ac.th/dblibv2/fileupload/project_IdDoc230_IdPro666.pdf)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก  
ตารางการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 การทดลองมุมที่ 90 องศา รอบที่ 1

มุม (°)	ความห่าง ระหว่างฟัน กะเทาะ (cm)	ระยะห่างระหว่าง ปลายฟัน กะเทาะ กับตะแกรงล่าง (cm)	ความเร็วรอบ ของลูก กะเทาะ (RPM)	ประสิทธิภาพ ของการ กะเทาะ (%)	ปริมาณ การ แตกหัก (%)	เวลา (Time)
90	5	2	130	84.81	1.05	2.47
			150	79.27	1.19	2.56
			170	72.32	1.38	3.04
	10	3	130	97.28	0.6	2.15
			150	94.54	0.73	2.60
			170	90.18	0.95	1.40
		4	130	83.67	0.04	2.14
			150	80.74	0.03	2.48
			170	79.58	0.04	2.57
15	2	130	92.52	0.75	1.11	
		150	95.28	0.70	1.43	
		170	94.56	0.69	1.56	
	3	3	130	98.79	0.69	1.22
			150	97.64	0.73	2.21
			170	95.27	0.79	2.50
		4	130	88.28	0.03	2.55
			150	86.71	0.04	2.48
			170	87.46	0.03	2.37
4	2	130	77.44	0.95	1.31	
		150	85.82	0.77	1.58	
		170	80.35	0.72	2.20	
	3	130	94.81	0.74	2.47	
		150	96.37	0.72	2.04	
		170	92.68	0.76	2.18	
4	4	130	82.71	0.05	1.53	
		150	87.57	0.02	2.34	
		170	85.21	0.03	2.58	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 การทดลองมุมที่ 90 องศา รอบที่ 2

มุม (°)	ระยะห่าง ระหว่างพื้น กะเทาะ (cm)	ระยะห่างระหว่าง ปลายพื้น กะเทาะ กับตะแกรงล่าง (cm)	ความเร็วรอบ ของลูก กะเทาะ (RPM)	ประสิทธิภาพ ของการ กะเทาะ (%)	ปริมาณ การ แตกหัก (%)	เวลา (Time)
90	5	2	130	83.96	0.98	2.32
			150	78.81	1.04	2.48
			170	71.43	1.07	3.23
			130	95.98	0.3	2.33
	3	3	150	93.76	0.56	2.57
			170	89.68	0.86	2.53
			130	85.14	0.03	2.47
			150	82.26	0.01	2.54
	4	4	170	80.14	0.02	3.06
			130	90.71	0.58	1.46
			150	93.86	0.55	1.58
			170	92.98	0.48	2.14
10	3	130	98.94	0.74	2.31	
		150	98.88	0.78	2.44	
		170	96.74	0.82	2.53	
		130	89.41	0.6	2.48	
4	4	150	87.86	0.5	2.55	
		170	88.12	0.5	3.14	
		130	79.14	1.08	1.57	
		150	87.94	0.98	2.42	
2	2	170	83.33	0.91	2.59	
		130	93.71	0.63	1.57	
		150	95.64	0.61	2.14	
		170	92.91	0.68	2.41	
15	3	130	83.64	0.03	2.37	
		150	86.89	0.01	2.51	
		170	85.66	0.02	3.42	
		130	83.64	0.03	2.37	
4	4	150	86.89	0.01	2.51	
		170	85.66	0.02	3.42	
		130	83.64	0.03	2.37	
		150	86.89	0.01	2.51	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ค่าเฉลี่ยในมุมที่ 90 องศา

มุม (°)	ระยะห่าง ระหว่างพื้น กะเทาะ (cm)	ระยะห่างระหว่าง ปลายพื้น กะเทาะ กับตะแกรงล่าง (cm)	ความเร็วรอบ ของลูก กะเทาะ (RPM)	ประสิทธิภาพ ของการ กะเทาะ (%)	ปริมาณ การ แตกหัก (%)	เวลา (Time)	
90	5	2	130	84.39	1.02	2.4	
			150	79.04	1.12	2.52	
			170	71.88	1.23	3.14	
	5	3	130	96.63	0.45	2.24	
			150	94.15	0.65	2.59	
			170	89.93	0.91	2.37	
	5	4	130	84.41	0.04	2.31	
			150	81.5	0.02	2.51	
			170	89.86	0.03	3.12	
	90	10	2	130	91.62	0.67	1.29
				150	94.57	0.63	1.51
				170	93.77	0.59	2.15
10		3	130	98.87	0.72	2.27	
			150	98.26	0.76	2.33	
			170	96.01	0.81	2.52	
10		4	130	88.71	0.32	2.52	
			150	87.29	0.27	2.52	
			170	87.79	0.27	3.16	
90		15	2	130	78.29	1.02	1.44
				150	86.88	0.88	2
				170	81.84	0.82	3.16
	15	3	130	94.26	0.69	2.02	
			150	96.01	0.67	2.09	
			170	92.76	0.72	2.43	
	15	4	130	83.18	0.04	2.35	
			150	87.23	0.02	2.43	
			170	85.44	0.03	3	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 การทดลองมุมที่ 120 องศา รอบที่ 1

มุม (°)	ระยะห่าง ระหว่างพื้น กะเทาะ (cm)	ระยะห่างระหว่าง ปลายพื้น กะเทาะ กับตะแกรงล่าง (cm)	ความเร็วรอบ ของลูก กะเทาะ (RPM)	ประสิทธิภาพ ของการ กะเทาะ (%)	ปริมาณ การ แตกหัก (%)	เวลา (Time)	
120	5	2	130	88.86	1.28	1.56	
			150	88.95	1.21	2.14	
			170	89.87	1.19	2.12	
	5	3	130	93.36	1.08	1.48	
			150	97.76	0.69	2.41	
			170	98.14	0.31	2.54	
	5	4	130	81.7	0.06	2.32	
			150	82.53	0.05	2.41	
			170	82.86	0.03	2.54	
	120	10	2	130	86.94	1.13	2.22
				150	88.76	1.09	2.34
				170	90.14	1.04	2.56
10		3	130	93.14	1.04	1.48	
			150	93.16	0.56	1.56	
			170	97.09	0.34	2.10	
10		4	130	83.86	0.07	1.57	
			150	84.11	0.04	2.14	
			170	84.03	0.04	2.20	
15		2	3	130	84.84	1.09	2.34
				150	88.36	1.08	2.41
				170	90.96	1.03	2.51
	15	3	130	92.03	0.87	2.44	
			150	95.87	0.73	2.55	
			170	96.73	0.61	3.01	
	15	4	130	78.42	0.08	2.14	
			150	78.96	0.03	2.23	
			170	79.14	0.03	3.01	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 การทดลองมุมที่ 120 องศา รอบที่ 2

มุม (°)	ระยะห่าง ระหว่างฟัน กะเทาะ (cm)	ระยะห่างระหว่าง ปลายฟัน กะเทาะ กับตะแกรงล่าง (cm)	ความเร็วรอบ ของลูก กะเทาะ (RPM)	ประสิทธิภาพ ของการ กะเทาะ (%)	ปริมาณ การ แตกหัก (%)	เวลา (Time)
120	5	2	130	89.50	1.26	1.48
			150	89.82	1.17	2.01
			170	90.54	1.17	2.33
			130	91.73	1.02	2.14
	3	3	150	95.83	0.66	2.23
			170	97.78	0.28	2.48
			130	80.12	0.02	2.14
			150	79.83	0.02	2.34
	4	4	170	80.74	0.02	2.44
			130	87.94	1.03	2.04
			150	88.62	1.03	2.18
			170	89.62	1.01	2.44
10	3	3	130	91.82	0.81	1.37
			150	91.83	0.37	1.49
			170	96.05	0.25	1.57
			130	81.95	0.04	1.46
	4	4	150	82.18	0.04	1.58
			170	82.02	0.03	2.14
			130	87.25	0.98	2.23
			150	87.95	0.95	2.48
	2	2	170	89.92	0.95	2.57
			130	90.16	0.63	2.48
			150	93.33	0.55	2.54
			170	94.64	0.40	2.57
15	3	3	130	79.68	0.02	2.31
			150	79.85	0.01	2.48
			170	80.21	0.01	2.56
			130	79.68	0.02	2.31
4	4	4	150	79.85	0.01	2.48
			170	80.21	0.01	2.56
			130	79.68	0.02	2.31
			150	79.85	0.01	2.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 ค่าเฉลี่ยในมุมที่ 120 องศา

มุม (°)	ระยะห่าง ระหว่างพื้น กะเทาะ (cm)	ระยะห่างระหว่าง ปลายพื้น กะเทาะ กับตะแกรงล่าง (cm)	ความเร็วรอบ ของลูก กะเทาะ (RPM)	ประสิทธิภาพ ของการ กะเทาะ (%)	ปริมาณ การ แตกหัก (%)	เวลา (Time)
120	5	2	130	89.18	1.27	1.52
			150	89.39	1.19	2.10
			170	90.21	1.18	2.23
	5	3	130	92.55	1.05	2.57
			150	96.78	0.68	2.32
			170	97.96	0.23	2.51
	5	4	130	80.91	0.04	2.23
			150	81.18	0.04	2.36
			170	81.80	0.03	2.49
120	10	2	130	87.44	1.08	2.13
			150	88.69	1.06	2.26
			170	89.88	1.03	2.50
	10	3	130	92.48	0.93	1.43
			150	92.50	0.47	1.53
			170	96.57	0.30	2.57
	10	4	130	82.91	0.06	1.52
			150	83.15	0.04	2.57
			170	83.03	0.04	2.17
15	2	3	13	86.05	1.04	2.29
			150	88.16	1.02	2.45
			170	90.44	0.99	2.54
	15	3	130	91.10	0.75	2.46
			150	94.60	0.64	2.55
			170	95.69	0.51	2.57
	15	4	130	79.1	0.05	2.23
			150	79.41	0.02	2.36
			170	79.68	0.02	3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 การทดลองมุมที่ 180 องศา รอบที่ 2

มุม (°)	ระยะห่าง ระหว่างฟัน กะเทาะ (cm)	ระยะห่างระหว่าง ปลายฟัน กะเทาะ กับตะแกรงล่าง (cm)	ความเร็วรอบ ของลูก กะเทาะ (RPM)	ประสิทธิภาพ ของการ กะเทาะ (%)	ปริมาณ การ แตกหัก (%)	เวลา (Time)	
180	5	2	130	83.37	0.87	2.57	
			150	84.86	0.86	3.22	
			170	89.14	0.89	2.46	
	5	3	130	93.14	0.54	2.03	
			150	94.64	0.57	2.59	
			170	95.11	0.81	3.10	
	5	4	130	78.79	0.018	1.48	
			150	81.24	0.015	2.10	
			170	84.01	0.014	2.30	
	180	10	2	130	82.11	0.85	2.24
				150	83.48	0.83	2.31
				170	83.96	0.78	2.49
10		3	130	85.86	0.77	2.18	
			150	86.74	0.43	2.29	
			170	87.98	0.14	2.48	
10		4	130	80.40	0.01	2.11	
			150	81.99	0.02	2.24	
			170	82.74	0.02	2.44	
15		2	3	130	88.25	0.94	2.48
				150	90.14	0.88	3.54
				170	90.81	1.14	4.14
	15	3	130	79.86	0.96	3.21	
			150	81.54	0.86	3.38	
			170	89.86	0.61	3.57	
15	4	130	77.68	0.003	1.33		
		150	77.76	0.002	1.49		
		170	78.86	0.002	1.58		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.8 การทดลองมุมที่ 180 องศา รอบที่ 2

มุม (°)	ระยะห่าง ระหว่างฟัน กะเทาะ (cm)	ระยะห่างระหว่าง ปลายฟัน กะเทาะ กับตะแกรงล่าง (cm)	ความเร็วรอบ ของลูก กะเทาะ (RPM)	ประสิทธิภาพ ของการ กะเทาะ (%)	ปริมาณ การ แตกหัก (%)	เวลา (Time)	
180	5	2	130	83.45	0.86	3.14	
			150	85.36	0.84	3.43	
			170	87.19	0.82	2.52	
	5	3	130	92.86	0.77	1.56	
			150	94.47	0.52	2.48	
			170	95.65	0.50	2.54	
	5	4	130	78.68	0.013	1.53	
			150	80.36	0.012	2.31	
			170	84.14	0.011	2.24	
	180	10	2	130	82.91	0.81	2.18
				150	83.61	0.80	2.38
				170	83.98	0.80	2.56
10		3	130	84.80	0.94	2.22	
			150	86.91	0.66	2.38	
			170	88.68	0.39	2.54	
10		4	130	79.98	0.013	2.32	
			150	80.12	0.011	2.36	
			170	82.54	0.011	2.56	
15		2	3	130	87.54	0.98	2.43
				150	81.21	0.96	3.58
				170	89.33	0.96	3.52
	15	3	130	89.94	0.56	3.37	
			150	81.63	0.93	3.45	
			170	79.88	1.16	3.47	
15	4	130	77.63	0.009	1.39		
		150	77.82	0.009	2.01		
		170	78.56	0.008	2.12		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 ค่าเฉลี่ยในมุมที่ 180 องศา

มุม (°)	ระยะห่าง ระหว่างพื้น กะเทาะ (cm)	ระยะห่างระหว่าง ปลายพื้น กะเทาะ กับตะแกรงล่าง (cm)	ความเร็วรอบ ของลูก กะเทาะ (RPM)	ประสิทธิภาพ ของการ กะเทาะ (%)	ปริมาณ การ แตกหัก (%)	เวลา (Time)
180	5	2	130	83.41	0.87	3.26
			150	85.11	0.85	3.28
			170	88.17	0.86	2.49
	5	3	130	93.00	0.67	2.1
			150	94.56	0.55	2.54
			170	95.58	0.67	3.22
	5	4	130	78.74	0.02	1.51
			150	80.8	0.01	2.21
			170	84.08	0.01	2.27
180	10	2	130	82.51	0.83	2.21
			150	83.55	0.82	2.35
			170	83.97	0.80	2.53
	10	3	130	85.33	0.86	2.2
			150	86.83	0.55	2.34
			170	88.33	0.27	2.51
	10	4	130	80.19	0.01	2.22
			150	81.06	0.01	2.3
			170	82.64	0.01	2.5
15	2	3	130	87.90	0.96	2.46
			150	85.68	0.92	3.56
			170	90.07	1.05	4.23
	15	3	130	84.9	0.76	3.29
			150	81.59	0.90	3.42
			170	84.87	0.89	3.52
	15	4	130	77.65	0.01	1.36
			150	77.79	0.01	2.15
			170	78.71	0.01	2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.10 Efficiency 90.5.2 ในโปรแกรม SPSS

Efficiency 90.5.2				
Duncan <sup>a</sup>				
Subset for alpha = 0.05				
rpm2	N	a	b	c
170 rpm	2	71.8750		
150 rpm	2		79.0400	
130 rpm	2			84.3850
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.11 Efficiency 90.5.3 ในโปรแกรม SPSS

Efficiency 90.5.3				
Duncan <sup>a</sup>				
Subset for alpha = 0.05				
rpm3	N	a	b	c
170 rpm	2	89.9300		
150 rpm	2		94.1500	
130 rpm	2			96.6300
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.12 Efficiency 90.5.4 ในโปรแกรม SPSS

Efficiency 90.5.4				
Duncan <sup>a</sup>				
Subset for alpha = 0.05				
rpm4	N	a	b	
170 rpm	2	79.8600		
150 rpm	2	81.5000		
130 rpm	2			84.4050
Sig.		164		1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.13 Efficiency 90.5.130 ในโปรแกรม

**Efficiency 90.5.130**

Duncan<sup>a</sup>

dist90.5.130	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
2 cm	2	84.3850	
4 cm	2	84.4050	
3 cm	2		96.6300
Sig.		.983	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.14 Efficiency 90.5.150 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 90.5.150**

Duncan<sup>a</sup>

dist90.5.150	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
2 cm	2	79.0400		
4 cm	2		81.5000	
3 cm	2			94.1050
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.15 Efficiency 90.5.170 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 90.5.170**

Duncan<sup>a</sup>

dist90.5.170	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
2 cm	2	71.8750		
4 cm	2		79.8600	
3 cm	2			89.9300
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ก.16** Efficiency 90.10.2 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 90.10.2**

Duncan<sup>a</sup>

		Subset for alpha = 0.05
rpm90.2	N	a
130 rpm	2	91.6150
170 rpm	2	93.7700
150 rpm	2	94.5700
Sig.		.081

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

**ตารางที่ ก.17** Efficiency 90.10.3 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 90.10.3**

Duncan<sup>a</sup>

		Subset for alpha = 0.05	
rpm90.3	N	a	b
170 rpm	2	96.0050	
150 rpm	2	98.2600	98.2600
130 rpm	2		98.8650
Sig.		.064	.498

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

**ตารางที่ ก.18** Efficiency 90.10.4 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 90.10.4**

Duncan<sup>a</sup>

		Subset for alpha = 0.05
rpm90.4	N	a
150 rpm	2	43.7450
170 rpm	2	44.1400
130 rpm	2	44.5100
Sig.		.991

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.19 Efficiency 90.10.130 ในโปรแกรม SPSS

**Eff90.10.130**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
4 cm	2	88.8450	
2 cm	2	91.6150	
3 cm	2		98.8650
Sig.		.050	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.20 Efficiency 90.10.150 ในโปรแกรม SPSS

**Eff90.10.150**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	87.2850		
2 cm	2		94.5700	
3 cm	2			98.2600
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.21 Efficiency 90.10.170 ในโปรแกรม SPSS

**Eff90.10.170**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
4 cm	2	87.7900	
2 cm	2		93.7700
3 cm	2		96.0050
Sig.		1.000	.094

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.22 Efficiency 90.15.2 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 90.15.2**

Duncan<sup>a</sup>

rpm90.2	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	b
130 rpm	2	78.2900	
170 rpm	2	81.8400	81.8400
150 rpm	2		86.8800
Sig.		.120	.055

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.23 Efficiency 90.15.3 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 90.15.3**

Duncan<sup>a</sup>

rpm90.3	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	b
170 rpm	2	92.7950	
130 rpm	2	94.2600	
150 rpm	2		96.0050
Sig.		.075	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.24 Efficiency 90.15.4 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 90.15.4**

Duncan<sup>a</sup>

rpm90.4	N	Subset for alpha = 0.05		
		a	b	c
130 rpm	2	83.1750		
170 rpm	2		85.4350	
150 rpm	2			87.2300
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.25 Efficiency 90.15.130 ในโปรแกรม SPSS

Efficiency90.15.130				
Duncan <sup>a</sup>				
ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
2 cm	2	78.2900		
4 cm	2		83.1750	
3 cm	2			94.2600
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000..

ตารางที่ ก.26 Efficiency 90.15.150 ในโปรแกรม SPSS

Efficiency90.15.150				
Duncan <sup>a</sup>				
ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	
2 cm	2	86.8800		
4 cm	2	87.2300		
3 cm	2			96.0050
Sig.		.739		1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.27 Efficiency 90.15.170 ในโปรแกรม SPSS

Efficiency90.15.170				
Duncan <sup>a</sup>				
ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	
2 cm	2	81.8400		
4 cm	2	85.4350		
3 cm	2			92.8100
Sig.		.062		1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.28 Efficiency 120.5.2 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 120.5.2**

Duncan<sup>a</sup>

		Subset for alpha = 0.05	
rpm.2	N	a	
130 rpm	2	89.1800	
150 rpm	2	89.3850	
170 rpm	2	90.2050	
Sig.		.142	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.29 Efficiency 120.5.3 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 120.5.3**

Duncan<sup>a</sup>

		Subset for alpha = 0.05	
rpm.3	N	a	b
130 rpm	2	92.5450	
150 rpm	2		96.7950
170 rpm	2		97.9600
Sig.		1.000	.345

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.30 Efficiency 120.5.4 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 120.5.4**

Duncan<sup>a</sup>

		Subset for alpha = 0.05	
rpm.4	N	a	
130 rpm	2	80.9100	
150 rpm	2	81.1800	
170 rpm	2	81.8000	
Sig.		.602	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.31 Efficiency 120.5.130 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency120.5.130**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	80.9100		
2 cm	2		89.1800	
3 cm	2			92.5450
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.32 Efficiency 120.5.150 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency120.5.150**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	81.1800		
2 cm	2		89.3850	
3 cm	2			96.7950
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.33 Efficiency 120.5.170 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency120.5.170**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	81.8000		
2 cm	2		90.2050	
3 cm	2			97.9600
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.34 Efficiency 120.10.2 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 120.10.2**

Duncan<sup>a</sup>

rpm.2	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	b
130 rpm	2	87.4400	
150 rpm	2	88.6900	88.6900
170 rpm	2		89.8800
Sig.		.074	.083

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.35 Efficiency 120.10.3 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 120.10.3**

Duncan<sup>a</sup>

Rpm.3	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	b
130 rpm	2	92.4800	
150 rpm	2	92.4950	
170 rpm	2		96.5700
Sig.		.987	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.36 Efficiency 120.10.4 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 120.10.4**

Duncan<sup>a</sup>

rpm4	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	b
130 rpm	2	82.9050	
170 rpm	2	83.0250	
150 rpm	2	83.1450	
Sig.		.872	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.37 Efficiency 120.10.130 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency120.10.130**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	82.9050		
2 cm	2		87.4400	
3 cm	2			92.4800
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.38 Efficiency 120.10.150 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency120.10.150**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	83.1450		
2 cm	2		88.6900	
3 cm	2			92.4950
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.39 Efficiency 120.10.170 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency120.10.170**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	83.0250		
2 cm	2		89.8800	
3 cm	2			96.5700
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.40 Efficiency 120.15.2 ในโปรแกรม SPSS

Efficiency 120.15.2

Duncan<sup>a</sup>

rpm.2	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	b
130 rpm	2	86.0450	
150 rpm	2	88.1550	88.1550
170 rpm	2		90.4400
Sig.		.147	.126

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.41 Efficiency 120.15.3 ในโปรแกรม SPSS

Efficiency 120.15.3

Duncan<sup>a</sup>

rpm.3	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	
130 rpm	2	91.0950	
150 rpm	2	94.6000	
170 rpm	2	95.6850	
Sig.		.059	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.42 Efficiency 120.15.4 ในโปรแกรม SPSS

Efficiency 120.15.4

Duncan<sup>a</sup>

rpm4	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	
130 rpm	2	79.0500	
150 rpm	2	79.4050	
170 rpm	2	79.6750	
Sig.		.472	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.43 Efficiency 120.15.130 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency120.15.130**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	79.0500		
2 cm	2		86.0450	
3 cm	2			91.0950
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.44 Efficiency 120.15.150 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency120.15.150**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	79.4050		
2 cm	2		88.1550	
3 cm	2			94.6000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.45 Efficiency 120.15.170 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency120.15.170**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	79.6750		
2 cm	2		90.4400	
3 cm	2			95.6850
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.46 Efficiency 180.5.2 ในโปรแกรม SPSS

Efficiency 180.5.2

Duncan<sup>a</sup>

rpm2	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	b
130 rpm	2	83.4100	
150 rpm	2	85.1100	
170 rpm	2		88.1650
Sig.		.131	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.47 Efficiency 180.5.3 ในโปรแกรม SPSS

Efficiency 180.5.3

Duncan<sup>a</sup>

rpm3	N	Subset for alpha = 0.05		
		a	b	c
130 rpm	2	93.0000		
150 rpm	2		94.5550	
170 rpm	2			95.3800
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.48 Efficiency 180.5.4 ในโปรแกรม SPSS

Efficiency 180.5.4

Duncan<sup>a</sup>

rpm4	N	Subset for alpha = 0.05		
		a	b	c
130 rpm	2	78.7350		
150 rpm	2		80.8000	
170 rpm	2			84.0750
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.49 Efficiency 180.5.130 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency180.5.130**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	78.7350		
2 cm	2		83.4100	
3 cm	2			93.0000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.50 Efficiency 180.5.150 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency180.5.150**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	80.8000		
2 cm	2		85.1100	
3 cm	2			94.5550
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.51 Efficiency 180.5.170 130 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency180.5.170**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	84.0750		
2 cm	2		88.1650	
3 cm	2			95.3800
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.52 Efficiency 180.10.2 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 180.10.2**

Duncan<sup>a</sup>

rpm2	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	b
130 rpm	2	82.5100	
150 rpm	2	83.5450	83.5450
170 rpm	2		83.9700
Sig.		.052	.289

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.53 Efficiency 180.10.3 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 180.10.3**

Duncan<sup>a</sup>

rpm3	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	b
130 rpm	2	85.3300	
150 rpm	2	86.8250	86.8250
170 rpm	2		88.3300
Sig.		.065	.064

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.54 Efficiency 180.10.4 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 180.10.4**

Duncan<sup>a</sup>

rpm4	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	
130 rpm	2	80.1900	
150 rpm	2	81.0550	
170 rpm	2	82.6400	
Sig.		.053	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.55 Efficiency 180.10.130 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency180.10.130**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	80.1900		
2 cm	2		82.5100	
3 cm	2			85.3300
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.56 Efficiency 180.10.150 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency180.10.150**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	81.0550		
2 cm	2		83.5450	
3 cm	2			86.8250
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.57 Efficiency 180.10.170 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency180.10.170**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	84.0750		
2 cm	2		88.1650	
3 cm	2			95.3800
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.58 Efficiency 180.15.2 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 180.15.2**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
rpm2	N	a
150 rpm	2	85.6750
130 rpm	2	87.8950
170 rpm	2	90.0700
Sig.		.319

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.59 Efficiency 180.15.3 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 180.15.3**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
rpm3	N	a
150 rpm	2	81.5850
170 rpm	2	84.8700
130 rpm	2	84.9000
Sig.		.604

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.60 Efficiency 180.15..4 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency 180.15..4**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05			
rpm4	N	a	b
130 rpm	2	77.6550	
150 rpm	2	77.7900	
170 rpm	2		78.7100
Sig.		.364	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.61 Efficiency 180.15.130 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency180.15.130**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	
4 cm	2	77.6550	
3 cm	2	84.9000	
2 cm	2	87.8950	
Sig.		.089	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.62 Efficiency 180.15.150 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency180.15.150**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	
4 cm	2	77.7900	
3 cm	2	81.5850	
2 cm	2	85.6750	
Sig.		.119	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.63 Efficiency 180.15.170 ในโปรแกรม SPSS

**Efficiency180.15.170**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	
4 cm	2	78.7100	
3 cm	2	84.8700	
2 cm	2	90.0700	
Sig.		.071	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.64 Percent 90.5.2 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 90.5.2**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
rpm90.2	N	a
170 rpm	2	1.0150
150 rpm	2	1.1150
130 rpm	2	1.2250
Sig.		.238

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.65 Percent 90.5.3 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 90.5.3**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
rpm90.3	N	a
170 rpm	2	.4500
150 rpm	2	.6450
130 rpm	2	.9050
Sig.		.053

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.66 Percent 90.5.4 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 90.5.4**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
rpm90.4	N	a
170 rpm	2	.0200
150 rpm	2	.0300
130 rpm	2	.0350
Sig.		.306

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.67 Percent 90.5.130 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 90.5.130**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
3 cm	2	.0350		
4 cm	2		.4500	
2 cm	2			1.0150
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.68 Percent 90.5.150 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 90.5.150**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
3 cm	2	.0200		
4 cm	2		.6450	
2 cm	2			1.1150
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.69 Percent 90.5.170 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 90.5.170**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
3 cm	2	.0300	
4 cm	2		.9050
2 cm	2		1.2250
Sig.		1.000	.094

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.70 Percent 90.10.2 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 90.10.2**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
rpm90.2	N	a
150 rpm	2	.5850
130 rpm	2	.6250
170 rpm	2	.6650
Sig.		.568

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.71 Percent 90.10.3 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 90.10.3**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
rpm90.3	N	a
150 rpm	2	.7150
130 rpm	2	.7550
170 rpm	2	.8050
Sig.		.064

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.72 Percent 90.10.4 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 90.10.4**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
rpm90.4	N	a
150 rpm	2	.2650
130 rpm	2	.2700
170 rpm	2	.3150
Sig.		.896

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.73 Percent 90.10.130 ในโปรแกรม SPSS

**Percent90.10.130**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
ความถี่	N	A
4 cm	2	.3150
2 cm	2	.6650
3 cm	2	.7150
Sig.		.198

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.74 Percent 90.10.150 ในโปรแกรม SPSS

**Percent90.10.150**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
ความถี่	N	A
4 cm	2	.2700
2 cm	2	.6250
3 cm	2	.7550
Sig.		.093

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.75 Percent 90.10.170 ในโปรแกรม SPSS

**Percent90.10.150**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
ความถี่	N	A
4 cm	2	.2700
2 cm	2	.6250
3 cm	2	.7550
Sig.		.093

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.76 Percent 90.15.2 ในโปรแกรม SPSS

Percent 90.15.2		
Duncan <sup>a</sup>		
Subset for alpha = 0.05		
rpm90.2	N	a
170 rpm	2	.8150
150 rpm	2	.8750
130 rpm	2	1.0150
Sig.		.213

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.77 Percent 90.15.3 ในโปรแกรม SPSS

Percent 90.15.3		
Duncan <sup>a</sup>		
Subset for alpha = 0.05		
rpm90.3	N	a
150 rpm	2	.6650
130 rpm	2	.6850
170 rpm	2	.7200
Sig.		.494

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.78 Percent 90.15.4 3 ในโปรแกรม SPSS

Percent 90.15.4		
Duncan <sup>a</sup>		
Subset for alpha = 0.05		
rpm90.4	N	a
150 rpm	2	.0150
130 rpm	2	.0250
170 rpm	2	.0400
Sig.		.088

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.79 Percent 90.15.130 ในโปรแกรม SPSS

**Percent90.15.130**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	.0400		
3 cm	2		.6850	
2 cm	2			1.0150
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.80 Percent 90.15.150 ในโปรแกรม SPSS

**Percent90.15.150**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
4 cm	2	.0150	
3 cm	2		.6650
2 cm	2		.8750
Sig.		1.000	.119

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.81 Percent 90.15.170 130 ในโปรแกรม SPSS

**Percent90.15.170**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
4 cm	2	.0250	
3 cm	2		.7200
2 cm	2		.8150
Sig.		1.000	.342

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.82 Percent 120.5.2 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 120.5.2**

Duncan<sup>a</sup>

rpm.2	N	Subset for alpha = 0.05	
		a	b
170 rpm	2	1.1800	
150 rpm	2	1.1900	
130 rpm	2		1.2700
Sig.		.651	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.83 Percent 120.5.3 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 120.5.3**

Duncan<sup>a</sup>

rpm90.3	N	Subset for alpha = 0.05		
		a	b	c
170 rpm	2	.2950		
150 rpm	2		.6750	
130 rpm	2			1.0500
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.84 Percent 120.5.4 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 120.5.4**

Duncan<sup>a</sup>

rpm90.4	N	Subset for alpha = 0.05
		a
170 rpm	2	.0250
150 rpm	2	.0350
130 rpm	2	.0400
Sig.		.520

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.85 Percent 120.5.130 ในโปรแกรม SPSS

**Percent120.5.130**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	.0400		
3 cm	2		1.0500	
2 cm	2			1.2700
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.86 Percent 120.5.150 ในโปรแกรม SPSS

**Percent120.5.150**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	.0350		
3 cm	2		.6750	
2 cm	2			1.1900
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.87 Percent 120.5.170 ในโปรแกรม SPSS

**Percent120.5.170**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	.0250		
3 cm	2		.2950	
2 cm	2			1.1800
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.88 Percent 120.10.2 ในโปรแกรม SPSS

Percent 120.10.2		
Duncan <sup>a</sup>		
Subset for alpha = 0.05		
rpm2	N	a
170 rpm	2	1.0250
150 rpm	2	1.0600
130 rpm	2	1.0800
Sig.		.342

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.89 Percent 120.10.3 ในโปรแกรม SPSS

Percent 120.10.3			
Duncan <sup>a</sup>			
Subset for alpha = 0.05			
rpm3	N	a	b
170 rpm	2	.2950	
150 rpm	2	.4650	
130 rpm	2		.9250
Sig.		.274	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.90 Percent 120.10.4 ในโปรแกรม SPSS

Percent 120.10.4		
Duncan <sup>a</sup>		
Subset for alpha = 0.05		
rpm4	N	a
170 rpm	2	.0350
150 rpm	2	.0400
130 rpm	2	.0550
Sig.		.218

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.91 Percent 120.10.130 ในโปรแกรม SPSS

**Percent120.10.130**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
4 cm	2	.0550	
3 cm	2		.9250
2 cm	2		1.0800
Sig.		1.000	.230

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000

ตารางที่ ก.92 Percent 120.10.150 ในโปรแกรม SPSS

**Percent120.10.150**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	.0400		
3 cm	2		.4650	
2 cm	2			1.0600
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.93 Percent 120.10.170 ในโปรแกรม SPSS

**Percent120.10.170**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	.0350		
3 cm	2		.2950	
2 cm	2			1.0250
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.94 Percent 120.15.2 ในโปรแกรม SPSS

Percent 120.15.2		
Duncan <sup>a</sup>		
Subset for alpha = 0.05		
rpm.2	N	a
170 rpm	2	.9900
150 rpm	2	1.0150
130 rpm	2	1.0350
Sig.		.596

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.95 Percent 120.15.3 ในโปรแกรม SPSS

Percent 120.15.3		
Duncan <sup>a</sup>		
Subset for alpha = 0.05		
rpm.3	N	a
170 rpm	2	.5050
150 rpm	2	.6400
130 rpm	2	.7500
Sig.		.199

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.96 Percent 120.15.4 ในโปรแกรม SPSS

Percent 120.15.4		
Duncan <sup>a</sup>		
Subset for alpha = 0.05		
rpm4	N	a
150 rpm	2	.0200
170 rpm	2	.0200
130 rpm	2	.0500
Sig.		.346

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.97 Percent 120.15.130 ในโปรแกรม SPSS

Percent120.15.130

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
4 cm	2	.0500	
3 cm	2		.7500
2 cm	2		1.0350
Sig.		1.000	.082

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.98 Percent 120.15.150 ในโปรแกรม SPSS

Percent120.15.150

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	.0200		
3 cm	2		.6400	
2 cm	2			1.0150
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.99 Percent 120.15..170 ในโปรแกรม SPSS

Percent 120.15.170

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่4	N	Subset for alpha = 0.05
		A
4 cm	2	.3100
3 cm	2	.4900
2 cm	2	.7150
Sig.		.488

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.100 Percent 180.5.2 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 180.5.2**

Duncan<sup>a</sup>

		Subset for alpha = 0.05	
rpm2	N	a	
150 rpm	2	.8500	
170 rpm	2	.8550	
130 rpm	2	.8650	
Sig.		.649	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.101 Percent 180.5.3 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 180.5.3**

Duncan<sup>a</sup>

		Subset for alpha = 0.05	
rpm3	N	a	b
170 rpm	2	.5150	
150 rpm	2	.5300	
130 rpm	2		.7800
Sig.		.439	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.102 Percent 180.5.4 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 180.5.4**

Duncan<sup>a</sup>

		Subset for alpha = 0.05	
rpm4	N	a	
170 rpm	2	.0125	
150 rpm	2	.0135	
130 rpm	2	.0155	
Sig.		.342	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.103 Percent 180.5.130 ในโปรแกรม SPSS

**Percent180.5.130**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
4 cm	2	.0155	
3 cm	2		.6550
2 cm	2		.8650
Sig.		1.000	.112

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.104 Percent 180.5.150 ในโปรแกรม SPSS

**Percent180.5.150**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05		
		A	B	C
4 cm	2	.0135		
3 cm	2		.5450	
2 cm	2			.8500
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.105 Percent 180.5.170 ในโปรแกรม SPSS

**Percent180.5.170**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
4 cm	2	.0125	
3 cm	2		.6550
2 cm	2		.8550
Sig.		1.000	.221

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.106 Percent 180.10.2 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 180.10.2**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
rpm2	N	a
170 rpm	2	.7900
150 rpm	2	.8150
130 rpm	2	.8300
Sig.		.166

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.107 Percent 180.10.3 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 180.10.3**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05			
rpm3	N	a	b
170 rpm	2	.2650	
150 rpm	2	.5450	.5450
130 rpm	2		.8550
Sig.		.169	.139

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.108 Percent 180.10.4 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 180.10.4**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
rpm4	N	a
130 rpm	2	.0115
150 rpm	2	.0155
170 rpm	2	.0155
Sig.		.505

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.109 Percent 180.10.130 ในโปรแกรม SPSS

**Percent180.10.130**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
4 cm	2	.0115	
2 cm	2		.8300
3 cm	2		.8550
Sig.		1.000	.749

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.110 Percent 180.10.150 ในโปรแกรม SPSS

**Percent180.10.150**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
4 cm	2	.0155	
3 cm	2		.5450
2 cm	2		.8150
Sig.		1.000	.065

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.111 Percent 180.10.170 ในโปรแกรม SPSS

**Percent180.10.170**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
4 cm	2	.0155	
3 cm	2	.2650	
2 cm	2		.7900
Sig.		.093	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.112 Percent 180.15.2 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 180.15.2**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
rpm2	N	a
150 rpm	2	.9200
130 rpm	2	.9600
170 rpm	2	1.0500
Sig.		.210

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.113 Percent 180.15.3 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 180.15.3**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
rpm3	N	a
130 rpm	2	.7600
170 rpm	2	.8850
150 rpm	2	.8950
Sig.		.659

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.114 Percent 180.15.4 3 ในโปรแกรม SPSS

**Percent 180.15.4**

Duncan<sup>a</sup>

Subset for alpha = 0.05		
rpm4	N	a
170 rpm	2	.0050
150 rpm	2	.0055
130 rpm	2	.0060
Sig.		.837

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.115 Percent 180.15.130 ในโปรแกรม SPSS

**Percent180.15.130**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
4 cm	2	.0060	
3 cm	2		.7600
2 cm	2		.9600
Sig.		1.000	.310

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.116 Percent 180.15.150 130 ในโปรแกรม SPSS

**Percent180.15.150**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
4 cm	2	.0055	
3 cm	2		.8950
2 cm	2		.9200
Sig.		1.000	.606

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ ก.117 Percent 180.15.170 ในโปรแกรม SPSS

**Percent180.15.170**

Duncan<sup>a</sup>

ความถี่	N	Subset for alpha = 0.05	
		A	B
4 cm	2	.0050	
3 cm	2		.8850
2 cm	2		1.0500
Sig.		1.000	.535

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ภาคผนวก ข

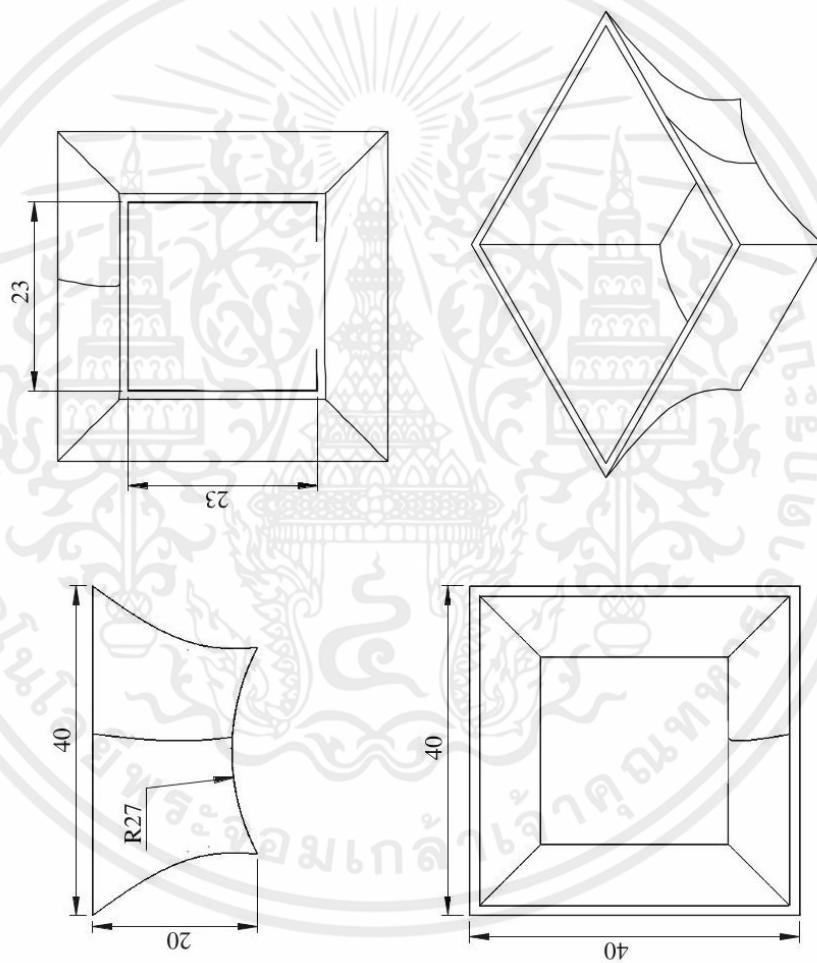
การเขียนทางวิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**KMITL PCC**

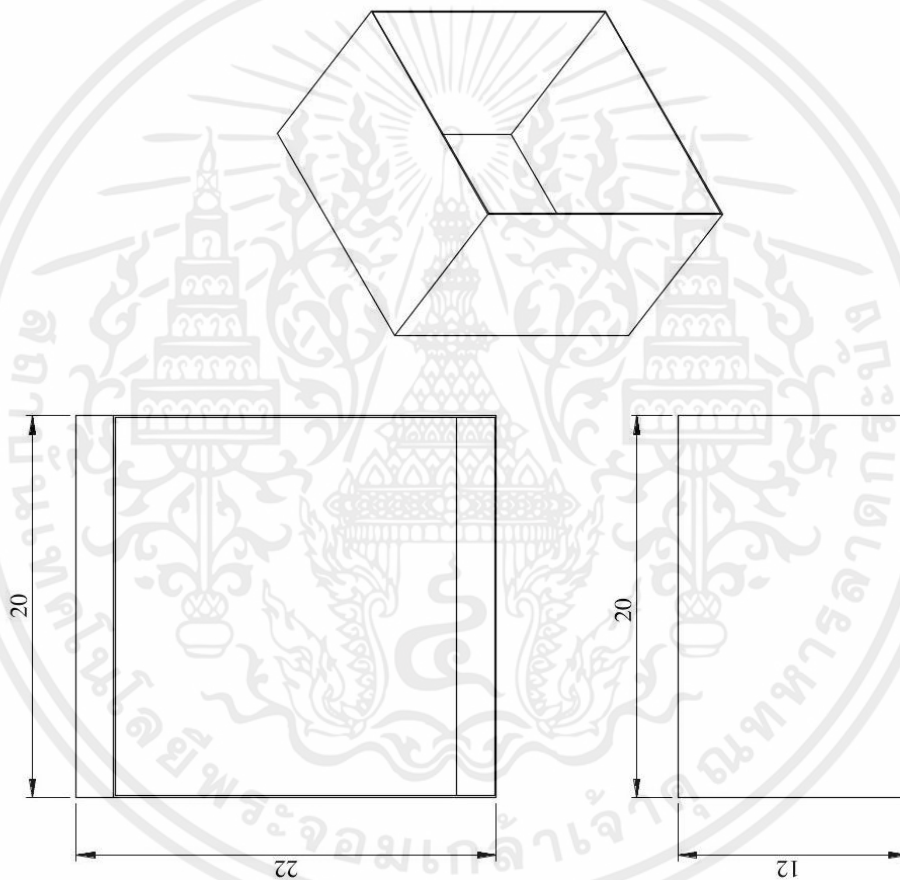
TITLE:	
ช่องใส่ผักข้าวโพด	
ENGINEER NAME:	
(Mr. Panupong Chitkham (...../...../.....))	
DRAWING NAME:	
(Mr. Panupong Chitkham (...../...../.....))	
WEIGHT (g):	
VOLUME (mm <sup>3</sup> ):	
SURFACE AREA (mm <sup>2</sup> ):	
MATERIAL:	ANGLE Pro: 
UNIT: cm	SCALE: 1:10
QTY: 1	TOLERANCE: ±0.2
PAPER SIZE: A4	DRAW No: SW-01



รูปที่ ข.1 ช่องใส่ผักข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		<b>KMITL PCC</b>	
TITLE:		ช่องทางออกฝักข้าวโพด	
ENGINEER NAME:		(Mr. Panupong Chitkham (...../...../.....))	
DRAWING NAME:		(Mr. Panupong Chitkham (...../...../.....))	
WEIGHT (g):			
VOLUME (mm <sup>3</sup> ):			
SURFACE AREA (mm <sup>2</sup> ):			
MATERIAL:	ANGLE Pro.:		
UNIT: cm	SCALE: 1:5		
QTY: 1	TOLERANCE: ±0.2		
PAPER SIZE: A4	DRAW No: SW-01		



รูปที่ ข.2 ช่องทางออกฝักข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**KMITL PCC**

TITLE:

ถังกะเทาะด้านบน

ENGINEER NAME:

(Mr. Panupong Chitkham)  
(...../...../.....)

DRAWING NAME:

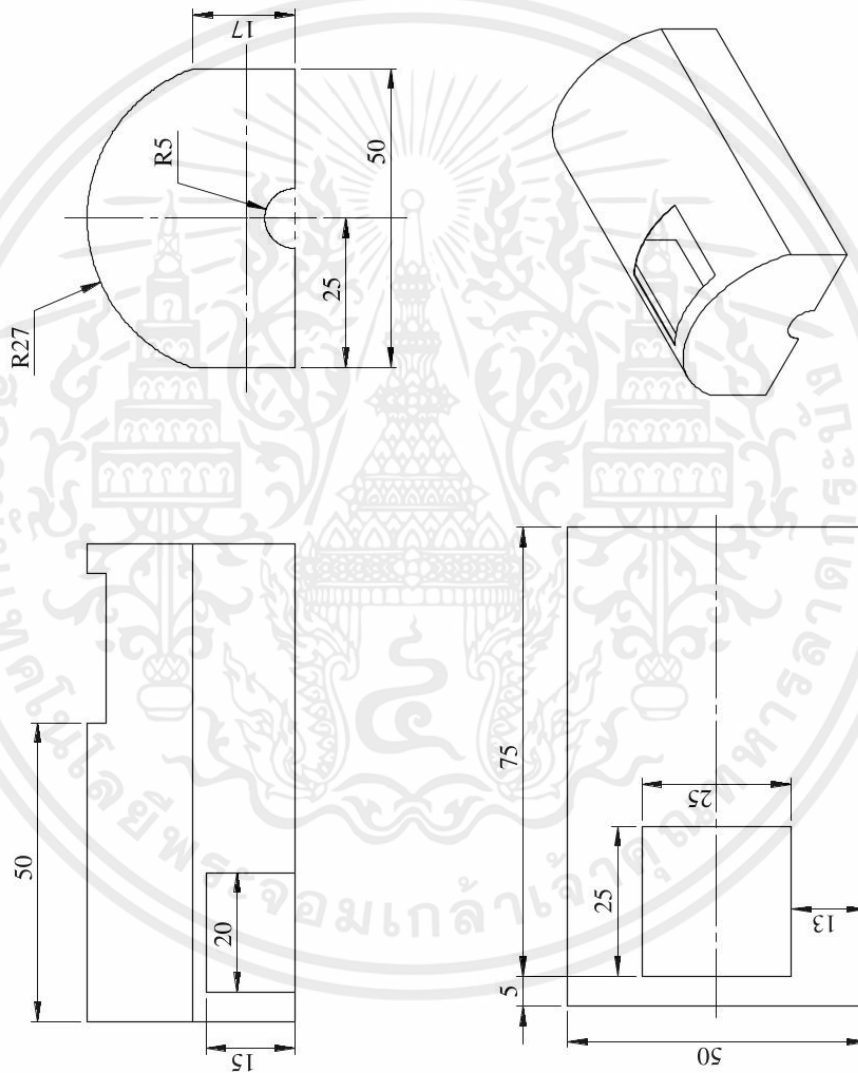
(Mr. Panupong Chitkham)  
(...../...../.....)

WEIGHT (g):

VOLUME (mm<sup>3</sup>):

SURFACE AREA (mm<sup>2</sup>):

MATERIAL:	ANGLE Pro:
UNIT:	SCALE: 1:10
QTY:	TOLERANCE: ±0.2
PAPER SIZE:	DRAW No: SW-01
A4	




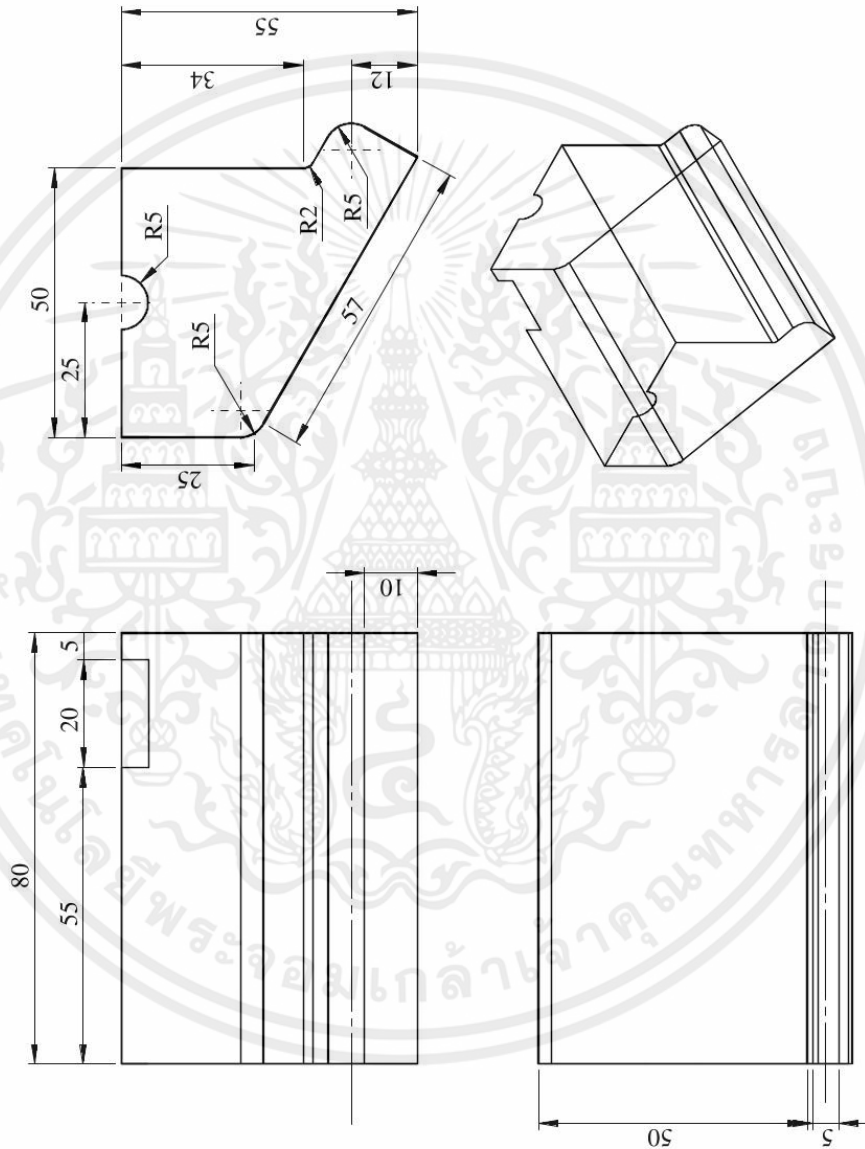
รูปที่ ข.3 ถังกะเทาะด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**KMITL PCC**

TITLE:	ถังกะเทาะด้านล่าง
ENGINEER NAME:	(Mr. Panupong Chitkham) (...../...../.....)
DRAWING NAME:	(Mr. Panupong Chitkham) (...../...../.....)
WEIGHT (g):	
VOLUME (mm <sup>3</sup> ):	
SURFACE AREA (mm <sup>2</sup> ):	
MATERIAL:	ANGLE Pro: 
UNIT:	cm SCALE: 1:10
QTY:	1 TOLERANCE: ±0.2
PAPER SIZE:	A4 DRAW No: SW-01




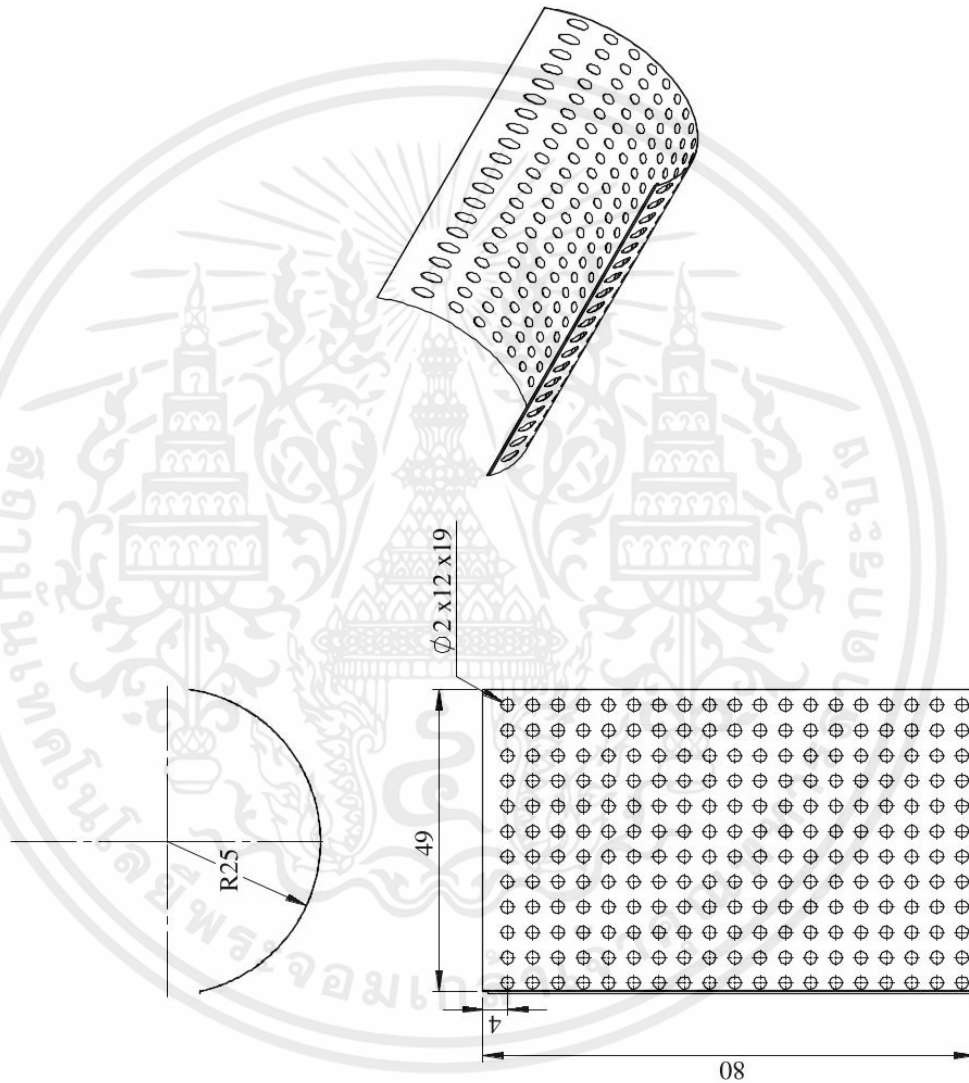
รูปที่ ข.4 ถังกะเทาะด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**KMITL PCC**

TITLE:	ตะแกรงรองเมล็ด
ENGINEER NAME:	(Mr. Panupong Chitkham) (...../...../.....)
DRAWING NAME:	(Mr. Panupong Chitkham) (...../...../.....)
WEIGHT (g):	
VOLUME (mm <sup>3</sup> ):	
SURFACE AREA (mm <sup>2</sup> ):	
MATERIAL:	ANGLE Pro: 
UNIT:	cm
SCALE:	1:10
QTY:	1
TOLERANCE:	±0.2
PAPER SIZE:	A4
DRAW No:	SW-01



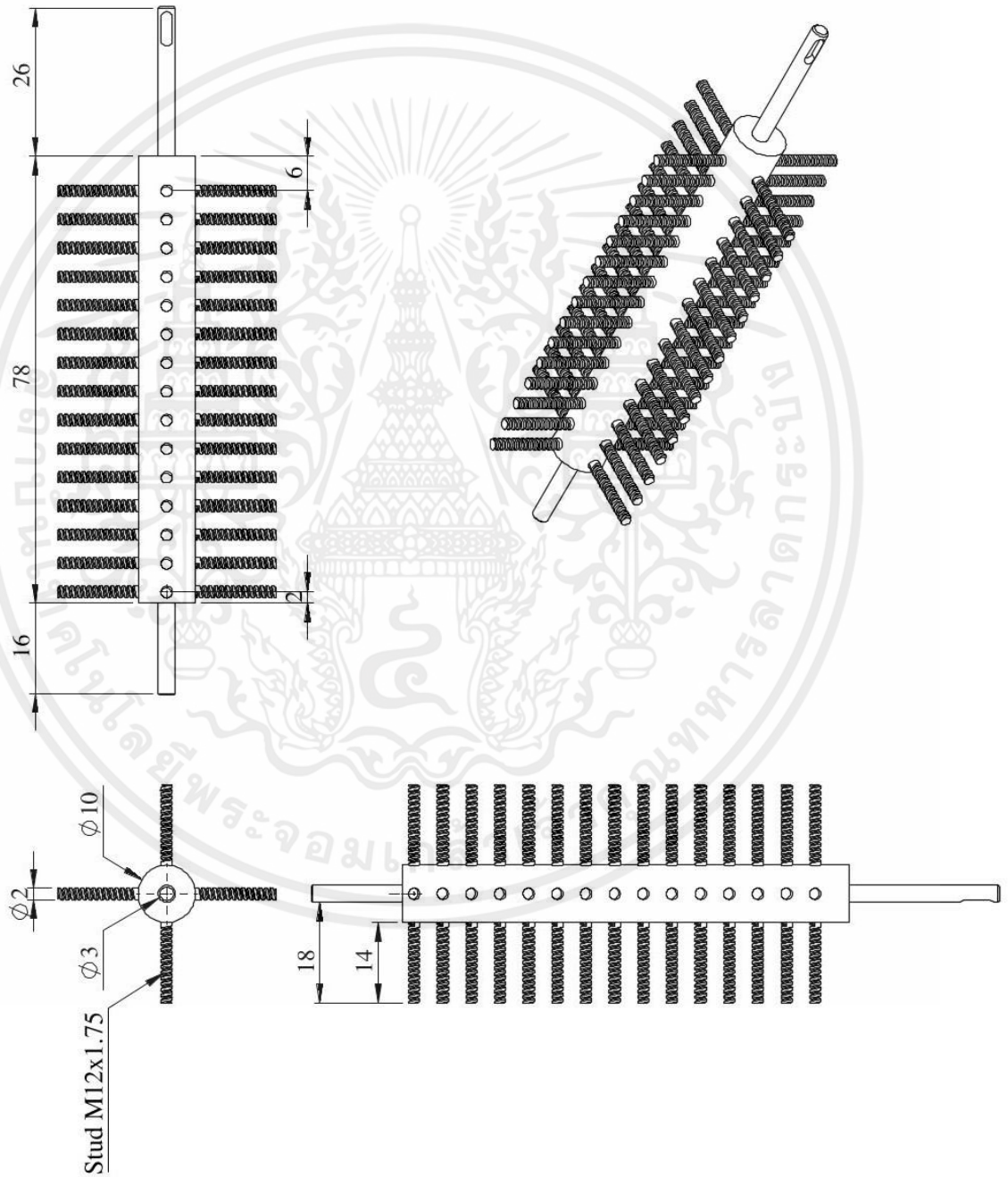
รูปที่ ข.5 ตะแกรงรองเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**KMITL PCC**

TITLE:	ใบกะเทาะ		
ENGINEER NAME:	(Mr. Panupong Chitkham) (...../...../.....)		
DRAWING NAME:	(Mr. Panupong Chitkham) (...../...../.....)		
WEIGHT (g):			
VOLUME (mm <sup>3</sup> ):			
SURFACE AREA (mm <sup>2</sup> ):			
MATERIAL:	ANGLE Pro.:		
UNIT:	SCALE:	1:10	
QTY:	TOLERANCE:	±0.2	
PAPER SIZE:	A4		
			DRAW No: SW-01



รูปที่ ข.6 .ใบกะเทาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ-นามสกุล นายภาณุพงษ์ จิตรคำ  
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2539  
 ภูมิลำเนา จังหวัดราชบุรี  
 ที่อยู่ 8 หมู่ 8 ตำบลคอนทราย อำเภอบัวชุม จังหวัดราชบุรี 70120

## ประวัติผู้จัดทำ

## ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปีการศึกษา 2558 จากวิทยาลัยเทคนิคราชบุรี จังหวัดราชบุรี
- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีการศึกษา 2560 วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี จังหวัดราชบุรี
- การศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศบ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

## ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกงาน ในส่วน Maintenance จากบริษัท อีซูซุ ประจิมอเตอร์ บ้านโป่ง จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ-นามสกุล นายวรวิทย์ ขอบใจ  
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2540  
 ภูมิลำเนา จังหวัดตรัง  
 ที่อยู่ 98/3 หมู่ 1 ตำบลย่านตาขาว อำเภอย่านตาขาว จังหวัดตรัง 92140

## ประวัติผู้จัดทำ

## ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา ปีการศึกษา 2558 จากโรงเรียนตรังคริสเตียนศึกษา จังหวัดตรัง
- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีการศึกษา 2560 วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่ จังหวัด สงขลา
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศบ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

## ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกงาน ในส่วน Maintenance จากบริษัทฟอร์ด พีวีเค หาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ-นามสกุล นายพงศศิริ วีระยุทธ  
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ.2539  
 ภูมิลำเนา จังหวัดชุมพร  
 ที่อยู่ 78 ม.8 ต.ท่าแซะ อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร  
 86140

## ประวัติผู้จัดทำ

## ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ  
ปีการศึกษา 2558 จากวิทยาลัยเทคนิคชุมพร จังหวัด  
ชุมพร
- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปี  
การศึกษา 2560 วิทยาลัยเทคนิคชุมพร จังหวัด ชุมพร
- การศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศบ.  
(วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบัน  
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยา  
เขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

## ผลงานและกิจกรรม

ผ่านการฝึกงาน ในส่วน Maintenance จากบริษัทโต  
โยต้าชุมพร ณ ผู้จำหน่ายโดยโตโยต้า จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้