



## รายงานโครงการวิจัย

### วิจัยและพัฒนาเครื่องกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ Research and Development of Maize Sheller

#### ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายมงคล ตุ่นเข้า  
Mr.Mongkol Tunhaw

ปี พ.ศ. 2561



## รายงานโครงการวิจัย

### วิจัยและพัฒนาเครื่องกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ Research and Development of Maize Sheller

#### ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายมงคล ตุ่นเข้า  
Mr.Mongkol Tunhaw

ปี พ.ศ. 2561

## คำปรารภ

โครงการพัฒนาเครื่องกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องกะเทาะให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับสถานการณ์การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบัน ทั้งนี้ได้รับการเห็นชอบจากกรมวิชาการเกษตร และงบประมาณการดำเนินการ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ในปี 2559-2561

นายมงคล ตุ่นเฮ้า  
หัวหน้าโครงการ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	5
ผู้วิจัย	6
บทคัดย่อ	7
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	8
บทนำ	9
การทบทวนวรรณกรรม	10
ระเบียบวิธีการวิจัย	18
ผลการวิจัยและอภิปรายผล	20
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	28
การหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน	28
เอกสารอ้างอิง	32

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้อนุมัติจัดสรรงบประมาณเพื่อดำเนินโครงการ กรมวิชาการเกษตรที่ให้ข้อเสนอแนะและติดตามผลการดำเนินการเพื่อให้โครงการดำเนินการเป็นไปตามแผนงาน ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่นที่เป็นหน่วยงานหลักในการดำเนินการวิจัย และสนับสนุนเครื่องมือและบุคลากร และ ศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์ที่เอื้อเพื่อสถานที่ อุปกรณ์ สำหรับการทดสอบเก็บข้อมูลในการดำเนินการวิจัย ในโครงการนี้

## ผู้วิจัย

นายมงคล ตุ่นเฮ้า  
Mongkol Tunhaw

รังสิทธ์ ศิริมาลา  
Rungsit Sirimala

ตฤณสิษฐ์ ไกรสินบุรศักดิ์  
Tinnasit Kaisinburasak

อนุชา เชาว์โชติ  
Anucha chowachoot

## บทคัดย่อ

เครื่องต้นแบบกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ขนาดเล็กนี้เป็นแบบ 2 ลูกกะเทาะ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 เซนติเมตร มีขนาดมิติเครื่องคือ 120 X 100 X 80 เซนติเมตร มีอัตราการทำงานสูงสุด 960 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า 220 โวลต์ เป็นต้นกำลัง เมื่อทดสอบการทำงานกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์ซีพี 201 ที่ความชื้นเมล็ด 12.62 เปอร์เซ็นต์ ฐานเปียกที่ความเร็วเชิงเส้นลูกกะเทาะ 10 เมตรต่อวินาทีพบว่ามีประสิทธิภาพการกะเทาะสูงสุดคือ 94.94% และปริมาณเมล็ดแตกหัก 1.96 % ซึ่งเป็นความเร็วเชิงเส้นที่แนะนำสำหรับเครื่องต้นแบบนี้ ส่วนเครื่องขนาดข้าวได้ที่ปรับปรุงเพื่อกะเทาะข้าวโพดที่มีเปลือกหุ้มและให้แยกเปลือกและซังออกจากกันในระบบกะเทาะด้วยการปรับระยะห่างซี่ตะแกรงล่างช่วงสุดท้ายให้มากขึ้น ผลการทดลองพบว่าการปรับซี่ตะแกรงให้มากขึ้นเป็นสองเท่าของระยะเดิมทำให้ซังแยกตัวออกจากเปลือก เมื่อเปรียบเทียบโดยค่าเฉลี่ย และการปรับระยะห่างใบปิดของซับเศษ ให้มีระยะเพิ่มขึ้นอีก 10 เซนติเมตรไม่มีผลต่อการแยกเปลือกออกจากซัง

คำสำคัญ : เครื่องกะเทาะข้าวโพด , ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

## Abstract

Maize sheller prototype This small size is a 2 rotor with a diameter of about 10 cm with a dimension of 120 X 100 X 80 cm with a maximum working rate of 960 kg per hour. When tested for CP 201 variety at 12.62 percent moisture content, wet rotor speed at 10 m / s, the cracking efficiency was highest. 94.94% and 1.96% grain broken , which is the recommended linear speed for this prototype. The threshing machine has been improved to crack corn with shells and the shells and cobs are separated from each other in the cracking system by adjusting the distance of the lower end grate. The results showed that the sieve adjustment was twice as long as that of the cob separated from the shell. Compared by average. And the distance of the blade of the drive. To increase the distance of 10 cm does not affect the separation of the shell.

Keyword : Corn sheller, maize

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นี้ ดำเนินการเพื่อความสอดคล้องกับสถานการณ์การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบัน ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนไปคือ มีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มมากขึ้น ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ อีกทั้งมีนโยบายสนับสนุนจากรัฐบาลที่ส่งเสริมการปลูกข้าวโพดหลังนา ทดแทนนาข้าวในเขตชลประทาน เนื่องจากราคาข้าวตกต่ำ แต่ทั้งนี้พื้นที่ปลูกในบางพื้นที่ เครื่องเก็บเกี่ยวขนาดใหญ่ที่มีความสะดวกในการดำเนินการ ไม่สามารถเข้าทำงานได้เนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น พื้นที่ปลูกมีน้อยและเป็นพื้นที่แคบ สภาพแปลงปลูกที่เป็นที่สูงการคมนาคมไม่สะดวก ฯลฯ เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กลุ่มนี้ ซึ่งต้องเก็บผลผลิตเพื่อจำหน่ายด้วยวิธีใช้แรงงาน จึงได้รับผลกระทบคือ การหักหรือเก็บข้าวโพดจำเป็นต้องใช้เครื่องกะเทาะหลังจากเก็บมาแล้วหรือ สามารถนำมากะเทาะที่ลานรับซื้อได้ หากกระทางไม่ไกล ในพื้นที่กลุ่มใหม่จำเป็นต้องขนฝักข้าวโพดเป็นระยะที่ไกล เนื่องจากขาดแคลนเครื่อง ทำให้เพิ่มต้นทุนการผลิตขึ้น เกษตรกรบางกลุ่มใช้เครื่องนวดข้าวกะเทาะข้าวโพดเพื่อเป็นการแก้ปัญหา ซึ่งบางรายมีความต้องการที่จะใช้ประโยชน์จากเปลือกและซังข้าวโพด ดังนั้นโครงการวิจัยนี้ได้ดำเนินเป็นแนวทางเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้นจึงได้แบ่งกิจกรรมการดำเนินการเป็น 2 ส่วนคือ พัฒนาเครื่องกะเทาะข้าวโพดขนาดเล็กเพื่อกลุ่มเกษตรกรกลุ่มนี้และ พัฒนาเครื่องนวดข้าวที่เกษตรกรปรับปรุงกะเทาะข้าวโพดแต่จำเป็นต้องแยกเปลือกออกจากซังเพื่อนำไปจำหน่ายต่อหรือใช้ประโยชน์อย่างอื่น เป้าหมายหลักของโครงการคือนำไปใช้งานในกลุ่มเกษตรกรที่ขาดแคลนเครื่องกะเทาะ ซึ่งทั้งสองกิจกรรมการวิจัย เกษตรกรสามารถเลือกและใช้ให้เกิดประโยชน์ให้สอดคล้องกับวิธีการเก็บผลผลิตของตนต่อไป



## บทนำ

### ที่มาและความสำคัญ

ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีผลผลิตปีละประมาณ 5 ล้านตัน ในขณะที่สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทยประมาณความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปี 2557 ที่ผลิตได้ 5.06 ล้านตัน เพิ่มขึ้นประมาณ 7.4 ล้านตันในปี 2569 (จำนง ชัยถาวรและคณะ, 2558) ในขณะที่สถานการณ์ความรุนแรงการขาดแคลนแรงงานภาคเกษตรกรรมมากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ในขณะที่ ราคาของผลผลิตยังคงไม่มีความแน่นอน กระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งยังคงต้องอาศัยแรงงานจึงได้รับผลกระทบ การใช้เครื่องจักรกลการเกษตรมาช่วยในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถทำได้ครบทุกขั้นตอนแล้ว แต่ในพื้นที่การผลิตบางพื้นที่เครื่องจักรกลการเกษตรไม่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้หรือไม่สามารถที่จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากข้อมูลการพยากรณ์พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของสำนักงานสถิติการเกษตรแห่งชาติ พบว่าในปี 54-55 พื้นที่ปลูกในเขตภาคเหนือลดลง ประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พื้นที่ปลูกในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพิ่มขึ้น 4-6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้แก่พื้นที่จังหวัดเลย ชัยภูมิ หนองบัวลำภู หนองคาย อุดรธานี ศรีสะเกษและอุบลราชธานี ซึ่งพื้นที่ในบางจังหวัดเหล่านี้ เริ่มมีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นรายได้เสริมกับเกษตรกร โดยอาศัยแหล่งน้ำตามธรรมชาติและน้ำบาดาล ในการเพาะปลูก แต่ยังคงขาดความรู้ด้านวิชาการในการปลูกและดูแลรักษา และเทคโนโลยีด้านเครื่องจักรกลการเกษตร และการได้รับการสนับสนุนด้านข้อมูลวิชาการจากภาครัฐและเอกชนเป็นบางพื้นที่ ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แหล่งใหม่ เช่นจังหวัดหนองบัวลำภู อุบลราชธานีและศรีสะเกษ เกษตรกรในแถบจังหวัดเหล่านี้พบปัญหาคือ ยังขาดแคลนเทคโนโลยี ที่เหมาะสมกับการผลิตและการเก็บเกี่ยว ซึ่งมีความแตกต่างกับพื้นที่แถบจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง เนื่องจากเป็นข้าวโพดหลังนา มีพื้นที่ปลูกตามสภาพแปลงนาที่มีขนาดเล็ก แหล่งรับซื้อผลิตอยู่ไกลและมีจำนวนน้อย เกษตรกรต้องขนย้ายผลิตที่เก็บเกี่ยว เป็นระยะทางไกลเพื่อจำหน่ายเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต ขณะที่สัดส่วนเมล็ดกับซังของฝักเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็น 70:30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักเท่านั้น (คณิงศักดิ์และคณะ, 2551) แต่เกษตรกรแถบพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมขนฝักข้าวโพดที่ปอกเปลือกแล้วไปขาย เนื่องจากเกษตรกรขาดเครื่องกะเทาะเมล็ดหรือมีเพียงจำนวนน้อยเท่านั้นที่ออกรับจ้างกะเทาะและรับซื้อเมล็ดไปด้วยในราคาต่ำกว่าท้องตลาด เกษตรกรบางส่วน ขนผลผลิตไปขายและกะเทาะที่ลานรับซื้อ และต้องเสียเวลาในการรอคิว มีผู้รับจ้างบางส่วนดัดแปลงเครื่องนวดข้าวและนำไปกะเทาะข้าวโพดที่มีเปลือก พบว่าใช้งานได้ดีและเป็นที่ยอมรับในกลุ่มเกษตรกรที่เก็บผลผลิตแบบไม่ปอกเปลือก แต่ทั้งนี้เกษตรกรกลุ่มดังกล่าว ต้องการใช้ประโยชน์จากเปลือกข้าวโพดเพื่อการปศุสัตว์และอื่นๆ ส่วนซังข้าวโพดนั้นสามารถจำหน่ายได้ แต่เกิดปัญหาคือการใช้เครื่องแบบดังกล่าวนี้ทำให้เปลือกและซังปะปนกัน ยากต่อการคัดแยก

การดำเนินการโครงการวิจัยนี้ ได้ดำเนินการเป็น 2 กิจกรรมการวิจัยประกอบด้วยการพัฒนาเครื่องกะเทาะข้าวโพดขนาดเล็ก เพื่อมีเป้าหมายนำไปใช้งานในกลุ่มเกษตรกรที่ขาดแคลนเครื่องกะเทาะ และการพัฒนาเครื่องนวดข้าวที่นำมากะเทาะข้าวโพดเพื่อให้สามารถแยกเปลือกและซังออกจากกันในระบบกะเทาะ เพื่อลดขั้นตอนการคัดแยกเปลือกและซัง ซึ่งทั้งสองกิจกรรมการวิจัยเกษตรกรสามารถเลือกและใช้ ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

### วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัย

1. เพื่อวิจัยพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แบบปอกเปลือกให้มีขนาดเล็กและเหมาะสมกับการใช้งานระดับเกษตรกร
2. เพื่อวิจัยพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดทั้งเปลือก ให้แยกซังและเปลือกออกจากกันได้ ในขั้นตอนการกะเทาะโดยการปรับปรุงจากเครื่องนวดข้าว

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

ขอบเขตของการดำเนินการคือ ออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องกะเทาะ ทดสอบเก็บข้อมูล และแก้ไขต้นแบบให้มีความเหมาะสมคือ ให้เคลื่อนย้ายสะดวก อัตราการสูญเสียต่ำและใช้ประโยชน์จากเปลือกและซังได้สะดวก โดยถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร เน้นพื้นที่แหล่งปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กลุ่มย่อย และขาดแคลนเครื่องสำหรับการกะเทาะ

### การทบทวนวรรณกรรม

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หรือข้าวโพดไร่ (Field Corn) ที่รู้จักในปัจจุบันเช่นข้าวโพดหัวนุ่ม(Dent Corn)และข้าวโพดหัวแข็ง (Flint Corn) ซึ่งเป็นการเรียกตามลักษณะเมล็ดข้าวโพดหัวนุ่มหรือหัวบุบ ข้าวโพดชนิดนี้เมื่อเมล็ดแห้งแล้วตรงส่วนหัวบนสุดจะมีรอยบุบลงไป ซึ่งเป็นส่วนของแป้งสีขาว ข้าวโพดชนิดนี้สำคัญมากและนิยมปลูกกันมากใน ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเฉพาะทางแถบคอร์นเบลท์ สีของเมล็ดมีตั้งแต่ขาวไปจนถึงเหลือง เนื่องจากมีหลายสายพันธุ์มีโปรตีนน้อยกว่าพวกข้าวโพดหัวแข็ง ข้าวโพดหัวแข็ง ข้าวโพดพันธุ์นี้ส่วนบนสุดของเมล็ดมักมีสีเหลืองจัดและเมื่อแห้งจะแข็งมาก ภายในเมล็ดมีสารที่ทำให้ข้าวโพดมีสีเหลืองจัดเป็นสารให้สีที่ชื่อ คริปโตแซนทีน (Cryptoxanthin) สารนี้เมื่อสัตว์ได้รับร่างกายสัตว์จะเปลี่ยนสารนี้ให้เป็นวิตามินเอ นอกจากนี้สารนี้ยังช่วยให้ไข่แดงมีสีแดงเข้ม ช่วยให้ไก่มีผิวหนัง ปาก เนื้อ และแข้งมีสีเหลืองเข้มขึ้น เป็นที่นิยมของตลาดโดยเฉพาะแถบอเมริกาส่วนอังกฤษ ประเทศไทยนิยมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แบบที่มีสีเหลืองเข้ม มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เกือบตลอดทั้งปี กระจายในพื้นที่ภาคกลาง ตอนกลางของประเทศ ภาคอีสานตอนบน และภาคเหนือ (องค์การตลาดเพื่อเกษตรกร,2559)

#### 1. การเก็บเกี่ยวข้าวโพด

##### 1.1 การเก็บเกี่ยวข้าวโพดด้วยแรงงาน

การเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ ที่ใช้คนเก็บต้องมีนายหน้าจัดหาคนงาน โดยมีขั้นตอนคือคนงานจะเดินเรียงหน้ากระดานตามแถวข้าวโพด ปอกเปลือกแล้วปลิดฝักใส่ตะกร้า แล้วนำมาเทใส่กระสอบมัดปากกระสอบคนงานอีกชุดหนึ่งจำนวน 4 – 5 คน จะขนย้ายกระสอบข้าวโพดไปยังลานตาก หลังจากเก็บหมดแล้วพ่อค้าจะนำเครื่องกะเทาะข้าวโพดมารับจ้างและรับซื้อไป มีบางรายเก็บข้าวโพดไว้ในยุ้งเพื่อให้ได้ราคาเพิ่มขึ้นจากความชื้นที่ลดลงแต่จำนวนลดลงเพราะราคา

ได้เพิ่มขึ้นไม่คุ้มกับน้ำหนักที่ลดลงไปเนื่องจากความชื้นที่หายไปและบางพื้นที่กะเทาะแบบไม่ปอกเปลือกแต่ต้องจ่ายค่าจ้างกะเทาะแพงกว่า (คณิงศักดิ์ เจียรนัยกุล,2551)



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวข้าวโพดด้วยแรงงาน  
(ที่มา : คณิงศักดิ์ เจียรนัยกุล, 2551)

### 1.2 การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเก็บเกี่ยว

เครื่องเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำแนกตามลักษณะการใช้งานได้ 3 แบบ

1)เครื่องปลิดฝักข้าวโพดแบบไม่ปอกเปลือก (Maize Snapper) มีลักษณะติดพ่วงด้านหลังรถแทรกเตอร์ต้นกำลังขนาด 60 – 80 แรงม้า มีหัวปลิดฝักข้าวโพดจากต้นโดยไม่ปอกเปลือกได้ครั้งละ 2 แถว กลไกการปลิดฝักจะมีลูกกลิ้ง 2 ตัว หมุนในทิศทางเข้าหากัน ฝักข้าวโพดจะถูกส่งโดยสายพานลำเลียงไปสู่ถังเก็บด้านหลัง (คณิงศักดิ์ เจียรนัยกุล,2551)และข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวด้วยวิธีนี้ต้องนำมากะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบปอกเปลือก

2)เครื่องปลิดฝักข้าวโพดแบบปอกเปลือก (Maize Picker – Dehusker) ลักษณะติดพ่วงด้านข้างรถแทรกเตอร์ขนาด 60 – 80 แรงม้า มีหัวปลิดฝักข้าวโพดจากต้นพร้อมเปลือก โดยมีระบบกลไกการปลิดฝักเหมือนแบบแรก แต่มีระบบลำเลียงฝักสู่ระบบรูดเปลือกหุ้มออกจากฝัก และระบบลำเลียงฝักใส่กระสอบ (คณิงศักดิ์ เจียรนัยกุล,2551)



ภาพที่ 2 เครื่องปลิดฝักแบบไม่ปอกเปลือกและเครื่องปลิดฝักแบบปอกเปลือก  
(ที่มา : คณิงศักดิ์ เจียรนัยกุล,2551)

3) เครื่องเกี่ยวนวดข้าวโพดแบบปลิดฝัก (Maize Combine Harvester) มีการผลิตและใช้ในต่างประเทศและในประเทศไทย มีหัวปลิดฝักข้าวโพดจากต้นพร้อมเปลือก โดยใช้กลไกการปลิดฝักที่มีลูกกลิ้ง 2 ตัวหมุนในทิศทางเข้าหากัน มีเกลียวลำเลียงหมุนพาฝักข้าวโพดที่ถูกปลิดแล้วผ่านระบบไซ่ลำเลียงพาเข้าสู่ระบบนวดแบบนวดไหลตามรัศมีของตะแกรงนวด (Radial flow) มีซี่ฟันลูกนวดแบบเหล็กหล่อซี่ฟันเป็นริ้ว (Rasp bar) เมล็ดที่ผ่านการนวดแล้วจะตกสู่ระบบคัดแยกและทำความสะอาดโดยมีตะแกรงคัดแยกเป็นบานเกล็ดถาดยาวโยกเคลื่อนที่ไป-กลับ (Straw Walker) เมล็ดที่ผ่านการคัดแยกและทำความสะอาดจะถูกเกลียวลำเลียงส่งขึ้นสู่ถังเก็บ แล้วถ่ายออกสู่รถบรรทุกขาย (คณิงศักดิ์ เจียรนัยกุล, 2551)



ภาพที่ 3 เครื่องเกี่ยวนวดข้าวโพดแบบปลิดฝัก  
(ที่มา : คณิงศักดิ์ เจียรนัยกุล, 2551)

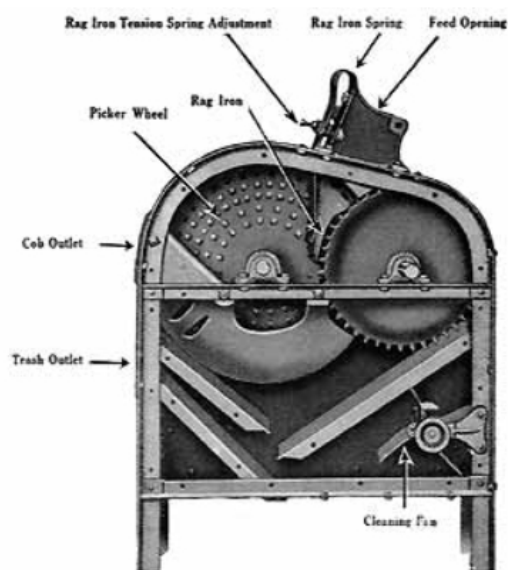
## 2. เครื่องกะเทาะข้าวโพด

เครื่องกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้ถูกสร้างขึ้นตั้งแต่ ปี 1839 โดย Lester E. Denison ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกในการแกะเมล็ดข้าวโพดออกจากซัง และหลังจากนั้นก็มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องสำหรับประเทศไทยมีการสำรวจการใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด พบว่า แบบที่ผลิตจำหน่ายกันอยู่มีเพียงแบบเดียว คือ แบบใช้ลูกกะเทาะเป็นรูปทรงกระบอก มีฟันลูกกะเทาะเป็นเหล็กกลมหรือเหลี่ยมแล้วแต่ความนิยมของท้องถิ่น โดยฝักและซังข้าวโพดเคลื่อนที่ตามแกนลูกกะเทาะ (Axial Flow) เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดที่มีใช้กันอยู่มี 2 ขนาด แบบที่หนึ่งขนาดลูกกะเทาะยาว 18 นิ้ว ซึ่งเป็นเครื่องดั้งเดิมตั้งแต่เริ่มมีการใช้เครื่องกันมา โดยเป็นเครื่องขนาดเล็กใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 12 – 18 แรงม้าแบบที่สองขนาดลูกกะเทาะยาว 24 นิ้ว ซึ่งเป็นเครื่องขนาดใหญ่ โดยปรับปรุงขยายจากเดิมเพื่อติดทำยรถแทรกเตอร์ขนาด 60 – 75 แรงม้า (จารูวัฒน์ มงคลธนทรศ, 2529) ซึ่งต่อมาได้มีการปรับเปลี่ยนไปหลายรูปแบบตามสภาพแวดล้อมการใช้งานและความเหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน

### 2.1 ส่วนประกอบหลักเครื่องกะเทาะข้าวโพด

1. ซุดกะเทาะ คือชิ้นส่วนประกอบที่ใช้สำหรับการกะเทาะเมล็ดข้าวโพดให้หลุดออกจากซัง มีรูปร่างแตกต่างกันไปตามการออกแบบ ขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้สำหรับการกะเทาะ

เช่น ชุดกะเทาะแบบรัศมี จะใช้จานเหล็กหรือฟันเฟืองเป็นอุปกรณ์กะเทาะ ชุดกะเทาะแบบไหลตามแนวแกน จะใช้แบบฟันกะเทาะซี่ตีและมีตะแกรงล่างเป็นส่วนประกอบเพิ่มเติม



ภาพที่ 4 ลักษณะชุดกะเทาะข้าวโพด แบบล้อจันกะเทาะ  
(ที่มา : <http://www.old-engine.com/keystone.htm>)

2. ชุดคัดแยกเมล็ด เป็นส่วนประกอบสำหรับการแยกเมล็ดออกจากซังข้าวโพด ในเครื่องกะเทาะบางแบบจะไม่มีชุดคัดแยกเมื่อซังข้าวโพดไม่แตกและออกช่องทางอื่น เครื่องกะเทาะข้าวโพด ส่วนใหญ่จะใช้แผ่นตะแกรงรู สำหรับการคัดแยกเมล็ดและซัง ออกจากกัน



ภาพที่ 5 ชุดคัดแยก เมล็ดกับซังข้าวโพด

## 2.2 หลักการทำงาน

เมื่อป้อนฝักข้าวโพดทางช่องป้อน ฝักข้าวโพดจะเข้าสู่ชุดกะเทาะ ซึ่งจะทำการแยกเมล็ดให้หลุดออกจากซังข้าวโพด เมล็ดข้าวโพดจะถูกแยกออกจากซังโดยชุดคัดแยกเพื่อแยกเมล็ดและ

ซึ่งออกจากกัน สำหรับเครื่องกะเทาะที่ไม่มีชุดคัดแยก จะมีช่องทางออกคนละช่องระหว่างเมล็ดกับซึ่งเครื่องกะเทาะซึ่งและเมล็ดออกช่องทางเดียวกัน ชุดคัดแยกจะทำหน้าที่แยกเมล็ดออกจากซึ่ง

### 3. หลักการกะเทาะข้าวโพด

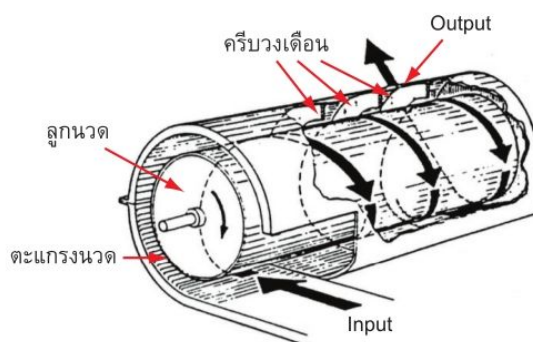
ปัจจุบันเครื่องกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีการพัฒนาไปอย่างมาก ได้มีการนำเข้าและผลิตเองในประเทศโดยสามารถจำแนกหลักการกะเทาะภายในตัวเครื่องได้เป็น 3 แบบคือ

#### 3.1 แบบไหลตามแกนลูกกะเทาะ (Axial Flow)

เครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบนี้มีหลักการการทำงานเหมือนกันกับเครื่องนวดข้าวแบบไหลตามแกน เพียงแต่ถูกดัดแปลง ปรับเปลี่ยนชิ้นส่วนกลไกและการทำงานบางส่วนของเครื่องตามความเหมาะสม (พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์และคณะ, 2533) คือเมื่อป้อนข้าวโพดเข้าระบบนวด ลูกนวดจะทำการฟาดตีและหมุนให้ฟาดตีกับตะแกรงนวด เมล็ดที่ถูกนวดแล้วจะถูกแยกจากชุดนวดโดยผ่านตะแกรงนวดล่างเป็นส่วนใหญ่และบางส่วนลอดผ่านตะแกรงนวดบน เมล็ดที่ผ่านตะแกรงนวดลงมาจะถูกทำความสะอาดโดยตะแกรงและพัดลมทำความสะอาด ซึ่งชุดตะแกรงนี้จะทำความสะอาดและแยกเศษซึ่ง เปลือก โดยพัดลมเป่าเศษฝุ่นและสิ่งเจือปนอื่นๆ เมล็ดที่ผ่านตะแกรงและพัดลมทำความสะอาดจะร่วงลงไปยังเกลียวลำเลียงผลผลิต ไปยังกระสอบหรือถังเก็บเมล็ด (สมชาย ชวนอุดม, 2550)

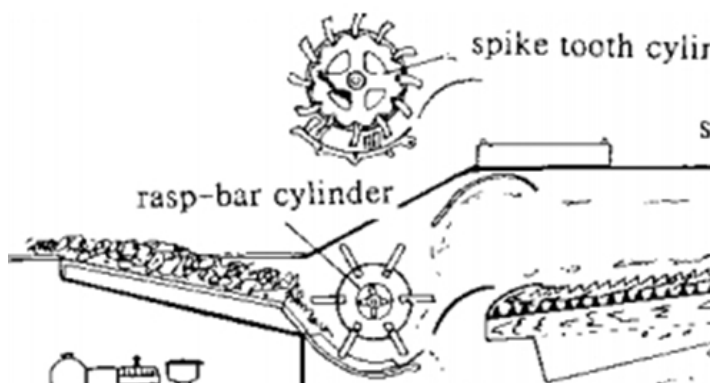
#### 3.2. แบบเคลื่อนที่ตามผิวรอบวงของตะแกรงนวด (Tangential flow)

ระบบกะเทาะแบบนี้แตกต่างจากระบบเคลื่อนที่ตามแกนลูกกะเทาะ (Axial Flow) มีฟันซี่กะเทาะเป็นแบบแผงเหล็กกริว (Rasp bar) โดยมีหลักการการทำงานคือ ซี่ฟันนวดจะหมุนตีฝักข้าวโพด ให้เมล็ดแยกจากซึ่งและเปลือก จากนั้นซึ่งที่มีขนาดใหญ่และเปลือก จะถูกหมุนพาส่งตามผิวรอบวงของตะแกรงนวด ไปสู่ช่องทางออก ส่วนเมล็ด ซึ่งและเปลือกที่มีขนาดเล็กจะลอดช่องตะแกรงนวดตกลงผ่านตะแกรงคัดแยกล่าง โดยผ่านกระแสลมพัดจากพัดลมที่ติดตั้งอยู่ ลมจะเป่าฝุ่นละอองที่ลอดตะแกรงลอดตะแกรงลงมา พร้อมซึ่งและเปลือกออกไป ส่วนเมล็ดที่มีน้ำหนักมากกว่าจะผ่านตะแกรงคัดตกลงบนถาดรางเมล็ด รางเกลียวลำเลียงจะลำเลียงเมล็ดไปยังเก็บ โดยการทำงานจะหมุนเวียนต่อเนื่อง (คณิงศักดิ์ เจียรนัยกุลและคณะ, 2551)



ภาพที่ 4 หลักการทำงานของชุดนวดแบบไหลตามแกน

(ที่มา: Khan,1986)



ภาพที่ 5 เคลื่อนที่ตามผิวรอบวงของตะแกรงนวด  
ภาพที่ 6 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด แบบจานหมุน

### 3.3 แบบปรี่ศมี

เครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบนี้มีหลักการคล้ายกับเครื่องโม่หินบด โดยจะถูกป้อนเข้าหาแกนกลางจานกะเทาะ จานกะเทาะจะทำหน้าที่หมุนตัดเฉือนเมล็ดให้หลุด หลักการนี้มีข้อจำกัดค่อนข้างมากคือ มีอัตราการทำงานที่น้อย ต้องใช้ความเร็วในการกะเทาะที่สูง ดังนั้นในปัจจุบันจึงไม่ค่อยมีการใช้งานในหลักการนี้ (สมชาย ชวนอุดม, 2554)



ภาพที่ 6 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด แบบจานหมุน

(ที่มา : [https://www.youtube.com/watch?v=dd2Dc\\_cvv\\_8&hd=1](https://www.youtube.com/watch?v=dd2Dc_cvv_8&hd=1))

#### 4. ปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะข้าวโพด

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกะเทาะข้าวโพด สามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วนคือ ปัจจัยที่เกี่ยวกับพืช และปัจจัยที่เกี่ยวกับตัวเครื่อง โดยปัจจัยที่เกี่ยวกับพืชซึ่งเป็นสภาพโดยทั่วไปของของข้าวโพดได้แก่ พันธุ์ ความสูงแก่ ขนาดรูปร่างของข้าวโพด เป็นต้น ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวกับตัวเครื่องหรือกลไกการทำงาน ได้แก่ อัตราการป้อน ลักษณะหรือรูปแบบฟันกะเทาะ ความเร็วเชิงเส้นลูกกะเทาะ และระยะห่างฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง ปัจจัยทั้งหมดนี้ มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของกะเทาะข้าวโพดแบบปอกเปลือก ซึ่งมีรายละเอียดเพิ่มเติมดังนี้

##### 4.1 ปัจจัยที่เกี่ยวกับพืช

###### 1. ชนิดพันธุ์

วัชรินทร์ ชื่นสุวรรณ(2554) ได้เปรียบเทียบลักษณะเฉพาะของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 3501 กับพันธุ์สุวรรณ 3101 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว เมื่อนำมากะเทาะพบว่า พันธุ์สุวรรณ 3501 กะเทาะได้ง่ายกว่าและมีผลผลิต สูงกว่าโดยมีผลผลิตเฉลี่ย 1,229 กก./ไร่ มีเปอร์เซ็นต์ต้นเป็นโรคราน้ำค้างต่ำ เปลือกหุ้มฝักมิดชิด เปอร์เซ็นต์ฝักเน่าต่ำ เปอร์เซ็นต์ แต่อกใหม่ช้ากว่า (53 วัน) และมีความสูงต้นและฝัก 188 และ 117 ซม. ตามลำดับ มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเมล็ดสูงกว่าพันธุ์สุวรรณ 3101 เมล็ดมีลักษณะสีส้มเหลืองกิ่งห้าวแข็ง

###### 2. ความสูงแก่

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

###### 3. ขนาดรูปร่าง

ฆานิตย์ ศิริปมิตต์ดุล และนุชนารถ บัณฑุภาคปรีชา(2531) พัฒนาและออกแบบเครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบมือหมุนเครื่องซึ่งมีอัตราการการทำงาน 150-200 กก./ชม. เปอร์เซ็นต์แตกหักน้อยมากและสามารถใช้กะเทาะเมล็ดไปทำเมล็ดพันธุ์ได้ ผลการพัฒนาพบว่าอัตราการการทำงานขึ้นอยู่กับความยาวของฝักข้าวโพดที่ใช้ทำการทดสอบ

##### 4.2 ปัจจัยที่เกี่ยวกับเครื่อง

###### 1. อัตราการป้อน

วิบูลย์ ช่างเรือ (2540) ได้ทดสอบเครื่องกะเทาะข้าวโพดทั้งเปลือก ที่อัตราการป้อน ความเร็วรอบลูกกะเทาะและความชื้น ต่างกัน 3 ระดับ พบว่าการเมื่ออัตราการป้อนความเร็วรอบและความชื้นเพิ่มขึ้น จะทำให้มีความต้องการกำลังเพิ่มขึ้น อัตราการป้อนที่เพิ่มขึ้น ความเร็วรอบลูกกะเทาะเพิ่มขึ้น ทำให้การสูญเสียรวมเพิ่มขึ้นเช่นกัน



## 2 ลักษณะและจำนวนซี่ฟัน

สมชาย ชวนอุดมและวินิต ชินสุวรรณ (2552) ทดลองถอดฟันซี่นวดเครื่องนวดข้าว ในลักษณะซี่ฟันซี่ตลอดความยาวลูกนวด เพื่อใช้กะเทาะข้าวโพดแบบไม่ปอกเปลือก ทำให้ลดแรงต้านในขณะกะเทาะข้าวโพดได้ ทั้งนี้ผลการทดลองพบว่า มีผลต่อการสูญเสียจากการคัดแยกและการสูญเสียรวมด้วยซึ่งสาทิส เวณจันทร์ และคณะ (2540) รายงานว่า เครื่องนวดเมล็ดพืชแบบ กวศ. จะนวดกะเทาะข้าวโพดๆ ที่มีเปลือกหุ้มได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อปรับลดจำนวนซี่ฟันนวดลงครึ่งหนึ่ง โดยให้มีระยะห่างระหว่าง ปลายฟันนวดกับตะแกรงรอบลูกนวด 30 – 35 มิลลิเมตร

## 3. ความเร็วเชิงเส้นลูกกะเทาะ

นินนาท ราชประดิษฐ์ และภควัต พัวสมบัติศักดิ์ (2533) ได้ออกแบบเครื่องกะเทาะข้าวโพด เพื่อใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงาน การแตกหักของเมล็ด โดยใช้วิธีเปลี่ยนความเร็วรอบลูกกะเทาะโดย โดยการปรับเปลี่ยนพู่เลย์ให้มีขนาดเล็กหรือใหญ่ขึ้น พบว่าพู่เลย์ที่มีขนาดต่างกัน มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน การแตกหัก และสิ่งเจือปน ที่แตกต่างกัน

## 4. ระยะห่างระหว่างปลายลูกกะเทาะกับตะแกรงล่าง

สมชาย ชวนอุดมและวินิต ชินสุวรรณ (2552) ได้ดัดแปลงเครื่องนวดข้าวสำหรับใช้กะเทาะข้าวโพดทั้งเปลือก โดยการลดความยาวของซี่ฟันนวด เพื่อให้ได้ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่ฟันที่มากขึ้น สำหรับใช้ทดสอบกะเทาะข้าวโพดที่ไม่ปอกเปลือก เพื่อให้ฝักข้าวโพดได้ถูกขัดสีจากซี่ฟันและตะแกรงล่างเพิ่มขึ้นสาทิส เวณจันทร์ และคณะ (2540) รายงานว่า เครื่องนวดเมล็ดพืชแบบ กวศ. ที่ใช้นวดกะเทาะข้าวโพดที่มีเปลือกหุ้มได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อระยะห่างปลายฟันนวดกับตะแกรงรอบลูกนวดล่างในช่วง 30 – 35 มิลลิเมตร

## 5. การปรับปรุงเครื่องนวดข้าวเพื่อกะเทาะข้าวโพดที่มีเปลือกหุ้ม

จากการศึกษาและทดสอบของ สาทิสและจาร์วัฒน์ (2550) พบว่าเครื่องนวดข้าวสามารถกะเทาะข้าวโพดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยต้องมีการปรับปรุงดังนี้ คือ การลดจำนวนฟันลูกนวดออกจำนวน 5 ตัวต่อแถวโดยการถอดสลักตัวเว้นตัว ลดจำนวนฟันลูกนวดที่ติดบนตะแกรงล่างให้เหลือ 2 ตัวด้านปลายทางออกของของเปลือกและซี่ข้าวโพดและลดจำนวนครีบบวงเดือนในช่วงของช่องป้อนฝักออก 1 ตัวและช่วงกลาง 1 ตัว โดยต้องปรับวงเดือนตัวสุดท้ายบริเวณทางออกให้ขนานตั้งฉากกับแนวแกน ซึ่งผลจากการทดสอบกับข้าวโพดความชื้น 29.22 % มีอัตราการทำงาน 4,722 กิโลกรัมต่อชั่วโมงและมีการสูญเสียรวมเพียง 0.39%



ภาพที่ 7 ลักษณะการถอดฟันลูกนวด แบบสลัก

(ที่มา : สาทิส เวณจันทร์และจาร์วัฒน์ มงคล ธนทรศ, 2550)

## ระเบียบวิธีการวิจัย

### สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบปอกเปลือกขนาดเล็ก
2. เครื่องนวดข้าว ปรับปรุงสำหรับกะเทาะข้าวโพดที่มีเปลือกหุ้ม
3. เครื่องมือสำหรับการเก็บข้อมูล ตัวอย่างจากการทดสอบ

### แผนการทดลอง

การทดลองเครื่องกะเทาะข้าวโพดแบบปอกเปลือกขนาดเล็ก

การศึกษาระยะเวลาห่างระหว่างลูกกะเทาะกับตะแกรงกะเทาะ

เพื่อพิจารณาระดับของปัจจัยที่ต้องการทดสอบ ได้ควบคุมอัตราการป้อน คงที่ ทดสอบความเร็วเชิงเส้นของลูกกะเทาะที่ 6,8,10 และ 12 เมตรต่อวินาที โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมรอบมอเตอร์ แล้วทดสอบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (RCBD)

การทดสอบเครื่องนวดข้าว ที่ปรับปรุงกะเทาะข้าวโพดที่มีเปลือกหุ้ม

การทดสอบนี้ มีการปรับปรุงชิ้นส่วนของเครื่องนวดข้าว เพื่อใช้กะเทาะข้าวโพดที่มีเปลือกหุ้ม ดังนั้นแผนการทดลองนี้ จึงใช้วิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ก่อนและหลังการปรับปรุง โดยมีการปรับปรุงเพื่อให้แยกเปลือกและซังดังนี้ คือ การปรับระยะห่างซี่ตะแกรงล่างส่วนทางออก และการปรับระยะใบปิดเศษให้มีระยะห่างเพิ่มขึ้น 10 เซนติเมตร

### วิธีการทดสอบ

#### 1. การเตรียมก่อนการทดสอบ

1. เตรียมข้าวโพดสำหรับการทดสอบ โดยใช้พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่เก็บเกี่ยวจากแปลงเดียวและเป็นพันธุ์ชนิดเดียวกัน สำหรับใช้ในการทดสอบให้เพียงพอ
2. เก็บข้อมูลพื้นฐาน สำหรับการทดสอบ คือ ความชื้นของชุดข้าวโพด ที่ทำการทดสอบ ขนาดมิติของฝัก ได้แก่ ความยาว ความกว้าง และความหนา ของฝักข้าวโพด
3. เตรียมอุปกรณ์ สำหรับการทดสอบ อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างการทดสอบ ชุดกะเทาะข้าวโพด โดยทดลองปรับตั้งรอบการทำงาน ต่างๆ ของระบบให้พร้อมสำหรับการทดสอบ

#### 2. ระหว่างการทดสอบ

1. ปรับตั้ง อุปกรณ์ควบคุมให้ได้ตาม ตัวแปรต่างๆ ที่กำหนด
2. เก็บตัวอย่าง ที่ช่องทางออกเมล็ด ช่องทางออกซัง เพื่อใช้เป็นข้อมูล พร้อมระบุหมายเลขในภาชนะที่บรรจุ ตัวอย่างให้ถูกต้อง ชัดเจน
3. ควบคุมการทดลองให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง

#### 3 หลังการทดสอบ

1. สุ่มตัวอย่างจากการทดสอบ ตามปริมาณที่ต้องการ จากปริมาณข้าวโพดที่ได้จากการทดลอง แล้วคัดแยกหาปริมาณการแตกหัก ของเมล็ดแต่ละชุด เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ ในลำดับต่อไป
2. ชั่งน้ำหนักของเมล็ดข้าวโพด ที่ได้จากการทดลอง ในส่วนที่ต้องการใช้ข้อมูล ไปทำการวิเคราะห์

### ค่าชี้ผล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ของชุดทดสอบการกะเทาะข้าวโพดพิจารณา ปริมาณเมล็ดแตกหัก ประสิทธิภาพการกะเทาะ เป็นค่าชี้ผลโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ปริมาณเมล็ดแตกหัก (Breakage) ปริมาณเมล็ดแตกหักคืออัตราส่วนระหว่าง น้ำหนักของเมล็ดข้าวโพดที่แตกหักต่อน้ำหนักของเมล็ดข้าวโพดทั้งหมด

$$BR(\%) = \frac{BG \times 100}{TW}$$

เมื่อ  
 BR = ปริมาณแตกหัก (เปอร์เซ็นต์)  
 BG = น้ำหนักเมล็ดข้าวโพดที่แตกหัก (กรัม)  
 TW = น้ำหนักเมล็ดข้าวโพดทั้งหมด (กรัม)

2) ประสิทธิภาพการกะเทาะ (Shelling efficiency) ประสิทธิภาพการกะเทาะ ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของเมล็ดข้าวโพดที่ถูกกะเทาะทั้งหมดต่อน้ำหนักของเมล็ดข้าวโพดทั้งหมด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ว่า

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

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

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

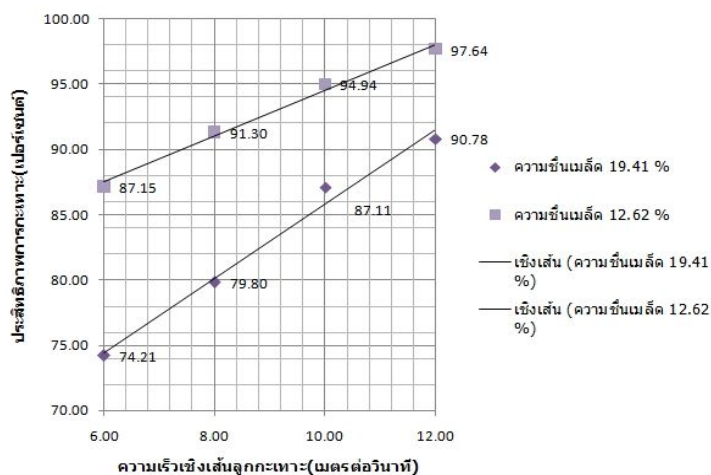
### การทดลองเครื่องกะเทาะข้าวโพด แบบปอกเปลือก

ได้สร้างเครื่องต้นแบบเครื่องกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ให้มีขนาดเล็กเพื่อให้มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานระดับครัวเรือนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีพื้นที่ปลูกไม่มาก และยังสามารถใช้กะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เกิดจากการล่งหล่น ของการใช้รถเกี่ยวขนาดข้าวโพดเก็บเกี่ยว โดยตัวเครื่องมีลักษณะเป็นลูกกะเทาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 เซนติเมตรจำนวน 2 ลูกกะเทาะ ตัวเครื่องมีมิติคือ 120 X 100 X 80 เซนติเมตร (รูปที่ 8) ใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า 220 โวลต์เป็นต้นกำลัง โดยช่องป้อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปอกเปลือกแล้วจะอยู่ด้านบนและช่องเมล็ดที่ผ่านการกะเทาะแล้วจะออกมาด้านข้างของตัวเครื่องส่วนขังข้าวโพดจะออกทางด้านหน้าของตัวเครื่อง



รูปที่ 8 ต้นแบบเครื่องกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แบบปอกเปลือกขนาดเล็ก 2 ลูก

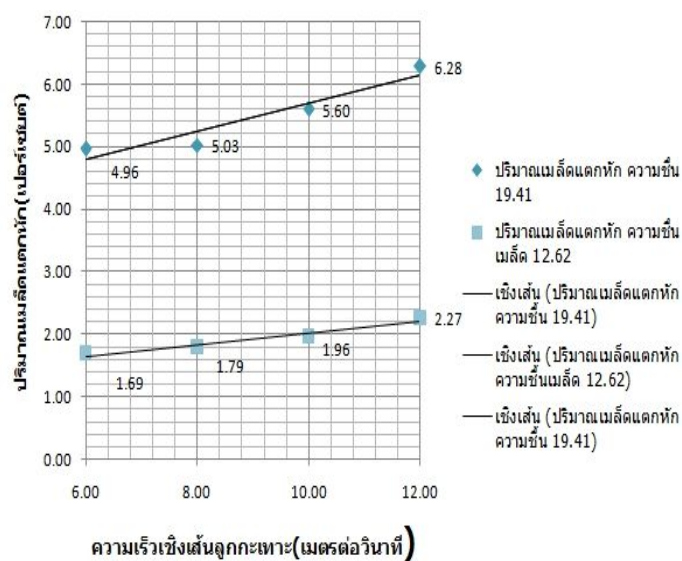
การทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบ ได้กำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการกะเทาะไว้เพียงหนึ่งปัจจัยคือ ความเร็วเชิงเส้นการเคลื่อนที่ลูกกะเทาะ ขณะกะเทาะ เพื่อใช้ในการศึกษา เนื่องจากตัวเครื่องได้ออกแบบให้ระยะห่างระหว่างลูกกะเทาะกับตะแกรงกะเทาะล่าง (Concave clearance) เคลื่อนที่ขึ้นลงอัตโนมัติด้วยความยืดหยุ่นของสปริง โดยได้เลือกระดับความเร็วเชิงเส้นที่จะใช้สำหรับการทดสอบไว้ ระดับคือ 6 , 8 , 10 และ 12 เมตรต่อวินาที ทดสอบเก็บตัวอย่าง 3 ซ้ำ อัตราการป้อนคงที่ 960 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งผลการทดสอบได้ผลดังนี้



รูปที่ 9 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการกะเทาะ ต้นแบบเครื่องกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์



รูปที่ 10 ประสิทธิภาพการกะเทาะที่ระดับความเร็วเชิงเส้นต่างๆ



รูปที่ 11 ผลการทดสอบหาปริมาณเมล็ดแตกหัก ต้นแบบเครื่องกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากผลการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกะเทาะและปริมาณแตกหักของเมล็ดที่ระดับความเร็วลูกกะเทาะ 4 ระดับคือ ระดับคือ 6 , 8 , 10 และ 12 เมตรต่อวินาที โดยทำการทดสอบ 2 ชุดความชื้นเมล็ดคือ 19.41 และ 12.61 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก พบว่าที่ความชื้นเมล็ด 19.41 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก การเพิ่มความเร็วเชิงเส้นลูกกะเทาะให้เร็วขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการกะเทาะสูงขึ้นที่ระดับสูงสุดคือ 12 เมตรต่อวินาที ประสิทธิภาพการกะเทาะคือ 90.78 % แต่ทั้งนี้จะทำให้ปริมาณเมล็ดแตกหักที่เกิดขึ้น ก็จะมากตามไปด้วยคือ 6.28% (รูปที่ 11) เพื่อจะทำการเปรียบเทียบกรณีที่เกษตรกรเก็บผลผลิตไว้จนแห้งเพื่อรอราคาที่ดีกว่าเมื่อความชื้นลดลง จึงได้ทำการเก็บข้าวโพดไว้จนได้ความชื้นเมล็ดที่ 12.61 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก แล้วทำการทดสอบอีกครั้งทำให้พบว่าเมื่อความชื้นเมล็ดลดลงจาก 19.41 เป็น ที่ 12.61 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก ประสิทธิภาพการกะเทาะสูงสุดก็ยังเป็น ที่ระดับความเร็วลูกกะเทาะ 12 เมตร/วินาที คือ 97.64 % ปริมาณเมล็ดแตกหักคือ 2.27% ทั้งนี้จะพบว่าเมื่อปล่อยให้ความชื้นของเมล็ดลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการกะเทาะดีขึ้น จาก 90.78% เป็น 97.64% และปริมาณเมล็ดแตกหักก็ลดลงด้วยคือจาก 6.28% เป็น 2.27% เมื่อพิจารณาในข้อมูล

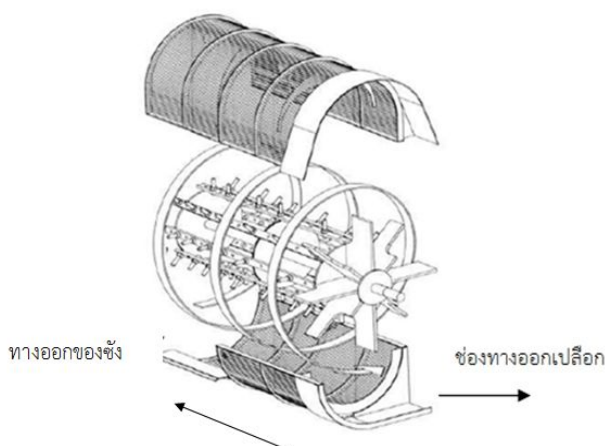
ชุดความชื้น 12.61 เปอร์เซนต์ฐานเปียก พบว่าที่ความเร็วเชิงเส้น 12 เมตรต่อวินาทีเป็นระดับที่ประสิทธิภาพสูงสุดจริง แต่ปริมาณเมล็ดตกหักยังเป็น 2.27% ซึ่งเกินมาตรฐานการทดสอบที่กำหนดไว้ไม่เกิน 2% จึงได้ทำการปรับตั้งเครื่องให้ทำงานที่ความเร็วเชิงเส้นลูกกะเทาะที่ 10 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีประสิทธิภาพกะเทาะคือ 94.94% ปริมาณเมล็ดตกหักคือ 1.96%

### การทดลองเครื่องกะเทาะข้าวโพด ที่มีเปลือกหุ้ม ให้แยกเปลือกและซัง

#### การทดลองครั้งที่ 1

ได้ดำเนินการสร้างต้นแบบ ตามรายละเอียดที่ออกแบบให้ได้เครื่องกะเทาะที่ใช้ระบบนวดข้าวเพื่อใช้ทดสอบเก็บข้อมูลเบื้องต้นโดยจัดสร้างตะแกรงคัดทำความสะอาดเป็นตะแกรงสองชั้นสำหรับคัดแยกและทำความสะอาดเมล็ดที่ได้จากการกะเทาะ ใช้ขนาดรูตะแกรงสำหรับการคัดเมล็ดให้แยกจากซังที่เกิดจากการกะเทาะซึ่งมี เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตรส่วนตะแกรงล่างเป็นลักษณะเป็นแผ่นทึบสำหรับรองรับเมล็ด สำหรับระบบการกะเทาะใช้ชิ้นส่วนของตะแกรงนวดข้าวซึ่งเป็นการนวดแบบไหลตามแนวแกน (รูปที่12) และลูกนวดของเครื่องนวดข้าวซึ่งมีระยะระหว่างซี่ตะแกรงล่างเป็น 12 มิลลิเมตร ระบบคัดแยกเปลือกให้แยกออกจากซังจะทำการปรับเปลี่ยนระยะห่างซี่ตะแกรงช่วงปลายของการกะเทาะให้มีระยะมากขึ้นโดยเป็น 2 เท่าของระยะซี่ตะแกรงเดิม (รูปที่13) ต้นกำลังที่จะใช้ทดสอบจะใช้รถแทรกเตอร์สำหรับการขับเคลื่อนและระบบต่างๆ อีกทั้งสามารถลากพวงเพื่อการใช้งานที่สะดวกสำหรับการใช้งานอีกด้วย

การทดสอบต้นแบบเครื่องกะเทาะข้าวโพดทั้งเปลือก กำหนดค่าชี้ผลของการทดสอบคือปริมาณซังที่แยกตัวจากช่องทางออกของเปลือก เปรียบเทียบก่อนและหลังการดัดแปลงตะแกรงล่างซึ่งได้ผลการทดสอบและวิเคราะห์ตามตาราง



รูปที่ 12 ระบบเครื่องการนวดแบบไหลตามแนวแกน



รูปที่ 13 ลักษณะตะแกรงล่างที่ใช้ทดสอบ

การทดสอบได้กำหนดอัตราการป้อนไว้ที่ 10 กิโลกรัมฝัก และความเร็วรอบของการกะเทาะที่ 650 รอบต่อนาทีและเก็บตัวอย่างซึ่งที่แยกตกผ่านตะแกรงล่าง จำนวน 5 ซ้ำ ตารางที่ 1 แสดงปริมาณซึ่งที่แยกผ่านตะแกรงคัด ก่อนและหลังการปรับปรุง

ลำดับ	ปริมาณซึ่ง ออกช่องตะแกรงคัด (%)	
	ก่อนการปรับปรุง	หลังปรับปรุงแก้ไข
1	0.23	0.32
2	0.17	0.44
3	0.11	0.34
4	0.21	0.25
5	0.15	0.30

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 1 ปรับปรุงตะแกรงล่างให้มีช่องปล่อยออกของซึ่ง ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างจากตะแกรงกะเทาะทั่วไป ด้วยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (T-test) ที่ระดับ  $\alpha = 0.05$  พบว่าลักษณะของตะแกรงที่ปรับเปลี่ยนไปมีผลทำให้ ปริมาณค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของซึ่งที่ลอดออกช่องได้ตะแกรงเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดสอบครั้งนี้ทำให้ทราบว่า การปรับปรุงตะแกรงล่างกะเทาะ ด้วยการเพิ่มขนาดช่องตะแกรงในช่วงท้ายตะแกรง ทำให้ซึ่งแยกตัวออกทางด้านล่างเพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้ยังคงต้องทดสอบถึงผลกระทบที่อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการกะเทาะด้วย เนื่องจากเป็นปัจจัยที่สำคัญ ที่เกี่ยวข้องกับ การสูญเสียและเป็นตัวกำหนด ที่สำคัญสำหรับการเลือกใช้เครื่อง ของเกษตรกร

#### การทดลองครั้งที่ 2

เครื่องนวดข้าวที่ตัดแปลงหรือนำมากะเทาะข้าวโพด จะประกอบไปด้วยลักษณะของการสูญเสียของช่องทางออกอยู่ 2 ทางคือการสูญเสียของขั้วฟางและการสูญเสียบริเวณหน้าตะแกรงช่อง ทำความสะอาดเมล็ดแต่ลักษณะของชุดทดสอบที่ทำการทดลองครั้งนี้ ได้ปรับเปลี่ยนตะแกรงคัดทำ ความสะอาดที่มีรูปแบบต่างออกไปแต่ยังคงมีช่องขั้วฟางเช่นเดิม ซึ่งบริเวณช่องขั้วฟางนี้เมื่อนำไป กะเทาะข้าวโพดแล้ว ชิ้นส่วนที่เป็นเปลือกและซึ่งข้าวโพดบางส่วนจะถูกส่งออกในช่องนี้ การทดลอง ครั้งนี้จึงได้ทดลองปรับปรุงช่องดังกล่าวนี้พร้อมกับการปรับครีบบวงเดือนซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่เป็นตัว

กำหนดให้เกิดการหมุน พาว์สดูในระบบการนวดเพื่อให้เกิดการแยกตัวระหว่างเปลือกและซัง ด้วยเช่นกัน

การดำเนินการทดลองครั้งนี้ได้ดำเนินการปรับปรุงและทดสอบกะเทาะข้าวโพดทั้งเปลือกเบื้องต้นจากเครื่องต้นแบบ โดยปรับปรุงเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถเพิ่มการแยกเปลือกออกซึ่งโดยคือปรับช่วงปลายของระบบการกะเทาะ มีรายละเอียดการการปรับปรุง เครื่องต้นแบบเป็นดังนี้

1. ปรับช่องว่างระหว่างใบปิดฟาง ให้มีระยะห่างจากด้านล่างเพิ่มมากขึ้น (รูปที่ 14)
2. เพิ่มมมูครีบวงเดือน เพื่อเพิ่มการหมุนสำหรับการแยกตัวของซัง (รูปที่ 15)



รูปที่ 14 ลักษณะตะแกรงล่างที่ใช้ทดสอบ



รูปที่ 15 ลักษณะการปรับครีบบหรือใบวงเดือน

การทดสอบโดยการเพิ่มช่องว่างระหว่างใบปิดกับปล่องด้านล่าง ทำให้ซังแยกตัวจากเปลือกได้ และการเพิ่มมมูครีบวงเดือน เป็นการส่งซังที่ได้จากการกะเทาะในช่วงแรกที่เกิดการกะเทาะลงในตะแกรงด้านล่าง ที่กำหนดทั้งนี้จะทดสอบรวมโดยการเก็บปริมาณซังที่ออกทางช่องขับฟาง (รูปที่16) เพื่อเปรียบเทียบค่า ทางสถิติ





รูปที่ 16 ลักษณะช่องขับฟางที่แก้ไข เพื่อเก็บเปลือกข้าวโพด

การทดสอบกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยทดสอบปรับช่องว่างระหว่างใบปิดฟาง ให้มีระยะห่างจากด้านล่างเพิ่มมากขึ้น 10 เซนติเมตร โดยยังไม่มี的增加มุมครีบบงเดือน การทดสอบได้กำหนดอัตราการป้อนไว้ที่ 10 กิโลกรัมฝัก และความเร็วรอบของการกะเทาะที่ 650 รอบต่อนาทีและเก็บตัวอย่างปริมาณซังที่แยกตัวลงตะแกรง ซึ่งค่าคุณสมบัติพื้นฐานของข้าวโพดที่ใช้ทดสอบผลมีค่าตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สัดส่วนปริมาณเมล็ด ซัง และเปลือกข้าวโพดพันธุ์ ซีพี 301 ที่ความชื้น 12% wb. จาก 10 kg.

	เมล็ด (%)	เปลือก(%)	ซัง(%)
1	80	10	10
2	79	10	11
3	78	10	12
4	78	10	12
5	79	10	11
Mean	78.8	10	11.2

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณซังที่แยกผ่านตะแกรงคัด ก่อนและหลังการปรับปรุง ช่องใบปิดฟาง

ลำดับ	ปริมาณซัง ออกช่องตะแกรงคัด (%)	
	ก่อนแก้ไข ระยะช่อง ปล่อง	หลังแก้ไข
1	0.32	0.36
2	0.44	0.40
3	0.34	0.32
4	0.25	0.33
5	0.30	0.42
Mean	0.33	0.37

จากผลการทดสอบตารางที่ 3 ปรับช่องว่างระหว่างใบปิดฟาง ให้มีระยะห่างจากด้านล่างเพิ่มมากขึ้นเป็น 10 เซนติเมตร ด้วยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (T-test) ที่ระดับ  $\alpha = 0.05$  พบว่า ปริมาณซังที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันกับช่องใบปิดเดิม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดสอบครั้งนี้ทำให้ทราบว่า การปรับระยะห่างของใบปิดฟางกับช่องส่งฟางด้านล่าง ยังไม่สามารถเพิ่มปริมาณซัง ออกจากเปลือกได้ ทั้งนี้อาจส่งผลต่อการสูญเสียเมล็ด ที่ออกมาปะปนกับเปลือกอีกด้วย ต้องพิจารณาเป็นเงื่อนไขในการแก้ไขต้นแบบ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่สำคัญ ที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียและเป็นตัวกำหนด ที่สำคัญสำหรับการเลือกใช้เครื่อง ของเกษตรกร

### การทดลองครั้งที่ 3

การดำเนินการทดลองครั้งนี้ เพื่อสอบโดยรวมเมื่อปรับระยะห่างตะแกรงเพื่อใช้งานกับเครื่อง นวดข้าวที่นำมากะเทาะข้าวโพด โดยมีตัวชี้วัดเพิ่มขึ้นคือ ประสิทธิภาพการกะเทาะ การสูญเสียรวม การแยกตัวของเปลือกกับซัง และปริมาณเมล็ดแตกหัก โดยทำการทดลองซ้ำ ควบคุมอัตราการป้อน รอบเคลื่อนที่ของลูกนวด และระยะปลายฟันขึ้นนวดกับตะแกรงกะเทาะล่าง ได้ผลการทดลองโดยรวม ดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณซังที่แยกผ่านตะแกรงคัด ก่อนและหลังการปรับปรุง

ชนิดและพันธุ์ข้าวโพด	แปซิฟิก 999
อัตราส่วนของเมล็ดต่อเปลือกและซัง (%)	80:10:10
ความชื้นของเมล็ด (%)	25.93
ชนิดของเครื่องนวด	ต้นกำลังดีเซล 8 แรงม้า
ความยาวลูกนวด(ฟุต)	4
ความเร็วรอบลูกนวดขณะไม่มีโหลด(รอบ/นาที)	650
ความเร็วรอบเครื่องยนต์(รอบ/นาที)	1700
ประสิทธิภาพการกะเทาะ (%)	96
การสูญเสียรวม (%)	0.34
อัตราการทำงาน(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	3,000
การแตกหักของเมล็ด (%)	4.19
ประสิทธิภาพความสะอาด (%)	95.79



รูปที่ 17 ลักษณะซี่ฟันเครื่องนวดข้าวที่ใช้กะเทาะข้าวโพดทั้งเปลือก



รูปที่ 18 ชังและเปลือกที่แยกตัวออกจากกันหลังการทดสอบ

สรุปผลการทดลอง เมื่อปรับระยะห่างช่องตะแกรงช่วงสุดท้ายของการกะเทาะข้าวโพดด้วยเครื่องนวดข้าว กะเทาะข้าวโพดความชื้นเมล็ด 25.93 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก พันธุ์แปซิฟิก 999 โดยใช้ความเร็วรอบ 650 รอบต่อนาที ระยะปลายฟันกะเทาะกับตะแกรงล่าง 35 มิลลิเมตร พบว่า มีประสิทธิภาพการกะเทาะร้อยละ 96 ปริมาณเมล็ดแตกหักร้อยละ 4.19 สัดส่วนการแยกตัวของเปลือกและชัง 0.56 และอัตราการสูญเสียรวมเป็นร้อยละ 0.34

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เครื่องกะเทาะข้าวโพด แบบปกเปิดขนาดเล็กเมื่อเพิ่มระดับความเร็วเชิงเส้นของลูกกะเทาะให้เร็วขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพการกะเทาะสูงขึ้น แต่ปริมาณเมล็ดแตกหักก็เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย เมื่อทดลองกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ความชื้นเมล็ดจาก 19.41 และ 12.61% ปริมาณเมล็ดแตกหักลดลงเมื่อความชื้นลดลง ดังนั้นสรุปได้ว่าการกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ความชื้นสูงจะทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดที่มาก เกษตรกรควรแตกแดดให้มีความชื้นที่ต่ำแล้วจึงกะเทาะจะทำให้มีปริมาณการแตกหักที่น้อยกว่า อีกทั้งยังไม่โดนตัดราคาเรื่องความชื้นสูงอีกด้วย เครื่องต้นแบบดังกล่าวนี้ตั้งความเร็วเชิงเส้นไว้ที่ 10 เมตรต่อวินาทีโดยมีประสิทธิภาพการกะเทาะ คือ 94.94% ปริมาณเมล็ดแตกหักคือ 1.96% ที่ความชื้นเมล็ดลง 12.61% โดยมีอัตราการทำงานประมาณ 900 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

เครื่องนวดข้าวได้ถูกปรับปรุงเพื่อกะเทาะข้าวโพดที่มีเปลือกหุ้มและให้แยกเปลือกและซังออกจากกันในระบบกะเทาะด้วยการปรับระยะห่างซี่ตะแกรงในช่วงสุดท้ายให้มากขึ้น ผลการทดลองพบว่า การปรับซี่ตะแกรงให้มากขึ้นเป็นสองเท่าของระยะเดิมทำให้ซังแยกตัวออกจากเปลือก เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย ส่วนการปรับระยะห่างใบปิดของขบเศษ ให้มีระยะเพิ่มขึ้นอีก 10 เซนติเมตรไม่มีผลต่อการแยกเปลือกออกจากซัง

### การหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน

เมื่อเครื่องกะเทาะข้าวโพดนี้กำหนดอายุการใช้งานไว้ 10 ปี และมีอัตราการใช้งาน 180 ชั่วโมงต่อปีซึ่งคิดเฉลี่ยวันละ 6 ชั่วโมง ไม่มีอัตราค่าดอกเบี้ยและค่าโรงเรือน เนื่องจากราคาเครื่องเป็นที่สูงมากและไม่ต้องใช้โรงเรือนสำหรับการจัดเก็บ

การคำนวณหาต้นทุนการใช้เครื่อง

$$Ac = ( Fc/A ) + ( 1/Ct ) [ ( R \& M ) + F + O + L0 ] \dots \dots \dots \text{สมการที่ 1}$$

$$Fc = D + I \dots \dots \dots \text{สมการที่ 2}$$

$$D = ( P - S ) / N \dots \dots \dots \text{สมการที่ 3}$$

$$I = [ ( P + S ) / 2 ] ( r / 100 ) \dots \dots \dots \text{สมการที่ 4}$$

เมื่อ

D = ค่าเสื่อมราคา ( บาท/ปี )

I = ดอกเบี้ย ( บาท/ปี )

P = ราคาซื้อ ( บาท )

S = มูลค่าซาก ( บาท )

N = อายุการใช้งาน ( ปี )

r = อัตราดอกเบี้ย ( เปอร์เซ็นต์/ปี )

Ac = ต้นทุนการใช้เครื่อง ( บาท/กก )

Fc = ค่าใช้จ่ายคงที่ ( บาท/ปี )

A = ชั่วโมงการใช้เครื่องกะเทาะ 1 ปี ( กก )

R&M = ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา	( บาท/ชั่วโมง )
F = ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	( บาท/ชั่วโมง )
O = ค่าน้ำมันหล่อลื่นและน้ำมันไฮดรอลิค	( บาท/ชั่วโมง )
L0 = ค่าแรงงานคนป้อนทานตะวัน	( บาท/ชั่วโมง )
Ct = ความสามารถในการทำงานของเครื่อง	( กก/ชั่วโมง )

การคำนวณหาต้นทุนการใช้เครื่อง ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ในการคำนวณ

1. ราคาซื้อ ( P )	=	18,000	บาท
2. อายุการใช้งาน ( N )	=	10	ปี
3. มูลค่าซาก ( S )	=	1,800	บาท ( 10%ของราคาซื้อ )
4. อัตราดอกเบี้ย ( r )	=	ไม่นำมาคิด	
5. ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ( R&M )	=	( 0.025X P ) / ( 100 ชั่วโมงการทำงาน ) คิด 2.5% ของราคาซื้อ	
	=	4.5	บาท/ชั่วโมง
6. ค่าไฟฟ้า ( F )	=	25	บาท/ชั่วโมง
7. ค่าน้ำมันหล่อลื่น ( O )	=	0	บาท/ชั่วโมง
8. ค่าแรงงานคนป้อน	=	10	บาท/กระสอบ(40กก)
( L0 )	=	240	บาท/ชั่วโมง
9. ความสามารถในการทำงาน ( Ct )	=	960	กก/ชั่วโมง

จากสมการที่ 3 คำนวณหาค่าเสื่อมราคา

$$D = ( P - S ) / N$$

$$= ( 18,000 - 1,800 ) / 10$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = 1,620 \text{ บาท/ปี}$$

จากสมการที่ 4 คำนวณหาดอกเบี้ย

$$\text{ดอกเบี้ย} = 0 \text{ เปอร์เซ็นต์/ปี}$$

แทนค่า D และ I ในสมการที่ 2 คำนวณหาค่าใช้จ่ายคงที่

$$\text{ค่าใช้จ่ายคงที่ } Fc = D + I$$

$$= 1,620 + 0$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายคงที่} = 1,620 \text{ บาท/ปี}$$

แทนค่าต่างๆในสมการที่ 1 คำนวณหาต้นทุนการใช้เครื่องนวดทานตะวัน

$$Ac = ( Fc / A ) + ( 1 / Ct ) [ ( R \& M ) + ( F + O + L0 ) ]$$

$$= ( 1,620 / A ) + ( 1 / 960 ) [ 4.5 + 25 + 4.5 + 240 ]$$

$$Ac = ( 1,620 / A ) + 0.29 \dots\dots\dots \text{สมการที่ 5}$$

$$\text{ต้นทุนการใช้เครื่อง} = ( 1,620 / A ) + 0.29 \text{ บาท/กก}$$

$$2. \text{ ปัจจุบันค่าจ้างกะเพาะข้าวโพดอยู่ที่ } 1 \text{ บาท/กิโลกรัม ( เมล็ด )}$$

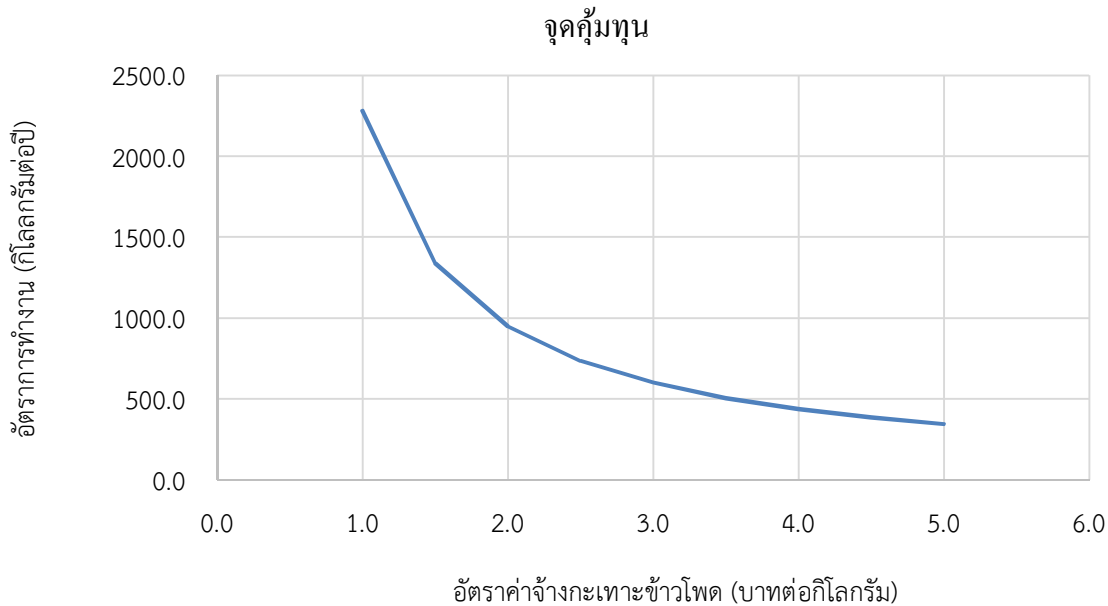
### 3. การคำนวณหาจุดคุ้มทุน

อัตราค่ารับจ้างกะเทาะ 1 บาท/กก แทนค่าต้นทุนใน สมการที่ 5

$$(1,620/A) = 1 - 0.29$$

$$A = 2,282 \text{ กิโลกรัมต่อปี}$$

จุดคุ้มทุนการใช้เครื่องเท่ากับ 2,282 กก/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราค่าจ้าง 1 บาท/กก  
อัตราการทำงานของเครื่อง 960 กก/ชั่วโมง



จากกราฟ สามารถอธิบายได้ว่าการนำเครื่องกะเทาะข้าวโพดขนาดเล็กนี้ไปรับจ้างกะเทาะให้ได้ 2,292 กิโลกรัมต่อปี เมื่ออัตราค่ารับจ้างเท่ากับ 1 บาทต่อกิโลกรัม หรือ เมื่ออัตราค่าจ้างกะเทาะเพิ่มเป็น 3.50 บาทต่อกิโลกรัม ต้องกะเทาะข้าวโพด 500 กิโลกรัมต่อปี จึงจะคุ้มทุน

#### การหาระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน = จำนวนเงินลงทุน / ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี

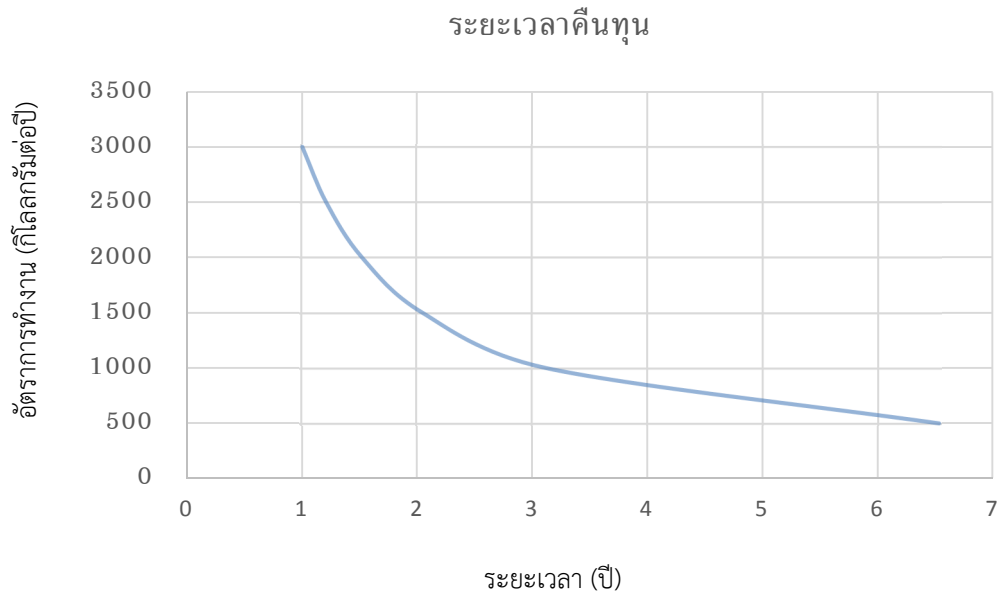
ผลประโยชน์สุทธิ = ผลประโยชน์ (บาทต่อปี) - ต้นทุนการใช้เครื่อง

ผลประโยชน์ = จำนวนชั่วโมงการทำงาน x อัตราค่าจ้างกะเทาะ

ต้นทุนการใช้เครื่องกะเทาะ = ค่าบำรุงรักษา + ค่าไฟฟ้า + ค่าจ้างแรงงาน

ระยะเวลาคืนทุน (ปี)  $Y = \frac{18,000 \text{ บาท}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิ}}$

$(A \text{ กิโลกรัมต่อปี} \times 6 \text{ ชั่วโมง} \times 1 \text{ บาทต่อกิโลกรัม}) - 244.5 \text{ บาทต่อชั่วโมง}$



จากกราฟ อธิบายได้ว่าหากต้องการคืนทุนภายในระยะเวลา 1 ปีจะต้องนำเครื่องกะเทาะรับจ้างกะเทาะให้ได้ 3,000 กิโลกรัม หรือเมื่อรับจ้างกะเทาะได้ 1,000 กิโลกรัมต่อปี จะต้องใช้ระยะ 3 ปี จึงจะคืนทุน.

## เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร(2559).โครงการส่งเสริมการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา [ออนไลน์]  
[อ้างเมื่อ 29 ตุลาคม 2559 ] จาก <https://www.matichon.co.th/news/339276>
- จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ ทรงยศ จันทรมานิตย์ และคณิศร์กิติ์ เจียรนัยกุล.(2529).ศึกษาและ  
สำรวจการใช้เครื่องกะเทาะข้าวโพด.กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวง  
เกษตรและสหกรณ์.
- จำนง ชัญญาวรรและคณะ(2558)ศักยภาพข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมภายใต้สภาวะแห้งแล้ง  
และร้อน.ประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งประเทศไทยครั้งที่ 37.
- คณิศร์กิติ์ เจียรนัยกุล จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ สาทิส เวณูจันทร์ มงคล ตุ่นเข้าและคณะ.  
(2551). พัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์.  
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวง เกษตรและสหกรณ์.
- นินนาท ราชประดิษฐ์ และภควัต พัวสมบัติศักดิ์.(2533).โครงการปริญญาวิศวกรรมศาสตร์ ภาค  
วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ผานิตย์ ศิริปมิตต์ดูล และนุชนารถ บัณฑุภาคปรีชา.(2531). โครงการงานวิศวกรรมการเกษตร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สาทิส เวณูจันทร์และคณะ(2550).ทดสอบและออกแบบเครื่องปลิดฝักข้าวโพดและเครื่องเกี่ยว  
นวดข้าวที่ผลิตในประเทศให้สามารถใช้เกี่ยวข้าวโพดได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยร่วมมือ  
กับภาคเอกชน. รายงานการทดลองสิ้นสุด กรมวิชาการเกษตร.
- สมชาย ชวนอุดมและวินิต ชินสุวรรณ.(2552) ผลของมุมครีบบงเดือนที่มีต่อความสูญเสียจากชุด  
นวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกน.วารสารวิจัย มข.14(3) : 322-330.
- สมชาย ชวนอุดม.(2550).การทำนายความสูญเสียจากระบบการนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว  
แบบไหลตามแกน. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม  
เครื่องจักรกลเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สมชาย ชวนอุดม.(2554).เครื่องเก็บเกี่ยวเมล็ดพืช.สำนักนวัตกรรมการเรียนการสอน.  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- วิบูลย์ ช่างเรือ (2541).การพัฒนาเครื่องกะเทาะข้าวโพดพร้อมเปลือก.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต.  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .
- วัชรินทร์ ชูสุวรรณ(2554).การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดไร่ของมหาวิทยาลัย  
เกษตรศาสตร์ .
- องค์การตลาดเพื่อเกษตรกร(2559).การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. [ออนไลน์ ] [อ้างเมื่อ 28  
มิถุนายน 2559 ] จาก [www.mof.or.th/rai/fs-doae-rai/fs-doae-comani.doc](http://www.mof.or.th/rai/fs-doae-rai/fs-doae-comani.doc)