

ชื่อชุดโครงการ	วิจัยพัฒนาการเพิ่มมูลค่าผลผลิตเกษตร
ชื่อโครงการ	วิจัยและพัฒนาบรรจุภัณฑ์
ชื่อการทดลอง	วิจัยและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยและบดวัสดุทางการเกษตร (Research and Development chopper and Hammer mill)

#### คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง นายมงคล ตุ่นเฮ้า วิศวกรการเกษตรชำนาญการ

สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

#### ผู้ร่วมงาน

1. นายพุทธิพันธ์ จารุวัฒน์ วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ

สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี

2. นายรังสีธิ์ ศิริมาลา นายช่างเครื่องกลชำนาญงาน

สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

3. นายมานพ คันธามารัตน์ นายช่างเครื่องกลชำนาญงาน

สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

#### บทคัดย่อ

เปลือกทุเรียนและต้นกล้วยได้ถูกนำมาแปรรูปเป็นผงคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสเพื่อใช้เป็นแผ่นฟิล์มผง ที่ละลายน้ำได้ โดยมีขั้นตอนการผลิตคือต้องนำมาหั่นเป็นชิ้นบางและอบให้แห้ง ขนาดของชิ้นทุเรียนที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการอบคือ มีความหนา 2-4 มิลลิเมตร จึงได้ออกแบบสร้างเครื่องหั่นเปลือกทุเรียน โดยลักษณะตัวเครื่อง ประกอบด้วยใบมีดจำนวน 2 ใบ ติดตั้งบนแผ่นสแตนเลส กลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตรหนา 15 มิลลิเมตร ติดตั้งในแนวระดับ มีช่องป้อน 2 ช่องทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.6 เซนติเมตรสูง 20 เซนติเมตร ป้อนเปลือกทุเรียนลงตามแนวตั้ง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ที่ความเร็วรอบใบมีด 540 รอบต่อนาที จำนวนคนป้อน 2 คน มีอัตราการทำงาน 392 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเครื่องหั่นย่อยต้นกล้วย มีอัตราการทำงาน 1,200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วรอบใบมีด 1,000 รอบต่อนาที

#### คำนำ

วัสดุการเกษตรที่เหลือจากการใช้ประโยชน์หลัก ได้ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ตามแนวคิด Zero Waste ลดขยะลดภาวะโลกร้อน ซึ่งพบว่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลายชนิดสามารถผลิตเป็นผงคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (CMC) หรือพลาสติกชีวภาพได้ เช่นเปลือกทุเรียน ชานอ้อย ต้นกล้วย เป็นต้น ซึ่งสารดังกล่าวใช้กันแพร่หลายในอุตสาหกรรม ทั้งอาหาร ยา เซรามิก เพื่อเพิ่มความข้นหนืดให้กับตัวอาหาร อาทิเช่น ไอศกรีม สารเคลือบผิว แคปซูลยา เปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สร้าง ปัญหาให้กับชุมชน ตลาดสดหลายแห่ง เนื่องจากมีกลิ่นฉุน จึงเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ได้นำมาทดลองแปรรูปเป็นผงคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส โดยผ่านกระบวนการคือ

ต้องหันเป็นชิ้นบางและ อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 55 องศา นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ มาสกัด เปลือกทุเรียนอบแห้งจนออกมาเป็นเส้นใยเซลลูโลสสีน้ำตาล แล้วนำมาล้างน้ำหลายๆครั้ง เพื่อให้โซเดียมฯ หหมดไป แล้วจะได้เส้นใย CMC สีขาว ก่อนนำไปบดเป็นผง แล้วอบแห้งอีกครั้ง จะได้ผง CMC ที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ ทั้งนี้ ในขั้นตอนของการหันเป็นชิ้นบาง จำเป็นต้องมีเครื่องหันเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานและให้ได้ขนาดชิ้นที่มีความเหมาะสมอีกทั้งได้ปริมาณมากตามความต้องการโดยเร็ว จึงจำเป็นต้องสร้างเครื่องที่มีลักษณะเฉพาะ เพื่อให้ได้ขนาดชิ้นของเปลือกทุเรียนดังกล่าว แต่เนื่องจากเปลือกทุเรียนมีลักษณะที่แข็งด้านนอก นุ่มด้านใน และมีเส้นใย การใช้เครื่องหันย่อยที่มีอยู่โดยทั่วไป จึงไม่สามารถกระทำได้ ซึ่งเบื้องต้นได้ทดสอบ กับเครื่องหันฟาง เครื่องหันย่อยขนาดเล็ก เครื่องหันเปลือกทุเรียนแบบเดิม และเครื่องหันย่อยต้นถั่วลิสง เพื่อให้ได้เครื่องหันที่มีความเหมาะสมสำหรับการหันเปลือกทุเรียนและพัฒนาเป็นเครื่องหันเปลือกทุเรียน ที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปเปลือกทุเรียนเป็นผงคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส ต่อไป

## วิธีการดำเนินการ

### อุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการดำเนินการ มีดังนี้

1. เครื่องหันย่อยแบบต่างๆ
2. เหล็กขนาดและรูปร่างต่าง ๆ ตลอดจนวัสดุอื่น ๆ เช่น ลูกปืนตุ๊กตา สายพาน และ เครื่องยนต์ต้นกำลัง เป็นต้น ตลอดจนเครื่องจักรกลโรงงานต่าง ๆ เช่น เครื่องกลึง เครื่องเชื่อมไฟฟ้า ฯลฯ ที่ใช้ในการสร้างและประกอบต้นแบบ
3. เครื่องมืองานช่าง เช่น ประแจ ไขควง
4. เครื่องวัดความเร็วรอบ
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องชั่ง
7. เปลือกทุเรียน
8. คอมพิวเตอร์
9. อุปกรณ์สำนักงานต่างๆ เช่นเครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องสแกน กล้องถ่ายรูป

### วิธีการดำเนินการ

1. ทดสอบเครื่องหันย่อยแบบต่างๆ กับเปลือกทุเรียน
2. พัฒนาเครื่องต้นแบบใหม่
3. สร้างและประกอบเครื่องต้นแบบ
4. ทดสอบ ปรับปรุง ดัดแปลง แก้ไข เครื่องต้นแบบเบื้องต้น
5. ทดสอบ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข
6. ทดสอบเครื่องต้นแบบในสภาพใช้งานจริง และ เขียนแบบชิ้นส่วนและกลไกต่าง ๆ ของ

## เครื่องต้นแบบ

7. ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ แล้วทำการทดสอบครั้งสุดท้าย
8. สาธิต เผยแพร่ ปรับปรุงแก้ไขแบบรายละเอียดชิ้นส่วนและกลไกต่าง ๆ
9. จัดทำรายงาน

## เวลาและสถานที่

ระยะเวลาในการดำเนินการ ตุลาคม 2554- กันยายน 2557

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

## ผลการทดลองและวิจารณ์

ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของต้นกล้วยและเปลือกทุเรียนสดซึ่งเป็นวัสดุทางการเกษตรสำหรับนำมาทำบรรจุภัณฑ์ ผลการศึกษาพบว่าต้นกล้วยมีความชื้นเฉลี่ย 91.73% มาตรฐานเปียก เป็นวัสดุที่มีเส้นใยเป็นองค์ประกอบประมาณ 23.9% และมีส่วนประกอบทางเคมี (% dry matter) คือ ไขมัน โปรตีน และเถ้า เป็นปริมาณ 0.4, 4.1 และ 31.4 ตามลำดับ ในขณะที่เปลือกทุเรียนมีความชื้นเฉลี่ย 80% มาตรฐานเปียก เป็นวัสดุที่มีเส้นใยเป็นองค์ประกอบประมาณ 79% และมีส่วนประกอบทางเคมี(% dry matter) คือโปรตีน ไขมัน และเถ้า เป็นปริมาณ 5.48, 0.82, และ 3.58 ตามลำดับ จึงได้ทำการสำรวจเครื่องหั่นย่อยที่มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาทดสอบหั่นย่อยต้นกล้วยและเปลือกทุเรียน ตามรูปด้านล่าง ที่ประกอบด้วยเครื่องหลายลักษณะด้วยกัน



เครื่องฝานเนื้อผลไม้แบบของบริษัทเอกชน



เครื่องฝานเนื้อทุเรียนแบบของกรมวิชาการเกษตร



เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้แบบของกรมวิชาการเกษตร



ลักษณะของใบมีดและตัวตี



เครื่องหั่นทางปาล์มน้ำมันแบบของกรมวิชาการเกษตร

เครื่องหั่นย่อยต้นถั่วลิสงแบบของกรมวิชาการเกษตร

ต่อมาได้ทดสอบหารูปแบบของเครื่องต้นแบบที่เหมาะสมที่จะนำมาหั่นย่อยต้นกล้วยและเปลือกทุเรียน ผลการทดสอบเครื่องต่างๆ พบว่าเครื่องฟานเนื้อผลไม้และเนื้อทุเรียน เมื่อทดสอบการทำงานพบว่าจะได้ชิ้นของเศษวัสดุเป็นมีลักษณะที่เป็นแผ่นหนาบางปะปนกัน และมีชิ้นวัสดุติดอยู่ที่ตัวเครื่องเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไข หากต้องการนำมาใช้งานในลักษณะดังกล่าว สำหรับเครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้จากการทดสอบพบว่าสามารถหั่นย่อยต้นกล้วยไม้และเปลือกทุเรียนได้แต่พบปรากฏมีเส้นใยจากวัสดุไปติดขัดที่แกนเพลของเครื่อง เมื่อทดสอบระยะเวลาอันเครื่องจะติดขัด ลักษณะชิ้นที่ได้ เป็นชิ้นเล็ก เครื่องหั่นทางปาล์มน้ำมันและเครื่องหั่นย่อยต้นถั่วลิสงซึ่งมีลักษณะการทำงานที่คล้ายกัน เมื่อทดสอบพบว่าสามารถหั่นย่อยพืชที่เป็นลักษณะเส้นใยได้ดี ซึ่งต้นกล้วยและเปลือกทุเรียนจัดเป็นวัสดุทางการเกษตรเป็นพืชที่มีเส้นใย พิจารณาว่าควรนำมาใช้สำหรับการหั่นต้นกล้วยที่ควรปรับปรุงช่องป้อนให้มีความเหมาะสม



ลักษณะของเนื้อทุเรียนที่ฟานได้



มีชิ้นเนื้อทุเรียนที่ฟานได้ติดที่ตัวเครื่องจำนวนมาก



ลักษณะของเปลือกทุเรียนและเส้นใยต้นกล้วยที่ติดอยู่ที่เครื่องหั่นย่อยกิ่งไม้



ทดสอบหั่นย่อยต้นกล้วยด้วยเครื่องหั่นทางปาล์มน้ำมัน

ทดสอบหั่นย่อยด้วยเครื่องหั่นย่อยต้นกล้วย

เมื่อปรับปรุงและทำการทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องหั่นย่อยต้นกล้วยแล้วนำมาหั่นต้นกล้วย โดยได้ทำการปรับปรุงช่องป้อนให้สามารถป้อนท่อนกล้วยได้ พบว่าสามารถหั่นต้นกล้วยได้ดีแต่ ต้นกล้วยมีความชื้นสูงและมีน้ำปะปนออกมา วัสดุตัวเครื่องที่เป็นเหล็กเมื่อถูกความชื้นจะเป็นสนิม จึงเห็นควรที่จะปรับเปลี่ยนวัสดุบางชิ้นส่วนเพื่อป้องกันการเกิดสนิมต่อไป



ทดสอบหั่นต้นกล้วยต้องสับแบ่งต้นกล้วยก่อนป้อน

ต้นกล้วยที่หั่นย่อยได้

การทดสอบการหั่นย่อยเปลือกทุเรียนด้วยเครื่องหั่นย่อยพืชเส้นใย ผลการทดสอบพบว่าเครื่องหั่นย่อยพืชเส้นใยสามารถหั่นย่อยเปลือกทุเรียนในช่วงแรกได้แต่เมื่อทำงานไปซักระยะจะเกิดการติดของเศษเปลือกทุเรียนหั่นย่อยซึ่งมีลักษณะเหนียวหนืดภายในห้องหั่นย่อยไม่สามารถพ่นออกมาได้หมด และจะสะสมมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเครื่อง

ลักษณะนี้สามารถนำมาพัฒนาให้เหมาะสำหรับการหั่นย่อยเปลือกทุเรียนในอนาคตได้ โดยให้เปลือกทุเรียนหั่นย่อยออกจากเครื่องที่ด้านล่าง และต้องปรับช่วงป้อนให้เหมาะสมกับขนาดของชั้นทุเรียน และทดลองปรับเปลี่ยนลักษณะของใบมีดที่ตัดเฉือน



ทดสอบเครื่องหั่นย่อยพืชเส้นใย



เศษเปลือกทุเรียนหนักในห้องหั่นย่อย



เครื่องหั่นทางปาล์มน้ำมัน



เครื่องหั่นย่อยต้นกล้วย



เครื่องหั่นย่อยพืชเส้นใย

**ตารางที่ 1. ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องหั่นทางปาล์มในการหั่นย่อยต้นกล้วย**

หัวข้อทดสอบ	ความเร็วรอบแกนเพลลาใบมีด(รอบ/นาที)			
	632	815	912	1,010
ต้นกำลังเครื่องยนต์ดีเซล Kubota 9.5 แรงม้า				
ความสามารถในการหั่นย่อยต้นกล้วย (ก.ก./ชั่วโมง)	1,910 <sup>d</sup>	2,040 <sup>c</sup>	2365 <sup>b</sup>	2463 <sup>a</sup>
การสูญเสีย (%)	7.22 <sup>a</sup>	5.88 <sup>b</sup>	1.09 <sup>d</sup>	1.54 <sup>c</sup>
ขนาดชิ้นต้นกล้วย(กว้างxยาว : ซม.)	1.2x1.7	1.1x1.5	1x1.2	0.8x1
อัตราการใช้เชื้อเพลิง(ลิตร/ชม.)	1.62 <sup>d</sup>	1.73 <sup>c</sup>	1.84 <sup>b</sup>	2.13 <sup>a</sup>

วางแผนการทดสอบแบบ CRD ใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตารางที่ 2. ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องหั่นพืชเส้นใยในการหั่นย่อยเปลือกทุเรียน**

หัวข้อทดสอบ	ความเร็วรอบแกนเพลลาใบมีด(รอบ/นาที)			
	1,416	1,541	1,678	1,729
ต้นกำลังเครื่องยนต์เบนซิน Honda 5.5 แรงม้า				

ความสามารถในการหั่นย่อยเปลือกทุเรียน (ก.ก./ ชั่วโมง)	370.64 <sup>d</sup>	420.29 <sup>c</sup>	544.63 <sup>b</sup>	655.46 <sup>a</sup>
การสูญเสีย (%)	5.38 <sup>a</sup>	3.98 <sup>b</sup>	3.45 <sup>c</sup>	3.33 <sup>c</sup>
ขนาดชิ้นเปลือกทุเรียน(กว้างxยาว : ซม.)	0.9x1.2	0.7x1.3	0.6x1.2	0.5x1
อัตราการใช้เชื้อเพลิง(ลิตร/ชม.)	1.65 <sup>d</sup>	1.77 <sup>c</sup>	2.21 <sup>b</sup>	2.80 <sup>a</sup>

วางแผนการทดสอบแบบ CRD ใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ข้อมูลเบื้องต้นจากผลการทดสอบพบว่าเครื่องหั่นทางปาล์มและเครื่องหั่นต้นถั่วลิสงมีศักยภาพในการนำมาวิจัยและพัฒนาเพื่อใช้ในการหั่นย่อยต้นกล้วยได้ และเครื่องหั่นย่อยพีชเส้นใยและเครื่องผ่าน สามารถนำมาพัฒนาเพื่อใช้ในการหั่นย่อยเปลือกทุเรียน หากต้องการลักษณะของชิ้นที่เป็นแผ่นควรปรับปรุงจากเครื่องผ่าน แต่หากต้องการชิ้นทุเรียนควรปรับปรุงจากเครื่องหั่นย่อยซากพืชซึ่งข้อมูลผลการทดสอบแสดงตามตารางที่ 1. ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องหั่นทางปาล์มสำหรับหั่นย่อยต้นกล้วย และตารางที่ 2.แสดงผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องหั่นย่อยพีชเส้นใยสำหรับหั่นย่อยเปลือกทุเรียน

การดำเนินการปรับปรุงและทดสอบเครื่องหั่นย่อยเปลือกทุเรียนต้นแบบ ได้ทดลองปรับปรุงต้นแบบสำหรับทดสอบ 2 เครื่องคือ เครื่องแบบ A ได้ปรับปรุงเครื่องผ่านเพื่อให้ได้ชิ้นเปลือกทุเรียนที่เป็นแผ่น และเครื่องแบบ B ปรับปรุงจากเครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใย ซึ่งเป็นชิ้นละเอียด ซึ่งเครื่องต้นแบบ A ซึ่งทำจากสแตนเลส มีลักษณะใบมีดสองใบวางตามแกนตั้ง มีช่องสำหรับป้อนสองช่องและป้อนชิ้นงานเข้าด้านบนของตัวเครื่อง ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ การทำงานของเครื่องคือกดชิ้นเปลือกทุเรียนเข้าช่องป้อนด้านบนด้วยอุปกรณ์สำหรับกดชิ้นงาน ใบมีดจะหั่นโดยลักษณะผ่าน ลักษณะของชิ้นงานที่ได้จะมีลักษณะเป็นแผ่น ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบ เครื่องหั่นย่อยเปลือกทุเรียน แบบ A

ความเร็วรอบใบมีด	อัตราการทำงาน (kg/hr)	ขนาดชิ้นงาน (mm)			
		กว้าง	ยาว	หนา	
200 (rpm)	A	64.5	38.25	83.5	3.5
250 (rpm)	B	121.5	48.25	98.5	3.25
300 (rpm)	C	126	49.5	96.25	4

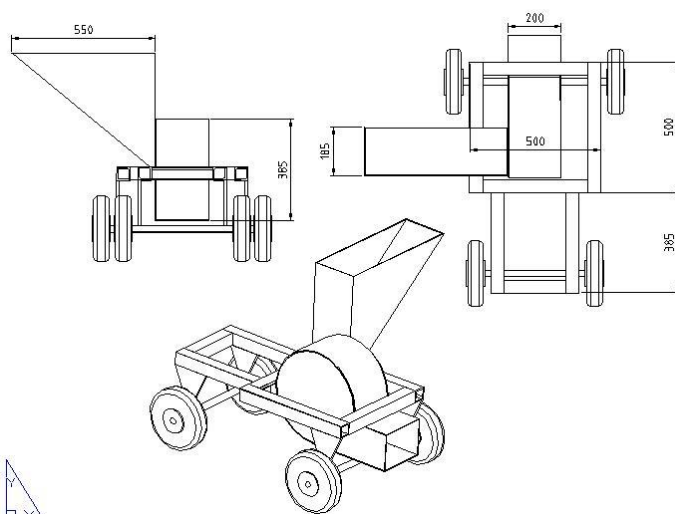
ผลจากการทดสอบพบว่า การทำงานของเครื่องต้นแบบ A มีการตกค้างชิ้นงานที่หั่นได้ในตัวเครื่อง การปรับใบมีดให้ได้ชิ้นงานตามลักษณะที่ต้องการ (บาง-หนา) ต้องอาศัยทักษะด้านช่าง ซึ่งยากสำหรับคนใช้งานทั่วไป การถอดทำความสะอาด โดยทั่วไปทำได้ไม่สะดวก ซึ่งถือเป็นข้อปรับปรุงแก้ไขที่จะต้องดำเนินการต่อไป

ต้นแบบสำหรับการหั่นย่อยเปลือกทุเรียน ที่นำมาทดสอบมีลักษณะการทำงานโดยการผ่านเป็นชิ้นแผ่นบาง หนา 3-4 มิลลิเมตร โดยตัวเครื่องมีลักษณะการทำงานโดยป้อนชิ้นงานเข้าด้านบนและใช้อุปกรณ์ช่วยป้อนชิ้นงานเข้าหาใบมีด เบื้องต้นพบว่าลักษณะของชิ้นงานเป็นที่น่าพอใจแต่รูปแบบการทำงานยังไม่เหมาะสมเนื่องจาก

1. คนป้อนชิ้นงานต้องอาศัยแรงดันชิ้นงานเพื่อให้เข้าถึงใบมีดตัดเมื่อบ่อยครั้งทำให้เกิดความเมื่อยล้า ดังภาพ
2. การปรับระยะใบมีด เพื่อกำหนดขนาดความหนา-บางของชิ้นงานทำได้โดยต้องอาศัยเทคนิคทางช่าง ซึ่งบุคคลที่ใช้งานทั่วไป ทำได้ไม่สะดวก
3. ชิ้นงานที่ได้จากการหั่นย่อยแล้ว จะตกค้างอยู่กับตัวเครื่องเป็นส่วนใหญ่เนื่องจาก ความชื้นของชิ้นงานที่ได้จากการหั่นย่อยและมุมการไหลที่น้อยเกินไป



สำหรับเครื่องต้นแบบ B ได้ปรับปรุงจากเครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใยของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม โดย ในการออกแบบสร้างให้มีขนาดช่องป้อนกว้างขึ้นสามารถใส่ชิ้นเปลือกทุเรียนให้มีความสะดวก และแก้ไขให้ช่องทางออกของชิ้นเปลือกทุเรียนที่หั่นย่อยแล้วออกได้สะดวกขึ้นเพื่อลดการตกค้างในตัวเครื่อง และปรับเปลี่ยนใบมีดให้เป็นแบบยาว







การออกแบบและแก้ไขต้นแบบ เครื่องหั่นย่อยสำหรับเปลือกทุเรียน



เครื่องหั่นย่อยเปลือกทุเรียนแบบ A



เครื่องหั่นย่อยเปลือกทุเรียนแบบ B

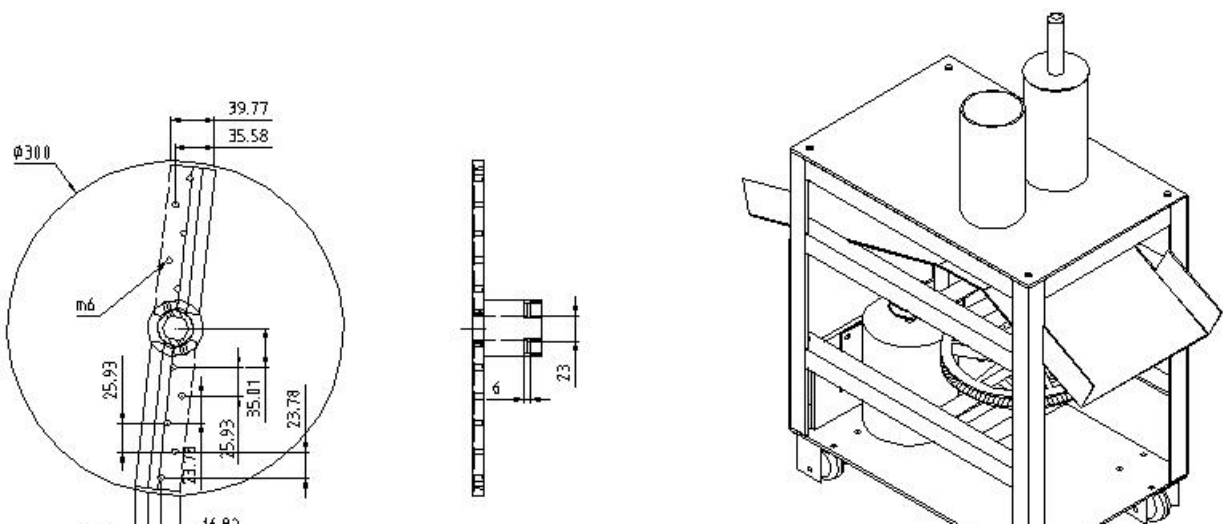
ต้นแบบเครื่องหั่นย่อยเปลือกทุเรียนแบบ B ซึ่งปรับปรุงจากเครื่องหั่นย่อยซากพืชเส้นใย โดยปรับช่อง  
ชิ้นงานออกให้อยู่ด้านล่างเพื่อให้ชิ้นงานที่หั่นย่อย ระบายออกได้สะดวกไม่ตกค้าง ใบมีดวงตามแนวแกนนอน  
ป้อนชิ้นงานเข้าช่องป้อนมุมประมาณ 45 องศา ผลจากการทดสอบพบว่ามีอัตราการทำงาน 300- 500 kg/hr ซึ่ง

ถือว่ามีประสิทธิภาพการทำงานที่สูง การป้อนชิ้นงานเป็นไปด้วยความไม่สะดวกรต้องใช้อุปกรณ์ หากแต่ลักษณะของชิ้นงานที่ได้มีลักษณะของขนาดชิ้นงานที่ไม่แน่นอนและตัวเครื่องทำจากเหล็กซึ่งเป็นสนิมได้ ต้นกำเนิดใช้เครื่องยนต์ 6 แรงม้า ซึ่งไม่เหมาะกับงานที่จะนำชิ้นงานไปแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร แต่จะเหมาะสำหรับนำชิ้นงานไปใช้งานในลักษณะอื่น จากข้อมูลการผลของการนำชิ้นทดสอบไปอบแห้งทำให้ทราบว่าชิ้นของเปลือกทุเรียนควรมีลักษณะเป็นแผ่นบาง จะทำให้แห้งเร็วและไม่มีความชื้น จึงเป็นข้อมูลตัดสินใจที่จะพัฒนาเครื่องฝานสำหรับใช้ชิ้นงานที่เป็นเปลือกทุเรียน โดยปรับปรุงใหม่และทำการหาประสิทธิภาพใหม่อีกครั้ง

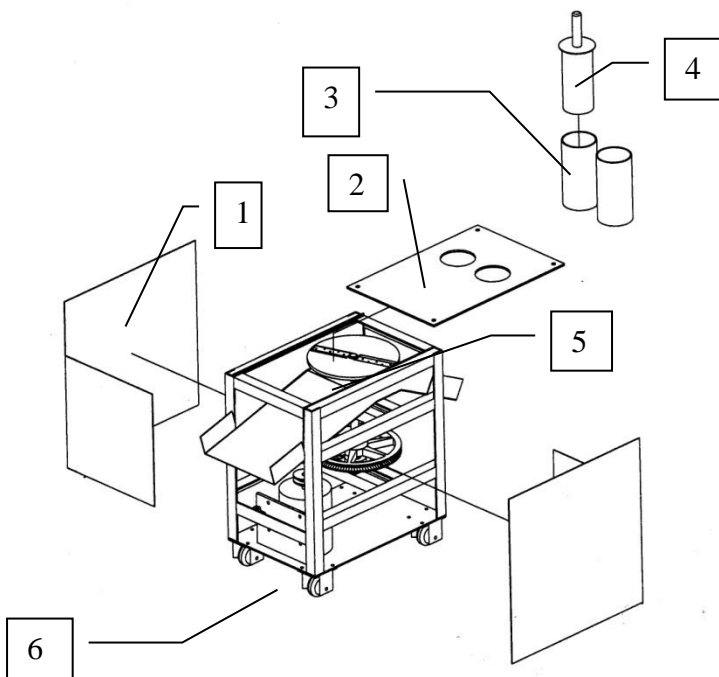
เมื่อทำการแก้ไขเครื่องสำหรับการหั่นเปลือกทุเรียนนั้นได้แก้ไขชิ้นส่วนที่สัมผัสกับชิ้นวัสดุ ให้เป็นสแตนเลส เพื่อลดการปนเปื้อนของสนิม ซึ่งเครื่องหั่นย่อยเปลือกทุเรียน มีลักษณะตัวเครื่อง ประกอบด้วยใบมีดจำนวน 2 ใบ ติดตั้งบนแผ่นสแตนเลส กลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตรหนา 15 มิลลิเมตร ติดตั้งในแนวระดับ มีช่องป้อน 2 ช่องทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.6 เซนติเมตร (3 นิ้ว) ซึ่งเป็นขนาดที่กลมที่เป็นมาตรฐานขายทั่วไป และเป็นขนาดที่พอดีกับขนาดชิ้นเปลือกทุเรียน โดยเบื้องต้นได้ทดลองใช้ที่กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.16 เซนติเมตร(4 นิ้ว) สูง 15 เซนติเมตรเป็นช่องป้อน พบว่าการตัดเฉือนของใบมีดไม่สามารถทำได้เนื่องจากขนาดช่องป้อนที่มีขนาดโตกว่า ทำให้เกิดการพับและการอัดเปลือกทุเรียนและไม่ตัดเฉือนตามแนวขวาง ทำให้การตัดเฉือนทำได้ยาก จึงได้ทำการปรับเปลี่ยนขนาดช่องป้อนให้มีขนาดเล็กลงเป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.6 เซนติเมตร (3 นิ้ว) สูง 15 เซนติเมตร พบว่าเมื่อป้อนเปลือกทุเรียนทำให้เปลือกทุเรียนอยู่ในแนวขวางกับใบมีดตลอดและการตัดเฉือนของใบมีดเป็นไปได้ดี แต่ด้วยขนาดความยาวของเปลือกทุเรียนที่มากกว่าขนาดท่อของช่องป้อน การป้อนด้วยการกดอัดจึงทำได้ไม่สะดวก จึงได้เพิ่มความสูงของช่องป้อนเป็น 20 เซนติเมตร โดยการป้อนเปลือกทุเรียนจะป้อนลงตามแนวตั้ง ซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำเนิด ที่ความเร็วรอบใบมีด 300-540 รอบต่อนาที จำนวนคนป้อน 2 คน มีอัตราการทำงาน 131-392 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และได้เก็บข้อมูลตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเครื่องหั่นเปลือกทุเรียน ที่ปรับปรุงแก้ไข

ขนาดพู่เล่ย์ ตัวซับ (นิ้ว)	ขนาดพู่เล่ย์ ตัวตาม (นิ้ว)	ความเร็วรอบ มอเตอร์	ความเร็วรอบใบมีด (รอบ/นาที)	อัตราการทำงาน (กก./ชม.)	ขนาดชิ้นเปลือกทุเรียน		
					กว้าง	ยาว	หนา
2.5	12	1440	300	131	35	89	4
3	12	1440	360	227	34	86	3.3
2.5	8	1440	450	329	27	68	3
3	8	1440	540	392	33	83	2.3



### รายละเอียดเครื่องหันเปลือกทุเรียน ต้นแบบ



### รายละเอียดส่วนประกอบเครื่องหันเปลือกทุเรียน

1. ฝาครอบเครื่องด้านข้าง
2. ฝาครอบเครื่องด้านบน
3. ช่องป้อน
4. กระบอกรับ
5. จานใบมีด
6. มอเตอร์ไฟฟ้า

สำหรับเครื่องหันย่อยต้นกล้วยที่ได้พัฒนาปรับปรุงจากเครื่องหันย่อยต้นถั่วลิสง นั้นเมื่อปรับช่องป้อนให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีความเหมาะสมจึงได้ผลการทดสอบตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบเครื่องหันย่อยวัสดุการเกษตรสำหรับหันย่อยต้นกล้วย

หัวข้อการทดสอบ	ความเร็วรอบแกนเพลลาใบมีด(รอบ/นาที)			
	650	800	900	1000
ขนาดชิ้นงาน(กว้างxยาว) เซนติเมตร	1.5x3.5	1.3x4	1.3x4	1.0x3
ปริมาณการติดค้างในเครื่อง (%)	1.2	1.3	1.3	1.5
ความสามารถในการทำงาน (ก.ก/ชม.)	560	700	980	1,200
อัตราการใช้เชื้อเพลิง (ลิตร/ชม.)	1	1.2	1.4	1.5

สำหรับเครื่องที่ใช้หันต้นกล้วยตัดแปลงจากเครื่องหันย่อยต้นถั่วลิสง ซึ่งมีลักษณะของ ตัวเครื่องมีใบมีดสำหรับหันย่อยจำนวน 2 ใบ ความยาว 1 ฟุต ทำจากเหล็กไฮสปีด ติดตั้งตรงข้ามกัน วางมุมเอียง 18 องศา กับแนวระดับ ภายในชุดโครเมียมป้องกันการเกิดสนิม ต้นกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ที่ความเร็วรอบใบมีด 1,000 รอบต่อนาที มีอัตราการทำงาน 1,200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ขนาดชิ้นของการหันโดยเฉลี่ยมีความยาว 3 เซนติเมตรและกว้าง 1เซนติเมตร



เครื่องหันย่อยต้นกล้วย หลังการปรับปรุง

เครื่องต้นแบบเครื่องหันย่อยต้นแบบวัสดุการเกษตรทั้งสองแบบที่ได้พัฒนาขึ้นมา นี้ เพื่อใช้งานสำหรับการหันวัสดุที่เป็นลักษณะเฉพาะคือ หันเปลือกทุเรียนและหันต้นกล้วย เป้าหมายเพื่อนำวัสดุที่ได้จากการหันนี้ไปใช้ในกระบวนการแปรรูปตามขั้นตอนต่อไป เพื่อให้ได้ซึ่งผงคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส หรือผลิตภัณฑ์ในรูปแบบอื่น ที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่เป็นเป้าหมายหลักของโครงการ สำหรับการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์เพื่อให้ทราบความคุ้มค่าของเครื่องนั้น ทางผู้วิจัยได้คำนวณเปรียบเทียบเฉพาะเครื่องหันย่อยต้นกล้วย ซึ่งใช้ข้อมูลที่เกษตรกรรับจ้างหันเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ ส่วนเครื่องหันย่อยเปลือกทุเรียนนั้น เป็นลักษณะเฉพาะงานซึ่งยังไม่มีข้อมูลสำหรับพิจารณาในการคำนวณ

## การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

คำนวณโดยกำหนดให้ราคาเครื่องหั่นย่อยต้นกล้วยเท่ากับ 15,000 บาท มีอายุการใช้งาน 7 ปี การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ทำได้โดยการหาจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องหั่นย่อยต้นกล้วย คำนวณโดยกำหนดให้เครื่องมีราคา 15,000 บาท มีอายุการใช้งาน 7 ปี เป็นฐานในคำนวณ

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยการหาจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่อง

### 1. การคำนวณหาต้นทุนการใช้เครื่อง

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

$$Fc = D+I.....\text{สมการที่ 2}$$

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

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

เมื่อ

$$D = \text{ค่าเสื่อมราคา} \quad ( \text{บาท/ปี} )$$

$$I = \text{ดอกเบี้ย} \quad ( \text{บาท/ปี} )$$

$$P = \text{ราคาซื้อ} \quad ( \text{บาท} )$$

$$S = \text{มูลค่าซาก} \quad ( \text{บาท} )$$

$$N = \text{อายุการใช้งาน} \quad ( \text{ปี} )$$

$$r = \text{อัตราดอกเบี้ย} \quad ( \text{เปอร์เซ็นต์/ปี} )$$

$$Ac = \text{ต้นทุนการใช้เครื่อง} \quad ( \text{บาท/กก} )$$

$$Fc = \text{ต้นทุนคงที่} \quad ( \text{บาท/ปี} )$$

$$A = \text{ชั่วโมงการใช้เครื่องหั่นย่อย 1 ปี} \quad ( \text{กก} )$$

$$R\&M = \text{ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา} \quad ( \text{บาท/ชั่วโมง} )$$

$$F = \text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} \quad ( \text{บาท/ชั่วโมง} )$$

$$O = \text{ค่าน้ำมันหล่อลื่นและน้ำมันไฮดรอลิก} \quad ( \text{บาท/ชั่วโมง} )$$

$$L0 = \text{ค่าแรงงานคนป้อน} \quad ( \text{บาท/ชั่วโมง} )$$

$$Ct = \text{ความสามารถในการทำงานของเครื่อง} \quad ( \text{กก/ชั่วโมง} )$$

### การคำนวณหาต้นทุนการใช้เครื่อง ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ในการคำนวณ

$$1. \text{ราคาซื้อ} \quad ( P ) \quad = \quad 15,000 \quad \text{บาท}$$

$$2. \text{อายุการใช้งาน} \quad ( N ) \quad = \quad 7 \quad \text{ปี}$$

$$3. \text{มูลค่าซาก} \quad ( S ) \quad = \quad 1,500 \quad \text{บาท} \quad ( 10\% \text{ของราคาซื้อ} )$$

$$4. \text{อัตราดอกเบี้ย} \quad ( r ) \quad = \quad 6.75 \quad \% \quad ( \text{อัตราดอกเบี้ยของ ธกส.} )$$

$$5. \text{ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา} \quad ( R\&M ) \quad = \quad 1.2\% \text{ของราคาซื้อ} / 100 \text{ ชั่วโมงการทำงาน}$$

$$\begin{aligned}
&= (0.012 \times 15,000) / (100) \text{ ชั่วโมงการทำงาน} \\
&= 1.8 \text{ บาท/ชั่วโมง} \\
6. \text{ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ( F )} &= 35 \text{ บาท/ชั่วโมง} \\
&\quad \text{( ค่าน้ำมันเบนซิน 35 บาท/ลิตร )} \\
7. \text{ ค่าน้ำมันหล่อลื่น ( O )} &= 3.5 \text{ บาท/ชั่วโมง} \\
&\quad \text{(10% ของน้ำมันเชื้อเพลิง )} \\
8. \text{ ค่าแรงงานคนป้อน} &= 250 \text{ บาท/วัน} \\
&\quad \text{( L0 )} &= 35.7 \text{ บาท/ชั่วโมง} \\
9. \text{ ความสามารถในการทำงาน} & \text{ กก/ชั่วโมง} \\
&\quad \text{( Ct )} &= 1,200 \text{ กก/ชั่วโมง}
\end{aligned}$$

อัตราการสิ้นเปลือง 1.5 ลิตร/ ชั่วโมง

$$\begin{aligned}
D &= ( P-S )/N \\
&= ( 15,000-1,500)/7 \\
&= 1,928.57 \text{ บาท/ปี}
\end{aligned}$$

จากสมการที่ 4 คำนวณหาดอกเบี้ย

$$\begin{aligned}
\text{ดอกเบี้ย} \quad I &= [(P+S)/2](r/100) \\
&= [(15,000+1,500)/2](6.75/100) \\
\text{ดอกเบี้ย} &= 556.9 \text{ บาท/ปี}
\end{aligned}$$

แทนค่า D และ I ในสมการที่ 2 คำนวณหาต้นทุนคงที่

$$\begin{aligned}
\text{ต้นทุนคงที่} \quad Fc &= D + I \\
&= 1,928.57 + 556.9 \\
\text{ต้นทุนคงที่} &= 2,488.47 \text{ บาท/ปี}
\end{aligned}$$

แทนค่าต่างๆในสมการที่ 1 คำนวณหาต้นทุนการใช้เครื่อง

$$\begin{aligned}
Ac &= ( Fc/A ) + ( 1/Ct ) [ ( R\&M ) + ( F+O+L0 ) ] \\
&= ( 2,488.47/A ) + ( 1/1,200 ) [ 1.8+35+3.5+35.7 ]
\end{aligned}$$

$$Ac = ( 2,488.47/A ) + 0.0633 \dots\dots\dots \text{สมการที่ 5}$$

$$\text{ต้นทุนการใช้เครื่อง} = ( 2,488.47/A ) + 0.0633 \text{ บาท/กก}$$

2. อัตราการจ้าง หั่นย่อย 250 บาทต่อวัน  
ซึ่งความสามารถในการทำงานของคน 1 คน = 1,200 กิโลกรัมต่อวัน (7 ชั่วโมง)  
คิดอัตราค่าจ้างหั่นย่อย 0.21 บาท/กิโลกรัม  
ตามหลักการคำนวณหาจุดคุ้มทุนจะแปรเปลี่ยนตามอัตราการใช้เครื่องต่อปี

3. การคำนวณหาจุดคุ้มทุน

คำนวณหาจุดคุ้มทุนได้ โดยนำค่าใช้จ่ายในการหั่นย่อย

อัตราค่ารับจ้างหั่นย่อย 0.21 บาท/กก แทนค่าต้นทุนในสมการที่ 5

$$Ac = (2,488.47/A) + 0.0633$$

$$0.21 = (2,488.47/A) + 0.0633$$

$$A = 2,488.47/0.1467$$

$$A = 16,963 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

จุดคุ้มทุนการใช้เครื่องเท่ากับ 16,963 กิโลกรัมต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราค่าจ้าง 0.21 บาท/กก

ทำงาน 7 ชั่วโมง/วัน อัตราการทำงานของเครื่อง 1,200 กก/ชั่วโมง

เครื่องหั่นย่อยต้นกล้วย นอกจากจะหั่นย่อยต้นกล้วยแล้วยังสามารถหั่นย่อยพืชอื่นได้เช่น ข้าวโพด สำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ได้ ซึ่งลักษณะการใช้งานของเกษตรกร โดยทั่วไปไม่นิยมรับจ้างมากนัก จะมีใช้เป็นส่วนตัว สำหรับหั่นย่อยพืชเพื่อเป็นอาหารสัตว์

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องหั่นย่อยเปลือกทุเรียนและต้นกล้วยที่ได้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้ มีเป้าหมายหลักสำหรับใช้ในกระบวนการแปรรูปวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อให้เกิดประโยชน์และเพิ่มมูลค่า จึงเป็นเครื่องที่ออกแบบสร้างเป็นลักษณะเฉพาะงาน และได้คำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อแสดงให้เห็นความคุ้มค่าในบางส่วน เครื่องเครื่องต้นแบบทั้งสองเครื่องนี้ยังสามารถปรับปรุงหรือตัดแปลงเพื่อใช้งานในประโยชน์ด้านอื่นได้อีก แต่ทั้งนี้ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นให้การทำงานของตัวเครื่องมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในกระบวนการแปรรูปเพื่อให้ได้ ผลิตภัณฑ์เป็นผงคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส ซึ่งต้องใช้กระบวนการอีกหลายขั้นตอน การหั่นย่อยและบดเป็นเพียงขั้นตอนการเตรียมวัสดุเบื้องต้นเท่านั้น และทั้งนี้การใช้งานจริงต้องมีการปรับแต่ง เพื่อให้ได้ขนาดชิ้นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการโดยรวมต่อไป

### การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อสร้างและปรับปรุงเครื่องให้มีความเหมาะสมกับการทำงานด้านแปรรูปวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร แต่ทั้งนี้ ผลของงานวิจัยดังกล่าวคือเครื่องหั่นย่อยทั้งสองเครื่อง เกษตรกรหรือผู้สนใจสามารถนำไปใช้ในงานหั่นย่อยพืช ที่ต้องการลักษณะของชิ้นวัสดุ ที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ , ทรงยศ จันทรมานิตย์และสุชาติ สุขนิยม. 2544(ก) .ทดสอบและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยซากพืช. เครื่องจักรกลเกษตร 2544. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด,

กรุงเทพฯ ฯ, หน้า 56-57

จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ,วีระ สุขประเสริฐและอนุชา เชาว์โชติ. 2544(ข).ทดสอบและพัฒนาเครื่องหั่นฟาง.  
เครื่องจักรกลเกษตร 2544. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ ฯ,  
หน้า 65-71

สาทิส เวณัจจันทร์ จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ สมเดช ไทยแท้ และ สุทิน จุฑะสุวรรณ 2540.

วิจัยพัฒนาเครื่องนวดเมล็ดพืชสำหรับกะเทาะข้าวโพดที่มีเปลือกหุ้ม กองเกษตรวิศวกรรม  
กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ .2556.ซองชา กาแฟละลายน้ำ [ออนไลน์] : สืบค้นจาก

<http://www.thairath.co.th/content/348825>