ผลของจำนวนใบมีดและความเร็วใบมีดสับที่มีผลต่อพลังงานในการสับใบอ้อย
Effect of Blade Number and Blade Cutting Speeds on the Chopping Energy of Sugarcane Leaves

สิงห์รัญ ชารี[1] สุรเชษฐ์ บำรุงคีรี[1*] ชนินทร์ อุปถัมภ์[2] และคุณนิธิ ด้วงผึ้ง[3]
Singrun Charee[1], Surachet Bumrungkeeree[1*], Chanin Upatum[2] and Khunnithi Doungpueng[3]

Abstract

The objective of this study was to examine the effect of blade number and blade cutting speeds on the chopping energy of sugarcane leaves. The chopper unit consisted of a feeder, cutter-head (diameter: 215 mm), outlet port, and main frame. The study comprised sugarcane leaves with a moisture content of 17.73% (w.b.). Three levels of blade cutting speeds of 800, 950, and 1,100 rpm (9.01, 10.70 and 12.38 m/s), and two levels of blade cutter-heads of four and five blades were studied. The test results showed that the power requirements and specific energy consumption rose with increases in the blade number and blade cutting speeds. Five blades with cutting speeds ranging from 950 - 1,100 rpm were found to be suitable for chopping sugarcane leaves. The chopping capacity ranged from 368.63 - 389.63 kg/h and the percentage weight of chopped leaves from 91.37 - 94.92%. Power requirements ranged from 1,063.81 - 1,236.46 W, specific energy consumption from 2.73 - 3.36 W–h/kg., and the geometric mean particle length from 8.60 - 9.25 mm. Information from this study will be used to further develop the chopping and shredding efficiency of sugarcane leaves for the production of fuel pellets.

Keywords: Blade number, blade cutting speeds, chopping energy

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของจำนวนใบมีด และความเร็วใบมีดสับที่มีผลต่อพลังงานในการสับใบอ้อย โดยชุดสับใบอ้อย ประกอบด้วย ลูกกลิ้งป้อน หัวสับเส้นผ่านศูนย์กลาง 215 มิลลิเมตร ช่องทางออก และโครงสับ ใบอ้อยที่ใช้ทดสอบมีความชื้น 17.73 % w.b. ความเร็วรอบใบมีดสับมี 3 ระดับ คือ 800, 950 และ 1,100 rpm (9.01, 10.70 และ 12.38 เมตรต่อวินาที) และจำนวนใบมีดในการทดสอบมี 4 และ 5 ใบมีด ผลการทดสอบพบว่า กำลังที่ใช้ในการสับ และ พลังงานจำเพาะในการสับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนใบมีด และความเร็วใบมีดสับเพิ่มขึ้น จำนวนใบมีด 5 ใบมีด ที่ความเร็วใบมีด 950-1,100 รอบต่อนาที มีความเหมาะสมในการสับใบอ้อย โดยมีค่าความสามารถในการสับอยู่ระหว่าง 368.63-389.63 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักใบอ้อยหลังสับอยู่ระหว่าง 91.37-94.92% กำลังที่ใช้ในการสับ 1,063.81-1,236.46 วัตต์ พลังงานจำเพาะในการสับ 2.73-3.36 วัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม และค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิตของขนาดอนุภาคหลังการสับอยู่ในช่วง 8.60-9.25 มิลลิเมตร ข้อมูลนี้จะนำไปใช้ในการพัฒนาชุดสับย่อยใบอ้อยสำหรับผลิตเพื่อเชื้อเพลิงอัดเม็ดต่อไป

คำสำคัญ: จำนวนใบมีด ความเร็วใบมีดสับ พลังงานในการสับ

คำนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพทั้งการเป็นพืชอาหารและพืชพลังงานทดแทน พื้นที่เพาะปลูกทั้งประเทศประมาณ 10.86 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 7.21 ตันต่อไร่ มีปริมาณอ้อยเข้าหีบจากโรงงานน้ำตาล ที่เป็นอ้อยสดประมาณ 49.50 ล้านตัน และอ้อยไฟไหม้ 17.61 ล้านตัน รวมปริมาณอ้อยที่เข้าหีบทั้งสิ้น 66.66 ล้านตัน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564) โดยวัสดุเหลือทิ้งจากอ้อย ได้แก่ ใบอ้อย ชานอ้อย ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุเชื้อเพลิงเพื่อผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าขายให้โรงไฟฟ้า

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000
[1] Department of Agricultural Machinery Technology, Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phra Nakhon Si Ayutthaya13000, Thailand
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น,ขอนแก่น,40000
[2] Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus, Khon Kaen, 40000.
[3] โปรแกรมวิชาช่างกลเกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น,ขอนแก่น,40000
[3] Department of Farm Mechanics, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus, Khon Kaen, 40000

ชีวมวลหรือโรงงานน้ำตาลได้ประมาณ 1,647 เมกะวัตต์ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2563) การนำใบอ้อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเก็บเกี่ยวจำเป็นต้องลดขนาดเพื่อให้มีขนาดสม่ำเสมอความเหมาะสมต่อการแปรรูป เพิ่มความหนาแน่น ลดความชื้นให้ง่ายต่อการควบคุมปริมาณน้ำหนัก และประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงสูงขึ้น (กระทรวงวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี, 2561) ขนาดอนุภาคของวัสดุจึงเป็นเกณฑ์กำหนดความเหมาะสมสำหรับนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด โดยขนาดความยาวของวัสดุโดยปกติหลังการสับควรอยู่ที่ 10 มิลลิเมตร (Sun and Cheng, 2002) และผ่านเครื่องตียอยแฮมเมอร์มิวควรมีขนาดอนุภาคสม่ำเสมอน้อยกว่า 3.2 มิลลิเมตร (Mani *et al*., 2003) ดังนั้นการสับใบอ้อยให้ได้ขนาดอนุภาคที่เหมาะสมก่อนการนำไปตียอยสำหรับเตรียมเป็นวัสดุผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ด จึงจำเป็นที่ต้องศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อพลังงานในการสับใบอ้อย เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้พลังงานในการสับให้น้อยที่สุด และจะนำไปใช้ในการพัฒนาชุดสับย่อยใบอ้อยสำหรับผลิตเพื่อเชื้อเพลิงอัดเม็ดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ชุดทดสอบ

ชุดทดสอบถูกพัฒนาปรับปรุงขึ้นสำหรับใช้ในการทดสอบสับใบอ้อยโดยเฉพาะ (Figure 1) สามารถถอดเปลี่ยนหัวสับได้ หัวสับทั้ง 2 ชุดติดตั้งอุปกรณ์เพื่อหาพลังงานที่ใช้ในการสับตามรายละเอียดที่กล่าวมาในหัวข้อการพัฒนาชุดทดสอบ โดยมีส่วนประกอบ คือ ถาดป้อนวัสดุยาวประมาณ 612 มิลลิเมตร ลูกกลิ้งป้อนวัสดุตัวบน และตัวล่าง มีความยาว 260 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร หัวสับแบบทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 215 มิลลิเมตร มุมเอียงใบมีดสับ 10 องศา ความยาวใบมีด 230 มิลลิเมตร

2. วิธีการทดสอบ

การทดสอบใช้ใบอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งเป็นพันธุ์อ้อยที่เกษตรกรนิยมปลูกมากในเขตจังหวัดขอนแก่น ได้จากการเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนตัด ความชื้นใบอ้อย 17.73 % w.b. ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ความเร็วรอบใบมีดสับมี 3 ระดับ คือ 800 950 และ 1,100 rpm และจำนวนใบมีดในการทดสอบมี 4 และ 5 ใบมีด และอัตราการป้อนคงที่ 200 กก./ชม. เริ่มการทดสอบสับใบอ้อยในแต่ละกรรมวิธี (treatment) ตามลำดับ ระหว่างการทดสอบแต่ละครั้งจะมีการบันทึกสัญญาณแรงบิด และความเร็วในการหมุนทุกวินาทีโดยใช้ระบบเก็บข้อมูล ก่อนที่จะทำการทดสอบแต่ละตัวอย่าง จะทำงานโดยไม่มีปริมาณงานเป็นเวลา 20 วินาที เป็นการวัดพลังงานที่ไม่โหลด จากนั้นพลังงานที่ไม่โหลดจะถูกหักออกจากกำลังทั้งหมดเพื่อให้ได้พลังงานสุทธิที่ต้องการในการตัด ทำการสุ่มตัวอย่างใบอ้อยที่ผ่านการสับ ตัวอย่างละ 4 ซ้ำ ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปคัดแยก หาขนาดอนุภาคของใบอ้อยหลังสับตามมาตรฐาน ASAE S424.1 DEC01 (ASAE, 2003) สำหรับวิธีการหาขนาดของวัสดุพืชที่ถูกสับ สุ่มตัวอย่างใบอ้อยหลังจากการสับตัวอย่างละ 100 กรัม ใบอ้อยหลังสับถูกวางลงในเครื่องเขย่าตะแกรงแบบ Ro-Tap (เครื่องตะแกรงร่อน) ขนาดตะแกรงที่ใช้ในการทดลองคือหมายเลข 1, 2, 3, 4 และ 5 (ขนาดช่องตะแกรง 19, 12.7, 6.3, 3.96 และ 1.17 มม. ตามลำดับ) ใช้เวลาในการเขย่านาน 10 นาที ในแต่ละกรรมวิธีที่ทดสอบ แล้วนำมาวิเคราะห์หาผลลัพธ์ของการกระจายขนาดอนุภาคของชีวมวล โดยใช้การแจกแจงแบบ log-normal เพื่อหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิตการกระจายตัวของความยาวของอนุภาค xgs (Wilcox *et al*., 1987; Lisowski *et al*., 2018) นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าชี้ผลดังนี้ ความสามารถในการทำงาน (กก./ชม.) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สับได้ (%) กำลังที่ใช้ในการสับ (วัตต์) พลังงานจำเพาะในการสับ (วัตต์-ชม./กก.) และค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิตของขนาดอนุภาคใบอ้อย (มิลลิเมตร)

ผลการทดลอง

1. ความสามารถในการสับ

ผลการศึกษาจำนวนใบมีด และความเร็วใบมีดสับที่มีผลต่อพลังงานในการสับใบอ้อย โดยการหา ค่าความสามารถในการสับ (Figure 2) พบว่า เมื่อความเร็วใบมีดสับเพิ่มขึ้น 800 ถึง 950 rpm ที่จำนวนใบมีด 4 และ 5 ใบมีด ความสามารถในการสับใบอ้อยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากนั้นเมื่อความเร็วใบมีดสับเพิ่มจาก 950 ถึง 1,100 rpm ความสามารถในการสับใบอ้อยมีแนวโน้มลดลง จำนวนใบมีด 4 ใบมีดมีค่าความสามารถในการสับสูงกว่า จำนวนใบมีด 5 ใบมีด ทุกๆ ระดับความเร็วรอบใบมีดสับที่ใช้ทดสอบ

2. กำลังที่ใช้ในการสับ และพลังงานจำเพาะในการสับ

จาก Figure 3 และ Figure 4 เมื่อเพิ่มความเร็วใบมีดสับจาก 800 ถึง 1100 rpm กำลังที่ใช้ในการสับและพลังงานจำเพาะในการสับ มีค่าเพิ่มขึ้นทุกระดับจำนวนใบมีดที่ใช้ทดสอบ ที่ความเร็วใบมีดสับ 800 ถึง 1100 รอบต่อนาที จำนวนใบมีด 4 ใบมีด มีกำลังที่ใช้ในการสับ เท่ากับ 828.63, 1034.06 และ 1,229.02 วัตต์ ตามลำดับ และพลังงานจำเพาะในการสับ เท่ากับ 2.28, 2.50 และ 2.95 วัตต์ -ชม./กก. จำนวนใบมีด 5 ใบมีด มีกำลังที่ใช้ในการสับ เท่ากับ 851.70, 1063.81 และ 1,236.46 วัตต์ ตามลำดับ และพลังงานจำเพาะในการสับ เท่ากับ 2.42, 2.73 และ 3.36 วัตต์ -ชม./กก. จะเห็นได้ว่ากำลังงานที่ใช้ในการสับของ

จำนวนใบมีด 4 ใบมีด จะน้อยกว่าของจำนวนใบมีด 5 ใบมีด ตามลำดับ ซึ่งกำลังงานที่ใช้ในการสับสูงสุดแตกต่างจากกำลังงานที่ใช้ในการสับต่ำสุดเท่ากับ 1.47 เท่า

3. เปอร์เซ็นต์น้ำหนักใบอ้อยหลังสับ

จาก Figure 5 เมื่อความเร็วใบมีดสับเพิ่มขึ้น 800 ถึง 950 rpm ที่จำนวนใบมีด 4 และ 5 ใบมีด เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สับได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากนั้นเมื่อความเร็วใบมีดสับเพิ่มจาก 950 ถึง 1,100 rpm ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สับได้มีแนวโน้มลดลงทุกระดับจำนวนใบมีดที่ใช้ทดสอบ ที่ความเร็วใบมีดสับ 800 ถึง 1,100 rpm จำนวนใบมีด 4 ใบมีด มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สับได้เท่ากับ 85.43, 88.53 และ 90.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจำนวนใบมีด 5 ใบมีด มีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สับได้ เท่ากับ 91.16, 94.92 และ 91.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าจำนวนใบมีด 5 ใบมีดมีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สับได้สูงกว่าจำนวนใบมีด 4 ใบมีด ทุกระดับความเร็วใบมีดสับที่ใช้ทดสอบ

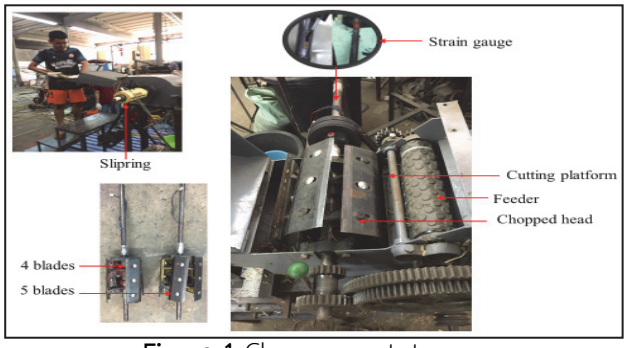

Figure 1 Chopper prototype

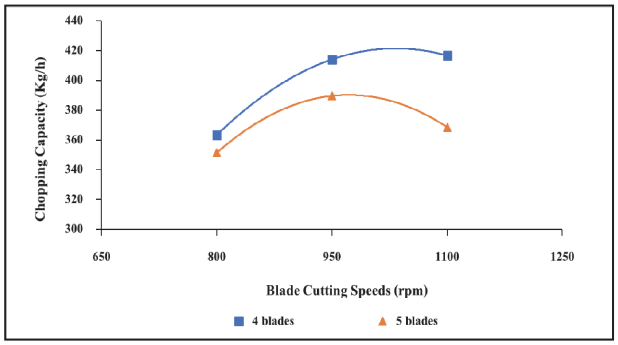

Figure 2 Relationship between blade cutting speed and chopping capacity

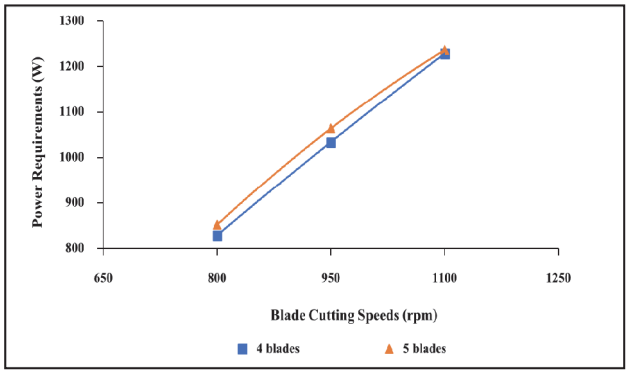

Figure 3 Relationship between blade cutting speed and power requirements

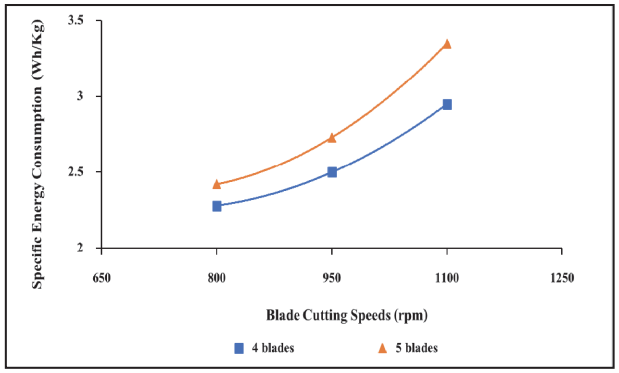

Figure 4 Relationship between blade cutting speed and specific energy consumption

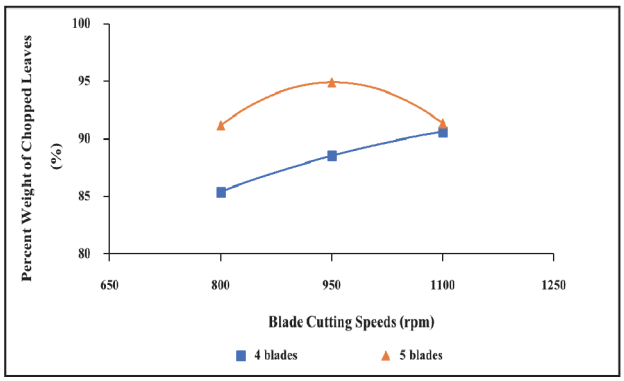

Figure 5 Relationship between blade cutting speed and percent weight of chopped leaves

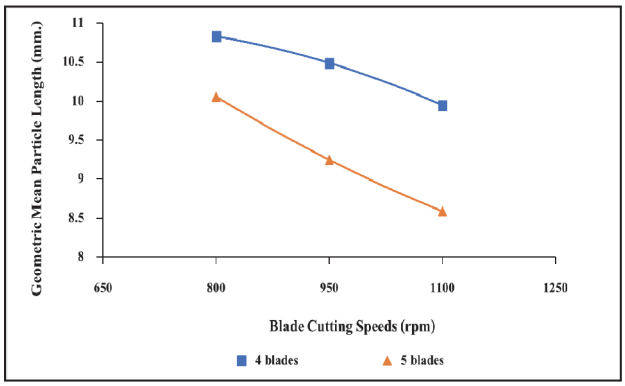

Figure 6 Relationship between blade cutting speed blade cutting speed geometric mean particle length

4. ค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิตของขนาดอนุภาคของใบอ้อย

จาก Figure 6 เมื่อความเร็วใบมีดสับเพิ่มขึ้น 800 ถึง 1,100 rpm ค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิตของขนาดอนุภาคของใบอ้อยมีแนวโน้มลดลง ทุกระดับจำนวนใบมีดที่ใช้ทดสอบ ที่ความเร็วใบมีดสับ 800 ถึง 1,100 rpm จำนวนใบมีด 4 ใบมีด มีค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิตของขนาดอนุภาคของใบอ้อย เท่ากับ 10.83, 10.49 และ 9.95 มิลลิเมตร ตามลำดับ และจำนวนใบมีด 5 ใบมีด มีค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิตของขนาดอนุภาคของใบอ้อย เท่ากับ 10.06, 9.25 และ 8.59 มิลลิเมตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าจำนวนใบมีด 5 ใบมีดมีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สับได้สูงกว่าจำนวนใบมีด 4 ใบมีด ทุกระดับความเร็วใบมีดสับที่ใช้ทดสอบ ซึ่งค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิตของขนาดอนุภาคสูงสุดแตกต่างจากค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิตของขนาดอนุภาคต่ำสุดเท่ากับ 1.26 เท่า

วิจารณ์ผล

การศึกษาผลของจำนวนใบมีด และความเร็วใบมีดสับที่มีผลต่อพลังงานในการสับใบอ้อย พบว่า เมื่อความเร็วใบมีดสับและจำนวนใบมีดเพิ่มขึ้น กำลังที่ใช้ในการสับ และพลังงานจำเพาะในการสับ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจาก จำนวนใบมีดที่แตกต่างกัน 4 และ 5 ใบมีด ขณะทำการสับเพลาใบมีดหมุน 1 รอบ จะเกิดแรงต้านทานการเฉือนระหว่างใบมีดกับวัสดุ ทำให้จำนวนใบมีด 5 ใบมีด เกิดแรงต้านทานการเฉือนมากกว่าจำนวนใบมีด 4 ใบมีด จึงส่งผลให้เกิดแรงบิดที่เพลาสูงกว่าจำนวนใบมีด 4 ใบมีด ยิ่งเพิ่มความเร็วในการสับเพิ่มมากขึ้นแรงต้านจากการสับทำให้เกิดแรงบิดก็เพิ่มตามด้วย ทำให้กำลังที่ใช้ในการสับเพิ่มขึ้นเช่นกัน และยังส่งผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สับได้มีแนวโน้มลดลง เนื่องมาจาก เมื่อเพิ่มความเร็วใบมีดสับ ทำให้ความถี่ในการสับเพิ่มขึ้น ขนาดความยาวจึงลดลง จึงส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิตของขนาดอนุภาคใบอ้อยลดลงเช่นกัน

สรุป

สรุปผลการศึกษาการสับใบอ้อยที่มีผลต่อพลังงานในการสับใบอ้อย โดยศึกษาปัจจัย จำนวนใบมีด และความเร็วใบมีดสับ พบว่า จำนวนใบมีด 5 ใบมีด ที่ความเร็วใบมีด 950-1,100 rpm มีความเหมาะสมในการสับใบอ้อย โดยมีค่าความสามารถในการสับ 368.63-389.63 กก./ชม. เปอร์เซ็นต์น้ำหนักใบอ้อยหลังสับ 91.37-94.92 % กำลังที่ใช้ในการสับ 1,063.81-1236.46 วัตต์ พลังงานจำเพาะในการสับ 2.73-3.36 วัตต์ -ชม./กก. และค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิตของขนาดอนุภาคหลังการสับ 8.60-9.25 มิลลิเมตร ข้อมูลนี้จะนำไปใช้ในการพัฒนาชุดสับย่อยใบอ้อยสำหรับผลิตเพื่อเชื้อเพลิงอัดเม็ดต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตร และวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น และ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่สนับสนุนสถานที่ และเครื่องมือในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2563. สรุปสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม-พฤศจิกายน 2563. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th/download. (15 กรกฎาคม 2565).

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.2561. เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด. [ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา: http://www.most.go.th/main/th/165-knowledge/practical-rad/7497-wood-pellets. (15 กรกฎาคม 2565).

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2564. รายงานประจำปี 2563/2564. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.ocsb.go.th. (16 สิงหาคม 2565).

ASAE. 2003. Method of determining and expressing particle size of chops forage materials by screening ASAE S424.1. *In* : ASAE Standard 2003. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI. pp. 606–608.

Lisowski, A., M. Kostrubiec, M. Dabrowska-Salwin and A. Swietochowski. 2018. The Characteristics of shredded straw and hay biomass: Part 2 The Finest Particles. Waste and Biomass Valorization 9(1): 115-121.

Mani, S., L.G. Tabil and S. Sokhansanj. 2003. An overview of compaction of biomass grinds. Powder Handling and Processing; 15(2):160-168.

Sun, Y. and J. Cheng. 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. Bioresource Technology 83:1–11.

Wilcox, R A., C.W. Deyoe and H.B. Pfost. 1987. A method for determining and expressing the size of feed particles by sieving. Poultry Science 49(1): 9–13.