อิทธิพลของความชื้นและความเร็วการอัดที่มีต่อสมรรถนะของชุดอัดเม็ดใบอ้อย

Effects of Moisture and Compressing Speed of Roller Wheel on the Performance of a Sugar Cane Leaf Pelleting Unit

ชนินทร์ อุปถัมภ์[1] **และ สมโภชน์ สุดาจันทร์**[1]
Chanin Oupathum[1] and Somposh Sudajan[1]

Abstract

This research studied the effects of moisture content and roller wheel compressing speed on the performance of a flat die roller wheel unit. The sugar cane leaves were ground in a hammer mill utilizing screen with hole size of 6 mm. Three mixing ratios by weight of sugar cane leaves: cassava starch : water content of 1.5:0.75:1.5 1.5:0.75:1.8 and 1.5:0.75:2.1 kg at average moisture content of 24.11 30.97 and 36.43 % (w.b) respectively and four compressing speeds of 150, 165, 180 and 195 rpm were studied. The experimental results showed that the moisture content of 36.43 %(w.b) and compressing speed of 150 rpm were optimal. The fuel pellet had the true density of 853.34 kg/m^3, compressive strength of 799.00 KN/m^2. The unit had a working capacity of 109.69 kg/h, and specific energy consumption of 8.63 W-h/kg, The average length and diameter of the pellets were 2.09± 0.98 cm. and 0.60±0.01cm respectively. The average heating value was 5744.74 cal/g.

Keywords: sugar cane leaf, fuel pellets

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาผลของความชื้นและความเร็วของการอัดที่มีต่อสมรรถนะของชุดอัดเม็ดใบอ้อยแบบลูกกลิ้งบดอัดบนแผ่นจาน ใบอ้อยที่ใช้ในการทดสอบถูกนำมาลดขนาดด้วยเครื่องแบบแฮมเมอร์มิลซึ่งมี รูตะแกรงขนาด 6 มิลลิเมตร แล้วนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลัง และน้ำ โดยมีการศึกษาอัตราส่วนผสม 3 ระดับได้แก่ 1.5:0.75:1.5 1.5:0.75:1.8 และ 1.5:0.75:2.1 กิโลกรัม ที่ความชื้น 24.11, 30.97 และ 36.43 เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก ตามลำดับ ความเร็วการอัด 4 ระดับ คือ 150, 165, 180 และ 195 รอบต่อนาที ผลการทดสอบพบว่า ความชื้นที่เหมาะสม สำหรับการอัดเม็ดคือ 36.43 เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก และความเร็วของการอัด 150 รอบต่อนาที เชื้อเพลิงอัดเม็ดมีค่าความหนาแน่น 853.34 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความแข็งแรง 799.00 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 109.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และค่าพลังงานจำเพาะ 8.63 วัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม เชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ได้มี ความยาวเม็ด และเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.09 ± 0.98 และ 0.60±0.01 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าความร้อนเชื้อเพลิงเฉลี่ย 5744.74 แคลอรีต่อกรัม

คำสำคัญ: ใบอ้อย เชื้อเพลิงอัดเม็ด

คำนำ

ประเทศไทยในปี 2554 มีการใช้พลังงานปริมาณเทียบเท่า 70,552 พันตันน้ำมันดิบ และคิดเป็นมูลค่าการใช้พลังงานรวม 1,684 พันล้านบาท แบ่งเป็น น้ำมันสำเร็จรูป ร้อยละ 46.9 พลังงานไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม ถ่านหิน/ลิกไนต์ พลังงานหมุนเวียนเชิงพาณิชย์ และก๊าซธรรมชาติ ร้อยละ 18.0, 13.1, 9.3, 6.4 และ 6.3 ตามลำดับ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554 ข) อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2553-2554 พบว่าปริมาณชีวมวลใบอ้อยที่ถูกทิ้งไว้ในไร่อ้อย ประมาณปีล่ะ 16.8 ล้านตัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554 ก) ปัจจุบันโรงงานน้ำตาลมีความต้องการใบอ้อยเป็นจำนวนมาก เพื่อใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงรวมในกระบวนการผลิตน้ำตาลและผลิตกระแสไฟฟ้า ใบอ้อยที่ใช้ต้องผ่านการลดขนาดประมาณ 2- 5 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานไอน้ำ สำหรับใบอ้อยหากนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงจะเกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว และปัญหาด้านขนส่ง การจัดเก็บ หากนำใบอ้อยมาลดขนาดและเพิ่มความหนาแน่นโดยการอัดเม็ดน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการนำใบอ้อยไปใช้งาน สำหรับขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากวัสดุชีวมวลมีหลายขั้นตอน ขั้นตอนแรกนำวัสดุมา สับหยาบ บดละเอียด ผสมกับตัวประสาน

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002
[1] Department of Agricultural Engineering Faculty of Engineering Khon Kaen University. Khon Kaen 40002

แล้วนำไปอัดเม็ด ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้เป็นการนำใบอ้อยมาเพิ่มความหนาแน่นด้วยการอัดเป็นเม็ด โดยสร้างชุดทดสอบแบบลูกกลิ้งบดอัดบนแผ่นจานอัดเพื่อศึกษาอิทธิของความชื้นและความเร็วของการอัด ที่มีผลต่อ ค่าความสามารถในการทำงาน พลังงานจำเพาะของชุดทดสอบ และคุณสมบัติบางประการของเชื้อเพลิงอัดเม็ดคือ ค่าความหนาแน่นจริง ค่าความแข็งแรง ขนาดมิติ และพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ผลิตได้จากใบอ้อย

อุปกรณ์และวิธีการ

1) ขั้นตอนการเตรียมวัสดุสำหรับการทดสอบ

นำใบอ้อยจากไร่ของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นที่มีความชื้น 8.34 % (w.b.) จากนั้นนำมาสับลดขนาดด้วยชุดสับใบอ้อยเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิง นำใบอ้อยที่ผ่านการสับ มาบดด้วยเครื่องบดแบบ Hammer mill ที่มีตะแกรงรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ด้วยความเร็วเชิงเส้นของการบด 7.85 เมตรต่อวินาที แล้วนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นโดยนำไปร่อนด้วยตะแกรงร่อน (sieves) เพื่อหา ค่าโมดูลัสความละเอียด โมดูลัสความสม่ำเสมอ ค่าความหนาแน่นรวม และขนาดเฉลี่ยของอนุภาค

2) ขั้นตอนของการทดสอบ

นำใบอ้อยและแป้งมันสำปะหลังมาผสมในปริมาณคงที่ คือ 1.50 และ 0.75 กิโลกรัม ศึกษาปริมาณน้ำที่ใช้ผสม 3 ระดับ คือ 1.50, 1.80 และ 2.10 กิโลกรัม ศึกษาความเร็วรอบของการอัด 4 ระดับคือ 150, 165, 180 และ 195 รอบต่อนาที หรือ 1.84, 2.03, 2.21 และ 2.40 เมตรต่อวินาที ทดสอบที่อัตราการป้อน 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในแต่ละการ ทดสอบสุ่มจับเวลาจำนวน 3 ครั้ง และชั่งน้ำหนักตัวอย่างเพื่อนำไปหาอัตราการทำงาน วัดกำลังไฟฟ้า ที่ใช้โดยทำการบันทึกค่าระหว่างทำการอัดแต่ละซ้ำ คำนวณหาพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอัด เก็บความชื้นของใบอ้อยอัดเม็ดที่ได้ แล้วนำตัวอย่างใบอ้อยอัดเม็ดตากลดความชื้นจนมีค่าลดลงเหลือให้ไม่เกิน 8 %(w.b) จากนั้นจึงนำไปทดสอบหาค่าหนาแน่น ความแข็งแรง ด้วยเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine (UTM) ค่าความร้อนของใบอ้อนอัดเม็ด(Bomb Calorimeter) ตามมาตรฐานของ ASTM D 240

ผล

1) ผลการศึกษาการเตรียมวัสดุทดสอบ

ใบอ้อยที่ผ่านการสับด้วยชุดสับใบอ้อยเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิง ต่อจากนั้นนำมาทำการบดละเอียดเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมสำหรับพร้อมทำการอัดเม็ดเชื้อเพลิง ผลจากการศึกษาคุณสมบัติของขนาดใบอ้อยที่ผ่านการบดละเอียด พบว่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 3.80 ค่าโมดูลัสความสม่ำเสมอ เท่ากับ 5:3:2 และอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 1.45 มิลลิเมตร และมีค่าความหนาแน่นรวมของใบอ้อยมีค่าเฉลี่ย 190.43 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2) ผลการศึกษาการอัดเม็ดเชื้อเพลิงจากใบอ้อย

เมื่อนำใบอ้อยผสมแป้งมันสำปะหลังและน้ำในอัตราส่วน 1.5:0.75:1.5, 1.5:0.75:1.8 และ 1.5:0.75:2.1 โดยน้ำหนัก พบว่ามีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 24.11, 30.97 และ 36.43 % (w.b.) ตามลำดับ นำไปอัดเม็ดด้วยชุดทดสอบที่สร้างขึ้น เชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ได้ไปตากลดความชื้นไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ลักษณะของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ได้มี ความยาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.09 ± 0.98 และ 0.60±0.01 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าความร้อนเชื้อเพลิงเฉลี่ย 5744.74 แคลอรีต่อกรัม

2.1) ความสามารถในการทำงาน เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 150 – 195 รอบต่อนาที ความสามารถในการทำงานจะเพิ่มขึ้นทุกระดับอัตราการป้อน ปริมาณน้ำที่ผสม 1.8 และ 2.1 กิโลกรัม ความเร็วรอบของการอัดเพิ่มขึ้นจาก 150-195 รอบต่อนาที มีค่าความสามารถเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วน โดยมีค่าความสามารถในการทำงานเฉลี่ยจาก 97.97 เป็น 136.2 กิโลกรัม และ 109.69 เป็น 143.37 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนที่ปริมาณน้ำ 1.5 กิโลกรัม ความเร็วรอบของการอัดที่ 150-195 รอบต่อนาที มีค่าความสามารถในการทำงานเพิ่มขึ้นเฉลี่ยจาก 76.19 เป็น 108.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ปริมาณน้ำที่ผสม 2.1 กิโลกรัม ที่ความเร็วรอบของการอัดที่ 195 รอบต่อนาที มีค่าความสามารถในการทำงานเฉลี่ยสูงสุด 143.37 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (Figure 1)

2.2) พลังงานจำเพาะ เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 150 ถึง 195 รอบต่อนาที พลังงานจำเพาะมีแนวโน้มลดลง โดยที่ปริมาณน้ำที่ผสม 1.8 กิโลกรัม หรือที่ความชื้น 30.97 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ที่ความเร็วรอบของการอัด 150 ถึง 195 ให้ค่าพลังงานจำเพาะลดลงจาก 7.23 เป็น 5.67 วัตต์-ชั่วโมง/กิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณน้ำ ที่ใช้ค่าพลังงานจำเพาะน้อยกว่าทุกปริมาณน้ำที่ทำการศึกษา จากผลการศึกษาความสามารถในการทำงานพบว่าที่ปริมาณน้ำที่ผสม 2.1 กิโลกรัม หรือที่ความชื้น 36.46 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ควรส่งผลให้พลังงานจำเพาะมีค่าน้อยกว่าปริมาณทุกน้ำที่ใช้ทำการผสม แต่จากผลการศึกษาพบว่า

ปริมาณน้ำที่ใช้ผสม 1.8 และ 2.1 กิโลกรัม ชุดอัดเม็ดใช้กำลังไฟฟ้าในการผลิตใบอ้อยอัดเม็ดเฉลี่ยใกล้เคียงกัน จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ผสม 1.8 กิโลกรัม ให้ค่าพลังงานจำเพาะน้อยกว่า ปริมาณน้ำที่ผสม 2.1 กิโลกรัม (Figure 2)

2.3) ค่าความหนาแน่น เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 150 – 195 รอบต่อนาที มีค่าความหนาแน่นลดลงทุกระดับปริมาณน้ำที่ผสม ปริมาณน้ำที่ผสม 2.1 กิโลกรัม ความเร็วรอบการอัด 150 รอบต่อนาที มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 853.34 กิโลกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร และมีค่าความหนาแน่นมากกว่าทุกระดับปริมาณน้ำที่ผสม (Figure 3) เนื่องจากปริมาณน้ำที่ 2.1 กิโลกรัม มีปริมาณมากพอสามารถเข้าไปทำละลายกับแป้งมันสำหลังได้ดี ทำให้แป้งมันสำปะหลังทำหน้าที่เป็นตัวประสานอนุภาคของใบอ้อยบดละเอียดยึดติดกันได้ดี

2.4) ค่าความแข็งแรง เมื่อความเร็วรอบของการอัดเพิ่มจาก 150 – 195 รอบต่อนาที มีค่าความแข็งแรงลดลงทุกระดับปริมาณน้ำที่ผสม ปริมาณน้ำที่ผสม 2.1 กิโลกรัม ความเร็วรอบของการอัดจาก 150 – 195 รอบต่อนาที มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยจาก 753.66 เป็น 620.44 กิโลปาสคาส ซึ่งมีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำที่ผสม 1.5 และ 1.8 กิโลกรัม ที่มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยจาก 535.16 เป็น 347.92 กิโลปาสคาส และจาก 626.67 เป็น 406.30 กิโลปาสคาส เนื่องจากปริมาณน้ำที่ผสม 2.1 กิโลกรัม มีปริมาณมากพอเข้าไปทำละลายแป้งมันสำปะหลังซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสานระหว่างอนุภาคของใบอ้อยบดละเอียด ประกอบกับเกิดแรงกดอัดและความร้อนที่จากการเสียดสีจากลูกกลิ้งอัด ทำให้อนุภาคของใบอ้อยจับตัวกันมากขึ้น แต่เมื่อความเร็วรอบของการอัดสูงขึ้น เวลาที่ใช้ในการอัดตัวน้อยลง จึงทำให้ค่าความแข็งแรงลดลง (Figure 4)

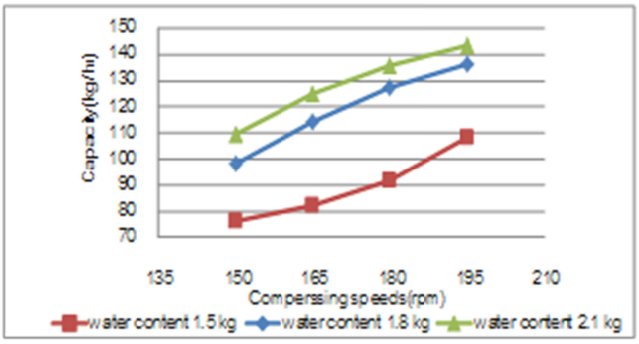

Figure 1 Relationship between compressing speed and capacity at various levels of water content

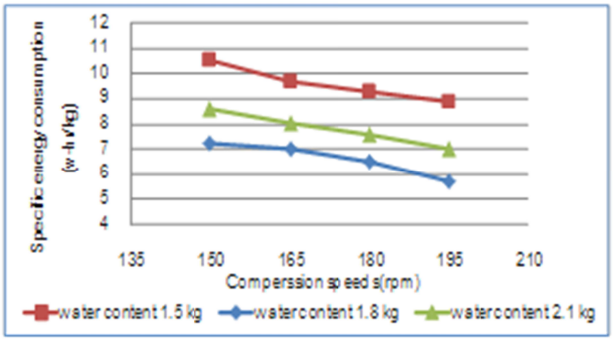

Figure 2 Relationship between compressing speed and specific energy consumption at various levels of water content

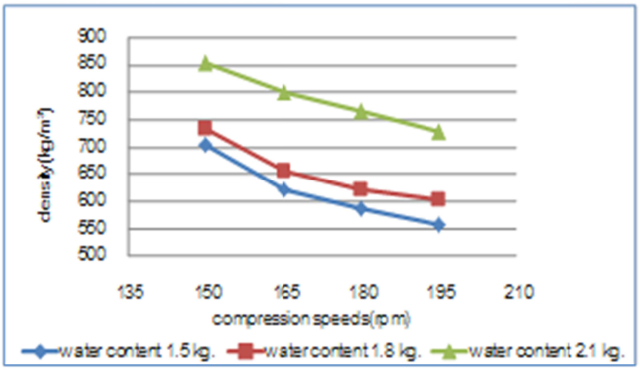

Figure 3 Relationship between compressing speed and density at various levels of water content

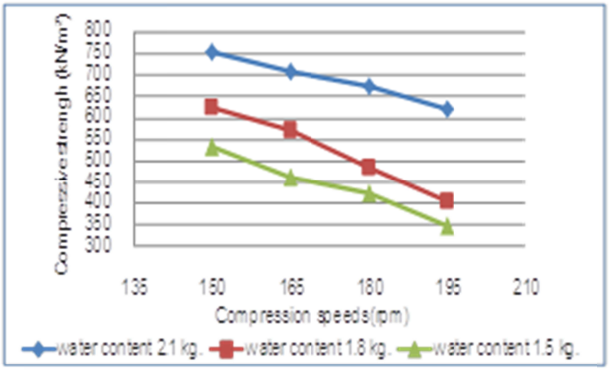

Figure 4 Relationship between compressing speed and compressive strength at various levels of water content

สรุป

คุณสมบัติของขนาดใบอ้อยที่ผ่านการบดละเอียด พบว่า โมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 3.80 ค่าโมดูลัสความสม่ำเสมอเท่ากับ 5:3:2 และอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 1.45 มิลลิเมตร และมีค่าความหนาแน่นรวมของใบอ้อยมีค่าเฉลี่ย 190.43 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อนำใบอ้อยผสมแป้งมันสำปะหลังและน้ำในอัตราส่วน 1.5:0.75:1.5, 1.5:0.75:1.8 และ 1.5:0.75:2.1 โดยน้ำหนัก พบว่ามีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 24.11, 30.97 และ 36.43 % (w.b.) ตามลำดับ ความเร็วการอัด 4 ระดับ คือ 150, 165, 180 และ 195 รอบต่อนาที ผลการทดสอบพบว่า ความชื้นที่เหมาะสม สำหรับการอัดเม็ดคือ 36.43 เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก และความเร็วของการอัด 150 รอบต่อนาที เชื้อเพลิงอัดเม็ดมีค่าความหนาแน่น 853.34 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความแข็งแรง 799.00 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 109.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และค่าพลังงานจำเพาะ 8.63 วัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม เชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ได้มี ความยาวเม็ด และ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.09 ± 0.98 และ 0.60±0.01 เซนติเมตรตามลำดับ ค่าความร้อนเชื้อเพลิงเฉลี่ย 5744.74 แคลอรีต่อกรัม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือในการทดสอบ ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2554ก. ศักยภาพพลังงานชีวมวลในประเทศไทย. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th (16 กันยายน 2554).

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2554ข. ศักยภาพพลังงานชีวมวลในประเทศไทย. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th (16 กันยายน 2554).

.