

การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย

ลักขณา พิทักษ์^{1*} เรวัฒน์ เตมิกุล² ลิขิต มั่งมี³

สาขาเครื่องจักรกลเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์^{1*,2,3}

อีเมล : lakkana.pitak@gmail.com^{1*}

วันที่รับบทความ 28 พฤษภาคม 2563

วันแก้ไขบทความ 23 มิถุนายน 2563

วันตอบรับบทความ 23 มิถุนายน 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย โดยเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องอัดแบบจานหมุนลูกกลิ้งอยู่กับที่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องอัด เท่ากับ 6 มิลลิเมตร วัตถุประสงค์ที่ใช้คือใบอ้อยที่ผ่านเครื่องบดละเอียดจากรูตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และ 3 มิลลิเมตร ทดสอบที่ความเร็วรอบ 310 รอบต่อนาที ผลการทดสอบอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย พบว่า เม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ใบอ้อยบดผ่านรูตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 5.80 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 45.50 มิลลิเมตร และเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลที่ผ่านรูตะแกรงขนาด 3 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 5.85 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 37 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลมีความสามารถในการทำงานสูงสุด 5.27 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นประสิทธิภาพในการทำงาน 96 เปอร์เซ็นต์ จากวัตถุประสงค์ที่ใบอ้อยบดผ่านรูตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และเมื่อนำเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลมาทดสอบคุณสมบัติทางความร้อน พบว่าที่ความชื้นหลังตากแห้งเฉลี่ย 9.90 เปอร์เซ็นต์ ได้ค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ย 44.00 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และคุณสมบัติทางความร้อนเฉลี่ย 3264.67 แคลอรีต่อกรัม

คำสำคัญ : ชีวมวล ประสิทธิภาพ คุณสมบัติทางความร้อน

Determination Effectiveness of Biomass Fuel Pellet Machine from Sugarcane Leaves

Lakkana Pitak^{1*}, Rewat Termkla², Likhit Mangmee³
Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture and Technology
Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus^{1*,2,3}
E – mail : lakkana.pitak@gmail.com^{1*}

Received 28 May 2020

Revised 23 June 2020

Accepted 23 June 2020

Abstract

The objective of this research was to construct and test the efficiency of the biomass fuel pellet machine from sugarcane leaves. It has a diameter of 6 millimetres. The raw materials used the sugarcane leaf crushed to size 2 and 3 millimetres from the grinder machine. And tested at speed of 310 rpm. The test results showed that Biomass fuel pellets using chopped sugarcane leaves through sieve holes of 2 millimetres and 3 millimetres with average diameters of 5.80 and 5.85 millimetres with an average length of 45.50 and 37 millimetres respectively. The machine maximum capacity was 5.27 kilograms per hour and efficient was 96 percent at sugar cane leaves were crushed to size 2 millimetres. It was 96 percent efficient and when the biomass fuel pellet is tested for thermal properties. It was found that the average moisture and density after drying was 9.90 percent, and 44.00 kilograms per cubic meter. And the thermal properties, average 3264.67 calories per grams.

Keywords : : Biomass, Efficiency, Thermal properties

บทนำ

ในแผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนอนุรักษ์พลังงาน, 2558) กระทรวงพลังงาน ได้ทบทวนการจัดทำแผนพลังงาน 5 แผนหลักในช่วงปี พ.ศ. 2558 – 2579 ที่สอดคล้องกับรอบของการจัดทำ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้แก่ แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย แผนอนุรักษ์พลังงาน แผนพัฒนาพลังงานทดแทน พลังงานทางเลือกแผนการจัดหาก๊าซธรรมชาติของไทย และแผนบริหารจัดการน้ำมัน เชื้อเพลิง โดยในการจัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกจะให้ความสำคัญในการส่งเสริมพลังงาน ทดแทนที่มีอยู่ภายในประเทศให้ได้เต็มตามศักยภาพ การพัฒนาศักยภาพการผลิตพลังงานทดแทนด้วยเทคโนโลยีที่มี ความเหมาะสม และการพัฒนาพลังงานทดแทนเพื่อผลประโยชน์ร่วมด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมแก่ชุมชน

ประเทศไทยมีชีวมวลที่เกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น แกลบ ฟางข้าว ใบอ้อย เหน้้ามันสำปะหลัง ชัง ข้าวโพด ลำต้นข้าวโพด ใบทางปาล์ม ทะลายปาล์ม ลำต้นถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง ทะลายมะพร้าว กาบมะพร้าว กะลามะพร้าว กิ่งก้าน เศษไม้ยางพารา เศษเหลือทางการเกษตรที่มีมากมายของประเทศไทย (นฤมล ภานานาภา และคณะ, 2560) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน และยังเป็นการจัดการของเสียอีกวิธี ซึ่ง เกษตรกรไม่สามารถที่จะทำให้เศษวัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตรย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วจากการเผาทำลาย ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศหากมีการจัดการที่ไม่ดี และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพตามมา จากการตรวจสอบ เอกสาร (นิรติศักดิ์ คงทน, 2560) ได้มีศึกษาเรื่องการศึกษาและพัฒนาเครื่องสับย่อยพร้อมอัดเม็ดวัสดุเหลือทิ้งจากไร้อ้อยเพื่อเป็นเชื้อเพลิง โดยทำการอัดเม็ดใบอ้อยที่ส่วนผสมของใบอ้อย แป้งมันสำปะหลัง และน้ำ ในอัตราส่วนผสม 1.0 : 0.25 : 0.85 ซึ่งสามารถอัดเม็ดได้ 20.10 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต่อมา (ชินิธร อุบลัมภ์ และ สมโภชน์ สุดจันทร์, 2555) ได้พัฒนาชุดอัดเม็ดใบอ้อยที่ส่วนผสม (ใบอ้อย : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ ในอัตราส่วน 1.5 : 0.75 : 2.1 กิโลกรัม) ความเร็วรอบในการอัดเม็ด 165-180 รอบต่อนาที สามารถอัดเม็ดใบอ้อยได้ แต่ก็ยังต้องอัดขึ้นรูปซ้ำหลายรอบ เพื่อลดขนาดของใบอ้อยให้มีขนาดเล็กลงหรือละเอียดมากขึ้น (วิรัช กิ่งวิจิต, 2560) ได้ศึกษาการผลิตพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การนำเอาวัตถุดิบที่ใช้น้ำมาผ่านกระบวนการย่อยและลดความชื้นลง หลังจากนั้นนำมาอัดเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Press) สามารถอัดได้ 40-1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่มีปัญหาเรื่องการขัดสีของกระบอกสูบ และการแตกของลูกสูบ และลดอุณหภูมิก่อนเก็บเข้าไซโล โดยจะสามารถรักษาความชื้นอยู่ระหว่าง 8-10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งข้อดีของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง คือ สะดวกแก่การขนส่ง ลดมลพิษ (วัฒนะจิระ และคณะ, 2556) ได้ศึกษาเรื่องการปรับปรุงคุณภาพของแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากชีวมวลลำไยด้วยวัสดุที่ช่วยเผาไหม้ ใช้วัสดุเศษไม้ไผ่เหลือทิ้ง และขี้เลื่อยจากไม้มะพร้าว สัดส่วน 3:1 1:1 และ 1:3 โดยน้ำหนัก และมีอัตราการ ทำงาน 1,237 – 1,450 แท่งต่อชั่วโมง (ศิริชัย ต่อสกุล, จงกล สุภารัตน์ และ นทีชัย ผัสดี, 2555) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยระบบคายนัด วัตถุดิบที่ใช้ทดสอบบดย่อย ได้แก่ ฟางข้าว ชังข้าวโพด เปลือกถั่วเหลือง และขี้เลื่อย โดยนำมาทดสอบบดย่อยด้วยตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ทำการอัดขึ้นรูปเป็นเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวล ทดสอบการหมุนที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที พบว่าเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลมีปริมาณการผลิตอยู่ระหว่าง 145-165 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

จากการศึกษาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้สร้างเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลขึ้นโดยใช้หลักการอัดแบบจานหมุน ลูกกลิ้งอยู่กับที่เพื่อแก้ไขปัญหาการเผาทำลายเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร อาทิเช่น ใบอ้อย ซึ่งการอัดเป็นเม็ดชีวมวลจะทำให้สามารถจัดเก็บได้นานขึ้น สะดวกต่อการขนส่ง และยังเป็นทางเลือกพลังงานที่สะอาดให้กับเกษตรกรอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย

วิธีการวิจัย

การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอัดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย มีขั้นตอนต่อไปนี้

1. การสร้างเครื่องอัดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย

เครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย ใช้มอเตอร์ ขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ส่งกำลังด้วยระบบสายพาน ไปยังแผ่นอัดขนาดช่องสำหรับเม็ดเชื้อเพลิงเท่ากับ 6 มิลลิเมตร โดยมีหัวค้อนสำหรับบดอัดใบอ้อยให้เป็นเม็ด การสร้างเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย มีรายละเอียดดังนี้

1.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 1. เหล็กฉาก | 8. บรรทัดฉาก |
| 2. เหล็กแผ่น | 9. ลูกกลิ้งอัด |
| 3. ไฟเบอร์ตัดเหล็ก | 10. แผ่นอัดขนาดรู 6 มิลลิเมตร |
| 4. เครื่องเชื่อมไฟฟ้าและลวดเชื่อม | 11. มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า |
| 5. สว่านเจาะเหล็ก | 12. ล้อสายพาน ขนาด 3 นิ้ว และ 14 นิ้ว |
| 6. หินเจียร | 13. เพลา ขนาด 1 นิ้ว |
| 7. ตลับเมตร | 14. สายพานขนาด B-55 |

1.2 ขั้นตอนการสร้างเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย

1.2.1 โครงสร้างเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย ใช้เหล็กฉากขนาด 3 มิลลิเมตร มีความกว้าง 35.5 เซนติเมตร ยาว 60.5 เซนติเมตร และสูง 53 เซนติเมตร



รูปที่ 1 โครงสร้างเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย

1.2.2 แผ่นอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวล มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นเท่ากับ 6 นิ้ว ภายในมีช่องวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และแผ่นอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลมีความหนา 1 นิ้ว



รูปที่ 2 แผ่นอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวล

1.2.3 ช่องป้อนวัตถุดิบ ใช้แผ่นเหล็กความหนา 2 มิลลิเมตร ตัดให้ได้ขนาดแล้วทำการเชื่อมติดกับตัวถังอัด

1.2.4 ติดตั้งชุดส่งกำลังด้วยมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที

1.2.5 ทาสีให้เรียบร้อยเพื่อความสวยงามและความคงทนของตัวเครื่อง ตรวจสอบตัวเครื่องให้เรียบร้อยก่อนทำการทดสอบ เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุระหว่างทำการทดลอง

2. การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดเม็ดชีวมวล

2.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดสอบ

2.1.1 เครื่องอัดเม็ดชีวมวล

2.1.2 ใบอ้อย 6 กิโลกรัม

2.1.3 ภาชนะสำหรับผสมวัตถุดิบและรองรับวัตถุดิบ

2.1.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก

2.1.5 เครื่องอบลดความชื้น

2.1.6 ถังซีลล๊อคสำหรับบรรจุเม็ดชีวมวล

2.2 การทดสอบเบื้องต้น

จากการทดสอบเบื้องต้น หลังจากทำการติดตั้งมอเตอร์และอุปกรณ์ควบคุมความเร็ว ล้อสายพาน และสายพาน โดยใช้ล้อสายพานขับเคลื่อน 2 นิ้ว และล้อสายพานตามขนาด 12 นิ้ว มีความเร็วรอบอยู่ที่ 240 รอบต่อนาที ทำให้ได้ความเร็วรอบที่น้อยลงและกำลังอัดน้อยทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปได้

ใช้ล้อสายพานขับเคลื่อน 3 นิ้ว และล้อสายพานตามขนาด 14 นิ้ว มีความเร็วรอบอยู่ที่ 310 รอบต่อนาที มีความเร็วรอบและกำลังอัดที่เหมาะสมต่อการอัดเม็ดชีวมวล จึงนำมาทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดเม็ดชีวมวล

ล้อยางพานขับขนาด 4 นิ้ว และล้อยางพานตามขนาด 16 นิ้ว มีความเร็วรอบอยู่ที่ 363 รอบต่อนาที ทำให้มีความเร็วรอบสูงแต่ได้กำลังอัดที่น้อย จึงไม่สามารถขึ้นรูปได้ รวมทั้งขนาดของล้อยางพานไม่เหมาะสมกับตัวเครื่อง

2.3 วิธีการทดสอบ

2.3.1 เตรียมเครื่องอัดเม็ดชีวมวลและใบอ้อยที่สับละเอียดผ่านรูตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และขนาด 3 มิลลิเมตร จำนวน 3 กิโลกรัม

2.3.2 นำใบอ้อยแต่ละขนาดมาผสมตามอัตราส่วน ใบอ้อย:แป้งมันสำปะหลัง:น้ำ 1.0:0.25:0.85 โดยน้ำหนัก

2.3.3 เปิดระบบการทำงานของเครื่อง จากนั้นนำวัตถุดิบที่ผสมตามอัตราส่วนมาอัดที่ความเร็วรอบ 310 รอบต่อนาที (คำนวณความเร็วรอบตามขนาดล้อยางพาน) และทำการจับเวลา

2.3.4 ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ ของขนาดรูตะแกรง 2 มิลลิเมตร และขนาด 3 มิลลิเมตร

2.3.5 นำไปตากแดดให้แห้ง เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นเก็บใส่ถุงซิปล็อคหรือกล่องบรรจุได้

2.3.6 หาคุณสมบัติทางกายภาพเม็ดชีวมวล ได้แก่ ความชื้น ความหนาแน่นรวม และความร้อน

2.4 ค่าชี้ผลในการทดสอบ

2.4.1 ความสามารถในการทำงาน (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = \frac{\text{น้ำหนักที่อัดเม็ดได้ (กิโลกรัม)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการอัด(วินาที)}} \times \frac{3600 \text{ (วินาที)}}{1 \text{ (ชั่วโมง)}} \quad (1)$$

2.4.2 ประสิทธิภาพการทำงาน (เปอร์เซ็นต์)

$$\text{ประสิทธิภาพการทำงาน} = \frac{\text{น้ำหนักหลังอัด(กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักก่อนอัด (กิโลกรัม)}} \times 100 \quad (2)$$

2.4.3 ความชื้น (เปอร์เซ็นต์) (ASAE 1993)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างเม็ดชีวมวลก่อนอบ(กิโลกรัม)} - \text{น้ำหนักของตัวอย่างเม็ดชีวมวลหลังอบ(กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเม็ดชีวมวลก่อนอบ(กิโลกรัม)}} \times 100 \quad (3)$$

2.4.4 ความหนาแน่นรวม (ASTM E873)

1. คัดขนาดของเม็ดชีวมวลให้มีการกระจายขนาดอยู่ในช่วงเดียวกัน
2. บรรจุเม็ดชีวมวลตัวอย่างลงในกล่อง จากนั้นทำการเคาะกล่องที่บรรจุเม็ด ชีวมวลโดยการปล่อยกล่องกระแทกพื้น จำนวน 5 ครั้ง พร้อมกับเติมแต่งเม็ดชีวมวลจนกว่าจะเต็มกล่องพอดีปากกล่องด้านบน
3. ชั่งน้ำหนักของกล่องเปล่าและกล่องที่บรรจุเม็ดชีวมวล และบันทึกค่าน้ำหนัก
4. คำนวณความหนาแน่นก้อนมวล (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) จากสมการดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นก้อนมวล} = \frac{\text{น้ำหนักของกล่องและเม็ดชีวมวล} - \text{น้ำหนักกล่องเปล่า}}{\text{น้ำหนักของกล่องและเม็ดชีวมวล}} \quad (4)$$

2.4.5 ค่าความร้อน (แคลอรีต่อกรัม)

ทดสอบด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) ตามมาตรฐาน ASTM E711

2.4.6 ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)

$$\text{หาได้จากสมการ } D_1 N_1 = D_2 N_2 \quad (5)$$

โดยที่

D_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางรอบล้อสายพานขับ

N_1 = จำนวนรอบของเพลาขับ

D_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตาม

N_2 = จำนวนรอบของเพลาขับ

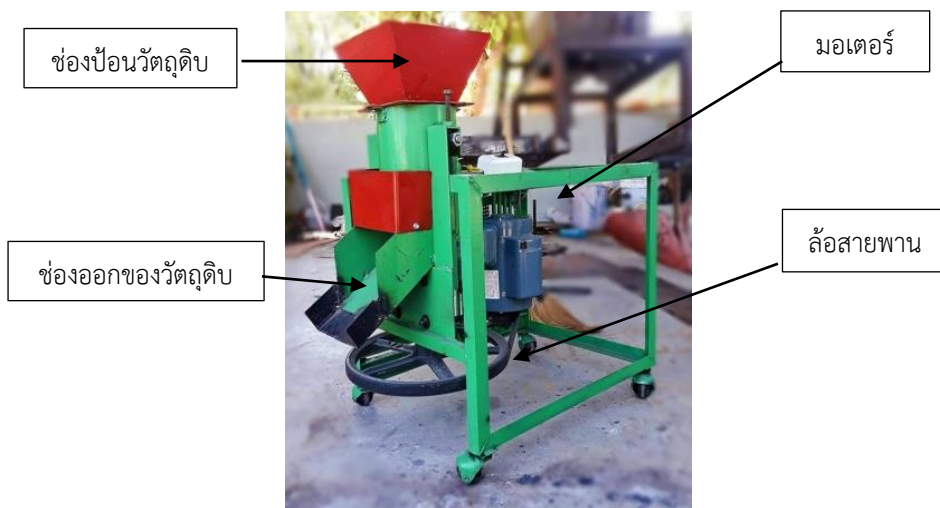
ผลการวิจัย

จากการศึกษาเกี่ยวกับหลักการทำงานและอัตราการตัดของเครื่องอัดเม็ดชีวมวล โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการทดสอบ ซึ่งได้ผลจากการทดสอบดังนี้

1. ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

1.1 ผลการสร้างเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย

หลักการทำงานของเครื่องอัดเม็ดชีวมวล มีต้นกำลังจากมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า โดยจะส่งกำลังไปยังสายพานเพื่อให้ล้อสายพานหมุนและทำให้จานหมุนมีขนาดรู 6 มิลลิเมตร และมีหัวค้อนบดอัดใบอ้อยให้เป็นเม็ด การอัดเม็ดชีวมวลจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ ความหนาของแผ่นอัด และการป้อนชีวมวลลงสู่เครื่องอัด ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย

2. ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย

ขนาดใบ อ้อยจากรู ตะแกรงสับ (มิลลิเมตร)	ทดสอบ ครั้งที่	น้ำหนัก ก่อนอัด (กิโลกรัม)	น้ำหนัก หลังอัด (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ ในการอัด (นาท)	ประสิทธิภาพ ในการทำงาน (เปอร์เซ็นต์)	ความสมารถ ในการทำงาน (กิโลกรัมต่อ ชั่วโมง)	ใช้กำลัง ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ต่อ ชั่วโมง)
2	1	2.10	2.00	21.47	95	5.58	10.39
	2	2.10	2.05	23.13	97	5.31	10.36
	3	2.10	2.02	24.34	96	4.97	10.44
	เฉลี่ย	2.10	2.02	22.98	96	5.27	10.39
3	1	2.10	1.95	38.11	92	3.07	13.95
	2	2.10	1.90	35.26	90	3.23	14.05
	3	2.10	1.93	37.74	91	3.06	14.01
	เฉลี่ย	2.10	1.92	37.03	92	3.11	14.00

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย พบว่า การนำใบอ้อย สับละเอียดผ่านรูตะแกรง 2 มิลลิเมตร มาอัดเป็นเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลน้ำหนักก่อนอัด 2.10 กิโลกรัม น้ำหนักหลังอัด 2.02 กิโลกรัม ทดสอบการอัดจำนวนรอบ 3 รอบ จับเวลาที่ใช้ในการอัดได้ 22.98 นาที่ ประสิทธิภาพในการทำงาน 96 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการทำงาน 5.27 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 10.39 กิโลวัตต์ต่อ ชั่วโมง และการนำใบอ้อยสับละเอียดผ่านรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร มาอัดเป็นเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวล น้ำหนักก่อนอัด 2.10 กิโลกรัม น้ำหนักหลังอัด 1.92 กิโลกรัม ทดสอบการอัดจำนวนรอบ 3 รอบ ใช้เวลาในการอัด 37.03 นาที่ ประสิทธิภาพในการทำงาน 92 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการทำงาน 3.11 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 14 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักที่ได้จากการอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวล มีความแตกต่างกัน โดยอัดด้วยใบอ้อยที่ สับละเอียดผ่านขนาดรูตะแกรง 2 มิลลิเมตร สามารถอัดออกมาได้ดีกว่า และใช้เวลาในการอัดน้อยกว่า เพราะมีอนุภาค ที่เล็กกว่าจึงขึ้นรูปได้ง่ายกว่า ทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง และมีความสามารถในการทำงานมากกว่าใบอ้อย ที่สับละเอียดผ่านขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคุณสมบัติเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย

ขนาดใบ อ้อยจากรู ตะแกรง (มิลลิเมตร)	ทดสอบ ครั้งที่	ขนาดของเม็ดชีวมวล		ความชื้น หลังตาก (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น รวม (กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร)	ความร้อน (แคลอรี ต่อกรัม)
		เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)			
2	1	5.81	38.70	9.20	44.00	3264.67
	2	5.99	42.90	9.46	43.00	
	3	5.63	54.90	9.69	45.00	
	เฉลี่ย	5.80	45.50	9.90	44.00	
3	1	5.88	40.90	11.21	39.00	3856.55
	2	5.86	39.30	11.72	40.00	
	3	5.81	31.00	10.64	43.00	
	เฉลี่ย	5.85	37.00	11.30	40.00	

จากตารางที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติของเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวล พบว่าใบอ้อยที่สับละเอียดผ่านขนาดรูตะแกรง 2 มิลลิเมตร นำมาอัดเม็ดได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.80 มิลลิเมตร มีความยาว 45.50 มิลลิเมตร ความชื้นหลังตากอยู่ที่ 9.90 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นรวม 44.00 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความร้อนอยู่ที่ 3264.67 แคลอรีต่อกรัม และใบอ้อยที่สับละเอียดผ่านขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร นำมาอัดได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.85 มิลลิเมตร มีความยาว 37.00 มิลลิเมตร ความชื้นหลังตากอยู่ที่ 11.30 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นรวม 40.00 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความร้อนอยู่ที่ 3856.55 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งขนาดของเม็ดชีวมวลที่ได้มีความแตกต่างกัน โดยคุณสมบัติของใบอ้อยที่สับละเอียดผ่านขนาดรูตะแกรง 2 มิลลิเมตร มีความชื้นหลังตาก ความหนาแน่นรวม และได้ความร้อนตามค่ามาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา (PFI Standard)

อภิปรายผลและสรุปผล

การทดสอบอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย เป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรซึ่งมีอยู่ในท้องถิ่นจำนวนมากมาทำให้เกิดประโยชน์ การทดสอบจะใช้เศษใบอ้อยที่สับแล้วผ่านรูตะแกรงทั้ง 2 ขนาด ได้แก่ ใบอ้อยสับผ่านรูตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และขนาดรูตะแกรง 3 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับ (วิราช กิ่งวิจิต, 2560) ที่ต้องนำเอาวัตถุดิบที่ใช้นำมาผ่านกระบวนการย่อยและลดความชื้นลง หลังจากนั้นจึงนำมาอัดเป็นแท่งด้วยเครื่องอัด ผลการทดสอบพบว่า เม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ใบอ้อยผ่านรูตะแกรง 2 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 5.80 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 45.50 มิลลิเมตร และเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อยที่ผ่านรูตะแกรงขนาด 3 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 5.85 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 37 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยที่เครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ใบอ้อยสับจากรูตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร มีความสามารถในการทำงานสูงสุด 5.27 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นประสิทธิภาพในการทำงาน 96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความมากกว่าใบอ้อยที่ผ่านการสับจากรูตะแกรงขนาด 3 มิลลิเมตร เนื่องจากมีอนุภาคที่เล็กกว่าจึงขึ้นรูปได้ง่ายกว่า และใช้เวลาในการอัดน้อยกว่า ทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง และมีความสามารถในการทำงานมากกว่าและเมื่อนำเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลมาทดสอบคุณสมบัติทางความร้อน พบว่า มีคุณสมบัติทางความร้อนเฉลี่ย 3264.67 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งได้ตามค่ามาตรฐาน (PFI Standard).

ข้อเสนอแนะ

ในกระบวนการทดสอบควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการอัดเม็ดเชื้อเพลิง เช่น ชนิดหรือประเภทของวัตถุดิบ จำนวนรอบในการอัดเม็ดเชื้อเพลิง อัตราส่วนของส่วนผสม เป็นต้น เพื่อให้เกิดความถูกต้องของข้อมูลมากที่สุด รวมถึงการคำนวณในส่วนของการต้นทุนการผลิตและจุดคุ้มทุนของเครื่องที่สร้างขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อยครั้งนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์ เป็นอย่างสูง ที่ช่วยเหลือในด้านเครื่องมือต่าง ๆ และสถานที่ในการทดสอบเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวล จึงทำให้การทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง (References)

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558–2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015). 14 สิงหาคม 2562. กระทรวงพลังงาน.
- นฤมล ภานนท์ และคณะ. (2560). เชื้อเพลิงอัดเม็ด พลังงานทดแทนที่สะอาด. คู่มือเชื้อเพลิงอัดเม็ด สำนักวิจัยและพัฒนาการกรมป่าไม้.
- นิรติศักดิ์ คงทน. (2560). การศึกษาและพัฒนาเครื่องสับย่อยพร้อมอัดเม็ดวัสดุเหลือทิ้งจากไร่อ้อยเพื่อเป็นเชื้อเพลิง. ปรชญาตศึกษาปฏิบัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชินทร อุปถัมภ์ และ สมโภชน์ สุตาจันทร์. (2555). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอัดใบอ้อยสำหรับผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ด. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วิรัช กิ่งวิจิต. (2560). ผลิตพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. โครงการวิจัย ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการ บริษัทซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) วิทยาลัยการทัพบก.
- ลดาวัลย์ วัฒนะจิระ และคณะ. (2556). การปรับปรุงคุณภาพของแท่งเชื้อเพลิงชีวจากชีวมวลลำไยด้วยวัสดุที่ช่วยเผาไหม้. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ศิริชัย ต่อสกุล, จงกล สุภารัตน์ และ นทีชัย ผัสดี. (2555). การออกแบบและสร้างเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยระบบดาต้าล็อก. ปรชญาตศึกษาปฏิบัติ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

คุณค่าทางวิชาการ

เครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวล เป็นเครื่องที่สามารถผลิตเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการใช้พลังงานทดแทนแทนพลังงานหลักที่นับวันจะยังมีราคาแพงและใช้หมดลงไป เช่น น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ ซึ่งในอนาคตหากมีการพัฒนาหรือปรับปรุงให้เครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลสามารถมีกำลังการผลิตที่สูง ก็จะเป็นประโยชน์กับผู้ใช้ ในแง่ของการได้ใช้พลังงานทดแทน และการบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอาจเป็นช่องทางในการเพิ่มรายได้ให้กับครอบครัวอีกทางหนึ่งด้วย