TET-11

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอัดผงถ่านจากโรงไฟฟ้าชีวมวลสำหรับผลิตถ่านอัดแท่ง

*กิตติพงษ์ ลาลุน[1] และ สมโภชน์ สุดาจันทร์[1,2,3]

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002
ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400
ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

ผู้เขียนติดต่อ: กิตติพงษ์ ลาลุน E-mail: kittila@kku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอัดผงถ่านจากโรงไฟฟ้าชีวมวลสำหรับผลิตถ่านอัดแท่ง โดยใช้ชุดเกลียวอัด ในการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางความร้อนของผงถ่าน ศึกษาอัตราของความยาวกระบอกอัดต่อขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง (L/D) (9 10 และ 11) และความเร็วเกลียวอัด (105 120 135 และ 150 รอบต่อนาที) การทดสอบอัดถ่านอัดแท่งที่ L/D=10 ความเร็วรอบเกลียวอัดอยู่ในช่วง 120 ถึง 135 รอบต่อนาที เมื่อใช้อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของผงถ่าน: ปริมาณแป้ง: ปริมาณน้ำที่ 3: 0.45: 4 กิโลกรัม ที่อัตราการป้อน 140 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าชุดเกลียวอัดถ่านอัดแท่งมีความสามารถในการทำงานอยู่ในช่วง 106.18-120.67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พลังงานจำเพาะอยู่ในช่วง 17.11– 19.59 วัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม มีความหนาแน่นจริงอยู่ในช่วง 540.55-561.43 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ ถ่านอัดแท่งมีความแข็งแรงอยู่ในช่วง 146.33 -160.65 กิโลปาสคาล และมีค่าความร้อน 5121.27 แคลอรีต่อกรัม ประสิทธิภาพการทำงานจริง 55 -68 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: โรงไฟฟ้าชีวมวล; ถ่านชีวมวล; พลังงานทางเลือก

1. บทนำ

ถ่านอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดเศษวัสดุการเกษตร เศษพืชถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้ถูกนำไปใช้เชื้อเพลิงในงานอุตสาหกรรมอาหาร เชื้อเพลิงในครัวเรือน และใช้ในทางการเกษตร ในการผลิตถ่านอัดแท่งเริ่มจากนำวัตถุดิบมาเผาให้เป็นถ่าน จากนั้นนำถ่านที่ได้ไปลดขนาด ผสมผงถ่านกับตัวประสานและน้ำ อัดให้ถ่านเป็นแท่ง ตากและบรรจุจำหน่าย (Bhattacharya and Shreatha, 1990) โดยทั่วไปมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของถ่านอัดแท่งที่ดีควรมีค่าวัดผลอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดได้แก่ ค่าความชื้นไม่เกิน 8% (d.b.) ค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 cal/g (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) การผลิตถ่านอัดแท่งจะใช้ผงถ่านที่ได้จากการเผาถ่านวัสดุเกษตรซึ่งมีอยู่ในท้องถิ่นเป็นหลักเช่นกะลามะพร้าว ไม้มะขาม ไม้ยูคาลิปตัส แกนข้าวโพด ไม้ฉำฉา และไม้รวม เป็นต้น การผลิตถ่านอัดแท่งสำหรับอุตสาหกรรมภายในครัวเรือนและอุตสาหกรรมขนาดกลางให้ได้ดีนั้นควรจัดหาวัสดุที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่งให้เพียงพอ และควรปรับปรุงศึกษาและพัฒนาเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง หรือจัดหาเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งให้มีสมรรถนะในการทำงานที่เหมาะสมมาใช้ในระบบการผลิตด้วย (สมโภชน์ สุดาจันทร์ และคณะ, 2550)

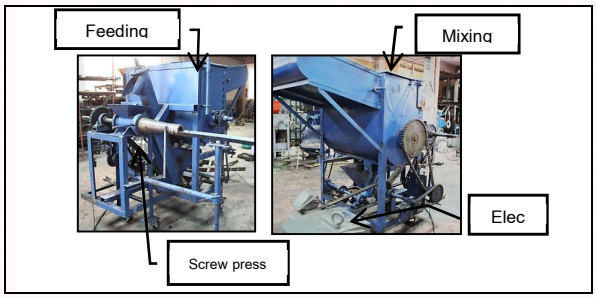
ผงถ่านไม้รวมที่ได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวลจากโรงไฟฟ้าชีวมวลบริษัทเอกชน ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิต 990 กิโลวัตต์ ใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นแบบแก๊สไหลลง พบว่าผงถ่านที่เหลือจากการผลิตไฟฟ้ามีปริมาณ 3.8 ตันต่อวัน ซึ่งผู้ประกอบการมีความต้องการที่จะนำผงถ่านนี้มาผลิตถ่านอัดแท่งจำหน่าย อีกทั้งได้จัดซื้อเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจำนวนหลายชุดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมาใช้งานซึ่งผลการทำงานในเบื้องต้นเครื่องผลิตถ่านยังไม่สามารถผลิตถ่านได้ ผู้ประกอบการจึงได้ขอความร่วมมือมายังภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ให้เข้าไปร่วมสังเกตการและขอข้อแนะนำในการปรับปรุงและการใช้เครื่องผลิตถ่านดังกล่าวซึ่งเห็นว่าควรนำผงถ่านที่ได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวล มาตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้นก่อน จากนั้นจึงใช้เครื่องผลิตถ่านอัดแท่งของภาควิชาวิศวกรรมเกษตร (สมโภชน์ สุดาจันทร์, กิตติพงษ์ ลาลุน, 2553) ดังนั้นในระบบการผลิตถ่านอัดแท่งจำเป็นต้องมีเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งที่มีสมรรถนะดีและผลิตภัณฑ์ได้คุณภาพและมาตรฐานและได้เงื่อนไขในการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องสำหรับวัตถุดิบแต่

TSAE

ละชนิด ซึ่งจะทำให้สามารถปรับตั้งเครื่องเพื่อการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ คุ้มค่าในการลงทุนและสามารถผลิตถ่านอัดแท่งในเชิงพาณิชย์ต่อไป

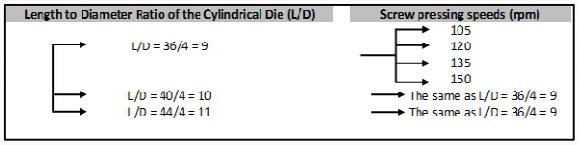
2. อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องผลิตถ่านอัดแท่งต้นแบบ (รูปที่ 1) ที่ใช้ในการศึกษามีส่วนประกอบหลักได้แก่ ถังผสม เกลียวลำเลียงผงถ่าน ถังป้อน ชุดอัดถ่านอัดแท่ง ชุดส่งกำลัง และโครงหลัก ซึ่งเป็นชุดอัดหลักการเกลียวอัด เพื่อให้มีความต่อเนื่องในการอัดถ่านอัดแท่ง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแบบปรับความเร็วรอบเป็นต้นกำลัง



รูปที่ 1 เครื่องผลิตถ่านอัดแท่ง

การศึกษานี้กระทำโดยเตรียมวัตถุดิบคือผงถ่านจากโรงไฟฟ้าชีวมวล นำไปหาค่าความชื้น ค่าหนาแน่นรวม ขนาดอนุภาค (ASAE S319.2) สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน และค่าความร้อน (ASTM D5865-03) ในการศึกษาใช้อัตราส่วนของความยาวของกระบอกอัดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกอัด (L/D) ที่ 3 ระดับ 9 10 และ 11 และความเร็วของเกลียวอัด 4 ระดับคือ 105 120 135 และ 150 rpm และอัตราส่วนปริมาณผงถ่านชนิดต่างๆ โดยน้ำหนัก ดังแผนการทดลอง (รูปที่ 2) การทดสอบเริ่มจากนำผงถ่านที่ได้เตรียมไว้ข้างต้นผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 15% และน้ำ 120% ของน้ำหนักของผงถ่าน ใช้อัตราการป้อน 140 kg/h ในแต่ละการทดสอบสุ่มจับเวลาจำนวน 3 ครั้ง และชั่งน้ำหนักตัวอย่างเพื่อนำไปหาอัตราการทำงาน แล้วนำถ่านอัดแท่งตากลดความชื้นจนค่าความชื้นมีค่าลดลงเหลือไม่เกิน 8% (d.b.) จากนั้นจึงนำไปทดสอบหาค่าหนาแน่น ความแข็งแรง ด้วยเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine (UTM) หาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งโดยใช้เครื่องบอมแคลอรีมิเตอร์ และนำถ่านอัดแท่งไปทดสอบเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำเพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพในการใช้งานจริง จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ซึ่งจากการทดสอบได้ใช้แผนการทดสอบแบบ 3x4 Factorial Experiment in RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวนตามรูปแบบแผนการทดลอง และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (LSD)



รูปที่ 2 แผนภูมิการทดสอบ

3. ผลและวิจารณ์

ผงถ่านจากโรงไฟฟ้าชีวมวล มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางความร้อน ซึ่งคุณสมบัติของผงถ่านแต่ละชนิดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนของผงถ่านจากโรงไฟฟ้าชีวมวล

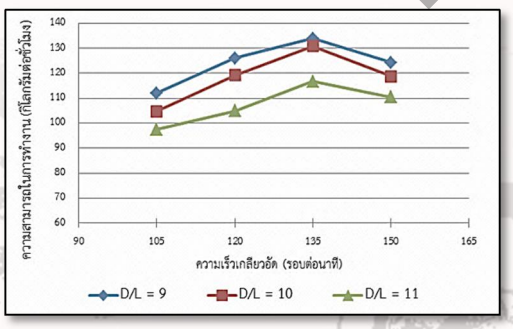
Properties	charcoal powder
Moisture content (w.b.)	4.85
Average particle size (mm)	0.105
Bulk density,(kg/m^3)	249.88
Coefficient of static friction on various surfaces	
- Ply wood	0.67
- Steel	0.48
- Galvanized iron	0.45
Heating value (cal/g)	5677.34

ถ่านอัดแท่งมีความยาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใน 13.91±1.62, 4.12±0.05 และ 1.23±0.12 cm ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอัตราส่วนความยาวกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกอัดและความเร็วเกลียวอัดมีผลทำให้ความสามารถในการทำงาน พลังงานจำเพาะ ความหนาแน่นจริง ค่าความแข็งแรง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์ รายละเอียดผลการศึกษา ดังนี้

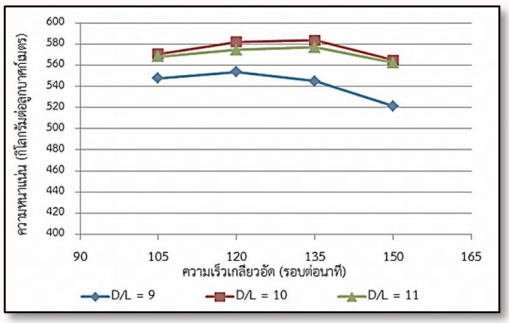
ความสามารถในการทำงานลดลงในทุก L/D ของกระบอกอัดที่ใช้ในการทดสอบ โดยที่ L/D ของกระบอกอัดเท่ากับ 9 มีความสามารถในการทำงานมากว่าทุกอัตราส่วนความยาวต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกอัด เมื่อเพิ่มที่ L/D ของกระบอกอัดจาก 9 เป็น 11 ความสามารถในการทำงานลดลงที่ทุกความเร็วเกลียวอัด โดยที่ความเร็วเกลียวอัด 105 120 135 และ 150 rpm ความสามารถในการทำงานลดลงจาก 112.03 เป็น 97.39 จาก 125.95 เป็น 104.92 จาก 133.89 เป็น 116.64 และจาก 124.22 เป็น 110.40 kg/h (รูปที่ 3) รูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่า เมื่อความเร็วเกลียวอัดเพิ่มจาก 105 ถึง 135 rpm ที่ทุกความยาวเกลียวอัด มีค่าความหนาแน่นเพิ่มเล็กน้อยอย่างเป็นสัดส่วนและในทิศทางเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อความเร็วเกลียวอัดเพิ่มขึ้นจาก 135 เป็น 150 rpm ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งมีค่าลดลง เมื่ออัตรา L/D ของกระบอกอัด

TSAE

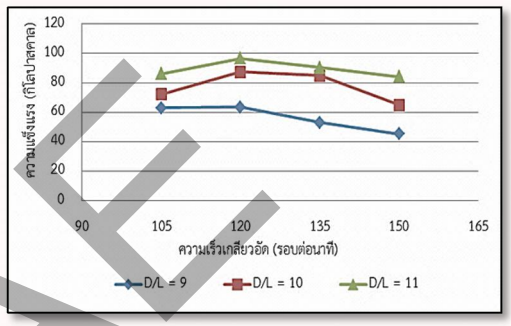
เพิ่มขึ้นจาก 9 เป็น 10 ถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจาก 541.50 เป็น 572.98 kg/m3 แต่เมื่ออัตรา L/D ของกระบอกอัดเพิ่มขึ้นจาก 9 เป็น 11 ถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่นใกล้เคียงกัน เนื่องจากเมื่ออัตราความยาวกระบอกอัดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกอัดเพิ่มขึ้นทำให้ความดันในการอัด -135 rpm ถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่น 580.14-581.75 kg/m3 รูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่า เมื่อความเร็วเกลียวอัดเพิ่มขึ้นจาก 105-120 rpm ความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นในทุกระดับอัตราความยาวกระบอกอัดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกอัด เมื่อความเร็วเกลียวเกลียวอัดเพิ่มขึ้นจาก 120 เป็น 150 rpm ที่อัตรา L/D เท่ากับ 9 10 และ11 ถ่านอัดแท่งมีความแข็งแรงลดลงจาก 63.55 เป็น 45.31 จาก 87.35 เป็น 64.95 และจาก 88.14 เป็น 75.69 kPa เมื่ออัตราความยาวกระบอกอัดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกอัดเพิ่มขึ้นถ่านอัดแท่งมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นในทุกความเร็วเกลียวอัด โดยเมื่ออัตรา L/D เพิ่มจาก 9 เป็น 11 ที่ความเร็วเกลียวอัด 105 120 135 และ 150 rpm ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนจาก 62.91 เป็น 77.98 จาก 63.55 เป็น 88.14 จาก 53.02 เป็น 78.12 และจาก 45.31 เป็น 75.69 kPa ตามลำดับ ค่าความร้อนต่างๆพบว่า L/D ของกระบอกอัด และความเร็วเกลียวอัดไม่มีผลทำให้ค่าความร้อนแตกต่างกันพบว่าถ่านอัดแท่งมีค่าความร้อนเฉลี่ย 5121.27 แคลอรีต่อกรัม การใช้งานจริงของถ่านอัดแท่งของผงถ่านไม้รวมจากโรงไฟฟ้าชีวมวลอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยสูงสุดที่ 9.51 องศาเซลเซียส ระยะการเผาไหม้เฉลี่ยอยู่ในช่วงนาทีที่ 60-140 นาทีต่อกิโลกรัม และถ่านอัดแท่งมีประสิทธิภาพในการใช้งานจริง 55 -68 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 3 อิทธิพลของอัตราความยาวกระบอกอัดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกอัดและความเร็วเกลียวอัดที่มีผลต่อความสามารถในการทำงาน



รูปที่ 4 อิทธิพลของอัตราความยาวกระบอกอัดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกอัดและความเร็วเกลียวอัดที่มีผลต่อความหนาแน่นจริงของถ่านอัดแท่ง



รูปที่ 5 อิทธิพลของอัตราความยาวกระบอกอัดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกอัดและความเร็วเกลียวอัดที่มีผลต่อความแข็งแรงของถ่านอัดแท่ง

L/D = 9 L/D = 10 L/D = 11

รูปที่ 6 ถ่านอัดแท่งจากไม้รวมจากโรงไฟฟ้าชีวมวล ที่ L/D เท่ากับ 9 10 และ 11

4. สรุปผล

การศึกษาอัตราความยาวกระบอกอัดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกอัด (L/D) และความเร็วเกลียวอัดถ่านอัดแท่งจากผงถ่านแต่ละชนิด พบว่าการผลิตถ่านอัดแท่งจากผงถ่านจากโรงไฟฟ้าชีวมวล ควรใช้อัตราส่วน L/D ของกระบอกอัดเท่ากับ 11 เมื่อเพิ่ม L/D ของกระบอกอัดได้ถ่านอัดแท่งที่มีความหนาแน่นและความแข็งแรงของถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความดันในกระบอกอัดเพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการทำงานของเครื่องลดลงเนื่องจากมีแรงเสียดทานมากขึ้น โดยที่ความเร็วเกลียวอัด 120-135 rpm เมื่อใช้อัตราผสมผงถ่านจากโรงไฟฟ้าชีวมวล แป้งมันสำปะหลังและน้ำในสัดส่วน 3: 0.45: 4 โดยน้ำหนัก และ

TSAE

อัตราการป้อน 140 kg/hr ทำให้เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 104.92-116.64 kg/hr ถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่น 575.76-577.34 kg/m3 ความแข็งแรง 90.37-96.65 kPa ถ่านอัดแท่งมีค่าความร้อนเฉลี่ย 5121.27 แคลอรีต่อกรัม และถ่านอัดแท่งมีประสิทธิภาพในการใช้งานจริง 55 -68 เปอร์เซ็นต์

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400 และศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002 ที่สนับสนุนเครื่องมือตรวจวัดในการทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สมโภชน์ สุดาจันทร์, กิตติพงษ์ ลาลุน. (2553). การศึกษาและพัฒนาเครื่องผิตถ่านอัดแท่งจากเง้ามันสำปะหลังเพื่ออุตสาหกรรมขนาดเล็ก. รายงานวิจัยทุนเชิงนวัตกรรม กองทุนวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[2] สมโภชน์ สุดาจันทร์, พิมลรัตน์ อินอุดม และภิตินันท์ รัตนไตรสิงห์. (2550). การศึกษาและพัฒนาถ่านอัดแท่งจากวัสดุเกษตรเพื่ออุตสาหกรรมในครัวเรือน. หน้า 181. ใน: การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8. 22-24 มกราคม 2550. โรงแรมโซฟิเทล ราชาออร์คิด ขอนแก่น. ขอนแก่น.

[3] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.tisi.go.th-/otop/pdf_file/ tcps238_47.pdf. (14 มิถุนายน 2554).

[4] ASAE Standards. (2003). ASAE S358.2: Moisture measurement Forages 50th ed.. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers.

[5] ASAE Standards. (1993). ASAE S319.2: Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving 40th ed.. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers.

[6] ASAE Standards. (2003). ASTM D5865-03: Standard test method for gross calorific value of coal and coke. In: Annual book of ASTM standards, West Conshohocken, PA.: American Society for Testing and Materials, Vol. 05.06, p. 517-527.

[7] Bhattacharya S.C. and R.M. Shreatha. (1990). Bio-coal Technology and Economics. RERIC. AIT: Bang-kok.

TSAE