การตรวจสอบประสิทธิภาพเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้กับเตาชีวมวลแบบดาวน์ดราฟแก๊สซิไฟเออร์

Performance Monitoring Biomass Fuels with Biomass Burnerdowndraft Gasifier

รัตนาภรณ์ สมฤทธิ์[1] วัลลภ หอมระหัด[2] อุกฤษฎ์ นาจำปา[3] วรุตม์ คุณสุทธิ์[4]

[1]อาจารย์ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อีเมล: rattanaporn221129@ hotmail.com

[2]อาจารย์ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อีเมล: vallop118@hotmail.com

[3]อาจารย์ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อีเมล: boompeaka@gmail.com

[4]อาจารย์ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อีเมล: warut.ks@bru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาปัญหาพิเศษนี้เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง ได้แก่ ความชื้น สี ความแข็ง และประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง ได้แก่ ปริมาณเถ้า ค่าพลังงานความร้อน และปริมาณก๊าซ อัตราการเผาไหม้ และประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิง รวมทั้งทำการศึกษาความพึงพอใจในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ใช้กับเตาชีวมวลแบบดาวน์ดราฟท์แก๊สซิไฟเออร์ ผลการตรวจสอบพบว่าเชื้อเพลิงชีวมวลแกลบอัดแท่ง เหง้ามันสำปะหลัง และชานอ้อย มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยอยู่ที่ 0.007, 0.06 และ0.05 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ตามลำดับ มีค่าการวัดสี L เฉลี่ย 48.46, 40.17, 55.62 ตามลำดับ มีค่า a เฉลี่ย 6.79, 6.69 และ 5.16 ตามลำดับ มีค่า b เฉลี่ย 21.95, 16.95 และ 18.66 ตามลำดับ ค่าพลังงานความร้อน 4933.54, 6259.25 และ 5368.61 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ โดยเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่มีคุณภาพสูงและอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง คือ เศษไม้ยางพารา ซึ่งมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยอยู่ที่ 0.08 เปอร์เซ็นต์ ค่าทนทานต่อแรงกดอัดหรือค่าความแข็งอยู่ที่ 28.04 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปริมาณเถ้า 5.71 เปอร์เซ็นต์ ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 6047.76 แคลอรีต่อกรัม เมื่อทำการเผาไหม้จะได้แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟต์ (H_2S) เฉลี่ยอยู่ที่ 3.00 ppm แก๊สออกซิเจน (O_2) เฉลี่ยอยู่ที่ 18.60 เปอร์เซ็นต์ และแก๊ส LEL (มีเทน) เฉลี่ยอยู่ที่ 12.66 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะไม่มีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีอัตราการเผาไหม้ 7.36 กรัมต่อนาที และมีประสิทธิภาพการใช้งานของ

เชื้อเพลิงเท่ากับ 2.60 เปอร์เซ็นต์ โดยความพึงพอใจของผู้ประเมินที่มีต่อเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งทางด้านกายภาพและด้านประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: ชีวมวล เชื้อเพลิงชีวมวล เตาชีวมวลแบบอากาศไหลลง

ABSTRACT

The objectives of this special study were to testing physical moisture color, hardness. And biomass piece fuel is ash, thermal energy, gas volume, rate combustion and use biomass fuel efficiency. And study delight biomass fuel efficiency use biomass downdraft gasifier stove. Biomass testing husk, cassava rhizome, bagasse and para rubber final moisture content is 0.007, 0.06, 0.05, 0.08 %db respectively. L color average is 48, 46, 40.17,55.62, 42.35 respectively. A color average is 6.79, 6.69, 5.16, 7.90 respectively. B color average is 21.95, 16.95, 18.66, 17.32 respectively. Thermal energy is 4933.54, 6259.25, 5368.61, 6047.76 cal/g respectively. Biomass fuel high efficiency and charcoal briquettes community standards is Para rubber.Biomass fuel high efficiency and charcoal briquettes community standards is Para rubber. Final moisture content average is 0.08 % hardness is 28.04 kg/cm^2 ash is 5.71% thermal energy average is 6047.76 cal/g. (H_2S) average is 3.00 ppm, (O_2) average is 18.60 % and (LEL) average is 12.66 (CO) is 0% rate combustion is 7.36 g/min and use biomass fuel efficiency is 2.60% Delight biomass fuel efficiency physical and efficiency is very levels.

Keywords: Biomass, biomass fuel, biomass downdraft gasifier stove

1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว การขยายตัวทางเศรษฐกิจ สังคม และอุตสาหกรรม ส่งผลให้อัตราความต้องการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นจากในอดีตและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต นอกจากนี้พลังงานยังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจสาขาต่างๆ ได้แก่ การเกษตร อุตสาหกรรม การคมนาคม และขนส่ง ตลอดจนสิ่งสาธารณูปโภคต่างๆ ยิ่งกว่านั้นระดับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมยังมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการใช้พลังงาน (ประทีป ปิ่นท้วม, 2538) ในภาคอุตสาหกรรมแหล่งพลังงานที่ใช้ใน

โรงงาน คือ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันเตา ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีจำกัดในประเทศ ทำให้ต้องจัดหาแหล่งพลังงานที่เพิ่มขึ้นให้เพียงพอกับความต้องการ โดยในแต่ละปีประเทศไทยต้องใช้เงินจำนวนมากในการจัดหาพลังงาน ซึ่งส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ต้องสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มที่สูงขึ้น (ศิราวุธ สาระขันธ์, 2553) เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย ยางพารา น้ำมันปาล์ม เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตพลังงานได้ ซึ่งเรารู้จักวัสดุที่เหลือใช้ดังกล่าวนี้ว่า ชีวมวล

ชีวมวลสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้ในหลายรูแบบ เช่น ถ่านชีวมวล ก๊าซชีวมวล และก๊าซชีวภาพ ชีวมวลจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเพื่อนำมาใช้ทดแทนพลังงาน มีการศึกษาวิจัยมากมายเพื่อนำชีวมวลต่างๆมาใช้งาน ชีวมวลเหล่านี้หากนำมาเผาไหม้โดยตรงจะสะดวกและง่ายต่อการใช้งานและไม่ต้องเปลี่ยนรูปเป็นอย่างอื่น แต่การนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงก็ยังมีปัญหาอยู่หลายอย่าง เช่น ค่าความชื้นของชีวมวล ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีค่าต่ำ โดยปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อีกปัญหาหนึ่ง คือ ปัญหาที่เกิดจากองค์ประกอบหนึ่งของชีวมวล เรียกว่า เถ้า การที่มีเถ้ามากในเศษวัสดุทางการเกษตรจะส่งผลให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลมีปัญหาและมีผลต่อเครื่องหรือเตาเผาหรือแม้กระทั่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพชีวมวล เช่น กระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็ว ลิควิดแฟคชั่น คาร์บอไนเซชั่นและแก๊สซิฟิเคชั่น เป็นต้น นอกจากนี้เตาที่เป็นอุปกรณ์ในครัวเรือนที่ทุกบ้านจะขาดไม่ได้ ยิ่งเฉพาะกับเตาถ่านหรือเตาอังโล่ แต่เตาถ่านที่ใช้อยู่ตามครัวเรือนในปัจจุบันยังเป็นเตาที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ มีขนาดที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน ใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้สูง เนื่องจากเป็นเตาที่ไม่ได้ออกแบบมาให้มีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนและประหยัดพลังงาน และยังมีควันไฟเกิดขึ้นเยอะ สามารถจุดติดไฟได้ยากและไม่สามารถปรับความแรงของไฟได้ตามต้องการ ต่อมาได้มีผู้พัฒนาเตาถ่านและเตาอังโล่แบบเก่าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงเทียบกับการใช้พลังงานชีวมวลให้คุ้มค่า โดยการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลจากแกลบ ขี้เลื่อย เศษใบไม้หรือเศษไม้ฟืน เป็นต้น แต่ถึงแม้ว่าจะเป็นเตาที่มีขนาดกะทัดรัด ใช้ต้นทุนเชื้อเพลิงต่ำ เนื่องจากนำเศษใบไม้ ขี้เลื่อยที่มาใช้เป็นเชื้อเพลิง ให้ควันและขี้เถ้าน้อย แต่ก็ยังไม่สามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ เชื้อเพลิงก็เผาไหม้ได้ไม่นานเท่าที่ต้องการ เพราะใช้เชื้อเพลิงที่ไม่ได้แปรรูป จึงได้มีการพัฒนาการสร้างเตาชีวมวลเป็นเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

การนำเชื้อเพลิงชีวมวลมาใช้โดยที่ไม่มีการแปรรูปหรืออัดแท่งก็จะทำให้ได้เชื้อเพลิงที่ไม่มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ โดยการอัดแท่งเชื้อเพลิงสามารถทำได้ทั้งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็น ซึ่งกระบวนการอัดเชื้อเพลิงแบบอัดร้อน เป็นกระบวนการอัดที่ใช้ความร้อนจากขดลวดความร้อนภายใต้แรงดันสูง และระบบอัดเชื้อเพลิงแบบอัดเย็น เป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อน แต่เป็นการนำวัสดุที่ต้องการไปผ่านการเผาก่อนและทำการผสมกับตัวประสาน ซึ่งขั้นตอนการอัดของทั้ง 2 แบบ

แตกต่างกันแต่ได้ผลผลิตเหมือนกัน ต่อมาจึงได้มีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น แกลบ ขี้เลื่อย และชานอ้อยมาทำเป็นเชื้อเพลิง โดยนำมาบดและอัดเป็นก้อนเชื้อเพลิง (กัญจนา บุญยเกียรติ และ เพียรพรรค ทัศคร, 2545) และได้มีการศึกษาเปรียบเทียบพลังงานความร้อนจากถ่านอัดแกลบกับใบไม้แห้งด้วยเครื่อง Auto Bomb Calorimeter (นนทพันธ์ จันทร์ธนูเดช, 2552) นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาพัฒนาการใช้เตาชีวมวลโดยใช้แท่งเชื้อเพลิงจากแกลบและแท่งเชื้อเพลิงจากขี้เลื่อย (Bhattacharya, 2003) และได้มีการศึกษาถึงการยอมรับการใช้เชื้อเพลิงแข็งและเชื้อเพลิงเขียวในครัวเรือนชนบท (นฤมล พินเพียบ, 2543) เป็นต้น

ถึงแม้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจะถูกนำมาใช้งานแล้วและเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน แต่ก่อนที่จะนำเชื้อเพลิงชีวมวลมาใช้นั้นจำเป็นต้องทราบถึงค่าความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงชีวมวล ความชื้นของเชื้อเพลิงชีวมวล ปริมาณขี้เถ้าที่อาจจะเกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล รวมทั้งขนาดและความหนาแน่นของเชื้อเพลิงชีวมวล จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพและประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงชีวมวล เพื่อที่จะได้เชื้อเพลิงชีวมวลที่ดีและมีประสิทธิภาพการเผาไหม้สูง และนอกจากนี้จำเป็นต้องมีการศึกษาความพึงพอใจจากผู้ที่ได้ใช้เชื้อเพลิงชีวมวล ว่ามีความพึงพอใจในการใช้เชื้อเพลิง ชีวมวลหรือไม่ จะได้เป็นแนวทางในการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้ในชุมชนและในครัวเรือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 ตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพและชีวภาพของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

2.2 ตรวจสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

2.3 ศึกษาความพึงพอใจในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กระบวนการอัดก้อนเชื้อเพลิงชีวมวล

3.1.1ทำการชั่งน้ำหนักของชีวมวลที่บดแล้วทุกชนิดให้ได้ตามสัดส่วนที่ต้องการทดลอง

3.1.2 นำวัตถุดิบทั้งหมดป้อนเข้าสู่เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งโดยจะใส่ลงในถังพักป้อน

3.1.3 นำภาชนะมารองชีวมวลที่ยังไม่เป็นแท่งในขณะเริ่มอัด เนื่องจากในระยะแรก ๆ มวลของวัตถุดิบทั้งหมดยังไม่เต็มกระบอกอัดจึงยังไม่ติดเป็นก้อน รอจนกระทั่งเชื้อเพลิงติดกันเป็นแท่งยาว

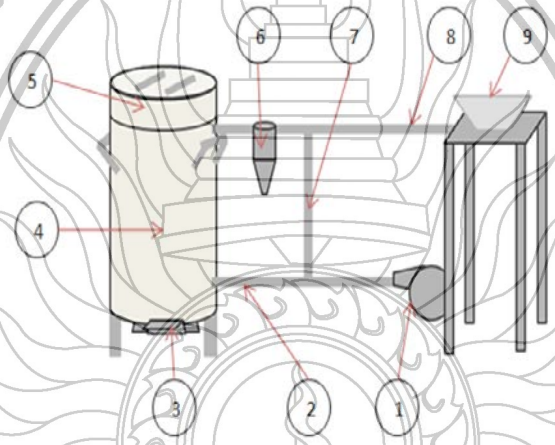
3.1.4 ตัดแท่งเชื้อเพลิงออกเป็นท่อนโดยให้มีความยาวท่อนละ 10 เซนติเมตร

3.1.5 เปลี่ยนขนาดของชีวมวลต่าง ๆ ตามที่ต้องการทดลอง แล้วผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงจนครบทุกชนิด

3.1.6 นำแท่งเชื้อเพลิงที่อัดไปตากแดดหรืออบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานแห้ง

3.1.7 จะได้แท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่อัดเสร็จแล้ว

3.2 ส่วนประกอบต่างๆของเตาแก๊สชีวมวลแบบ ดาวน์ดราฟท์แก๊สซิไฟเออร์



ภาพประกอบ 1 แสดงส่วนประกอบต่างๆของเตาชีวมวลแบบดาวน์ดราฟท์แก๊สซิไฟเออร์ 1. เครื่องกำเนิดกระแสลม 2. ท่อนำอากาศเข้า 3. ช่องระบายขี้เถ้า 4. ห้องเผาไหม้ 5. ฝาเปิดปิดใส่เชื้อเพลิง 6. ไซโคลน 7. ท่อส่งอากาศไปหัวเตาแก๊ส 8. ท่อนำแก๊ส 9. หัวเตาแก๊สแรงดันสูง (KB4)

ภาพประกอบ 2 เตาแก๊สชีวมวลแบบดาวน์ ดราฟท์แก๊สซิไฟเออร์โดยใช้ห้องเผาแบบเวนจูรี และติดตั้งไซโคลน

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้มุ่งหมายเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อเพลงชีวมวลอัดแท่งที่ใช้กับเตาชีวมวลแบบดาวน์ดราฟท์แก๊ซซิไฟเออร์ โดยทำการตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ตรวจสอบความชื้น ตรวจสอบสี ตรวจสอบความแข็ง และทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง ได้แก่ ปริมาณเถ้า ค่าพลังงานความร้อน และปริมาณก๊าซ อัตราการเผาไหม้ ประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิง และทำการศึกษาความพึงพอใจในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ใช้กับเตาชีวมวลแบบดาวน์ดราฟท์แก๊สซิไฟเออร์

ตารางที่ 1 ค่าความแข็งของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง	**ค่าความแข็ง (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)**
แกลบ	20.824
เหง้ามันสำปะหลัง	28.467
ชานอ้อย	24.800

ตารางที่ 2 ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเตาอั้งโล่และเตาชีวมวลแบบดาวน์ดราฟท์แก๊สซิไฟเออร์

เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง	**เตาอั้งโล่**		**เตาชีวมวล**	
	ปริมาณเถ้า (กรัม)	**ปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์)**	**ปริมาณเถ้า (กรัม)**	**ปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์)**
แกลบ	30.05	34.1466	31.658	30.2258
เหง้ามันสำปะหลัง	10.71	10.3922	13.189	12.4713
ชานอ้อย	1.45	1.9070	6.495	6.0232

ตารางที่ 3 อัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเตาอั้งโล่และเตาชีวมวลแบบดาวน์ดราฟท์แก๊สซิไฟเออร์

เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง	เตาอั้งโล่		
	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	เวลาในการเผาไหม้จนหมด (นาที)	อัตราการเผาไหม้ (กรัมต่อนาที)
แกลบ	88	40	2.20
เหง้ามันสำปะหลัง	103	34	3.03
ชานอ้อย	76	24	3.17
เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง	**เตาชีวมวล**		
	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	**เวลาในการเผาไหม้จนหมด (นาที)**	**อัตราการเผาไหม้ (กรัมต่อนาที)**
แกลบ	97	20	4.85
เหง้ามันสำปะหลัง	87	16	5.44
ชานอ้อย	69	10	6.90

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง	ประสิทธิภาพการใช้งาน (เปอร์เซ็นต์)
แกลบ	0.9909
เหง้ามันสำปะหลัง	3.0557
ชานอ้อย	2.7967

5. สรุปผล

จากการตรวจสอบประสิทธิภาพเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้กับเตาชีวมวลแบบดาวน์ดราฟท์แก๊สซิไฟเออร์ โดยทำการตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น สี ความแข็งและประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง ได้แก่ ปริมาณเถ้า ค่าพลังงานความร้อน ปริมาณแก๊ส อัตราการเผาไหม้ และประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิง ซึ่งจะนำเชื้อเพลิงแต่ละชนิดมาเปรียบเทียบกันและหาเชื้อเพลิงที่ดีที่สุด จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ว่าเชื้อเพลิงนั้นมีคุณสมบัติเป็นไปตามค่ามาตรฐานหรือไม่ รวมทั้งทำการประเมินความพึงพอใจของผู้ที่ได้

เห็นลักษณะทางกายภาพและประสิทธิภาพเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้กับเตาชีวมวลแบบดาวน์ดราฟท์แก๊สซิไฟเออร์

พบว่าเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแกลบเมื่อตากแห้งแล้วมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยอยู่ที่ 0.007 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการวัดสี L เฉลี่ย 48.46 ค่า a เฉลี่ย 6.79 และค่า b เฉลี่ย 21.95 มีค่าพลังงานความร้อนอยู่ที่ 4933.54 แคลอรีต่อกรัม มีปริมาณเถ้า 30.23 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเผาไหม้อยู่ที่ 4.85 กรัมต่อนาที มีประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงเท่ากับ 0.99 เปอร์เซ็นต์ มีค่าทนทานต่อแรงกดอัดหรือค่าความแข็งอยู่ที่ 20.82 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อทำการเผาไหม้จะได้แก๊สออกซิเจน (O_2) เฉลี่ยอยู่ที่ 15.16 เปอร์เซ็นต์ แก๊ส LEL (มีเทน) เฉลี่ยอยู่ที่ 12.33 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟต์ (H_2S) และไม่มีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งเหง้ามันสำปะหลังเมื่อตากแห้งแล้วมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยอยู่ที่ 0.06 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการวัดสี L เฉลี่ย 40.17 ค่า a เฉลี่ย 6.69 และค่า b เฉลี่ย 16.95 มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 6259.25 แคลอรีต่อกรัม มีปริมาณเถ้า 12.47 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเผาไหม้อยู่ที่ 5.44 กรัมต่อนาที มีประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงเท่ากับ 3.06 เปอร์เซ็นต์ มีค่าทนทานต่อแรงกดอัดหรือค่าความแข็งอยู่ที่ 28.47 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อทำการ เผาไหม้จะได้แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟต์ (H_2S) เฉลี่ยอยู่ที่ 2.66 ppm แก๊สออกซิเจน (O_2) เฉลี่ยอยู่ที่ 17.60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแก๊ส LEL (มีเทน) เฉลี่ยอยู่ที่ 15.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งชานอ้อยเมื่อตากแห้งแล้วมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยอยู่ที่ 0.05 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการวัดสี L เฉลี่ย 55.62 ค่า a เฉลี่ย 5.16 และค่า b เฉลี่ย 18.66 มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 5368.61 แคลอรีต่อกรัม ปริมาณเถ้า 6.02 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเผาไหม้ 6.90 กรัมต่อนาที มีประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงเท่ากับ 2.60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าทนทานต่อแรงกดอัดหรือค่าความแข็งอยู่ที่ 24.80 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อทำการเผาไหม้จะได้ปริมาณแก๊สออกซิเจน (O_2) เฉลี่ยอยู่ที่ 9.70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแก๊ส LEL (มีเทน) เฉลี่ยอยู่ที่ 11.00 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟต์ (H_2S) และไม่มีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

งานวิจัยนี้พบว่าเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งอัดแท่งที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ได้แก่ เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งชานอ้อย ซึ่งมีค่าความชื้น ค่าพลังงานความร้อน ปริมาณเถ้า ค่าความทนทานต่อแรงกดอัดหรือค่าความแข็ง อยู่ในเกณฑ์ โดยเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งชานอ้อยมีอัตราการเผาไหม้ดีที่สุด เมื่อทำการเผาไหม้แล้วจะได้แก๊ส LEL (มีเทน) สูงกว่างานวิจัยที่ผ่านมา แต่ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซต์ (CO) ไม่ถึงเกณฑ์ คือ ไม่มีเลย ส่วนเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งเหง้ามันสำปะหลังที่ไม่อยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง เพราะมีปริมาณเถ้ามากเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด ส่วนแกลบนั้นมีค่าพลังงานความร้อนไม่ถึงเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด และมีปริมาณเถ้ามากที่สุดในเชื้อเพลิงชีวมวล อัดแท่งทั้งสามชนิด และเกินเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดไว้มาก และมี

อัตราการเผาไหม้น้อยที่สุดในเชื้อเพลิง ชีวมวลอัดแท่ง รวมถึงประสิทธิภาพการใช้งานก็น้อยที่สุดเช่นกัน

ความพึงพอใจที่มีต่อการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ใช้กับเตาชีวมวลแบบดาวน์ดราฟท์แก๊สซิไฟเออร์ของผู้ตอบแบบประเมิน โดยผู้ตอบแบบประเมินเป็นเพศชายร้อยละ 26.3 และเพศหญิงร้อยละ 73.7 โดยมีอายุต่ำกว่า 20 ปี ร้อยละ 5 โดยส่วนใหญ่จะมีอายุอยู่ในช่วง 20-30 ปี ร้อยละ 75 อายุ 31-40 ปี ร้อยละ 5 และอายุ 41-50 ปี ร้อยละ 15 ซึ่งเป็นนักศึกษาร้อยละ 70 ข้าราชการร้อยละ 5 ลูกจ้าง ร้อยละ 10 ธุรกิจส่วนตัว ร้อยละ 15 ผู้ตอบแบบประเมินเกี่ยวกับความพึงพอใจด้านกายภาพของเชื้อเพลิง ชีวมวลอัดแท่งทั้งสามชนิด มีความพึงพอใจในระดับมาก และความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ได้ทดลองใช้กับเตาชีวมวลแบบดาวน์ดราฟท์แก๊ส ซิไฟเออร์มีความพึงพอใจในระดับมากและปานกลาง โดยความพึงพอใจในระดับปานกลางนั้นจะเป็นในด้านการเกิดควันและปริมาณเถ้า ส่วนประสิทธิภาพในด้านอื่นๆมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก และมีข้อเสนอแนะว่า ควรทำเชื้อเพลิงให้มีขนาดเล็กว่านี้เพราะน่าจะเหมาะกับเตาที่มีขนาดเล็กกว่า

6. กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จากสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำอย่างเอาใจใส่ในทุก ๆ ขั้นตอนของการทำวิจัย ทั้งในการทดลอง ขอขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ด้านต่าง ๆ มาโดยตลอด และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจและผู้ที่ศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ไชยวัฒน์ จวงทอง. (2553). *การศึกษาออกแบบเตาปฏิกรณ์ผลิตแก๊สชีวมวลจากใบอ้อยโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นฤมล ชูบัวทอง. (2550). *ผลขององค์ประกอบทางเคมีของชีวมวลต่อไพโรไลซิสและการเผาไหม้.* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นนทพันธ์ จันทร์ธนูเดช. (2552). *การหาและเปรียบเทียบพลังงานความร้อนระหว่างใบไม้แห้ง 15 ชนิดและถ่านอัดแท่ง กรณีศึกษา : อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย.* วิทยาศาสตรบัณฑิต (การสอนวิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

วานิช โสพาสพ บุญยิ่ง อินทรบุตร และสมพล พวงดอกไม้. (2550). *การผลิตถ่านอัดแท่งด้วยเศษ*

วัสดุเหลือใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงพลังงานทดแทน. การค้นคว้าอิสระ วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ สถาบันราชภัฏมหาสารคาม.

วิไลพร ลักษมีวาณิชย์ และคณะ. (2554). *พฤติกรรมการยอมรับถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดผสมกะลามะพร้าวของชุมชน ตำบลช่างเคิ่ง อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่.* มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

ศิราวุธ สาระขันธ์. (2553). *การศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการผลิตและใช้เชื้อเพลิงชีวมวลจากใบอ้อย.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ และคณะ. (2552). *การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เถ้าแกลบผสมซังข้าวโพดและกะลามะพร้อมด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูซั่นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน.* ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

Gani,A, Naruse ,I. (2007). *Effect of cellulose and lignin content on pyrolysis and combustion characteristics for several types of biomass.* Renewable Energy 32, 649-349.

Kuti, O.A. (2009). *Performance of Composite Sawdust Briquette Fuel in a Biomass Stove under Simulated Condition.* Department of Mechanical Engineering Au Journal of Technology. 12 (4): 284-288.

Shen, D.K, Gu, S, Luo, K.H, Bridgwater, A.V, Fang , M.X. (2009). *Kinetic study on thermal decomposition of woods in oxidative environment.* Fuel 88,1024-1030.

Yu,Z,Ma,X,Liu ,A. (2009). *Thermogravimetric analysis of rice and wheat straw catalytic combustion in air and oxygen enriched atmospheres.* Energy Conversion and Management 50,561-566.