O-CF01

การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะขาม
An investigation on green fuel production from tamarind waste

กิ่งกานต์ พันธุวาณิชย์[1*], พิสิษฏ์ มณีโชติ[1] และวันชัย วิหงสา[2]

[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 ม.9 ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
[2]สำนักงานพลังงานจังหวัดเพชรบูรณ์ ศาลากลาง ชั้น 4 อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000
E-mail: puntuwanitst@gmail.com, renewaboy@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะขามมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนฟืนและถ่านไม้จากธรรมชาติ โดยใช้แป้งมันเป็นตัวประสานผ่านกระบวนการอัดด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันแบบอัดรีดเย็น รวมทั้งศึกษากระบวนการผลิตและคุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในรูปของค่าความร้อน ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า และค่าคาร์บอนคงตัว วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ เปลือกมะขาม; ใยมะขาม; เมล็ดมะขาม และแกลบ โดยนำมาผสมกับแป้งมันและน้ำในอัตราส่วนต่างๆ จากการศึกษา พบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้มีค่าอยู่ระหว่าง 3,764 – 3,542 kcal/kg ที่ความชื้น 3.96 – 9.75%โดยที่ค่าความชื้นจะแปรผกผันกับค่าความร้อนของเชื้อเพลิง การทดลองได้ทำการผสมเชื้อเพลิงเขียวเป็น 3 อัตราส่วน ได้แก่ อัตราส่วน A, B, C และ D เชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้ในอัตราส่วน Bมีลักษณะทางกายภาพดีที่สุด คือ มีความแข็งแรง ไม่เปราะแตกง่าย และสามารถอัดเป็นแท่งขึ้นรูปได้ง่ายมีปริมาณสารระเหยและปริมาณเถ้ามากที่สุดเท่ากับ 10.41 % และ 4.50 % ตามลำดับ และมีความชื้นต่ำที่สุด เท่ากับ 3.96 % เมื่อนำมาทดลองใช้เปรียบเทียบกันระหว่างการใช้กับเตาอั้งโล่และการใช้กับเตาแก๊สชีวมวล ผลปรากฏว่าการนำเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในจะให้ประสิทธิภาพดีกว่าการใช้กับเตาอั้งโล่ จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า เปลือกมะขามสามารถนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงเขียวอัดแท่ง เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนถ่านจากไม้ฟืนที่ใช้ในครัวเรือน และควรมีการส่งเสริมให้มีการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะขามไว้ใช้เองในครัวเรือน เป็นการช่วยลดปัญหาขยะและมลพิษที่เกิดจากวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะขามอีกทางหนึ่ง

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงเขียว, วัสดุเหลือทิ้งจากมะขาม, อัดรีดเย็น

1. ที่มาและความสำคัญ

จากสถิติของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน รายงานว่าในช่วง 11 เดือนของปี 2556 ประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงานคิดเป็นมูลค่ากว่า 1,190 พันล้านบาท โดยมีการนำเข้าน้ำมันดิบมากที่สุดและมีการใช้พลังงานปริมาณ 68,935 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 2.8 คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,698 พันล้านบาท และมีการใช้พลังงานทดแทน 7,495 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นร้อยละ 14.2 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน การใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด ถ่านหิน/ลิกไนต์ ร้อยละ 20.7 น้ำมันเตาและน้ำมันดีเซลร้อยละ 2.9 ที่เหลือเป็นพลังงานหมุนเวียนและพลังงานทดแทน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 3.9 โดยการใช้พลังงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกสาขาเศรษฐกิจ เช่น ภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม ที่อยู่อาศัย ธุรกิจการค้าและขนส่ง ซึ่งภาคอุตสาหกรรมเป็นภาคที่มีการใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูงกว่าภาคอื่นๆ โดยมีสัดส่วนการใช้ร้อยละ 37 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด การขยายตัวของภาคธุรกิจการผลิตพลังงานทดแทนซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษและส่งผลดีต่อสภาพแวดล้อมของโลกลดปัจจัยการเกิดภาวะโลกร้อน ทั้งยังสามารถลดต้นทุนการผลิตในด้านเศรษฐกิจสาขาต่างๆ ได้ ทำให้ประเทศเราไม่ผูกขาดกับแหล่งพลังงานใดเพียงแหล่งเดียว ประเทศมีการพัฒนาศักยภาพแบบยั่งยืนต่อไป [1]

ประเทศไทยจัดว่าเป็นแหล่งปลูกมะขามเปรี้ยวและมะขามหวานที่ใหญ่ที่สุด มีการปลูกมะขามหวานกันมานานแล้วในภาคเหนือของไทยโดยเฉพาะที่อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นต้นกำเนิดมะขามหวานพันธ์หมื่นจง สีทอง และอินทผลัมที่มีชื่อที่สุด นอกจากนั้นยังพบในบางจังหวัดทางภาคอีสานมะขามหวานเป็นพืชที่ขึ้นได้ดีในดินทุกชนิด อีกทั้งยังเป็นพืชเอกลักษณ์และพืชเศรษฐกิจของจังหวัดเพชรบูรณ์ที่สร้างรายได้ให้แก่ผู้ปลูกเป็นอย่างมากจากข้อมูลสถานการณ์ด้านการเพาะปลูกมะขามหวาน ในปี พ.ศ. 2553 – 2554 ปัจจุบันมีพื้นที่เพาะปลูกมะขามหวานจำนวนกว่า 49,945 ไร่ ให้ผลผลิตราว 47,000 ตัน มูลค่าราว 1,400 ล้านบาท ราคาผลผลิตโดยเฉลี่ยกิโลกรัมละ 80 - 120 บาท[2] ขึ้นอยู่กับแต่ละสายพันธุ์ โดยมะขามหวานที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดมีอยู่ 2 แบบ คือ จำหน่ายทั้งฝักกับนำแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งจากการที่นำมะขามมาแปรรูปจะทำให้มีเศษวัสดุเหลือใช้เป็นจำนวนมาก ได้แก่ เปลือก ใย และเมล็ด เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่ถูกนำไปกองทิ้งไว้โดยไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากเศษวัสดุเหลือใช้จากมะขาม ซึ่งสามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงในรูปของเชื้อเพลิงเขียวแบบผสมผสานจากวัสดุเหลือใช้ดังกล่าว ได้แก่ เปลือกมะขาม ใยมะขาม และเมล็ดมะขาม เป็นต้น โดยทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงของเศษวัสดุเหลือใช้จากมะขาม

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ และคณะ [3] วิจัยการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีวมวลผสม 2 คู่ คือ แกลบ-ผักตบชวา และชานอ้อย-ฟาง โดยนำชีวมวลทั้ง 4 ชนิดไปตากแดด แล้วตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆจากนั้นชีวมวลแต่ละคู่ไปผสมกันที่อัตราส่วน 20 : 80, 40 : 60 และ 80 : 20 (โดยมวล) โดยใช้แป้ง มันสำปะหลังเป็นตัวประสาน แล้วนำส่วนผสมที่ได้ไปเข้ากระบวนการอัดแท่งและอบแห้งที่อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ได้ไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมรรถนะในการเผาไหม้จากผลการทดลอง พบว่า ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ได้อยู่

ในช่วง 185 - 223 kg/m^3 จากผลการทดสอบการเผาไหม้ พบว่า ชีวมวลผสมระหว่างแกลบและผักตบชวา ที่อัตราส่วนผสม 60 : 40 ให้อุณหภูมิก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้สูงสุด สำหรับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมาอยู่ในช่วง 1 - 15 ppm

สุวิทย์ เพชรห้วยลึก และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากทะลายปาล์มและเส้นใยปาล์ม ซึ่งย่อยให้มีขนาดประมาณ 1 mm และ 3 mm ตามลำดับ แล้วอัดแท่งโดยวิธีอัดแบบเย็น ที่ระดับความชื้นประมาณ 13%dbด้วยแรงอัด 10 MPa นำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้นี้มาศึกษาสมบัติทางกายภาพ และค่าศักยภาพทางพลังงานความร้อนจากปาล์มในภาคใต้ ผลการศึกษาพบว่า แท่งเชื้อเพลิงทั้ง 8 สูตรผสมค่าความร้อนระหว่าง 8.54±0.36 MJ/kg ถึง 11.81±0.42 MJ/kg และมีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 14.0±1.1 %db ถึง 60.1±5.5 %dbโดยแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ด้วยสูตรผสมเส้นใย ทะลายปาล์ม แกลบและแป้งเปียกเป็นตัวประสาน ด้วยอัตราส่วน 3:2:3:2 ตามลำดับสามารถให้ค่าความร้อนสูงสุด

เสริฐ เขียนนอก [5] ทำการศึกษาเปรียบเทียบพลังงานของถ่านไม้กับถ่านผักตบชวา โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อน ในการศึกษาพบว่า ค่าพลังงานที่ได้จากถ่านไม้มีค่าพลังงานอยู่ในช่วง 15372.666 – 28878 จูลต่อกรัม ซึ่งพลังงานที่ได้จากถ่านไม้ยางให้ค่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ ถ่านไม้สะแก ถ่านไม้รัง ถ่านไม้สักทอง และถ่านไม้มะขาม ตามลำดับ และพลังงานที่ได้จากผักตบชวาอยู่ในช่วง 9457.666 – 15841.666 จูลต่อกรัม เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ได้จากผักตบชวากับค่าพลังงานที่ได้จากถ่านไม้พบว่า ค่าพลังงานที่ได้จากถ่านไม้มีค่ามากกว่าพลังงานที่ได้จากผักตบชวา

3. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุ อุปกรณ์

1) เปลือกมะขาม 2) เศษวัสดุเหลือใช้จากเปลือกมะขาม 3) แกลบ 4) แป้งมันสำปะหลัง 5) น้ำ 6) เครื่องอัดแบบสกรูเกลียว 7) เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง 8) ตู้อบ (hot air oven) 9) โถดูดความชื้น 10) Electric muffle Furnace ปรับอุณหภูมิได้ 950°C 11) เครื่อง Bomb Calorimeter 12) ถ้วนทนไฟพร้อมฝาปิด 13) หม้อต้มน้ำ

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของวัตถุดิบ ตามวิธีมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) ได้แก่

3.2.1.1 การวิเคราะห์หาค่าความชื้น (Moisture Content) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3173 โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์โดยให้ความร้อนคงที่ในตู้อบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 104 - 110 องศาเซลเซียสที่เวลา 72 ชั่วโมง เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถคำนวณจากน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{A-B}{A} x100 \quad (1)$$

เมื่อ A = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)
B = น้ำหนักของตัวอย่างหลังจากอบแห้ง (กรัม)

3.2.1.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile Matter) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานASTM D5832 – 95 โดยนำตัวอย่างมาเผาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 950 ± 20 องศาเซลเซียส ในเตาเผาเป็นเวลา 7 นาที วิเคราะห์แล้วคำนวณปริมาณสารระเหยจากการสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่าง

$$\text{น้ำหนักที่สูญเสีย (\%)} = \frac{A-B}{A} x100 \quad (2)$$

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)
B = น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

$$\text{สารระเหย (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = C - M - A \quad (3)$$

เมื่อ C = ร้อยละน้ำหนักที่สูญเสีย
M = ร้อยละความชื้น
A = ร้อยละเถ้า

3.2.1.3. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (Ash Content) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานASTM D 3174 โดยนำตัวอย่างไปเผาให้ความร้อนในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6ชั่วโมง ซึ่งปริมาณเถ้าของตัวอย่างคิดจากส่วนที่เหลือหลังจากการเผาไหม้ ภายในอุณหภูมิ เวลา ความดัน และน้ำหนักของตัวอย่างที่กำหนด จำนวนร้อยละของปริมาณเถ้า สามารถคำนวณได้จากน้ำหนักที่เหลืออยู่ภายหลังการเผาแล้ว

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{A-B}{C}x100 \quad (4)$$

เมื่อ A = น้ำหนักของ Crucible และเถ้า (กรัม)
B = น้ำหนักของCrucible (กรัม)
C = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

3.2.1.4 การวิเคราะห์หาค่าคาร์บอนคงที่ (Fixed Carbon) ตามมาตรฐานASTM D 3172 ในการหาปริมาณธาตุคาร์บอนคงที่สามารถหาได้จากการคำนวณดังนี้

ปริมาณคาร์บอนคงที่ (%) = 100 - % ความชื้น - % เถ้า - % สารระเหย (5)

3.2.1.5 การวิเคราะห์หาค่าความร้อน (Heating Value) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D1989 โดยนำตัวอย่างไปเผาอย่างสมบูรณ์ใน Bomb ที่มีออกซิเจนอยู่ปริมาณเกินความร้อนของการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นเป็นผลให้อุณหภูมิของ Jacket สูงขึ้น และสามารถคำนวณหาความร้อนที่เกิดขึ้นได้ และทำการหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละครั้งซ้ำกัน 2 ครั้ง

3.2.1.6 ประสิทธิภาพในการให้ความร้อนของเชื้อเพลิง

1. ชั่งเชื้อเพลิงตัวอย่างละ 120, 168 และ 187 กรัมตามลำดับ
2. ชั่งน้ำ 300 กรัม ใส่หม้อต้มน้ำและวัดอุณหภูมิของน้ำก่อนต้ม
3. วัดอุณหภูมิน้ำในหม้อโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ขนาด 100 องศาเซลเซียส โดยระวังไม่ให้เทอร์โมมิเตอร์สัมผัสกับส่วนของหม้อ
4. ใช้แท่งเชื้อเพลิงชุบ แอลกอฮอล์ติดไฟประมาณ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรวางในเตาเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงติดไฟ
5. วางแท่งเชื้อเพลิงที่เหลือในเตาอย่างโปร่งๆให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ประมาณ 3 ใน 4 ของเตาแล้วจุดไฟจนไฟติด
6. นำหม้อที่เตรียมไว้ตั้งบนเตา บันทึกอุณหภูมิทุกๆ 10 วินาที
7. เมื่อน้ำเดือดถึง 100 องศาเซลเซียสให้เปลี่ยนหม้อใหม่ จดอุณหภูมิทุกๆ 10 วินาที จนกระทั่งอุณหภูมิน้ำไม่เพิ่มขึ้นอีก

3.2.1.7 คำนวณหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิง โดยใช้สูตร

$$\mu = \sum \frac{ms(t_2 - t_1) \pm ms(t_3 - t_1) \times 100\%}{wq} \quad (6)$$

เมื่อ μ = ประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของเชื้อเพลิง (%)
W = น้ำหนักของเชื้อเพลิง (g)
Q = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (cal/g)
M = น้ำหนักของน้ำในหม้อ (g)
s = ค่าความร้อนจำเพราะของน้ำ (1 cal/g °C)
t_1 = อุณหภูมิของน้ำเมื่อเริ่มแรก (°C)
t_2 =อุณหภูมิของน้ำเดือด (°C)
t_3 = อุณหภูมิของน้ำสุดท้ายของหม้อ(°C)

3.2.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขาม โดยทำการผสมระหว่างเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขาม

3.2.2.1 การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขาม

1. นำเปลือกมะขาม 1 กิโลกรัม มาผสมกับแป้งมัน 40 กรัม และน้ำ 400 กรัม
2. นำส่วนผสมที่ได้ตามอัตราส่วนที่กำหนดไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบสกรูเกลียว
3. นำเชื้อเพลิงเขียวที่ได้ไปตากแห้งจนมีความชื้นไม่เกิน 10 %
4. ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงเขียวตามข้อ 3.2.1

3.2.2.2 การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขาม

1. นำเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขาม ได้แก่ เปลือก ใย และเมล็ด 1 กิโลกรัม มาผสมกับแป้งมัน 40 กรัม และน้ำ 400 กรัม
2. นำส่วนผสมที่ได้ตามอัตราส่วนที่กำหนดไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบสกรูเกลียว
3. นำเชื้อเพลิงเขียวที่ได้ไปตากแห้งจนมีความชื้นไม่เกิน 10 %
4. ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงเขียวตามข้อ 3.2.1

3.2.2.3 การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามกับแกลบ

1. นำเปลือกมะขาม 0.9 กิโลกรัม มาผสมกับแกลบ 0.1 กิโลกรัม, แป้งมัน 40 กรัม และน้ำ 400 กรัม
2. นำส่วนผสมที่ได้ตามอัตราส่วนที่กำหนดไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบสกรูเกลียว
3. นำเชื้อเพลิงเขียวที่ได้ไปตากแห้งจนมีความชื้นไม่เกิน 10 %
4. ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงเขียวตามข้อ 3.2.1

4. ผลการทดลอง

4.1. ผลการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขาม แบ่งการทดลองออกเป็น 4 อัตราส่วน ดังนี้

1. อัตราส่วน A คือ อัตราส่วนระหว่างเปลือกมะขาม: น้ำ:แป้งมันเป็น 1.5: 1: 0.5
2. อัตราส่วน B คือ อัตราส่วนระหว่างเปลือกมะขาม: น้ำ:แป้งมันเป็น 1: 0.4: 0.04
3. อัตราส่วน C คือ อัตราส่วนระหว่างเปลือก, ใย และเมล็ด: น้ำ:แป้งมันเป็น 1: 0.4: 0.04
4. อัตราส่วน D คือ อัตราส่วนระหว่างเปลือกมะขาม: แกลบ: น้ำ:แป้งมันเป็น 0.9: 0.1: 0.4: 0.04

ตารางที่1 แสดงค่าคาร์บอนคงตัว สารที่ระเหยได้ ความชื้น และเถ้าของเชื้อเพลิงเขียวเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามในแต่ละอัตราส่วน

อัตราส่วน	ปริมาณคาร์บอนคงตัว (%)	ปริมาณสารที่ระเหยได้ (%)	ความชื้น (%)	ปริมาณเถ้า (%)
A	82.31	5.94	9.75	2.00
B	81.13	10.41	3.96	4.50
C	82.68	5.70	9.35	2.27
D	83.74	5.94	7.93	2.39

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามมีปริมาณสูงมากกว่า 80% ทุกอัตราส่วน เนื่องจากเปลือกมะขามมีค่าความร้อนสูง โดยมีอัตราส่วนในการผสมเชื้อเพลิงเท่ากับเปลือกมะขามมากกว่า 90% ต่อแป้งมันน้อยกว่า 5% ในงานวิจัยนี้จะไม่คิดปริมาณน้ำเนื่องจากหลังจากการอัดแท่งแล้วจะต้องทำการอบแห้งเพื่อให้เหลือความชื้นไม่เกิน 10% รวมถึงปริมาณสารที่ระเหยได้, ความชื้น และปริมาณเถ้ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่อัตราส่วน B มีปริมาณสารระเหยและปริมาณเถ้ามากที่สุดเท่ากับ 10.41% และ 4.50% ตามลำดับ และมีความชื้นต่ำที่สุด เท่ากับ 3.96%

ตารางที่2 แสดงค่าความร้อนและความชื้นของเชื้อเพลิงเขียวเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามในแต่ละอัตราส่วน

อัตราส่วน	ค่าความร้อน(kcal/kg)	ความชื้น (%)
A	3,657	9.75
B	3,764	3.96
C	3,669	9.35
D	3,542	7.93

จากตารางที่ 2จะเห็นได้ว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้จากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามในแต่ละอัตราส่วน มีค่าอยู่ระหว่าง 3,764 – 3,542 kcal/kg ในขณะที่ค่าความชื้นจะแปรผกผันกับค่าความร้อนของเชื้อเพลิง คือ เมื่อเชื้อเพลิงเขียวมีค่าความชื้นน้อยจะทำให้มีค่าความร้อนเพิ่มมากขึ้น แสดงว่าความชื้นมีผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

ตารางที่3 ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามในแต่ละอัตราส่วน

อัตราส่วน	ลักษณะของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้(หลังจากแห้งแล้ว)		
	ไม่เปราะ แตกง่าย	อัดเป็นแท่งได้ง่าย	แข็งแรง
A	✓	✓	✓
B	✓	✓	✓
C	✗	✗	✗
D	✓	✗	✓

หมายเหตุ ✓ หมายถึง ใช่ ✗ หมายถึง ไม่ใช่

เชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้อัตราส่วนที่ดีที่สุดคือ A และ B แต่ที่อัตราส่วน B ให้ค่าความร้อนได้ดีที่สุด

แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากอัตราส่วน C จะเปราะแตกง่ายขาดความแข็งแรงและอัดเป็นแท่งได้ยาก เนื่องจากใยมะขามติดอยู่ในห้องอัดเชื้อเพลิงทำให้ขึ้นรูปได้ยาก

แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากอัตราส่วนD จะเปราะแตกง่าย เนื่องจากแกลบมีความพรุนสูงทำให้หลังจากที่เชื้อเพลิงแห้งแล้วมีการเปราะแตกได้ง่าย

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพการใช้งานเชิงความร้อนของเชื้อเพลิง

ตารางที่4 แสดงประสิทธิภาพของเตาชีวมวลที่ใช้เชื้อเพลิงเขียวชนิดต่างๆเป็นเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงเขียวแต่ละอัตราส่วน	ประสิทธิภาพ(ร้อยละ)
A	26.69
B	30.61
C	28.45
D	36.43

จากตารางที่ 4เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวลโดยใช้เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามเป็นเชื้อเพลิง พบว่า อัตราส่วน D มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนดีที่สุด เนื่องจากมีแกลบเป็นส่วนผสมจึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และที่อัตราส่วน A มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำที่สุด เนื่องจากเชื้อเพลิงเขียวที่ได้มีความชื้นสูงจึงทำให้จุดติดไฟได้ยาก

5. สรุปผลการทดลอง

1. การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขาม พบว่า ส่วนผสมในอัตราส่วน Bมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพดีที่สุด คือ มีความแข็งแรง ไม่เปราะแตกง่าย และสามารถอัดเป็นแท่งขึ้นรูปได้ง่าย

2. ค่าคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามมีปริมาณสูงมากกว่า 80% ทุกอัตราส่วน เนื่องจากเปลือกมะขามมีค่าความร้อนสูง โดยมีอัตราส่วนในการผสมเชื้อเพลิงเท่ากับเปลือกมะขามมากกว่า 90% ต่อแป้งมันน้อยกว่า 5% ในงานวิจัยนี้จะไม่คิดปริมาณน้ำเนื่องจากหลังจากการอัดแท่งแล้วจะต้องทำการอบแห้งเพื่อให้เหลือความชื้นไม่เกิน 10% รวมถึงปริมาณสารที่ระเหยได้, ความชื้น และปริมาณเถ้ามีค่าใกล้เคียง โดยเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตจากเปลือกมะขามผสมกับแป้งมันและน้ำ ในอัตราส่วน B มีปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้ามากที่สุดเท่ากับ 10.41 % และ 4.50 % ตามลำดับ และมีความชื้นต่ำที่สุด เท่ากับ 3.96 %

3. ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเขียวที่ผลิตได้จากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามในแต่ละอัตราส่วน มีค่าอยู่ระหว่าง 3,764 – 3,542 kcal/kg ในขณะที่ค่าความชื้นจะแปรผกผันกับค่าความร้อนของเชื้อเพลิงคือ เมื่อเชื้อเพลิงเขียวมีค่าความชื้นน้อยจะทำให้มีค่าความร้อนเพิ่มมากขึ้น แสดงว่าความชื้นมีผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

4. เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวลโดยใช้เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกมะขามและเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปมะขามเป็นเชื้อเพลิง พบว่า อัตราส่วน D มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนดีที่สุด เนื่องจากมีแกลบเป็นส่วนผสมจึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และที่อัตราส่วน A มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำที่สุด เนื่องจากเชื้อเพลิงเขียวที่ได้มีความชื้นสูงจึงทำให้จุดติดไฟได้ยาก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพลังงานจังหวัดเพชรบูรณ์ที่ให้ทุนสนับสนุน และขอขอบวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์สำหรับทำการวิจัย

บรรณานุกรม

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2557. จากwww.dede.go.th/ dede/images/ stories/ stat_dede/sit_56/frontpage_nov.pdf

[2] จับตามะขามหวาน 2 สายพันธุ์ใหม่ สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม2557, จาก http://news.sanook.com /1430127/

[3] จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์, ชัชวาล ภาโนมัย, อรวรรณ เที่ยงกระโทก และรัตนา แซ่จู. (2528). การศึกษาการทำเชื้อเพลิงเขียวจากพืชบางชนิด. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] สุวิทย์ เพชรห้วยลึก ฉัตร ผลนาค ธัญญรัตน์ อินทร์เจริญ และพชิตา เปล่าเล. (2549). สมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ปาล์มน้ำมัน. สงขลา : ศูนย์วิจัยและสาธิตระบบพลังงานทดแทน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[5] เสริฐ เขียนนอก และพัฒนสุข ชำนินอก. (2544). การศึกษาเปรียบเทียบพลังงานของถ่านไม้กับผักตบชวา. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.