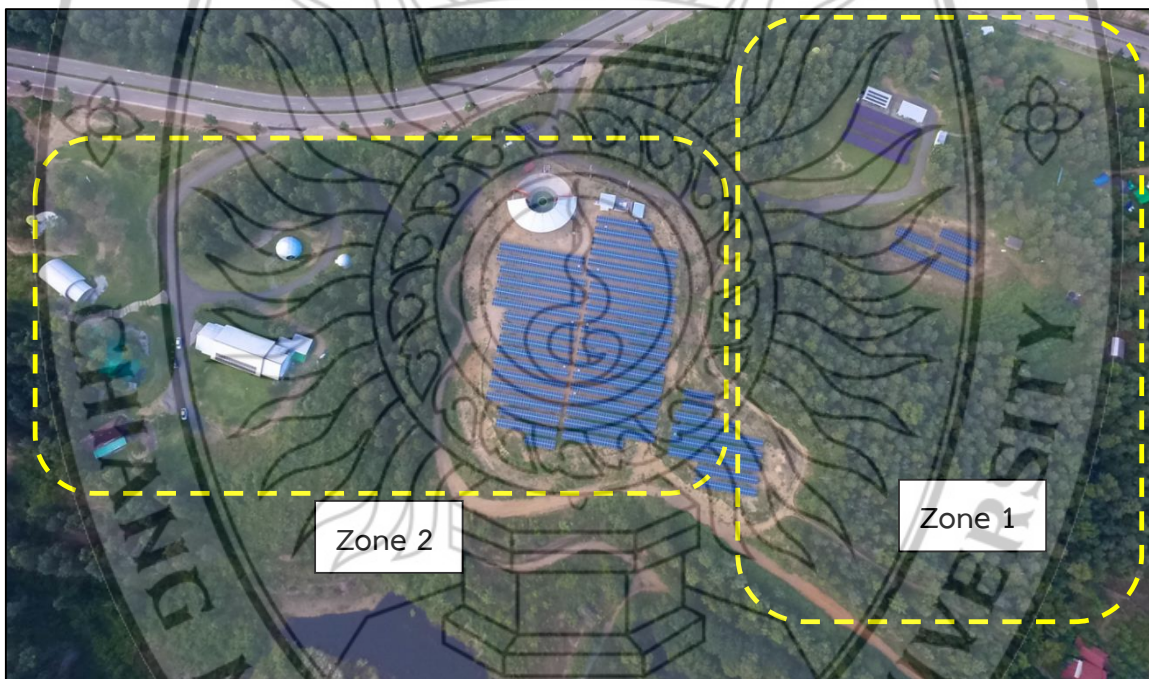


บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยของการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (อาร์ดีเอฟ5) ภายในพื้นที่วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แมริม เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน แบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) ผลการสำรวจปริมาณขยะเศษใบไม้ที่เกิดขึ้นภายในวิทยาลัยฯ 2) ผลการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) 3) ผลการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) 4) ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) และ 5) ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการสำรวจปริมาณขยะเศษใบไม้ที่เกิดขึ้นภายในวิทยาลัยฯ



ภาพที่ 4.1 การจัดแบ่งโซนพื้นที่เพื่อการบริหารจัดการขยะภายในวิทยาลัยฯ

จากภาพที่ 4.1 พบว่า พื้นที่ของวิทยาลัยฯ มากกว่าร้อยละ 80 เป็นพื้นที่ของป่าเต็งรังซึ่งเป็นแหล่งผลิตเศษขยะใบไม้ ซึ่งปริมาณการเกิดขยะเศษใบไม้ในแต่ละบริเวณจะมีปริมาณที่แตกต่างต่างกัน เพื่อให้ง่ายต่อการรวบรวมขยะ และการเก็บข้อมูลเชิงสถิติของปริมาณการเกิดขยะประเภทเศษใบไม้ในแต่ละปี จึงจำเป็นต้องแบ่งพื้นที่ในการบริหารจัดการขยะภายในวิทยาลัยฯ ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่



ภาพที่ 4.2 การสำรวจเบื้องต้น โซนที่ 1 บริเวณพื้นที่บ้านพักอาศัย



ภาพที่ 4.3 การสำรวจเบื้องต้น โซนที่ 1 บริเวณพื้นที่หลังร้านสะดวกซื้อ



ภาพที่ 4.4 การสำรวจเบื้องต้น โซนที่ 1 บริเวณพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้ด้านวงจรชีวมวล

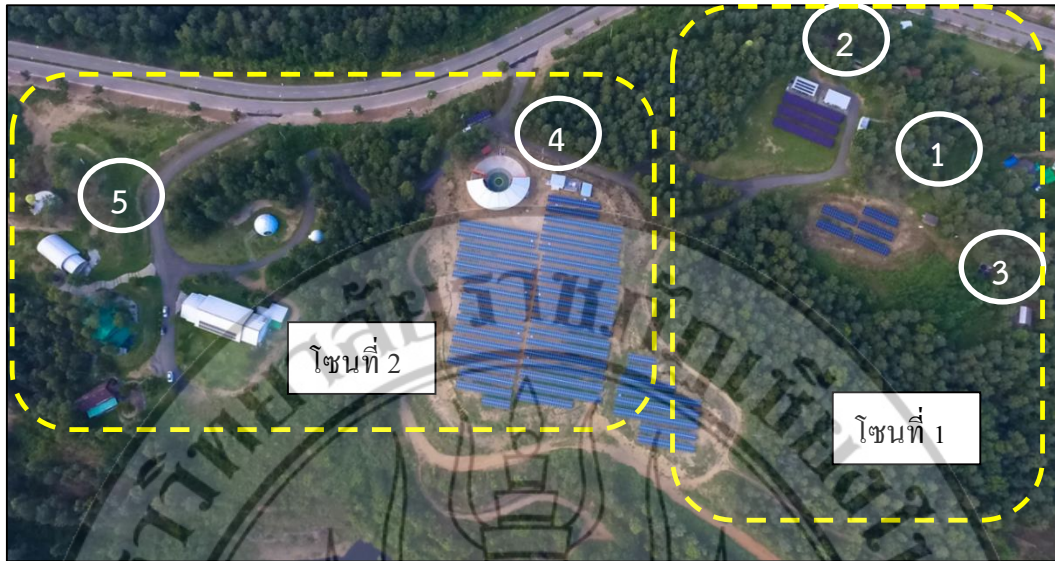


ภาพที่ 4.5 การสำรวจเบื้องต้น โซนที่ 2 บริเวณพื้นที่หลังอาคารหอประชุม



ภาพที่ 4.6 การสำรวจเบื้องต้น โซนที่ 2 บริเวณพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 702 kW

จากการสำรวจปริมาณขยะประเภทเศษใบไม้และกิ่งไม้ในเบื้องต้น พบว่า พื้นที่โซนที่ 1 มีปริมาณขยะเศษใบไม้มากกว่าพื้นที่โซนที่ 2 เนื่องจากพื้นที่โซนที่ 2 ส่วนใหญ่จะเป็นอาคารสำนักงาน และระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในการหาปริมาณขยะเศษใบไม้ภายในวิทยาลัยฯ ได้ดำเนินการติดตั้งจุดเก็บขยะใบไม้ในโซนที่ 1 จำนวน 3 จุด และในโซนที่ 2 จำนวน 2 จุด โดยใช้โครงเหล็กสำหรับบรรจุขยะใบไม้และกิ่งไม้ตามจุดที่กำหนด พร้อมทั้งทำการบันทึกข้อมูลปริมาณขยะใบไม้และกิ่งไม้ที่เกิดขึ้นทุกๆ สัปดาห์ และรวบรวมเป็นข้อมูลเชิงสถิติของปริมาณของขยะเศษใบไม้ที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่วิทยาลัยฯ



ภาพที่ 4.7 แสดงที่ตั้งจุดเก็บขยะใบไม้ในวิทยาลัยฯ



ภาพที่ 4.8 จุดเก็บที่ 1 บริเวณพื้นที่บ้านพักอาศัย



ภาพที่ 4.9 จุดเก็บที่ 2 บริเวณพื้นที่หลังร้านสะดวกซื้อ



ภาพที่ 4.10 จุดเก็บที่ 3 บริเวณพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้ด้านวงจรชีวมวล

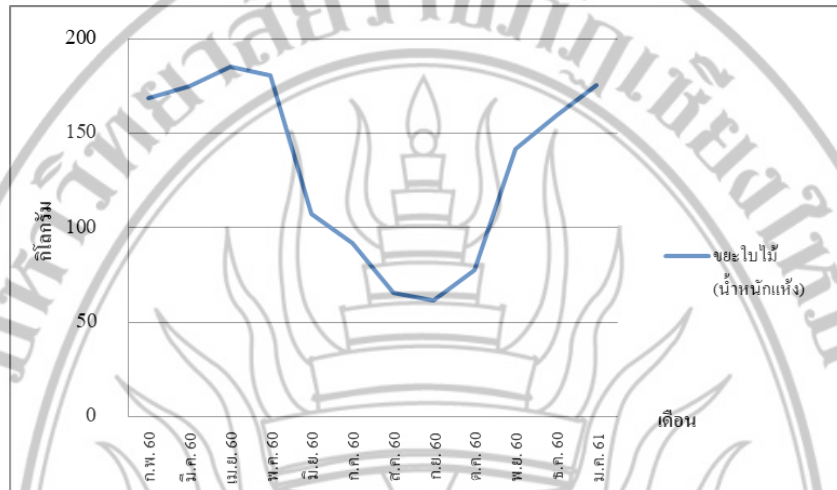


ภาพที่ 4.11 จุดเก็บที่ 4 บริเวณพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 702 kW



ภาพที่ 4.12 จุดเก็บที่ 5 บริเวณพื้นที่หลังอาคารหอประชุม

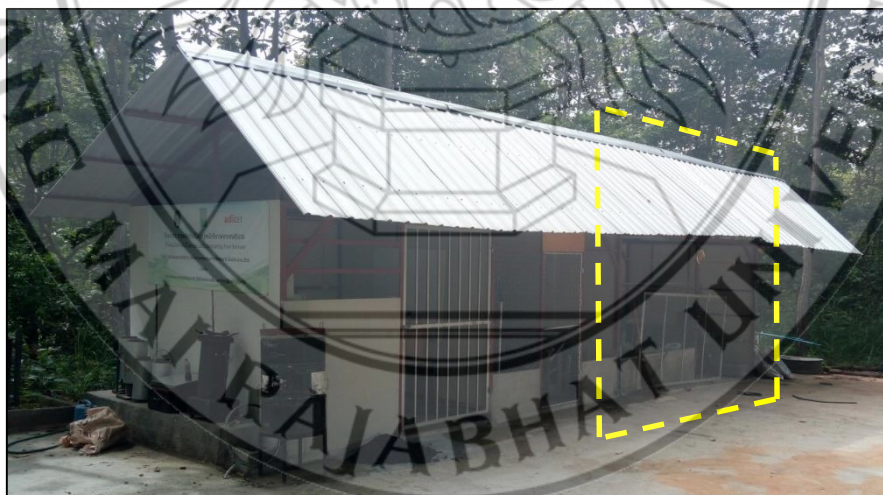
จากการรวบรวมข้อมูลขยะเศษใบไม้จากทั้ง 2 โชน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2560 – มกราคม 2561 พบว่า ปริมาณขยะเศษใบไม้มีปริมาณทั้งสิ้น 1,592 กิโลกรัม โดยปริมาณเศษใบไม้ที่เกิดขึ้นเป็นไปตามวัฏจักรของป่าเต็งรังที่จะผลัดใบทิ้งในช่วงเดือนธันวาคมถึงเมษายนของทุกปี ทำให้มีปริมาณเศษใบไม้สูงในช่วงดังกล่าว โดยในเดือนเมษายนมีปริมาณเศษใบไม้มากที่สุดและมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนกันยายน เมื่อคิดเป็นปริมาณขยะเศษใบไม้เฉลี่ยต่อเดือนจะเท่ากับ 132.66 กิโลกรัม ข้อมูลที่เก็บได้แสดงดังภาพที่ 4.13



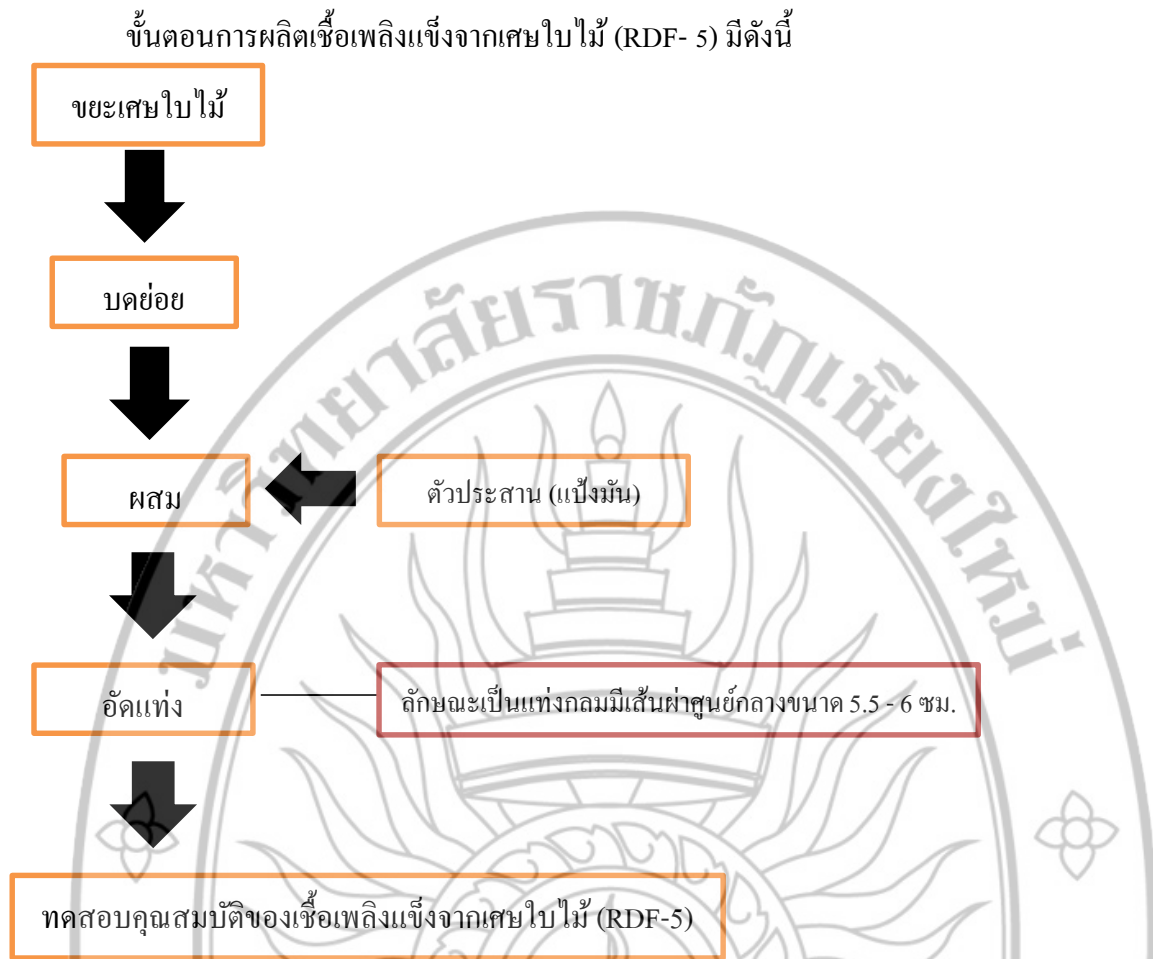
ภาพที่ 4.13 ปริมาณขยะเศษใบไม้ภายในวิทยาลัยฯ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2560 – มกราคม 2561

4.2 ผลการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5)

สถานที่ในการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF- 5) ใช้พื้นที่ภายในศูนย์การเรียนรู้ด้านพลังงานชีวมวล โดยได้มีการก่อสร้างโรงเรือนเพิ่มเติม (แสดงดังภาพที่ 4.14) เพื่อรองรับการติดตั้งเครื่องจักรได้แก่ เครื่องบดย่อยเศษใบไม้ เครื่องผสมเศษใบไม้ และเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้



ภาพที่ 4.14 โรงงานต้นแบบขนาดเล็ก เพื่อการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5)



ภาพที่ 4.15 กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5)

4.2.1 เริ่มด้วยการนำขยะที่รวบรวมจากจุดทิ้งขยะชีวมวลมาคัดแยกตามชนิดและประเภทของขยะชีวมวล โดยจะแยกขยะประเภทใบไม้แห้งออกมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ขยะส่วนที่ไม่สามารถนำมาผลิตเชื้อเพลิงแข็งได้ จะถูกคัดแยกออกเพื่อนำไปแปรรูปให้เกิดในรูปแบบอื่นๆต่อไป เช่น กิ่งไม้สามารถผลิตเป็นถ่านไม้ ใบไม้ที่มีความชื้นหรือเปียก จะนำไปทำปุ๋ยหมัก หรือนำไปตากแห้งก่อนจะนำมาผลิตเชื้อเพลิงแข็ง

4.2.2 การลดขนาดด้วยการตัด/ย่อย

สำหรับการลดขนาดเศษใบไม้ในการวิจัย จะใช้เครื่องบดย่อยเศษใบไม้ ดังแสดงในภาพที่ 4.16 ซึ่งเครื่องบดย่อยมีกำลังการผลิตที่ 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีการใช้พลังงานรวม 1.49 kWh คิดเป็น 0.014 kWh/kg จากการวัดด้วยกิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องย่อยใบและกิ่งไม้แห้ง

ประเภทขยะ	กำลังการผลิต (kg/hr)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	อัตราการใช้พลังงาน (kWh/kg)
ใบไม้	80	1.49	0.014



ภาพที่ 4.16 การบดขยอยเศษใบไม้

4.2.3 การผสมเศษใบไม้กับตัวประสาน

หลังจากที่ได้ลดขนาดของเศษใบไม้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการผสมเศษใบไม้กับตัวประสาน คือ แปะมัน โดยแปะมันมีประโยชน์ทำให้เชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) คงสภาพและสามารถนำไปใช้งานได้โดยไม่แตกหัก ทั้งนี้ ได้ทดสอบหาปริมาณอัตราส่วนการผสมที่เหมาะสมระหว่างเศษใบไม้และแปะมัน โดยทำการผสมแปะมันที่อัตราส่วน 0%, 2% และ 4 % ต่อน้ำหนักของเศษใบไม้

สำหรับเครื่องผสมเศษใบไม้ที่ใช้ มีกำลังการผลิตที่ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เป็นการใช้พลังงานทั้งหมด 0.75 kWh คิดเป็น 0.007 kWh/kg ทั้งนี้ พบว่า การใช้พลังงานในการเศษใบไม้แห้งกับแปะมันที่สัดส่วนผสมต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก



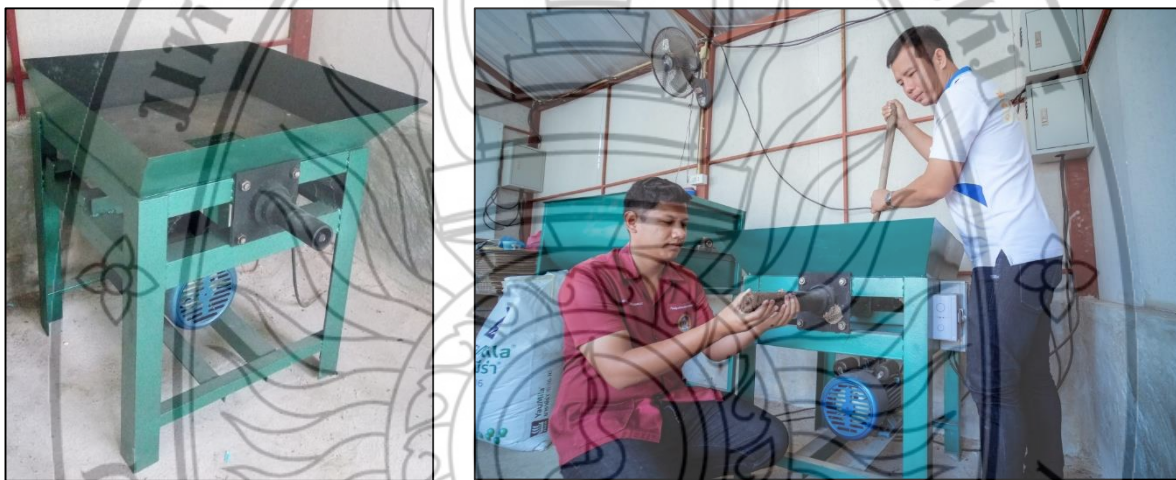
ภาพที่ 4.17 การใช้งานเครื่องผสมเศษใบไม้

ตารางที่ 4.2 ผลการใช้พลังงานในการผสม

ปริมาณขยะ RDF-5 (kg)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	อัตราการใช้พลังงาน (kWh/kg)
100	0.75	0.007

4.2.4 การอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5)

หลังจากที่ได้ทำการผสมเศษใบไม้กับแป้งมัน นำส่วนผสมที่ได้มาใส่ในเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นเหล็กเพื่อความแข็งแรง อาศัยกำลังขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 แรงม้า 220 V. มีการออกแบบเกลียวแบบพิเศษสำหรับอัดแท่งเศษใบไม้โดยเฉพาะ ซึ่งเครื่องอัดแท่งนี้มีกำลังการผลิตเฉลี่ยที่ 7-10 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือประมาณ 56 กิโลกรัมต่อวัน



ภาพที่ 4.18 การใช้งานเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5)

ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) โดยใช้แป้งมันเป็นตัวประสานที่อัตราส่วน 0%, 2% และ 4% ต่อน้ำหนักของเศษใบไม้ แสดงดังภาพที่ 4.19



ก. RDF-5 (แป้งมัน 0%)

ข. RDF-5 (แป้งมัน 2%)

ค. RDF-5 (แป้งมัน 4%)

ภาพที่ 4.19 แสดงแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) โดยการผสมแป้งมันในอัตราส่วนต่างๆ

จากผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) พบว่า ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ที่ไม่ใส่แบริ่งมันเป็นตัวประสานไม่สามารถจับตัวเป็นก้อนและอัดเป็นแท่งได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แบริ่งมันเป็นตัวประสานที่อัตราส่วน 2% โดยน้ำหนัก พบว่า RDF-5 (แบริ่งมัน 2%) สามารถอัดเป็นแท่งได้ มีรอยแตกที่พื้นผิวค่อนข้างมาก แต่ยังคงสภาพเป็นแท่งได้ และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนแบริ่งมันที่ 4% โดยน้ำหนัก พบว่า RDF-5 (แบริ่งมัน 4%) คงสภาพเป็นแท่งได้ดีกว่า มีรอยแตกที่ผิวน้อยลง จึงสรุปได้ว่า แท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ที่มีอัตราส่วนของแบริ่งมันที่ 2% และ 4% จะมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานได้ดีกว่าการไม่ใช้แบริ่งมันเป็นส่วนผสม

สำหรับการทดสอบการใช้พลังงานในการอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ พบว่า มีการใช้อัตราการใช้พลังงานสูงสุด คิดเป็นการใช้พลังงานรวม 3.44 kWh คิดเป็น 0.14 kWh/kg

ตารางที่ 4.3 ผลการใช้พลังงานในการอัดแท่งเชื้อเพลิงขยะขยะ RDF-5

กำลังการผลิต (kg/hr)	การใช้พลังงาน	
	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	อัตราการใช้พลังงาน (kWh/kg)
10	3.73	0.37

4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5)

เมื่อทำการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ได้ทั้ง 3 รูปแบบ ตามอัตราส่วนของตัวประสาน (แบริ่งมัน) ได้แก่ RDF-5 (แบริ่งมัน 0%) RDF-5 (แบริ่งมัน 2%) และ RDF-5 (แบริ่งมัน 4%) จึงนำ RDF-5 ทั้ง 3 รูปแบบไปวิเคราะห์ที่ศูนย์บริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ศวท-มช) เพื่อทดสอบแบบประมาณ (Proximate Analysis) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM 3172 เพื่อหาค่าความชื้น (Moisture) ปริมาณเถ้า (Ash) สารระเหยได้ (Volatile matter) และคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) รวมทั้งหาค่าความร้อน ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 240 ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่

4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis) ของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5)

ชนิดเชื้อเพลิง	ค่าความชื้น Moisture (%wt)	สารระเหยได้ Volatile matter (%wt)	ปริมาณเถ้า Ash (%wt)	คาร์บอนคงตัว Fixed carbon (%wt)	ค่าความร้อนสูง HHV (kJ/kg)
RDF-5 (แบริ่งมัน 0%)	1.86	62.63	27.08	8.43	13.65
RDF-5 (แบริ่งมัน 2%)	1.80	66.86	21.58	9.76	14.50
RDF-5 (แบริ่งมัน 4%)	1.61	82.59	13.93	1.87	15.36

โดยหลักการแล้ว แ่งเชื้อเพลิงที่มีค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวที่สูง จะทำให้เชื้อเพลิงนั้นมีค่าความร้อนที่สูงขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับค่าสารระเหยได้ หากแ่งเชื้อเพลิงมีค่าสารระเหยได้สูงจะทำให้ได้ค่าความร้อนต่ำลง ดังนั้น เมื่อพิจารณาข้อมูลผลการวิเคราะห์แ่งเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ทั้ง 3 รูปแบบ ด้วยวิธีแบบประมาณ (Proximate analysis) พบว่า RDF-5 (แบริ่งมัน 0%) มีค่าความร้อนสูง (HHV) อยู่ที่ 13.65 kJ/kg มีปริมาณสารระเหยได้ (Volatile matter) อยู่ที่ 62.63 wt% และปริมาณคาร์บอนคงตัวหรือ Fixed carbon อยู่ที่ 8.43 wt% เมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนของแบริ่งมันใน RDF-5 ซึ่งเป็นแบริ่งมันเป็นส่วนประกอบที่ทำให้เชื้อเพลิงถูกติดไฟได้ง่ายและรวดเร็ว จึงนำพาคาร์บอนที่มีอยู่ในแ่งเชื้อเพลิงออกไปด้วย ทำให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวลดลง แต่ทำให้ค่าสารระเหยได้มีค่าสูงขึ้น จึงเป็นผลให้ค่าความร้อนลดลง ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากค่าสารระเหยได้ ค่าคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อนแล้ว อัตราส่วนของแบริ่งมันที่เหมาะสมในการผลิตแ่งเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ในครั้งนี้ คือ RDF-5 (แบริ่งมัน 2%) ถึงแม้ว่า RDF-5 (แบริ่งมัน 4%) จะมีให้ค่าความร้อนที่สูงกว่า RDF-5 (แบริ่งมัน 2%) แต่มีค่าคาร์บอนคงตัวที่ต่ำกว่า RDF-5 (แบริ่งมัน 2%)

4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5)

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ใช้วิธีทดสอบการเดือดของน้ำ (Water boiling test) กับเตาอั้งโล่ มีพารามิเตอร์ในการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 4.5 พารามิเตอร์สำหรับการทดสอบแบบ Water boiling test

พารามิเตอร์	หน่วย (กิโลกรัม)
ปริมาณถ่านไม้/เชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5)	1
ปริมาณน้ำที่ใช้ทดสอบ	2

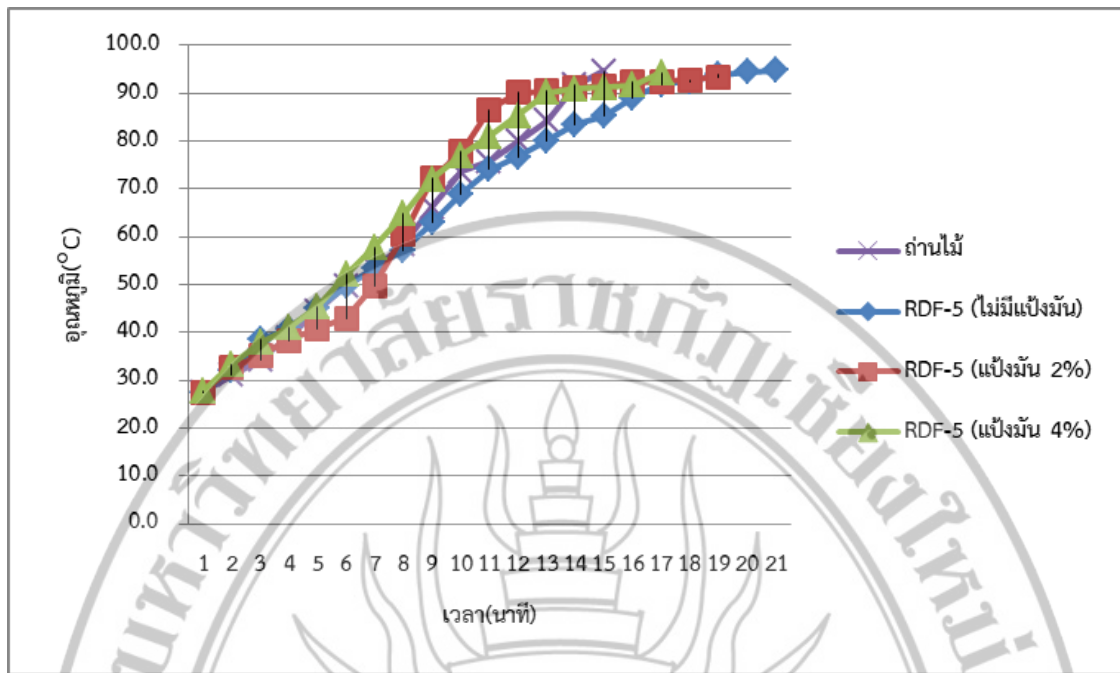


ภาพที่ 4.20 การทดสอบการใช้เชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ด้วยวิธีทดสอบการเดือดของน้ำ
ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ด้วยวิธีทดสอบการเดือดของน้ำกับเตาอั้งโล่ แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ด้วยวิธีทดสอบการเดือดของน้ำกับเตาอั้งโล่

ชนิดเชื้อเพลิง	เวลาที่ต้มน้ำจนถึงจุดเดือด (นาที)	อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิสุดท้าย (°C)	มวลน้ำเริ่มต้น (kg)	มวลน้ำสุดท้าย (kg)	มวลน้ำระเหย (kg)
ถ่านไม้	14	27.4	94.6	2	1.30	0.70
RDF-5 (แบริ่งมัน 0%)	20	27.5	94.8	2	1	1
RDF-5 (แบริ่งมัน 2%)	18	27.5	93.4	2	1.19	0.91
RDF-5 (แบริ่งมัน 4%)	16	27.6	93.9	2	1.2	0.8

จากตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ด้วยวิธีทดสอบการเดือดของน้ำกับเตาอั้งโล่ที่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 11.10% เปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงถ่านไม้ 1 กิโลกรัม พบว่า ถ่านไม้ใช้ระยะเวลาในการต้มน้ำให้เดือดเร็วกว่าการใช้เชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) แต่เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ที่ผสมแบริ่งในอัตราส่วนต่างๆ พบว่า RDF-5 (แบริ่งมัน 4%) ใช้เวลาน้อยที่สุดในการต้มน้ำให้เดือด



ภาพที่ 4.21 แสดงประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ด้วยใช้วิธีทดสอบการดูดของน้ำ กับเตาอั้งโล่

4.5 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5)

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) เป็นการประเมินกำลังการผลิต ต้นทุนค่าเครื่องจักร ต้นทุนค่าดำเนินการ ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิต รวมไปถึงปริมาณและราคาของตัวประสานที่ใช้ โดยการประเมินเป็นมูลค่าเงินปัจจุบัน เพื่อคิดเป็นต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้จากเศษใบไม้ (RDF-5) ในหน่วย บาท/กิโลกรัม ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังนี้

4.5.1 การกำหนดขนาดของระบบ

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ได้มีการกำหนดขนาดของระบบการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ต้นแบบที่มีกำลังการผลิตที่ 80 กิโลกรัมต่อวันคิดเป็น 7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือคิดเป็นกำลังการผลิต 2.4 ตันต่อปี ปริมาณขยะที่คัดแยกเข้าสู่ระบบ 132.65 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็น 1.59 ตันต่อปี เครื่องจักรหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ระบบและเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF-5

เครื่องจักร	จำนวน (เครื่อง)	กำลังผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1. เครื่องย่อยไม้ แบบ Hammer Mill	1	100
2. เครื่องผสม	1	55
3. เครื่องอัดแท่ง	1	7

4.5.2 การประมาณการเงินลงทุนเริ่มต้น (Investment Cost)

การวิเคราะห์ต้นทุนจะพิจารณาเฉพาะเงินลงทุนในเครื่องจักร โดยไม่มีการพิจารณาค่าที่ดินและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาระบบ และการประเมินต้นทุนของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ที่ผลิตได้ คิดเป็นหน่วยบาทต่อกิโลกรัมหรือบาทต่อตัน ดังนี้

ตารางที่ 4.8 ผลประมาณการราคาเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF-5

เครื่องจักร	จำนวน (เครื่อง)	ราคาต่อหน่วย (บาท/เครื่อง)
1. เครื่องย่อยไม้ แบบ Hammer Mill	1	15,000
4. เครื่องผสม	1	20,000
5. เครื่องอัดแท่ง	1	35,000
รวม (บาท)		70,000

4.5.3 การประมาณการค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต (Operation and Maintenance Costs)

การประมาณการค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต พิจารณาจากค่าแรงงาน ค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต และค่าสาธารณูปโภค ได้แก่ ค่าไฟฟ้า

ตารางที่ 4.9 การประมาณการค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต

สมมติฐานเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการ	หน่วย	จำนวน
อายุของเครื่องจักร	ปี	10
มูลค่าซาก	%	10
ค่าบำรุงรักษา	%	10
ปริมาณขยะรวมที่เข้าสู่ระบบ เฉลี่ยต่อวัน	กก./เดือน	132.65
	ตัน/ปี	1.59
ปริมาณเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ที่ผลิตได้	กก./เดือน	56
	ตัน/ปี	0.672

4.5.4 ต้นทุนค่าดำเนินการ

1) ค่าแรงงาน

การผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) มีต้นทุนค่าแรงงานจากการว่าจ้างคนงานในกระบวนการคัดแยกขยะ กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต ซึ่งใช้คนงานจำนวน 1 คน ในอัตราค่าแรงงาน 300 บาท/วัน ต่อคน คิดเป็นต้นทุนค่าแรงงานรายปีเท่ากับ 90,000 บาท/ปี และคิดเป็นต้นทุนจำนวนเงิน 5.35 Baht/kg_{RDF}

2) ค่าวัตถุดิบ

การผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ใช้แบริ่งมันเป็นตัวประสาน ซึ่งราคาแบริ่งมันอยู่ที่ 25 Baht/kg โดยใช้แบริ่งมันในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ที่อัตราส่วน 2% และ 4% หรือคิดเป็นสัดส่วนแบริ่งมัน 0.02 kg และ 0.04 kg ตามลำดับ ต่อเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ที่ผลิตได้ 1 kg_{RDF} และคิดเป็นต้นทุนจำนวนเงิน 0.5 Baht/kg_{RDF} และ 0.05 Baht/kg_{RDF}

3) ค่าไฟฟ้า

การผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตโดย 1 kg_{RDF} คิดเป็น 2.45 Baht/kg_{RDF} (ราคาไฟฟ้า 4 บาท/หน่วย อ้างอิงราคาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)

ตารางที่ 4.10 ต้นทุนรายปีของการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5)

รายการต้นทุน	ต้นทุน (บาท/ปี)	ร้อยละโดยสัดส่วน
ด้านเครื่องจักร	70,000.00	38.00
ด้านพลังงานไฟฟ้า	10,294.80	5.60
ด้านวัสดุ (แบริ่งมัน)	72,000.00	3.80
ด้านดำเนินงาน (แรงงาน)	90,000.00	48.80
ค่าซ่อมบำรุง 10% ของราคาเครื่องจักร	7,000.00	3.80
รวม	249,294.80	100.00

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นว่า ต้นทุนรายปีของการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) เป็นค่าใช้จ่ายในส่วนของด้านดำเนินงาน (แรงงาน) คิดเป็น 48.80% รองลงมาคือด้านเครื่องจักร คิดเป็น 38.00% ตามลำดับ

4.5.5 ผลการประเมินต้นทุนต่อหน่วย

การประเมินต้นทุนต่อหน่วยของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) ที่ผลิตได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณแบริ่งมันที่ใช้เป็นตัวประสาน

ตารางที่ 4.11 ผลการประเมินต้นทุนของเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5)

รายการ	หน่วย	ราคา RDF (แบริ่งมัน 2%)	ราคา RDF (แบริ่งมัน 4%)
1. เงินลงทุนเริ่มต้น	บาท	70,000.00	70,000.00
2. ค่าดำเนินการ			
2.1 ค่าแรงงาน	บาท/ปี	90,000.00	90,000.00
2.2 ค่าวัสดุดิบ (แบริ่งมัน)	บาท/ปี	12,000.00	24,000.00
2.3 ค่าไฟฟ้า	บาท/ปี	10,294.80	10,294.80
รวมค่าดำเนินการ	บาท/ปี	112,294.80	124,294.80
3. ค่าบำรุงรักษา (10%ของเงินลงทุนเบื้องต้น)	บาท	7,000.00	7,000.00
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/ปี	189,294.80	201,294.80
ระยะเวลาดำเนินงาน	วัน/ปี	300	300
ราคา RDF-5	บาท/ตัน	8,750	9,530
ราคา RDF-5	บาท/กก.	8.75	9.53

ผลการคำนวณต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากเศษใบไม้ (RDF-5) สำหรับ RDF (แบริ่งมัน 2%) และ RDF (แบริ่งมัน 4%) เท่ากับ 8.75 บาทและ 9.53 บาท/กิโลกรัม หรือคิดเป็น 8,750 และ 9,530 บาท/ตันตามลำดับ