บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 สังเคราะห์ศักยภาพในการผลิตและแปรรูปพืชพลังงานท้องถิ่น 2 ชนิด ได้แก่ มะแตกและมะเยาหิน

มะแตก พื้นที่ปลูก บ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

1. พื้นที่ที่ใช้ปลูกเมื่อเปรียบเทียบกับพืชเศรษฐกิจอื่น

พืช	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
มะม่วง	20,181	799	16,125
ลำไย	12,569	846	10,633
ข้าวนาปี	1,233	560	690
ข้าวเหนียวนาปี	13,526	675	9,130
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	35,958	601	21,611
กระเทียม	6,186	3,000	18,558
มะแตก	1.7	300	0.51

อ้างอิง : ข้อมูลสถิติการปลูกพืช 2554/2555 อำเภอเชียงดาว สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่

2. ปริมาณผลผลิตและปริมาณน้ำมันที่สกัดได้

ผลผลิต/ต้น (kg)	เมล็ด/ต้น (kg)	ปริมาณน้ำมันที่หีบได้/ต้น (ลิตร)	ระยะปลูก (เมตร)	จำนวนต้น/ไร่	ผลผลิต/ไร่ (กิโลกรัมเมล็ด)	ปริมาณน้ำมันที่หีบได้/ไร่ (ลิตร)
10	3	1	4x4	100	300	100

หมายเหตุ : 3 กิโลกรัมเมล็ด หีบน้ำมันได้ 1 ลิตร

3. ประสิทธิภาพเครื่องมือที่ใช้สกัด

<u>เครื่องหีบน้ำมันแบบกดอัด</u>

เครื่องหีบน้ำมันแบบกดอัดได้ปรับปรุงเครื่องหีบน้ำมันพื้นบ้านของบ้านห้วยเป้า ตัวโครงสร้างทำจากเหล็กกล้าเพื่อความคงทนและสามารถทำขนาดเครื่องให้เล็กลงกว่าการใช้โครงสร้างไม้ ซึ่งต้องใช้โครงสร้างขนาดใหญ่และมีการผุกร่อนได้ง่ายกว่า กลไกการอัดใช้สกรู(แม่แรง)ในการผ่อนแรง แผ่นไม้สำหรับหนีบทำจากไม้ท่อนเรียบวางเรียงกันเพื่อให้สามารถหาอะไหล่มาทดแทนได้ง่ายขึ้น เครื่องมีขนาดเล็ก สามารขนย้ายได้สะดวก สามารถใช้ต้นกำลังที่มีในพื้นที่ในการขับเคลื่อนกลไก ทำให้สามารถทำงานได้ในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้า และสามารถหีบน้ำมันได้ในปริมาณที่มาก และยังช่วยผ่อนแรงและลดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน พบว่าเครื่องที่ปรับปรุงใหม่ให้ปริมาณน้ำมันใกล้เคียงเครื่องหีบที่บ้านห้วยเป้า คือประมาณ 325 cc ต่อเมล็ดมะแตก 1 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาทำงาน 5-10 นาทีต่อการหีบแต่ละครั้ง (3 กิโลกรัม/การหีบ 1 ครั้ง)

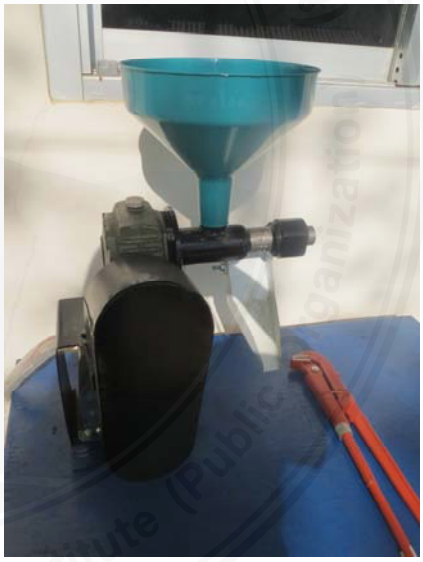
เครื่องหีบน้ำมันแบบสกรูอัดขนาดเล็ก

เครื่องหีบน้ำมันแบบสกรูอัดขนาดเล็กที่สร้างขึ้นประกอบด้วยเครื่องที่ใช้มือหมุนและใช้มอเตอร์ขับ เหมาะกับการใช้หีบเมล็ดมะแตกเนื่องจากเมล็ดมีขนาดเล็ก สามารถเคลื่อนที่เข้าไปในร่องเกลียวได้สะดวก จากการทดสอบหาปริมาณน้ำมันในเมล็ดมะแตกด้วยการสกัดด้วยเฮกเซน พบว่าเมล็ดมะแตกที่ใช้ทดสอบในปี 2555 มีปริมาณน้ำมันเท่ากับ 53.3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเมล็ด เมื่อทำการทดลองหีบน้ำมันจากเมล็ดมะแตก 250 กรัมพบว่า สามารถหีบน้ำมันจากเมล็ดมะแตกได้เป็นอย่างดี มีกากปนออกมากับน้ำมันเพียงเล็กน้อย ตารางแสดงอัตราการหีบน้ำมันและเปอร์เซ็นน้ำมันที่ได้จากการหีบเท่ากับ 59 เปอร์เซ็นต์ และ 42 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่มีอยู่ในเมล็ด มีอัตราการคายกากสม่ำเสมอและได้กากแห้งเป็นเส้นยาว

ตารางแสดงผลการทดสอบการหีบน้ำมันด้วยเครื่องหีบแบบสกรูอัดขนาดเล็กสำหรับเมล็ดมะแตก

เครื่องหีบน้ำมัน	**อัตราการหีบ**	**เปอร์เซ็นต์น้ำมันที่หีบได้เทียบกับปริมาณน้ำมันที่สกัดด้วยเฮกเซน**
เครื่องหีบแบบสกรูอัดขนาดเล็กแบบใช้มือหมุน	1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง	59%
เครื่องหีบแบบสกรูอัดขนาดเล็กแบบใช้มอเตอร์ขับ	1.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง	42%

เครื่องหีบแบบสกรูอัดขนาดเล็กแบบใช้มือหมุน



เครื่องหีบแบบสกรูอัดขนาดเล็กแบบใช้มอเตอร์ขับ

4. ต้นทุนการผลิต

4.1 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการปลูกมะแตก

การวิเคราะห์ต้นทุนในการปลูกมะแตกของเกษตรกรจะเป็นการวิเคราะห์ในหน่วยต้นทุนเฉลี่ยต่อไร่ ซึ่งจะทำให้ทราบถึงต้นทุนที่เกษตรกรได้จ่ายไป เพื่อนำมาเป็นข้อมูลการตัดสินใจการปลูกซึ่งมะแตกได้วิเคราะห์ต้นทุนเฉพาะต้นทุนผันแปร และจะได้มีการเก็บข้อมูลในส่วนต้นทุนอื่นๆ ต่อไป

การปลูกมะแตกของเกษตรกรบ้านห้วยเป้า ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ มีเกษตรกรสนใจปลูกจำนวน 2 ราย พื้นที่ปลูก 1.5 ไร่ ปลูกในสภาพพื้นที่ลาดชันตามเขา ลักษณะดินเป็นดินร่วน ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน โดย ใช้ระยะปลูก 5x4 เมตร ในพื้นที่ 1 ไร่ ปลูกมะแตก

ได้ 80 ต้น และพื้นที่ราบ ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน โดย ใช้ระยะปลูก 2x2 เมตร ในพื้นที่ 1 ไร่ ปลูกมะแตกได้ 400 ต้น แรงงานที่ใช้ปลูกเป็นแรงงานในครอบครัว โดยมีวัตถุประสงค์การปลูกเพื่อใช้ในครัวเรือน พื้นที่เดิมก่อนปลูกมะแตก เกษตรกรปลูกข้าวโพดและอ้อยมาก่อน และหลังจากนำมะแตกมาปลูก ได้มีการปลูกสับปะรด ถั่วแดงและอ้อยแซม มีการใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์รองก้นหลุมในอัตรา 500 กรัมต่อหลุม หลังจากนั้นมีการใส่ปุ๋ยทุกๆ 3 เดือน โดยปุ๋ยที่ใช้ได้แก่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น

รวม	**ต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)**		**ต้นทุนคงที่ (บาทต่อไร่)**		**ต้นทุนการผลิตทั้งหมด (บาทต่อไร่)**	
	ที่เป็นเงินสด	**ที่ไม่เป็นเงินสด**	**ที่เป็นเงินสด**	**ที่ไม่เป็นเงินสด**	**ที่เป็นเงินสด**	**ที่ไม่เป็นเงินสด**
	2,100	1,400	10	900	2,110	2,300
	3,500		**910**		**4,410**	

5. ความต้องการใช้พลังงานต่อชุมชน

ปริมาณการใช้พลังงานในชุมชน

การใช้พลังงานในครอบครัว (เฉลี่ยต่อครอบครัว)

ประเภทการใช้							
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน)	**ฟืน (กิโลกรัม/เดือน)**	**ถ่านไม้ (กิโลกรัม/เดือน)**	**น้ำมันประกอบอาหาร (ลิตร/เดือน)**	**แก๊สหุงต้ม (กก./เดือน)**	**เบนซิน (ลิตร/เดือน)**	**ดีเซล (ลิตร/เดือน)**	**แกลบ (กิโลกรัม/เดือน)**
254.97	21	41	1	6	45	ส่วนใหญ่ไม่มีการใช้	ไม่มีการนำมาใช้เป็นพลังงานในครัวเรือน

6. การเพิ่มมูลค่าผลผลิต

น้ำมันมะแตก นำมาเป็นส่วนผสมในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์นวดเพื่อใช้ ทา ถู นวด ภายนอกบริเวณกล้ามเนื้อหรือผิวหนังที่ต้องการ เพื่อบรรเทาอาการเหน็บชา ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ แก้ปวดบวม เคล็ดขัดยอก

มะเยาหิน พื้นที่ปลูก บ้านแม่สายนาเลา ตำบลโหล่งขอด อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

1. พื้นที่ที่ใช้ปลูกเมื่อเปรียบเทียบกับพืชเศรษฐกิจอื่น

พืช	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
มะม่วง	6,409	1,000	5,320
ลำไย	34,247	859	28,423
ข้าวนาปี	15,861	626	9,929
ข้าวเหนียวนาปี	23,167	657	15,227
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	15,981	824	13,168
ข้าวโพดหวาน (ฤดูฝน)	2,885	2,392	6,231
มะเยาหิน	7.3	528	3,854

อ้างอิง : ข้อมูลสถิติการปลูกพืช 2554/2555 อำเภอพร้าว สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่

2. ปริมาณผลผลิตและปริมาณน้ำมันที่สกัดได้

ผลผลิต/ต้น (kg)	เมล็ด/ต้น (kg)	ปริมาณน้ำมันที่หีบได้/ต้น (ลิตร)	ระยะปลูก (เมตร)	จำนวนต้น/ไร่	ผลผลิต/ไร่ (กิโลกรัมเมล็ด)	ปริมาณน้ำมันที่หีบได้/ไร่ (ลิตร)
30	12	4	6x6	44	528	176

หมายเหตุ : 3 กิโลกรัมเมล็ด หีบน้ำมันได้ 1 ลิตร

: ผลผลิตมะเยาหินที่อายุต้น 3 ปี

3. ประสิทธิภาพเครื่องมือที่ใช้สกัด

<u>เครื่องหีบแบบไฮดรอลิก</u>

ขั้นตอนการหีบน้ำมันเมล็ดมะเยาหินด้วยเครื่องหีบแบบไฮดรอลิก

1. นำเมล็ดมะเยาหินมากระเทาะเปลือกแข็งออก
2. อบให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส
3. นำเมล็ดมะเยาหินใส่กระบอกอัดขณะที่อุณหภูมิสูง
4. อัดไฮดรอลิกเพื่อแยกน้ำมันออกจากเมล็ด

เครื่องหีบน้ำมัน	อัตราการหีบต่อน้ำหนักเนื้อในเมล็ด	อัตราการหีบต่อน้ำหนักเมล็ด	เปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำมันในเมล็ดเมื่อสกัดน้ำมันด้วยเฮกเซน	เปอร์เซ็นต์น้ำมันที่หีบได้เทียบกับปริมาณน้ำมันที่สกัดด้วยเฮกเซน	เปอร์เซ็นต์น้ำมันที่ได้จากการหีบเทียบกับน้ำหนักเมล็ด
เครื่องหีบแบบไฮดรอลิก	6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง	12 กิโลกรัมต่อชั่วโมง	33.3%	126.6%**	26.84%

**สันนิษฐานว่ามีความชื้นในอยู่ในน้ำมันที่สกัดได้เป็นปริมาณสูงจึงได้ปริมาณมากกว่าการสกัดด้วยเฮกเซน

โครงสร้างเครื่องหีบแบบไฮดรอลิก

กระบอกหีบน้ำมัน

4. ต้นทุนการผลิต

<u>ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการปลูกมะเยาหิน</u>

การปลูกมะเยาหินของเกษตรกรบ้านแม่สายนาเลา ตำบลโหล่งขอด อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ มีเกษตรกรสนใจปลูกจำนวน 6 ราย พื้นที่ปลูก 6 ไร่ ปลูกในสภาพพื้นที่ลาดชันตามเขา ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนหิน ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน โดยปลูกมะเยาหินพันธุ์ *Vernicia Montana* ใช้ระยะปลูก 4x4 เมตร ในพื้นที่ 1 ไร่ ปลูกมะเยาหินได้ 100 ต้น แรงงานที่ใช้ปลูกเป็นแรงงานในครอบครัว โดยมีวัตถุประสงค์การปลูกเพื่อใช้ในครัวเรือนและบางส่วนปลูกเพื่อขาย พื้นที่เดิมก่อนปลูกมะเยาหินเกษตรกรปลูกข้าวโพด ถั่วและข้าวไร่มาก่อน และหลังจากนำมะเยาหินมาปลูก ได้มีการปลูกข้าวโพดขมิ้นและถั่วแซม แต่ข้าวโพดจะปลูกแซมได้แค่ปีเดียว เนื่องจากว่าต้นมะเยาหินจะเจริญเติบโต แผ่กิ่งก้านและใบ ทำให้แดดส่องผ่านน้อย มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ปัญหาส่วนใหญ่ในการปลูกมะเยาหินเริ่มแรก คือ ปลูกช้า เนื่องจากฝนแล้ง และฝนทิ้งช่วง รวมถึงไฟไหม้ ทำให้บางส่วนตายไป การใส่ปุ๋ยมะเยาหิน มีการใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์รองก้นหลุมในอัตรา 500 กรัมต่อหลุม หลังจากนั้นมีการใส่ปุ๋ยทุกๆ 3 เดือน โดยปุ๋ยที่ใช้ได้แก่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น

รวม	**ต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)**		**ต้นทุนคงที่ (บาทต่อไร่)**		**ต้นทุนการผลิตทั้งหมด (บาทต่อไร่)**	
	ที่เป็นเงินสด	**ที่ไม่เป็นเงินสด**	**ที่เป็นเงินสด**	**ที่ไม่เป็นเงินสด**	**ที่เป็นเงินสด**	**ที่ไม่เป็นเงินสด**
	3,688	2,395	10	945.5	3,698	3,340.5
	6,083		955.5		7,038.5	

5. ความต้องการใช้พลังงานต่อชุมชน

<u>ปริมาณการใช้พลังงานในชุมชน</u>

การใช้พลังงานในครอบครัว (เฉลี่ยต่อครอบครัว)

ประเภทการใช้							
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน)	**ฟืน (กิโลกรัม/เดือน)**	**ถ่านไม้ (กิโลกรัม/เดือน)**	**น้ำมันประกอบอาหาร (ลิตร/เดือน)**	**แก๊สหุงต้ม (กก./เดือน)**	**เบนซิน (ลิตร/เดือน)**	**ดีเซล (ลิตร/เดือน)**	**แกลบ (กิโลกรัม/เดือน)**
184.30	88.5	ส่วนใหญ่ไม่มีการนำมาใช้เป็นพลังงานในครัวเรือน	2	3.88	22.71	27.14	ส่วนใหญ่ ไม่มีการนำมาใช้เป็นพลังงานในครัวเรือน

6. การเพิ่มมูลค่าผลผลิต

น้ำมันมะเยาหิน นำมาใช้สำหรับทาร่มบ่อสร้าง

4.2 เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมะเยาหิน ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงโหล่งขอด

มะเยาหินที่อายุการเจริญเติบโต 3 ปี 3 เดือน มีการให้ผลผลิต 30 กิโลกรัมต่อต้น คิดเป็นผลผลิตเมล็ด 12 กิโลกรัมต่อต้น และผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเมื่อมะเยาหินมีอายุการเจริญเติบโตที่มากขึ้น

4.3 ศึกษาศักยภาพพื้นที่ในการทำวิจัยเรื่องพลังงานทดแทนจากชีวมวลท้องถิ่น

4.3.1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลพื้นที่ ปริมาณการเพาะปลูกพืชชนิดต่างๆ ที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานชีวมวลได้ พร้อมทั้งสำรวจและคัดเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพและมีความเหมาะสมทั้งทางด้านชีวมวลที่จะนำมาผลิตพลังงาน ปริมาณของชีวมวล และความพร้อมของชุมชน

1. โครงการขยายผลโครงการหลวงปางแดงใน บ้านปางแดงใน

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลทั่วไปของหมู่บ้าน

ข้อมูล	
1. ที่ตั้ง	หมู่ที่ 9 ต.เชียงดาว อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่
2. อาณาเขตติดต่อ - ทิศเหนือ - ทิศใต้ - ทิศตะวันออก - ทิศตะวันตก	 ถ.ทุ่งหลุก-ผาลาย อุทยานแห่งชาติศรีลานนา บ้านแม่จอนจอก ต.เชียงดาว อ.เชียงดาว บ้านห้วยอีโก๋ ต.เชียงดาว อ.เชียงดาว บ้านปางแดงนอก ท่าขี้เหล็ก ต.เชียงดาว อ.เชียงดาว
3. ด้านพื้นที่ ประชากร สังคม และเศรษฐกิจภายในพื้นที่	
3.1 พื้นที่ทั้งหมด (ตารางกิโลเมตร)	5.13
3.2 พื้นที่ที่ทำการเกษตร (ตารางกิโลเมตร)	1.24
3.3 จำนวนประชากร (คน)	307

ข้อมูล	
- ประชากรชาย (คน)	146
- จำนวนประชากรหญิง (คน)	161
3.4 จำนวนครัวเรือน (หลังคาเรือน)	62
3.5 ความหนาแน่นของประชากร (คน/ตารางกิโลเมตร)	60
3.6 สัญชาติ/ภาษา	ปะหล่อง (ดาราอั้ง)/ ปะหล่อง
3.7 อาชีพ รายได้เฉลี่ยตามจำนวนประชากร (บาท/ครัวเรือน/ปี)	เกษตรกรรม 131,675
4. ด้านสภาพภูมิศาสตร์ และสาธารณูปโภคภายในพื้นที่	
4.1 สภาพพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ - แหล่งน้ำสำคัญ	พื้นที่ราบเนินเขา 1. ลำน้ำห้วยฮก
4.2 เส้นทางการคมนาคม - ระยะทางจากตัวอำเภอโดยประมาณ (กิโลเมตร)	ถนนราดยางและและคอนกรีต 18
4.3 ระบบไฟฟ้า	ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
4.4 ระบบประปา	ประปาภูเขา
4.5 หน่วยงานราชการ และสถานที่สำคัญภายในพื้นที่	1. โรงเรียนบ้านปางแดงใน 2. วัดบ้านปางแดงใน 3. โครงการขยายผลโครงการหลวง ปางแดงใน

การประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลจากต้นไม้ที่มีอยู่ในพื้นที่จากปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากการตัดสาง/เก็บเกี่ยวของไม้ยืนต้นและผลิตผลทางการเกษตรที่มีภายในหมู่บ้าน โดยขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะการใช้ประโยชน์ของแต่ละหมู่บ้าน จากข้อมูลไม้ยืนต้นและผลิตผลทางการเกษตรของหมู่บ้านที่ได้ทำการบันทึกข้อมูล สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2 ถึง ตารางที่ 5

พืชที่มีปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวมากที่สุดภายในหมู่บ้านคือ ข้าวโพด (จากข้อมูลการเพาะปลูกของหมู่บ้านปางแดงในที่มีการบันทึกมีเพียง ข้าวโพด เท่านั้น) มีปริมาณวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยว เท่ากับ 527,150 กิโลกรัมต่อปี สามารถคิดเป็นค่าพลังงานเท่ากับ 15,687.98 จิกะจูลต่อกิโลกรัม คิดเป็น 371.37 กิโลตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

ตารางที่ 2 ชนิดและลักษณะของตัวอย่างต้นไม้ที่ทดสอบ

ชื่อของตัวอย่างที่ทดสอบ	ชนิดของตัวอย่างที่ทดสอบ				ชนิดผลผลิต	
	ไม้โตเร็ว	ไม้เนื้อแข็ง	ไม้ไผ่	ข้าวโพด	ลำต้น	หน่อ ฝัก
ข้าวโพด				✓		✓

ตารางที่ 3 ระยะเวลาการเพาะปลูกและลักษณะของต้นไม้**ปัจจุบัน**

ชื่อของตัวอย่างที่ทดสอบ	ระยะเวลาการเพาะปลูก [1] (ปี)	ลักษณะของต้นไม้ในปัจจุบัน		ระยะเวลาการปลูกจนกระทั่งสามารถสางได้ (ปี)	ระยะห่างในการสางไม้ (ครั้งต่อปี)
		เก็บเกี่ยวได้	เก็บเกี่ยวผลผลิตไม่ได้		
ข้าวโพด	4-5 เดือน	✓		-	-

หมายเหตุ:

[1] ระยะเวลาในการเพาะปลูกของแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ประโยชน์

ตารางที่ 4 ระยะเวลาการเพาะปลูกและลักษณะของต้นไม้ปัจจุบัน

ชื่อของตัวอย่างที่ทดสอบ	จำนวนต้น (ต้นต่อไร่)	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากการตัดสาง/เก็บเกี่ยว [1]			ค่าความร้อนเมื่อเผาเป็นถ่าน	พลังงาน [2]	
			(กิโลกรัมต่อไร่)	(กิโลกรัม)	(กิโลกรัมต่อปี)	(เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	(จิกะจูล)	(กิโลตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)
ข้าวโพด	12,800-19,200	531	794.20 - 1,191.30	421,720 - 632,580	527,150.00	29.76	15,687.98	371.37

หมายเหตุ:

[1] ระยะปลูกข้าวโพด 50x50 cm ปลูก 2-3 เมล็ดต่อหลุม ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 692 กก.

[2] รายงานพลังงานของประเทศไทยรายปี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ 5 ศักยภาพชีวมวลของหมู่บ้านปางแดงใน

ชนิดชีวมวล	ปริมาณชีวมวล (kg/y)	ปริมาณชีวมวลเหลือใช้ (kg/y)	ศักยภาพพลังงาน (TJ)
แกลบ	57,255.32	57,255.32	817.03
ฟาง	111,274.47	0	0
ซังข้าวโพด	204,750.00	204,750.00	3,693.69
ไม้ลำไย	14,457.45	14,457.45	195.18
ไม้มะม่วง	16,978.12	16,978.12	229.21

2. โครงการขยายผลโครงการหลวงโหล่งขอด บ้านแม่สายนาเลา

ตารางที่ 6 สรุปข้อมูลทั่วไปของหมู่บ้าน

รายการ	รายละเอียด
1. ที่ตั้ง	หมู่ที่ 9 ต.โหล่งขอด อ.พร้าว จ.เชียงใหม่
2. อาณาเขตติดต่อ	
- ทิศเหนือ	บ้านแม่สูน ต.แม่ปั๋ง อ.พร้าว
- ทิศใต้	บ้านปางบง ต.แม่ปั๋ง อ.พร้าว
- ทิศตะวันออก	บ้านแม่บอน บ้านทุ่งแดง ต.โหล่งขอด อ.พร้าว
- ทิศตะวันตก	บ้านป่าเมี่ยงแม่สูน ต.แม่ปั๋ง อ.พร้าว
3. ด้านพื้นที่ ประชากร สังคม และเศรษฐกิจภายในพื้นที่	
3.1 พื้นที่ทั้งหมด (ตารางกิโลเมตร)	23.58
3.2 พื้นที่ที่ทำการเกษตร (ตารางกิโลเมตร)	1.6
3.3 จำนวนประชากร (คน)	196
- ประชากรชาย (คน)	108
- จำนวนประชากรหญิง (คน)	88
3.4 จำนวนครัวเรือน (หลังคาเรือน)	47
3.5 ความหนาแน่นของประชากร (คน/ตารางกิโลเมตร)	8
3.6 สัญชาติ/ภาษา	กะเหรี่ยง (ปกาเก่อญอ)
3.7 อาชีพ	เกษตรกรรม
รายได้เฉลี่ยตามจำนวนประชากร (บาท/ครัวเรือน/ปี)	197,036
4. ด้านสภาพภูมิศาสตร์ และสาธารณูปโภคภายในพื้นที่	

รายการ	รายละเอียด
4.1 สภาพพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ - แหล่งน้ำสำคัญ	พื้นที่ราบระหว่างหุบเขา 1. ลำน้ำห้วยแม่สายน้อย 2. ลำน้ำแม่สาย
4.2 เส้นทางการคมนาคม - ระยะทางจากตัวอำเภอโดยประมาณ (กิโลเมตร)	ถนนราดยางและและคอนกรีต 37
4.3 ระบบไฟฟ้า	ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
4.4 ระบบประปา	ประปาภูเขา
4.5 หน่วยงานราชการ และสถานที่สำคัญภายในพื้นที่	1. วัดบ้านแม่สายนาเลา 2. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูงโหล่งขอด

การประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลจากต้นไม้ที่มีอยู่ในพื้นที่จากปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากการตัดสาง/เก็บเกี่ยวของไม้ยืนต้นและผลิตผลทางการเกษตรที่มีภายในหมู่บ้าน โดยขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะการใช้ประโยชน์ของแต่ละหมู่บ้าน จากข้อมูลไม้ยืนต้นและผลิตผลทางการเกษตรของหมู่บ้านที่ได้ทำการบันทึกข้อมูล สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 7 ถึงตารางที่ 10

พืชที่มีปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวมากที่สุดภายในหมู่บ้านคือ ข้าวโพด (จากข้อมูลการเพาะปลูกของหมู่บ้านแม่สายนาเลาที่มีการบันทึกมีเพียง ข้าวโพด เท่านั้น) มีปริมาณวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยว เท่ากับ 527,150 กิโลกรัมต่อปี สามารถคิดเป็นค่าพลังงานเท่ากับ 15,687.98 จิกะจูลต่อกิโลกรัม คิดเป็น 371.37 กิโลตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

ตารางที่ 7 ชนิดและลักษณะของตัวอย่างต้นไม้ที่ทดสอบ

ชื่อของตัวอย่างที่ทดสอบ	ชนิดของตัวอย่างที่ทดสอบ				ชนิดผลผลิต	
	ไม้โตเร็ว	ไม้เนื้อแข็ง	ไม้ไผ่	ข้าวโพด	ลำต้น	หน่อ ฝัก ผล
ข้าวโพด				✓		✓

ตารางที่ 8 ระยะเวลาการเพาะปลูกและลักษณะของต้นไม้ปัจจุบัน

ชื่อของตัวอย่างที่ทดสอบ	ระยะเวลาการเพาะปลูก [1] (ปี)	ลักษณะของต้นไม้ในปัจจุบัน		ระยะเวลาการปลูกจนกระทั่งสามารถสางได้ (ปี)	ระยะห่างในการสางไม้ (ครั้งต่อปี)
		เก็บเกี่ยวได้	เก็บเกี่ยวผลผลิตไม่ได้		
ข้าวโพด	4-5 เดือน	✓		-	-

หมายเหตุ:

[1] ระยะเวลาในการเพาะปลูกของแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ประโยชน์

ตารางที่ 9 ระยะเวลาการเพาะปลูกและลักษณะของต้นไม้ปัจจุบัน

ชื่อของตัวอย่างที่ทดสอบ	จำนวนต้น (ต้นต่อไร่)	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากการตัดสาง/เก็บเกี่ยว [1]			ค่าความร้อนเมื่อเผาเป็นถ่าน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	พลังงาน [2]	
			(กิโลกรัมต่อไร่)	(กิโลกรัม)	(กิโลกรัมต่อปี)		(จิกะจูล)	(กิโลตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)
ข้าวโพด	12,800-19,200	360.5	933.41 - 1,400.13	286,090 - 429,140	357,615.00	29.76	10,642.62	251.93

หมายเหตุ:

[1] ระยะปลูกข้าวโพด 50x50 cm ปลูก 2-3 เมล็ดต่อหลุม ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 692 กก.

[2] รายงานพลังงานของประเทศไทยรายปี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ 10 ศักยภาพชีวมวลของหมู่บ้านแม่สายนาเลา

ชนิดชีวมวล	ปริมาณชีวมวล (kg/year)	ปริมาณชีวมวลเหลือใช้ (kg/year)	ศักยภาพพลังงาน (TJ)
แกลบ	666,342.86	666,342.86	9,508.71
ฟาง	1,295,022.86	0	0
ซังข้าวโพด	2,382,900.00	2,382,900.00	42,987.52
ไม้ลำไย	2,602,600.00	2,602,600.00	35,135.10

3. โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ บ้านโป่งคำ

ตารางที่ 11 สรุปข้อมูลทั่วไปของหมู่บ้าน

รายการ	รายละเอียด
1. ที่ตั้ง	หมู่ที่ 5 ต.ดู่พงษ์ อ.สันติสุข จ.น่าน
2. อาณาเขตติดต่อ	
- ทิศเหนือ	บ้านพวงพะยอม ต.ดู่พงษ์ อ.สันติสุข
- ทิศใต้	บ้านห้วยไฮ ต.ฝายแก้ว อ.ภูเพียง
- ทิศตะวันออก	บ้านศรีบุญเรือง ต.ดู่พงษ์ อ.สันติสุข
- ทิศตะวันตก	บ้านน้ำโซ้ง ต.ดู่พงษ์ อ.สันติสุข
3. ด้านพื้นที่ ประชากร สังคม และเศรษฐกิจภายในพื้นที่	
3.1 พื้นที่ทั้งหมด (ตารางกิโลเมตร)	19.2
3.2 พื้นที่ที่ทำการเกษตร (ตารางกิโลเมตร)	18.4
3.3 จำนวนประชากร (คน)	954
- ประชากรชาย (คน)	501
- จำนวนประชากรหญิง (คน)	453
3.4 จำนวนครัวเรือน (หลังคาเรือน)	250
3.5 ความหนาแน่นของประชากร (คน/ตารางกิโลเมตร)	49.69
3.6 สัญชาติ/ภาษา	ไทย/ ไทย และเมือง
3.7 อาชีพ	เกษตรกรรม
รายได้เฉลี่ยตามจำนวนประชากร (บาท/ครัวเรือน/ปี)	1,111
4. ด้านสภาพภูมิศาสตร์ และสาธารณูปโภคภายในพื้นที่	
4.1 สภาพพื้นที่ทางภูมิศาสตร์	พื้นที่ราบเนินเขา
- แหล่งน้ำสำคัญ	1. ลำน้ำห้วยโป่ง 2. ลำน้ำมวบ
4.2 เส้นทางการคมนาคม	ถนนราดยางและและคอนกรีต
- ระยะทางจากตัวอำเภอโดยประมาณ (กิโลเมตร)	15
4.3 ระบบไฟฟ้า	ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
4.4 ระบบประปา	บ่อน้ำบาดาล
4.5 หน่วยงานราชการ และสถานที่สำคัญภายในพื้นที่	1. โรงเรียนบ้านโป่งคำ 2. วัดบ้านโป่งคำ 3. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูงบ้านโป่งคำ

การประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลจากต้นไม้ที่มีอยู่ในพื้นที่จากปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากการตัดสาง/เก็บเกี่ยวของไม้ยืนต้นและผลิตผลทางการเกษตรที่มีภายในหมู่บ้าน โดยขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะการใช้ประโยชน์ของแต่ละหมู่บ้าน จากข้อมูลไม้ยืนต้นและผลิตผลทางการเกษตรของหมู่บ้านที่ได้ทำการบันทึกข้อมูล สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 12 ถึงตารางที่ 14

พืชที่มีปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากการตัดสาง/เก็บเกี่ยว มากที่สุดคือ ข้าวโพด รองลงมาคือ ไผ่ซาง และไผ่รวก ตามลำดับ ซึ่งสามารถคิดเป็นค่าพลังงานเท่ากับ 3,144.79 2.73 และ 2.65 กิโลตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ชนิดและลักษณะของตัวอย่างต้นไม้ที่ทดสอบ

ชื่อของตัวอย่างที่ทดสอบ	ชนิดของตัวอย่างที่ทดสอบ				ชนิดผลผลิต	
	ไม้โตเร็ว	ไม้เนื้อแข็ง	ไม้ไผ่	ข้าวโพด	ลำต้น	หน่อ ฝัก
สัก		✓			✓	
กระถินเทพา	✓	✓			✓	
การบูร	✓				✓	
ไม้แดง		✓			✓	
กระถินดอย	✓	✓			✓	
เมเปิ้ลหอม	✓				✓	
จันทร์ทองเทศ	✓	✓			✓	
ยมหิน		✓			✓	
ประดู่ป่า		✓			✓	
ไผ่รวก			✓		✓	
ไผ่ซาง			✓		✓	
ข้าวโพด				✓		✓

ตารางที่ 13 ระยะเวลาการเพาะปลูกและลักษณะของต้นไม้ปัจจุบัน

ชื่อของตัวอย่างที่ทดสอบ	จำนวนต้น (ต้นต่อไร่)	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากการตัดสาง/เก็บเกี่ยว [1]			ค่าความร้อนเมื่อเผาเป็นถ่าน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	พลังงาน [3]	
			(กิโลกรัมต่อไร่)	(กิโลกรัม)	(กิโลกรัมต่อปี) [2]		(จิกะจูล)	(กิโลตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)
สัก	80	3	755.79	2,267.37	566.84	28.18	21.30	0.50
กระถินเทพา	80	3	2,396.04	7,188.12	1,797.03	25.85	61.94	1.47
การบูร	80	3	1,102.72	3,308.16	827.04	30.85	34.02	0.81
ไม้แดง	80	3	505.51	1,516.53	379.13	30.64	15.49	0.37
กระถินดอย	80	3	855.19	2,565.57	641.39	27.42	23.45	0.56
เมเปิ้ลหอม	80	3	474.76	1,424.28	356.07	25.83	12.26	0.29
จันทร์ทองเทศ	80	3	206.72	620.16	155.04	26.27	5.43	0.13
ยมหิน	80	3	888.22	2,664.66	666.17	27.22	24.18	0.57
ประดู่ป่า	80	3	224.72	674.16	168.54	28.54	6.41	0.15
ไผ่รวก	200	3	3,780	11,340.00	11,340.00	29.57	111.77	2.65
ไผ่ซาง	200	33	4,200	138,600.00	138,600.00	27.43	115.21	2.73
ข้าวโพด	12,800-19,200	4,500	793.6 - 1190.4	3,571,200 - 5,356,800	4,464,000.00	29.76	132,848.64	3,144.79

หมายเหตุ:

[1] ระยะปลูกข้าวโพด 50x50 cm ปลูก 2-3 เมล็ดต่อหลุม ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 600-700 กก.

[2] ประเมินปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากการตัดสาง/เก็บเกี่ยวโดยคิดจาก 4 ปี ตัดสาง 1 ครั้ง

[3] รายงานพลังงานของประเทศไทยรายปี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ 2 ศักยภาพชีวมวลของหมู่บ้านโป่งคำ

ชนิดชีวมวล	ปริมาณชีวมวล (kg/year)	ปริมาณชีวมวลเหลือใช้ (kg/year)	ศักยภาพพลังงาน (TJ)
แกลบ	285,238.49	285,238.49	4,070.35
ฟาง	554,354.81	0	0
ซังข้าวโพด	1,184,979.92	1,184,979.92	21,377.04

4.3.2) ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานโดยทั่วไปของชุมชนบนพื้นที่สูงในพื้นที่ดำเนินการ

ข้อมูลการใช้พลังงานในพื้นที่

ข้อมูล	บ้านปางแดงใน	บ้านแม่สายนาเลา	บ้านโป่งคำ
1. สายส่งไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่เข้าถึงในหมู่บ้าน	มี	มี	มี
2. ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทางเลือกที่มีอยู่เดิมในพื้นที่	มี	ไม่มี	ไม่มี
3. จำนวนองค์กร/หน่วยงานที่ลงพื้นที่สำรวจ (แห่ง)	3	2	3
4. จำนวนครัวเรือนที่ลงพื้นที่สำรวจ (หลังคาเรือน)	14	10	55
5. สถานที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานทางเลือกที่มีอยู่เดิมในพื้นที่			
- พลังงานแสงอาทิตย์	โครงการขยายผลโครงการหลวงปางแดงใน	ไม่มี	ไม่มี
- พลังงานชีวมวล	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
- พลังงานน้ำ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (เครื่องยนต์)	ไม่มี	วัดแม่สายนาเลา	ไม่มี
- อื่นๆ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
6. แหล่งแปรรูปผลผลิตภายในพื้นที่ จำนวน(แห่ง)	มี 1 แห่ง	มี 1 แห่ง	มี 3 แห่ง
7. จำนวนพื้นที่/สถานที่ในการลงพื้นที่สำรวจของแต่ละพลังงานจากการสัมภาษณ์			
- พลังงานแสงอาทิตย์	2 แห่ง พื้นที่ในหมู่บ้านมีจำกัด	1 แห่ง พื้นที่ในหมู่บ้านมีจำกัด	3 แห่ง
- พลังงานชีวมวล	1 แห่ง พื้นที่ในหมู่บ้านมีจำกัด	1 แห่ง พื้นที่ในหมู่บ้านมีจำกัด	3 แห่ง
- พลังงานน้ำ	0 แห่ง มีอัตราการไหลของน้ำน้อยมาก	1 แห่ง ไม่มีจุดสำรวจต่อการสำรวจ	1 แห่ง ไม่มีจุดสำรวจต่อการสำรวจ

ปริมาณการใช้และความต้องการพลังงานภายในชุมชน

1. ปริมาณการใช้ไฟฟ้าขององค์กร/หน่วยงาน และครัวเรือนภายในชุมชน

ลำดับที่	ชื่อองค์กร/หน่วยงาน	ระบบสายส่งไฟฟ้าจาก กฟภ.	ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน		ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานสิ้นเปลือง (เครื่องปั่นไฟฟ้า)	
		ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน)	ปริมาณการผลิตไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน)	น้ำมันเบนซิน (ลิตรต่อเดือน)	น้ำมันดีเซล (ลิตรต่อเดือน)
1	โรงเรียนบ้านปางแดงใน	2,637.60	0	0	0	0
2	สำนักสงฆ์บ้านปางแดงใน	561.24	0	0	0	0
3	โครงการขยายผลโครงการหลวงปางแดงใน	1,130.76	0	0	0	0
4	ครัวเรือนบ้านปางแดงใน	71.0	0	0	0	0
5	วัดบ้านแม่สายนาเลา	789.60	0	0	0	0
6	โครงการขยายผลโครงการหลวงโหล่งขอด	633.60	0	0	0	0
7	ครัวเรือนบ้านแม่สายนาเลา	184.30	0	0	0	0
8	โรงเรียนบ้านโป่งคำ	240.41	0	0	0	0
9	วัดโป่งคำ	453.60	0	0	0	0
10	โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ	192.42	0	0	0	0
11	ครัวเรือนบ้านโป่งคำ	70.06	0	0	0	0

2. ปริมาณการใช้น้ำมันและเชื้อเพลิงขององค์กร/หน่วยงาน และครัวเรือนภายในชุมชน

ลำดับที่	ชื่อองค์กร/หน่วยงาน	การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในองค์กร/หน่วยงาน		การใช้เชื้อเพลิงในการประกอบอาหาร		พลังงานหมุนเวียน (ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)	พลังงานสิ้นเปลือง (ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)
		น้ำมันเบนซิน (ลิตรต่อเดือน)	น้ำมันดีเซล (ลิตรต่อเดือน)	แก๊สหุงต้ม (กิโลกรัมต่อเดือน)	ฟืน (กิโลกรัมต่อเดือน)		
1	โรงเรียนบ้านปางแดงใน	514.29	83.92	75.00	0.00	0	0.54
2	สำนักสงฆ์บ้านปางแดงใน	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
3	โครงการขยายผลโครงการหลวงปางแดงใน	18.29	0.00	15.00	0.00	0	0.03
4	ครัวเรือนบ้านปางแดงใน	14.36	5.63	3.12	108	0	0.02
5	วัดบ้านแม่สายนาเลา	27.43	31.95	0.00	0.00	0.00	0.05
6	โครงการขยายผลโครงการหลวงโหล่งขอด	41.14	0.00	4.50	0.00	0.00	0.04
7	ครัวเรือนบ้านแม่สายนาเลา	22.71	27.14	3.88	88.5	0.00	0.09
8	โรงเรียนบ้านโป่งคำ	0.00	0.00	7.50	0.00	0.00	0.01
9	วัดโป่งคำ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ	14.52	0.00	16.50	0.00	0.00	0.20
11	ครัวเรือนบ้านโป่งคำ	15.65	7.95	17.0	88.8	0.00	0.02

ภาพรวมการใช้พลังงานในชุมชน

การใช้พลังงานในชุมชน	พลังงานหมุนเวียน (ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)	พลังงานสิ้นเปลือง (ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)
องค์กร/หน่วยงาน ปางแดงใน	0	0.57
บ้านเรือนของชาวบ้าน ปางแดงใน	0	0.01
องค์กร/หน่วยงาน แม่สายนาเลา	0	0.08
บ้านเรือนของชาวบ้าน แม่สายนาเลา	0.01	0.77
องค์กร/หน่วยงาน โป่งคำ	0.00112	0.21
บ้านเรือนของชาวบ้าน โป่งคำ	0	0.02

ศักยภาพพลังงานทางเลือกในพื้นที่

หมู่บ้าน	ศักยภาพระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน)	ศักยภาพระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวล (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี)	ศักยภาพระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ (กิโลวัตต์)
ปางแดงใน	1,058.61	85,134.26	อัตราการไหลของน้ำน้อยมาก
แม่สายนาเลา	3,692.88	89,254.63	0.14
โป่งคำ	4,410.86	219,537.04	0.20

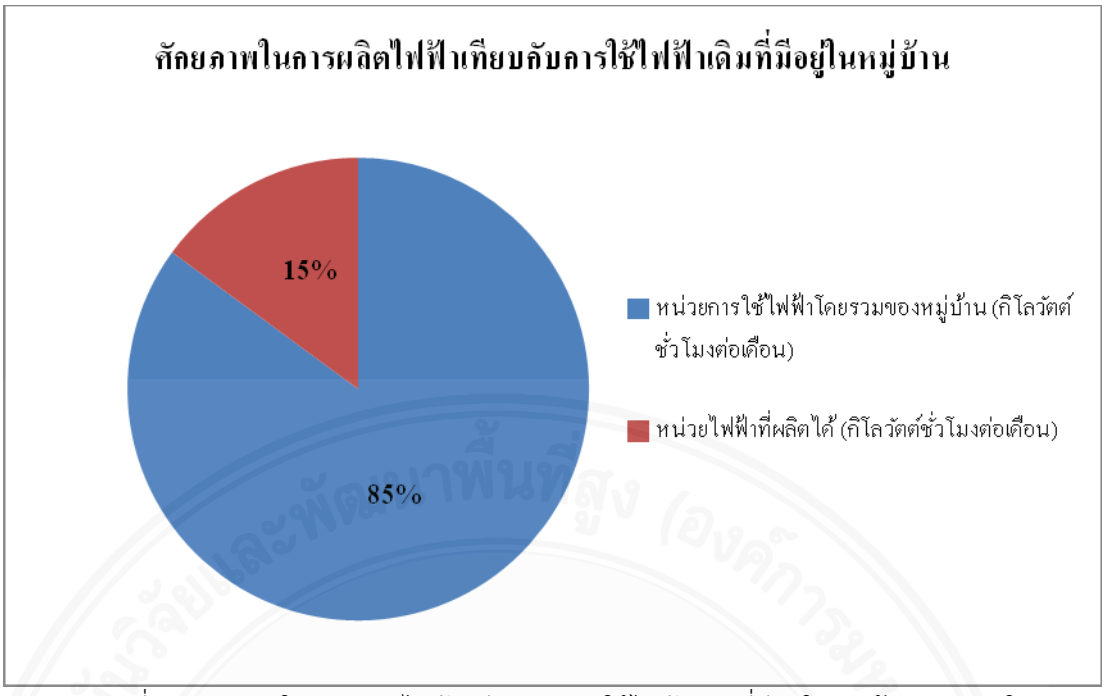
สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) Highland Research and Development Institute (Public Organization)

การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะของพลังงานทางเลือก ดังนี้

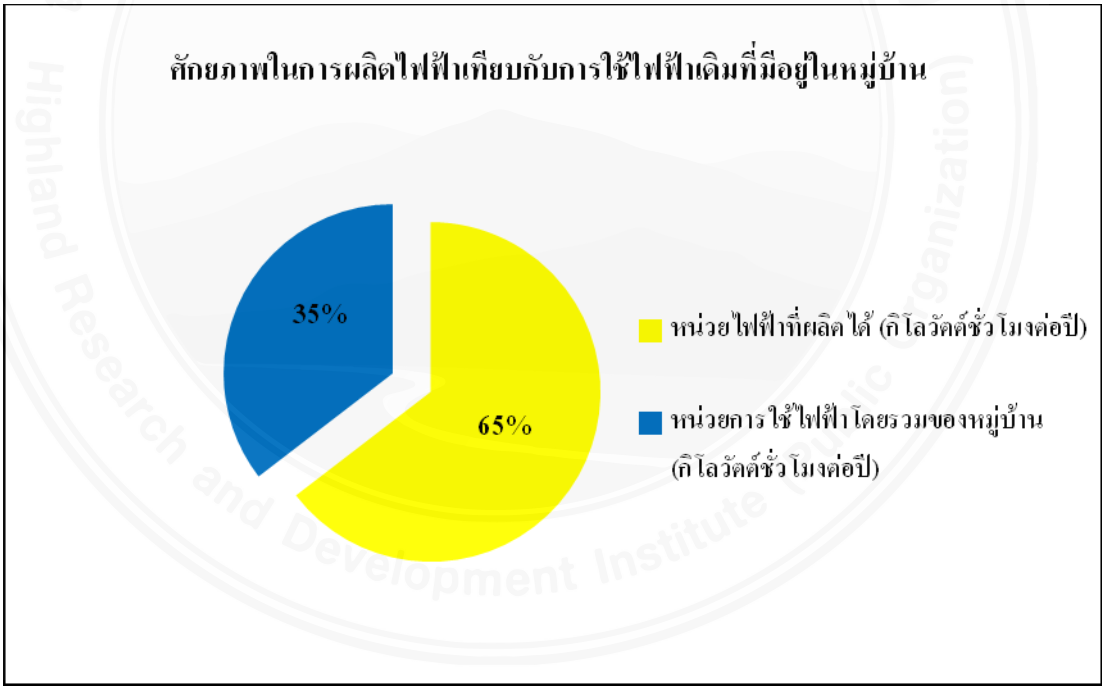
หมู่บ้าน	ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์				ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวล				ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ			
	ขนาด (วัตต์)	ลดการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	ขนาด (วัตต์)	ลดการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	ขนาด (วัตต์)	ลดการใช้ไฟฟ้าจาก กฟภ. (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
ปางแดงใน	12,100	44,067	1,621,427	36.79	32,290	223,872	9,052,547	40.44	ปริมาณน้ำและความสูงของหัวน้ำน้อยมาก จึงไม่สามารถรองรับการติดตั้งได้			
แม่สายนาเลา	42,594	128,738	4,060,802	19.89	32,900	128,738	9,082,666	36.36	200	6,050	73,930	12.22
โป่งคำ	50,875	185,282	4,721,606	25.48	52,340	576,657	10,080,056	17.48	173.57	5,249	15,759	3

ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าเทียบกับการใช้ไฟฟ้าเดิมที่มีอยู่ในหมู่บ้าน

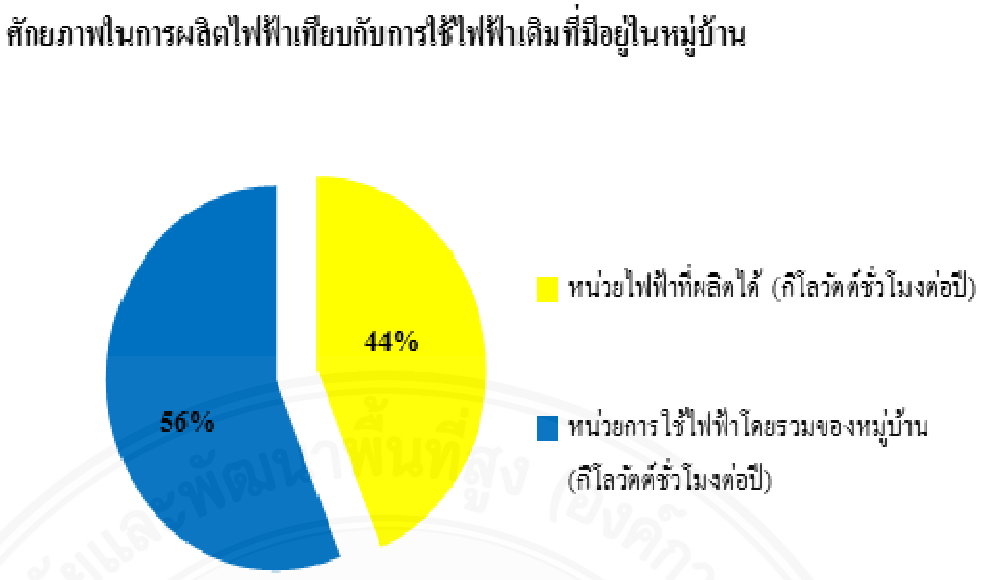
หมู่บ้าน	บ้านปางแดงใน			บ้านแม่สายนาเลา			บ้านโป่งคำ		
ศักยภาพ	**ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์**	**ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวล**	**ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ**	**ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์**	**ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวล**	**ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ**	**ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์**	**ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวล**	**ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ**
หน่วยการใช้ไฟฟ้าโดยรวมของหมู่บ้าน (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน)	85%	53%	-	45%	35%	-	80%	44%	-
หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน)	15%	47%	-	55%	65%	-	20%	56%	-



รูปที่ 1 ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าเทียบกับการใช้ไฟฟ้าเดิมที่มีอยู่ในหมู่บ้านปางแดงใน



รูปที่ 2 ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าเทียบกับการใช้ไฟฟ้าเดิมที่มีอยู่ในหมู่บ้านแม่สายนาเลา



รูปที่ 3 ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าเทียบกับการใช้ไฟฟ้าเดิมที่มีอยู่ในหมู่บ้านโป่งคำ

4.3.3) การประเมินศักยภาพด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม

การสำรวจและประเมินศักยภาพด้านสังคม และสิ่งแวดล้อม

1. ศักยภาพผู้นำ

ตารางที่ 15 ประเมินศักยภาพผู้นำชุมชนจากการเข้าพบผู้นำชุมชน

ประเด็น	คะแนนเต็ม (คะแนน)	บ้านปางแดงใน	บ้านแม่สายนาเลา	บ้านโป่งคำ
1. สถานการณ์พลังงานของชุมชน	8.00	6.00	6.00	6.00
2. การจัดการพลังงานของชุมชน	10.00	7.00	6.50	8.00
3. การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการพลังงานภายในชุมชน	12.00	9.00	9.00	8.00
4. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการจัดการพลังงานภายในชุมชน	10.00	6.00	7.00	7.00
รวม	40.00	28.00	28.50	29.00

2. ชาวบ้านในชุมชน

ตารางที่ 16 การประเมินศักยภาพของชาวบ้านในชุมชน

ประเด็น	คะแนนเต็ม (คะแนน)	บ้านปางแดงใน	บ้านแม่สายนาเลา	บ้านโป่งคำ
1. การมีส่วนร่วมของชาวบ้านในการจัด	20.00	17.80	18.96	16.20
2. ความเห็นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตเดิม	20.00	20.29	9.20	12.78
รวม	40.00	38.09	28.16	28.98

3. การมีส่วนร่วมของชุมชน

ตารางที่ 17 การประเมินการมีส่วนร่วมของชุมชนของบ้านปางแดงใน

ประเด็น	คะแนนเต็ม (คะแนน)	บ้านปางแดงใน	บ้านแม่สายนาเลา	บ้านโป่งคำ
ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม	30.00	22.00	22.00	24.00
รวม	30.00	22.00	22.00	24.00

4. ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 18 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

ประเด็น	คะแนนเต็ม (คะแนน)	บ้านปางแดงใน	บ้านแม่สายนาเลา	บ้านโป่งคำ
1. การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมด้านพลังงานแสงอาทิตย์	40.0	38.50	40.00	40.00
2. การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมด้านพลังงานชีวมวล	40.0	34.00	37.00	37.00
3. การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมด้านพลังงานน้ำ	40.0	-	40.00	38.00

ตารางที่ 19 สรุปคะแนนในการประเมินระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานทางเลือก

เงื่อนไข	ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์			ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวล			ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ		
	บ้านปางแดงใน	บ้านแม่สายนาเลา	บ้านโป่งคำ	บ้านปางแดงใน	บ้านแม่สายนาเลา	บ้านโป่งคำ	บ้านปางแดงใน	บ้านแม่สายนาเลา	บ้านโป่งคำ
ศักยภาพด้านพลังงาน (60 คะแนน)	40.00	25.00	40.00	42.00	45.00	47.00	-	9.00	15.00
ศักยภาพด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม (40 คะแนน)	33.76	31.64	32.53	52.56	30.84	31.73	-	31.64	31.99
รวม	73.76	56.64	72.53	74.56	75.84	78.73	-	40.64	46.49

หมายเหตุ : " - " ไม่มีพื้นที่ติดตั้งพลังงานทางเลือก

4.4 รวบรวมองค์ความรู้การผลิตพลังงานทดแทนจากชีวมวลท้องถิ่น

4.4.1) รวบรวมและคัดเลือกเทคโนโลยีการผลิต แปรรูปและการใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมของแต่ละพื้นที่ที่ดำเนินการ

กระบวนการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงาน

การเผาไหม้โดยตรง (combustion) เมื่อนำชีวมวลมาเผา จะได้ความร้อนออกมาตามค่าความร้อนของชนิดชีวมวล

อุปกรณ์เทคโนโลยีพลังงานชีวมวล

1. เทคโนโลยีเตาแก๊สชีวมวล เตาแก๊สชีวมวลเป็นเตาที่จัดสร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับการหุงต้มอาหารในครัวเรือน โดยใช้เศษไม้และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง โดยมีหลักการทำงานแบบการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวล (Gasifier) แบบอากาศไหลขึ้น (Updraf Gasifier) เป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงในที่ที่จำกัดปริมาณอากาศให้เกิดความร้อนบางส่วนแล้วไปเร่งปฏิกริยาต่อเนื่องอื่นๆ เพื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิง ที่สามารถติดไฟได้ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สไฮโดรเจน (H2) และแก๊สมีเธน (CH2) เป็น**ต้น**

2. เทคโนโลยีเตาเผาถ่าน 200 ลิตร (แนวตั้งและแนวนอน)

เตาเผาถ่าน 200 ลิตรนั้น แยกประเภทออกเป็น 2 ชนิด คือ เตาเผาถ่านแบบตั้งหรือแบบปล่อยขนานข้างเตา และแบบนอน สามารถเผาถ่านได้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเตาเผาถ่านแบบดั้งเดิม ประมาณ 1.2 และ 1.5 เท่า เตาเผาถ่าน 200 ลิตร ใช้หลักความร้อนเป็นตัวไล่ความชื้น ดังนั้นถ่านที่ได้ออกมาจะมีคุณภาพ สารก่อมะเร็งต่ำ ขี้เถ้าน้อย และผลพลอยได้ที่ได้จากการเผาถ่านอีกอย่าง คือ น้ำส้มควันไม้ หรือ Wood Vinegar

น้ำส้มควันไม้ คือ ควันที่เกิดจากการเผาถ่านในช่วงที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่านเมื่อทำให้เย็นลงจนควบแน่นและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ของเหลวที่ได้เรียกว่า น้ำส้มควันไม้ แต่ก่อนที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ต้องพักทิ้งไว้ เป็นเวลา 3 เดือน ให้เกิดการตกตะกอน เมื่อเกิดการตกตะกอนแล้วจะแยกตัวออกเป็น 3 ส่วน ส่วนบนสุด คือน้ำมันเบา ชั้นกลางคือน้ำส้มควันไม้ และชั้นล่างที่ตกตะกอนคือน้ำมันทาร์ จากนั้นจึงทำการแยกส่วนที่เป็นน้ำส้มควันไม้ออกมาใช้ประโยชน์ต่อไป

3. เทคโนโลยีถ่านอัดแท่ง

การผลิตถ่านอัดแท่งโดยใช้วัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรและชีวมวลที่มีอยู่ในท้องถิ่น เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในกิจกรรม การหุงต้ม ปิ้งย่าง และการประกอบอาหารในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะทำให้ชุมชน สามารถลดค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิง LPG ในครัวเรือนลงได้ ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์แล้ว ยังเป็นการลดการเผาไหม้ที่ทำให้เกิดปัญหาด้านหมอกควัน มลพิษและสิ่งแวดล้อม

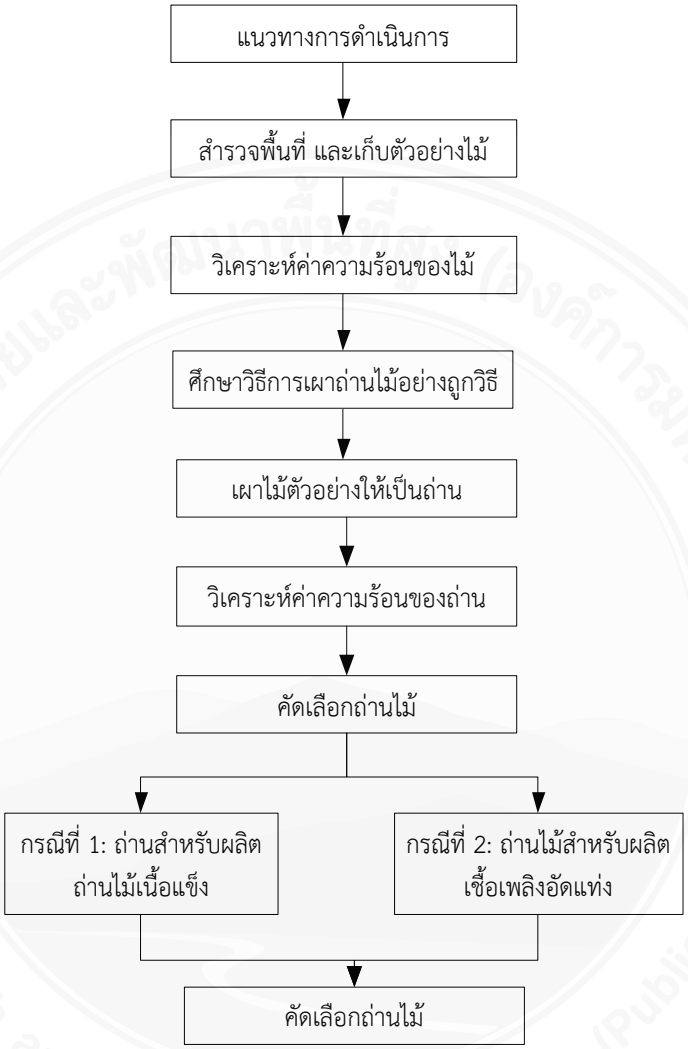
การผลิตถ่านอัดแท่งแบบเย็น เป็นการอัดวัสดุที่เผาถ่านมาแล้ว แล้วนำมาผสมกับแป้งมันหรือวัสดุประสานอื่นๆ โดยทั่วไปจะเป็นแป้งมัน ถ้าวัสดุใดมีขนาดใหญ่ เมื่อผ่านการเผาแล้ว ต้องมีเครื่องบดให้ละเอียดก่อน นำมาผสมตามอัตราส่วน นำมาอัดด้วยมือหรือเครื่องอัดแบบสกรู ทิ้งไว้หรือตากแดดให้แห้งประมาณ 2-3 วัน และสามารถนำไปใช้งานได้เลย

ได้รวบรวมและคัดเลือกเทคโนโลยีการผลิตชีวมวลและการใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมในพื้นที่บ้านปางแดงใน ได้แก่ ถ่านหุงต้ม ถ่านอัดแท่งจากชีวมวลไม้และซังข้าวโพด บ้านแม่สายนาเลา ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหุงต้ม ถ่านอัดแท่ง จากพืชพลังงาน ชีวมวลไม้และซังข้าวโพด และบ้านโป่งคำ ได้แก่ ถ่านหุงต้ม ถ่านอัดแท่งจากชีวมวลไม้และซังข้าวโพด

4.5 ทดสอบการผลิต แปรรูป และใช้พลังงานจากชีวมวลท้องถิ่น

4.5.1) ทดสอบและวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพ ของชีวมวลท้องถิ่นที่จะนำมาใช้เป็นพลังงาน

<u>เผาถ่านไม้จากตัวอย่างทดสอบ</u>



แผนภาพแนวทางการดำเนินงาน

การนำชีวมวลไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงควรมีการตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของการนำไปทำเชื้อเพลิง นั่นคือ ค่าความร้อน (Heating Value) ซึ่งเป็นปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งหมายถึงความสามารถในการให้พลังงานความร้อน ถ้าค่าความร้อนสูงแสดงว่าความสามารถในการให้พลังงานความร้อนย่อมสูงเช่นกัน แต่ทั้งนี้ในการเลือกใช้ประเภทของเชื้อเพลิงนอกจากจะคำนึงถึงความสามารถในการให้พลังงานความร้อนแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมอื่นๆ อีก เช่น ราคาเชื้อเพลิง การได้มาของเชื้อเพลิง รวมถึงความปลอดภัยในการใช้งาน เป็นต้น ดังนั้น จึงทำการคัดเลือกไม้ตัวอย่างจากทั้ง 3 หมู่บ้านมาทั้งหมด 17 ชนิด แสดงดังตารางที่ 20 นำมาทดสอบค่าความร้อนเพื่อตรวจสอบความสามารถในการให้ความร้อนของไม้ดิบแต่ละชนิด

ตารางที่ 20 ค่าความร้อนของไม้ตัวอย่างทั้ง 17 ชนิด

ลำดับที่	ชนิดไม้	ค่าความร้อน (kcal/kg)
ไม้โตเร็ว		
1	ไม้ยมหิน	5,093.35
2	ไม้กระถินเทพา	5,001.13
3	ไม้กระถินดอย	4,587.69
4	ไม้แดง	4,586.18
5	ไม้การบูร	4,247.04
6	ไม้สัก	4,183.52
7	ไม้ประดู่ป่า	4,152.84
8	ไม้เมเปิ้ลหอม	4,124.78
9	ไม้ลำไย	3,733.21
10	ไม้จันทร์ทองเทศ	3,290.96
ไผ่		
11	ไผ่หม่าจู	4,304.24
12	ไผ่รวก	4,167.44
13	ไผ่ตง	4,070.19
14	ไผ่เลี้ยงหวาน	4,012.27
15	ไผ่ซาง	3,958.16
ซังข้าวโพด		
16	ซังข้าวโพดปางแดงใน	4,231.46
17	ซังข้าวโพดแม่สายนาเลา	4,065.55

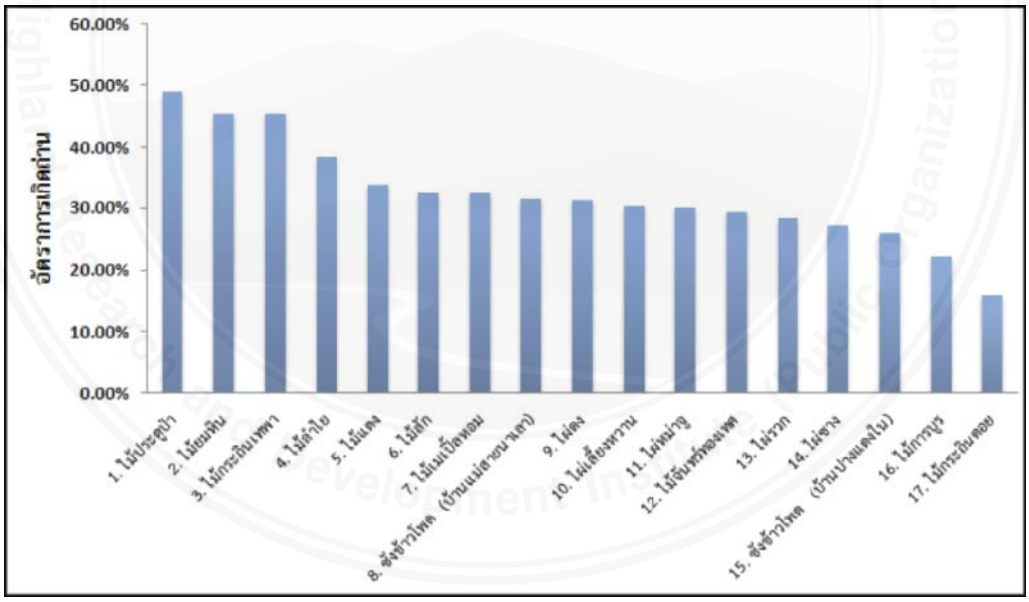
การเผาถ่านไม้ตัวอย่าง หลังจากทำการศึกษาวิธีการเผาถ่านด้วย เตาเผาถ่าน ขนาด 200 ลิตรแบบตั้งแล้ว จากนั้นได้ทำการนำไม้ตัวอย่างทั้ง 17 ชนิด ได้แก่ ไม้สัก ไม้กระถินเทพา ไม้การบูร ไม้แดง ไม้กระถินดอย ไม้เมเปิ้ลหอม ไม้จันทร์ทองเทศ ไม้ยอมหิน ไม้ประดู่ป่า ไม้ลำไย ไผ่รวก ไผ่ตง ไผ่เลี้ยงหวาน ไผ่ซาง ไผ่หม่าจู ซังข้าวโพดบ้านปางแดงใน และซังข้าวโพดบ้านแม่สายนาเลา ซึ่งการทดสอบจะมีการป้อนไม้เข้าไปในปริมาณ 3 kg หลังจากนั้นจึงทำการเผาไม้ให้กลายเป็นถ่าน มีดังตารางที่ 21 และรูปที่ 3

ตารางที่ 21 ลักษณะของไม้หลังจากการเผาให้เป็นถ่าน

ชนิดไม้	ลักษณะหลังเผาให้เป็นถ่าน	อัตราการเกิดถ่าน (เปอร์เซ็นต์)
1. ไม้ประดูป่า		48.94
2. ไม้ยมหิน		45.47
3. ไม้กระถินเทพา		45.32
4. ไม้ลำไย		38.32
5. ไม้แดง		33.78
6. ไม้สัก		32.57
7. ไม้เมเปิ้ลหอม		32.37

ชนิดไม้	ลักษณะหลังเผาให้เป็นถ่าน	อัตราการเกิดถ่าน (เปอร์เซ็นต์)
8. ซังข้าวโพด (บ้านแม่สายนาเลา)		31.40
9. ไผ่ตง		31.19
10. ไผ่เลี้ยงหวาน		30.29
11. ไผ่หม่าจู		30.06
12. ไม้จันทร์ทองเทศ		29.28
13. ไผ่รวก		28.48
14. ไผ่ซาง		27.24

ชนิดไม้	ลักษณะหลังเผาให้เป็นถ่าน	อัตราการเกิดถ่าน (เปอร์เซ็นต์)
15. ซังข้าวโพด (บ้านปางแดงใน)		25.93
16. ไม้การบูร		22.16
17. ไม้กระถินดอย		16.04



รูปที่ 3 อัตราการเกิดถ่านเมื่อเผาให้เป็นถ่านด้วยเตาแนวตั้ง 200 ลิตร

จากรูปที่ ผลการทดสอบการนำไม้มาผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน ได้มีการตรวจวัดถึงศักยภาพในความสามารถของการทำให้เป็นถ่านของไม้ตัวอย่างทั้ง 17 ชนิด พบว่า ไม้แต่ละชนิดมีความสามารถ ที่แตกต่างกันไป โดยการเผาจะใส่ไม้ในประมาณที่เท่ากัน คือ 3 kg ซึ่งถ่านไม้ที่ได้จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ประเภทที่ 1 ถ่านไม้เนื้อแข็ง สามารถนำไปใช้งานได้ทันที : ถ่านไม้ประเภทนี้จะมีลักษณะเป็นแท่งที่มีขนาดพอดีสำหรับการใช้งาน
2. ประเภทที่ 2 เศษถ่านไม้เนื้อแข็ง : ถ่านไม้ประเภทนี้จะมีลักษณะเป็นเศษเล็กๆ ไม่เหมาะแก่การนำไปใช้งานทันที ควรมีการผ่านกระบวนการ เช่น การอัดแท่ง เป็นต้น ก่อนการนำไปใช้งานได้จริง

หลังจากที่ได้ประเภทของถ่านออกมา 2 ประเภทแล้ว เมื่อนำมาวิเคราะห์ถึงสัดส่วนการนำไปใช้งาน พบว่า ประเภทที่ 1 ไม้เนื้อแข็งประเภท ไม้โตเร็ว และไผ่ เมื่อเผาให้เป็นถ่านแล้วส่วนใหญ่สามารถนำไปใช้งานได้ทันที โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการใด โดยลักษณะถ่านที่สามารถใช้งานได้ทันที จะเป็นถ่านที่เป็นแท่ง มีขนาดเหมาะสม ไม่แตกละเอียด สามารถหยิบจับเพื่อนำไปใช้งานต่อได้ สำหรับประเภทที่ 2 จะมีลักษณะที่แตกละเอียด ไม่เป็นก้อน ควรมีการผ่านกระบวนการแปรรูปก่อน เพื่อสามารถนำไปใช้งานได้อย่างเต็มศักยภาพ โดยสัดส่วนของแท่งถ่านประเภทที่ 1 และเศษถ่านประเภทที่ 2 แสดงดังตารางที่

ตารางที่ 22 อัตราการเกิดถ่านประเภทที่ 1 และถ่านประเภทที่ 2

ชนิดไม้	ความสามารถในการเกิดถ่านประเภทที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)	ความสามารถในการเกิดถ่านประเภทที่ 2 (เปอร์เซ็นต์)
<u>ไม้โตเร็ว</u>		
1. ไม้ประดู่ป่า	43.49	5.44
2. ไม้กระถินเทพา	43.18	2.13
3. ไม้ยมหิน	41.16	4.31
4. ไม้ลำไย	36.65	1.67
5. ไม้จันทร์ทองเทศ	28.95	0.33
6. ไม้แดง	28.66	5.12
7. ไม้สัก	27.18	5.40
8. ไม้เมเปิ้ลหอม	26.53	5.84
9. ไม้การบูร	17.21	4.94
10. ไม้กระถินดอย	13.02	3.01
<u>ไผ่</u>		
11. ไผ่ตง	20.44	10.75
12. ไผ่หม่าจู	20.31	9.75
13. ไผ่เลี้ยงหวาน	19.76	10.53
14. ไผ่ซาง	19.74	7.50
15. ไผ่รวก	19.01	9.47
<u>ซังข้าวโพด</u>		
16. ซังข้าวโพด (บ้านแม่สายนาเลา)	26.83	4.57
17. ซังข้าวโพด (บ้านปางแดงใน)	24.87	1.07

การทดสอบค่าความร้อนของไม้ตัวอย่างและถ่านไม้

ค่าความร้อน (Heating Value) คือ ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงนั้น ๆ 1 หน่วยมวล (สำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งและของเหลว) หรือ 1 หน่วยปริมาตร (สำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ) เมื่อเผาไหม้หมดอย่างสมบูรณ์ ก่อนเริ่มทำการทดลอง ต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่า ชิ้นส่วนของบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ทุกชิ้นแห้งปราศจากหยดน้ำหรือไอน้ำเกาะอยู่

จากผลการทดสอบของไม้สามารถนำมาวิเคราะห์ถึงความสามารถการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง โดยการวิเคราะห์ผลค่าความร้อนของไม้ โดยเปรียบเทียบระหว่าง ค่าความร้อนก่อนเผา หลังเผาและอัตราค่าความร้อนที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้เห็นถึงความสามารถของชีวมวลที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง ดังตารางที่

ตารางที่ 23 ค่าความร้อนของไม้ก่อนเผาและหลังเผาให้เป็นถ่าน

ลำดับที่	ชนิดไม้	ค่าความร้อน (kcal/kg)		อัตราค่าความร้อนที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)
		ก่อนเผา	หลังเผา	
1	ไม้จันทร์ทองเทศ	3,290.96	6,284.47	91
2	ซังข้าวโพด (บ้านปางแดงใน)	4,231.46	7,426.16	75
3	ไม้การบูร	4,247.04	7,380.48	74
4	ไผ่รวก	4,167.44	7,074.44	70
5	ซังข้าวโพด (บ้านแม่สายนาเลา)	4,065.55	6,811.43	68
6	ไผ่ซาง	3,958.16	6,562.85	66
7	ไผ่หม่าจู	4,304.24	7,104.06	65
8	ไม้ประดูป่า	4,152.84	6,828.46	64
9	ไม้ลำไย	3,733.21	6,080.38	63
10	ไผ่เลี้ยงหวาน	4,012.27	6,496.39	62
11	ไม้สัก	4,183.52	6,741.09	61
12	ไม้กระถินดอย	4,586.18	7,329.58	60
13	ไผ่ตง	4,070.19	6,346.22	56
14	ไม้เมเปิ้ลหอม	4,124.78	6,178.82	50
15	ไม้แดง	4,587.69	6,559.99	43
16	ไม้ยมหิน	5,093.35	6,511.86	28
17	ไม้กระถินเทพา	5,001.13	6,183.36	24

4.5.2) ทดสอบการนำชีวมวลท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์เป็นพลังงาน

<u>การทดสอบการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล</u>

จากผลการเผาไม้ตัวอย่างให้เป็นถ่านของชีวมวลทั้งหมด 17 ชนิดนั้น พบว่า สามารถแบ่งถ่านออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 ถ่านไม้เนื้อแข็ง สามารถนำไปใช้งานได้ทันที: ถ่านไม้ประเภทนี้จะมีลักษณะเป็นแท่งที่มีขนาดพอดีสำหรับการใช้งาน

ประเภทที่ 2 เศษถ่านไม้เนื้อแข็ง: ถ่านไม้ประเภทนี้จะมีลักษณะเป็นเศษเล็กๆ ไม่เหมาะแก่การนำไปใช้งานทันที ควรมีการผ่านกระบวนการ เช่น การอัดแท่ง เป็นต้น ก่อนการนำไปใช้งานได้จริง

จากนั้นนำมาวิเคราะห์เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 : ถ่านจากไม้เนื้อแข็ง

ถ่านจากไม้เนื้อแข็ง เป็นถ่านไม้ที่เกิดจากกระบวนการทำไม้ดิบให้เป็นถ่าน โดยถ่านที่ได้จะต้องมีลักษณะเป็นก้อน เหมาะสมกับการใช้งาน เมื่อผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่านแล้วสามารถนำไปใช้งานได้ทันที โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการแปรรูปอื่นๆ อีก

ถ่านไม้ในกรณีที่ 1 นี้ เป็นถ่านไม้เนื้อแข็งในประเภทที่ 1 สามารถนำมาใช้งานได้ทันที จากการพิจารณาศักยภาพชีวมวลของไม้ถึงความสามารถในการให้ความร้อนของไม้ทั้ง 17 ชนิด ดังตารางที่ รวมถึงการพิจารณาถึงความเหมาะสมอื่นๆ เช่น การเจริญเติบโตของไม้ การตัด/สาง กิ่งไม้ชนิดนั้นๆ เป็นต้น ซึ่งจากการพิจารณาในหัวข้อต่างๆ ดังที่กล่าวมา พบว่า การศึกษาในครั้งนี้ ไม้ทีเหมาะสมสำหรับนำมาทำถ่านไม้เนื้อแข็ง ได้แก่ ไม้กระถินดอย ไม้ลำไย และไผ่ซาง แสดงดังรูปที่ 1 รูปที่ 5 และรูปที่ ตามลำดับ

รูปที่ 1 ถ่านไม้กระถินดอย

รูปที่ 5 ถ่านไม้ลำไย

รูปที่ 6 ถ่านไผ่ซาง

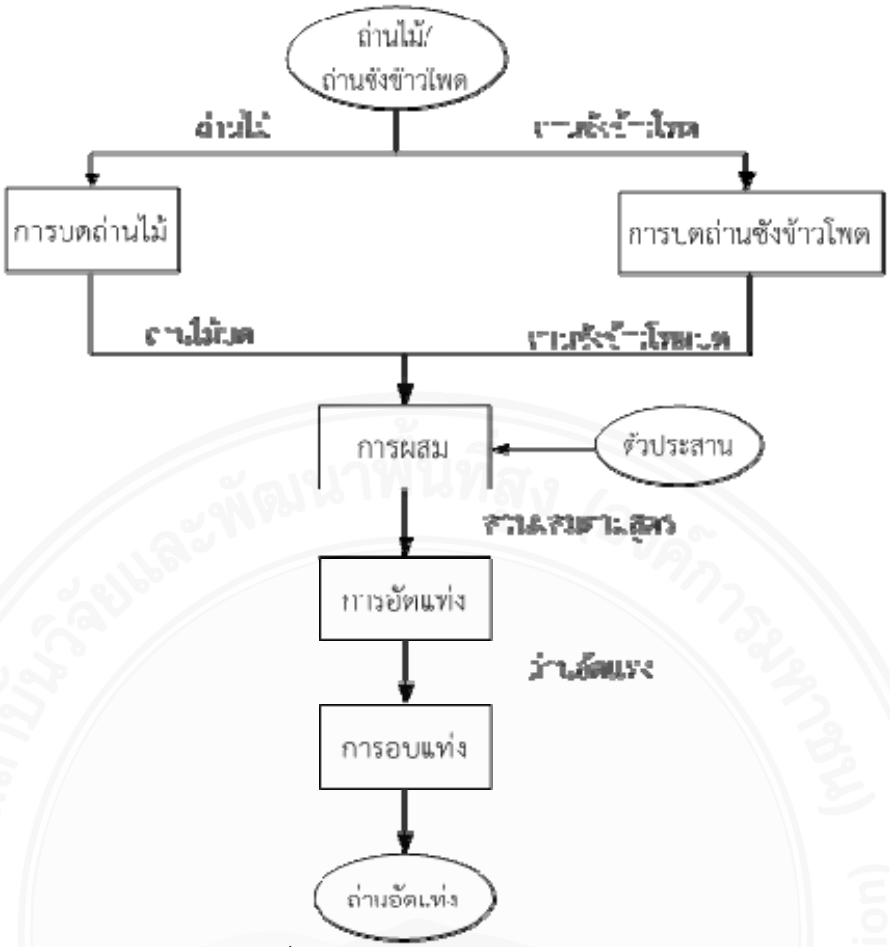
กรณีที่ 2 : ถ่านจากไม้เนื้อแข็งและถ่านซังข้าวโพดที่มีสัดส่วนของตัวประสานเท่ากัน

ถ่านจากไม้เนื้อแข็งและถ่านซังข้าวโพดที่มีสัดส่วนของตัวประสานเท่ากัน โดยถ่านที่ได้จะเป็นการนำเศษถ่าน หรือถ่านประเภทที่ 2 มาผสมรวมกับถ่านซังข้าวโพด แล้วนำมาผ่านกระบวนการอัดให้เป็นแท่ง แล้วจึงนำไปใช้งาน

ถ่านอัดแท่ง (Charcoal briquettes) คือ วัสดุที่สามารถให้ความร้อนที่มีลักษณะเป็นก้อนหรือแท่ง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ ถ่านที่นำมาขึ้นรูปเป็นแท่งหรือก้อน เพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อน โดยมากแล้วจะใช้สำหรับการประกอบทำอาหาร ปิ้งย่าง ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานมีดังต่อไปนี้

กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งกรณีที่ 2

การอัดแท่งเป็นการนำถ่านไม้เนื้อแข็งและถ่านซังข้าวโพดมาผ่านกระบวนการต่าง ๆ และอัดแท่งออกมาให้มีลักษณะที่เหมาะแก่การใช้งาน แสดงรูปที่



รูปที่ 7 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง

1) การบดถ่าน

การบดถ่าน คือ การลดขนาดของถ่านไม้ ถ่านซังข้าวโพดให้เล็กลง เพื่อเตรียมวัตถุดิบก่อนนำเข้าสู่กระบวนการอัดแท่ง โดยวิธีการบดมีอยู่ 2 วิธี คือ การบดด้วยเครื่องจักร และการบดโดยใช้แรงงาน ซึ่งขนาดของการบดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมสำหรับการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่

รูปที่ 8 เครื่องบดถ่านและเครื่องร่อนถ่าน

2) การผสม

หลังจากบดถ่านเรียบร้อยแล้ว ถ่านทั้งหมดจะถูกส่งมายังขั้นตอนการผสม โดยจะเป็นการผสมของถ่านไม้เนื้อแข็งที่เลือกใช้ คือ ถ่านไม้กระถินดอย ถ่านไผ่ซาง และถ่านไผ่รวก ผสมเข้ากับถ่านซังข้าวโพด ที่อัตราส่วนต่าง ๆ ซึ่งมีตัวประสานคือ แป้งมัน ในการผสมต้องผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อให้การอัดง่าย ออกมาเป็นแท่งที่เหมาะสมกับการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่

รูปที่ 9 การผสม

3) การอัดแท่ง

เมื่อได้ส่วนผสมที่ต้องการแล้ว นำส่วนผสมทั้งหมดเข้าเครื่องอัดแท่ง ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้เครื่องอัดแท่งแบบสกรู ซึ่งจะเป็นวิธีการอัดแท่งแบบเย็น ดังแสดงในรูปที่

รูปที่ 10 การอัดแท่ง

4) การอบแห้ง

หลังจากอัดท่านให้เป็นแท่งแล้ว ยังไม่สามารถใช้งานได้ทันที ต้องผ่านการทำให้แห้งโดยการอบแห้งหรืออบ เพื่อไล่ความชื้นให้ได้เหมาะสมกับการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่

รูปที่ 11 การอบแห้ง

5) สัดส่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งกรณีที่ 2

สำหรับสูตรที่ใช้ในการศึกษาในกรณีที่ 2 ได้กำหนดไว้ทั้งหมด 13 สูตร โดยจะเป็นการผสมกันระหว่าง ถ่านไม้เนื้อแข็ง ได้แก่ ถ่านไม้กระถินดอย และถ่านไผ่ซาง/ถ่านไผ่รวด ผสมกับถ่านซังข้าวโพด ที่มีแป้งมันเป็นตัวประสาน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะเป็นการทดสอบถึงความเหมาะสมของไม้แต่ละชนิดในสัดส่วนต่างๆ โดยสูตรที่กำหนดไว้ แสดงดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 สัดส่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ทำการศึกษากรณีที่ 2

สูตรที่	ถ่านไม้กระถินดอย	ถ่านไผ่ซาง/ไผ่รวก	ถ่านซังข้าวโพด	ตัวประสาน (แป้งมัน)
1	10	-	-	1
2	7	-	3	1
3	6	-	4	1
4	5	-	5	1
5	4	-	6	1
6	3	-	7	1
7	-	10	-	1
8	-	7	3	1
9	-	6	4	1
10	-	5	5	1
11	-	4	6	1
12	-	3	7	1
13	-	-	10	1

1) ผลของการอัดเชื้อเพลิงกรณีที่ 2

เมื่อทำการอัดเชื้อเพลิงทั้ง 13 สูตรแล้ว ลักษณะของถ่านที่ได้จะเป็นแท่งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางยาวประมาณ 4 cm มีความยาวประมาณ 15 -20 cm ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสม สามารถใช้งานได้อย่างดี แสดงดังรูปที่

รูปที่ 12 ลักษณะของถ่านอัดแท่ง

2) ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อน

จากการทดสอบค่าความร้อนตามมาตรฐาน ASTM D240 ซึ่งค่าความร้อนที่ได้ จะเป็นลักษณะแบบ LHV ในการทดสอบจะใช้ถ่านน้ำหนัก 1 กรัม ทดสอบด้วยเครื่อง Bomb balorimeter ซึ่งเป็นเครื่องสำหรับหาค่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน (Internal energy) อันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาเคมี

หลังจากนำเชื้อเพลิงอัดในกรณีที่ 2 ออกมาทั้ง 13 ตัวอย่าง ได้ทำการไล่ความชื้นพร้อมใช้งานแล้วนั้น นำเชื้อเพลิงเหล่านั้นมาทดสอบหาค่าความร้อน โดยผลการทดสอบแสดงรายละเอียดดังตารางที่ **25**

ตารางที่ 25 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งแต่ละสูตรในกรณีที่ 2

ลำดับที่	อัตราส่วน				ค่าความร้อน (kcal/kg)	ค่าความร้อน (MJ/kg)
	ถ่านไม้กระถินดอย	ถ่านไผ่ซาง/ไผ่รวก	ถ่านซังข้าวโพด	ตัวประสาน (แป้งมัน)		
1	10	-	-	1	6,195.71	25.90
2	7	-	3	1	10,053.67	42.02
3	6	-	4	1	4,841.35	20.24
4	5	-	5	1	4,332.88	18.11
5	4	-	6	1	5,630.37	23.53
6	3	-	7	1	5,697.33	23.81
7	-	10	-	1	6,165.25	25.77
8	-	7	3	1	4,316.98	18.04
9	-	6	4	1	8,599.62	35.95
10	-	5	5	1	7,635.91	31.92
11	-	4	6	1	6,182.56	25.84
12	-	3	7	1	5,940.52	24.83
13	-	-	10	1	6,170.13	25.79

ค่าความร้อนสำหรับถ่านในกรณีที่ 2 พบว่า ถ่านสูตรที่ประกอบด้วย ถ่านไม้กระถินดอย 7 ส่วน ถ่านซังข้าวโพด 3 ส่วน และตัวประสาน 1 ส่วน เมื่ออัดให้เป็นแท่งแล้ว มีค่าความร้อนสูงถึง 10,053.67 kcal/kg หรือ 42.02 MJ/kg รองลงมาได้แก่ ถ่านสูตรที่ประกอบด้วย ถ่านไผ่ซาง/ไผ่รวก 6 ส่วน ถ่านซังข้าวโพด 4 ส่วน และตัวประสาน 1 ส่วน มีค่าความร้อนอยู่ที่ 8,599.62 kcal/kg สำหรับสูตรอื่นๆ มีค่าความร้อนที่สามารถใช้งานได้อย่างดี เนื่องจากค่าความร้อนเกินมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ คือ 5,000-5,500 kcal/kg

กรณีที่ 3 : ถ่านจากไม้เนื้อแข็งและถ่านซังข้าวโพดที่มีสัดส่วนของตัวประสานที่แตกต่างกัน

ในกรณีที่ 3 มีลักษณะการศึกษาที่คล้ายกับกรณีที่ 2 ซึ่งในกรณีนี้มีความแตกต่างกันที่สัดส่วนของเชื้อเพลิง โดยกรณีนี้มีสัดส่วนของไม้เนื้อแข็งที่ตรงที่ แต่จะแตกต่างกันที่ตัวประสาน ซึ่งจะเป็นการศึกษาความเหมาะสมของตัวประสานต่อถ่านไม้ โดยสัดส่วนที่ใช้ทำการศึกษาแสดงดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 สัดส่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ทำการศึกษากรณีที่ 3

สูตรที่	ถ่านไม้กระถินดอย	ถ่านไผ่ซาง/ไผ่รวก	ถ่านซังข้าวโพด	ตัวประสาน (แป้งมัน)
1	5	-	-	0.25
2	5	-	-	0.5
3	5	-	-	1
4	5	-	-	1.5
5	-	5	-	0.25
6	-	5	-	0.5
7	-	5	-	1
8	-	5	-	1.5
9	-	-	5	0.25
10	-	-	5	0.5
11	-	-	5	1
12	-	-	5	1.5

หลังจากนำเชื้อเพลิงในกรณีที่ 3 ทั้ง 13 ตัวอย่างไปไล่ความชื้นแล้ว นำเชื้อเพลิงเหล่านั้นมาทดสอบค่าความร้อนตามมาตรฐาน ASTM D240 โดยผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 27 ซึ่งค่าความร้อนมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 27 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งแต่ละสูตรในกรณีที่ 3

ที่	อัตราส่วน				ค่าความร้อน (kcal/kg)	ค่าความร้อน (MJ/kg)
	ถ่านไม้กระถินดอย	ถ่านไผ่ซาง/ไผ่รวก	ถ่านซังข้าวโพด	ตัวประสาน (แป้งมัน)		
1	5	-	-	0.25	4,865.55	20.34
2	5	-	-	0.5	6,195.71	25.90
3	5	-	-	1	4,040.34	16.89
4	5	-	-	1.5	5,927.51	24.78
5	-	5	-	0.25	6,213.30	25.97
6	-	5	-	0.5	6,165.25	25.77
7	-	5	-	1	5,384.44	22.51
8	-	5	-	1.5	6,214.83	25.98
9	-	-	5	0.25	5,733.54	23.97
10	-	-	5	0.5	6,170.13	25.79
11	-	-	5	1	5,109.27	21.36
12	-	-	5	1.5	5,994.56	25.06

สำหรับถ่านไม้กระถินดอย พบว่า เมื่อผสมถ่านไม้กระถินดอย 5 ส่วน ตัวประสานที่เหมาะสมอยู่ที่ 0.5 ส่วน ที่มีค่าความร้อน อยู่ที่ 6,195.71 kcal/kg

ถ่านไผ่ซาง/ถ่านไผ่รวก ในส่วนผสม 5 ส่วน พบว่า ตัวประสานทั้ง 4 สูตรมีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกัน โดยสูตรที่มีค่าความร้อนมากที่สุด ได้แก่ ตัวประสาน 1.5 ส่วน มีค่าความร้อน 6,214.83 kcal/kg รองลงมา คือ ตัวประสาน 0.25 ส่วน มีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงอยู่ที่ 6,213.30 kcal/kg ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนราคาของตัวประสานประกอบด้วยจึงสามารถสรุปได้ว่า อัตราตัวประสานที่เหมาะสมสำหรับถ่านไผ่ซาง/ถ่านไผ่รวก ที่สุดคือ ตัวประสาน 0.25 ส่วน

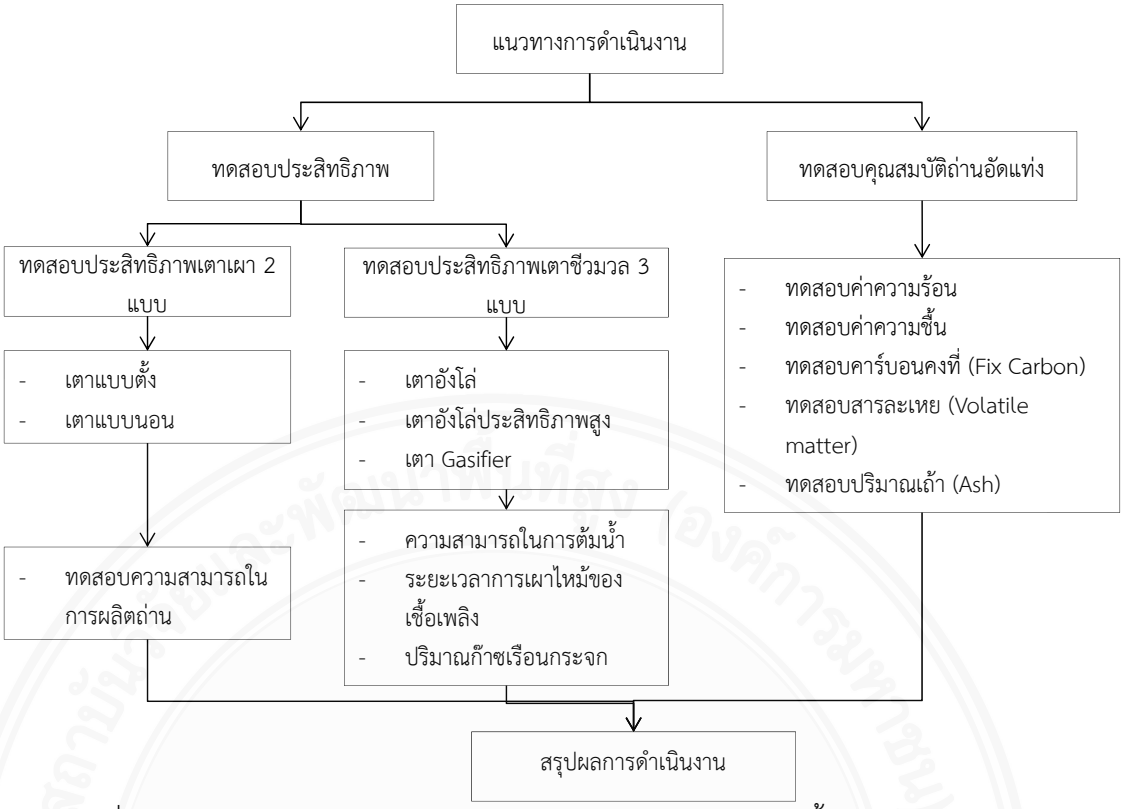
ถ่านซังข้าวโพด ในส่วนผสม 5 ส่วน พบว่า ตัวประสานที่อัตราส่วน 0.5 ส่วน มีค่าความร้อนมากที่สุด อยู่ที่ 6,170.13 kcal/kg สำหรับสูตรอื่นๆ ถือว่าค่าความร้อนมากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

4.5.3) ทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตพลังงานจากชีวมวลท้องถิ่น

<u>การทดสอบระบบการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล</u>

แนวทางการดำเนินการทดสอบระบบการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาและเตาชีวมวล และการทดสอบคุณสมบัติถ่านอัดแท่ง ดังแสดงในรูปที่ ซึ่งรายละเอียดดังกล่าวแสดงในหัวข้อถัดไป

การทดสอบระบบการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล จะเป็นการทดสอบถึงประสิทธิภาพของเตาชนิดต่างๆ ที่จะนำไปใช้งานในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล รวมถึงการนำแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งานจริง รวมถึงผลการทดสอบเชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้ผ่านกระบวนการอัดแท่งเรียบร้อยแล้ว โดยการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 13 แนวทางการดำเนินการทดสอบระบบการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล

1. การทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาถ่าน

การทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผา แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา 2 แบบ คือ เตาแบบตั้ง และเตาแบบนอน ซึ่งทั้ง 2 เตาเผาจะเป็นเตาสำหรับการผลิตถ่าน ซึ่งการทดสอบจะเป็นการทดสอบถึงความสามารถในการผลิตถ่านของเตาแต่ละแบบว่ามีความสามารถที่จะนำไปใช้งานกับชุมชนได้อย่างไร

วิธีการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาถ่านแบบตั้งและเตาแบบนอน

1. เตรียมวัตถุดิบที่นำมาเผาเป็นถ่าน ซึ่งต้องเป็นไม้ชนิดเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน วัดขนาด ชั่งน้ำหนัก จดบันทึกข้อมูล (ไม้ที่ใช้ในการทดสอบหนัก 5 kg)

2. เตรียมไม้ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนกับเตาเผา เชื้อเพลิงทั้งหมด ชั่งน้ำหนัก จดบันทึกข้อมูล (ไม้ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงหนัก 3 kg)

3. ติดตั้งหัวโพรบและสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K โดยตำแหน่งและรายละเอียดในการติดตั้งของเตาเผาแนวตั้งและแนวนอนแสดงดังรูปที่ 14 รูปที่ 15 และตารางที่ 28 ตามลำดับ

รูปที่ 14 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิของเตาเผาถ่านแบบแนวตั้ง

รูปที่ 15 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิของเตาเผาถ่านแบบแนวนอน

ตารางที่ 28 ตำแหน่งและรายละเอียดของจุดของเตาเผาแนวตั้งและแนวนอน

ตำแหน่งจุดวัด	รายละเอียดของจุดวัดแต่ละจุด	
	เตาเผาถ่านแนวตั้ง	เตาเผาถ่านแนวนอน
1	อุณหภูมิอากาศภายในเตาเผา (ระดับล่าง)	อุณหภูมิอากาศภายในเตาเผาตำแหน่งที่ 1
2	อุณหภูมิอากาศภายในเตาเผา (ระดับกลาง)	อุณหภูมิอากาศภายในเตาเผาตำแหน่งที่ 2
3	อุณหภูมิอากาศภายในเตาเผา (ระดับบน)	อุณหภูมิอากาศภายในเตาเผาตำแหน่งที่ 3
4	อุณหภูมิอากาศปากปล่องท่อเร่งไฟ (ท่อกลาง)	อุณหภูมิอากาศปากปล่องท่อเร่งไฟ
5	อุณหภูมิอากาศปากปล่องท่อควันท่อที่ 1	อุณหภูมผิวภายนอกเตาเผา
6	อุณหภูมิอากาศปากปล่องท่อควันท่อที่ 2	อุณหภูมิอากาศแวดล้อม
7	อุณหภูมิอากาศปากปล่องท่อควันท่อที่ 3	-
8	อุณหภูมผิวภายนอกเตาเผา	-
9	อุณหภูมิอากาศแวดล้อม	-

1) ต่อสายสัญญาณจากข้อ 4-5 เข้ากับเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ

2) บันทึกข้อมูลเฉลี่ยทุก ๆ 1 min

3) เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการเผา (6 hr) สังเกตได้จากควัน ควันที่ออกจากปล่องจะต้องเป็นสีขาวหรือจาง ถือเป็นการสิ้นสุดกระบวนการ

4) นำผลข้อมูลมาวิเคราะห์และสรุปผลการดำเนินงาน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาแบบตั้งและเตาแบบนอน

จากผลการดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพเตาเผาถ่านแบบแนวตั้งและแนวนอน พิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเผาถ่านโดยควบคุมอุณหภูมิภายนอก เวลาที่ใช้ในการเผา เชื้อเพลิงในการเผา พลังงานในการเผา ประเมินผลจากอุณหภูมิภายในเตา สรุปได้ดังนี้

1. กระบวนการไล่ความชื้น

เตาเผาถ่านแนวตั้ง ในการทดสอบการผลิตถ่านไม้ เริ่มมีไอร้อนที่ปล่อง ลักษณะควันจะมีลักษณะสีขาว มีไอน้ำผสมอยู่ อุณหภูมิเฉลี่ยล่างเตาเฉลี่ย 174 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยกลางเตาเฉลี่ย 186 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยด้านบนเตาเฉลี่ย 176 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยของปล่องทางออกเตา 107 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในกระบวนการ 115 นาที

เตาเผาถ่านแนวนอน ในการทดสอบการผลิตถ่านไม้ เริ่มมีไอร้อนที่ปล่อง ลักษณะควันจะมีลักษณะสีขาว มีไอน้ำผสมอยู่ อุณหภูมิเฉลี่ยหน้าเตาเฉลี่ย 279 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยกลางเตาเฉลี่ย 293องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยด้านท้ายเตาเฉลี่ย 218 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของปล่องทางออกเตา 121 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในกระบวนการ 110 นาที

2. กระบวนการเปลี่ยนจากไม้กลายเป็นถ่าน

ปริมาณควันเริ่มลดลงและสีของควันเริ่มจางลงจนเกือบใส จากนั้นปิดปล่องทางออกเพื่อให้เชื้อเพลิงที่สะสมความร้อนได้คายความร้อนออกให้ทั่วทั้งเตา รวมถึงหยุดการป้อนเชื้อเพลิง ควบคุมระยะขนาดเปิดหน้าเตาให้เหลือประมาณ 50 ตารางเซนติเมตร ลดอุณหภูมิให้ไม้กลายเป็นถ่าน

สำหรับเตาเผาถ่านแนวตั้ง มีอุณหภูมิ อุณหภูมิเฉลี่ยล่างเตาเฉลี่ย 110 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยกลางเตาเฉลี่ย 96 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยด้านบนเตาเฉลี่ย 84 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในกระบวนการ 74 นาที

สำหรับเตาเผาถ่านแนวนอนอุณหภูมิเฉลี่ยหน้าเตาเฉลี่ย 140 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยกลางเตาเฉลี่ย 109 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยด้านท้ายเตาเฉลี่ย 121 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในกระบวนการ 80 นาที

3. กระบวนการทำให้ถ่านบริสุทธิ์

ปิดทางออกเตาเผาถ่าน และเปิดหน้าเตาให้ออกซิเจนไปทำปฏิกิริยากับการเผาไหม้ในถ่านเพื่อกำจัดน้ำมันดิน และปิดเตาให้สนิท สำหรับเตาเผาถ่านแนวตั้ง เวลาที่ใช้ในกระบวนการ 30 นาที

4. กระบวนการทำเย็น

ปิดเตาทิ้งไว้ 1 คืนเพื่อให้ถ่านเย็นตัวตามธรรมชาติ

ในการทดสอบประสิทธิภาพเตาถ่านแนวตั้งและเตาถ่านแนวนอน มีการศึกษาโดยใช้พารามิเตอร์ที่ดังแสดงในตารางที่ 29 และตารางที่ **30**

ตารางที่ 29 พารามิเตอร์สำหรับเตาเผาถ่านแนวตั้ง

พารามิเตอร์	จำนวน	หน่วย
น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้	3	kg
ค่าพลังงานความร้อนที่ให้กับเตา	54	MJ
ระยะเวลาที่ใช้เผา	6	hr
อัตราการผลิตถ่าน	0.17	kg/hr

ตารางที่ 30 พารามิเตอร์สำหรับเตาเผาถ่านแนวนอน

พารามิเตอร์	จำนวน	หน่วย
น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้	3	kg
ค่าพลังงานความร้อนที่ให้กับเตา	54	MJ
ระยะเวลาที่ใช้เผา	6	hr
อัตราการผลิตถ่าน	0.25	kg/hr

จากข้อกำหนดของการทดสอบเผาถ่านที่สภาวะเดียวกัน ใช้เชื้อเพลิงเท่ากันที่ 3 กิโลกรัม ซึ่งจะให้ค่าความร้อนทั้งหมดประมาณ 54 เมกะจูล

เตาเผาถ่านแนวตั้ง ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเตาโดยเฉลี่ยจะมีค่าน้อยกว่าเตาเผาถ่านในแนวนอนมาก เนื่องจากเตาเผาถ่านแนวตั้งที่ใช้ทดสอบ ไม่มีฉนวนความร้อนหุ้ม มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวเตาเพียง 85 องศาเซลเซียส ต่างจากเตาเผาถ่านแนวนอนที่ใช้ดินปนทรายหุ้มเป็นฉนวนไว้ มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวเตา 136 องศาเซลเซียส ทำให้ความร้อนที่ได้ไม่สูงพอที่จะทำให้ไม้กลายเป็นถ่านได้ ถ้าต้องการความร้อนที่สูงกว่านี้ จะต้องใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น

2.การทดสอบประสิทธิภาพของเตาชีวมวล

การทดสอบประสิทธิภาพเตาชีวมวลประกอบด้วยเตา 3 แบบ คือ เตาอั้งโล่ เตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง และเตา Gasifier

วิธีการประเมินประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่และเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง

การประเมินประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่และเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูงเป็นการวัดผลการนำไปใช้งานร่วมกับถ่าน โดยถ่านที่เลือกใช้ทำการทดสอบ คือ ถ่านไม้ลำไยที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด ซึ่งในการทดสอบ การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การวัดประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงด้วยเตาอั้งโล่ และการวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเตาอั้งโล่ ซึ่งขั้นตอนการทดสอบมีดังต่อไปนี้

1) ชั่งน้ำหนักของเชื้อเพลิง (ถ่านไม้ลำไย) ประมาณ 1.2 kg และ 2.0 kg สำหรับแกลบ
2) ชั่งน้ำหนักของน้ำเปล่าที่ใช้ทำการทดสอบ ประมาณ 3.0 kg
3) ติดตั้งหัวโพรบเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ทั้งหมด 3 ตำแหน่งอันประกอบไปด้วย ตำแหน่งในน้ำ ตำแหน่งกลางเตา และตำแหน่งเปลวไฟ เข้ากับ Data Logger เพื่อใช้สำหรับการเก็บข้อมูลแสดงดังรูปที่ 16

(ก) เตาอั้งโล่ (ข) เตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง (ค) เตา Gasifier

รูปที่ **16** ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิของเตาชีวมวล

4) ทำการจุดไฟถ่าน/แกลบในแต่ละเตา รอจนกว่าถ่าน/แกลบแต่ละชนิดจะมอดดับลงไป สังเกตได้จากอุณหภูมิของน้ำค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ จนใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อม หรืออุณหภูมิของถ่านที่ค่อย ๆ ลดลง
5) บันทึกข้อมูลเฉลี่ยทุก ๆ 1 min
6) นำข้อมูลมาวิเคราะห์และสรุปผลการดำเนินงาน

ผลการประเมินประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่

จากผลการดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพเตาอั้งโล่โดยวิธี Water boiling test โดยมีพารามิเตอร์ดังนี้

ตารางที่ 31 พารามิเตอร์สำหรับเตาอั้งโล่

พารามิเตอร์	จำนวน	หน่วย
ปริมาณถ่านไม้ที่ใช้ทดสอบ	1.2	kg
ปริมาณน้ำที่ใช้ทดสอบ	3	kg

ทดสอบโดยวัดค่าอุณหภูมิเปลวไฟ อุณหภูมิน้ำร้อน โดยมีอุณหภูมิเปลวไฟที่ได้จากเตาเฉลี่ยอยู่ที่ 530.46 องศาเซลเซียส ขอุณหภูมิน้ำร้อนสูงสุดที่ 98.50 ของศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ดำเนินการทดสอบ 100 นาที โดยเริ่มตั้งแต่ถ่านติดไฟจนถึงเวลาถ่านมอด ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 32 ข้อมูลที่เก็บจากการทดสอบเตาอั้งโล่

เวลา (min)	อุณหภูมิเริ่มต้น (^{o}C)	อุณหภูมิสุดท้าย (^{o}C)	มวลน้ำเริ่มต้น (kg)	มวลน้ำสุดท้าย (kg)	มวลน้ำระเหย (kg)
100	26.9	98.50	3	1.694	1.306

สามารถนำมาคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาได้ดังนี้

$$\eta = \frac{m_{wi} Cp_{w} (Te - Ti) + m_{w,evap} H_{l}}{m_{f} H_{f}}$$

เมื่อ m_{wi} = มวลของน้ำที่ใช้ในการต้ม (กิโลกรัม)

C_{pw} = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.186 กิโลจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน

$m_{w,evap}$ = มวลของน้ำที่ระเหย (กิโลกรัม)

m_{f} = มวลของเชื้อเพลิงที่ใช้จริง (กิโลกรัม)

T = อุณหภูมิในการต้มน้ำ (องศาเซลเซียส)

T_{i} = อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (องศาเซลเซียส)

H_{l} = ค่าความจุความร้อนจำเพาะในการระเหยที่ 100 ^{o}C (2,256 กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

H_{f} = ค่าความร้อนสูงสุดของถ่านไม้ (28,880 กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

แทนค่าในสมการได้ว่า การทดสอบเตาอั้งโล่ ใช้เชื้อเพลิงถ่านไม้ 1.2 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเปลวไฟโดยเฉลี่ยที่ 530.46 องศาเซลเซียส เวลาในการต้มน้ำ 100 นาที เตามีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 11.09 เปอร์เซ็นต์

ผลการประเมินประสิทธิภาพของเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง

จากผลการดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูงโดยวิธี Water boiling test โดยมีพารามิเตอร์ดังนี้

ตารางที่ 33 พารามิเตอร์สำหรับเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง

พารามิเตอร์	จำนวน	หน่วย
ปริมาณถ่านไม้ที่ใช้ทดสอบ	0.608	kg
ปริมาณน้ำที่ใช้ทดสอบ	3	kg

ทดสอบโดยวัดค่าอุณหภูมิเปลวไฟ อุณหภูมิน้ำร้อน โดยมีอุณหภูมิเปลวไฟที่ได้จากเตาเฉลี่ยอยู่ที่ 439.70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำร้อนสูงสุดที่ 97.40 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ดำเนินการทดสอบ 43 นาที โดยเริ่มตั้งแต่แก๊สที่ได้จากกระบวนการจุดติดไฟจนถึงเวลาถ่านมอด ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 34 ข้อมูลที่เก็บจากการทดสอบเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง

เวลา (min)	อุณหภูมิเริ่มต้น (^{o}C)	อุณหภูมิสุดท้าย (^{o}C)	มวลน้ำเริ่มต้น (kg)	มวลน้ำสุดท้าย (kg)	มวลน้ำระเหย (kg)
43	28.9	97.40	3	2.388	0.612

การทดสอบเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง ใช้เชื้อเพลิงถ่านไม้ 0.608 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเปลวไฟโดยเฉลี่ยที่ 485.86 องศาเซลเซียส เวลาในการต้มน้ำ 43 นาที เตามีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 12.7 เปอร์เซ็นต์

ผลการประเมินประสิทธิภาพของเตา Gasifier

จากผลการดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพเตาชีวมวลแบบไหลขึ้นโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงโดยวิธี Water boiling test โดยมีพารามิเตอร์ดังนี้

ตารางที่ 35 พารามิเตอร์สำหรับเตา Gasifier

พารามิเตอร์	จำนวน	หน่วย
ปริมาณแกลบที่ใช้ทดสอบ	2.096	kg
ปริมาณน้ำที่ใช้ทดสอบ	3	kg
อัตราส่วนสมมูล	0.5	-

โดยค่าอัตราส่วนสมมูลคำนวณได้จากได้จากองค์ประกอบทางเคมีของแกลบที่แสดงดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 องค์ประกอบทางเคมีของแกลบ

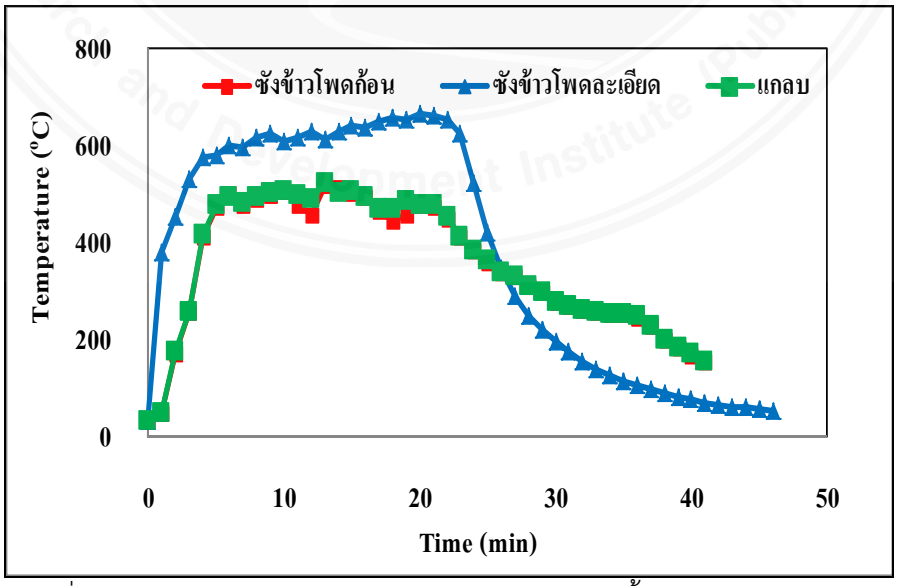
ธาตุองค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยมวล
C	36
H	5
N	0.31
S	0.05
O	41
Moisture content	8.5

สมดุลมวลการเผาไหม้(Mass balance)ของแกลบที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1 เป็นดังนี้

$$3C + 5H + 0.02214N + 0.0015625S + 2.56250O + 2.9703125(O_2+3.76N_2) + Ash \longrightarrow 3CO_2 + 2.5H_2O + 11.179445\ N_2 + 0.0015625\ SO_2 + Ash$$

จากการสมดุลมวลการเผาไหม้ตามสมการด้านบน พบว่าอัตราส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิง คือ $(A/F)_{ratio}$ = 4.079

การทดสอบเตาชีวมวลแบบไหลอากาศไหลขึ้น (Updraft gasifier) โดยใช้แกลบซังข้าวโพดแบบก้อน และซังข้าวโพดแบบบดละเอียดเป็นเชื้อเพลิง พบว่า ซังข้าวโพดแบบบดละเอียดสามารถให้ก๊าซชีวมวลเพื่อใช้ในการให้ความร้อนนานที่สุด รองลงมา คือ ซังข้าวโพดแบบก้อน และแกลบ คือ 24 22 และ 20 นาที ตามลำดับ ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบในเชิงอุณหภูมิเปลวไฟ พบว่า ซังข้าวโพดแบบละเอียดยังคงให้ค่าอุณหภูมิเปลวไฟที่สูงที่สุด รองลงมาคือ ซังข้าวโพดแบบก้อน และแกลบ เช่นเดียวกัน ส่งผลให้เชิงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของซังข้าวโพดแบบละเอียด ซังข้าวโพดแบบก้อน และแกลบ มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 18.2 16.9 และ 12.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 17 และตารางที่ 37



รูปที่ 17 ผลการทดสอบเตาชีวมวลแบบไหลอากาศไหลขึ้น (Updraft gasifier)

ตารางที่ 37 ข้อมูลที่เก็บจากการทดสอบเตา Gasifier

ชนิดเชื้อเพลิง	ระยะเวลาในการให้ก๊าซชีวมวล (min)	อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิน้ำสิ้นสุด (°C)	มวลน้ำระเหย (kg)	อุณหภูมิเปลวไฟเฉลี่ย (°C)	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (kg)	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)
แกลบ	20	28.7	97.90	0.888	488.11	2.096	12.7
ซังข้าวโพด (ก้อน)	22	26.5	98.30	1.214	479.46	1.150	16.9
ซังข้าวโพด (บดละเอียด)	24	27.8	97.80	1.348	601.37	1.288	18.2

การวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเตาชีวมวล

วิธีการวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาเชื้อเพลิงด้วยเตาอั้งโล่ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งขั้นตอนการทดสอบมีดังต่อไปนี้

1. ชั่งน้ำหนักของเชื้อเพลิง (ถ่านไม้ลำไย) ประมาณ 1.2 กิโลกรัม และ 2.0 กิโลกรัม สำหรับแกลบ
2. เตรียมชุดอุปกรณ์เก็บก๊าซ ที่ประกอบไปด้วยสายซิลิโคน ปั๊มลม ดังแสดงในรูปที่ 18

รูปที่ 18 ชุดอุปกรณ์เก็บก๊าซ

3. ทำการจุดไฟให้กับเตาชีวมวล รอจนกว่าเชื้อเพลิงจะติดไฟ
4. ทำการติดตั้งปล่องสำหรับเก็บก๊าซ ดังแสดงในรูปที่

รูปที่ 19 ปล่องสำหรับเก็บก๊าซ

5. ทำการเก็บก๊าซ โดยนำท่อยื่นเข้าไปในปล่องและพ้นจากระยะเปลวไฟ เพื่อให้ดูดก๊าซขึ้นมา ไม่มีแก๊สชนิดอื่นปะปน ดังแสดงในรูปที่

รูปที่ 20 ลักษณะการเก็บตัวอย่างแก๊สที่ได้จากเตาชีวมวล

6. ทำการเปิดปั๊มลม ก๊าซที่ปลายท่อจะถูกดูดเก็บเข้าไปในถุงเก็บก๊าซ ดังแสดงในรูปที่

รูปที่ 21 ตัวอย่างถุงเก็บแก๊สที่ทำการบรรจุแก๊สที่ได้จากการเผาด้วยเตาชีวมวล

7. จากนั้นนำถุงก๊าซไปทดสอบด้วย Gas Chromatography ตามมาตรฐาน ASTM D1945-96, D5504
8. นำข้อมูลมาวิเคราะห์และสรุปผลการดำเนินงาน

ผลวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเตาชีวมวล

ผลการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ทำการวิเคราะห์ด้วย Gas Chromotography (GC) โดยมีวิธีทดสอบและเทคนิคที่ใช้ คือ In house method base on Standard Methods for the Examinaton of Water and Wastewater, APHA, AWWA&WEF, 22nd ed., 2012 and American Society for testing and Materials, ASTM D 1945-96, D5504 ซึ่งจะเป็นวิธีการที่ตรวจวัดออกมาเป็นหน่วย ppm โดยก๊าซที่สามารถทดสอบได้แก่ มีเทน (CH_4) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกซิเจน (O_2) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่

ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเตาชีวมวล

ประเภทเตา	ปริมาณก๊าซ (ppm)					
	CH_4	CO	CO_2	O_2	N_2O	อื่นๆ
อั้งโล่	0.35	1.85	1.01	25.7	63.4	7.69
อั้งโล่ประสิทธิภาพสูง	0.12	0.73	6.35	24	69	ไม่มี
เตา Gasifier	0.058	0.43	5.38	13.23	64.68	16.222

จากนิยามของก๊าซเรือนกระจก โดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน): อบก. หรือThailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) ; TGO ซึ่งเป็นองค์กรที่ทำการวิเคราะห์ กลั่นกรองและทำความเห็นเกี่ยวกับการให้คำรับรองโครงการที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามกลไลการพัฒนาที่สะอาด ได้จัดกลุ่มของ ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโตไว้ห้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_20) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF6) ดังนั้น ผลของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ของเตาทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เตาอั้งโล่ เตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง และเตา Gasisfier ดังตารางที่ พบว่า สัดส่วนก๊าซของเตาทั้ง 3 ชนิดเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ มีปริมาณก๊าซไนตรัสออกไซด์มากที่สุด รองลงมา คือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และมีเทนตามลำดับ

โดยเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูงจะพบปริมาณไนตรัสออกไซด์มากที่สุด ในปริมาณ 69 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณ 6.35 เปอร์เซ็นต์ และคาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณ 0.73 เปอร์เซ็นต์ และมีเทน 0.12 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเตาอั้งโล่ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในชุมชน มีการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่น้อยกว่าเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูงเล็กน้อย ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณที่น้อยกว่า อยู่ที่ 1.01 เปอร์เซ็นต์ แต่ทั้งนี้ การเผาไหม้ของเตาอั้งโล่ยังคงมีการปล่อยมลภาวะในรูปแบบของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในสัดส่วนที่สูงกว่าเตาชนิดอื่นๆ อยู่ที่ 1.85 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเตา Gasifier แบบ Updraft เป็น

เตาที่มีสัดส่วนของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่น้อยที่สุด อยู่ที่ 0.43 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณมีเทนอยู่ที่ 0.058 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากระบบการเผาไหม้ของเตาชนิดนี้จะเป็นการนำควันที่เกิดขึ้นมาเผาเพื่อให้ได้พลังงานความร้อนอีกครั้ง จึงทำให้ปริมาณมลภาวะที่จะออกสู่สิ่งแวดล้อมมีน้อยกว่าเตาชนิดอื่นๆ

4.5.3) เก็บข้อมูลและประเมินผลการใช้ชีวมวลท้องถิ่นมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน

1. การวัดระยะมอดดับของถ่าน

วิธีการวัดระยะมอดดับของถ่าน

ระยะการมอดดับของถ่าน คือ ช่วงเวลาที่ถ่านให้ความร้อนจนสิ้นสุด (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล และคณะ, 2553) การวัดปริมาณการวัดระยะมอดดับของถ่านแต่ละชนิดโดยการใช้เตาอั้งโล่ มีขั้นตอนในการทดสอบดังต่อไปนี้

1. เตรียมตัวอย่างถ่านที่จะทดสอบ โดยชั่งน้ำหนักถ่านแต่ละชนิดในปริมาณที่เท่ากัน (0.1 กิโลกรัม)
2. ติดสายสายวัดอุณหภูมิ (Thermo Couple) เข้ากับเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Data Logger) ติดไฟให้กับถ่านที่จะใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนให้กับถ่านตัวอย่างที่ทดสอบ ดังแสดงในรูปที่
3. นำตัวอย่างถ่านที่ทดสอบใส่ในเตา โดยควบคุมความเร็วของอากาศไว้ที่ 3.0 ± 0.5 เมตรต่อวินาที
4. บันทึก วิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำรายงาน

รูปที่ 22 การทดสอบระยะมอดดับของถ่าน

ผลวิเคราะห์ระยะมอดดับของถ่าน

การทดสอบวัดค่าระยะมอดดับของถ่าน มีถ่านที่ใช้ในการทดสอบนั้นมีทั้งหมด 23 ตัวอย่าง โดยทำการเปรียบเทียบในเชิงปริมาณของแป้งมันที่ส่งผลต่อระยะมอดของถ่านอัดแท่ง ซึ่งมีการเปรียบเทียบร่วมกับถ่านที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดร่วมด้วย ดังแสดงในตารางที่ 39 ทั้งนี้ ในการวิเคราะห์ได้แบ่งกรณีศึกษาของวัตถุดิบในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ออกเป็น 5 กรณี คือ กรณีที่ 1 ถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้กระถินดอยและแป้งมัน กรณีที่ 2 ถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ไผ่และแป้งมัน กรณีที่ 3 ถ่านอัดแท่งจากถ่านซังข้าวโพดและแป้งมัน กรณีที่ 4 ถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้กระถินดอย ถ่านซังข้าวโพดและแป้งมัน กรณีที่ 5 ถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ไผ่ ถ่านซังข้าวโพด และแป้งมัน และ กรณีที่ 6 การเปรียบเทียบถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้นกับถ่านที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด

ตารางที่ 39 ชนิดของตัวอย่างถ่านที่นำมาทดสอบระยะมอดดับของถ่าน

สูตรที่	ชนิดของถ่าน	อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก				ระยะเวลามอดดับ (นาที)			ค่าความร้อน (kcal/kg)
		ถ่านไม้กระถินดอย	ถ่านไม้ไผ่	ถ่านซังข้าวโพด	แป้งมัน				
1	ถ่านอัดแท่ง	5	-	-	0.25	125	134	109	4,865.55
2		5	-	-	0.5	208	213	200	6,195.71
3		5	-	-	1	143	149	133	4,040.34
4		-	5	-	0.25	215	224	199	6,213.30
5		-	5	-	0.5	210	204	224	6,165.25
6		-	5	-	1	206	201	218	5,384.44
7		-	5	-	1.5	205	203	211	6,214.83
8		-	-	5	0.25	128	129	128	5,733.54
9		-	-	5	0.5	210	222	188	6,170.13
10		-	-	5	1	158	168	140	5,109.27
11		-	-	5	1.5	191	203	169	5,994.56
12		3	-	7	1	134	139	126	5,697.33
13		4	-	6	1	140	143	136	5,630.37
14		5	-	5	1	214	224	196	4,332.88
15		6	-	4	1	165	174	149	4,841.35
16		7	-	3	1	156	149	172	10,053.67
17		-	3	7	1	194	187	210	5,940.52
18		-	4	6	1	198	205	186	6,182.56
19		-	5	5	1	170	189	134	7,635.91
20		-	6	4	1	165	174	149	8,599.62
21	ถ่านไม้ลำไย*	-				192	195	192	6,080.38
22	ถ่านอัดแท่งโครงการหลวงฯ*	-				200	208	187	-
23	ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว*	-				223	217	243	-

สูตรที่	ชนิดของถ่าน	อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก				ระยะเวลามอดดับ (นาที)			ค่าความร้อน (kcal/kg)
		ถ่านไม้กระถินดอย	ถ่านไม้ไผ่	ถ่านซังข้าวโพด	แป้งมัน				
24	ถ่านอัดแท่งจากร้านค้า*	-				190	195	190	-

หมายเหตุ : *ถ่านที่มีขายตามท้องตลาด ไม่ทราบอัตราส่วนที่ใช้ในการผลิต

ซึ่งข้อมูลดังกล่าว สามารถนำมาวิเคราะห์ทางสถิติได้โดยวิธี Completely Randomized Design (CRD) โดยใช้โปรแกรม SPSS ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 40

ตารางที่ 40 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระยะเวลามอดดับด้วยวิธี CRD

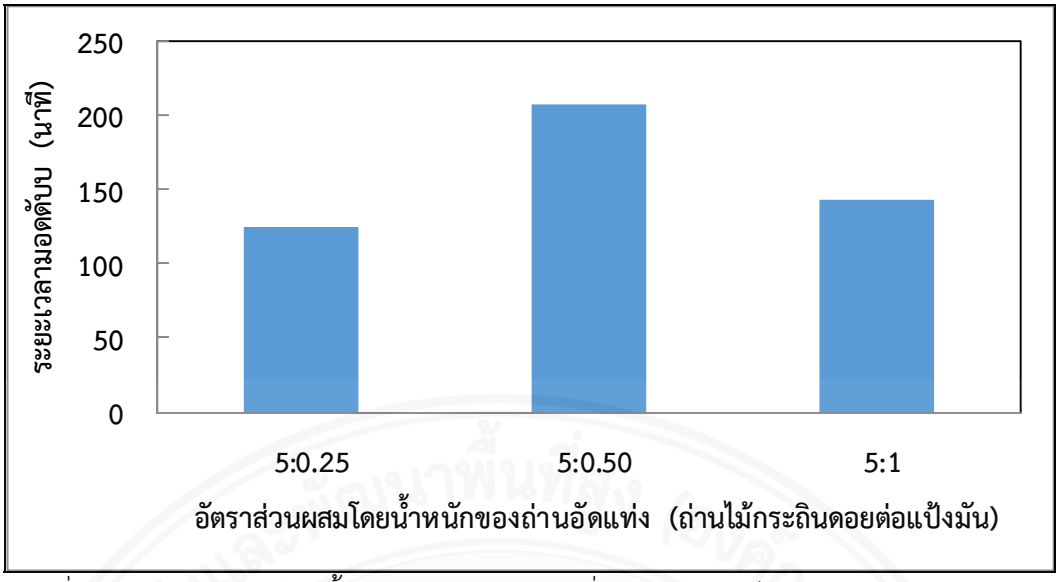
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	63136.653[a]	23	2745.072	118.920	.000
Intercept	2409378.347	1	2409378.347	1.044E5	.000
treatment	63136.653	23	2745.072	118.920	.000
Error	1108.000	48	23.083		
Total	2473623.000	72			
Corrected Total	64244.653	71			

หมายเหตุ : a. R Squared = .983 (Adjusted R Squared = .974)

ค่าจากตารางที่ 40 สามารถดูได้จากข้อมูลทั้ง 23 สูตรส่วนผสมของถ่านอัดแท่ง จากค่า sig 0.00<0.05 กล่าวคือ สูตรส่วนผสมแต่ละสูตรมีความแตกต่างกัน ให้ระยะเวลามอดดับต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เวลามอดไหม้กับส่วนผสมมีความสัมพันธ์กัน 98.3 เปอร์เซ็นต์

กรณีที่ 1 การเปรียบเทียบในกรณีถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากถ่านไม้กระถินดอยต่อแป้งมัน

กรณีของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของถ่านไม้กระถินดอยต่อแป้งมัน พบว่า ปริมาณแป้งมันที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ระยะมอดดับเพิ่มขึ้น โดยมีข้อสังเกตุว่า ที่อัตราส่วนผสมของถ่านไม้กระถินต่อแป้งมัน 5:0.5 พบว่า มีระยะมอดดับที่สูงที่สุด (208 นาที) จึงอาจสรุปได้ว่า อัตราส่วนผสมของถ่านไม้กระถินต่อแป้งมันที่เหมาะสม คือ 5:0.5 ทั้งนี้ ไม่สามารถทำการทดสอบในอัตราส่วนผสมของถ่านไม้กระถินต่อแป้งมัน 5:1.5 ได้ เนื่องจาก ข้อจำกัดทางด้านลักษณะทางกายภาพ (ความหนาแน่น) ของถ่านไม้กระถิน จึงไม่สามารถทำการอัดแท่งได้ ดังแสดงในรูปที่ 23 และตารางที่ 41



รูปที่ 23 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมถ่านไม้กระถินดอยต่อแป้งมัน

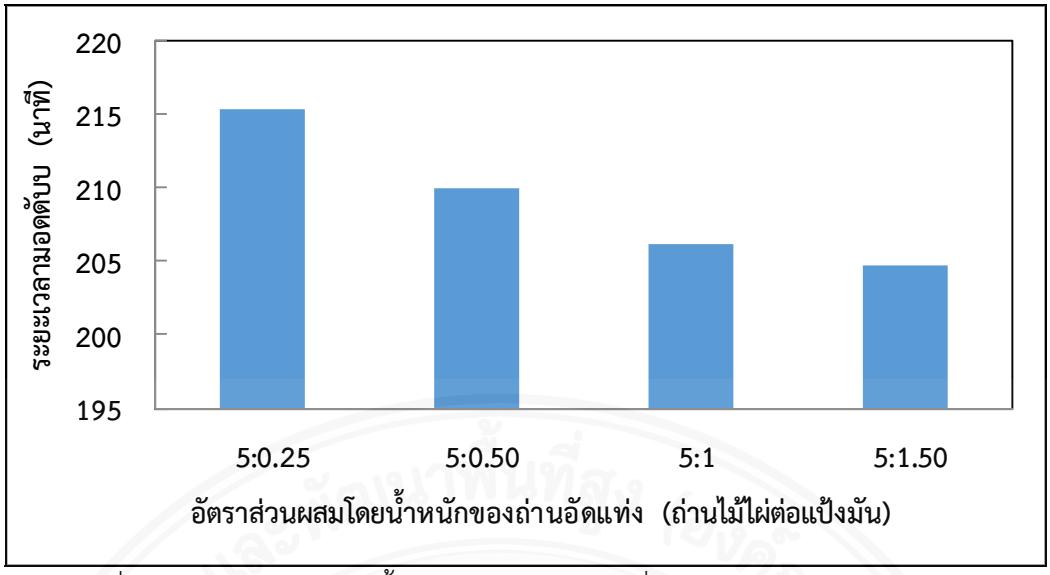
ตารางที่ 41 ระยะเวลามอดดับของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมถ่านไม้กระถินดอยต่อแป้งมัน

สูตรที่	อัตราส่วนวัตถุดิบโดยน้ำหนัก		ปริมาณของวัตถุดิบในถ่าน (เปอร์เซ็นต์)		ระยะเวลามอดดับ (นาที)
	ไม้กระถินดอย	แป้งมัน	ไม้กระถินดอย	แป้งมัน	
1	5	0.25	95.24	4.76	125c
2	5	0.5	90.91	9.09	208a
3	5	1	83.33	16.67	143b

จากค่า sig 0.00<0.05 นั่นคือ สูตรทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างกัน โดยมีระยะเวลามอดดับต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เห็นว่าทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างกันทั้งหมด

กรณีที่ 2 การเปรียบเทียบในกรณีถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากถ่านไม้ไผ่ต่อแป้งมัน

กรณีของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของถ่านไม้ไผ่ต่อแป้งมัน พบว่า ปริมาณแป้งมันที่มากขึ้นส่งผลให้ระยะเวลามอดดับมีแนวโน้มที่จะลดลง แต่ยังคงอยู่ในระดับที่สูงกว่า 200 นาที ดังแสดงในรูปที่ 24 และตารางที่ 42 ทั้งนี้ระยะเวลามอดดับของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของถ่านไม้ไผ่ต่อแป้งมันถือว่ามีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งที่ใช้ส่วนผสมของถ่านไม้กระถินดอยต่อแป้งมัน และถ่านซังข้าวโพดต่อแป้งมัน



รูปที่ 24 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมถ่านไม้ไผ่ต่อแป้งมัน

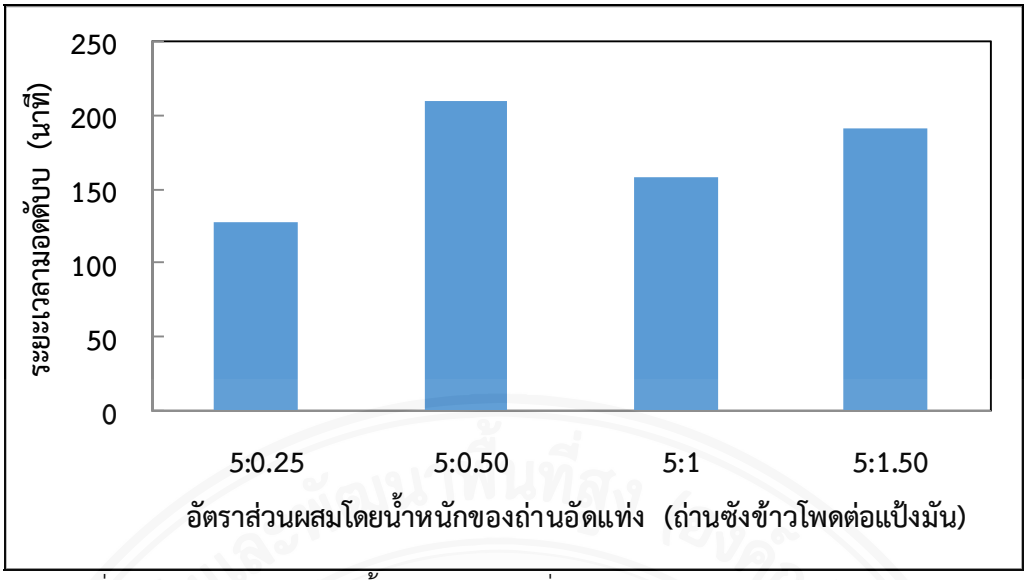
ตารางที่ 42 ระยะเวลามอดดับของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมถ่านไม้ไผ่ต่อแป้งมัน

สูตรที่	อัตราส่วนวัตถุดิบโดยน้ำหนัก		ปริมาณของวัตถุดิบในถ่าน (เปอร์เซ็นต์)		ระยะเวลามอดดับ (นาที)
	ถ่านไม้ไผ่	แป้งมัน	ถ่านไม้ไผ่	แป้งมัน	
1	5	0.25	95.24	4.76	215a
2	5	0.5	90.91	9.09	210b
3	5	1	83.33	16.67	206b
4	5	1.5	76.92	23.08	205b

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า สูตรที่ 1 มีความต่างจากสูตรที่ 2 3 4 ซึ่งมีค่ามอดดับทั้งสามสูตรไม่ต่างกัน

กรณีที่ 3 การเปรียบเทียบในกรณีถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากถ่านซังข้าวโพดและแป้งมัน

เมื่อทำการเปรียบเทียบในกรณีถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากถ่านซังข้าวโพดและแป้งมันในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ พบว่า ปริมาณของแป้งมันที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ระยะเวลามอดดับเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ ควรคำนึงถึงค่าใช้จ่ายของแป้งมันด้วย ดังแสดงในรูปที่ 25 และตารางที่ 43



รูปที่ 25 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของถ่านที่มีส่วนผสมของถ่านซังข้าวโพดต่อแป้งมัน

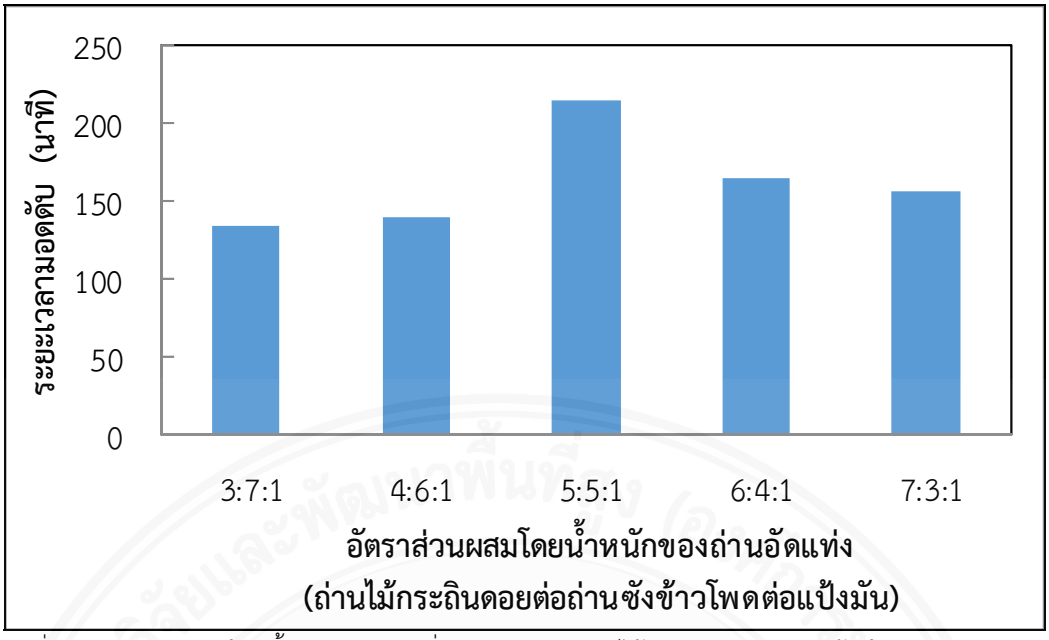
ตารางที่ 43 ระยะเวลามอดดับของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของถ่านซังข้าวโพดต่อแป้งมัน

สูตรที่	อัตราส่วนวัตถุดิบโดยน้ำหนัก		ปริมาณของวัตถุดิบในถ่าน (เปอร์เซ็นต์)		ระยะเวลามอดดับ (นาที)
	ถ่านซังข้าวโพด	แป้งมัน	ถ่านซังข้าวโพด	แป้งมัน	
1	5	0.25	95.24	4.76	128d
2	5	0.5	90.91	9.09	210a
3	5	1	83.33	16.67	158c
4	5	1.5	76.92	23.08	191b

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ เห็นได้ว่าถ่านอัดแท่งทั้ง 4 สูตรมีความแตกต่างกันทั้งหมด

กรณีที่ 4 การเปรียบเทียบในกรณีถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้กระถินดอย ถ่านซังข้าวโพดและแป้งมัน

เมื่อทำการเปรียบเทียบในกรณีถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากถ่านไม้กระถินดอย ถ่านซังข้าวโพดและแป้งมันในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ พบว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด คือ 5:5:1 ซึ่งให้ค่าระยะมอดดับที่สูงที่สุด คือ 214 นาที ดังแสดงในรูปที่ 26 และตารางที่ 44



รูปที่ 26 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของถ่านที่มีส่วนผสมของถ่านไม้กระถินดอย ถ่านซังข้าวโพด และแป้งมัน

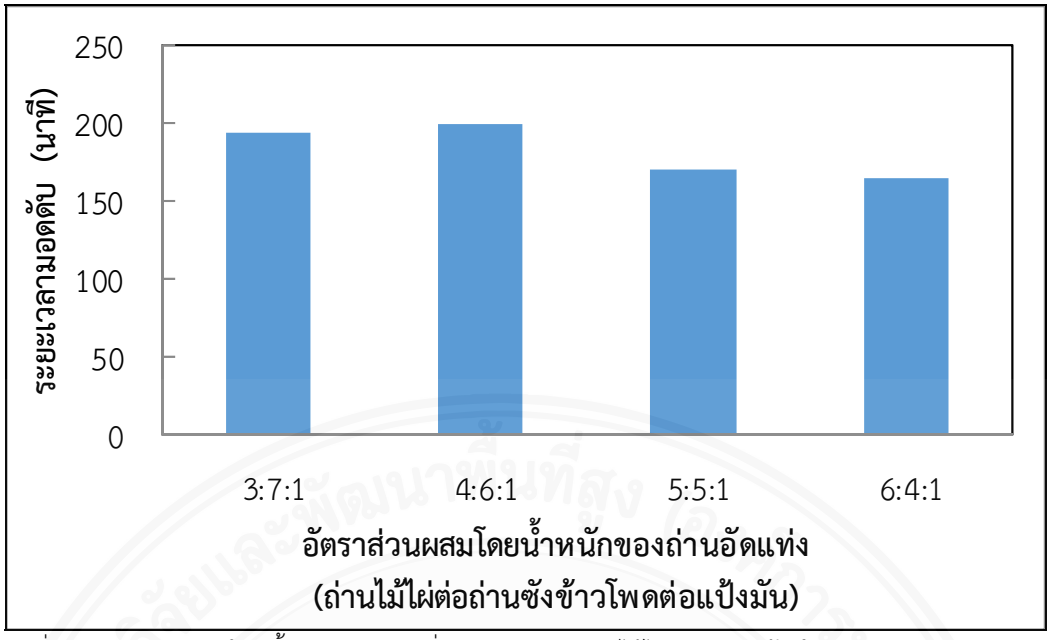
ตารางที่ 44 ระยะเวลามอดดับของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของถ่านไม้กระถินดอย ถ่านซังข้าวโพดและแป้งมัน

สูตรที่	อัตราส่วนวัตถุดิบโดยน้ำหนัก			ปริมาณของวัตถุดิบในถ่าน (เปอร์เซ็นต์)			ระยะเวลามอดดับ (นาที)
	ถ่านไม้กระถินดอย	ถ่านซังข้าวโพด	แป้งมัน	ถ่านไม้กระถินดอย	ถ่านซังข้าวโพด	แป้งมัน	
1	3	7	1	0.27	0.64	0.09	134a
2	4	6	1	0.36	0.36	0.09	140a
3	5	5	1	0.45	0.45	0.09	214b
4	6	4	1	0.54	0.54	0.09	165c
5	7	3	1	0.64	0.64	0.09	156d

จากตาราง จะเห็นว่า สูตรที่ 1 และ 2 ให้ระยะเวลามอดดับไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ส่วนสูตรอื่น ๆ มีค่ามอดดับแตกต่างกัน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

กรณีที่ 5 การเปรียบเทียบในกรณีถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากถ่านไม้ไผ่ ถ่านซังข้าวโพดและแป้งมัน

เมื่อทำการเปรียบเทียบในกรณีถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากถ่านไม้ไผ่ ถ่านซังข้าวโพดและแป้งมัน ในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ พบว่า อัตราส่วนผสมผสมที่เหมาะสมที่สุด คือ 4:6:1 ซึ่งให้ค่าระยะมอดดับที่สูงที่สุดคือ 198 นาที ดังแสดงในรูปที่ 27 และตารางที่ 45



รูปที่ 27 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของถ่านที่มีส่วนผสมของถ่านไม้ไผ่ต่อถ่านซังข้าวโพดต่อแป้งมัน

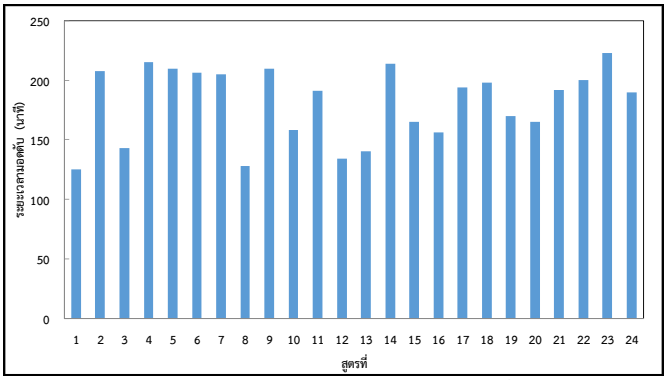
ตารางที่ 45 ระยะเวลามอดดับของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของถ่านไม้ไผ่ ถ่านซังข้าวโพดและแป้งมัน

สูตรที่	อัตราส่วนวัตถุดิบโดยน้ำหนัก			ปริมาณของวัตถุดิบในถ่าน (เปอร์เซ็นต์)			ระยะเวลามอดดับ (นาที)
	ถ่านไม้ไผ่	ถ่านซังข้าวโพด	แป้งมัน	ถ่านไม้ไผ่	ถ่านซังข้าวโพด	แป้งมัน	
1	3	7	1	0.27	0.64	0.09	194bc
2	4	6	1	0.36	0.36	0.09	198a
3	5	5	1	0.45	0.45	0.09	170bc
4	6	4	1	0.54	0.54	0.09	165d

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าสูตรที่ 1 กับสูตรที่ 3 ให้ระยะเวลามอดดับไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

กรณีที่ 6 การเปรียบเทียบถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้นกับถ่านที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด

จากผลการทดสอบระยะมอดดับของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของแป้งมัน กล่าวได้ว่าถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของถ่านไม้กระถินต่อซังข้าวโพดต่อแป้งมันในอัตราส่วน 5:5:1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด มีระยะเวลามอดดับที่ 214 นาที ทั้งนี้ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับถ่านที่มีขายทั่วไปตามท้องตลอด โดยถ่านที่นำมาเปรียบเทียบ คือ ถ่านไม้ลำไย ถ่านอัดแท่งโครงการหลวงฯ ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว และถ่านอัดแท่งจากร้านค้า พบว่า มีค่าระยะมอดดับที่ 192 200 223 และ 190 นาที ตามลำดับ สามารถสรุปได้ว่า ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวมีค่าระยะมอดดับที่นานกว่า ดังแสดงในรูปที่ 28 และตารางที่ 46



รูปที่ 28 ผลการทดสอบระยะมอดดับของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของแป้งมัน

ตารางที่ 46 อัตราส่วนวัตถุดิบโดยน้ำหนักที่ใช้ในการทำถ่านอัดแท่ง

สูตรที่	ชนิดของถ่าน	อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก				ระยะเวลามอดดับ (min)	ค่าความร้อน (kcal/kg)
		ถ่านไม้กระถินดอย	ถ่านไม้ไผ่	ถ่านซังข้าวโพด	แป้งมัน		
1	ถ่านอัดแท่ง	5	-	-	0.25	125	4,865.55
2		5	-	-	0.5	208	6,195.71
3		5	-	-	1	143	4,040.34
4		-	5	-	0.25	215	6,213.30
5		-	5	-	0.5	210	6,165.25
6		-	5	-	1	206	5,384.44
7		-	5	-	1.5	205	6,214.83
8		-	-	5	0.25	128	5,733.54
9		-	-	5	0.5	210	6,170.13
10		-	-	5	1	158	5,109.27
11		-	-	5	1.5	191	5,994.56
12		3	-	7	1	134	5,697.33
13		4	-	6	1	140	5,630.37
14		5	-	5	1	214	4,332.88
15		6	-	4	1	165	4,841.35
16		7	-	3	1	156	10,053.67
17		-	3	7	1	194	5,940.52
18		-	4	6	1	198	6,182.56
19		-	5	5	1	170	7,635.91
20		-	6	4	1	165	8,599.62
21	ถ่านไม้ลำไย*	-				192	6,080.38
22	ถ่านอัดแท่งโครงการหลวงฯ*	-				200	-
23	ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว*	-				223	-
24	ถ่านอัดแท่งจากร้านค้า*	-				190	-

หมายเหตุ : *ถ่านที่มีขายตามท้องตลาด ไม่ทราบอัตราส่วนที่ใช้ในการผลิต

2. การทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

จากการศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยมีส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ ไม้เนื้อแข็ง ประเภทไม้กระถินและไม้ไผ่ ที่ผสมกับซังข้าวโพดในส่วนประกอบต่างๆ โดยการทดสอบแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่

1. ค่าความร้อน (Heating value) ค่าความร้อนจะเป็นตัวชี้วัดถึงความสามารถในการให้ความร้อนของถ่าน
2. ปริมาณสารระเหย (Volatile matters) ถ่านอัดแท่งมีการผสมแป้งมันซึ่งเป็นสารอินทรีย์ชนิดมีน้ำเป็นตัวประสาน เมื่อแป้งมันได้รับความร้อนจะเกิดสารระเหยของน้ำในตัวแป้งบนพื้นผิด รวมทั้งคาร์บอนในตะกอนเปียกจะถูกเผาไหม้กลายเป็นก๊าซอย่างรวดเร็ว
3. ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ถ่านอัดแท่งมีคาร์บอนคงตัวและค่าความร้อนที่สูง จะเกิดการเผาไหม้จนกลายเป็นผลชาร์ ทำให้สามารถไล่ความชื้นและสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบได้มากขึ้น ซึ่งปริมาณคาร์บอนคงตัวจะได้พลังงานที่สูงขึ้นเมื่อมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น
4. ปริมาณเถ้า (Ash content) ปริมาณเถ้าจะเกิดจากการที่สารระเหยถูกกำจัดองค์ประกอบต่างๆในตะกอนเปียกยังคงเหลืออยู่ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเรื่องๆ ปริมาณเถ้าจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารไฮโดรตคาร์บอนในตะกอนเปียกจะเกิดปฏิกิริยาและเปลี่ยนไปเป็นขึ้นเถ้าในที่สุด สำหรับถ่านอัดแบบเย็นแม้จะมีคาร์บอนคงตัวสูงกว่า แต่เกิดขี้เถ้าที่น้อยเนื่องจากถ่านจะประกอบด้วยผลชาร์อนุภาคเล็กเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็วให้เป็นพลังงานความร้อนจึงเกิดเถ้าน้อย เถ้าที่เกิดขึ้นจึงเกิดจากตัวประสานที่ผสมลงไปมากกว่า
5. ปริมาณความชื้น (Moisture content) ความชื้นที่เกิดขึ้นจากการอัดถ่านเนื่องจากการผสมตัวประสาน ได้แก่ แป้งมัน ที่ต้องการให้อนุภาคของตะกอนแป้งมันยึดติดกันดีขึ้น จำเป็นต้องเติมน้ำลงไปในสัดส่วนทีเหมาะสมเพื่อให้รวมเป็นเนื้อเพียวกันและสามารถอัดแท่งได้ง่าย

วิธีการทดสอบทั้ง 5 ส่วน ได้ส่งทำการทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งใช้วิธีการทดสอบอ้างถึง WI-RES-TGA-001 และ “metal oxide correlation of dried biofuel leaves by thermogravimetry and elemental analysis” (Kumar, J.V., and Pratt, B.C.,American Laboratory, Feb, 2003) มีการใช้เครื่องมือทดสอบ คือ Thermogravimetric Analyzer, TGA7, Perkin Elmer,USA ที่ใช้เทคนิคในการทดสอบคือ Thermogravimetry โดยผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 47

ตารางที่ 47 ผลทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

ลำดับ	อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก				ค่าความร้อน (kcal/kg)	ผลทดสอบ (% by mass)				ระยะเวลาเวลามอดดับ (min)
	ถ่านไม้กระถินดอย	ถ่านไม้ไผ่	ถ่านซังข้าวโพด	แป้งมัน		ความชื้น	สารระเหย	คาร์บอนคงตัว	เถ้า	
1	7	-	3	1	10,053.67	5.31	19.69	69.67	5.35	156
2	-	6	4	1	8,599.62	9.14	21.04	64.73	5.09	165
3	5	-	-	0.5	6,195.71	4.92	28.85	60.76	5.47	208
4	-	5	-	1.5	6,214.83	8.22	25.58	58.29	7.92	205
5	-	-	5	0.5	6,170.13	7.26	22.02	66.38	4.35	210
6	-	5	-	0.25	6,213.30	11.15	27.76	56.04	5.05	215

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง ได้กำหนดไว้ว่า ถ่านอัดแท่ง ต้องมีค่าความร้อนสูงกว่า 5,000 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัม และ มีค่าความชื้นที่น้อยกว่าร้อยละ 7 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) เมื่อทำการส่งตัวอย่างถ่านไปทดสอบคุณสมบัติของถ่าน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 47 พบว่า เมื่อวิเคราะห์ในเชิงของค่าความร้อนที่ได้ ถ่านที่เหมาะสมสำหรับนำมาเป็นแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล คือ สูตรที่ 1 ที่ประกอบไปด้วยถ่านไม้กระถินดอย 7 ส่วน ถ่านซังข้าวโพด 3 ส่วน และแป้งมัน 1 ส่วน มีค่าความร้อน 10,053.67 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัม และมีค่าความชื้นอยู่ที่ 5.31เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานกำหนดไว้ สำหรับปริมาณคาร์บอนคงที่ เป็นปริมาณที่แสดงถึงการให้พลังงานของถ่านสูตรนั้นๆ พบว่า สูตรที่ 1 นี้มีปริมาณคาร์บอนคงที่ที่สูงที่สุด มากถึง 69.67เปอร์เซ็นต์ ส่วนสูตรอื่นๆ ที่มีความเหมาะสมรองลงมาได้แก่ สูตรที่ 3 ที่ประกอบด้วย ไม้กระถินดอย 5 ส่วน และแป้งมัน 0.5 ส่วน มีค่าความร้อนอยู่ที่ 6,195.71 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัม และมีค่าความชื้น 4.92เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน ทั้งนี้ หากพิจารณาในเชิงของระยะเวลามอดดับร่วมด้วยจะพบว่า ค่าความร้อนมีแนวโน้มจะมีค่าแปรผกผันกับระยะเวลามอดดับ กล่าวคือ ค่าความร้อนที่เพิ่มขึ้นกลับทำให้ระยะเวลามอดดับลดลง

4.6 การประเมินผลการนำชีวมวลท้องถิ่นมาผลิตเป็นพลังงาน

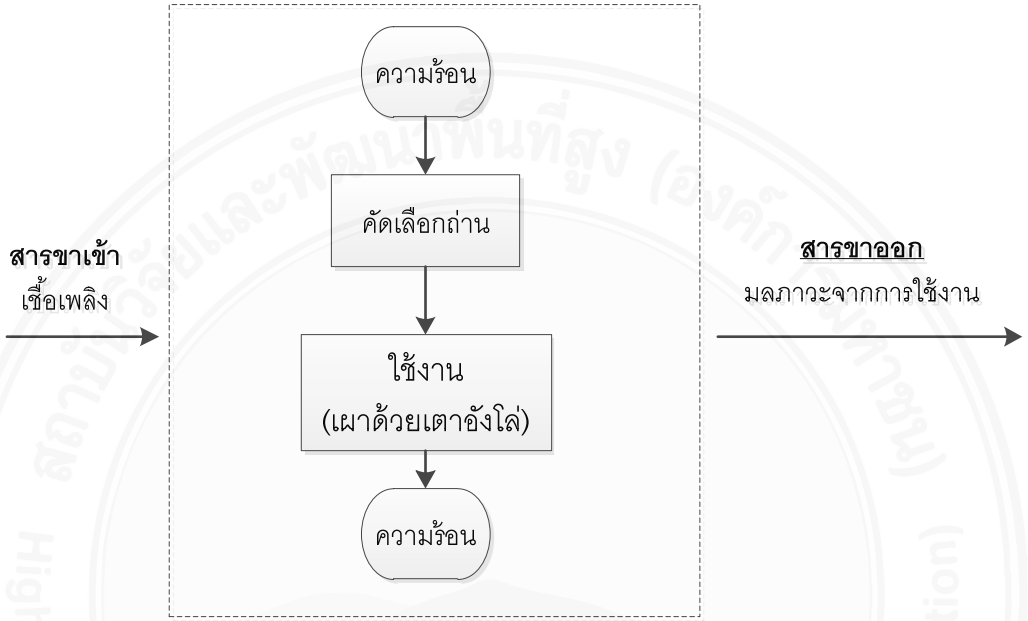
4.6.1) ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นที่เกิดจากการนำชีวมวลมาผลิตพลังงาน

การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล

การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล จะทำการประเมินตั้งแต่กระบวนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจนถึงการนำแท่งเชื้อเพลิงไปใช้งาน โดยจะทำการวัดปริมาณมลภาวะที่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยการศึกษาจะทำการแบ่งออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1: ใช้ไม้ดิบเผาโดยตรงด้วยเตาอั้งโล่ กรณีที่ 2: เผาไม้ให้เป็นถ่านและนำมาใช้งานด้วยเตาอั้งโล่ และกรณีที่ 3: เผาไม้ให้เป็นถ่าน แล้วผ่านกระบวนการอัดให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงและนำมาใช้งานด้วยเตาอั้งโล่ โดยรายละเอียดการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม มีดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1: การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในการใช้ไม้ดิบเผาโดยตรงด้วยเตาอั้งโล่

กรณีนี้จะเป็นการศึกษาถึงการนำไม้ดิบที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆ ไปใช้งานโดยตรงด้วยเตาอั้งโล่ ซึ่งปัจจุบัน ครัวเรือนในชุมชนส่วนใหญ่ จะมีการใช้วิธีนี้ในการหุงอาหาร หรือทำอาหารด้วยเตาอั้งโล่ หน่วยการทำงาน (Function Unit) คือ ปริมาณถ่าน 1 กิโลกรัม โดยของเขตของการศึกษาแสดงดังรูปที่



รูปที่ *29* ขอบเขตการพิจารณาการประเมินสิ่งแวดล้อมของกรณีที่ 1

ข้อมูลสำหรับการประเมินสิ่งแวดล้อมจะแบ่งการพิจารณาเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล และส่วนขั้นตอนการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล

ในกรณีที่ 1 นี้ เชื้อเพลิงชีวมวล คือ ไม้กระถินดอย ที่ผ่านกระบวนการตัดให้มีขนาดที่เหมาะสมและนำไปใช้งานได้ทันที ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องตัด หรือไฟฟ้าใดๆ จึงทำให้ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลไม่มีปริมาณสารขาเข้าและสารขาออก

2) ขั้นตอนการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน

เมื่อคัดเลือกไม้ที่จะนำมาใช้งานด้วยเตาอั้งโล่ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการใช้งานที่ดีกว่าสำหรับเชื้อเพลิงประเภทไม้และฟืน ดังนั้น ทำการใส่ไม้เข้าไป 1 กิโลกรัม สำหรับเป็นเชื้อเพลิงเมื่อทำการจุดไฟเผา สิ่งที่เกิดขึ้นคือมลภาวะจากการเผาไม้กระถินดอย

ในการหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการใช้งานเชื้อเพลิงชีวมวลในกรณีที่ 1 นี้ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่อ้างอิงข้อมูลตามรายงาน IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 ในเรื่องของการเผาไหม้ ในที่นี้ไม้ที่ใช้ในการศึกษา คือ ไม้กระถินดอย ที่มีค่าความร้อน 27.42×10^{-6} เทระจูลต่อกิโลกรัม การศึกษาครั้งนี้มีการใช้ไม้ทั้งหมด 1 กิโลกรัม จึงมีค่าความ

ร้อนอยู่ที่ 27.42 x 10^{-6} เทระจูล ดังนั้นผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงดังแสดงในตารางที่ 48

ตารางที่ 48 ปริมาณการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการใช้งานของกรณีที่ 1

ก๊าซที่เกิดขึ้น	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1 kg	หน่วย
ก๊าซ CO_2	3.071	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	8.226E-03	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	1.097E-04	kg N_2O/kg

เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซของทั้ง 2 กระบวนการ สามารถสรุปรายการที่ปล่อยก๊าซสำหรับกรณีที่ 1 ได้ดังตารางที่ 49

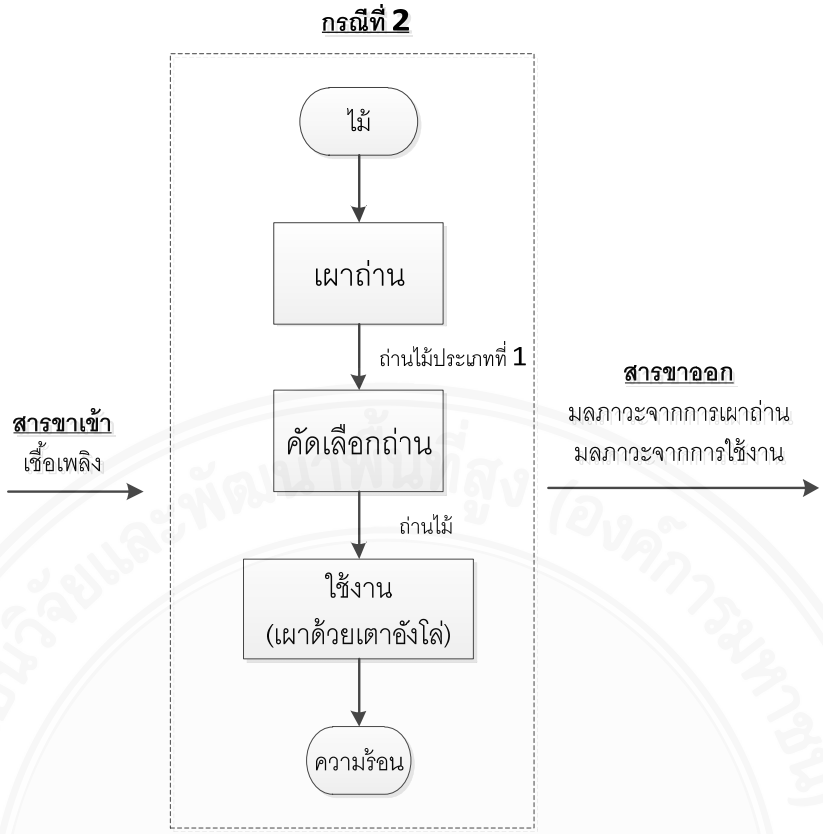
ตารางที่ 49 ปริมาณการปล่อยก๊าซของกรณีที่ 1

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณการใช้		ปริมาณการปล่อยก๊าซ	
		ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ	หน่วย
การผลิตเชื้อเพลิง	ไม่มี	-	-	-	-
การใช้งาน	มลภาวะจากการเผาด้วยเตาอั้งโล่	1	kg	3.071	kg CO_2/kg
				8.226E-03	kg CH_4/kg
				1.097E-04	kg N_2O/kg

จากปริมาณการปล่อยก๊าซของกรณีที่ 1 จะเห็นว่า ขั้นตอนการใช้งานมีการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุดถึง 3.071 kgCO_2/kg คิดเป็น 99.73% ของการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด เพราะมีการปล่อยก๊าซจากขั้นตอนการใช้งานเพียงขั้นตอนเดียว โดยปริมาณการปล่อยก๊าซทั้งหมดเกิดจากมลภาวะจากการเผาด้วยเตาอั้งโล่

กรณีที่ 2: การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในการเผาถ่านและใช้งานด้วยเตาอั้งโล่

กรณีนี้เป็นการศึกษาถึงการนำไม้ดิบมาผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน ด้วยเตาถ่าน 200 ลิตรแบบตั้ง จากนั้นคัดเลือกไม้ที่มีขนาดเหมาะสมไปใช้งานด้วยเตาอั้งโล่ หน่วยการทำงาน (Function Unit) คือ ปริมาณถ่าน 1 กิโลกรัม โดยขอบเขตของการศึกษาแสดงดังรูปที่ 30



รูปที่ 30 ขอบเขตการพิจารณาการประเมินสิ่งแวดล้อมของกรณีที่ 2

ข้อมูลสำหรับการประเมินสิ่งแวดล้อมจะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล และส่วนขั้นตอนการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน รายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล

กรณีที่ 2 เป็นขั้นตอนที่นำไม้กระถินดอย มาผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน โดยใช้เตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบตั้ง โดยไม้กระถินดอยจากการศึกษาเมื่อกิจกรรมที่แล้ว พบว่าสามารถเกิดถ่านไม้ประเภทที่ 1 หรือ ถ่านไม้ที่มีขนาดเหมาะสมสามารถใช้งานได้ทันที มีอัตราการเกิดถ่านอยู่ที่ 13.02 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น เพื่อให้ได้ถ่านไม้ 1 กิโลกรัม จำเป็นต้องใช้ไม้กระถินดอยทั้งหมด 7.68 กิโลกรัม ซึ่งในกระบวนการผลิตถ่านไม้ด้วยเตาเผาถ่านเกิดมลภาวะจากก๊าซเรือนกระจกอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไม้กระถินดอย 1 kg แสดงดังตารางที่ 50 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในการผลิตถ่านมีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 4.156E-03 kg N_2O/kg คิดเป็น 87.35% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

ตารางที่ 50 ปริมาณการปล่อยก๊าซขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลของกรณีที่ 2

ก๊าซที่เกิดขึ้น	สัดส่วนมลภาวะ (เปอร์เซ็นต์ ppm)	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1 kg	หน่วย	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 7.68 kg	หน่วย
ก๊าซ CO_2	9.16	74.52	mg CO_2/kg	5.723E-04	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	0.47	3.824	mg CH_4/kg	2.937E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	66.52	541.162	mg N_2O/kg	4.156E-03	kg N_2O/kg

2) ขั้นตอนการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน

สำหรับขั้นตอนการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งานจะเป็นการนำถ่านไม้ที่ผ่านกระบวนการเผาให้เป็นถ่านแล้วมาใช้งานด้วยเตาอั้งโล่ เนื่องจากไม้ที่ผ่านการเผาแล้วจะมีค่าความร้อนที่สูงกว่า จึงทำให้ความสามารถในการให้ความร้อนมีมากกว่า ซึ่งในกระบวนการใช้งานถ่านไม้จำนวน 1 กิโลกรัม ด้วยเตาอั้งโล่ เกิดมลภาวะจากก๊าซเรือนกระจกอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อถ่านไม้ 1 kg แสดงดังตารางที่ 51 ในการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งานมีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 5.799E-03 kgN_2O/kg คิดเป็น 92.68% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

ตารางที่ 51 ปริมาณการปล่อยก๊าซขั้นตอนการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งานของกรณีที่ 2

ก๊าซที่เกิดขึ้น	สัดส่วนมลภาวะ (เปอร์เซ็นต์ ppm)	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1 kg	หน่วย	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1 kg	หน่วย
ก๊าซ CO_2	4.2	385.35	mg CO_2/kg	3.854E-04	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	0.79	72.482	mg CH_4/kg	7.248E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	63.2	5,798.60	mg N_2O/kg	5.799E-03	kg N_2O/kg

เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซของทั้ง 2 กระบวนการ สามารถสรุปรายการที่ปล่อยก๊าซสำหรับกรณีที่ 2 ได้ดังตารางที่ 52

ตารางที่ 52 ปริมาณการปล่อยก๊าซของกรณีที่ 2

ขั้นตอน	รายการ	ปริมาณการใช้		ปริมาณการปล่อยก๊าซ	
		ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ	หน่วย
การผลิตเชื้อเพลิง	มลภาวะจากการเผาถ่าน	7.68	kg	5.723E-04	kg CO_2/kg
				2.937E-05	kg CH_4/kg
				4.156E-03	kg N_2O/kg
การใช้งาน	มลภาวะจากการเผาด้วยเตาอั้งโล่	1	kg	3.854E-04	kg CO_2/kg
				7.248E-05	kg CH_4/kg
				5.799E-03	kg N_2O/kg
รวมก๊าซที่เกิดขึ้น				9.577E-04	kg CO_2/kg
				1.019E-04	kg CH_4/kg
				9.955E-03	kg N_2O/kg

จากปริมาณการปล่อยก๊าซของกรณีที่ 2 จะเห็นว่า ขั้นตอนที่มีการปล่อยก๊าซมากที่สุด คือกระบวนการใช้งาน โดยมีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 9.955E-03 kgN_2O/kg คิดเป็น 90.38% ของการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด

กรณีที่ 3: การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในการเผาถ่าน อัดแท่งและใช้งานด้วยเตาอั้งโล่

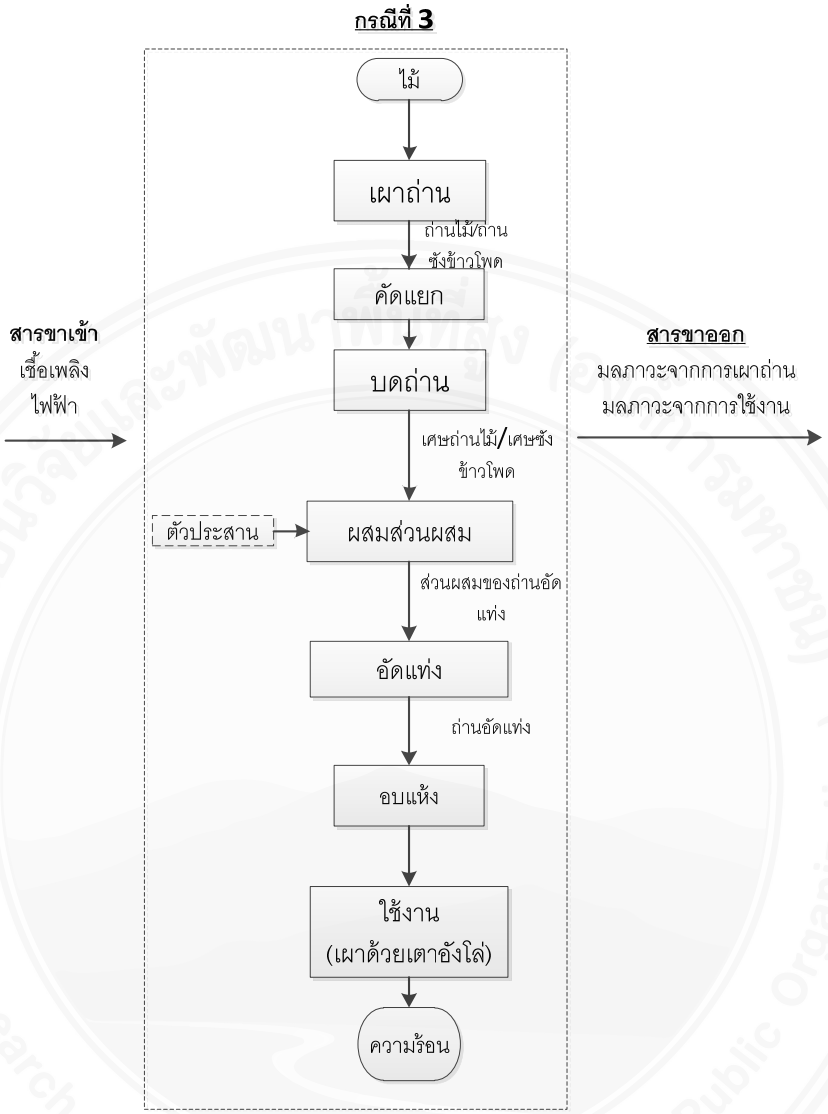
1) ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล

กรณีนี้เป็นการศึกษาถึงการนำไม้ดิบมาผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน ด้วยเตาถ่าน 200 ลิตรแบบตั้ง จากนั้นคัดเลือกถ่านไม้สำหรับนำมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยกระบวนการเริ่มจากเผาไม้กระถินดอย และซังข้าวโพดให้เป็นถ่าน จากนั้นนำถ่านไม้ทั้ง 2 ชนิดมาบดด้วยเครื่องบด หลังจากบดถ่านไม้ละเอียด จากนั้นนำถ่านไม้ไปผสมส่วนผสมกันโดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 สูตร ได้แก่ ถ่านไม้กระถินดอย 7 ส่วน ถ่านไม้ซังข้าวโพด 3 ส่วน และตัวประสาน1 ส่วน และถ่านไม้กระถินดอย 5 ส่วน ถ่านซังข้าวโพด 5 ส่วน และตัวประสาน 1 ส่วน โดยการศึกษาครั้งนี้มีการใช้ตัวประสานคือ แป้งมัน เมื่อผสมส่วนผสมได้เหมาะสมแล้วนำส่วนผสมเหล่านั้นไปอัดให้เป็นแท่งด้วยเครื่องอัด จากนั้นนำไปทำให้แห้งด้วยการอบ เมื่ออบให้แห้งและพร้อมใช้งานแล้ว นำถ่านอัดแท่งไปใช้งานด้วยเตาอั้งโล่ เพราะเป็นเตาที่สามารถใช้งานร่วมกับถ่านได้มีประสิทธิภาพที่สุด จุดติดง่ายและให้ความร้อนได้อย่างเต็มที่ หน่วยการทำงาน (Function Unit) ของการศึกษากรณีที่ 3 นี้ คือ ปริมาณถ่านอัดแท่ง 1 kg โดยขอบเขตการศึกษาแสดงรูปที่ 31

2) ขั้นตอนการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน

สำหรับการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน นำถ่านอัดแท่งสูตร 7:3:1 (ถ่านไม้กระถินดอย:ถ่านไม้ซังข้าวโพด:แป้งมัน) และถ่านอัดแท่งสูตร 5:5:1 (ถ่านไม้กระถินดอย:ถ่านไม้ซังข้าวโพด:แป้งมัน) มาใช้งานด้วยเตาอั้งโล่ ซึ่งในกระบวนการใช้งานถ่านอัดแท่งจำนวน 1 kg ด้วยเตาอังโล่เกิดมลภาวะจากก๊าซเรือนกระจกอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน

(CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อถ่านไม้ 1 kg แสดงดังตารางที่ 53



รูปที่ 31 ขอบเขตการพิจารณาการประเมินสิ่งแวดล้อมของกรณีที่ 3

ข้อมูลสำหรับการประเมินสิ่งแวดล้อมจะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล และส่วนขั้นตอนการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ถ่านอัดแท่งสูตร 7:3:1 (ถ่านไม้กระถินดอย:ถ่านไม้ซังข้าวโพด:แป้งมัน)

1) ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล

กรณีที่ 3 เป็นขั้นตอนที่นำไม้กระถินดอย และซังข้าวโพดมาผ่านกระบวนการเผาให้เป็นถ่าน โดยใช้เตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบตั้ง ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ไม้ที่สามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง ได้แก่ ไม้ประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 โดยพบว่า ไม้กระถินดอย มีอัตราการเกิดถ่านอยู่ที่ 16.04 เปอร์เซ็นต์ และซังข้าวโพด มีอัตราการเกิดถ่านอยู่ที่ 31.04 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น เพื่อให้ได้ถ่านอัดแท่ง 1 kg ต้องใช้ไม้กระถินดอย ปริมาณ 4.236 kg และซังข้าวโพด

ปริมาณ 0.938 kg ในกระบวนการเผาไม้ให้เป็นถ่านเกิดมลภาวะแสดงดังตารางที่ 53 54 และตารางที่ 55 ซึ่งพบว่ามีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 2.779E-03 kgN_2O/kg คิดเป็น 85.89% ของการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 53 ปริมาณการปล่อยก๊าซในการเผาไม้กระถินดอยของกรณีที่ 3 (7 ส่วน)

ก๊าซที่เกิดขึ้น	สัดส่วนมลภาวะ (เปอร์เซ็นต์ ppm)	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1 kg	หน่วย	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 4.24 kg	หน่วย
ก๊าซ CO_2	9.16	74.52	mg CO_2/kg	3.157E-04	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	0.47	3.824	mg CH_4/kg	1.620E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	66.52	541.162	mg N_2O/kg	2.292E-03	kg N_2O/kg

ตารางที่ 54 ปริมาณการปล่อยก๊าซในการเผาซังข้าวโพดของกรณีที่ 3 (3 ส่วน)

ก๊าซที่เกิดขึ้น	สัดส่วนมลภาวะ (เปอร์เซ็นต์ ppm)	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1 kg	หน่วย	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 0.94 kg	หน่วย
ก๊าซ CO_2	15.16	123.332	mg CO_2/kg	1.157E-04	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	1.14	9.274	mg CH_4/kg	8.701E-06	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	63.75	518.628	mg N_2O/kg	4.866E-04	kg N_2O/kg

ตารางที่ 55 ปริมาณการปล่อยก๊าซในขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลของกรณีที่ 3

ก๊าซที่เกิดขึ้น	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิด	หน่วย
ก๊าซ CO_2	4.314E-04	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	2.490E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	2.779E-03	kg N_2O/kg

2) ขั้นตอนการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน

สำหรับการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน นำถ่านอัดแท่งสูตร 7:3:1 (ถ่านไม้กระถินดอย: ถ่านไม้ซังข้าวโพด:แป้งมัน) มาใช้งานด้วยเตาอั้งโล่ ซึ่งในกระบวนการใช้งานถ่านอัดแท่งจำนวน 1 kg ด้วยเตาอังโล เกิดมลภาวะจากก๊าซเรือนกระจกอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อถ่านไม้ 1 kg ดังแสดงในตารางที่ 56 โดยขั้นตอนนี้มีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 5.908E-03 kgN_2O/kg คิดเป็น 92.68% ของการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 56 ปริมาณการปล่อยก๊าซขั้นตอนใช้งานเชื้อเพลิงชีวมวล

ก๊าซที่เกิดขึ้น	สัดส่วนมลภาวะ (เปอร์เซ็นต์ ppm)	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1 kg	หน่วย	ปริมาณก๊าซ	หน่วย
ก๊าซ CO_2	1.01	94.118	mg CO_2/kg	9.412E-05	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	0.35	32.615	mg CH_4/kg	3.262E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	63.4	5,908.02	mg N_2O/kg	5.908E-03	kg N_2O/kg

เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซของทั้ง 2 กระบวนการ สามารถสรุปรายการที่ปล่อยก๊าซสำหรับกรณีที่ 3 ได้ดังตารางที่ 57 โดยมีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 8.687E-03 kgN_2O/kg คิดเป็น 93.71% ของการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 57 ปริมาณการปล่อยก๊าซของถ่านอัดแท่งสูตร 7:3:1 (ถ่านไม้กระถินดอย:ถ่านไม้ซังข้าวโพด:แป้งมัน)

ก๊าซที่เกิดขึ้น	**ปริมาณก๊าซ**	**หน่วย**
ก๊าซ CO2	5.255E-04	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH4	5.751E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N2O	8.687E-03	kg N_2O/kg

2. ถ่านอัดแท่งสูตร 5:5:1 (ถ่านไม้กระถินดอย:ถ่านไม้ซังข้าวโพด:แป้งมัน)

1) ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล

ในทิศทางเดียวกัน สูตร 5:5:1 มีปริมาณการปล่อยก๊าซในขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงที่ใช้แนวคิดเดียวกัน สำหรับไม้กระถินดอยปริมาณ 3.026 กิโลกรัม และซังข้าวโพด 1.564 กิโลกรัม ในกระบวนการเผาไม้ให้เป็นถ่านเกิดมลภาวะแสดงดังตารางที่ 58 59 และตารางที่ 60 ซึ่งพบว่ามีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 2.448E-03 kgN_2O/kg คิดเป็น 84.64% ของการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 58 ปริมาณการปล่อยก๊าซในการเผาไม้กระถินดอยของกรณีที่ 3 (5 ส่วน)

ก๊าซที่เกิดขึ้น	สัดส่วนมลภาวะ (เปอร์เซ็นต์ ppm)	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1 kg	หน่วย	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 3.03 kg	หน่วย
ก๊าซ CO_2	9.16	74.52	mg CO_2/kg	2.255E-04	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	0.47	3.824	mg CH_4/kg	1.157E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	66.52	541.162	mg N_2O/kg	1.637E-03	kg N_2O/kg

ตารางที่ 59 ปริมาณการปล่อยก๊าซในการเผาซังข้าวโพดของกรณีที่ 3 (5 ส่วน)

ก๊าซที่เกิดขึ้น	สัดส่วนมลภาวะ (เปอร์เซ็นต์ ppm)	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1 kg	หน่วย	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1.56 kg	หน่วย
ก๊าซ CO_2	15.16	123.332	mg CO_2/kg	1.928E-04	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	1.14	9.274	mg CH_4/kg	1.450E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	63.75	518.628	mg N_2O/kg	8.109E-04	kg N_2O/kg

ตารางที่ 60 ปริมาณการปล่อยก๊าซในขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลของกรณีที่ 3

ก๊าซที่เกิดขึ้น	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิด	หน่วย
ก๊าซ CO_2	4.183E-04	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	2.610E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	2.448E-03	kg N_2O/kg

2) ขั้นตอนการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน

สำหรับการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน นำถ่านอัดแท่งสูตร 5:5:1 (ถ่านไม้กระถินดอย: ถ่านไม้ซังข้าวโพด:แป้งมัน) มาใช้งานด้วยเตาอั้งโล่ ซึ่งในกระบวนการใช้งานถ่านอัดแท่งจำนวน 1 kg ด้วยเตาอังโล่ เกิดมลภาวะจากก๊าซเรือนกระจกอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อถ่านไม้ 1 kg ดังแสดงในตารางที่ 61 โดยมีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 5.908E-03 kgN_2O/kg คิดเป็น 97.90% ของการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 61 ปริมาณการปล่อยก๊าซขั้นตอนใช้งานเชื้อเพลิงชีวมวล

ก๊าซที่เกิดขึ้น	สัดส่วนมลภาวะ (เปอร์เซ็นต์ ppm)	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1 kg	หน่วย	ปริมาณก๊าซ	หน่วย
ก๊าซ CO_2	1.01	94.118	mg CO_2/kg	9.412E-05	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	0.35	32.615	mg CH_4/kg	3.262E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	63.4	5,908.02	mg N_2O/kg	5.908E-03	kg N_2O/kg

เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซของทั้ง 2 กระบวนการ สามารถสรุปรายการที่ปล่อยก๊าซสำหรับกรณีที่ 3 ได้ดังตารางที่ 62 โดยมีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 8.356E-03 kgN_2O/kg คิดเป็น 93.60% ของการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 62 ปริมาณการปล่อยก๊าซของถ่านอัดแท่งสูตร 5:5:1 (ถ่านไม้กระถินดอย:ถ่านไม้ซังข้าวโพด:แป้งมัน)

ก๊าซที่เกิดขึ้น	ปริมาณก๊าซ	หน่วย
ก๊าซ CO2	5.124E-04	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH4	5.869E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N2O	8.356E-03	kg N_2O/kg

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมอีก 2 สูตร ของถ่านจากกระถินดอย และถ่านจากซังข้าวโพด ในอัตรา 10 ส่วน และมีตัวประสานแป้งมัน ในอัตรา 1 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3. ถ่านอัดแท่งสูตร 10: 1 (ถ่านไม้กระถินดอย: แป้งมัน)

1) ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล

สูตร 10:1 มีปริมาณการปล่อยก๊าซในขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงที่ใช้แนวคิดเดียวกัน สำหรับไม้กระถินดอยปริมาณ 6.05 กิโลกรัม ในกระบวนการเผาไม้ให้เป็นถ่านเกิดมลภาวะแสดงดังตารางที่ 63 ซึ่งพบว่า มีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 3.275E-03 kgN_2O/kg คิดเป็น 87.35% ของการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 63 ปริมาณการปล่อยก๊าซในการเผาไม้กระถินดอยของกรณีที่ 3 (10 ส่วน)

ก๊าซที่เกิดขึ้น	สัดส่วนมลภาวะ (เปอร์เซ็นต์ ppm)	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1 kg	หน่วย	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 6.05 kg	หน่วย
ก๊าซ CO_2	9.16	74.52	mg CO_2/kg	4.510E-04	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	0.47	3.824	mg CH_4/kg	2.314E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	66.52	541.162	mg N_2O/kg	3.275E-03	kg N_2O/kg

2) ขั้นตอนการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน

สำหรับการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน นำถ่านอัดแท่งสูตร 10:1 (ถ่านไม้กระถินดอย: แป้งมัน) มาใช้งานด้วยเตาอั้งโล่ โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อถ่านไม้ 1 kg ดังแสดงในตารางที่ 64 โดยมีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 5.908E-03 kgN_2O/kg คิดเป็น 97.90% ของการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 64 ปริมาณการปล่อยก๊าซขั้นตอนใช้งานเชื้อเพลิงชีวมวล

ก๊าซที่เกิดขึ้น	สัดส่วนมลภาวะ (เปอร์เซ็นต์ ppm)	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1 kg	หน่วย	ปริมาณก๊าซ	หน่วย
ก๊าซ CO_2	1.01	94.118	mg CO_2/kg	9.412E-05	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	0.35	32.615	mg CH_4/kg	3.262E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	63.4	5,908.02	mg N_2O/kg	5.908E-03	kg N_2O/kg

เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซของทั้ง 2 กระบวนการ สามารถสรุปรายการที่ปล่อยก๊าซสำหรับกรณีที่ 3 ได้ดังตารางที่ 65 โดยมีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 9.183E-03 kgN_2O/kg คิดเป็น 93.86% ของการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 65 ปริมาณการปล่อยก๊าซของถ่านอัดแท่งสูตร 10:1 (ถ่านไม้กระถินดอย:แป้งมัน)

ก๊าซที่เกิดขึ้น	**ปริมาณก๊าซ**	**หน่วย**
ก๊าซ CO2	5.451E-04	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH4	5.576E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N2O	9.183E-03	kg N_2O/kg

4. ถ่านอัดแท่งสูตร 10: 1 (ถ่านซังข้าวโพด: แป้งมัน)

1) ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล

สูตร 10:1 มีปริมาณการปล่อยก๊าซในขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงที่ใช้แนวคิดเดียวกันสำหรับไม้กระถินดอยปริมาณ 3.13 กิโลกรัม ในกระบวนการเผาไม่ให้เป็นถ่านเกิดมลภาวะแสดงดังตารางที่ 66 ซึ่งพบว่า มีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 1.692E-03 kgN_2O/kg คิดเป็น 87.35% ของการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 66 ปริมาณการปล่อยก๊าซในการเผาซังข้าวโพดของกรณีที่ 3 (10 ส่วน)

ก๊าซที่เกิดขึ้น	สัดส่วนมลภาวะ (เปอร์เซ็นต์ ppm)	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1 kg	หน่วย	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 6.05 kg	หน่วย
ก๊าซ CO_2	9.16	74.52	mg CO_2/kg	2.330E-04	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	0.47	3.824	mg CH_4/kg	1.196E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	66.52	541.162	mg N_2O/kg	1.692E-03	kg N_2O/kg

2) ขั้นตอนการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน

สำหรับการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน นำถ่านอัดแท่งสูตร 10:1 (ถ่านซังข้าวโพด:แป้งมัน) มาใช้งานด้วยเตาอั้งโล่ โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อถ่านซังข้าวโพด 1 kg ดังแสดงในตารางที่ 67 โดยมีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 5.908E-03 kgN_2O/kg คิดเป็น 97.90% ของการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 67 ปริมาณการปล่อยก๊าซขั้นตอนใช้งานเชื้อเพลิงชีวมวล

ก๊าซที่เกิดขึ้น	สัดส่วนมลภาวะ (เปอร์เซ็นต์ ppm)	ปริมาณก๊าซแต่ละชนิดต่อถ่าน 1 kg	หน่วย	ปริมาณก๊าซ	หน่วย
ก๊าซ CO_2	1.01	94.118	mg CO_2/kg	9.412E-05	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH_4	0.35	32.615	mg CH_4/kg	3.262E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N_2O	63.4	5,908.02	mg N_2O/kg	5.908E-03	kg N_2O/kg

เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซของทั้ง 2 กระบวนการ สามารถสรุปรายการที่ปล่อยก๊าซสำหรับกรณีที่ 3 ได้ดังตารางที่ 68 โดยมีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมามากที่สุดถึง 7.600E-03 kgN_2O/kg คิดเป็น 95.34% ของการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 68 ปริมาณการปล่อยก๊าซของถ่านอัดแท่งสูตร 10:1 (ถ่านซังข้าวโพด:แป้งมัน)

ก๊าซที่เกิดขึ้น	**ปริมาณก๊าซ**	**หน่วย**
ก๊าซ CO2	3.271E-04	kg CO_2/kg
ก๊าซ CH4	4.457E-05	kg CH_4/kg
ก๊าซ N2O	7.600E-03	kg N_2O/kg

จากปริมาณการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นของกรณีที่ 3 ของทั้ง 4 สูตร จะเห็นว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซจะมีทิศทางเดียวกัน โดยมีการปล่อยก๊าซในขั้นตอนการใช้งานมากที่สุด โดยคิดเป็นสัดส่วน 65.10 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมดสำหรับสูตร 7:3:1 และคิดเป็นสัดส่วน 67.60 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมดสำหรับสูตร 5:5:1 คิดเป็นสัดส่วน 61.68 เปอร์เซ็นต์ และ 75.70 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการปล่อยก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมดสำหรับสูตร ถ่านอัดแท่งของไม้กระถินดอย และถ่านอัดแท่งของซังข้าวโพด ตามลำดับ

การเปรียบเทียบปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมของทั้ง 3 กรณี โดยพบว่า ถ่าน 1 kg ในกรณีที่ 1 ซึ่งปัจจุบันชุมชนส่วนใหญ่มีการใช้ไม้สดมาทำเป็นเชื้อเพลิง มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 มากที่สุด อยู่ที่ 3.071 kgCO_2/kg ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับทางเลือกสำหรับการนำชีวมวลมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงในกรณีที่ 2 ที่มีการนำไม้มาเผาให้เป็นถ่านก่อนนำไปใช้งาน สำหรับถ่าน 1 kg พบว่า สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 คิดเป็น 99.97เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่ 3 สำหรับสูตร 7:3:1 และ สูตร 5:5:1 สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 คิดเป็น

99.98 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสูตร 10:1 จากไม้กระถินดอย สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 คิดเป็น 99.98 เปอร์เซ็นต์ และสูตร 10:1 จากซังข้าวโพด สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซการปล่อยก๊าซ CO_2 คิดเป็น คิดเป็น 99.99 เปอร์เซ็นต์

4.6.2) ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ (ต้นทุนการผลิต รายได้ ผลตอบแทน)

1. การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล

นอกจากการพิจารณาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นด้านการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลและการนำไปใช้งานที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว อีกปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่จะต้องทำการพิจารณา คือ ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งในการศึกษานี้จะทำการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ โดยอาศัยค่าดัชนี 3 ค่าด้วยกัน ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุนภายใน (Interest Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

ในการพิจารณาด้านเศรษฐศาสตร์ จะเป็นการศึกษาถึงความคุ้มค่าของการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ที่เปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในปัจจุบัน (กรณีที่ 1) ที่มีการนำไม้ภายในชุมชนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง โดยมีรายละเอียดการพิจารณาดังต่อไปนี้

การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ของกรณีที่ 2 เผาไม้ให้เป็นถ่านและนำมาใช้งานด้วยเตาอั้งโล่ โดยขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลมีเงินลงทุนเริ่มต้นจากการซื้อเตาเผาถ่านแนวตั้ง ที่มีกำลังการผลิตครั้งละ 50 kg ราคา 5,000 บาท อายุการใช้งาน 5 y (ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2556) มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ คือ แรงงานในการเผาไม้ปริมาณ 14,457 kg ให้เป็นถ่านทั้งหมดโดยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 145 วัน ค่าจ้างวันละ 300 บาท (กระทรวงแรงงาน, 2556) รายได้จากเชื้อเพลิงเกิดจากการนำไม้ที่เผาให้เป็นถ่านไปขายได้ในราคากิโลกรัมละ 9 บาท (ลานนาถ่านอัดแท่ง, 2556) มีค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ คิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่า และมูลค่าซากอีก 10 เปอร์เซ็นต์

การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ของกรณีที่ 3 เผาไม้ให้เป็นถ่านแล้วผ่านกระบวนการอัดให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงและนำมาใช้งานด้วยเตาอั้งโล่ โดยขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลมีเงินลงทุนเริ่มต้นจากการซื้อเตาถ่านแนวตั้งและเตาอั้งโล่เหมือนกับกรณีที่ 2 โดยจะใช้เตาเผาไม้ให้เป็นถ่านในปริมาณ 204,750 กิโลกรัมต่อปี เมื่อเตาเผาถ่านแนวตั้ง มีกำลังการผลิต 50 กิโลกรัมต่อวัน ราคา 5,000 บาท ดังนั้น จำเป็นต้องใช้เตาถ่าน จำนวน 16 เตา และจำนวนคนดูแล จำนวน 4 คน และในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง มีเงินลงทุนเริ่มต้นจากเครื่องบดถ่าน ที่มีราคา 35,000 บาท กำลังการผลิต 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีอายุการใช้งาน 5 ปี เครื่องอัดแท่ง ราคา 35,000 บาท กำลังการผลิต 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีอายุการใช้งาน 5 ปี เช่นกัน ซึ่งทั้ง 2 เครื่องนี้ คิดที่อัตราค่าไฟฟ้า 3.9361 บาทต่อกิโลวัตต์ (การไฟฟ้านครหลวง, 2554) สำหรับตัวประสาน คือ แป้งมัน มีราคาขายอยู่ที่ 14 บาทต่อกิโลกรัม (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2556) แรงงานในการเผาไม้ผลิตถ่านอัดแท่งปริมาณ 56,980 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 255 วัน ค่าจ้างวันละ 300 บาท (กระทรวงแรงงาน, 2556) จำนวน 6 คน เพื่อให้เพียงพอต่อการดำเนินงาน รายได้จากเชื้อเพลิงเกิดจากการนำถ่านอัดแท่งไปขายได้ในราคากิโลกรัมละ 10 บาท (ลานนาถ่านอัดแท่ง, 2556) มีค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ คิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่า และมูลค่าซากอีก 10 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 64

ตารางที่ 64 ประมาณการเงินลงทุนเริ่มต้น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและรายได้ของทั้ง 2 กรณี

รายจ่าย		รายรับ	
รายการ	มูลค่า (บาท)	รายการ	มูลค่า บาท)
กรณีที่ 2: เผาไม้ให้เป็นถ่านและนำมาใช้งานด้วยเตาอั้งโล่			
<u>เงินลงทุนเริ่มต้น</u>		<u>รายได้จากเชื้อเพลิง</u>	
- เตาเผาถ่านแนวตั้ง จำนวน 2 เตา	10,000	- ขายถ่านไม้ 5,298 kg/y ราคา	50,336
<u>ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน</u>		กิโลกรัมละ 9.5 บาท	
- ค่าแรงงาน จำนวน 1 คน วันละ	43,500	<u>มูลค่าซาก 10 เปอร์เซ็นต์</u>	1,000
300 บาท จำนวน 145 วัน			
- ค่าบำรุงรักษา 10 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี	1,000		
กรณีที่ 3: เผาไม้ให้เป็นถ่านแล้วผ่านกระบวนการอัดให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงและนำมาใช้งานด้วยเตาอั้งโล่			
<u>เงินลงทุนเริ่มต้น</u>		<u>รายได้จากเชื้อเพลิง</u>	
- เตาเผาถ่านแนวตั้ง จำนวน 16 เตา	80,000	- ขายถ่านอัดแท่ง 54,695 kg/y	546,950
ราคาเตาละ 5,000 บาท		ราคา กิโลกรัมละ 10 บาท	22,000
- เครื่องบดถ่าน จำนวน 2 เครื่อง	35,000	<u>มูลค่าซาก 10 เปอร์เซ็นต์</u>	
- เครื่องอัดถ่าน จำนวน 2 เครื่อง	35,000		
<u>ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน</u>			
- ค่าไฟฟ้า จำนวน 3,874.67 หน่วย	15,251.15		
- ค่าตัวประสาน (แป้งมัน) กก.ละ 14	70,672		
บาท จำนวน 5,048 kg/y			
- ค่าแรงงาน จำนวน 6 คน วันละ	382,500		
300 บาท จำนวน 255 วัน			
- ค่าบำรุงรักษา 10 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี	22,000		

ในการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ของทั้ง 3 กรณี จะเป็นการพิจาณาที่อายุโครงการ 20 y และมีอัตราดอกเบี้ยอยู่ที่ 12 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 65 ผลการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ของทั้ง 2 กรณี

รายการ	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
NPV (บาท)	2,842	142,211
IRR (เปอร์เซ็นต์)	17.94	33.92
PB (ปี)	3	2

จากตารางที่ 65 แสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเชื้อเพลิงชีวมวลทั้ง 2 กรณี ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้งานเชื้อเพลิงชีวมวลอยู่ในปัจจุบัน โดยพบว่า ทั้ง 2 กรณี มีความเป็นไปได้ที่จะนำเชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้ไปขาย เพื่อหารายได้เข้าสู่ชุมชน โดยพบว่า มูลค่า

ปัจจุบันสุทธิในกรณีที่นำไปผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง มีมูลค่าอยู่ที่ 142,211 บาท และมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนอยู่ที่ 33.92 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน 2 ปี สำหรับกรณีที่ 2 มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิอยู่ที่ 2,842 บาท และระยะเวลาคืนทุน 17.94 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน 3 ปี

2. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด

บ้านปางแดงใน

ปริมาณวัสดุเหลือใช้ (ซังข้าวโพด) 204,750 กิโลกรัมต่อปี

ศักยภาพการผลิตถ่านอัดแท่งได้ 102,350 กิโลกรัมต่อปี

2.1 **การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (cost of production)**

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย พิจารณาจากราคาเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตถ่านอัดแท่งและราคาต้นทุนผันแปรของการผลิตถ่านอัดแท่ง

ตารางที่ 66 แสดงรายการราคาต้นทุนคงที่ของเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด

รายการเครื่องมือและอุปกรณ์ถ่านอัดแท่ง	**ราคา (บาท)**
1. เครื่องบด จำนวน 1 เครื่อง	35,000
2. เครื่องอัดแบบเกลียว จำนวน 1 เครื่อง	35,000
3. เครื่องผสมถ่านกับวัสดุประสาน	25,000
4. เตาเผาซังข้าวโพด ขนาด 1.5x2x1 เมตร	5,000
รวม	**100,000**
5. ค่าเสื่อมราคา	**18,520**
6. ดอกเบี้ย (8%) อ้างอิงจากอัตราดอกเบี้ยของ ธกส.	**8,000**
รวมต้นทุนคงที่ทั้งหมด	**126,520**

การคำนวณค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร ใช้วิธี Straight – Line ในการคำนวณ

ค่าเสื่อมราคาต่อปี = (ราคาทุนของสินทรัพย์ – ราคาซาก) / อายุการใช้งาน

เครื่องจักร	**มูลค่าเครื่องจักร (บาท)**	**มูลค่าซาก (บาท)**	**มูลค่าเครื่องจักรหลังหักมูลค่าซาก (บาท)**	**อายุการใช้งาน (ปี)**	**ค่าเสื่อมราคาต่อปี (บาท)**
เครื่องบดถ่าน	35,000	800	34,200	5	6,840
เครื่องอัดถ่านแท่ง	35,000	800	34,200	5	6,840
เครื่องผสม	25,000	800	24,200	5	4,840
รวม					**18,520**

ตารางที่ 67 แสดงรายการราคาต้นทุนผันแปรของการผลิตถ่านอัดแท่ง

รายการวัสดุและแรงงาน	ราคา (บาท)	ต้นทุนรวม (บาท) (400kg/วัน)	ต้นทุนรวม/ปี (บาท)	หมายเหตุ
1. ซังข้าวโพด กิโลกรัมละ (รวมค่าขนส่ง)	1	1,600	409,600	ซังข้าวโพด 1,600 กิโลกรัม เมื่อเผาเป็นถ่านจะเหลือ 400-800 กิโลกรัม
2. แป้งมัน	10	40	102,400	
3. ค่าน้ำ หน่วยละ	-	-	-	
4. ค่าไฟ หน่วยละ	3.32	59.50	15,232	
5. ค่าแรงงาน วันละ	300	600	153,600	
6. ค่าบำรุงรักษา		-	3,000	
ราคาต้นทุนผันแปรรวม			**683,832**	

จากตารางที่ 66 และ 67 เมื่อนำมาคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วย โดยกำหนดกำลังการผลิต วันละ 400 กิโลกรัม/วัน ระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน เมื่อกำหนดให้ใน 1 ปี ทำงาน 256 วัน (ไม่นับวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์) และผลจากการทดลองนี้ใช้อัตราแป้งมันคงที่ คือ อัตราส่วนถ่าน 10 กิโลกรัม ใช้แป้งมัน 1 กิโลกรัม และน้ำอยู่ประมาณ 1 ลิตร ตามความเหมาะสมกับความชื้นของถ่าน

ดังนั้นจึงสามารถคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของถ่านอัดแท่งได้ ซึ่งคำนวณมาจาก

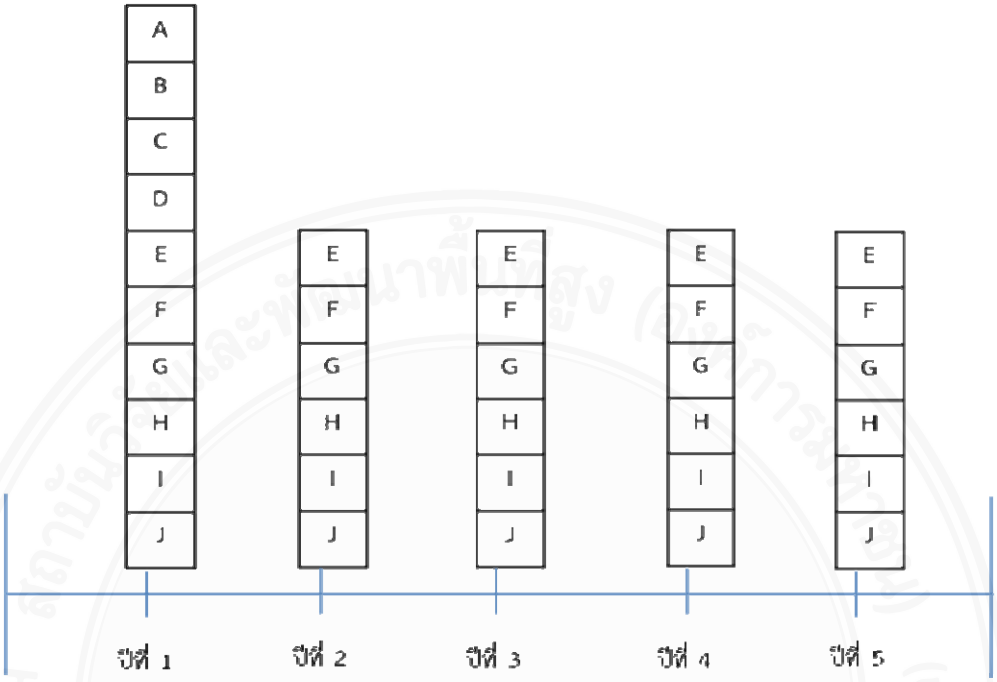
1. ราคาต้นทุนวัตถุดิบถ่านซังข้าวโพด กิโลกรัมละ 4 บาท ใช้ 400 กิโลกรัม/วัน เท่ากับ 1,600 บาท/วัน
2. ราคาแป้งมันสำปะหลัง กิโลกรัมละ 10 บาท ใช้ 40 กิโลกรัม/วัน เท่ากับ 400 บาท/วัน
3. ค่าไฟฟ้า เมื่อคำนวณจากเครื่องมือและอุปกรณ์ถ่านอัดแท่ง ใช้ที่ 3 แรงม้า เท่ากับ 2.24 กิโลวัตต์/ชั่วโมง ใช้วันละ 8 ชั่วโมง เท่ากับ 17.92 หน่วย ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.32 บาท ดังนั้นจะเสียค่าไฟฟ้าในการผลิตวันละ 59.50 บาท หรือชั่วโมงละ 7.44 บาท
4. ค่าแรงงานวันละ 300 บาท ใช้แรงงาน 2 คน/วัน เท่ากับ 600 บาท/วัน
5. ค่าบำรุงรักษา/ซ่อมแซมอุปกรณ์และเครื่องมือ ปีละ 3,000 บาท

2.2 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (economic benefit)

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด ผู้วิจัยได้กำหนดระยะเวลาในการวิเคราะห์ตามอายุที่สามารถใช้งานเครื่องมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่ระยะเวลา 5 ปี หรือ 256 วัน/ปี หรือเท่ากับระยะเวลาการใช้งาน 1,280 วัน ซึ่งสามารถผลิต

ถ่านอัดแท่งได้ 102,400 กิโลกรัมต่อปี และศักยภาพของซังข้าวโพดในพื้นที่ ที่สามารถนำมาผลิตถ่านอัดแท่งได้ 102,350 กิโลกรัมต่อปี

ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (economic benefit)



รูปที่ 33 แสดงภาพลักษณ์การลงทุนรายปีของการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านซังข้าวโพด

หมายเหตุ

A หมายถึง เครื่องบด จำนวน 1 เครื่อง เครื่องละ 35,000 บาท
B หมายถึง เครื่องอัด จำนวน 1 เครื่อง เครื่องละ 35,000 บาท
C หมายถึง เครื่องผสม จำนวน 1 เครื่อง เครื่องละ 25,000 บาท
D หมายถึง เตาเผาซังข้าวโพด จำนวน 1 เตา เครื่องละ 5,000 บาท
E หมายถึง ถ่านซังข้าวโพด กิโลกรัมละ 4 บาท (ในกรณีมีค่าใช้จ่าย)
F หมายถึง แป้งมันสำปะหลัง กิโลกรัมละ 10 บาท
G หมายถึง แรงงาน วันละ 2 คน คนละ 300 บาท
H หมายถึง ค่าไฟ หน่วยละ 3.32 บาท
I หมายถึง ค่าน้ำ หน่วยละ 5 บาท (ในกรณี มีค่าใช้จ่าย)
J หมายถึง ค่าบำรุงรักษา ปีละ 3,000 บาท

จากการศึกษาพบว่า แบ่งเป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1 คิดต้นทุนซังข้าวโพด การทำถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดมีต้นทุนการผลิต 7.91 บาท โดยแบ่งเป็นต้นทุนที่เป็นเงินสด 7.65 บาท/กิโลกรัม (ร้อยละ 96.73) และต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสด 0.26 บาท/กิโลกรัม (ร้อยละ 3.27) ทั้งนี้ต้นทุนส่วนใหญ่เป็นต้นทุนที่เป็นเงินสด เมื่อจำแนกตามประเภทของต้นทุนพบว่า ต้นทุนผันแปรคิดเป็นร้อยละ 84.39 ของต้นทุนทั้งหมด โดยร้อยละ 50.55 ของต้นทุนผันแปรมาจาก ต้นทุนค่าซังข้าวโพด ดังแสดงในตารางที่ 68

กรณีที่ 2 ไม่คิดต้นทุนซังข้าวโพด การทำถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดมีต้นทุนการผลิต 3.91 บาท โดยแบ่งเป็นต้นทุนที่เป็นเงินสด 3.65 บาท/กิโลกรัม (ร้อยละ 93.38) และต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสด 0.26 บาท/กิโลกรัม (ร้อยละ 6.62) ทั้งนี้ต้นทุนส่วนใหญ่เป็นต้นทุนที่เป็นเงินสด เมื่อจำแนกตามประเภทของต้นทุนพบว่า ต้นทุนผันแปรคิดเป็นร้อยละ 68.43 ของต้นทุนทั้งหมด โดยร้อยละ 38.33 ของต้นทุนผันแปรมาจาก ต้นทุนค่าแรงงาน ดังแสดงในตารางที่ 69

ตารางที่ 68 แสดงต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด กรณีมีต้นทุนค่าซังข้าวโพด

รายการ	เงินสด	ไม่เป็นเงินสด	รวม	ร้อยละ
ต้นทุนคงที่				
1. ค่าอุปกรณ์				
1.1 เครื่องบด จำนวน 1 เครื่อง	35,000	-	35,000	4.32
1.2 เครื่องอัดแบบเกลียว จำนวน 1 เครื่อง	35,000	-	35,000	4.32
1.3 เครื่องผสมถ่านกับวัสดุประสาน	25,000	-	25,000	3.09
1.4 เตาเผาซังข้าวโพด ขนาด 1.5x2x1 เมตร	5,000	-	5,000	0.62
2. ค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์	-	18,520	18,520	2.29
3. ดอกเบี้ย (8%)	-	8,000	8,000	0.99
รวม	**100,000**	**26,520**	**126,520**	**15.61**
ต้นทุนผันแปร				
1. ค่าแรงงาน	153,600	-	153,600	18.95
2. ค่าวัตถุดิบ				
2.1 ค่าซังข้าวโพด	409,600	-	409,600	50.55
2.2 ค่าแป้งมันสำปะหลัง	102,400	-	102,400	12.64
3. ค่าไฟ	15,232	-	15,232	1.88
4. ค่าซ่อมแซม/บำรุงรักษาอุปกรณ์	3,000	-	3,000	0.37
รวม	**683,832**	**0**	**683,832**	**84.39**
รวมต้นทุนทั้งหมด	**783,832**	**26,520**	**810,352**	**100.00**
รวมต้นทุนเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)	**7.65**	**0.26**	**7.91**	
ร้อยละของต้นทุน	**96.73**	**3.27**	**100.00**	

ที่มา : จากการเก็บข้อมูล

ตารางที่ 69 แสดงต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด กรณีไม่มีต้นทุนค่าซังข้าวโพด

รายการ	เงินสด	ไม่เป็นเงินสด	รวม	ร้อยละ
ต้นทุนคงที่				
1. ค่าอุปกรณ์				
1.1 เครื่องบด จำนวน 1 เครื่อง	35,000	-	35,000	8.73
1.2 เครื่องอัดแบบเกลียว จำนวน 1 เครื่อง	35,000	-	35,000	8.73
1.3 เครื่องผสมถ่านกับวัสดุประสาน	25,000	-	25,000	6.24
1.4 เตาเผาซังข้าวโพด ขนาด 1.5x2x1 เมตร	5,000	-	5,000	1.25
2. ค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์	-	18,520	18,520	4.62
3. ดอกเบี้ย (8%)	-	8,000	8,000	2.00
รวม	**100,000**	**26,520**	**126,520**	31.57
ต้นทุนผันแปร				
1. ค่าแรงงาน	153,600	-	153,600	38.33
2. ค่าวัตถุดิบ				
2.1 ค่าซังข้าวโพด	-	-	-	-
2.2 ค่าแป้งมันสำปะหลัง	102,400	-	102,400	25.55
3. ค่าไฟ	15,232	-	15,232	3.80
4. ค่าซ่อมแซม/บำรุงรักษาอุปกรณ์	3,000	-	3,000	0.75
รวม	**274,232**	**0**	**274,232**	68.43
รวมต้นทุนทั้งหมด	**374,232**	**26,520**	**400,752**	100.00
รวมต้นทุนเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)	**3.65**	**0.26**	**3.91**	
ร้อยละของต้นทุน	**93.38**	**6.62**	**100.00**	

ที่มา : จากการเก็บข้อมูล

ตารางที่ 70 การประเมินการกำหนดราคาขายสำหรับถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด

ถ่านอัดแท่ง	ค่าความร้อน (kcal/kg)	ระยะเวลาการดับมอด (นาที)	ราคาถ่านอัดแท่ง[1] (บาท/กิโลกรัม)	ปริมาณสินค้า (กก./ปี)	รายรับ (บาท/ปี)	รายรับ[2] (บาท/5 ปี)
ซังข้าวโพด	6,170.13	210	10	102,400	1,024,000	5,120,000

หมายเหตุ

[1]การกำหนดราคาขายเบื้องต้นเริ่มจากพิจารณาเปรียบเทียบที่ราคาถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ ให้ค่าความร้อน 7,159.6 kcal/kg ราคาที่ 14 บาท/กิโลกรัม เป็นราคามาตรฐาน (จากการสอบถามและสำรวจตลาด)

[2]การคำนวณรายรับเมื่อเปรียบเทียบที่ราคาถ่านอัดแท่ง[1] ที่ระยะเวลา 5 ปี หรือ 256 วัน/ปี หรือเท่ากับระยะเวลาการใช้งาน 1,280 วัน ที่กำลังการผลิต 400 กิโลกรัมต่อวัน เป็นระยะเวลาเครื่องมือมีประสิทธิภาพในการผลิต

ตารางที่ 71 ศักยภาพการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด

ถ่านอัดแท่ง	ศักยภาพการผลิตถ่านอัดแท่ง (กิโลกรัม/ปี)	ราคาถ่านอัดแท่ง[1] (บาท/กิโลกรัม)	รายรับ (บาท/ปี)	รายรับ[2] (บาท/5 ปี)
ซังข้าวโพด	102,350	10	1,023,500	5,117,500

หมายเหตุ

ปริมาณวัสดุเหลือใช้ (ซังข้าวโพด) 204,750 กิโลกรัมต่อปี

ศักยภาพการผลิตถ่านอัดแท่งได้ 102,350 กิโลกรัมต่อปี

2.3 **การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PP)** หมายถึง ระยะเวลาที่กระแสเงินสดรับสุทธิจากการลงทุนมีจำนวนเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการ การคำนวณระยะเวลาคืนทุน จำแนกเป็น 2 กรณี คือ

1) กรณีที่ 1 กระแสเงินสดรับสุทธิมีจำนวนเท่ากันทุกปีใช้สูตร

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินสดจ่ายเงินลงทุนสุทธิเมื่อเริ่มโครงการ}}{\text{เงินสดรับสุทธิรายปี}}$$

2) กรณีที่ 2 กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีมีจำนวนแตกต่างกันการคำนวณระยะเวลาคืนทุนทำได้โดยรวบรวมจำนวนเงินสดสุทธิในแต่ละปี สะสมไปจนกระทั่งมีจำนวนเท่ากับเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิเมื่อเริ่มโครงการ

ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด ผู้วิจัยได้กำหนดระยะเวลาในการวิเคราะห์ตามอายุที่สามารถใช้งานเครื่องมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่ระยะเวลา 5 ปี หรือ 256 วัน/ปี หรือเท่ากับระยะเวลาการใช้งาน 1,280 วัน และศักยภาพของซังข้าวโพดในพื้นที่ ที่สามารถนำมาผลิตถ่านอัดแท่งได้ 102,350 กิโลกรัมต่อปี

ผลการศึกษาพบว่า ในกรณีที่เกษตรกรลงทุนผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด โดยมีต้นทุนค่าซังข้าวโพด เกษตรกรจะมีรายได้ตลอดโครงการ (รวมรายได้จากการขายซากอุปกรณ์) เท่ากับ 5,117,500 บาท และมีรายจ่ายตลอดโครงการ 4,362,117 บาท หรือมีกำไร 755,383 บาท ตลอดโครงการ และจะคุ้มทุนในปีที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 72

และในกรณีที่เกษตรกรลงทุนผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด โดยไม่มีต้นทุนค่าซังข้าวโพด เกษตรกรจะมีรายได้ตลอดโครงการ (รวมรายได้จากการขายซากอุปกรณ์) เท่ากับ 5,117,500 บาท และมีรายจ่ายตลอดโครงการ 1,904,527 บาท หรือมีกำไร 3,212,973 บาท ตลอดโครงการ และจะคุ้มทุนในปีที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 73

ตารางที่ 72 การประเมินระยะเวลาคืนทุนของการทำถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดของเกษตรกรในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงปางแดงใน ในกรณีมีรายจ่ายค่าซังข้าวโพด

ปีที่	ค่าใช้จ่าย	รายจ่าย	รายได้	รายได้สะสม
0	810,352	810,352	0	0
1	710,353	1,520,705	1,023,500	1,023,500
2	710,353	2,231,058	1,023,500	2,047,000
3	710,353	2,941,411	1,023,500	3,070,500
4	710,353	3,651,764	1,023,500	4,094,000
5	710,353	4,362,117	1,023,500	5,117,500
	4,362,117		5,117,500	

ที่มา : จากการคำนวณ

ตารางที่ 73 การประเมินระยะเวลาคืนทุนของการทำถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดของเกษตรกรในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงปางแดงใน ในกรณีไม่มีรายจ่ายค่าซังข้าวโพด

ปีที่	ค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่ายสะสม	รายได้	รายได้สะสม
0	400,752	400,752	0	0
1	300,753	701,505	1,023,500	1,023,500
2	300,754	1,002,259	1,023,500	2,047,000
3	300,755	1,303,014	1,023,500	3,070,500
4	300,756	1,603,770	1,023,500	4,094,000
5	300,757	1,904,527	1,023,500	5,117,500
	1,904,527		5,117,500	

ที่มา : จากการคำนวณ

4.7 พัฒนาต้นแบบการเรียนรู้การผลิต แปรรูปและใช้พลังงานทดแทนจากชีวมวลท้องถิ่น

4.7.1) ถ่ายทอดองค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีการผลิตพลังงานทดแทนจากชีวมวลท้องถิ่นให้กับหมู่บ้าน/ชุมชนที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงาน เพื่อให้ชุมชนสามารถนำองค์ความรู้ไปผลิตและใช้พลังงานในพื้นที่

1. โครงการขยายผลโครงการหลวงโหล่งขอด อ.พร้าว จ.เชียงใหม่

ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตพลังงานทดแทนจากทรัพยากรชีวมวลท้องถิ่น ที่บ้านแม่สายนาเลา โดยมีการสาธิตและฝึกปฏิบัติการผลิตน้ำมันจากมะเยาหิน โดยใช้เครื่องหีบน้ำมันแบบไฮดรอลิคและแบบสกรูอัด และนำน้ำมันมาทำไบโอดีเซล โดยใช้ถังกวนสำหรับผลิต และการใช้ประโยชน์จากน้ำมันและเศษเหลือทิ้งจากการหีบมาทำถ่านอัดแท่ง มีชาวบ้านและเจ้าหน้าที่เข้าร่วม จำนวน 22 คน

รูปที่ 34-39 การสาธิตการหีบน้ำมัน การทำไบโอดีเซลและการทำถ่านอัดแท่ง

2. โครงการขยายผลโครงการหลวงปางแดงใน อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่

ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตพลังงานทดแทนจากทรัพยากรชีวมวลท้องถิ่น ที่โครงการขยายผลโครงการหลวงปางแดงใน โดยมีการสาธิตและฝึกปฏิบัติการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด และการเผาถ่านโดยใช้เตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบตั้ง โดยมีชาวบ้านและเจ้าหน้าที่เข้าร่วม จำนวน 27 คน

รูปที่ 40-47 การสาธิตเตาเผาถ่าน 200 ลิตรและการทำถ่านอัดแท่ง

3. โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ อ.สันติสุข จ.น่าน

ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตพลังงานทดแทนจากทรัพยากรชีวมวลท้องถิ่น ที่โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ โดยมีการสาธิตและฝึกปฏิบัติการการเผาถ่านโดยใช้เตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบตั้งและนอน โดยมีชาวบ้านและเจ้าหน้าที่เข้าร่วม จำนวน 21 คน

รูปที่ 41-50 การสาธิตเตาเผาถ่าน 200 ลิตร

4.7.2) ปรับปรุงหรือจัดหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตพลังงานทดแทนจากชีวมวลที่มีในท้องถิ่น

จัดหาอุปกรณ์เทคโนโลยีพลังงานทดแทน ได้แก่ เตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบนอน จำนวน 4 เตา เตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบตั้ง จำนวน 2 เตา และอาคารเพื่อการผลิตพลังงาน ให้แก่ โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ จัดหาอุปกรณ์เทคโนโลยีพลังงานทดแทน ได้แก่ เตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบตั้งและเตาเผาซังข้าวโพด จำนวนละ 1 เตา เครื่องบดถ่าน เครื่องผสมถ่านและเครื่องอัดถ่านแท่ง จำนวนเครื่องละ 1 เครื่อง ให้แก่โครงการขยายผลโครงการหลวงโหล่งขอด และจัดหาอุปกรณ์เทคโนโลยีพลังงานทดแทน ได้แก่ เตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบตั้ง จำนวน 4 เตา เตาเผาซังข้าวโพด จำนวนละ 1 เตา เครื่องบดถ่าน เครื่องผสมถ่านและเครื่องอัดถ่านแท่ง จำนวนเครื่องละ 1 เครื่อง และอาคารเพื่อการผลิตพลังงาน ให้แก่โครงการขยายผลโครงการหลวงปางแดงใน

<u>โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ</u>

รูปที่ 51-52 เตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบนอนและแบบตั้ง

โครงการขยายผลโครงการหลวงปางแดงในและโหล่งขอด

รูปที่ 53-55 เตาเผาซังข้าวโพด เครื่องบดถ่าน เครื่องผสมถ่าน เครื่องอัดถ่านแท่งและเตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบตั้ง

4.7.3) สำรวจตลาดเบื้องต้น

ได้สอบถามข้อมูลการผลิตถ่านอัดแท่งจากโรงงานล้านนาถ่านอัดแท่ง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากเศษถ่านไม้เบญจพรรณ เช่น ไม้ลำไย ไม้ลิ้นจี่ ไม้มะขาม โรงหล่อเหล็กป่าแพ่ง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากถ่านกะลามะพร้าว และห้างหุ้นส่วนถ่านอัดแท่งไทย อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน ซึ่งเป็นถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากเศษถ่านไม้ เช่น ไม้ลำไย ไม้ลิ้นจี่ โดยทั้ง 3 โรงงานผลิตถ่านอัดแท่ง ได้รับซื้อเศษถ่านมาจากผู้จำหน่ายอีกที ไม่มีการเผาถ่านเอง โดยรับซื้อเศษถ่านมาในราคากิโลกรัมละ ตั้งแต่ 2 บาท จนถึง 6 บาท แล้วแต่คุณภาพของเศษถ่าน ส่วนถ่านกะลามะพร้าวรับซื้อมาในราคา 12 บาทต่อกิโลกรัม ข้อจำกัดในการผลิตถ่านอัดแท่งส่วนใหญ่มาจากแรงงาน เนื่องจากค่าจ้างแรงงานในปัจจุบันค่อนข้างสูง และแรงงานมีไม่สม่ำเสมอ ทุกโรงงานจะมีลูกค้าประจำของใครของมัน และจำหน่ายไปยังร้านขายของชำในตลาดต่างๆ ร้านหมูกระทะ ร้านปิ้ง-ย่าง ร้านอาหาร เป็นต้น โดยส่วนใหญ่จะขายส่ง มีทั้งบรรจุเป็นกระสอบ และบรรจุถุงเล็กยกห่อ เครื่องจักรในการผลิตทุกโรงงานจะผลิตเครื่องจักรใช้เอง บางโรงงานขายเครื่องจักรด้วย โรงงานผลิตบางแห่งมีเตาอบสำหรับใช้อบถ่านอัดแท่ง บางแห่งไม่มีเตาอบ ใช้ตากแดด เนื่องจากเป็นการเพิ่มต้นทุนในด้านเชื้อเพลิงสำหรับทำให้ถ่านอัดแท่งแห้ง คุณภาพถ่านอัดแท่งของโรงงานแต่ละที่ จะ

แตกต่างกัน ส่วนใหญ่ จะให้ความร้อนสม่ำเสมอ ติดไฟนาน ไม่มีสะเก็ด แต่โรงงานผลิตบางแห่งถ่านอัดแท่งใช้แล้วมีขี้เถ้ามาก ถ่านอัดแท่งอัดไม่แน่น เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นกับกระบวนการในการอัด (เครื่องจักร) วัตถุดิบในการผลิต เป็นต้น ในช่วงฤดูหนาว จะขายดี ลูกค้าต้องการมาก ส่วนฤดูร้อน ความต้องการน้อย

ได้สอบถามข้อมูลถ่านอัดแท่งจากผู้จำหน่าย แม่ค้าในตลาดในจังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ ตลาดสันป่าข่อย ตลาดเมืองใหม่ ตลาดกาดคำเที่ยง เป็นต้น ซึ่งเป็นร้านขายของชำ และรับถ่านอัดแท่งมาจากโรงงานผลิตโดยตรง ทุกร้านที่ได้ไปสำรวจขายทั้งถ่านอัดแท่งและถ่านไม้ โดยถ่านไม้จะขายดีกว่า รับซื้อถ่านอัดแท่งมาเป็นกระสอบ บางร้านรับเป็นถุงที่บรรจุห่อ ขายทั้งส่งและปลีก แล้วแต่ขนาดร้านค้า โดยถ่านอัดแท่งที่จำหน่ายเป็นถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านไม้เนื้อแข็ง โดยลูกค้าส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในครัวเรือน เช่นหมูกระทะ ปิ้ง-ย่าง ประกอบอาหารเป็นต้น ลูกค้าจะมีความต้องการมากในช่วงฤดูหนาว ส่วนฤดูร้อน ความต้องการน้อย ความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อสินค้า ส่วนใหญ่จะพอใจ เนื่องจากติดไฟนาน ความร้อนสม่ำเสมอ แต่มีบางคนใช้แล้วไม่พอใจ เพราะไฟไม่แรง ขี้เถ้าเยอะ เป็นต้น ปริมาณการจำหน่ายต่อเดือนเฉลี่ยอยู่ที่ 2-40 กระสอบต่อเดือน แล้วแต่ขนาดร้านค้า ช่วงฤดูกาล

และได้สอบถามข้อมูลจากผู้นำถ่านอัดแท่งไปใช้โดยตรง ได้แก่ ร้านปลาเผา ร้านปิ้ง-ย่าง ร้านวัวหัน ร้านลาบ ร้านโคขุน เป็นต้นซึ่งส่วนใหญ่ที่เลือกถ่านอัดแท่ง เพราะใช้ได้นาน ความร้อนคงที่ ทน สะเก็ดไฟไม่มี เหมาะสำหรับนำมาใช้ปิ้ง-ย่าง ส่วนถ่านไม้ทั่วไป ระยะเวลาการติดไฟน้อย ความร้อนไม่คงที่ มีสะเก็ดไฟ ความพอใจของผู้ใช้ ค่อนข้างดี แต่มีแหล่งผลิตบางที่ อัดถ่านไม่แน่น ขี้เถ้าเยอะ ผู้ใช้นำมาใช้แล้วแสบตา ปริมาณความต้องการแล้วแต่ประเภทการใช้งาน สำหรับร้านปลาเผา 5-6 กระสอบต่อเดือน ร้านโคขุน 40 กระสอบต่อเดือน เป็นต้น

รูปที่ 56 เศษถ่านที่โรงงานผลิตถ่านอัดแท่งรับซื้อ

รูปที่ 57 เครื่องผสมและเครื่องอัดถ่านแท่ง

รูปที่ 58 เตาอบถ่านอัดแท่ง

รูปที่ 59 โรงตากถ่านอัดแท่ง

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 สังเคราะห์ศักยภาพในการผลิตและแปรรูปพืชพลังงานท้องถิ่น 2 ชนิด ได้แก่ มะแตกและมะเยาหิน

มะแตก เป็นพืชท้องถิ่นพบได้ในธรรมชาติ แต่ยังไม่มีการนำมาปลูกในเชิงเศรษฐกิจ เนื่องจากการให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นค่อนข้างต่ำ และให้ผลผลิตแค่ 1 ครั้งต่อปี ถ้าพิจารณาในด้านความคุ้มค่าในการลงทุนผลิตในด้านพลังงาน ถือว่าไม่คุ้มค่า ควรนำไปต่อยอดในเชิงผลิตภัณฑ์ด้านอาหารเสริม เภสัช หรือสปา(อโรมาเทอราปี) เป็นต้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของพืชมากกว่า

มะเยาหิน น้ำมันจากเมล็ดมะเยาหินมีศักยภาพเหมาะสมสำหรับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สีเคลือบ และน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศจีน แต่ในประเทศไทยมีการนำมาใช้ประโยชน์อยู่น้อยมาก เนื่องจากยังไม่มีเครื่องมือในการสกัดที่มีประสิทธิภาพ และยังไม่มีโรงงานรับซื้อมะเยาหินเพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เหล่านี้โดยตรง จึงยังมีปัญหาว่าปลูกแล้วจะนำผลผลิตไปขายที่ไหน จึงไม่มีการปลูกในลักษณะเชิงเศรษฐกิจมากนัก ส่วนใหญ่จะปลูกตามกระแสพลังงานทดแทนและปลูกในงานทดลองเท่านั้น ถ้าพิจารณาในด้านความคุ้มค่าในการลงทุนผลิตในด้านพลังงาน ถือว่าไม่คุ้มค่า แต่ถ้าพิจารณาในด้านการปลูกเป็นไม้ร่มเงาให้กาแฟถือว่าดี เนื่องจากเป็นไม้โตเร็ว ร่มเงาใหญ่

5.1.2 เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมะเยาหิน ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงโหล่งขอด

มะเยาหินที่อายุการเจริญเติบโต 3 ปี 3 เดือน มีการให้ผลผลิต 30 กิโลกรัมต่อต้น คิดเป็นผลผลิตเมล็ด 12 กิโลกรัมต่อต้น และผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเมื่อมะเยาหินมีอายุการเจริญเติบโตที่มากขึ้น

5.1.3 ศึกษาศักยภาพพื้นที่ในการทำวิจัยเรื่องพลังงานทดแทนจากชีวมวลท้องถิ่น

จากการศึกษาศักยภาพชีวมวลของทั้ง 3 หมู่บ้าน คือ หมู่บ้านปางแดงใน หมู่บ้านโป่งคำ และหมู่บ้านสายนาเลา พบว่า ศักยภาพชีวมวลส่วนใหญ่มาจากวัสดุเหลือใช้จากพืชผลทางการเกษตร เช่น ซังข้าวโพด ฟาง เป็นต้น รวมไปถึง วัสดุจากการตัดสางกิ่งไม้ และต้นไม้ เช่น ไม้เนื้อแข็ง ไผ่ เป็นต้น โดยการพิจารณาจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ไม้โตเร็ว ไผ่ และซังข้าวโพด

เมื่อทราบข้อมูลชีวมวลของทั้ง 3 หมู่บ้าน จึงได้คัดเลือกไม้มาทดสอบตัวอย่างทั้งหมด 17 ชนิด ได้แก่ ไม้สัก ไม้กระถินเทพา ไม้การบูร ไม้แดง ไม้กระถินดอย ไม้เมเปิ้ลหอม ไม้จันทร์ทองเทศ ไม้ยอมหิน ไม้ประดู่ป่า ไม้ลำไย ไผ่รวก ไผ่ตง ไผ่เลี้ยงหวาน ไผ่ซาง ไผ่หม่าจู ซังข้าวโพดปางแดงใน และซังข้าวโพดแม่สายนาเลา ซึ่งการพิจารณาการนำชีวมวลไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงต้องคำนึงถึงความสามารถในการให้ความร้อนด้วยเช่นกัน ในการศึกษาครั้งนี้มีการทดสอบค่าความร้อนตามมาตรฐาน ASTM D240 ผลการทดสอบ พบว่า ประเภทไม้โตเร็ว ไม้ยมหิน เป็น

ไม้ที่มีค่าความร้อนมากที่สุด อยู่ที่ 5,093.35 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ ไม้กระถินเทพา มีค่าความร้อนอยู่ที่ 5,001.13 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัม ประเภทไผ่ ชนิดไม้ที่สามารถให้ค่าความร้อนสูงที่สุดคือ ไผ่หม่าจู มีค่าความร้อน 4,304.24 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัม และประเภทซังข้าวโพด พบว่า ซังข้าวโพดจากปางแดงใน มีค่าความร้อนสูงที่สุดอยู่ที่ 4,231.46 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัม ซึ่งค่าความร้อนเหล่านี้จะเป็นตัวตัดสินใจเพื่อเลือกชนิดไม้สำหรับนำไปผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่เหมาะสม

5.1.4 รวบรวมองค์ความรู้การผลิตพลังงานทดแทนจากชีวมวลท้องถิ่น

กระบวนการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงาน ได้แก่ การเผาไหม้โดยตรง (combustion) เมื่อนำชีวมวลมาเผาจะได้ความร้อนออกมาตามค่าความร้อนของชนิดชีวมวล

อุปกรณ์เทคโนโลยีพลังงานชีวมวล ได้แก่ เทคโนโลยีเตาแก๊สชีวมวล เทคโนโลยีเตาเผาถ่าน 200 ลิตร (แนวตั้งและแนวนอน) และเทคโนโลยีถ่านอัดแท่ง

ได้รวบรวมและคัดเลือกเทคโนโลยีการผลิตชีวมวลและการใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมในพื้นที่บ้านปางแดงใน ได้แก่ ถ่านหุงต้ม ถ่านอัดแท่งจากชีวมวลไม้และซังข้าวโพด บ้านแม่สายนาเลา ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหุงต้ม ถ่านอัดแท่ง จากพืชพลังงาน ชีวมวลไม้และซังข้าวโพด และบ้านโป่งคำ ได้แก่ ถ่านหุงต้ม ถ่านอัดแท่งจากชีวมวลไม้และซังข้าวโพด

5.1.5 ทดสอบการผลิต แปรรูป และใช้พลังงานจากชีวมวลท้องถิ่น

1. การทดสอบการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล

หลังจากการเผาไม้ทั้ง 17 ชนิดให้เป็นถ่านแล้ว สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 ถ่านจากไม้เนื้อแข็ง กรณีที่ 2 ถ่านจากไม้เนื้อแข็ง และกรณีที่ 3 ถ่านจากไม้เนื้อแข็งและถ่านซังข้าวโพดที่มีสัดส่วนของตัวประสานที่แตกต่างกัน

กรณีที่ 1 พบว่า ไม้ที่คัดเลือกมาทดสอบการผลิต ได้แก่ ไม้กระถินดอย ไม้ลำไย และไผ่ซาง

กรณีที่ 2 ได้มีการนำถ่านไม้เนื้อแข็งและถ่านซังข้าวโพดผ่านกระบวนการอัดแท่งทั้งหมด 13 สูตร พบว่า สูตรที่เหมาะสมสำหรับการทำถ่านอัดแท่งมากที่สุดคือ สูตรที่ประกอบด้วย ถ่านไม้กระถินดอย 7 ส่วน ถ่านซังข้าวโพด 3 ส่วน และตัวประสานแป้งมัน 1 ส่วน ซึ่งสูงนี้มีค่าความร้อนสูงที่สุดคือ 10,053.67 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ สูตรที่ประกอบด้วย ถ่านไผ่ซาง/ไผ่รวก 6 ส่วน ถ่านซังข้าวโพด 4 ส่วน และตัวประสานแป้งมัน 1 ส่วน ค่าความร้อนอยู่ที่ 8,599.62 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัม

กรณีที่ 3 ได้มีการอัดแท่งโดยการเปลี่ยนค่าน้ำหนักของตัวประสาน ทำการอัดทั้งหมด 12 สูตร พบว่า ไม้แต่ละชนิดมีความเหมาะสมสำหรับตัวประสานที่แตกต่างกันไป ถ่านไม้กระถินดอย 5 ส่วน ตัวประสานที่เหมาะสมอยู่ที่ 0.5 ส่วน ถ่านไผ่ซาง/ไผ่รวก 5 ส่วน ตัวประสานที่เหมาะสมอยู่ที่ 0.25 ส่วน และถ่านซังข้าวโพด 5 ส่วน ตัวประสานที่เหมาะสมอยู่ที่ 0.5 ส่วน

2. การวัดระยะมอดดับของถ่าน

กรณีของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของถ่านไม้กระถินดอยต่อแป้งมัน พบว่า ปริมาณแป้งมันที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ระยะมอดดับเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนผสมเชิงมวลที่เหมาะสม คือ 5 : 0.5 มีระยะมอดดับที่สูงที่สุด (208 min)

กรณีของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของถ่านไม้ไผ่ต่อแป้งมัน พบว่า ปริมาณแป้งมันที่มากขึ้นส่งผลให้ระยะเวลามอดดับมีแนวโน้มที่จะลดลง แต่ยังคงอยู่ในระดับที่สูงกว่า 200 นาที

กรณีถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากถ่านซังข้าวโพดและแป้งมัน พบว่า ปริมาณของแป้งมันที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ระยะเวลามอดดับเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ ควรคำนึงถึงค่าใช้จ่ายของแป้งมันด้วย

กรณีถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากถ่านไม้กระถินดอย ถ่านซังข้าวโพดและแป้งมันในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ พบว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด คือ 5:5:1 ซึ่งให้ค่าระยะมอดดับที่สูงที่สุด คือ 214 นาที

กรณีถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากถ่านไม้ไผ่ ถ่านซังข้าวโพดและแป้งมันในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ พบว่า อัตราส่วนผสมผสมที่เหมาะสมที่สุด คือ 4:6:1 ซึ่งให้ค่าระยะมอดดับที่สูงที่สุดคือ 198 นาที

จากผลการทดสอบระยะมอดดับของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของแป้งมัน กล่าวได้ว่า ถ่านอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมของถ่านไม้กระถินต่อซังข้าวโพดต่อแป้งมันในอัตราส่วน 5:5:1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด มีระยะมอดดับ คือ 214 นาที ทั้งนี้ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับถ่านที่มีขายทั่วไปตามท้องตลอด โดยถ่านที่นำมาเปรียบเทียบ คือ ถ่านไม้ลำไย ถ่านอัดแท่งโครงการหลวงฯ ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว และถ่านอัดแท่งจากร้านค้า พบว่า มีระยะมอดดับ 192 200 223 และ 190 นาที ตามลำดับ สามารถสรุปได้ว่า ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวมีระยะมอดดับที่นานกว่า เป็นไปได้ว่า ลักษณะเฉพาะของวัตถุดิบที่นำทำถ่าน (กะลามะพร้าว) ทั้งนี้หากต้องการทราบปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะมอดดับควรศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบต่อไป

3. การทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

การทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งสามารถสรุปได้ว่า เมื่อวิเคราะห์ในเชิงของค่าความร้อนที่ได้และพิจารณาในเชิงของระยะเวลามอดดับร่วมด้วย ถ่านที่เหมาะสมสำหรับนำมาเป็นแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล คือสูตรที่ประกอบด้วยถ่านซังข้าวโพด 10 ส่วน และแป้งมัน 1 ส่วน มีค่าความร้อน 6,170.13 kcal/kg มีค่าความชื้นอยู่ที่ 7.26% มีปริมาณคาร์บอนคงที่ 66.38% มีปริมาณสารระเหย 22.02 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 4.35 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะเวลามอดดับ 210 นาที

4. การทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาถ่าน

การทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบตั้งและแบบนอน ได้ทำการทดสอบจากไม้หนัก 5 กิโลกรัม วัดที่จุดทดสอบต่างๆ ผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า

กระบวนการไล่ความชื้น อุณหภูมิเฉลี่ยของจุดทดสอบของเตาแนวตั้งจะต่ำกว่าเตาแบบแนวนอน เวลาที่ใช้ในกระบวนการของเตาแนวตั้งจะใช้มากกว่าเตาแนวนอน ประมาณ 5 นาที

กระบวนการเปลี่ยนจากไม้กลายเป็นถ่าน อุณหภูมิเฉลี่ยของเตาแนวตั้งยังคงต่ำกว่าเตาแนวนอนเล็กน้อย เวลาที่ใช้ในกระบวนการของเตาแนวตั้งยังคงมากกว่าเตาแนวนอนประมาณ 6 นาที

เตาเผาถ่านแนวตั้ง ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเตาโดยเฉลี่ยจะมีค่าน้อยกว่าเตาเผาถ่านในแนวนอนมาก เนื่องจากเตาเผาถ่านแนวตั้งที่ใช้ทดสอบ ไม่มีฉนวนความร้อนหุ้ม มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวเตาเพียง 85 องศาเซลเซียส ต่างจากเตาเผาถ่านแนวนอนที่ใช้ดินปนทรายหุ้มเป็นฉนวนไว้ มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวเตา 136 องศาเซลเซียส ทำให้ความร้อนที่ได้ไม่สูงพอที่จะทำให้ไม้กลายเป็นถ่านได้ ถ้าต้องการความร้อนที่สุงกว่านี้ จะต้องใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น

5. การทดสอบประสิทธิภาพของเตาชีวมวล

การทดสอบประสิทธิภาพของเตาชีวมวลทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เตาอั้งโล่ เตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง และเตา Gasifier ผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า

เตาอั้งโล่ ใช้เชื้อเพลิงถ่านไม้ 1.2 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเปลวไฟโดยเฉลี่ยที่ 530.46 องศาเซลเซียส เวลาในการต้มน้ำ 100 min เตามีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 11.09 เปอร์เซ็นต์

เตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง ใช้เชื้อเพลิงถ่านไม้ 0.608 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเปลวไฟโดยเฉลี่ยที่ 485.86 องศาเซลเซียส เวลาในการต้มน้ำ 43 นาที เตามีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 12.7 เปอร์เซ็นต์

เตา Gasifier โดยใช้แกลบ ซังข้าวโพดแบบก้อน และซังข้าวโพดแบบบดละเอียดเป็นเชื้อเพลิง พบว่า ซังข้าวโพดแบบบดละเอียดสามารถให้ก๊าซชีวมวลเพื่อใช้ในการให้ความร้อนนานที่สุด รองลงมา คือ ซังข้าวโพดแบบก้อน และแกลบ คือ 24 22 และ 20 นาที ตามลำดับ ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบในเชิงอุณหภูมิเปลวไฟ พบว่า ซังข้าวโพดแบบละเอียดยังคงให้ค่าอุณหภูมิเปลวไฟที่สูงที่สุด รองลงมาคือ ซังข้าวโพดแบบก้อน และแกลบ เช่นเดียวกัน ส่งผลให้เชิงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของซังข้าวโพดแบบละเอียด ซังข้าวโพดแบบก้อน และแกลบ มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 18.2 16.9 และ 12.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

6. การวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเตาชีวมวล

การวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเตาชีวมวลสามารถสรุปได้ว่า เตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง พบปริมาณไนตรัสออกไซด์มากที่สุด ปริมาณ 69 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณ 6.35 เปอร์เซ็นต์ และคาร์บอนมอนกไซด์ ปริมาณ 0.73 เปอร์เซ็นต์ และมีเทน 0.12 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเตาอั้งโล่ที่ใช้ทั่วไปในชุมชน มีการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่น้อยกว่าเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูงเล็กน้อย ส่วนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณที่น้อยกว่าอยู่ที่ 1.01 เปอร์เซ็นต์ การเผาไหม้ด้วยเตาอั้งโล่มีการปล่อยมลภาวะสูงกว่าเตาชนิดอื่นๆ และเตา Gasifier มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่น้อยที่สุด โดยมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่น้อยที่สุดอยู่ที่ 0.43 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณมีเทนอยู่ที่ 0.058 เปอร์เซ็นต์

5.1.6 การประเมินผลการนำชีวมวลท้องถิ่นมาผลิตเป็นพลังงาน

1. การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล พบว่า ในการนำไม้ดิบที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆ ไปเผาใช้งานโดยตรงด้วยเตาอั้งโล่ หากใน 1 ปี มีปริมาณการใช้ไม้ทั้งหมด 1 ตัน จะพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 มากถึง 3,079 $kgCO_2$ ทั้งนี้หากพิจารณาเปรียบเทียบกับทางเลือกอื่น โดยการนำไม้ที่ได้มาเผาให้เป็นถ่านและนำไปใช้งานพบว่าปริมาณก๊าซ CO_2 ลดลง 3.070 $kgCO_2$ ในถ่าน 1 กิโลกรัม เมื่อ 1 ปี มีการใช้ถ่าน 1 ตัน สามารถลดปริมาณก๊าซ CO_2 ได้ 3,070 $kgCO_2$

การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในการนำไม้ดิบมาผ่านกระบวนการทำให้เป็นถ่าน จากนั้นนำถ่านที่ได้มาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งและใช้งานด้วยเตาอั้งโล่ แบ่งการพิจาณาออกเป็น 4 สูตร โดยสูตร 7:3:1 สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการนำไม้ไปเผาใช้งานโดยตรงได้ 3.070 $kgCO_2$ ในถ่าน 1 กิโลกรัม เมื่อ 1 ปี มีการใช้ถ่าน 1 ตัน สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ 3,070 $kgCO_2$ เช่นเดียวกันกับสูตร 5:5:1 และสูตร 10:1 จากไม้กระถินดอย ส่วนสูตร 10:1 จากซังข้าวโพด สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ลง 3.071 $kgCO_2$ ในถ่าน 1 กิโลกรัม เมื่อ 1 ปี มีการใช้ถ่าน 1 ตัน สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ 3,071 $kgCO_2$

จากการพิจารณาทางด้านสิ่งแวดล้อมของการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล พบว่า การผลิตถ่านอัดแท่งด้วยสูตร 10:1 จากซังข้าวโพด (ถ่านซังข้าวโพด:แป้งมัน) มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

2. การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล

ในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเชื้อเพลิงชีวมวลในการเผาไม้ให้เป็นถ่าน และการอัดให้เป็นแท่งเชื้อเพลิง ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้งานเชื้อเพลิงชีวมวลอยู่ในปัจจุบัน โดยพบว่า กรณีที่นำไม้มาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิอยู่ที่ 142,211 บาท และมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนอยู่ที่ 33.92 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะเวลาคืนทุนสั้น ที่ 2 ปี ซึ่งถือว่าเป็นการศึกษาที่มีความเป็นไปได้ เพราะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

5.1.7 **พัฒนาต้นแบบการเรียนรู้การผลิต แปรรูปและใช้พลังงานทดแทนจากจากชีวมวลท้องถิ่น**

ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้การผลิตพลังงานทดแทนจากทรัพยากรชีวมวลท้องถิ่นให้แก่เกษตรกรในชุมชนบ้านปางแดงใน แม่สายนาเลาและโป่งคำ จำนวน 70 คน และได้จัดหาอุปกรณ์เทคโนโลยีพลังงานทดแทน ได้แก่ เตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบนอน จำนวน 4 เตา เตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบตั้ง จำนวน 2 เตา และอาคารเพื่อการผลิตพลังงาน ให้แก่ โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ จัดหาอุปกรณ์เทคโนโลยีพลังงานทดแทน ได้แก่ เตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบตั้งและเตาเผาซังข้าวโพด จำนวนละ 1 เตา เครื่องบดถ่าน เครื่องผสมถ่านและเครื่องอัดถ่านแท่ง จำนวนเครื่องละ 1 เครื่อง ให้แก่โครงการขยายผลโครงการหลวงโหล่งขอด และจัดหาอุปกรณ์เทคโนโลยีพลังงานทดแทน ได้แก่ เตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบตั้ง จำนวน 4 เตา เตาเผาซังข้าวโพด จำนวนละ 1 เตา เครื่องบดถ่าน เครื่องผสมถ่านและเครื่องอัดถ่านแท่ง จำนวนเครื่องละ 1 เครื่อง และอาคารเพื่อการผลิตพลังงาน ให้แก่โครงการขยายผลโครงการหลวงปางแดงใน

5.2 ปัญหาอุปสรรค/ข้อเสนอแนะ

ในการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง พบว่าผลการทดสอบปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งบางตัวอย่างมีค่าความชื้นที่สูง เนื่องมาจากตัวอย่างถ่านอัดแท่งนั้นๆ ไม่แห้งสนิทก่อนการนำส่งไปทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และอาจมีความชื้นเกิดขึ้นระหว่างการขนส่ง

แผนการดำเนินงานต่อไปคือศึกษากระบวนการบริหารจัดการกลุ่มโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของกลุ่ม/ชุมชน โดยมีการวางแผนการผลิตและใช้ประโยชน์พลังงานจากชีวมวล การวางแผนร่วมลงทุนหรือร่วมเป็นเจ้าของ และการวางแผนในการขยายผล รวมถึงการติดตามและประเมินผลการดำเนินงานของกลุ่มเพื่อทราบถึงปัญหา อุปสรรค และเป็นแนวทางในการดำเนินงานต่อไป

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) Highland Research and Development Institute (Public Organization)