

## บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการดำเนินงานซึ่งได้แบ่งออกเป็น 4 ตอน ได้แก่ การศึกษากระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากภูมิปัญญาชาวบ้าน การศึกษาค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งและถ่านไม้ การพัฒนาถ่านอัดแท่งโดยการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมและตัวประสานแล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติทางด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM ได้ผลการดำเนินการในแต่ละขั้นตอน ดังต่อไปนี้

### ผลการศึกษากระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากภูมิปัญญาชาวบ้าน

#### 1. ขั้นตอนการเผาไม้

การเผาไม้ให้กลายเป็นถ่านเริ่มต้นจากการคัดเลือกไม้ที่ต้องการนำมาทำถ่าน พักไม้ทิ้งไว้ให้แห้ง 1 ถึง 2 อาทิตย์ ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ไม้ที่พักไว้เพื่อรอให้แห้ง

เมื่อครบกำหนดจึงนำไม้มาตัดให้มีขนาดพอดีกับเตาไม่ยาวหรือสั้นจนเกินไป นำไม้เข้าเตาเผาแบบเคลื่อนที่



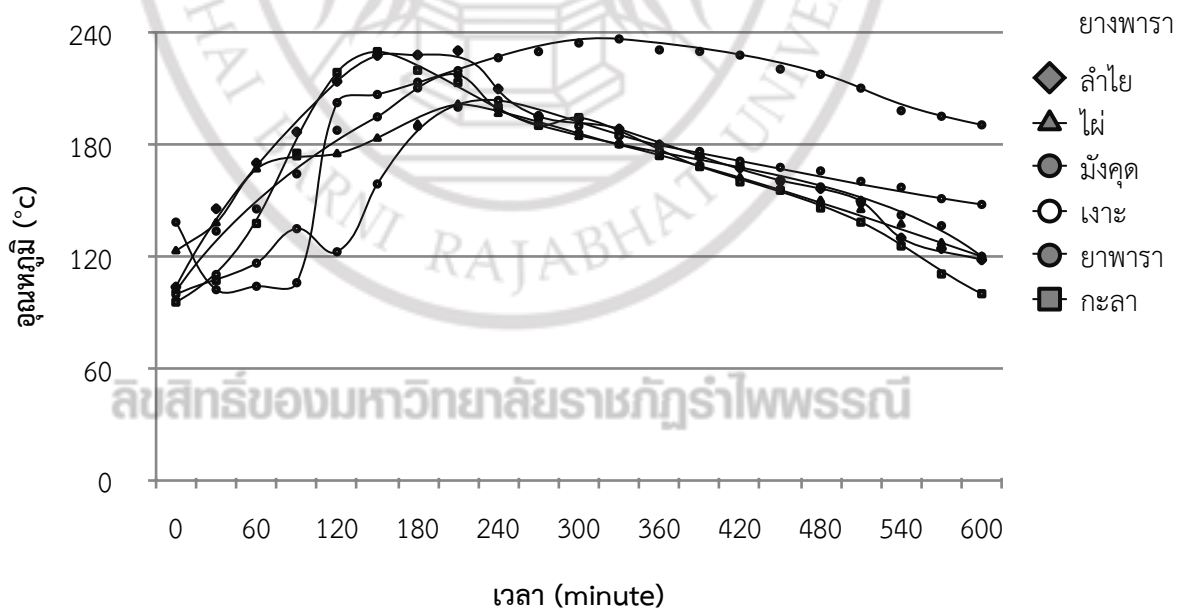
ภาพที่ 4.2 (ก) เตาเผาขนาด 200 ลิตร (ข) การจัดเรียงไม้ในเตา

ซึ่งเป็นถังขนาด 200 ลิตร ดังภาพที่ 4.2 (ก) จัดเรียงให้สามารถบรรจุไม้ให้ได้มากที่สุดแต่ไม่ให้ล้นออกจากเตาดังภาพที่ 4.2 (ข) แล้วจึงปิดฝาเตาให้แน่นเพื่อกันอากาศเข้าเตาเผา จากนั้นจุดไฟที่ได้เตาหรือบริเวณที่ไว้สำหรับจุดไฟ ดังภาพที่ 4.3 เติมเชื้อเพลิงให้พอดีถ้าเชื้อเพลิงมากเกินไปจะทำให้ไฟติดแรงและเร็วในช่วงแรกได้ เมื่อไฟเริ่มติดในเตาเผาแล้วทำการปิดใต้เตาหรือบริเวณที่ไว้สำหรับจุดไฟเพื่อกันอากาศเข้าเตา



ภาพที่ 4.3 เตาเผาขณะติดไฟ

จากนั้นเริ่มทำการวัดอุณหภูมิทุก 30 นาที ผลของการวัดอุณหภูมิขณะเผาไหม้ของไม้แต่ละชนิดแสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะเผาไหม้ของไม้แต่ละชนิด

จากภาพ เห็นได้ว่าหลังการติดไฟของไม้แต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่สูงที่สุด หลังจากนั้นอุณหภูมิจะค่อย ๆ ลดต่ำลงเรื่อย ๆ ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดของไม้แต่ละชนิดได้แก่ ไม้เงาะ ไม้มังคุด ไม้ลำไย ไม้ยางพารา ไม้ไผ่ และกะลามะพร้าว มีค่าเป็นดังนี้ 203.8 , 230.9, 230.5, 199.1, 201.7 และ 230.0 องศาเซลเซียสตามลำดับ จะสังเกตได้ว่าในช่วงแรก ไม้มังคุดมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดและลดลงช้ากว่าไม้ชนิดอื่นมาก

## 2. ขั้นตอนการอัดแท่ง

เมื่อครบกำหนดการเผาประมาณ 10 ชั่วโมงหรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับไม้แต่ละชนิด จากนั้นทำการปิดเตา และพักถ่านไว้ประมาณ 1 คืน หรือมากกว่า 1 คืน หลังจากนั้นนำถ่านที่ผ่านการพักเข้าเครื่องบดหยาบ จะได้ถ่านที่มีขนาดเล็กแต่ไม่ละเอียด ดังภาพที่ 4.5 แล้วนำไปคลุกเคล้ากับส่วนผสมด้วยเครื่องผสม ดังภาพที่ 4.6 ที่ใช้เป็นตัวประสาน ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังและน้ำ ในอัตราส่วนผงถ่านต่อแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำ เป็น 1:0.1:0.5



ภาพที่ 4.5 การบดหยาบด้วยเครื่องบดหยาบ



ภาพที่ 4.6 เครื่องผสม

ส่วนผสมหลังการผสมเรียบร้อยภาพที่ 4.7 นำส่วนผสมที่ผ่านการคลุกเคล้าแล้วนำเข้าเครื่องบดละเอียด ภาพที่ 4.8 ขั้นตอนนี้จะทำให้ส่วนผสมสูญเสียน้ำซึ่งจะทำการเติมน้ำก่อนขั้นตอนการอัดแท่ง



ภาพที่ 4.7 ส่วนผสมหลังการผสมเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 4.8 นำส่วนผสมเข้าเครื่องบดละเอียด

เมื่อเริ่มขั้นตอนการอัดแท่งให้เติมน้ำลงในส่วนผสมที่ผ่านการบดละเอียดโดยใช้การสเปรย์น้ำ ไม่มากจนเกินไปเพราะส่วนผสมจะไม่สามารถขึ้นรูปได้ แล้วนำส่วนผสมที่ได้เข้าเครื่องอัดแท่ง ขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 การขึ้นรูปเมื่ออัดแท่ง ออกมาเป็นเส้นยาว

ทำการตัดถ่านขณะกำลังขึ้นรูปออกจากเครื่องให้ได้ขนาด 10 เซนติเมตร ดังภาพที่ 4.10 วางใส่ภาชนะ แล้วนำไปผึ่งแดดเพื่อไล่ความชื้นในถ่านสักครู่



ภาพที่ 4.10 ถ่านเมื่ออัดแท่งเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เมื่อสังเกตว่าถ่านคงตัวเป็นแท่งพอแข็ง แล้วให้นำถ่านอัดแท่งที่ได้เข้าโรงอบแห้งดังภาพที่ 4.12 ทิ้งไว้ ประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อไล่ความชื้นออกให้หมดเรียกว่า การบ่ม



ภาพที่ 4.11 โรงอบไล่ความชื้นถ่านอัดแท่ง

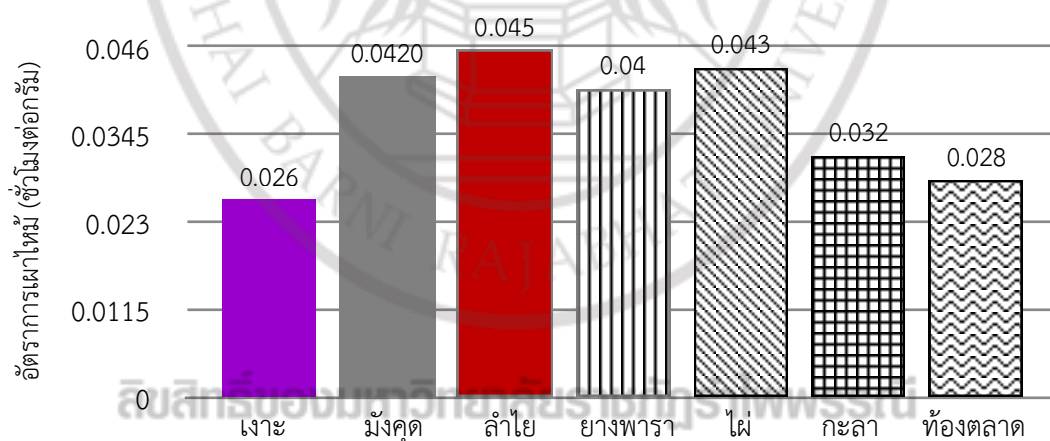
### 3. การตรวจสอบอัตราการเผาไหม้

ผลการตรวจสอบอัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจาก ไม้เงาะ ไม้มังคุด ไม้ลำไย ไม้ยางพารา ไม้ไผ่ และกะลามะพร้าว โดยมีการควบคุมปริมาณที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชนิดให้มีน้ำหนักเท่ากันคือ 50 กรัม อัตราการเผาไหม้ของถ่านไม้อัดแท่งแต่ละชนิดมีค่าดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.1 อัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งแต่ละชนิด

| ชนิดถ่านอัดแท่ง       | อัตราการเผาไหม้ (hr./g) |
|-----------------------|-------------------------|
| ถ่านอัดแท่งไม้เงาะ    | 0.0258 ±0.12            |
| ถ่านอัดแท่งไม้มังคุด  | 0.0420 ±0.17            |
| ถ่านอัดแท่งไม้ลำไย    | 0.0454 ±0.02            |
| ถ่านอัดแท่งไม้ยางพารา | 0.0404 ±0.13            |
| ถ่านอัดแท่งไม้ไผ่     | 0.0432 ±0.21            |
| ถ่านอัดแท่งกะลา       | 0.0316 ±0.04            |
| ถ่านอัดแท่งในท้องตลาด | 0.0284 ±0.14            |

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าอัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งเรียงจากอัตราสั้นที่สุดไปถึงอัตรา นานที่สุดดังนี้ ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากไม้เงาะ กะลามะพร้าว ไม้ยางพารา ไม้มังคุด ไม้ไผ่ และไม้ลำไย เมื่อนำอัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งแต่ละชนิดมาเขียนแผนภูมิแท่งเพื่อเปรียบเทียบ ผลเป็นดัง ภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งแต่ละชนิด

จากภาพที่ 4.12 จะพบว่าถ่านอัดแท่งที่มีอัตราการเผาไหม้นานที่สุดคือ ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจาก ไม้ลำไย ไม้มังคุด ไม้ยางพารา และไม้ไผ่ ให้อัตราการเผาไหม้มากกว่า 0.0400 ชั่วโมงต่อกรัม โดยถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากไม้ลำไยมีอัตราการเผาไหม้นานที่สุดคือ 0.0454 ชั่วโมงต่อกรัม กะลา มะพร้าวมีอัตราการเผาไหม้ปานกลาง และถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากไม้เงาะมีอัตราการเผาไหม้สั้นที่สุดคือ

0.0258 ชั่วโมงต่อกรัม ถ่านอัดแท่งในท้องตลาดให้อัตราการเผาไหม้มากกว่าถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากไม้เงาะแต่น้อยกว่าถ่านอัดแท่งที่ผลิตจาก ไม้มังคุด ไม้ลำไย ไม้ยางพารา ไม้ไผ่ และกะลามะพร้าว

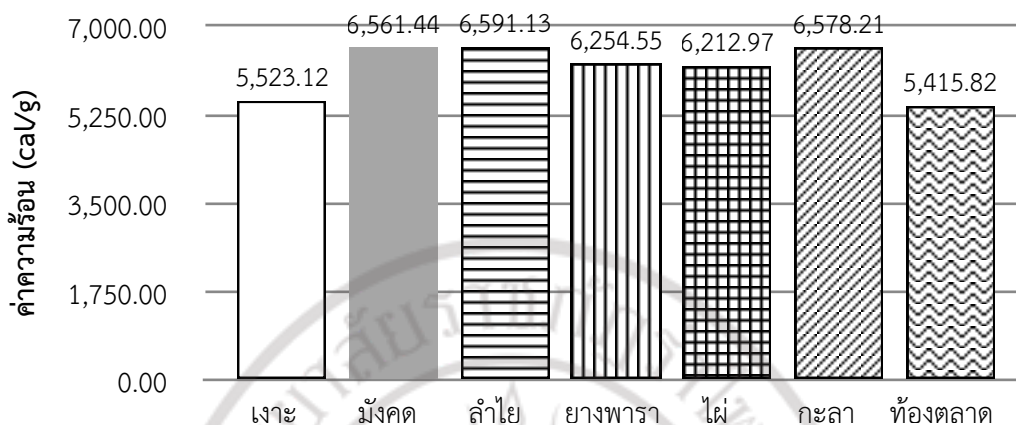
### ผลของการศึกษาค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งและถ่านไม้

จากการวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนของถ่านและถ่านอัดแท่งด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ AC500 LECO ของถ่านอัดแท่งในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ ผลิตจากไม้เงาะ ไม้มังคุด ไม้ลำไย ไม้ยางพารา ไม้ไผ่ และกะลามะพร้าว นอกจากนี้ยังทำการหาค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งตามท้องตลาดเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้น และวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนถ่านไม้ได้แก่ ไม้เงาะ ไม้มังคุด และไม้ไผ่ โดยควบคุมปริมาณการเผาไหม้ ค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งและถ่านไม้แต่ละชนิดมีค่าดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าพลังงานความร้อนของถ่านและถ่านอัดแท่งแต่ละชนิด

| ถ่านอัดแท่ง           | ถ่านไม้   | ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย (kcal/g) |             |
|-----------------------|-----------|-----------------------------------|-------------|
|                       |           | ถ่านอัดแท่ง                       | ถ่านไม้     |
| ไม้เงาะ               | ไม้เงาะ   | 5.523 ±0.05                       | 6.320± 0.02 |
| ไม้มังคุด             | ไม้มังคุด | 6.562 ±0.17                       | 7.878 ±0.01 |
| ไม้ไผ่                | ไม้ไผ่    | 6.213 ±0.23                       | 6.906 ±0.05 |
| ไม้ลำไย               | -         | 6.591 ±0.36                       | -           |
| ไม้ยางพารา            | -         | 6.255 ±0.04                       | -           |
| กะลา                  | -         | 6.578 ±0.22                       | -           |
| ถ่านอัดแท่งในท้องตลาด | -         | 5.416 ±0.05                       | -           |

จากตารางจะเห็นว่าถ่านอัดแท่งแต่ละชนิดจะมีค่าพลังงานความร้อนเรียงจากน้อยไปมาก ดังนี้ ถ่านอัดแท่งตามท้องตลาด ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจาก ไม้เงาะ ไม้ไผ่ ไม้ยางพารา ไม้มังคุด กะลามะพร้าว และไม้ลำไย ตามลำดับ โดยค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งไม้ลำไยสูงสุด 6.591 กิโลแคลอรีต่อกรัม และถ่านอัดแท่งจากไม้เงาะ ต่ำสุดที่ค่า 5.523 กิโลแคลอรีต่อกรัม และเมื่อพิจารณาค่าความร้อนที่ได้จากถ่านไม้ จะเห็นได้ว่าถ่านไม้มังคุดมีค่าพลังงาน ความร้อนสูงสุดที่ 7.878 กิโลแคลอรีต่อกรัม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง สำหรับไม้เงาะ ไม้มังคุด และไม้ไผ่ พบว่า เมื่อนำมาผ่านกระบวนการอัดแท่งแล้วส่งผลให้ค่าความร้อนของถ่านดังกล่าวลดลง เนื่องจากการเพิ่มเติมส่วนผสมที่เป็นแป้งมันสำปะหลังที่ไปลดปริมาณของมวลเนื้อถ่านไม้ลง ส่งผลต่อคาร์บอนที่ลดลงเช่นกัน จากนั้นพิจารณาข้อมูลค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่ง เพื่อให้เห็นการเปรียบเทียบดังแผนภูมิแท่ง ภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 แผนภูมิการเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งแต่ละชนิด

จากภาพ จะเห็นได้ว่าถ่านอัดแท่งที่ผลิตจาก ไม้ลำไย ไม้มังคุด และกะลามะพร้าว ในอัตราส่วนผงถ่านต่อแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำเป็น 1:0.1:0.5 มีค่าพลังงานความร้อนใกล้เคียงกันซึ่งมากกว่า 6,500 แคลอรีต่อกรัม ไม้ยางพาราและไม้ไผ่ มีค่าใกล้เคียงกันที่ประมาณ 6,200 แคลอรีต่อกรัม และไม้เงาะมีค่าพลังงานความร้อนน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 5,523.12 แคลอรีต่อกรัม แต่ทั้งนี้ ถ่านอัดแท่งทุกชนิดให้ค่าพลังงานความร้อนมากกว่าถ่านอัดแท่งในท้องตลาดที่มีค่า 5,415.82 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมีค่าพลังงานความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่งต้องมีค่าพลังงานความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม)

#### ผลของการพัฒนาถ่านอัดแท่งโดยการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมและตัวประสาน

ในการพัฒนาถ่านอัดแท่งนี้ ได้เก็บข้อมูลของถ่านอัดแท่งตัวอย่างที่ใช้ตัวประสาน 2 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลัง และกากน้ำตาล นำมาวิเคราะห์สมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐาน ASTM ได้ผลการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าพลังงานความร้อน ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ของถ่านอัดแท่งชนิดต่าง ๆ ประสานด้วยแป้งมันสำปะหลัง

| ที่ | ถ่านอัดแท่ง | ค่าพลังงานความร้อน (cal/g) | ปริมาณความชื้น (%) | ปริมาณเถ้า (%) | ปริมาณสารระเหย (%) | ปริมาณคาร์บอนคงตัว (%) |
|-----|-------------|----------------------------|--------------------|----------------|--------------------|------------------------|
| 1   | กะลา        | 6,548.22                   | 6.57               | 6.47           | 19.45              | 67.51                  |
| 2   | ไม้เงาะ     | 7,085.05                   | 6.56               | 3.75           | 19.92              | 69.75                  |
| 3   | ไม้มังคุด   | 6,517.51                   | 7.40               | 5.88           | 19.16              | 67.56                  |
| 4   | เปลือกโกโก้ | 5,946.16                   | 6.59               | 6.33           | 19.34              | 67.74                  |



จากผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อใช้ตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง โดยถ่านต่อแป้งมันสำปะหลัง เป็น 3:2 การให้ค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งไม้เงาะที่ประสานด้วยแป้งมันสำปะหลัง มีค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดที่ 7,085.05 แคลอรีต่อกรัม ค่าปริมาณความชื้นน้อยที่สุดที่ร้อยละ 6.56 ปริมาณถ่านน้อยที่สุดที่ร้อยละ 3.75 และปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุดที่ร้อยละ 69.75 โดยที่ ปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งไม้มังคุดมีค่าน้อยที่สุดที่ 67.51

**ตารางที่ 4.4** ค่าพารามิเตอร์ของถ่านอัดแท่งชนิดต่าง ๆ ประสานด้วยกากน้ำตาล

| ที่ | ถ่าน<br>อัดแท่ง | ค่าพลังงาน<br>ความร้อน<br>(cal/g) | ปริมาณ<br>ความชื้น<br>(%) | ปริมาณเถ้า<br>(%) | ปริมาณ<br>สารระเหย<br>(%) | ปริมาณ<br>คาร์บอนคงตัว<br>(%) |
|-----|-----------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 1   | กะลา            | 6,213.11                          | 9.99                      | 9.27              | 10.35                     | 70.39                         |
| 2   | ไม้เงาะ         | 5,845.36                          | 10.15                     | 5.46              | 10.59                     | 73.80                         |
| 3   | ไม้มังคุด       | 5,960.16                          | 10.79                     | 5.92              | 10.62                     | 72.67                         |
| 4   | เปลือกโกโก้     | 5,662.62                          | 12.39                     | 14.29             | 12.42                     | 60.90                         |

จากผลการวิเคราะห์พบว่า การให้ค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งกะลาที่ประสานด้วย กากน้ำตาล มีค่าสูงที่สุดที่ 6,213.11 แคลอรีต่อกรัม ปริมาณความชื้นมีค่าน้อยที่สุดที่ร้อยละ 9.99 และ ปริมาณสารระเหยน้อยที่สุดที่ร้อยละ 10.35 โดยที่ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งไม้เงาะมีค่าน้อยที่สุดที่ ร้อยละ 5.46 และปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุดที่ร้อยละ 73.80 จะเห็นได้ว่า การประสานด้วยกาก น้ำตาลส่งผลให้ถ่านอัดแท่งมีค่าพลังงานความร้อนลดลง

จากนั้นพัฒนาถ่านอัดแท่ง โดยการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสม ทั้งนี้ ใช้กะลาเป็นองค์ประกอบ หลัก ตามวิธีแห่งภูมิปัญญาชาวบ้าน โดยผลการวิเคราะห์ เป็นดังนี้

**ตารางที่ 4.5** ค่าพารามิเตอร์ของถ่านอัดแท่งผสมไม้เงาะประสานด้วยแป้งมันสำปะหลัง

| ที่ | ถ่าน<br>อัดแท่ง | ค่าพลังงาน<br>ความร้อน<br>(cal/g) | ปริมาณ<br>ความชื้น<br>(%) | ปริมาณเถ้า<br>(%) | ปริมาณ<br>สารระเหย<br>(%) | ปริมาณคาร์บอน<br>คงตัว<br>(%) |
|-----|-----------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 1   | 1 : 1           | 7,097.79                          | 6.67                      | 6.21              | 19.43                     | 67.69                         |
| 2   | 1 : 2           | 7,344.39                          | 6.49                      | 3.54              | 20.00                     | 69.96                         |
| 3   | 2 : 1           | 6,744.11                          | 7.41                      | 5.62              | 19.01                     | 67.95                         |

จากผลการวิเคราะห์พบว่า การให้ค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งกะลาผสมไม้เงาะ อัตราส่วน 1:2 ที่ประสานด้วยแป้งมันสำปะหลัง มีค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดที่ 7,085.05 แคลอรีต่อกรัม ค่าปริมาณความชื้นน้อยที่สุดที่ร้อยละ 6.49 ปริมาณเถ้าที่น้อยที่สุดที่ร้อยละ 3.54 และปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุดที่ร้อยละ 69.96 โดยที่ปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งกะลาผสมไม้เงาะ อัตราส่วน 2:1 มีค่าน้อยที่สุดที่ 19.01

**ตารางที่ 4.6** ค่าพารามิเตอร์ของถ่านอัดแท่งกะลาผสมไม้มังคุดประสานด้วยแป้งมันสำปะหลัง

| ที่ | ถ่าน<br>อัดแท่ง | ค่าพลังงาน<br>ความร้อน<br>(cal/g) | ปริมาณ<br>ความชื้น<br>(%) | ปริมาณเถ้า<br>(%) | ปริมาณ<br>สารระเหย<br>(%) | ปริมาณคาร์บอน<br>คงตัว<br>(%) |
|-----|-----------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 1   | 1 : 1           | 6,782.81                          | 7.63                      | 10.17             | 16.55                     | 65.65                         |
| 2   | 1 : 2           | 7,059.00                          | 6.44                      | 5.29              | 19.61                     | 68.65                         |
| 3   | 2 : 1           | 6,377.64                          | 6.51                      | 9.06              | 16.33                     | 68.10                         |

จากผลการวิเคราะห์พบว่า การให้ค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งกะลาผสมไม้มังคุด อัตราส่วน 1:2 ที่ประสานด้วยแป้งมันสำปะหลัง มีค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดที่ 7,059.00 แคลอรีต่อกรัม ค่าปริมาณความชื้นน้อยที่สุดที่ร้อยละ 6.44 ปริมาณเถ้าที่น้อยที่สุดที่ร้อยละ 5.29 และปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุดที่ร้อยละ 68.65 โดยที่ปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งกะลาผสมไม้มังคุด อัตราส่วน 2:1 มีค่าน้อยที่สุดที่ 16.33

**ตารางที่ 4.7** ค่าพารามิเตอร์ของถ่านอัดแท่งกะลาผสมเปลือกโกโก้ประสานด้วยแป้งมันสำปะหลัง

| ที่ | ถ่าน<br>อัดแท่ง | ค่าพลังงาน<br>ความร้อน<br>(cal/g) | ปริมาณ<br>ความชื้น<br>(%) | ปริมาณเถ้า<br>(%) | ปริมาณ<br>สารระเหย<br>(%) | ปริมาณคาร์บอน<br>คงตัว<br>(%) |
|-----|-----------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 1   | 1 : 1           | 5,502.53                          | 9.24                      | 11.35             | 17.19                     | 62.21                         |
| 2   | 1 : 2           | 4,756.60                          | 9.42                      | 14.16             | 17.12                     | 59.29                         |
| 3   | 2 : 1           | 5,536.80                          | 9.32                      | 12.30             | 16.55                     | 61.83                         |

จากผลการวิเคราะห์พบว่า การให้ค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งกะลาผสมเปลือกโกโก้ อัตราส่วน 2:1 ที่ประสานด้วยแป้งมันสำปะหลัง มีค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดที่ 5,536.80

แคลอรีต่อกรัม และปริมาณสารระเหยมีค่าน้อยที่สุดที่ 16.55 โดยที่ปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งกะลาผสมเปลือกโกโก้ อัตราส่วน 1:1 มีค่าน้อยที่สุดที่ร้อยละ 9.24 ปริมาณถ่านน้อยที่สุดที่ร้อยละ 11.35 และปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุดที่ร้อยละ 62.21

**ตารางที่ 4.8** ค่าพารามิเตอร์ของถ่านอัดแท่งกะลาผสมไม้เงาะประสานด้วยกากน้ำตาล

| ที่ | ถ่าน<br>อัดแท่ง | ค่าพลังงาน<br>ความร้อน<br>(cal/g) | ปริมาณ<br>ความชื้น<br>(%) | ปริมาณถ่าน<br>(%) | ปริมาณ<br>สารระเหย<br>(%) | ปริมาณคาร์บอน<br>คงตัว<br>(%) |
|-----|-----------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 1   | 1 : 1           | 6,965.89                          | 9.45                      | 6.18              | 15.63                     | 68.75                         |
| 2   | 1 : 2           | 5,640.40                          | 9.98                      | 7.20              | 15.60                     | 67.21                         |
| 3   | 2 : 1           | 5,922.41                          | 10.03                     | 7.81              | 15.46                     | 66.70                         |

จากผลการวิเคราะห์พบว่า การให้ค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งกะลาผสมไม้เงาะ อัตราส่วน 1:1 ที่ประสานด้วยกากน้ำตาล มีค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดที่ 6,965.89 แคลอรีต่อกรัม ปริมาณความชื้นน้อยที่สุดที่ร้อยละ 9.45 ปริมาณถ่านน้อยที่สุดที่ร้อยละ 6.18 และปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุดที่ร้อยละ 68.75 โดยที่ปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งกะลาผสมไม้เงาะ อัตราส่วน 2:1 มีค่าน้อยที่สุดที่ 15.46

**ตารางที่ 4.9** ค่าพารามิเตอร์ของถ่านอัดแท่งกะลาผสมไม้มังคุดประสานด้วยกากน้ำตาล

| ที่ | ถ่าน<br>อัดแท่ง | ค่าพลังงาน<br>ความร้อน<br>(cal/g) | ปริมาณ<br>ความชื้น<br>(%) | ปริมาณถ่าน<br>(%) | ปริมาณ<br>สารระเหย<br>(%) | ปริมาณคาร์บอน<br>คงตัว<br>(%) |
|-----|-----------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 1   | 1 : 1           | 5,032.67                          | 10.63                     | 16.10             | 15.68                     | 60.42                         |
| 2   | 1 : 2           | 5,945.19                          | 9.48                      | 14.09             | 15.11                     | 63.90                         |
| 3   | 2 : 1           | 5,655.56                          | 9.00                      | 15.40             | 15.29                     | 63.52                         |

จากผลการวิเคราะห์พบว่า การให้ค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งกะลาผสมไม้มังคุด อัตราส่วน 1:2 ที่ประสานด้วยกากน้ำตาล มีค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดที่ 5,945.19 แคลอรีต่อกรัม ปริมาณถ่านน้อยที่สุดที่ร้อยละ 14.09 ปริมาณสารระเหยมีค่าน้อยที่สุดที่ 15.11 และปริมาณคาร์บอน

คงตัวมากที่สุดที่ร้อยละ 63.90 โดยที่ปริมาณ ความชื้นของถ่านอัดแท่งกะลาผสมไม้มั่งคุด อัตราส่วน 2:1 น้อยที่สุดที่ร้อยละ 9.00

**ตารางที่ 4.10** ค่าพารามิเตอร์ของถ่านอัดแท่งกะลาผสมเปลือกโกโก้ประสานด้วยกากน้ำตาล

| ที่ | ถ่าน<br>อัดแท่ง | ค่าพลังงาน<br>ความร้อน<br>(cal/g) | ปริมาณ<br>ความชื้น<br>(%) | ปริมาณเถ้า<br>(%) | ปริมาณ<br>สารระเหย<br>(%) | ปริมาณ<br>คาร์บอนคงตัว<br>(%) |
|-----|-----------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 1   | 1 : 1           | 4,812.49                          | 10.43                     | 13.89             | 12.33                     | 63.35                         |
| 2   | 1 : 2           | 5,089.18                          | 10.92                     | 12.39             | 10.59                     | 66.09                         |
| 3   | 2 : 1           | 5,135.22                          | 9.65                      | 8.95              | 11.79                     | 69.93                         |

จากผลการวิเคราะห์พบว่า การให้ค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งกะลาผสมเปลือกโกโก้ อัตราส่วน 2:1 ที่ประสานด้วยกากน้ำตาล มีค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดที่ 5,135.22 แคลอรีต่อกรัม ปริมาณความชื้นน้อยที่สุดที่ร้อยละ 9.65 ปริมาณเถ้าที่น้อยที่สุดที่ร้อยละ 8.95 และปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุดที่ร้อยละ 69.93 โดยที่ปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งกะลาผสมเปลือกโกโก้ อัตราส่วน 1:2 ที่ประสานด้วยกากน้ำตาล มีค่าน้อยที่สุดที่ 10.59