สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

วิทยานิพนธ์ งานวิจัย

รายงานการวิจัย

เรื่อง

# การส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

# The Promotion of Production Charcoal Briquette from Agricultural Residues for Use in the Community Household under the Philosophy of Sufficiency Economy

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ดวงกมล ดังโพนทอง หัวหน้าโครงการ

วสันต์ ปินะเต ผู้ร่วมวิจัย

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
วันรับ.........
วันลงทะเบียน 16 พ.ค. 2560
เลขทะเบียน ดค. 249924
เลขเรียกหนังสือ 662.7 ด172ก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนงบ บก.ศ. ปีงบประมาณ 2556)

**หัวข้อวิจัย** โครงการส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

**ผู้ดำเนินการวิจัย** ดวงกมล ดังโพนทอง
วสันต์ ปินะเต

**หน่วยงาน** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

**ปี พ.ศ.** 2557

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงโดยใช้ผลมะเลื่อม (ผลมะเลื่อม : แป้งมัน) ที่อัตราส่วนผสม 8:2 และ7:3 กับ ผลต้นแดง(ผลต้นแดง: แป้งมัน) ที่อัตราส่วนผสม 8:2 และ 7:3 ซึ่งใช้วิธีการอัดแท่งแบบอัดเย็นด้วยเครื่องอัดชนิดเกลียวโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3.5 แรงม้า และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงในอัตราส่วนผสมของตัวประสานที่แตกต่างกัน โดยทำการวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน ปริมาณเถ้าความหนาแน่น ระยะเวลาในการเผาไหม้ และกระแตกประทุของถ่านอัดแท่งเพื่อพิจารณาส่วนผสมที่ดีที่สุดต่อการเป็นถ่านอัดแท่งที่มีประสิทธิภาพ

ผลการทดสอบพบว่า การผลิตถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงในทุกอัตราส่วนผสมสามารถผลิตเป็นถ่านอัดแท่งซึ่งได้ถ่านที่มีลักษณะผิวเรียบ ก้อนถ่านอัดแท่งแห้งสนิท แข็งคงรูป เกาะตัวเป็นแท่งอย่างดี และเมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วนผสม 8:2 มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุดคือ 25.917 MJ/kg และผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547)ที่กำหนดว่าค่าพลังงานความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรี/กรัม หรือ 20.920 MJ/kg จากนั้นพิจารณาค่าความหนาแน่น พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลต้นแดงในอัตราส่วนผสม 7:3 มีความหนาแน่นเหมาะสมที่สุด คือ 735.74 $Kg/m^3$และสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งกำหนดว่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งต้องไม่เกิน 0.8 $g/cm^3$ หรือ 800 $kg/m^3$ พิจารณาปริมาณเถ้า พบว่าถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงในทุกอัตราส่วนผสมมีปริมาณเถ้าสูงกว่างานวิจัยที่ผ่านมา พิจารณาระยะเวลาในการเผาไหม้ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วนผสม 8:2 มีระยะเวลาในการเผาไหม้สูงที่สุดคือ 326 นาทีและสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งกำหนดว่าเวลาในการเผาจนหมดควรนานกว่า 60 นาที เมื่อพิจารณาการแตกประทุของถ่านอัดแท่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงทุกอัตราส่วนผสมไม่มีการแตกประทุและตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547)

ขณะเดียวกันคณะผู้วิจัยได้ดำเนินโครงการ "การส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง “ซึ่งดำเนินการในพื้นที่ อำเภอกุดรัง จำนวน 35 ชุมชน โดยใช้เทคโนโลยีที่มีต้นทุนต่ำและเหมาะกับเกษตรกรรายย่อย ปรากฏว่า มีเกษตรกรรายย่อย ให้ความสนใจและให้โครงการไปจัดฝึกอบรม พร้อมฝึกปฏิบัติ/สาธิตอีกด้วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Research Title | The Promotion of Production Charcoal Briquette from Agricultural Residues for Use in the Community Household under the Philosophy of Sufficiency Economy |
| Researcher | Duangkamol Dangphonthong<br>Wasan Pinate |
| Organization | Sciences and Technology<br>Rajabhat Maha Sarakham University |
| Year | 2014 |

## ABSTRACT

This research is the Promotion of Production Charcoal Briquette from Agricultural Residues for Use in the Community Household under the Philosophy of Sufficiency Economy from *Canarium Sabutalum Guillaumin* (Canarium Sabutalum Guillaumin : tapioca flour) in the ratio of 8:2 and 7:3 with *Xylia Xylocarpa* (Xylia Xylocarpa : tapioca flour) in the ratio of 8:2 and 7:3 by cool briquette process with the spiral charcoal briquette machine by using 3.5 Hp motor, compares the efficiency of charcoal from *Canarium Sabalatum Guillaumin* and *Xylia Xylocarpa* in the ratio of different component, and analyzesthermal calorific value, ash content, density, duration of combustion, and outbreak of charcoal for considering the best component to be the efficient charcoal briquette.

The result founds that the production of charcoal from *Canarium Sabutalum Guillaumin* and *Xylia Xylocarpa* in every ratio can produce the charcoal briquette wich is smooth, perfectly dry, durable, and well cohesive. After that, analyze calorific value and found that the charcoal from *Canarium Sabutalum Guillaumin* at the ratio of 8:2 gets the highest calorific value at 25.917MJ/kg, and pass the standard of community product ( Mor Phor chor. 238/2547) that determines calorific value at least 5,000 cal/g or 20.920 MJ/kg. Then consider the density of the charcoal from *Xylia Xylocarpa* in the ratio of 7:3 that gets the most suitable density at 735.74 kg/$m^3$ according to the last research that the density of charcoal must not be more than 0.8 g/$cm^3$ or 800 kg/$cm^3$ then consider the ash content and found that

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

charcoal form *Canarium Sabutalum Guillaumin* and *Xylia Xylocarpa* in every ratio gets more amounts of ash than last research. Next, consider the duration of combustion and found that the charcoal form *Canarium Sabutalum Guillaumin* in the ratio of 8:2 gets the longest combustion at 326 minutes according to the last research that the completed combustion is determined in the 60 minutes. Finally, consider the outbreak of charcoal form *Canarium Sabutalum Guillaumin* and *Xylia Xylocarpa* inevery ratio and found that the charcoal is without the outbreak according to the standard of community product ( Mor Phor chor. 238/2547)

The project implementation "The Promotion of Production Charcoal Briquette from Agricultural Residues for Use in the Community Household under the Philosophy of Sufficiency Economy" which operates in Tambon Kut Rang. Number 35 community using the technologies is low cost and suitable for small farmers. Appears that there are smallholders made the have livestock, the paying attention and training project.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์จากหลายๆ ส่วน ทั้งเรื่องงบประมาณ การให้คำแนะนำ การอำนวยความสะดวกในการใช้พื้นที่ การอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัยแก่คณะผู้วิจัย และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องในการทำงานด้วยความเอาใจใส่ตั้งแต่ต้นจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ชุมชนตำบลกุดรัง อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณา และอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ตลอดจนแหล่งข้อมูลเพื่อเป็นประโยชน์ในการวิจัย ในครั้งนี้

นักศึกษาปริญญาตรีสาขาวิชาฟิสิกส์หลักสูตรครุศาสตร์ที่ได้ช่วยดำเนินการเก็บข้อมูล

รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้ที่ยังไม่ได้กล่าวถึงด้วย คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง ประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยนี้ขอมอบแด่บิดามารดาและบุคลากรที่กล่าวมาข้างต้น

ท้ายสุดขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจสำคัญอย่างยิ่งในการดำเนินโครงการฉบับนี้ให้สำเร็จด้วยดี

คณะผู้วิจัย

2557

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| **บทคัดย่อภาษาไทย** | ก |
| **บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** | ค |
| **กิตติกรรมประกาศ** | ง |
| **สารบัญ** | ฉ |
| **สารบัญตาราง** | ซ |
| **สารบัญภาพ** | ฌ |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 2 |
| 1.3 ขอบเขตการวิจัย | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย | 3 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 4 |
| 2.1 ขั้นตอนการผลิตถ่าน | 4 |
| 2.2 เครื่องมือในการผลิตถ่าน | 7 |
| 2.3 ชนิดของเครื่องอัดถ่านอัดแท่ง | 13 |
| 2.4 กรรมวิธีการอัดแท่งเชื้อเพลิง | 16 |
| 2.5 การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร | 18 |
| 2.6 งายวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 28 |
| 2.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย | 31 |
| **บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย** | 32 |
| 3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย | 32 |
| 3.2 การดำเนินงานวิจัย | 33 |
| 3.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่ง | 39 |
| **บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย** | 40 |
| 4.1 ผลการผลิตถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดง | 40 |
| 4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดง | 41 |
| 4.3 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพสู่ชุมชน | 42 |


มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หน้า

**บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ** ..... 45
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย ..... 45
5.2 ผลการติดตามภายหลังการอบรม ..... 46
5.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ..... 46
**บรรณานุกรม** ..... 47
**ภาคผนวก** ..... 52
ภาคผนวก ก การผลิตถ่านอัดแท่ง ..... 53
ภาคผนวก ข การหาประสิทธิภาพถ่านอัดแท่ง ..... 58
ภาคผนวก ค มาตรฐานถ่านอัดแท่ง ..... 66
ภาคผนวก ง การอบรมการผลิตถ่านอัดแท่งแก่ชุมชน ..... 70
**ประวัติผู้วิจัย** ..... 71

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตัวอย่างคุณสมบัติเชื้อเพลิงของชีวมวลที่นิยมนำมาแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง.................... 19
3.1 อัตราส่วนผสมของผงถ่านกับตัวประสาน.......................................................................... 37
4.1 ผลการผลิตถ่านอัดแท่ง.................................................................................................. 40
4.2 สมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของถ่านอัดแท่ง................................................................ 41
4.3 สมบัติทางการใช้งานของถ่านอัดแท่ง................................................................................ 42
4.4 จำนวนเกษตรกร จำนวนการสาธิต และสถานที่ฝึกอบรม.................................................... 43
4.5 แสดงความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมโครงการ............................................................ 44
5.1 แสดงผลการติดตามและประเมินผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี............................................. 46

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

# สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า


2.1 การเผาไหม้ของถ่านอัดก้อน........ 5
2.2 การลดปริมาณออกซิเจนของถ่านอัดก้อน........ 5
2.3 การลดความชื้นของถ่านอัดก้อน........ 6
2.4 การทำให้เย็นตัว หรือการคายความร้อนของถ่าน........ 6
2.5 เตาเผาแบบคิลน์ (Kiln)........ 7
2.6 เตาเผาแบบรีทอร์ท (Retort)........ 8
2.7 วัสดุฝาปิด........ 9
2.8 ไดเร็คดราฟท์ (Direct Draft)........ 10
2.9 รีเวอร์สดราฟท์ (Reverse Draft)........ 10
2.10 การจัดเรียงไม้เข้าเตา........ 11
2.11 ช่องทางเดินของควัน........ 11
2.12 นำดินมาคลุมกลบเตาเผาถ่าน........ 12
2.13 วิธีควบแน่นก๊าซร้อน........ 12
2.14 จัดเรียงไม้ลงบนฐานรอง........ 13
2.15 เครื่องอัดแบบสกรูกรวย (Conical Screw Press)........ 14
2.16 เครื่องอัดแบบร้อนสกรูกระบอก........ 14
2.17 เครื่องอัดแบบแผ่นกลม (Pelletizing Press)........ 15
2.18 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll Press)........ 15
2.19 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Press)........ 16
2.20 ขั้นตอนการเผาวัสดุเกษตรก่อนนำไปทำถ่านอัดก้อน........ 22
2.21 ขั้นตอนการบดขี้เถ้าโดยเครื่องบด........ 22
2.22 ขั้นตอนการผสมส่วนผสมถ่านอัดก้อน........ 23
2.23 วิธีการใช้ท่อหรือหลอดในการอัดก้อน........ 24
2.24 เครื่องอัดก้อน (Earth Press for Briquetting)........ 24
2.25 ขั้นตอนการอัดก้อนถ่านโดยใช้เครื่องอัดก้อน........ 25
2.26 การทำถ่านให้แห้งโดยการตากแดด และการใช้เครื่องอบ........ 25


มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ หน้า

2.27 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากแกลบ................................................ 26
2.28 แท่งฟืนจากแกลบ................................................ 27
3.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย................................................ 32
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย................................................ 33
3.3 การเผาถ่าน................................................ 34
3.4 ปิดปากเตาและรอให้ควันเปลี่ยนสีเป็นสีฟ้า................................................ 34
3.5 ใช้ดินปิดปากเตาและรอยรั่วอื่นๆ ให้แน่นหนา................................................ 35
3.6 ถ่านผลต้นแดง................................................ 35
3.7 การบดถ่านเป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยเครื่องบด................................................ 36
3.8 ถ่านผลมะเลื่อมบด................................................ 36
3.9 ถ่านผลต้นแดงบด................................................ 37
3.10 ผสมผงถ่านกับตัวประสาน................................................ 37
3.11 กลุ่มตัวอย่างถ่านอัดแท่งแต่ละอัตราส่วน................................................ 38
ก-1 เตาที่ใช้ในการเผาถ่านมะเลื่อมและผลต้นแดง................................................ 53
ก-2 นำถ่านที่เผาแล้วมาสับเป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยเครื่องบด................................................ 53
ก-3 ชั่งถ่านที่บดแล้วในอัตราส่วนที่กำหนด................................................ 54
ก-4 ชั่งแป้งมันในอัตราส่วนที่กำหนด................................................ 54
ก-5 นำถ่านมาผสมกับแป้งมันและน้ำแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน................................................ 55
ก-6 นำถ่านที่ผสมแล้วมาเข้าเครื่องอัด................................................ 55
ก-7 ได้ถ่านอัดแท่ง................................................ 56
ก-8 ได้ถ่านอัดแท่งแล้วนำมาชั่งน้ำหนักและเลือกกลุ่มตัวอย่าง................................................ 56
ก-9 นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปตากแดด................................................ 57
ก-10 ชั่งน้ำหนักถ่านที่ตากแห้งทุกวัน................................................ 57
ข-1 นำถ่านอัดแท่งที่บดแล้วมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 0.5 กรัม................................................ 58
ข-2 นำถ่านมาอัดเม็ด................................................ 58
ข-3 เม็ดถ่านที่อัดเสร็จ................................................ 59
ข-4 นำตัวอย่างถ่านอัดเม็ดเข้าลูกบอมบ์ vessel................................................ 59

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| ข-5 | นำลูกบอมบ์ vessel ที่อัดออกซิเจนแล้วเข้า | 60 |
| ข-6 | นำลูกบอมบ์ vesselที่บอมบ์เสร็จเข้าเครื่องปรับลดอุณหภูมิ cooler | 60 |
| ข-7 | หารัศมีของก้อนถ่านอัดแท่งโดยใช้เวอร์เนีย | 60 |
| ข-8 | หาความยาวของถ่านอัดแท่งโดยใช้ไม้บรรทัด | 61 |
| ข-9 | หาการแตกประทุของถ่านอัดแท่งผลต้นแดงในอัตราส่วน 8:2 | 61 |
| ข-10 | หาปริมาณเถ้า ระยะเวลาในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งผลต้นแดงในอัตราส่วน 8:2 | 61 |
| ข-11 | ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งผลต้นแดงในอัตราส่วน 8:2 | 62 |
| ข-12 | หาการแตกประทุของถ่านอัดแท่งผลต้นแดงในอัตราส่วน 7:3 | 62 |
| ข-13 | หาปริมาณเถ้า ระยะเวลาในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งผลต้นแดงในอัตราส่วน 7:3 | 62 |
| ข-14 | ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งผลต้นแดงในอัตราส่วน 7:3 | 63 |
| ข-15 | หาการแตกประทุของถ่านอัดแท่งมะเลื่อมในอัตราส่วน 8:2 | 63 |
| ข-16 | หาปริมาณเถ้าระยะเวลาในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งมะเลื่อมในอัตราส่วน 8:2 | 63 |
| ข-17 | ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งมะเลื่อมในอัตราส่วน 8:2 | 64 |
| ข-18 | หาการแตกประทุของถ่านอัดแท่งมะเลื่อมในอัตราส่วน 7:3 | 64 |
| ข-19 | หาปริมาณเถ้า ระยะเวลาในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งมะเลื่อมในอัตราส่วน 7:3 | 64 |
| ข-20 | ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งมะเลื่อมในอัตราส่วน 7:3 | 65 |
| ง-1 | การอบรมเชิงบรรยาย | 70 |


มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัญหาด้านพลังงานของไทยในปัจจุบัน เป็นปัญหาหลักที่เกี่ยวข้องกับชีวิตการเป็นอยู่ของคนไทย ไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านราคาพลังงานที่ใช้ในครัวเรือน แก๊สหุงต้ม หรือ น้ำมัน ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้พลังงานต่างๆ จะมีราคาสูงขึ้น ความต้องการในการใช้พลังงานของประชากรก็ยังคงสูงเช่นกัน จึงจำเป็นต้องมีการคิดค้นหาแหล่งพลังงานทดแทนภายในประเทศให้เพียงพอกับความต้องการของประชากรส่วนใหญ่ (สุพรชัย มั่งมีสิทธิ, 2551) การใช้เชื้อเพลิงในการหุงต้ม ปิ้ง ย่าง ในครัวเรือน และ ร้านอาหารต่างๆ ในภาคอีสานยังคงใช้ ฟืน และถ่านไม้อยู่เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่หาได้ง่าย และมีราคาถูก (ชาญยุทธ เทพพานิช, 2552) ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุสำคัญของการทำลายทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อมในเขตภาคอีสาน โดยประชากรส่วนใหญ่ของ จังหวัดมหาสารคาม ประกอบอาชีพทางด้านการเกษตร เช่น ปลูกข้าว มันสำปะหลัง อ้อย เลี้ยงสัตว์ และ เพาะเห็ด เป็นต้น เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรเสร็จสิ้นชาวบ้านนิยมที่จะเผาทำลายเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จึงทำให้เกิดการสูญเสีย (Waste) จากสิ่งเหลือใช้ (Residues) ทางการเกษตร

จากปัญหาดังกล่าว และความต้องการในการใช้พลังงานทดแทนที่เพิ่มสูงขึ้น จึงมีการนำวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้มาจัดผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เช่น ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง กะลามะพร้าว (รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล, 2553) ซังข้าวโพด มันสำปะหลัง แกลบ ฟางข้าว ขี้เลื่อย ชานอ้อยผักตบชวา เศษไม้ต่างๆ (อาณุภาพ อุดมทรัพย์, 2555) เป็นต้น เพื่อนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มในครัวเรือน และเป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ทั้งนี้ยังเป็นการแก้ไขปัญหาการทำลายทรัพยากรป่าไม้ และสิ่งแวดล้อมของชาวบ้านได้อีกทางหนึ่ง พร้อมกันนี้ยังสามารถเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรในการจัดจำหน่ายถ่านอัดแท่ง ส่งจำหน่ายร้านอาหารที่มีความต้องการใช้ถ่านในการย่าง ปิ้ง ซึ่งเครื่องอัดถ่านแบบแท่งในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบ ทั้งใช้พลังงานไฟฟ้า และไม่ใช้พลังงานไฟฟ้า แต่การนำเทคโนโลยีสู่ชุมชนควรจะนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับแต่ลักษณะชุมชุนเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ชาวบ้าน แต่ทั้งนี้องค์ความรู้ด้านการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรก็เป็นสิ่งสำคัญเช่นเดียวกันกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ดังนั้นเพื่อให้เกษตรกรได้มีความรู้ ความเข้าใจอย่างถูกต้อง ในกรรมวิธีการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และเป็นการเพิ่มองค์ความรู้ด้านการผลิตถ่านอัดแท่งให้กับชุมชนใน จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งเป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และสามารถนำไปถ่ายทอดเผยแพร่เทคโนโลยีให้กับเกษตรกรที่สนใจในเขตพื้นที่อื่นๆ เพื่อใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง ได้รวดเร็ว และประหยัดพลังงาน จึงเป็นการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงให้ชุมชนอีกทั้งยังสามารถสร้างรายได้เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับนโยบายของประเทศและยังเป็นการสานสัมพันธ์โดยเปิดโอกาสให้ชุมชนต่างๆ ได้รู้จัก มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามมากยิ่งขึ้น และความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างมหาวิทยาลัยและท้องถิ่นนี้ยังสามารถที่จะพัฒนาต่อเนื่องให้เป็นเครือข่ายการเรียนรู้ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม เกิดศูนย์กลางการเรียนรู้ขยายผลต่อไปยังชุมชน เพื่อพื้นฐานในการก่อให้เกิดการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

## 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในชุมชนระดับครัวเรือน

2. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชุมชนระดับครัวเรือนแก่ชุมชุนในจังหวัดมหาสารคาม

3. เพื่อวิเคราะห์ค่าความร้อนและต้นทุนต่อหน่วยมวล ของถ่านอัดแท่งจากจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของชุมชนในจังหวัดมหาสารคาม

4. เพื่อปลูกฝังความคิดให้แก่ชุมชนในการเห็นคุณค่าของเศษวัสดุเหลือใช้ และสามารถเพิ่มมูลค่าได้อีกทางหนึ่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาตัวอย่างของเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง กะลามะพร้าว ผลมะเลื่อม ซังข้าวโพด มันสำปะหลัง ผลต้นแดง แกลบ ฟางข้าว ขี้เลื่อย ชานอ้อย ผักตบชวา เศษไม้ต่างๆ ในชุมชนเขตจังหวัดมหาสารคาม

2. ศึกษาคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงได้แก่ สารระเหย, ถ่านคงที่, เถ้า, ความชื้น และค่าความร้อน

3. ถ่ายทอดเทคโนโลยี และกรรมวิธีการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนรวมถึงวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยมวลถ่านอัดแท่ง ในชุมชนเขตจังหวัดมหาสารคาม

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มศักยภาพในการแปรรูปวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรที่เหมาะสมกับชุมชน และสามารถทำการเผยแพร่ และอบรมให้แก่นักเรียนนักศึกษา เกษตรกร และผู้สนใจอื่นๆ ได้
2. ลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงให้แก่ครัวเรือน ทำให้ชุมชนพึงพาตัวเองโดยยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
3. เป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุ และผลผลิตทางการเกษตร
4. ใช้ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุด
5. พัฒนาขีดความสามารถในการพึ่งตนเองในด้านการแปรรูปถ่าน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ถ่าน คือ ไม้ที่ได้จากการเผาไหม้ภายในบริเวณที่มีอากาศเบาบาง หรือทางเทคนิค คือกระบวนการแยกสารอินทรีย์ภายในไม้ในสภาวะที่มีอากาศอยู่น้อยมาก เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการ จะช่วยกำจัดน้ำ น้ำมันดิน และสารประกอบอื่นๆ ออกจากไม้ซึ่งผลผลิตที่ได้จากกระบวนการ คือสารต่างๆ ประกอบด้วยสารประกอบหลักคือ คาร์บอน (80%) นอกจากนั้นจะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (10-20%) เถ้า (0.5-10%) และแร่ธาตุต่างๆ เช่นกำมะถันและฟอสฟอรัส (สุพรชัย มั่งมีสิทธิ, 2551) ถ่านที่ได้หลังจากกระบวนการเผาจะมีปริมาณคาร์บอนที่สูงและไม่มีความชื้น ทำให้ปริมาณพลังงานในถ่านสูงโดยมีค่าเป็นสองเท่าของปริมาณพลังงานในไม้แห้ง สำหรับกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปไปเป็นถ่านเรียกว่า คาร์บอนไนเซชั่น (Carbonization) ในปัจจุบันปริมาณไม้มีปริมาณไม่มากนัก จึงมีการนำวัตถุดิบ หรือวัสดุทางการเกษตรที่เหลือใช้มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงในลักษณะถ่านอัดแท่ง หรืออัดก้อน โดยกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเป็นการเผาแล้วนำมาอัดเพื่อให้อยู่ในรูปแบบของถ่าน ซึ่งจะขอกล่าวถึงขั้นตอนการผลิตถ่าน เครื่องมือในการผลิตถ่าน การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และกรอบแนวคิดในการวิจัย

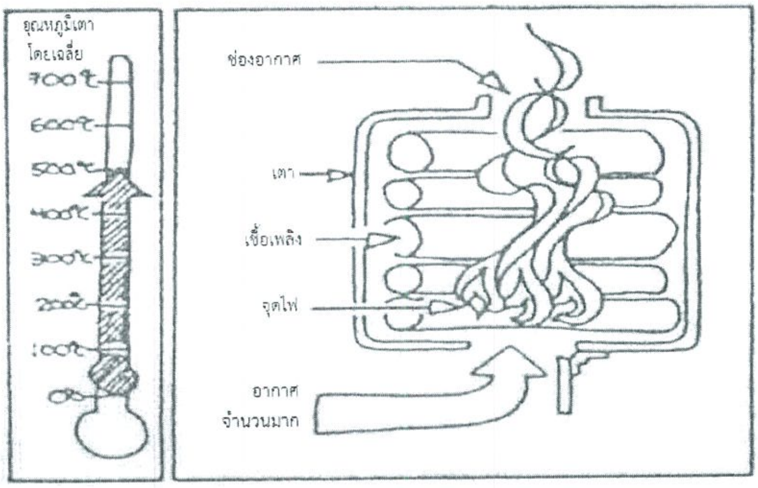
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## 2.1 ขั้นตอนการผลิตถ่าน

ขั้นตอนการผลิตถ่านสามารถแยกกระบวนการทั้งหมดออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การเผาไหม้ การลดความชื้น การคายความร้อน และการทำให้เย็นตัว โดยแต่ละขั้นตอนอาจจะเกิดขึ้นภายในเตาเผาถ่านจะต้องผ่านกระบวนการทั้งหมดตามขั้นตอน สำหรับเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนขึ้นอยู่กับขนาดของเตาเผาถ่าน ชนิดของเตาเผาถ่าน

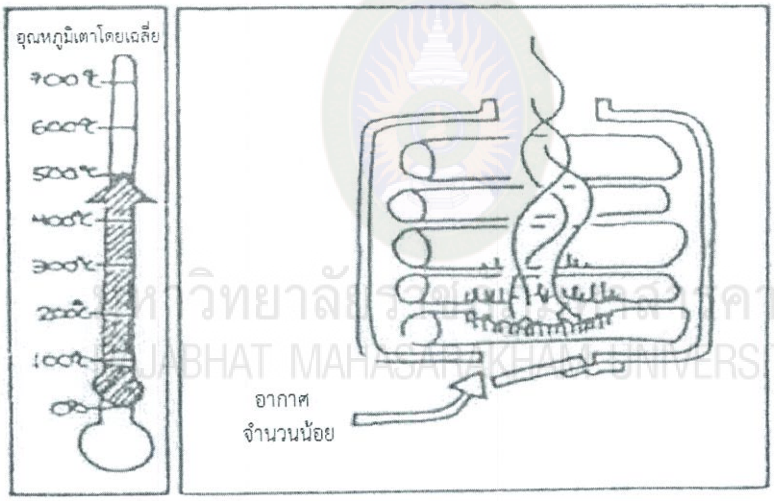
### 2.1.1 การเผาไหม้ (Combustion)

การเผาไหม้ คือ กระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอนไนเซชั่น โดยกระบวนการดังกล่าวจะเป็นการให้ความร้อนกับไม้ภายในเตาเผาถ่าน ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ มากกว่า 500 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพประกอบที่ 2.1 หลังจากการสิ้นสุดการเผาไหม้ปริมาณของออกซิเจน ภายในห้องเผาไหม้จะลดลงอย่างรวดเร็ว และอุณหภูมิของห้องเผาไหม้จะลดต่ำลงจนถึงประมาณ 120 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพประกอบที่ 2.2




**ภาพประกอบที่ 2.1** แสดงการเผาไหม้ของถ่านอัดก้อน

ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552



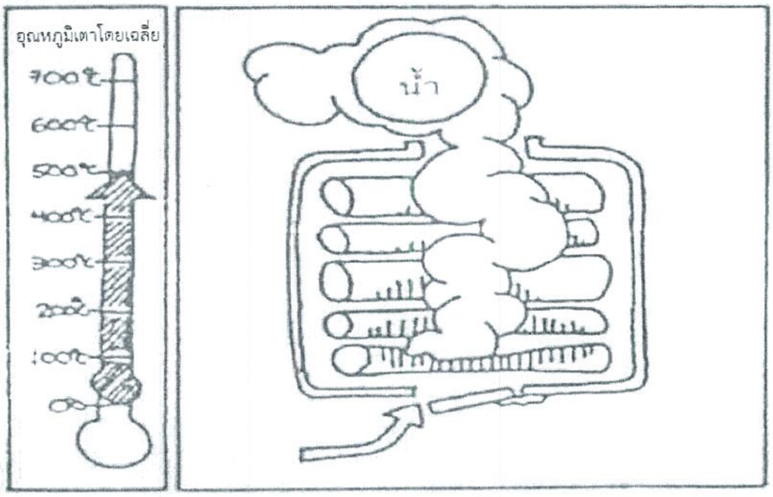

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพประกอบที่ 2.2** แสดงการลดปริมาณออกซิเจนของถ่านอัดก้อน

ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552

2.1.2 การลดความชื้น (Dehydration)

เป็นกระบวนการให้ความร้อนโดยการเผาไหม้เพื่อไล่ความชื้นภายในเนื้อไม้ให้ออกไปอยู่ในรูปของไอน้ำโดยระหว่างกระบวนการ อุณหภูมิของเตาเผาถ่านจะสูงขึ้นทีละน้อยจนกระทั่งถึงอุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส ดังภาพประกอบที่ 2.3

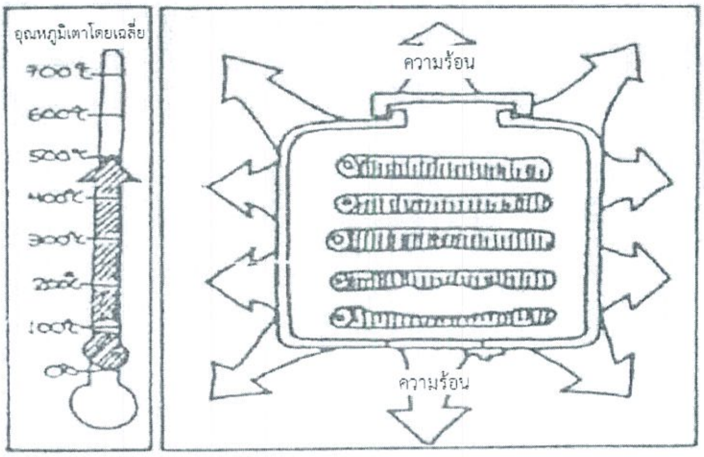



**ภาพประกอบที่ 2.3** แสดงการลดความชื้นของถ่านอัดก้อน
ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552

**2.1.3 การคายความร้อน (Exothermic)**

หลังจากกระบวนการไล่ความชื้นเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เมื่อสิ้นสุดการเผาไหม้จะเข้าสู่ขั้นตอน ของการทำให้เกิดปฏิกิริยาคายความร้อนของไม้ โดยการทำการกำจัดอากาศไม่ให้เข้าไปทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ในเตาถ่านอีก ดังแสดงดังภาพประกอบที่ 2.4 ในระหว่างปฏิกิริยาคายความร้อนจะเกิดก๊าซต่างๆ เนื่องจากแยกสลายทางความร้อน (Pyrolysis) ของไม้ เช่น กรดอะซิติค เมทิลแอลกอฮอล์ และน้ำมันดินซึ่งวัสดุแข็งที่ได้หลังจากกระบวนการนี้เรียกว่า “ถ่าน”

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



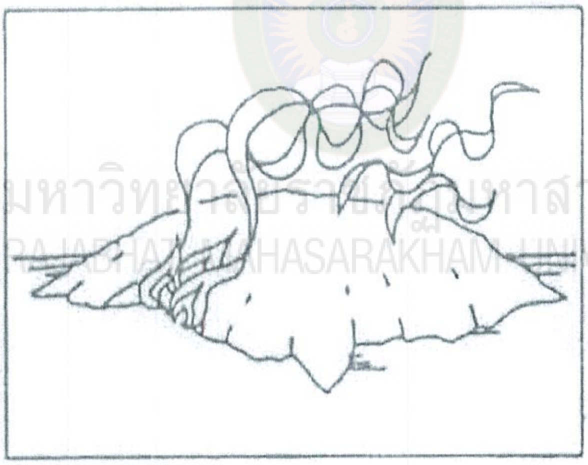

**ภาพประกอบที่ 2.4** แสดงการทำให้เย็นตัว หรือการคายความร้อนของถ่าน
ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552

### 2.1.4 การทำให้เย็นตัว

เป็นการนำผลิตภัณฑ์ถ่านมาทำให้เย็น ซึ่งจะใช้เวลาหลายชั่วโมงขึ้นอยู่กับชนิดของเตาเผาที่ใช้ในการผลิต คุณภาพของถ่านที่ผู้ใช้ยอมรับได้ คือ ต้องมีปริมาณคาร์บอน 70 เปอร์เซ็นต์ สารระเหยได้ต้องน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ขี้เถ้าประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และความหนาแน่นประมาณ 0.25 – 0.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งถ่านจะมีคุณสมบัติเปราะปานกลาง (ธารินี มหายศนันท์, 2548)

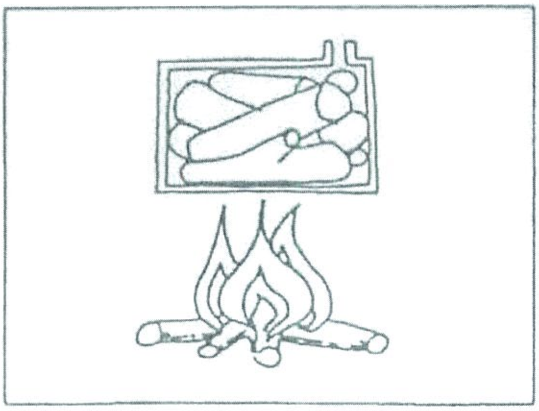
## 2.2 เครื่องมือในการผลิตถ่าน

หน้าที่ของเครื่องมือในการผลิตถ่าน คือการควบคุมปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ไม้ให้เกิดเปลวไฟ (Nonflammable) ในกระบวนการคาร์บอไนเซชั่น เครื่องมือในการผลิตถ่านโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบด้วยกัน คือ เตาเผาถ่านแบบเผาโดยตรง ซึ่งเราจะเรียกว่า “Kiln”และเตาเผาถ่านแบบการให้ความร้อนจากด้านนอกผ่านผนังเตาซึ่งเรียกว่า “Retort”



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพประกอบที่ 2.5** เตาเผาแบบคิลน์ (Kiln)
ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552



**ภาพประกอบที่ 2.6** เตาเผาแบบรีทอร์ท (Retort)
ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552

**2.2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเตาเผาถ่าน (Kiln)**

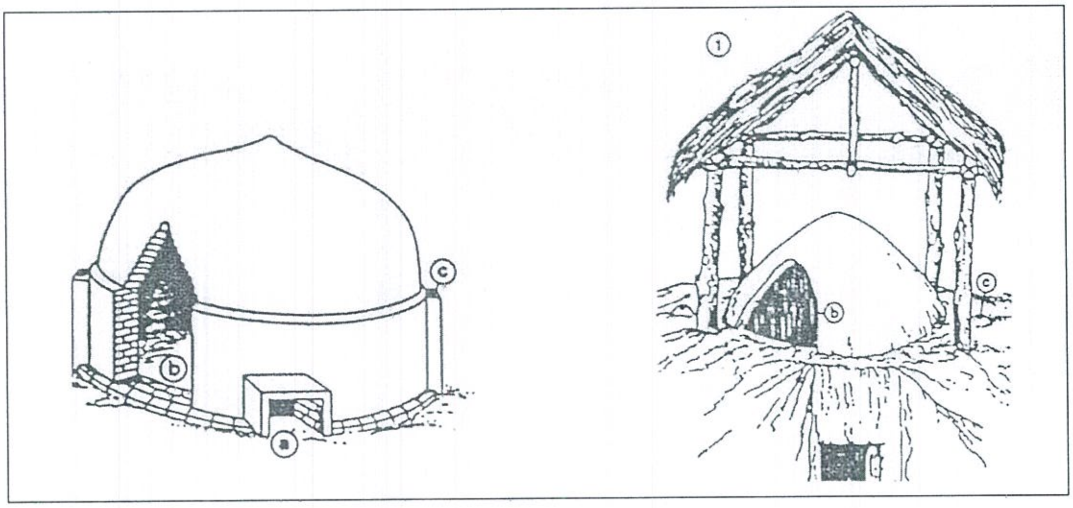
1. แหล่งความร้อน (Heat Source) ต้องมีการจัดเตรียมแหล่งความร้อนในการจุดเตาเพื่อการเผาไหม้ ซึ่งอาจทำได้โดยการจุดไม้เล็กๆ บางๆ ให้ลุกไหม้ หรือ จุดถ่านหินจากภายนอกแล้วนำไปให้เผาไหม้ในเตาเผาถ่าน

2. การถมกลบ/ฝาปิด (Cover) ใช้ในการควบคุมปริมาณของออกซิเจนให้พอเหมาะกับวัตถุดิบที่ใช้ โดยทั่วไปแล้ววัสดุที่ใช้ในการทำมีหลายประเภท เช่น ดิน โลหะ อิฐ ซีเมนต์ และอิฐดินเหนียวตากแห้ง (Adobe) ดังรูปที่ 2.7

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. ช่องระบายอากาศ (Vent) มีไว้เพื่อให้มีอากาศปริมาณเล็กน้อยเข้าไปยังเตาเผาถ่านเพื่อช่วยในการคาร์บอไนเซชั่นจนกระทั่งถึงกระบวนการคายความร้อน ลักษณะของช่องอากาศอาจจะเป็นแบบช่องทะลุผ่านฝาปิด ใช้ความพรุนของดินที่กลบคลุมซึ่งอากาศสามารถไหลผ่านได้หรือช่องอากาศแบบอัตโนมัติ

4. ช่องปล่องไอเสีย (Exhaust) ในบางกรณีช่องอากาศเข้า และช่องไอเสียอาจเป็นช่องเดียวกัน แต่โดยปกติแล้วจะมีช่องอากาศสำหรับไอเสียแยกต่างหาก ซึ่งอาจจะเป็นช่องอากาศทะลุผ่านฝาปิด หรืออาจจะเป็นแบบปล่องไฟ (Chimney) ก็ได้




**ภาพประกอบที่ 2.7** เตาเผาถ่าน
ที่มา : สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2551

**2.2.2 คุณลักษณะของเตาเผาถ่านที่ดี**

เตาเผาถ่านที่ดีควรมีขีดความสามารถในการทำงานที่หลากหลายและข้อจำกัดในการทำงานน้อยในขณะที่ยังคงมีผลผลิตสูง ซึ่งคุณสมบัติโดยทั่วไปของเตาเผาถ่านที่ดีคือ

1. ความเหมาะสมกับสังคมและวัฒนธรรมท้องถิ่น (Socio-Cultural Fit)

เตาเผาถ่านจะต้องมีความเหมาะสมกับสภาวการณ์ในแต่ละท้องถิ่นสอดคล้องกับความต้องการทรัพยากร และความชำนาญของคนในท้องถิ่น เตาเผาถ่านที่ดีควรจะถูกพัฒนาโดยคนในท้องถิ่นซึ่งเป็นผู้ใช้ โดยในที่สุดก็จะได้เตาเผาถ่านที่มีเทคโนโลยีและเป็นที่ยอมรับของผู้ใช้ในแต่ละท้องถิ่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

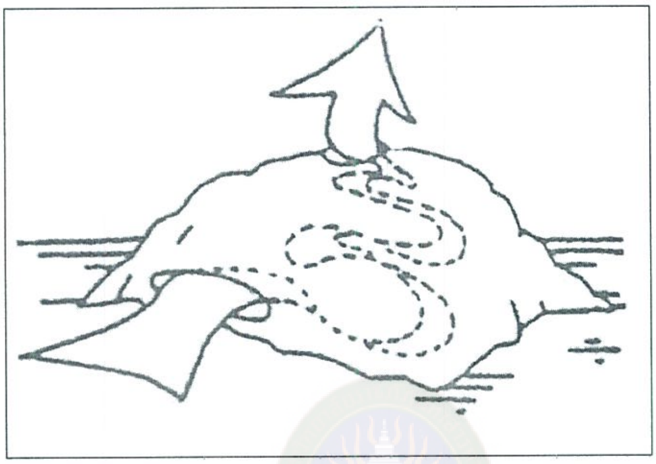
2. ต้นทุนต่ำ (Low Cost)

ต้นทุนจะเป็นตัวบ่งชี้พื้นฐานในการผลิตโดยทั่วไป ซึ่งเราต้องพยายามทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำขณะที่ยังคงได้ผลผลิตตามวัตถุประสงค์และความต้องการโดยเน้นการใช้ประโยชน์จากวัสดุที่มีประจำท้องถิ่น เนื่องจากผู้ผลิตโดยทั่วไปแล้วมักจะไม่มีเงินทุนมากนัก ดังนั้นจึงพยายามที่จะใช้เงินในการลงทุนไม่มากนักโดยให้ได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าที่สุด

3. ทางเดินก๊าซยาว (Long Gas Path)

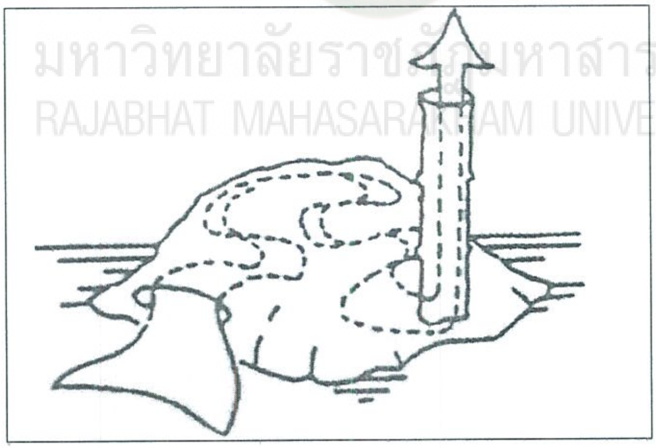
การมีทางเดินก๊าซที่ยาวก็เพื่อให้แน่ใจว่าความร้อนที่ได้จากกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นจะกระจายทั่วถึงไม้ทุกท่อนที่อยู่ภายในเตา เตาเผาถ่านจะมีทิศทางของการไหลของก๊าซร้อน 2 ลักษณะ คือ ไดเร็คดราฟท์ (Direct Draft) และรีเวอร์สดราฟท์ (Reverse Draft) เตาเผาถ่านแบบไดเร็คดราฟท์ดังภาพประกอบที่ 2.8 อากาศจะถูกป้อนเข้าที่ก้นเตาให้กับกระบวนการ

คาร์บอนไนเซชั่น และออกที่ด้านบนของเตา ส่วนเตาเผาถ่านแบบรีเวอร์สดราฟท์ดังภาพประกอบที่ 2.9 อากาศจะเริ่มต้นไหลเข้าในแบบเดียวกับไดเร็คดราฟท์ แต่เมื่อความร้อนเพิ่มมากขึ้นก๊าซจะไหลเวียนขึ้นและลงภายในเตาเพื่อดึงเอาความชื้นออกจากเนื้อไม้ ในที่สุดก็ไหลออกจากก้นเตาไปยังปล่องไฟภายนอกเพื่อปล่อยออก



**ภาพประกอบที่ 2.8** ไดเร็คดราฟท์ (Direct Draft)

ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552



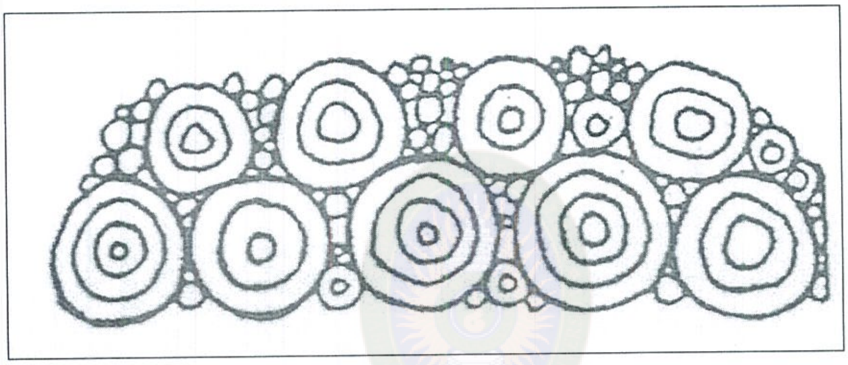
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพประกอบที่ 2.9** รีเวอร์สดราฟท์ (Reverse Draft)

ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552

4. การเรียงไม้เข้าเตา (Tight Packing)

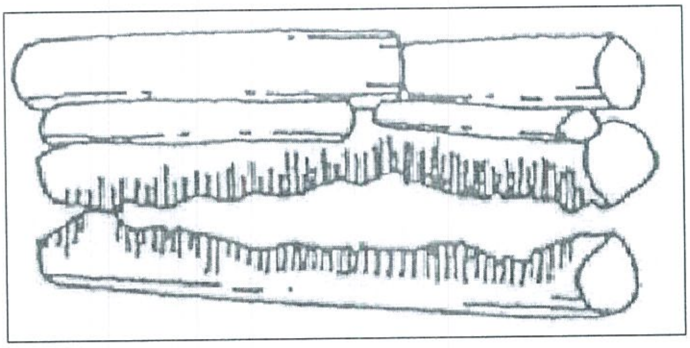
รูปแบบการจัดเรียงไม้ ดังภาพประกอบที่ 2.10 แสดงให้เห็นว่าไม้จำนวนมากสามารถบรรจุเข้าภายในเตาเผาถ่านได้โดยไม่ต้องเพิ่มขนาดของเตา ขณะเดียวกันยังทำให้มีทางเดินก๊าซภายในเตายาวขึ้น การอัดแน่นของไม้ภายในเตาจะเกิดขึ้นเพียงในช่วงแรกเท่านั้นโดยการยุบพังลงจะเกิดขึ้นเมื่อไม้ได้รับความร้อนแล้วเกิดการหดตัว การถ่ายเทความร้อนภายในเตาจะดีขึ้นเมื่อมีไม้ถูกบรรจุอยู่แน่นภายในเตาซึ่งจะช่วยให้มีการกระจายตัวของช่องทางเดินอากาศดีขึ้นเนื่องจากไม้ตามช่องทางเดินอากาศจะถูกเผาไหม้แล้วเหลือเพียงส่วนที่ไม่ถูกเผาไหม้ไว้ดังภาพประกอบที่ 2.11



**ภาพประกอบที่ 2.10** การจัดเรียงไม้เข้าเตา

ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

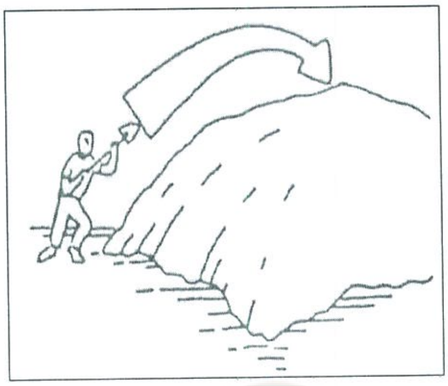


**ภาพประกอบที่ 2.11** ช่องทางเดินของควัน

ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552

5. ขนาดที่เหมาะสม (Proper Size)

โดยทั่วไปเตาเผาถ่านขนาดใหญ่จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแต่ข้อจำกัดก็คือเมื่อเตามีขนาดใหญ่จะทำให้คนไม่สามารถทำงานได้โดยลำพังทำให้ต้องใช้แรงงานและวัตถุดิบจำนวนมาก อีกทั้งยังต้องพิจารณาถึงวิธีการนำดินมาคลุมกลบเตาเผาถ่านดังภาพประกอบที่ 2.12

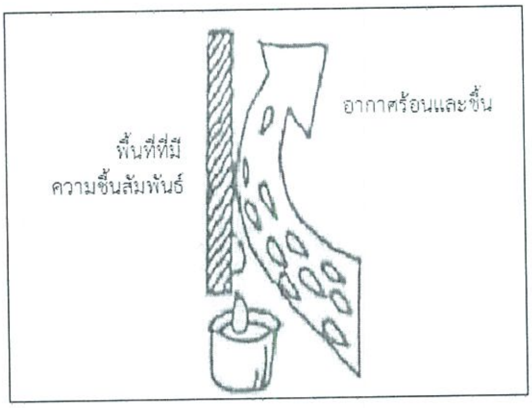


**ภาพประกอบที่ 2.12** การนำดินมาคลุมกลบเตาเผาถ่าน

ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552

6. การสะสมของไอระเหย (Volatiles Collection)

ไอระเหยที่เกิดขึ้นสามารถทำให้ควบแน่นได้โดยการติดแผ่นกันไว้ในปล่องไฟ (Baffled Chimney) ซึ่งไอระเหยที่ควบแน่นได้โดยการติดแน่นอาจถูกนำไปใช้ในการรักษาคุณรูปของไม้หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ หรือ ยิ่งไปกว่านั้นอาจนำไปแยกเป็นสารประกอบทางเคมีพื้นฐานได้ดังภาพประกอบที่ 2.13



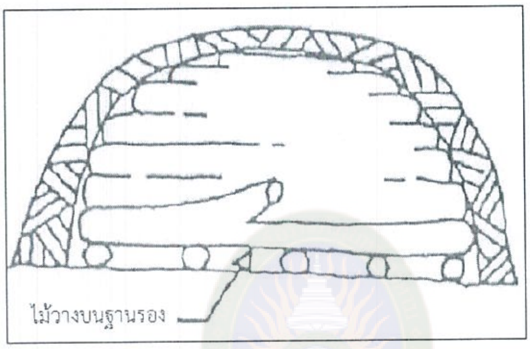

**ภาพประกอบที่ 2.13** วิธีควบแน่นก๊าซร้อน

ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

7. ไม่เกิดความร้อนเป็นจุด (No Hot Spots)

ปริมาณการกระจายของอากาศที่พอเหมาะสมจะช่วยสนับสนุนให้การคาร์บอไนเซชั่นเกิดขึ้นได้ทั่วทั้งเตาโดยไม่เกิดความร้อนขึ้นเฉพาะจุดใดจุดหนึ่ง วิธีหนึ่งที่จะช่วยให้เกิดการกระจายของอากาศที่ดีคือ การจัดเรียงไม้ลงบนฐานรองซึ่งจะทำให้อากาศสามารถไหลเวียนภายในเตาได้ดีขึ้นดังภาพประกอบที่ 2.14 และสำหรับเตาแบบคาซาแมนซ์ (Casamance Kiln) เป็นตัวอย่างของรูปแบบการทำช่องอากาศรอบๆ ฐานเตาเพื่อช่วยในการไหลเวียนของอากาศภายในเตา




**ภาพประกอบที่ 2.14** การจัดเรียงไม้ลงบนฐานรองซึ่งจะทำให้อากาศสามารถไหลเวียนภายในเตา

ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

8. ความเร็ว (Speed)

เตาที่มีการทำงานที่รวดเร็วจะช่วยให้คุณรูปและปริมาณของถ่านที่ได้จากการคาร์บอนไนเซชั่นที่ดีกว่า ซึ่งจะช่วยให้ผู้ผลิตถ่านได้ปริมาณที่มากกว่าและมีรายได้สูงขึ้น

9. ประสิทธิรูปในการใช้แรงงาน (Efficient Use of Labor)

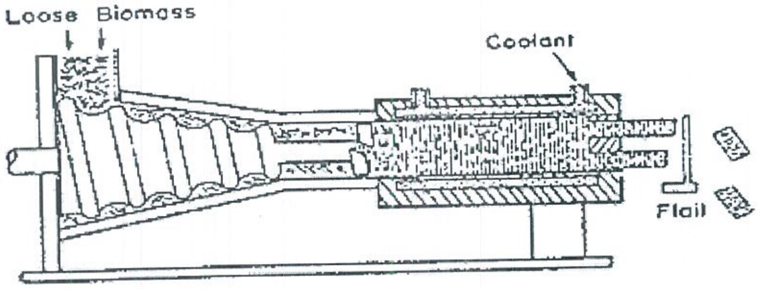
ประสิทธิภาพในการใช้แรงงานในที่นี้ไม่ได้หมายถึงการใช้แรงงานน้อยลง การใช้เงินทุนแทนแรงงานไม่ใช่ความหมายในทางเศรษฐศาสตร์ที่ถูกต้อง สำหรับคนในชนบทที่ห่างไกลแล้วแรงงานเป็นสิ่งที่หาได้ง่ายกว่าเมื่อเทียบกับในเมือง

## 2.3 ชนิดของเครื่องอัดถ่านอัดแท่ง

เครื่องอัดขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง เครื่องอัดแท่งที่ใช้ทากรอัดขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง มีหลายลักษณะ เมื่อแบ่งลักษณะออกตามลักษณะการใช้งานดังต่อไปนี้

### 2.3.1 เครื่องอัดแบบสกรูกรวย (Conical Screw Press)

เครื่องอัดแบบนี้แรงดันอัดขึ้นอยู่กับมุมลาดต่ำตามแนวแกนของสกรูที่ใช้ รูปร่างที่ได้ เป็นรูปทรงกระบอก หน้าตัดสามารถออกแบบได้หลายลักษณะ เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม หกเหลี่ยม เครื่องอัดแบบสกรูกรวย ดังภาพประกอบที่ 2.15

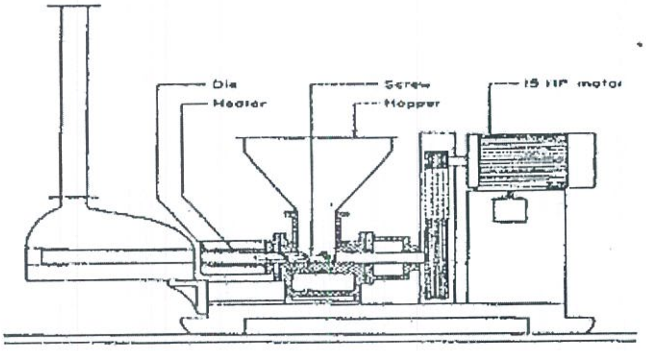



**ภาพประกอบที่ 2.15** เครื่องอัดแบบสกรูกรวย (Conical Screw Press)

ที่มา : Bhattachary, 1990 p.30

### 2.3.2 เครื่องอัดแบบสกรูตรงติดตัวทำความร้อน (Heated Die Cylindrical Screw Press)

การทำงานของเครื่องจะเหมือนกันกับแบบสกรูกรวย แต่การอัดจะใช้กับวัสดุที่มีความชื้นสูง หรือ วัสดุสด การอัดวัสดุที่ยังไม่ได้ผ่านการคาร์โบไนเซชั่น เครื่องอัดแบบนี้จะติดตั้งตัวทำความร้อน (Healter) เอาไว้ที่ภายนอกกระบอกลำเลียง (Barrel) เพื่อให้ความชื้นที่อยู่ในวัสดุระเหยกลายเป็นไอออกไป ทำให้ต้องใช้แรงดันในการอัดสูงกว่าแบบสกรูกรวย มีความสิ้นเปลืองพลังงานสูงกว่าการไหลออกของผลิตภัณฑ์เป็นแบบต่อเนื่อง ดังแสดงภาพประกอบที่ 2.16



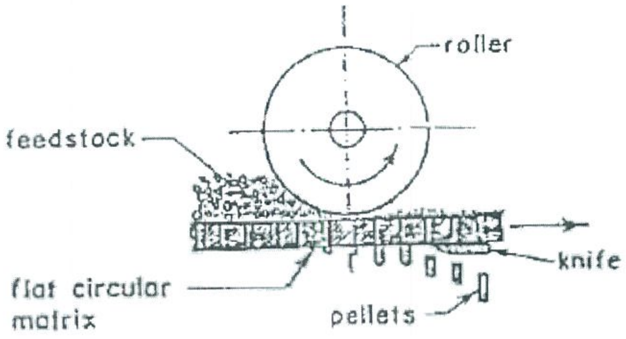

**ภาพประกอบที่ 2.16** เครื่องอัดแบบร้อนสกรูกระบอก (Heated Die Cylindrical Screw Press)

ที่มา : Bhattachary, 1990 p.33

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

### 2.3.3 เครื่องอัดแบบแผ่นกลม (Pellcizing Press)

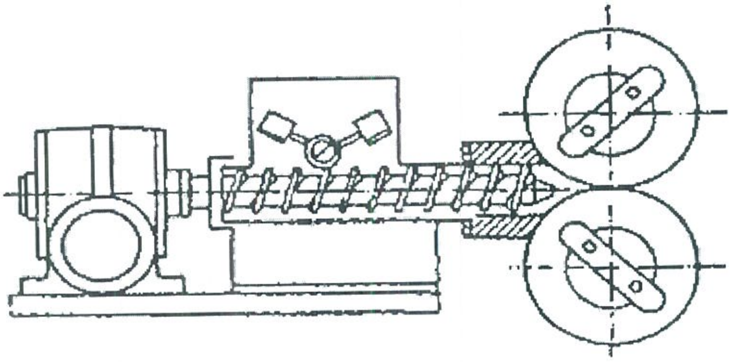
เครื่องอัดแบบนี้แรงอัดที่ใช้อัดวัสดุเกิดจากแรงอัดระหว่างแผ่นจานหมุน (Roller) กับแผ่นแบบที่รองรับด้านล่าง (Flat Circular Matrix) รูปทรงและการไหลออกของผลิตภัณฑ์จะเหมือนกับแบบสกรูกรวย และแบบสกรูตรงติดตัวทำความร้อน




**ภาพประกอบที่ 2.17** เครื่องอัดแบบแผ่นกลม (Pelletizing Press)
ที่มา : Bhattachary, 1990 p.33

### 2.3.4 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll Press)

เครื่องอัดชนิดนี้ จะมีลูกกลิ้งสองตัว คือ ลูกกลิ้งตัวบนและล่าง เป็นตัวทำหน้าที่เป็นแบบ Die อัดขึ้นรูป ส่วนเกลียวจะทำหน้าที่ลำเอียงวัสดุข้ามยังตัวแบบ เครื่องอัดชนาดนี้มีความสามารถขึ้นรูปทรงได้หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับการออกแบบของลูกกลิ้งที่จะทำการขึ้นรูป ให้เป็นรูปร่างลักษณะใด เช่น รูปไข่ รูปหมอน สี่เหลี่ยม ลูกบาศก์ การไหลออกของผลิตภัณฑ์จะเป็นการไหลแบบต่อเนื่อง เครื่องอัดแบบลูกกลิ้งมีลักษณะดังภาพประกอบที่ 2.18

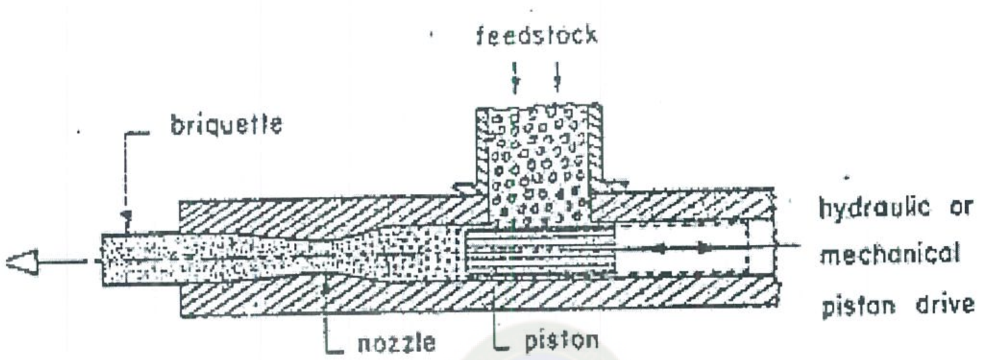


**ภาพประกอบที่ 2.18** เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll Press)
ที่มา : Bhattachary, 1990 p.33

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.3.5 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Press)

เครื่องอัดชนิดนี้ จะให้แรงดันการอัดแท่งได้สูงกว่าเครื่องอัดทุกชนิดที่กล่าวมาข้างต้น แรงดันในการอัดจะขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่หน้าตัดของคอคลอด (Nozzle) รูปร่างของผลิตภัณฑ์จะเป็นทรงกระบอก ส่วนหน้าตัดจะมีหลายลักษณะ เช่น สี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม หรือกลม การไหลออกของผลิตภัณฑ์จะเป็นแบบช่วงๆ เครื่องอัดแบบลูกสูบมีลักษณะดังในภาพประกอบที่ 2.19




ภาพประกอบที่ 2.19 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Press)
ที่มา : Bhattachary, 1990 p.30

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## 2.4 กรรมวิธีการอัดแท่งเชื้อเพลิง

โดยทั่วไปการอัดแท่งเชื้อเพลิงชีวภาพจะกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น อัดเป็นเม็ด หรือแท่งเล็กๆ (Polluting) อัดเป็นลูกบาศก์ (Cubing) อัดเป็นแท่งฟืน (Extruded Log) การอัดแท่งฟืนสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมนิยมใช้การอัดเกลียว หรือ อัดสกรู (Screw Extrusion) ซึ่งมีความสะดวกหลายประการ ดังนั้นจะจำแนกกระบวนการขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงชีวภาพเป็น 2 ลักษณะตามลักษณะการขึ้นรูป คือ กระบวนการอัดร้อน และ กระบวนการอัดเย็น

2.4.1 กระบวนการอัดร้อน (Hot Press Process)

เป็นกระบวนการอัดแท่งที่มีความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้องในระหว่างกระบวนการอัดแท่ง ทำให้ชีวมวลมีการเปลี่ยนรูปทางความร้อนไปมากหรือน้อย แล้วแต่กระบวนการ ซึ่งเป็นการอัดวัสดุโดยให้ความร้อนตลอดเวลาที่ทำการอัด โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 350 องศาเซลเซียส เครื่องอัดประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ สกรูและกระบอกได ระบบการให้ความร้อนนิยมใช้ขดลวดไฟฟ้าที่ควบคุมอัตโนมัติ หรือจะใช้วิธีเผาอย่างง่าย และระบบคายความร้อนห้องเฟืองวัสดุก่อนอัดต้องได้รับการบดจากชิ้นส่วนสม่ำเสมอในกรณีที่เครื่องอัดมีแรงอัดมาก อาจจะไม่จำเป็นที่ต้องบดก่อนความชื้นของวัสดุที่บดแล้วก่อนอัด ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 7 – 12 % หากสูงกว่า หรือ ต่ำนั้นอาจจะ

ไม่ได้ผล ใช้แรงอัดสูงประมาณ 77,000 – 120,000 กิโลนิวตัน/ตารางเมตร การบดอัดของวัสดุเกิดจากแรงวัสดุกับเกลียว และการรีดของกระบอกได กระบอกไดจะมีการรีดอย่างเหมาะสมและจะต้องมีร่อง หรือเส้น เพื่อป้องกันการหมุนของวัสดุไปตามเกลียวหมุน ส่วนใหญ่การอัดต้องใช้ความร้อนจากภายยอกช่วยทำให้ลิกนินของผลังเซลล์ละลายเป็นตัวเชื่อมประสาน การอัดแท่งด้วยความร้อนเหมาะสมกับวัสดุที่เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดสารเคมีอินทรีย์ที่ช่วยยึดเนื้อวัสดุเข้าหากัน จึงทำให้สามารถยึดเกาะเป็นแท่งได้โดยไม่ต้องใช้ตัวประสาน ตัวอย่างวัสดุที่สามารถนำมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยกระบวนการอัดร้อน คือ เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น แกลบ ขี้เลื้อย ยอดอ้อย ฟางข้าว เปลือกผลไม้ ซังข้าวโพด ชานอ้อย วัชพืชบกและน้ำ และผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะพืชที่มีแป้งและน้ำตาล ได้แก่ ข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวฟ่าง เป็นต้น

2.4.2 กระบวนการอัดเย็น (Cold Press Process)

การอัดเย็น หรือ อัดเปียก หรือที่เรียกว่าการอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว เป็นการนำชีวมวลมาอัดแท่ง ในสภาพที่ชีวมวลยังเปียกอยู่ไม่มีการแปรรูปก่อน ผลผลิตที่ได้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเรียกว่าเชื้อเพลิงเขียว เครื่องอัดประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ เกลียวหรือสกรูและกระบอกคายความชื้นก่อนการอัดจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืช โดยทั่วไปแล้วชีวมวลจะมีความชื้น 60% การอัดเปียกจะใช้แรงในการอัดน้อยกว่าการอัดแห้งมาก การอัดจะอาศัยยางเหนียวในพืชเป็นตัวประสานของเส้นใยพืช ชิ้นส่วนของพืชจะมีขนาดใหญ่ เล็ก ยาว หรือสั้นบ้างก็สามารถอัดได้ เมื่อผ่านการอัดเป็นแท่งแล้วจะต้องนำแท่งเชื้อเพลิงไปตากแห้งก่อนนำไปใช้ แท่งเชื้อเพลิงจะถูกอัดเป็นแท่งๆ การจับกันแข็งแรงไม่เปราะและหักง่าย จึงเหมาะสำหรับวัสดุที่ไม่มีคุณสมบัติในการจัดตัวได้ด้วยความร้อน สามารถแบ่งได้ 2 วิธีคือ

2.4.2.1 การอัดเย็นชนิดเติมตัวประสาน

เป็นการอัดเย็นที่ใช้กันอยู่ทั่วไป เนื่องจากเครื่องมือ วิธีการทำง่าย และใช้พลังงานต่ำ ใช้วัสดุมาผสมกับตัวประสาน โดยทั่วไปจะเป็นแป้งมันสำปะหลัง หากวัสดุใดมีขนาดใหญ่ เช่น กะลามะพร้าว โดยทั่วไปจะเป็นแป้งมันสำปะหลัง หากวัสดุใดมีขนาดใหญ่ เช่น กะลามะพร้าว ต้องมีเครื่องบดให้ละเอียดก่อนแล้วจึงนำมาผสมกับแป้งมัน และน้ำในอัตราส่วนตามที่ต้องการ

2.4.2.2 การอัดเย็นด้วยแรงอัดสูง

เป็นการอัดเย็นระบบใหม่ที่ไม่ต้องใช้ตัวประสาน แต่จะใช้แรงดันในการอัดสูงกว่าปกติอย่างมากเพื่อให้โมเลกุลของวัสดุเกิดการอัดตัวแน่นจนจับตัวเป็นก้อนได้ ซึ่งการอัดเย็นประเภทนี้จะใช้มอเตอร์ที่มีกำลังค่อนข้างสูง และยังใช้พลังงานไฟฟ้ามาก แต่จะมีขั้นตอนในการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

อัดเพียงขั้นตอนเดียว เพราะไม่ต้องผสมตัวประสาน และไม่มีความจำเป็นที่จะต้องบดวัสดุก่อนเข้าอัดหากวัสดุก่อนเข้าอัดหากวัสดุไม่ได้ขนาดใหญ่จนเกินไปนัก

การจะเลือกใช้กระบวนการอัดแท่งทั้งแบบร้อน หรือการอัดเย็นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมทางคุณลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุหลักที่นำมาทำการอัดแท่ง ที่สำคัญคือความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) และองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุ

## 2.5 การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมีหลายรูปแบบ เช่น แกลบ โดยได้จากการสีข้าวเปลือก ชานอ้อยได้จากการผลิตน้ำตาลทราย เศษไม้ ได้จากการแปรรูปไม้ยางพาราหรือไม้ยูคาลิปตัสเป็นส่วนใหญ่และบางส่วนได้จากส่วนป่าที่ปลูกไว้ กากปาล์ม ได้จากการสลักน้ำมันปาล์มดิบออกจากผลปาล์มสด กากและกะลามะพร้าว ได้จากการนำมะพร้าวไปผลิตกะทิและน้ำมันมะพร้าว กากเหง้ามันสำปะหลัง ได้จากการตัดออกจากลำต้นมันสำปะหลังและจากการผลิตแป้งมัน ซังข้าวโพด ได้จากการสีข้าวโพดเพื่อนำเม็ดออก เป็นต้น เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถนำมาแปรรูปเป็นถ่านอัดแท่งได้หลายประเภท ซึ่งพิจารณาจากข้อมูลด้านคุณสมบัติทางเชื้อเพลงชีวมวล (กรมอุตสาหกรรม, 2555) ที่นิยมนำมาแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงดังตารางที่ 2.1

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างคุณสมบัติเชื้อเพลิงของชีวมวลที่นิยมนำมาแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง

| วัสดุเหลือใช้ | สารระเหย (% โดยน้ำหนัก) | คาร์บอนคงตัว (% โดยน้ำหนัก) | เถ้า (% โดยน้ำหนัก) | กำมะถัน (% โดยน้ำหนัก) | ค่าความร้อน (% โดยน้ำหนัก) |
|---|---|---|---|---|---|
| ขี้เลื่อย | 75.4 | 22.4 | 2.0 | 0.20 | 4,500 |
| กากอ้อย | 73.9 | 17.6 | 8.5 | 0.3 | 4,400 |
| ฟางข้าว | 62.7 | 17.4 | 20.0 | 0.14 | 3,600 |
| ซังข้าวโพด | 74.4 | 18.3 | 7.3 | - | 4,000 |
| ขุยมะพร้าว | 63.3 | 29.4 | 7.1 | 0.06 | 4,800 |
| ต้นถั่วเหลือง | 72.5 | 19.1 | 8.4 | - | 4,500 |
| ต้นมันสำปะหลัง | 76.2 | 19.1 | 4.7 | 1.3 | 4,000 |
| เหง้ามันสำปะหลัง | 75.0 | 17.0 | 8.0 | 0.28 | 4,500 |
| เศษหวาย | 70.5 | 23.7 | 5.7 | - | 4,800 |
| ไมยราบยักษ์ | 71.2 | 25.1 | 3.7 | - | 4,600 |
| ผักตบชบา | 58.9 | 15.3 | 25.8 | 1.19 | 3,100 |

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555 หน้า 19

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีคุณสมบัติที่ดีที่นิยมในการนำมาแปรรูปผลิตเป็นถ่านอัดแท่งมีหลากหลายประเภทดังที่กล่าวมาข้างตน แต่จะขออธิบายวิธีการอัดแท่งของเศษวัสดุเหลือใช้เฉพาะเศษไม้ และ แกลบเท่านั้น

**2.5.1 ถ่านไม้อัดแท่ง (Briquetting)**

เป็นการนำเอาผงถ่านหรือเศษถ่านขนาดเล็กๆมาปั้นและอัดเป็นก้อนสำหรับนำไปใช้งาน ผงถ่านเหล่านี้อาจได้มาจากการคาร์บอนไนเซชั่นของเศษวัสดุต่างๆ เช่นหญ้า ขี้เลื่อย เปลือกถั่วลิสง หรืออาจมาจากเศษไม้ตกค้างจากคาร์บอนไนเซชั่น ในส่วนของเหลือทิ้งจากการเกษตรเราก็อาจนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตได้เช่นกัน

**ข้อดี**

- เป็นการใช้ประโยชน์จากผงถ่าน
- สามารถนำของเหลือทิ้งจากการเกษตรและอุตสาหกรรมมาใช้
- ถ่านที่ผลิตได้มีเนื้อแน่น
- ปริมาณพลังงานต่อน้ำหนักหนึ่งหน่วยได้มากกว่าถ่านธรรมดา
- ลุกไหม้และให้ความร้อนได้นาน
- มีขนาดเป็นมาตรฐานแน่นอน
- มีความแข็งแกร่งไม่แตกหักง่าย

**ข้อเสีย**

- ยังไม่เป็นที่รู้จักของคนทั่วไป
- มีราคาแพงเนื่องจาก
    1. ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการผลิต
    2. มีขั้นตอนในการผลิตหลายขั้นตอน เพิ่มแรงงาน
    3. ต้องผ่านพ่อค้าคนกลาง
    4. ใช้เวลาในการผลิตนาน
    5. เสียค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บวัตถุดิบ

**คุณสมบัติของถ่านอัดก้อนที่ดี**

ถ่านไม้อัดก้อนที่ดีควรมีความแข็งแกร่งไม่แตกหักง่ายเนื่องจากการเคลื่อนย้ายหรือการบรรจุหีบห่อ และขณะเดียวกันควรจะสามารถรักษารูปร่างของก้อนถ่านไว้ได้แม้ขณะเผาไหม้

การอัดผงถ่านเป็นก้อน (Making Briquettess)

- ผงถ่าน (Fine)
- ตัวประสานผงถ่าน (Binder)
- ตัวนำส่ง (Carrier) ของเหลวที่ทำหน้าที่ในการละลายตัวประสาน
- อุปกรณ์ในการอัดก้อน (Compaction device)

วิธีในการขึ้นรูปถ่านอัดไม้เป็นก้อนมีด้วยกัน 3 วิธี คือการใช้แรงอัดจากความดันสูง ตัวประสานบางประเภท หรืออาจจะใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน สำหรับการผลิตโดยใช้แรงอัดจากความดันสูงต้องใช้อุปกรณ์ที่มีราคาแพง ในขณะที่ผลิตโดยกรใช้ตัวประสานเพียงอย่างเดียวนั้นถ่านที่ได้อาจไม่แข้งแกร่งมากนัก แตกหักได้ง่ายดังนั้นในการผลิตจึงมักใช้ทั้งสอวิธีร่วมกันซึ่งในส่วนต่อไปจะเป็นการพิจารณาถึงการผลิตโดยใช้สองวิธีร่วมกัน

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม วิทยานิพนธ์ งานวิจัย


**ตัวประสาน (Binder)**

วัสดุที่ใช้เป็นตัวประสานผงถ่านนั้นมีหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ แป้ง ดินเหนียว โมลาส มูลสัตว์ ยางไม้ และผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมเป็นต้น อย่างไรก็ตามยังมีวัสดุอีกมากมายสามารถนำมาใช้เป็นตัวประสานได้ซึ่งในแต่ละท้องถิ่นก็จะมีการใช้วัสดุที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการที่จะเลือกใช้วัสดุใดเป็นตัวประสานนั้นก็ควรจะพิจารณาถึงคุณสมบัติต่อไปนี้

- ราคาถูก
- มีแรงยึดเกาะที่ดี
- ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นขณะเผาไหม้
- สามารถหาได้ง่าย
- สามารถละลายได้ดีในตัวนำส่ง

การเลือกใช้วัสดุเป็นตัวประสานนั้นควรหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุที่สามารถใช้สำหรับการบริโภคหรือใช้ในการเกษตร เนื่องจากมีวัสดุอื่นๆ อีกมากที่สามารถใช้เป็นตัวประสานได้แก่ดินเหนียว ถึงแม้จะมีค่าความร้อน (Heating value) ต่ำ แต่สามารถนำไปใช้ร่วมกับตัวประสานชนิดอื่น ซึ่งจะช่วยยืดระยะเวลาในการเผาไหม้ของถ่านให้นานขึ้น น้ำมันดิน (Tar) และโมลาส ก็สามารถนำมาใช้เป็นตัวประสานได้ดี โดยก่อนใช้ต้องมีการไล่สารระเหยด้วยความร้อนก่อนหรือการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมราคาสูงขั้นตอน

**ขั้นตอนการอัดก้อนของถ่านไม้อัดแท่ง**

การอัดก้อนของถ่านแบ่งออกได้ 4 ขั้นตอน คือ การบด การผสม การอัด และการอบแห้ง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 1 การบด (Grinding)

ถ่านที่นำมาใช้ในการอัดก้อนจะต้องละเอียดพอที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นก้อนได้ดี ขนาดของผงถ่านที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของถ่านและวิธีการทำผงถ่านให้เป็นก้อน วิธีการบดต้องผ่านกระบวนการเผาวัตถุดิบก่อน แสดงดังรูปที่ 2.20 โดยวิธีการบดสามารถทำได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องบด ดังภาพประกอบที่ 2.21 หรือวิธีง่ายที่สุดก็คือ การบดด้วยมือโดยอาจใช้ครกและสาก เป็นอุปกรณ์ซึ่งวิธีนี้ต้องการแรงงานมากและใช้เวลานาน

249924

**ภาพประกอบที่ 2.20** ขั้นตอนการเผาวัสดุเกษตรก่อนนำไปทำถ่านอัดก้อนในขั้นตอนต่อไป

ที่มา : ชาญยุทธ เทพพานิช, 2552

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพประกอบที่ 2.21** ขั้นตอนการบดขี้เถ้าโดยเครื่องบด

ที่มา : ชาญยุทธ เทพพานิช, 2552

ขั้นที่ 2 การผสม (Mixing)

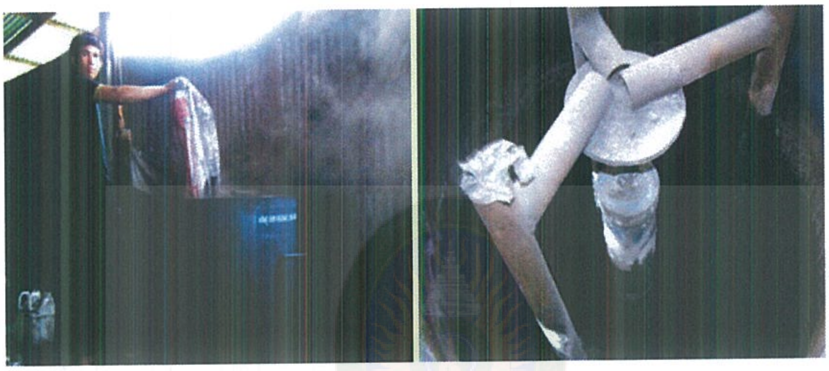
มีสูตรต่างๆ มากมายในการเตรียมส่วนผสมสำหรับการทำถ่านอัดก้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายปัจจัย ซึ่งอัตราส่วนผสมโดยประมาณที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจะเป็นไปตามสูตรต่อไปนี้

ถ่าน 100 กิโลกรัม ผสมกับแป้ง 5-7 กิโลกรัม และน้ำ 30-35 กิโลกรัม

หรือ

ถ่าน 100 กิโลกรัม ผสมกับน้ำมันดิน 15-30 กิโลกรัม น้ำมันเชื้อเพลิง 1 กิโลกรัม และน้ำ 30 กิโลกรัม

อัตราส่วนที่ใช้ที่แน่นอนของผงถ่านที่ใช้ขึ้นอยู่กับขนาดของผงถ่าน ชนิดปริมาณของตัวประสานที่ใช้ และกรรมวิธีการบดอัดผงถ่าน ซึ่งในการหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมควรจะทำโดยค่อยๆ ปรับสัดส่วนทีละน้อยจนกระทั่งได้ถ่านอัดที่มีคุณภาพตามต้องการ สำหรับสถานที่ในการผสมส่วนผสมต่างๆ เข้าด้วยกันส่วนใหญ่มักจัดเตรียมลงบนพื้นดิน ถึงแม้ว่าอาจทำให้มีสิ่งเจือปนเข้ามากับส่วนผสมบ้างก็ตาม แต่กรณีที่เป็นการเตรียมส่วนผสมที่ไม่มากนักอาจใช้การผสมในถังหรือพื้นซีเมนต์ก็ได้ แต่หากมีเงินทุนเพียงพอก็สามารถทำการผสมโดยอาศัยเครื่องผสม โดยแสดงดังภาพประกอบที่ 2.22



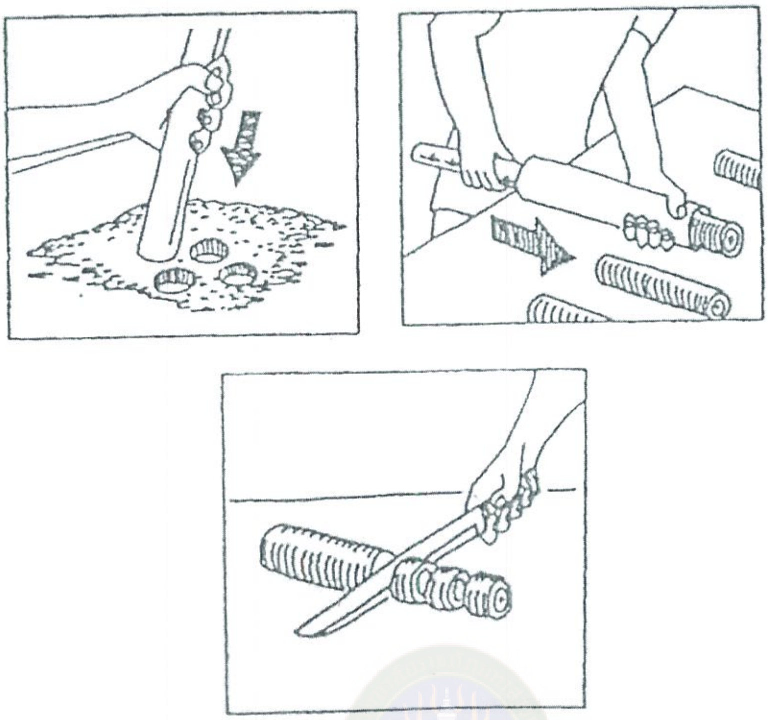
**ภาพประกอบที่ 2.22** ขั้นตอนการผสมส่วนผสมถ่านอัดก้อน

ที่มา : ชาญยุทธ เทพพานิช, 2552

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นที่ 3 การอัดก้อน (Compaction)

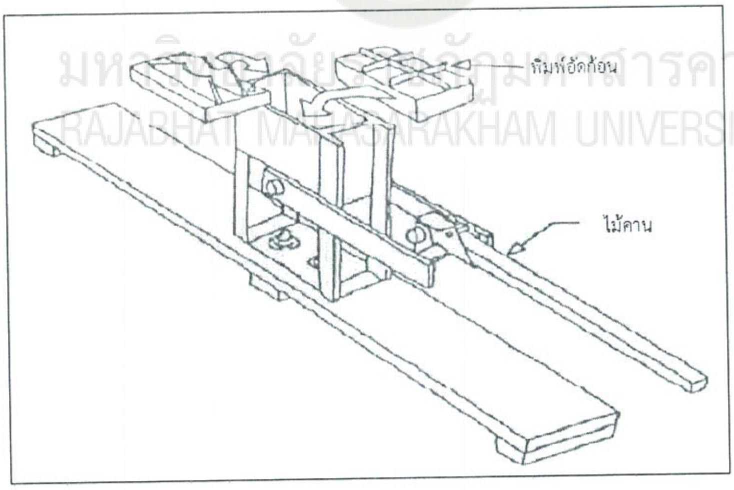
ขั้นตอนในการอัดส่วนผสมเป็นก้อนนี้จะเป็นขั้นตอนในการกำหนดรูปร่างและความแน่นอนของเนื้อถ่านอัดก้อนโดยที่ขนาดและรูปร่างนั้นขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ที่ใช้งานและความต้องการของผู้ใช้ วิธีที่ง่ายที่สุดคือการใช้มือปั้นและอัดส่วนผสมเป็นก้อนแม้ว่าแรงอัดวิธีนี้จะมีไม่มากนัก โดยภาพประกอบที่ 2.22 จะเป็นวิธีการใช้หลอดหรือท่อช่วยในการผลิต และรูปที่ 2.23 เป็นกระบวนการอัดก้อนโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า “Earth Brick Press” ในการอัดก้อนทำให้ถ่านที่ได้มีเนื้อละเอียดแน่น และแข็งแกร่ง นอกจากนี้ยังมีวิธีอื่นอีกหลายวิธีในการเพิ่มกำลังของเครื่องอัด เช่นการใช้สกูร น้ำหนักกด และไฮโดรลิค เป็นต้นอย่างไรก็ตามเครื่องอัดเหล่านี้ยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก สำหรับการผลิตถ่านใช้เองภายในท้องถิ่นเนื่องจากมีราคาแพงและมีความยุ่งยากในการใช้งาน



**ภาพประกอบที่ 2.23** วิธีการใช้ท่อหรือหลอดในการอัดก้อน

ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY




**ภาพประกอบที่ 2.24** เครื่องอัดก้อน (Earth Press for Briquetting)

ที่มา : เจษฎาพร ศรียะ, 2552

**ภาพประกอบที่ 2.25** ขั้นตอนการอัดก้อนถ่านโดยใช้เครื่องอัดก้อน

ที่มา : ชาญยุทธ เทพพานิช, 2552

ขั้นที่ 4 การทำให้แห้ง (Drying)

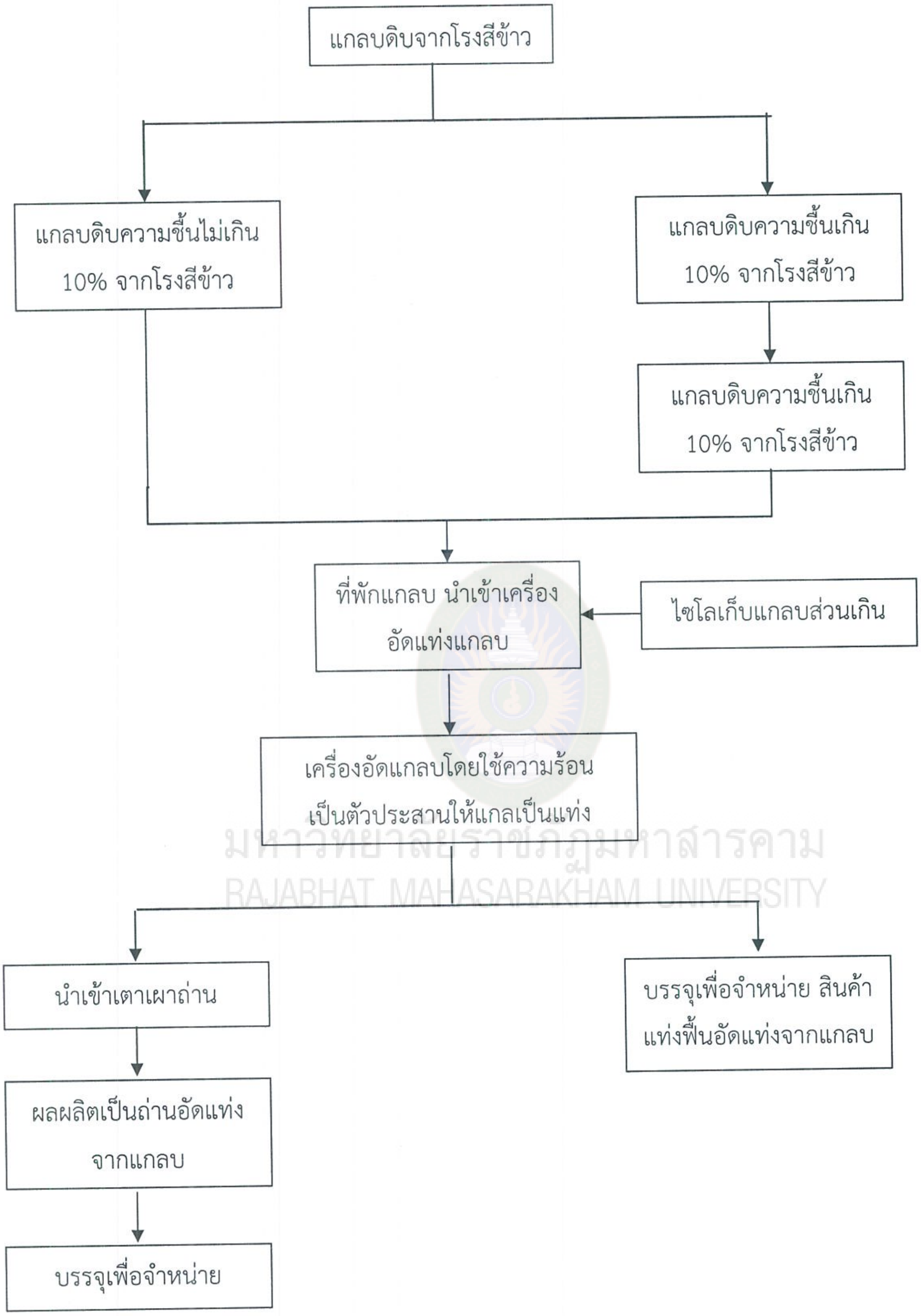
วิธีง่ายและถูกที่สุดสำหรับการทำให้แห้ง คือการตากแดด แต่หากใช้เป็นห้องอบโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar Dryer) ก็จะช่วยลดระยะเวลาให้สั้นลง นอกจากนี้ยังสามารถใช้ความร้อนจากเตาเผามาไล่ความชื้นภายในก้อนถ่านให้แห้ง ข้อควรระวังสำหรับวิธีนี้ก็คือต้องรักษาอุณหภูมิห้องอบไม่ให้สูงเกินกว่าอุณหภูมิลุกไหม้ของถ่าน สำหรับเวลาที่ใช้ในการอบไล่ความชื้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นของส่วนผสมและชนิดห้องอบที่ใช้

**ภาพประกอบที่ 2.26** การทำถ่านให้แห้งโดยการตากแดด และการใช้เครื่องอบ

ที่มา : ชาญยุทธ เทพพานิช, 2552

2.5.2 ถ่านอัดแท่งจากแกลบ

แกลบมีอุปทานพอเพียงในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็งเพื่อใช้ทดแทนฟืนและไม้ แต่อาจแปรผันตามฤดูการเก็บเกี่ยวข้าวบ้าง สำหรับราคาแกลบยังมีราคาค่อนข้างถูก สำหรับการผลิตมีส่วนประกอบไม่แตกต่างจากการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งประเภทอื่นๆ มากนัก ซึ่งจะมีขั้นตอนการผลิตดังภาพประกอบที่ 2.27




มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพประกอบที่ 2.27** กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากแกลบ

ที่มา : พุทธิธร แสงรุ่งเรืองและคณะ, 2549

**สภาวะที่เหมาะสมในการผลิต**

ในการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบนั้น มีตัวแปรต่างๆ ที่สำคัญที่ทำให้คุณภาพของแท่งฟืนแกลบที่ได้แตกต่างกันดังต่อไปนี้

1. ความชื้น ถ้าหากแกลบมีความชื้นมากเกินไปไอน้ำที่เกิดขึ้นเมื่อแกลบได้รับความร้อนจะขยายตัว ทำให้แท่งฟืนแกลบระเบิดและแตกร่วน แต่ถ้าหากว่าความชื้นน้อยเกินไปทำให้แกลบเกาะกันเป็นแท่งได้ยาก ผิวของแท่งมีรอยแตกร้าวโดยทั่วไปปริมาณความชื้นที่ใช้ควรจะให้ความชื้นอยู่ระหว่าง 8-12%

2. อุณหภูมิ ถ้าหากว่าใช้อุณหภูมิสูงเกินไปทำให้ผิวหน้าของแท่งฟืนไหม้เกรียม การเกาะตัวกันของแกลบไม่เป็นเนื้อแน่นดีเท่าที่ควร และถ้าหากว่าใช้อุณหภูมิต่ำ ความแข็งของแท่งฟื้นที่ได้ก็จะต่ำด้วยเช่นกัน ที่สำคัญต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่และการใช้เชือกฉนวนพันรอบเครื่องทำความร้อนจะช่วย ลดปัญหาเกี่ยวกับการสูญเสียความร้อนสู่บรรยากาศได้

3. ความดัน ความดันในกระบอกอัดขึ้นอยู่กับระยะห่าง ระหว่างเกลียวอัด ความสูงของเกลียว ความเร็วของสกรู ตลอดจนระยะห่างระหว่างผนังกระบอกอัด กับสกรู เมื่อแกลบถูกสกรูหมุนดันให้ติดกับกระบอกอัด ซึ่งรับความร้อนมาจากเครื่องทำความร้อน จะทำให้เกิดการเกาะตัวกัน และแรงเสียดทาน ระหว่างกระบอกอัด กับการเคลื่อนตัวของแท่งฟืน ทำให้การอัดตัวแน่นยิ่งขึ้น

**คุณสมบัติของแท่งฟืนจากแกลบ**

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงของฟืนจากแกลบ ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างแท่งฟืนแกลบที่สุ่มจากการทดลองผลิต นอกจากนี้แท่งฟืนแกลบที่ผลิต ได้มีคุณลักษณะสม่ำเสมอ ดังภาพประกอบที่ 2.29

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพประกอบที่ 2.28** แท่งฟืนจากแกลบ

ที่มา : ณัฐพร ดำรงโรจน์วัฒนา. (2546).

ลักษณะของแท่งฟืนแกลบที่ผลิตได้ มีความแข็งแรงมากพอ สามารถโยนหรือกองสูงได้โดยไม่แตกหัก ไม่สิ้นเปลืองเนื้อที่ใน การเก็บ และสะดวกในการขนส่ง คุณสมบัติทางฟิสิกส์มีค่าเฉลี่ยดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ความหนาแน่น | 1,326 | กก./ม$^3$ |
| ความยาว | 50 | ซม. |
| พื้นที่หน้าตัด | 21.25 | ซม$^2$ |
| น้ำหนัก | 1.41 | กก./แท่ง |
| Bending Strength | 30.9 | กก./ซม$^2$ |
| Compressive Strength | 297.2 | กก./ซม$^2$ |

สำหรับค่าความร้อนเฉลี่ยของเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบ ดังที่แสดงในตาราง คือ 3886 กิโลแคลอรี่นั้น เมื่อนำมาคำนวนกับค่าความหนาแน่น 1326 กก./ม$^3$ จะให้ค่าความร้อนต่อหน่วยปริมาตร สูงถึง 5,152,836 กิโลแคลอรี่/ม$^3$ ในขณะที่ฟืนไม้มีความร้อนเพียง 3,168,300 กิโลแคลอรี่/ม$^3$ หรือเพียง 62% ของฟืนจากแกลบ ทั้งนี้เพราะฟืนไม้มีค่าความหนาแน่นเพียง 708 กก./ม$^3$ เท่านั้นเอง

การผลิตถ่านจากฟืนแกลบ พบว่า ถานที่ได้มีค่าความร้อน 4820 กิโลแคลอรี่/กก.ซึ่งน้อยกว่าค่าความร้อนเฉลี่ยของถ่านไม้ทั่วไปคือ 7450 กิโลแคลอรี่/กก. ทั้งนี้เพราะแกลบมีขี้เถ้าซิลิเกตมาก แต่ถ่านจากฟืนแกลบให้ค่าความหนาแน่นสูงถึง 885 กก./ม$^3$ เมื่อเทียบกับถ่านไม้ 705 กก./ม$^3$ จึงทำให้ระยะเวลาการเผาไหม้ของถ่านจากแกลบสูงถึง 3 ชั่วโมง ขณะที่ถ่านไม้มีระยะเวลาการเผาไหม้เพียง 1.7 ชั่วโมง ที่ปริมาณ และสภาวะเดียวกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## 2.6 งายวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐธิรา และสุนัยต์ (2545) ถ่านชีวภาพจากแกลบ มีขั้นตอนการผลิตที่สำคัญ 2 ขั้นตอนคือ การผลิตถ่านจากแกลบและการอัดแท่งถ่านแกลบ การผลิตถ่านแกลบใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตรเป็นเตาผลิต และการควบคุมกระบวนการ ใช้การสังเกตควัน ในกระบวนการเผาเพื่อผลิตถ่านจากแกลบเมื่อควันหมดหมายถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิตถ่าน การอัดแท่งแกลบใช้เครื่องอัดแท่งแบบเกลียว ตัวประสานที่ใช้คือ น้ำและมันสำปะหลังบดเป็นส่วนผสม ผลการศึกษาจากการวิจัยพบว่า อัตราส่วนตัวประสานและผสมต่ออัตราส่วนถ่านที่ดีที่สุดคือ 1:1:7 โดยปริมาตร

จิตติพงษ์ และ วิบูลย์ (2545) ทำการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตถ่านชีวมวลจากฟางข้าว ขั้นตอนการผลิตคือ นำฟางข้าวมาเผาในเตาเผาให้เป็นถ่านฟางข้าว จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด แล้วนำมันสำปะหลังสดมาบดให้ละเอียด เพื่อใช้เป็นตัวประสานกับถ่านฟางที่บดแล้ว จากนั้นก็

นำมาผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ แล้วผสมกับน้ำอีกหนึ่งส่วน แล้วนำส่วนผสมมาทำการอัดแท่ง ซึ่งจะได้ถ่านที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันคือ 4 เซนติเมตร จากการวิจัยพบว่าสัดส่วนผสมของถ่านฟาง : มันสำปะหลังสดบด : น้ำ มีค่าเท่ากับ 6:1:1 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการอัดแท่ง และการนำมาใช้งานได้ดีที่สุด และรู้ว่าสัดส่วนตั้งแต่ 7:1:1 ขึ้นไปจะส่งผลให้ไม่สามารถอัดแท่งได้

วรวุฒิ และ วันวิวา (2545) ทำการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตถ่านชีวมวลจากกะลามะพร้าว วิธีการคือนำเอากะลามะพร้าวมาผึ่งแดดให้แห้ง แล้วนำไปเผาให้เป็นถ่านแล้วนำไปบดให้ละเอียด จากนั้นนำมาผสมกับมันสำปะหลังสดบดผสมกับน้ำอีกส่วนหนึ่งแล้วนำมาผสม มาทำการอัดแท่ง ซึ่งจะได้ถ่านที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันคือ 4 เซนติเมตร จากการลองพบว่าสัดส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าว : มันสำปะหลังสดบด : น้ำ มีค่าเท่ากับ 7:1:1 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด ในการอัดให้เป็นแท่งและมีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนมากที่สุด

ทัศนีย์ และหทัยทิพย์ (2545) ทำการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตถ่านชีวมวลจากซังข้าวโพด วีธีการคืนนำเอาซังข้าวโพดมาผึ่งแดดให้แห้งแล้วนำไปวัดหาค่าความชื้นโดยการนำเอาไปอบ จากนั้นนำไปเผาเป็นถ่านแล้วนำไปบดให้ละเอียดแล้วนำมาผสมกับมันสำปะหลังสดบดผสมกับน้ำ แล้วนำมาทำการอัดแท่งซึ่งจะได้ถ่านที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันคือ 4 เซนติเมตร จากการทดลองพบว่าสัดส่วนผสมของถ่านซังข้าวโพด : มันสำปะหลังบด : น้ำ มีค่าเท่ากับ 7:1:2 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการอัดให้เป็นแท่งและมีประสิทธิภาพ ในการให้ความร้อนมากที่สุด

เกศกนก และวิทวัส (2546) ได้ศึกษาการทำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อนำมาทำถ่านชีวภาพ โดยใช้ ชานอ้อน ต้นมันสำปะหลัง และกาบมะพร้าว โดยใช้ มูลสัตว์เป็นตัวประสาน ในการทดลองได้ทำการทดลองโดยใช้ ชานอ้อยเพียงอย่างเดียว ชานอ้อยผสมกับกาบมะพร้าวในอัตราส่วน 1:1:1 ถึง 4:1:1 ชานอ้อยผสมต้นมันสำปะหลัง 1:1:1 ถึง 4:1:1 และนำวัสดุทั้ง 3 ชนิดมาผสมกัน แล้วนำมาอัดเป็นแท่ง วัดค่าความร้อนด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter พบว่าความร้อนเฉลี่ยที่วัดได้คือ 3113.61 แคลอรี/กรัม 3168.68 แคลอรี/กรัม 3353.95 แคลอรี/กรัม 3195.88 แคลอรี/กรัม 3157.06 แคลอรี/กรัม 3191.84 แคลอรี/กรัม 2955.10 แคลอรี/กรัม 3901.46 แคลอรี/กรัม และ 3239.24 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ อัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนเฉลี่ยมากที่สุดคือ ชานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลังในอัตราส่วน 4:1:1 และอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ชานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลังในอัตราส่วน 3:1:1 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิต เมื่อพิจารณาผลการทดลองจากค่าความร้อนการต้มน้ำ ปริมาณควัน และลักษณะของถ่าน พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตอัตราส่วน 2:1:1 ทั้งชานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลัง และชานอ้อยผสมกาบมะพร้าว

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ปริชาติ และศรันยา (2548) ได้ศึกษาการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมมาทำถ่านชีวภาพ โดยการนำชานอ้อยมาผสมกับกากมันสำปะหลังจำนวน 6 อัตราส่วนผสม คือ 3:1 4:1 5:1 6:1 7:1 และ 8:1 ตามลำดับ และได้ศึกษาคุณสมบัติทางกล และคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM รวมทั้งศึกษาประสิทธิภาพใช้งานของความร้อนและเปรียบเทียบกับถ่านไม้ยูคาลิปตัส ผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างถ่านชานอ้อย กับกากมันสำปะหลังตั้งแต่ 3;1 4:1 5:1 6:1 7:1 และ 8:1 จะสามารถที่จะอัดขึ้นรูปเป็นแท่งได้ทุกอัตราส่วน โดยส่วนผสมที่มีถ่านชานอ้อยเพิ่มรูปได้ยากขึ้น ความหนาแน่นและดัชนีการแตกร่วนจะลดลง จากการอัดขึ้นรูปเป็นแท่งพบว่าอัตราส่วนผสม 5:1 มีคุณสมบัติดีที่สุด เมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM รวม 5 ด้าน คือ ความชื้นมีค่า 3.33% ปริมาณเถ้ามีค่า 12.6% ปริมาณสารระเหยมีค่า 24.79% ปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่า 59.22% และค่าความร้อนมีค่า 18,846.78 กิโลจูล/กิโลกรัม และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับถ่านไม้ยูคาลิปตัส พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน นอนจากนี้ในการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน พบว่าถ่านชานอ้อยผสมกากมันสำปะหลังมีประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนใกล้เคียงกับถ่านไม้ยูคาลิปตัส คือ 28.16% และ 29.71% ตามลำดับ

ยุภาพร และรัชสุดา (2549) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเอาเปลือกมันสำปะหลัง ลำต้นมันสำปะหลัง เหง้ามันสำปะหลัง และใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุประสาน ซึ่งมี 6 อัตราส่วนคือ 4:1 5:1 6:1 7:1 8:1 และ 9:1 ตามลำดับ จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพเพื่อหาอัตราส่วนถ่านชีวภาพที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน และวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM โดยเปรียบเทียบกับถ่านไม้ยูคาลิปตัส จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น และดัชนีการแตกร่วน พบว่ามีค่าลดลงเมื่อถ่านชีวภาพมีอัตราส่วนเพิ่มขึ้น โดยถ่านชีวภาพจากลำต้นมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 4:1 และถ่านชีวภาพจากเหง้ามันสำปะหลังที่อัตราส่วน 5:1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน และผลวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงจากอัตราส่วนดังกล่าวพบว่า ถ่านชีวภาพจากเหง้ามันสำปะหลังที่อัตราส่วน 5:1 ให้ค่าความร้อนสูงกว่าถ่านชีวภาพจากลำต้นมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 4:1 โดยมีค่าความร้อนเท่ากับ 6,335 แคลอรี/กรัม และ 6,310 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านไม้ยูคาลิปตัส พบว่าถ่านชีวภาพทั้ง 2 ชนิดมีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงต่ำกว่า โดยถ่านไม้ยูคาลิปตัสให้ค่าความร้อน และประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนเท่ากับ 7,690 แคลอรี/กรัม และ 29.03% ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## 2.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ยังเป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในระดับชุมชน หรือ ครัวเรือน และสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงให้แก่ชุมชน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

การส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชน เป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถเผาเป็นถ่านได้  เช่น กระบก ผลมะเลื่อม หนามแท่ง ก้อนเชื้อเห็ด ผลต้นแดง แกลบ ซังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น โดยมุ่งเน้นให้ชุมชนสามารถสร้างพลังงานทดแทน และสามารถนำไปใช้ในครัวเรือนได้ ทั้งนี้ยังเป็นลดการใช้ไม้ หรือฟืน ในการหุงต้ม ของชุมชน และยังเป็นการเพิ่มรายได้แก่ชุมชนได้อีกทางหนึ่ง โดยจากการสำรวจของคณะผู้ทำการวิจัยในพื้นที่ ตำบลกุดรัง อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม ผลผลิตเหลือทิ้งทางการเกษตรที่พบมากที่สุดคือ ผลมะเลื่อมและผลต้นแดง คณะผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการผลิตถ่านอัดแท่งจากผลผลมะเลื่อม และผลต้นแดงเป็นหลักดังรายละเอียด ต่อไปนี้

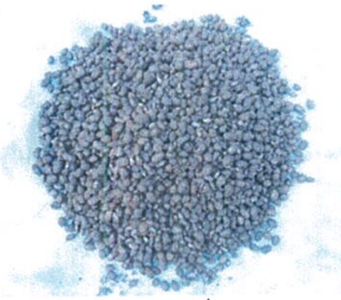
## 3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

### 3.1.1 วัสดุ

- ผลต้นแดง
- ผลมะเลื่อม
- ฟืน
- ครกและสาก
- แป้งมันสำปะหลัง
- น้ำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ผลต้นแดง


ผลมะเลื่อม

แป้งมันสำปะหลัง

**ภาพประกอบที่ 3.1** วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

**3.1.2 อุปกรณ์**

- ถังเผาถ่านขนาด 200 ลิตรมีฝาปิด
- เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล
- เครื่องAutomatic Adiabatic Bomb calorimeter (บอมบ์คาลอริมิเตอร์อย่างง่าย)
- เครื่องอัดแบบเกลียว

เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล เครื่อง Automatic Adiabatic Bomb calorimeter เครื่องอัดแบบเกลียว

**ภาพประกอบที่ 3.2** อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

**3.2 การดำเนินการวิจัย**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ตอนที่** 1 การผลิตถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดง

**ขั้นตอนที่ 1 เตรียมวัตถุดิบ**

นำวัตถุดิบที่จะใช้ในการเผาถ่านซึ่งได้แก่ ผลมะเลื่อมและผลต้นแดงมาตากให้แห้งพอประมาณเพื่อลดเวลาเผาลง

**ขั้นตอนที่ 2 การเผาถ่าน**

ในการเผาถ่านจะไม่คำนึงถึงความชื้นประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. ขุดหลุมให้มีความลึกพอดีกับการตั้งถังน้ำมัน 200 ลิตร จากนั้นถังน้ำมัน 200 ลิตรวางบนหลุมที่ขุดเตรียมไว้ จากนั้นนำฟืนวางลงในถัง 200 ลิตรประมาณครึ่งถัง แล้วนำวัตถุดิบที่เตรียมไว้มาเผาถ่านทั้ง 2 ชนิดคือผลมะเลื่อมและผลต้นแดงวางลงในถังจุดไฟใต้เตาโดยใช้ยางเป็นเชื้อเพลิงสังเกตควันที่ปากถังจะมีสีขาว เนื่องจากเป็นการระเหยของความชื้นจากเนื้อไม้มาเป็นไอน้ำแล้วทำการปิดฝาแล้วเปิดทิ้งไว้เพียงปากปล่องควันขนาดเล็กไว้ให้ควันออก

**ภาพประกอบที่ 3.3** การเผาถ่าน

2. ให้ความร้อนต่อไปเรื่อยๆ โดยใส่เชื้อเพลิงเข้าไปเรื่อยๆ ควันสีขาวตรงปล่องควันจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แล้วหยุดการเติมเชื้อไฟเมื่อเผาไปอีกระยะหนึ่งควันสีขาวจะเริ่มบางลงและเปลี่ยนเป็นสีฟ้า

**ภาพประกอบที่ 3.4** ปิดปากเตาและรอให้ควันเปลี่ยนสีเป็นสีฟ้า

3. เมื่อเวลาผ่านไป 6-8 ชั่วโมงให้เฝ้าสังเกตดูควันที่ปล่องควันจะเริ่มบางลงจนหมด แสดงว่าผลมะเลื่อมและผลต้นแดงภายในเตาเริ่มจะกลายเป็นถ่านแล้ว เมื่อควันที่ปากปล่องหมดไปเหลือแต่เพียงไอร้อนแสดงว่าผลไม้ที่อยู่ในเตาได้กลายเป็นถ่านไปหมดแล้วให้ทำการปิดปากปล่องควัน

ให้สนิทแล้วใช้ดินปิดปากเตาและรอยรั่วอื่นๆ ให้แน่นหนาไม่ให้อากาศเข้าไปในเตาได้โดยเด็ดขาด ทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน ก็ถือเป็นอันเสร็จสิ้นขั้นตอนการเผาถ่าน

**ภาพประกอบที่ 3.5** ใช้ดินปิดปากเตาและรอยรั่วอื่นๆ ให้แน่นหนา

4. เป็นการระบายความร้อนออกจากเตาโดยเอาดินที่ปิดปากเตาและปากปล่องควันออก ทิ้งไว้อีกประมาณ 1 คืน จนถ่านดับสนิทแล้วจึงค่อยเปิดเตาเพื่อเก็บรวบรวมถ่านในขั้นตอนนี้ถ้าหากยังมีถ่านที่ยังดับไม่สนิทอาจใช้น้ำดับไฟแล้วทิ้งไว้ให้เย็นก่อนเก็บรวบรวมถ่านโดยแยกประเภทของถ่าน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพประกอบที่ 3.6** ถ่านผลต้นแดง

**ขั้นตอนที่ 3 การอัดแท่ง**

1. การบดถ่านถ่านที่รวบรวมได้จากการเผาจะถูกนำมาบดให้เป็นชิ้นเล็กๆก่อนแล้วนำถ่านที่บดแล้วมาบดอีกครั้งให้เป็นผงด้วยมือโดยใช้ครกและสากทำการบดจนได้ขนาดอนุภาคละเอียดสม่ำเสมอเพื่อให้ง่ายต่อการอัดเป็นแท่ง

**ภาพประกอบที่ 3.7** การบดถ่านเป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยเครื่องบด

**ภาพประกอบที่ 3.8** ถ่านผลมะเลื่อมบด

**ภาพประกอบที่ 3.9** ถ่านผลต้นแดงบด

2. กำหนดอัตราส่วนของผงถ่านกับตัวประสาน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของผงถ่านกับตัวประสาน

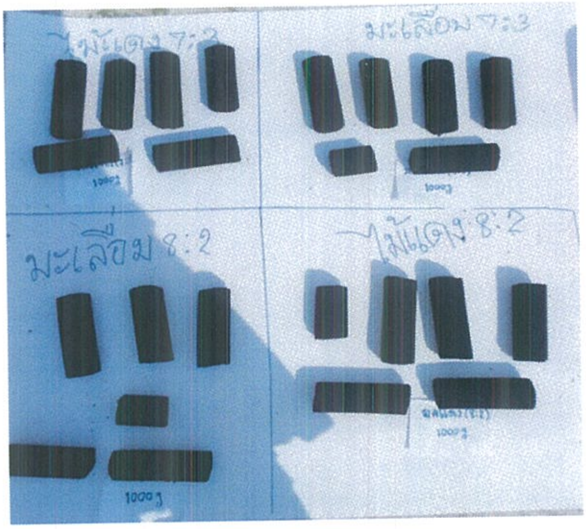
| **ถ่านอัดแท่ง** | **อัตราส่วน(น้ำหนัก : น้ำหนัก)** | |
|---|---|---|
| ถ่านมะเลื่อมบด : แป้งมันสำปะหลัง | 7 : 3 | 8 : 2 |
| ถ่านผลต้นแดงบด : แป้งมันสำปะหลัง | 7 : 3 | 8 : 2 |

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. นำผงถ่านที่ได้จากการบดมาผสมกับตัวประสานในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ในข้อ 2 จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปอัดแท่งในเครื่องอัดแบบเกลียว

**ภาพประกอบที่ 3.10** ผสมผงถ่านกับตัวประสาน

4. นำถ่านที่ได้จากการอัดแท่งไปผึ่งแดดให้แห้ง




**ภาพประกอบที่ 3.11** กลุ่มตัวอย่างถ่านอัดแท่งแต่ละอัตราส่วน

**ตอนที่ 2** เปรียบเทียบประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงโดยมีอัตราส่วนของตัวประสานที่แตกต่างกัน

1. นำถ่านอัดแท่งที่ได้มาทดสอบหาคุณภาพของถ่านทางด้านการหาค่าพลังงานความร้อน โดยการนำถ่านอัดแท่งที่ได้จากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงไปทดสอบที่เครื่อง Bomb calorimeter จากนั้นบันทึกผล

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. นำถ่านอัดแท่งที่ได้มาหาความหนาแน่นโดยคำนวณจากสูตร

$$\rho = \frac{m}{V}$$

เมื่อ $\rho$ คือ ความหนาแน่นของแท่งวัตถุ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

$m$ คือ มวลรวมของแท่งวัตถุ (กรัม)

$V$ คือ ปริมาตรรวมของแท่งวัตถุ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3. นำถ่านที่ได้มาชั่งน้ำหนักก่อนเผา 500 กรัมแล้วทำการเผาให้ไหม้หมดแล้วนำปริมาณเถ้าที่ได้มาชั่งด้วยเครื่องชั่งน้ำแบบดิจิตอลพร้อมถ่ายภาพและนำมาคำนวณหาปริมาณเถ้าจากสมการ

$$ปริมาณเถ้า = \frac{w_0}{w_1} \times 100$$

เมื่อ $w_0$ คือ น้ำหนักตัวอย่างถ่านก่อนเผา

$w_1$ คือ น้ำหนักตัวอย่างถ่านหลังเผา

4. จากข้อที่ 3 มีการสังเกต การแตกประทุของถ่านพร้อมถ่ายภาพและระยะเวลาในการเผาไหม้

### 3.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่ง

หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของชุมชม ศึกษาทดลองผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และถ่ายทอดลงสู่ชุมชมแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่ง ซึ่งจะเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง เพื่อให้การผลิตถ่านอัดแท่งการคัดเลือกคนที่มีความรู้ความชำนาญภายในท้องถิ่น หรือชุมชน เพื่อเป็นผู้ค่อยประสานงานกับส่วน ต. กุดรัง อ. เมือง จ.มหาสารคาม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

# บทที่ 4
# ผลการดำเนินงานวิจัย

## 4.1 ผลการผลิตถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดง

การผลิตถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงโดยการเผาให้เป็นถ่านก่อนจากนั้นนำมาบดให้เป็นผงละเอียดผสมกับแป้งมันแล้วทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของผลมะเลื่อมกับแป้งมันและผลต้นแดงกับแป้งมันจนได้อัตราส่วนที่เหมาะสมในการอัดเป็นถ่านอัดแท่งจากนั้นนำไปตากแดดให้แห้งสนิทแสดงดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ผลการผลิตถ่านอัดแท่ง

| ถ่านอัดแท่ง | ผงถ่าน (กรัม) | แป้งมัน (กรัม) | น้ำหนักเริ่มต้นของถ่านอัดแท่ง (กรัม) | น้ำหนักที่ถ่านอัดแท่งคงที่ (กรัม) | ระยะเวลาที่ใช้ตาก (วัน) |
|---|---|---|---|---|---|
| ผลมะเลื่อม (8:2) | 1,600 | 400 | 2,350 | 730 | 4 |
| ผลมะเลื่อม (7:3) | 1,400 | 600 | 2,310 | 700 | 5 |
| ผลต้นแดง (8:2) | 1,600 | 400 | 2,530 | 680 | 4 |
| ผลต้นแดง (7:3) | 1,400 | 600 | 2,620 | 640 | 6 |

จากตารางที่ 4.1 เป็นการผลิตถ่านอัดแท่งจากมะเลื่อมและผลต้นแดงโดยการนำผลมะเลื่อมและผลต้นแดงมาเผาให้เป็นถ่านแล้วนำมาบดให้ละเอียดจากนั้นนำมาผสมกับแป้งมันในอัตราส่วนผสม 8:2 ซึ่งประกอบด้วยผงถ่าน1,600 กรัม ต่อแป้งมัน 400กรัมและในอัตราส่วน 7:3 ซึ่งประกอบด้วยผงถ่าน 1,400 กรัมต่อแป้งมัน 600 กรัมพร้อมกับเติมน้ำตามความเหมาะสม จากนั้นนำถ่านที่ผสมแล้วมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแบบเกลียว จากนั้นเลือกกลุ่มตัวอย่างอัตราส่วนผสมละ 1,000 กรัมแล้วนำถ่านกลุ่มตัวอย่างไปตากจนมีน้ำหนักคงที่ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วน 8:2 มีน้ำหนักถ่านอัดแท่งเริ่มต้น 2,380 กรัม เมื่อตากแล้วน้ำหนักของถ่านกลุ่มตัวอย่างมีค่าคงที่ที่ 730 กรัม ใช้เวลา 4 วัน ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วน 7:3 มีน้ำหนักเริ่มต้น 2,310 กรัม เมื่อตากแล้วน้ำหนักของถ่านกลุ่มตัวอย่างมีค่าคงที่ที่ 700 กรัม ใช้เวลา 5 วัน ถ่านอัดแท่งจากผลต้นแดงในอัตราส่วน 8:2 มีน้ำหนักเริ่มต้น 2,530 กรัม เมื่อตากแล้วน้ำหนักของถ่านกลุ่มตัวอย่างมีค่าคงที่ที่ 640 กรัม ใช้เวลา 4 วัน และถ่านอัดแท่งจากผลต้นแดงในอัตราส่วน 7:3 มีน้ำหนักเริ่มต้น 2,620 กรัม เมื่อตากแล้วน้ำหนักของถ่านกลุ่มตัวอย่างมีค่าคงที่ที่ 730 กรัม ใช้เวลา 6 วัน เมื่อพิจารณาน้ำหนักถ่านเริ่มต้นพบว่าผลมะเลื่อมมีค่าน้อยกว่าน้ำหนักถ่านเริ่มต้นของถ่านอัดแท่งจากผลต้นแดงเนื่องจากมะเลื่อมมีลักษณะเนื้อผงที่แข็งมันวาวการที่จะดูดซับน้ำก็เป็นไปได้ยากจึงทำให้น้ำหนักเริ่มต้นไม่มากซึ่งต่างจากถ่านผลต้นแดงที่มีลักษณะเนื้อผงที่เบากว่าผลมะเลื่อมซึ่งทำให้การดูดซับน้ำมีมากกว่าและทำให้มีน้ำหนักเริ่มต้นมากกว่าถ่านอัดแท่งจากผลต้นแดงเมื่อพิจารณาน้ำหนักถ่านอัดแท่งที่คงที่ พบว่า ถ่านอัดแท่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากผลมะเลื่อมมีน้ำหนักคงที่ที่สูงกว่าถ่านจากผลต้นแดงซึ่งเป็นเพราะผลมะเลื่อมมีลักษณะเนื้อแข็งน้ำหนักมากอยู่แล้วเมื่อน้ำระเหยออกไปจึงมีน้ำหนักถ่านที่เปลี่ยนแปลงไม่มากและเมื่อทดลองใช้มือบีบก้อนถ่านอัดแท่ง พบว่า ถ่านมีลักษณะผิวเรียบ ก้อนถ่านอัดแท่งแห้งสนิท แข็งคงรูป เกาะตัวเป็นแท่งอย่างดีอีกด้วย

## 4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงในอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ถึงสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.2 และตารางที่4.3

**ตารางที่ 4.2** สมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของถ่านอัดแท่ง

| สมบัติของถ่านอัดแท่ง | มะเลื่อม : แป้ง (8 : 2) | มะเลื่อม : แป้ง (7 : 3) | ผลต้นแดง: แป้ง (8 : 2) | ผลต้นแดง : แป้ง (7 : 3) |
|---|---|---|---|---|
| ค่าพลังงานความร้อน ( MJ /Kg) | 25.917 | 24.163 | 22.798 | 24.694 |
| ปริมาณเถ้า % | 7.68 | 6.92 | 6.01 | 6.23 |
| ความหนาแน่น ( kg /m$^3$) | 915.23 | 902.16 | 721.73 | 735.74 |

จากการวิเคราะห์สมบัติทางด้านกายภาพและเคมี พบว่า ค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วนผสม 8:2 มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุดที่ 25.917 MJ/kg รองลงมาเป็นถ่านอัดแท่งจากผลต้นแดงในอัตราส่วนผสม 7:3 คือ 24.694 MJ/kg ต่อมาเป็นถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วนผสม 7:3 คือ 24.163 MJ/kg และสุดท้ายเป็นถ่านอัดแท่งจากผลต้นแดงในอัตราส่วนผสม 8:2 คือ 22.798 MJ/kg ซึ่งเมื่อพิจารณาเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน(มผช. 238/2547) ซึ่งได้กำหนดค่าพลังงานความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรี/กรัมหรือ 20.920 MJ/kg พบว่า ถ่านอัดแท่งทุกอัตราส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน(มผช. 238/2547) สำหรับปริมาณเถ้า พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วนผสม 8:2 มีปริมาณเถ้าสูงสุด ร้อยละ 7.68 ซึ่งอาจเป็นเพราะผลมะเลื่อมมีเนื้อแข็งและถ่านอัดแท่งไม่มีรูกลวงตรงกลางจึงทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จึงได้เถ้าในปริมาณมากและเมื่อพิจารณาตามผลงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งได้กำหนดปริมาณเถ้าต้องไม่เกินร้อยละ 5 นั้น พบว่า ถ่านอัดแท่งทุกอัตราส่วนผสมไม่ผ่านเกณฑ์ตามผลงานวิจัยที่ผ่านมา เพราะมีปริมาณเถ้ามากกว่าร้อยละ 5 และสำหรับความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วนผสม 8:2 และ 7:3 มีความหนาแน่นสูงคือ 915.23 kg /m$^3$และ 902.16 kg /m$^3$ซึ่งเป็นเพราะผลมะเลื่อมมีเปลือกแข็งมาก น้ำหนักมาก ส่วนถ่านอัดแท่งจากผลต้นแดงในอัตราส่วนผสม 8:2 และ 7:3 มีความหนาแน่นต่ำกว่า คือ 721.73 kg/m$^3$ และ 735.74 kg/m$^3$ เนื่องจากเปลือกของผลต้นแดงไม่แข็งและเนื้อไม่แน่นเท่ากับผลมะเลื่อมและเมื่อพิจารณาเทียบกับผลงานวิจัยที่ผ่านมา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ซึ่งได้กำหนดความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งต้องไม่เกิน 0.8 $g/cm^3$ หรือ 800 $kg/m^3$ พบว่าถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วนผสม 8:2 และ7:3 มีความหนาแน่นมากกว่า 800 $kg/m^3$ ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาและถ่านอัดแท่งจากผลต้นแดงในอัตราส่วนผสม 8:2 และ 7:3 มีความหนาแน่นสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา

การวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติในการใช้งานของถ่านอัดแท่งทางด้านระยะเวลาในการเผาไหม้และการแตกประทุที่ผลิตได้ในแต่ละอัตราส่วนแสดงดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** สมบัติทางการใช้งานของถ่านอัดแท่ง

| สมบัติของถ่านอัดแท่ง | มะเลื่อม:แป้งมัน (8 : 2) | มะเลื่อม:แป้งมัน (7 : 3) | ผลต้นแดง:แป้งมัน (8 : 2) | ผลต้นแดง: แป้งมัน (7 : 3) |
|---|---|---|---|---|
| ระยะเวลาในการเผาไหม้ (นาที) | 326 | 291 | 304 | 286 |
| การแตกประทุ | ไม่มี | ไม่มี | ไม่มี | ไม่มี |

จากการพิจารณาสมบัติทางด้านการใช้งานสำหรับระยะเวลาในการเผาไหม้ได้ทำการทดลองกับถ่านอัดแท่งจำนวน 500 กรัม พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วน 8:2 มีระยะเวลาในการเผาไหม้นานที่สุด คือ 326 นาที เนื่องมาจากถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วนผสม 8:2 มีความหนาแน่นมากจึงทำให้ถ่านมีระยะเวลาในการเผาไหม้นาน รองลงมาเป็นถ่านอัดแท่งจากผลต้นแดงในอัตราส่วนผสม 8:2 มีระยะเวลาในการเผาไหม้ 304 นาที ต่อมาเป็นถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วนผสม 7:3 มีระยะเวลาในการเผาไหม้ 291 นาที และสุดท้ายเป็นถ่านอัดแท่งจากผลต้นแดงในอัตราส่วนผสม 7:3 มีระยะเวลาในการเผาไหม้ 286 นาทีซึ่งระยะเวลาในการเผาไหม้นี้เป็นระยะเวลาที่นานมากเนื่องจากถ่านทุกอัตราส่วนผสมมีความหนาแน่นสูงมากจึงทำให้ถ่านอัดแท่งมีระยะเวลาในการเผาไหม้นาน ซึ่งเมื่อพิจารณาเทียบตามงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งกำหนดว่าเวลาในการเผาจนหมดควรนานว่า 60 นาที พบว่า ถ่านอัดแท่งทุกอัตราส่วนผสมสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาและสำหรับการแตกประทุ พบว่าถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้ทุกอัตราส่วนไม่มีการแตกประทุเนื่องจากถ่านอัดแท่งมีผิวเรียบ ก้อนถ่านแข็งคงรูปและเกาะตัวเป็นแท่งอย่างดีจึงทำให้ไม่มีการแตกประทุซึ่งเมื่อพิจารณาเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน(มผช. 238/2547) พบว่าการแตกประทุของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน(มผช. 238/2547) ที่ถ่านอัดแท่งต้องไม่มีการแตกประทุ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## 4.3 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพสู่ชุมชน

โครงการฯ ได้จัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงให้แก่เกษตรกรรายย่อย นักเรียน/นักศึกษาและผู้สนใจ ในเขตพื้นที่ ตำบลกุดรัง จำนวนรวม 42 ราย และสาธิตประกอบการฝึกอบรมให้กับเกษตรกรผู้ที่สามารถนำไปถ่ายทอดหรือขยายผลต่อไป

ข้อมูลจำนวนและสถานที่ที่โครงการได้นำเนินการในรอบปี 2556 แสดงไว้ในตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** จำนวนเกษตรกร จำนวนการสาธิต และสถานที่ฝึกอบรม

| กลุ่มเกษตรกร | จำนวน | จำนวน | สถานที่ฝึกอบรม |
|---|---|---|---|
| | (คน) | สาธิต | |
| 1. ผู้นำชุมชน | 11 | 7 | อบต.กุดรังและครัวเรือนสาธิต |
| 2. เกษตรกรรายย่อย | 22 | 4 | อบต.กุดรังและครัวเรือนสาธิต |
| 3. ผู้นำชุมชนในเขตตำบลกุดรัง | 9 | 17 | อบต.กุดรังและครัวเรือนสาธิต |
| **รวม** | 49 | 26 | |

โครงการฯ ได้ทำการประเมินผลโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งข้อมูลถ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยให้ตอบระดับความพึงพอใจหรือการนำไปใช้ประโยชน์ได้ ในแง่ต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ขั้นตอนการให้บริการ
1.2 เจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ
1.3 สิ่งอำนวยความสะดวก
1.4 การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
1.5 ความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตร
1.6 ความเหมาะสมของวิทยากร
1.7 จำนวนเวลาที่เสนอ
1.8 ช่วงเวลาการอบรม
1.9 ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่าย
1.10 การนำไปใช้ประโยชน์
1.11 การนำความรู้ไปใช้ในการสร้างรายได้เพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากผลการตอบแทนสอบถามของเกษตรกร 11 กลุ่ม มีผู้ตอบแบบสอบถามรวม 42 ราย สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 4.5** แสดงความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมโครงการ

| รายละเอียดผลการประเมิน | ระดับความพึงพอใจ | ร้อยละ (%) | Mean (X) | Std.Deviation |
|---|---|---|---|---|
| 1. ด้านกระบวนการ ขั้นตอนการให้บริการ | มาก | 57.1 | 4.27 | 0.58 |
| 2. เจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ | มาก | 54.8 | 4.12 | 0.67 |
| 3. สิ่งอำนวยความสะดวก | มาก | 54.8 | 4.06 | 0.67 |
| 4. การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ | มาก | 83.9 | 4.03 | 0.40 |
| 5. ความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตร | มาก | 54.8 | 4.32 | 0.59 |
| 6. ความเหมาะสมของวิทยากร | มาก | 64.5 | 4.09 | 0.74 |
| 7. ระยะเวลาการอบรม | มาก | 64.5 | 3.83 | 0.58 |
| 8. ช่วงเวลาการอบรม | มาก | 71.0 | 3.90 | 0.53 |
| 9. ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่าย | มาก | 71.0 | 3.90 | 0.53 |
| 10. การนำไปใช้ประโยชน์ | มาก | 58.1 | 4.29 | 0.58 |
| 11. การนำความรู้ไปใช้ในการสร้างรายได้เพิ่มขึ้น | มาก | 64.5 | 4.16 | 0.58 |

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมโครงการส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตรและด้านการนำไปใช้ประโยชน์ คือ ค่าเฉลี่ย 4.32และ 4.29 ตามลำดับ

# บทที่ 5

# สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

5.1.1 ผลการผลิตถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อม (ผลมะเลื่อม : แป้งมัน) ที่อัตราส่วนผสม 8:2, 7:3 และผลต้นแดง (ผลต้นแดง : แป้งมัน) ที่อัตราส่วนผสม 8:2, 7:3 โดยวิธีการอัดแท่งแบบอัดเย็นด้วยเครื่องอัดชนิดเกลียวใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3.5 แรงม้า พบว่า ถ่านอัดแท่งที่ผสมมะเลื่อมทุกอัตราส่วนและผลต้นแดงในทุกอัตราส่วน สามารถผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้ ถ่านอัดแท่งที่ได้มีลักษณะผิวเรียบ ก้อนถ่านอัดแท่งแห้งสนิท แข็งคงรูป เกาะตัวเป็นแท่งอย่างดี

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดง กับทุกอัตราส่วน พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วนผสม 8:2 ค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดคือ 25.917 MJ/kg เนื่องจากถ่านอัดแท่งนี้มีปริมาณคาร์บอนในถ่านอัดแท่งสูงส่งผลให้ถ่านอัดแท่งนี้มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงกับมาตรฐานถ่านอัดแท่ง พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงทุกอัตราส่วนผสมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุนชน (มผช. 238/2547) ซึ่งกำหนดว่าค่าพลังงานความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรี/กรัม หรือ 20.920 MJ/kg

5.1.3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงกับทุกอัตราส่วน พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลต้นแดงในอัตราส่วนผสม 8:2 เป็นถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณเถ้าน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 6.01 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงกับผลการวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงทุกอัตราส่วนผสมมีปริมาณเถ้าสูงกว่าผลการวิจัยที่ผ่านมาซึ่งกำหนดว่าปริมาณเถ้าต้องไม่เกินร้อยละ 5

5.1.4 ผลการเปรียบเทียบความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ได้จากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงกับทุกอัตราส่วนพบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วนผสม 8:2 มีความหนาแน่นของถ่านสูงที่สุดคือ 915.23 Kg /$m^3$ แต่เมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อม ในอัตราส่วนผสม 8:2 กับผลการวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วนผสม 8:2 มีความหนาแน่นสูงกว่าผลการวิจัยที่ผ่านมาซึ่งกำหนดว่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งต้องไม่เกิน 800 kg/$m^3$

5.1.5 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงกับทุกอัตราส่วน พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมในอัตราส่วนผสม 8:2 ระยะเวลาในการเผาไหม้สูงสุดคือ 326 นาที แต่เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงกับผลการวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงทุกอัตราส่วนผสมมีระยะเวลาในการเผาไหม้อยู่ในเกณฑ์ของผลการวิจัยที่ผ่านมาซึ่งกำหนดว่าเวลาในการเผาจนหมดควรนานกว่า 60 นาที

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.1.6 ผลการเปรียบเทียบการแตกประทุของถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงกับทุกอัตราส่วน พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผลมะเลื่อมและผลต้นแดงทุกอัตราส่วนผสมไม่มีการแตกประทุและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) ที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งต้องไม่มีการแตกประทุ

**5.2 ผลการติดตามภายหลังการอบรม**

จากการดำเนินกิจกรรมได้จัดรูปแบบการอบรมเชิงปฏิบัติการ ด้วยการฟังบรรยายจากวิทยากรและฝึกปฏิบัติจริงของผู้เข้ารับฟังการอบรมทั้ง 3 รุ่น จากการติดตามผล พบว่า กลุ่มเกษตรกรสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ลดรายจ่ายได้ครัวเรือนละประมาณ 300 บาทต่อเดือน หรือประมาณ 3,600 บาทต่อปี โดยผู้เข้าร่วมอบรมมีความเห็นว่าการอบรมโครงการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมีส่วนช่วยพัฒนาด้านคุณภาพชีวิตโดยไม่สามารถประเมินเป็นตัวเงินได้แต่เป็นการนำความรู้ไปใช้พัฒนาอาชีพในอนาคต สามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้หลังการอบรมภายใน 3 เดือน และคาดว่าจะนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในชุมชนหรือกลุ่ม และผู้เข้ารับการอบรมคาดว่าจะนำความรู้ที่ได้ไปเป็นวิทยาการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือเผยแพร่ข้อมูลต่อไปดังตารางที่ 5.1

**ตารางที่ 5.1** แสดงผลการติดตามและประเมินผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี

| ผลการติดตาม “การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” | |
|---|---|
| รายละเอียดผลการติดตามโดยคิดลำดับมากที่สุด | ร้อยละ |
| 1. สามารถนำความรู้ใช้ประโยชน์ | 87 |
| 2.1 รายได้ที่ได้รับเป็นรายได้หลัก | 28.7 |
| 2.2 รายได้ 100 - 1,000 บาทต่อเดือน | 73.5 |
| 3. สามารถนำความรู้ไปลดรายจ่าย 100-1,000 บาทต่อเดือน | 94.2 |
| 4. พัฒนาด้านคุณภาพชีวิตโดยไม่เป็นตัวเงิน แต่เป็นการนำความรู้ไปใช้พัฒนาอาชีพ | 81.6 |
| 5. นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้หลังรับการอบรมภายใน 3 เดือน | 85.5 |
| 6. นำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชุมชนหรือกลุ่ม | 61.9 |
| 7. นำความรู้ไปเป็นวิทยากรถ่ายทอดเทคโนโลยี/เผยแพร่ต่อ | 74.8 |

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**5.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม**

1. ในการตากถ่านอัดแท่งควรตากในที่โล่งแจ้ง หมั่นกลับแท่งถ่านอัดแท่งบ่อยๆและไม่ควรตากในที่ที่มีแดดแรงจัดเกินไปเพราะจะทำให้ถ่านอัดแท่งปริแตกได้ เนื่องจากอัตราการระเหยความชื้น บริเวณผิวนอกมีมากกว่าด้านใน

2. การวิจัยในครั้งนี้มีงบประมาณในการวิจัยน้อยซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลผลิตถ่านอัดแท่งไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ศักยภาพโดยรวมได้ยังขาดข้อมูลในหลายๆ ด้านเช่นการวิเคราะห์กลิ่นและควันการ

วิเคราะห์สารแบบแยกธาตุเพื่อศึกษาปริมาณสารระเหยให้ละเอียดยิ่งขึ้นและเพื่อศึกษามลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานและการพัฒนาผลิตถ่านอัดแท่งให้มีคุณภาพในอนาคต

3. ชุมชนและองค์กรบริหารส่วนท้องถิ่นควรมีการศึกษาและสร้างกลไกลที่ทำให้เกิดความยั่งยืนในอนาคต เพื่อให้เกษตรกรนำความรู้ไปใช้แล้วเกิดการเรียนรู้ต่อยอดงานเดิมอย่างต่อเนื่อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

# บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## บรรณานุกรม


กษิดิศ เสนะวงศ์. (2557). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2564) สืบค้นเมื่อ 16 เมษายน 2557,จาก *www.doeb.go.th*.

กลุ่มสถิติและข้อมูลพลังงาน. (2557). **สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม 2557.** กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.

กัญญา เม้ามีทรัพย์.**การผลิตถ่านเชื้อเพลิงจากชีวมวลและกระบวนการ** Pyrolysis ประสิทธิภาพพลังงาน. 11,52 (2544): 42-48.

เกรียงไกร วงศาโรจน์และคณะ. (2554). **การผลิตเชื้อเพลิงจากสบู่ดำ.**วิศวกรรมสาร มข, 38(1),65-72

เจษฎาพร ศรียะ. (2552). **ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดศูนย์บริการข้อมูลคลินิกเทคโนโลยี.** สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2557, จาก http://www.ttc.most.co.th.

จรัล อินทรังษี. **ประสิทธิภาพพลังงาน**. กรุงเทพมหานคร : มูลนิธิสถาบันประสิทธิภาพพลังงานประเทศไทย, 2548.

ชาย ชีวเกตุและชนานัญ บัวเขียว. (2543). **การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์.** *วารสาร* นโยบายพลังงาน. 49. สืบค้นเมื่อ2 เมษายน 2557, จาก http://www.eppo.go.th/vrs/VRS49-09-Solar.html.

ชาญยุทธ เทพพานิช. (2552). **การผลิตและทดสอบคุณสมบัติของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากมันสำปะหลังและกากตะกอนน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง.** นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

ชานนท์ บุนนท์. (2554). **วัสดุประสานและส่วนผสมสำหรับการอัดขึ้นรูปถ่านไม้.** นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

ณัฐพร ดำรงโรจน์วัฒนา. (2546). **การศึกษาการใช้กากตะกอนน้ำเสียชุมชนร่วมกับเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ณัฐธนัญา บุญถึง. (2554). **สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดผสมกะลามะพร้าวโดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.


มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์, เจริญ ตุ่มงามและศักดิ์สิทธิ์ คดสังหาร. (2548). **อิทธิพลของขนาดอนุภาคของถ่านชีวมวลที่มีค่าการเผาไหม้**. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ธารินี มหายศนนท์. **ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน**. กรุงเทพมหานคร: ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.

บัญจรัตน์ โจลานันท์, อาทิตย์ พุทธรักชาติและจันสุดา คำตุ้ย. (2554). **พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งไมยราบยักษ์.** วารสารวิจัย, 16( 1), 20-31.

ประลอง ดำรงไทย. **แท่งเชื้อเพลิงเขียวเพื่อทดแทนฟืนและถ่าน. วารสาร**. 57(1). (มิถุนายน 2549) : 53-60.

**ผลต้นแดงในโคระปราณไม่ออกเดินทางไม่มีทางเจอ**.(2554 ). สืบค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2557, จาก http://kropran.blogspot.com.

พุทธิธร แสงรุ่งเรืองและคณะ. (2549). **การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้พื้นที่จังหวัดนนทบุรี**. กรุงเทพฯ:คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

**มะกอกเลื่อมในฐานข้อมูลสมุนไพร**. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (ม.ป.ป.). สืบค้นเมื่อ 13 มกราคม 2557,จาก http://www.Phargarden.com.

มัชฌิมาปกร. (2552). **จะไปกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ลำตะคองการบ้านข้อใหญ่.** สืบค้นเมื่อ 5 เมษายน 2557, จาก http://www.oknation.net/blog/kintaro/2009/09/15/entry-1

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สำนักงาน. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง**. มผช.238/2547, 2547.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสำนักงาน. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก. - ธ.ก.ส.**. มก.-ธ.ก.ส. NF030/2549, 2549.

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล. (2553). **การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วนิดา จาดคำ. (2548). **งานวิจัยเรื่องการศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียวที่ผลิตโดยเครื่องอัดแบบเกลียว**. ม.ป.ท.

วันทนา สังข์ชุม, อุไรวรรณ วันทองและสุธรรม ชุมพร้อมคณะ. (2552) . **งานวิจัยเรื่องการศึกษาถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เทียม.** นครศรีธรรมราช : เทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2556). พลังงานทดแทน สืบค้นเมื่อ 18 เมษายน 2557 , จาก http://th.wikipedia.org.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สง่า อารีเอื้อและคณะ. (2553). **อุปกรณ์ถ่านอัดแท่งจากมูลสัตว์.** บึงกาฬ: วิทยาลัยการอาชีพบึงกาฬ.

สงกรานต์ เพ็งธรรม และภานุพล ปะสังขีนี. (2547). **การศึกษาเปรียบเทียบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ผลิตจากกากอ้อยโดยวิธีอัดร้อนและอัดเย็น.** มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สังเวย เสวกวิหารี. (2555). **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

สุนันทา เมืองทรัพย์. (2551). **การผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้ยางพาราและถ่านกะลามะพร้าวโดยการกระตุ้นด้วยไอน้ำ.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2557). สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2557 จาก http://www.eppo.go.th.

อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัยและคณะ. (2554). **การนำเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์เชื้อเพลิงอัดแท่ง**.กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยมหิดล.

อาณุภาพ อุดมทรัพย์. (2555). **รูปแบบลักษณะของเตาเผาถ่าน.** สืบค้นเมื่อ 5 เมษายน 2557, จาก www.charcoal.snmcenter.com.

อรรถกร ฤกษ์วิธี. (2549). **เชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยชุมชนอัดแท่ง.**กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Biomass One-stop Clearing House Energy for Environment Foundation, 2003. **Introduction to Conversion of Biomass to Electricity and Thermal Energy,** (17-18 March, 2003)

Energy for Environment Foundation. (2004). **Biomass general Information.**สืบค้นเมื่อ20 มีนาคม 2557 จาก http://www.efe.or.th.

Grover P.D. and Mishear S.K. 1996. **Biomass Briquetting : Technology and Practices.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Bangkok.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

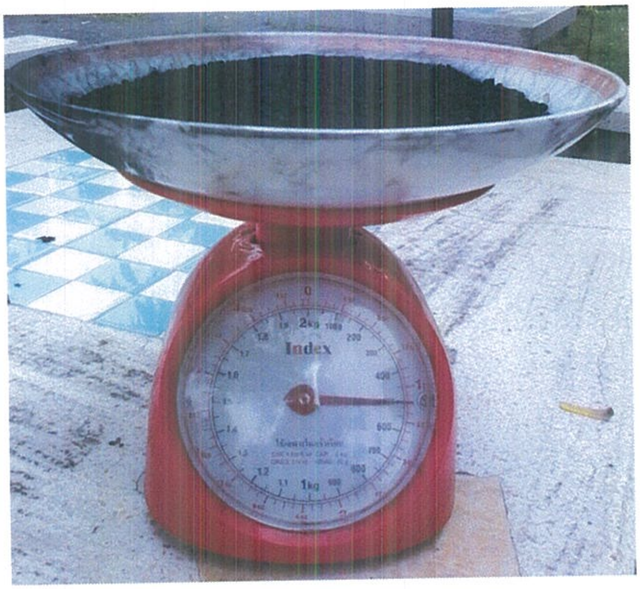
# ภาคผนวก ก.

## การผลิตถ่านอัดแท่ง

**ภาพประกอบที่ ก-1** เตาที่ใช้ในการเผาถ่านมะเลื่อมและผลต้นแดง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

**ภาพประกอบที่ ก-2** นำถ่านที่เผาแล้วมาสับเป็นชิ้นเล็กๆด้วยเครื่องบด



**ภาพประกอบที่ ก-3** ชั่งถ่านที่บดแล้วในอัตราส่วนที่กำหนด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพประกอบที่ ก-4** ชั่งแป้งมันในอัตราส่วนที่กำหนด

**ภาพประกอบที่** ก-5 นำถ่านมาผสมกับแป้งมันและน้ำแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน

**ภาพประกอบที่** ก-6 นำถ่านที่ผสมแล้วมาเข้าเครื่องอัด

**ภาพประกอบที่ ก-7** ได้ถ่านอัดแท่ง

**ภาพประกอบที่ ก-8** ได้ถ่านอัดแท่งแล้วนำมาชั่งน้ำหนักและเลือกกลุ่มตัวอย่าง

**ภาพประกอบที่** ก-9 นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปตากแดด

**ภาพประกอบที่** ก-10 ชั่งน้ำหนักถ่านที่ตากแห้งทุกวัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

# ภาคผนวก ข.

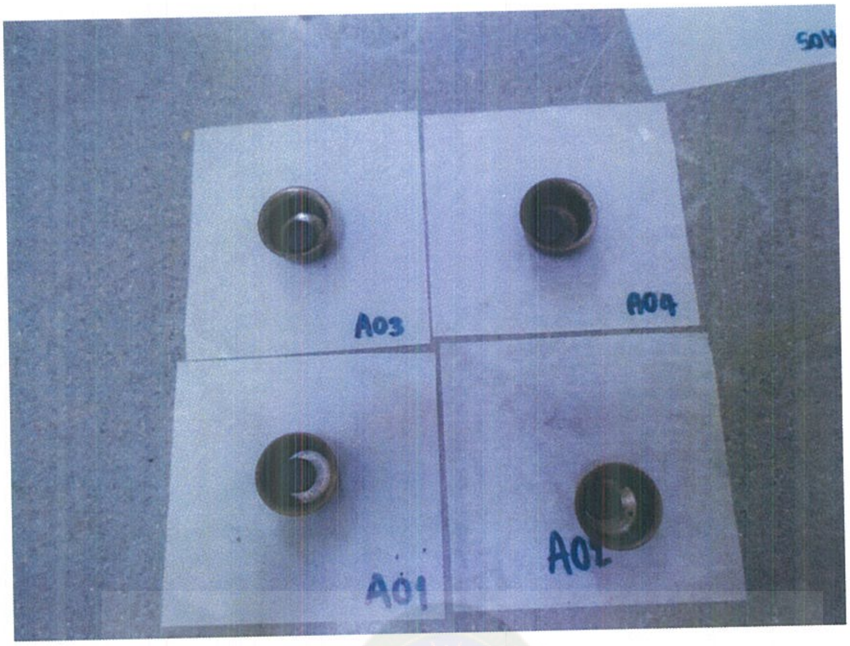
## การหาประสิทธิภาพถ่านอัดแท่ง

### 1.การหาค่าพลังงานความร้อน

**ภาพประกอบที่ ข-1** นำถ่านอัดแท่งที่บดแล้วมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 0.5 กรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพประกอบที่ ข-2** นำถ่านมาอัดเม็ด




**ภาพประกอบที่ ข-3** เม็ดถ่านที่อัดเสร็จ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพประกอบที่ ข-4** นำตัวอย่างถ่านอัดเม็ดเข้าลูกบอมบ์ vessel จากนั้นนำเข้าชุดอัดก๊าซออกซิเจน filling station

**ภาพประกอบที่ ข-5** นำลูกบอมบ์ vessel ที่อัดออกซิเจนแล้วเข้า
เครื่องหาค่าพลังงาน calorimeter cal 2k e2k

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพประกอบที่ ข-6** นำลูกบอมบ์ vesselที่บอมบ์เสร็จเข้าเครื่องปรับลดอุณหภูมิ cooler

**2. การหาความหนาแน่น**

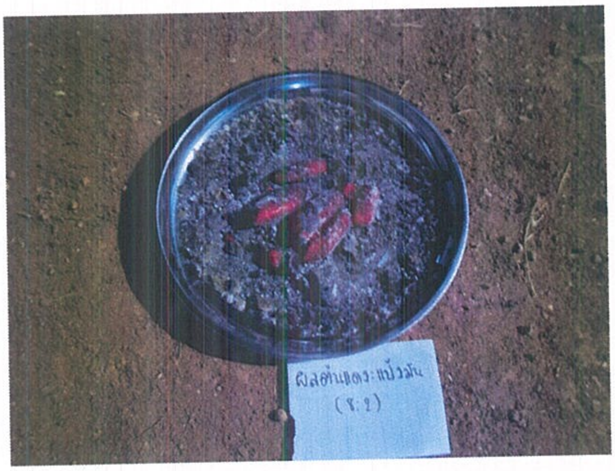
**ภาพประกอบที่** ข-7 หารัศมีของก้อนถ่านอัดแท่งโดยใช้เวอร์เนีย

**ภาพประกอบที่ ข-8** หาความยาวของถ่านอัดแท่งโดยใช้ไม้บรรทัด

**3.การหาปริมาณเถ้า ระยะเวลาในการเผาไหม้และการแตกประทุ**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพประกอบที่ ข-9** หาการแตกประทุของถ่านอัดแท่งผลต้นแดงในอัตราส่วน 8:2



**ภาพประกอบที่ ข-10** หาปริมาณเถ้า ระยะเวลาในการเผาไหม้ของ

ถ่านอัดแท่งผลต้นแดงในอัตราส่วน 8:2

**ภาพประกอบที่ ข-11** ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งผลต้นแดงในอัตราส่วน 8:2

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพประกอบที่ ข-12** หาการแตกประทุของถ่านอัดแท่งผลต้นแดงในอัตราส่วน 7:3

**ภาพประกอบที่ ข-13** หาปริมาณเถ้า ระยะเวลาในการเผาไหม้ของ
ถ่านอัดแท่งผลต้นแดงในอัตราส่วน 7:3

**ภาพประกอบที่ ข-14** ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งผลต้นแดงในอัตราส่วน 7:3

**ภาพประกอบที่ ข-15** หาการแตกประทุของถ่านอัดแท่งมะเลื่อมในอัตราส่วน 8:2

**ภาพประกอบที่ ข-16** หาปริมาณเถ้า ระยะเวลาในการเผาไหม้ของ
ถ่านอัดแท่งมะเลื่อมในอัตราส่วน 8:2

**ภาพประกอบที่ ข-17** ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งมะเลื่อมในอัตราส่วน 8:2

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพประกอบที่ ข-18** หาการแตกประทุของถ่านอัดแท่งมะเลื่อมในอัตราส่วน 7:3

**ภาพประกอบที่ ข-19** หาปริมาณเถ้า ระยะเวลาในการเผาไหม้ของ
ถ่านอัดแท่งมะเลื่อมในอัตราส่วน 7:3

**ภาพประกอบที่ ข-20** ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งมะเลื่อมในอัตราส่วน 7:3

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

# ภาคผนวก ค.

# มาตรฐานถ่านอัดแท่ง

**ง.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก. – ธ.ก.ส. : ถ่านอัดแท่ง (มก.-ธ.ก.ส. NF030/2549)**

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549)

**1. ขอบข่าย**

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก. – ธ.ก.ส. นี้ ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากผงหรือถ่านเม็ดมาอัดเป็นแท่งหรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

**2. บทนิยาม** ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก. – ธ.ก.ส. มีดังต่อไปนี้

2.1 ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น ซังข้าวโพด ไม้ กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม มาเผาจนเป็นถ่าน นามาบดเป็นผงหรือเม็ด แล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน

2.2. ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก 1 กรัม มีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัม

**3. คุณลักษณะที่ต้องการ**

3.1 ลักษณะทั่วไปในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกันขนาดใกล้เคียงกันมีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

3.2 การใช้งาน เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

3.3 ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก

3.4 ค่าความร้อน ต้องไม่น้อยกว่า 5,500 แคลอรีต่อกรัม

**4. การบรรจุ**

4.1 หากมีการบรรจุให้บรรจุถ่านอัดแท่งในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง และสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านอัดแท่งได้

4.2 น้ำหนักสุทธิของถ่านอัดแท่งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

**5. เครื่องหมายและฉลาก**

ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุถ่านอัดแท่งทุกหน่วยอย่างน้อยต้องมีเลขอักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์

(2) ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ

(3) น้ำหนักสุทธิ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

(4) เดือน ปีที่ทำ

(5) ข้อแนะนำในการใช้

(6) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำพร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

**6. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน**

6.1 รุ่นในที่นี้ หมายถึง ถ่านอัดแท่งที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกันที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

6.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

6.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สาหรับการตรวจสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ เครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวนไม่น้อยกว่า 3 กิโลกรัมเมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไป ตามข้อ 3.1 ข้อ 4. และข้อ 5. จึงถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

6.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบการใช้งาน ค่าความร้อนและความชื้น ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านมาทดสอบตามข้อ 6.2.1 แล้วจำนวนไม่น้อยกว่า 3 กิโลกรัมน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.2 ถึงข้อ 3.6 จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

6.3 เกณฑ์ตัดสินตัวอย่างถ่านอัดแท่งต้องเป็นไป ตามข้อ 6.2.1และข้อ 6.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์นี้

**7. การทดสอบ**

7.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะที่บรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

7.2 การทดสอบการใช้งานให้ทดสอบโดยการจุดตัวอย่างถ่านอัดแท่ง แล้วตรวจพินิจ

7.3 การทดสอบค่าความชื้น ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173

7.4 การทดสอบค่าความร้อน ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 5865

7.5 การทดสอบน้ำหนักสุทธิ ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ง. 2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุนชนถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547)**

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

**1. ขอบข่าย**

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่ง ที่ทำจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาเป็นแท่ง หรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

**2. บทนิยาม** ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังนี้

2.1 ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพดมาเผาจนเป็นถ่านอาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นรูปทรงที่ต้องการหรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงมาเผาเป็นถ่าน

2.2 ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก 1 กรัม มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

**3. คุณลักษณะที่ต้องการ**

3.1 ลักษณะทั่วไป ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกันมีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

3.2 การใช้งานเมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

3.3 ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

3.4 ค่าความร้อน ต้องไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**4. การบรรจุ**

4.1 หากมีการบรรจุ ให้บรรจุถ่านอัดแท่งในภาชนะบรรจุที่สะอาดแห้งและสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านอัดแท่งได้

4.2 น้ำหนักสุทธิของถ่านอัดแท่งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

**5. เครื่องหมายและฉลาก**

ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุถ่านอัดแท่งทุกหน่วยอย่างน้อย ต้องมีเลข อักษรหรือเครื่องหมายรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์

(2) ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ

(3) น้ำหนักสุทธิ

(4) เดือน ปีที่ทำ

(5) ข้อแนะนำในการใช้

(6) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำพร้อมสถานที่ตั้งหรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

**6. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน**

6.1 รุ่นในที่นี้ หมายถึง ถ่านอัดแท่งที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกันที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

6.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

6.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวนไม่น้อยกว่า 3 กิโลกรัมเมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ข้อ 4. และข้อ 5. จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

6.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบการใช้งาน ความชื้นและค่าความร้อนให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 6.2.1 ในข้อ 4.1.6 แล้วจำนวนไม่น้อยกว่า 3 กิโลกรัม เมื่อตรวจแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.2 ถึงข้อ 3.4 จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

6.2.3 เกณฑ์ตัดสิน ตัวอย่างถ่านอัดแท่งต้องเป็นไป ตามข้อ 6.2.1 ในข้อ 6.2.2 ทุกข้อจึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

**7. การทดสอบ**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

7.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะบรรจุและเครื่องหมายฉลากให้ตรวจพินิจ

7.2 การทดสอบการใช้งานให้ทดสอบโดยการจุดตัวอย่างถ่านอัดแท่งและตรวจพินิจ

7.3 การทดสอบความชื้นให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173

7.4 การทดสอบค่าความร้อนให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 5865

7.5 การทดสอบน้ำหนักสุทธิให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

## ภาคผนวก ง.

## การอบรมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนแก่ผู้นำชุมชนและเกษตรกร

ภาพการอบรมบรรยายถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงให้แก่เกษตรกรรายย่อย นักเรียน/นักศึกษาและผู้สนใจ ในเขตพื้นที่ในเขตตำบลกุดรัง อ.กุดรัง จ.มหาสารคาม จำนวนรวม 42  ราย และสาธิตประกอบการฝึกอบรมให้กับเกษตรกรผู้ที่สามารถนำไปถ่ายทอดหรือขยายผลต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**ภาพ**ประกอบที่ ง-1 การอบรมเชิงบรรยาย

# ประวัตินักวิจัย

**หัวหน้าโครงการ**

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวดวงกมล ดังโพนทอง

1. ชื่อ - สกุล (ภาษาไทย) นางสาวดวงกมล ดังโพนทอง

(ภาษาอังกฤษ) Miss. Duangkamol Dangphonthong

2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เลขที่ 80 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000

โทรศัพท์ 043 – 722118 – 9 ต่อ 361 โทรศัพท์มือถือ 08-31451654 โทรสาร -

E-mail duangkamol@rm.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาโท วศ.ม.(วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาตรี วศ.บ.(วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- การประมวลผลภาพ (Image Processing)
- การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
- การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

6. งานวิจัย

- การศึกษาและประยุกต์ใช้งานซอฟต์แวร์บนระบบ Cloud Computing เพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาศักยภาพด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของธุรกิจ SMEs ในการแข่งขันสู่ตลาด ASEAN, (ผู้ร่วมวิจัย) ทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, 2555
- การส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชนระดับครัวเรือนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง, (หัวหน้าโครงการ) ทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 2556

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

7. บทความวิจัย/บทความทางวิชาการ

- การวิเคราะห์น้ำหนักไข่ไก่ด้วยการประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, 18 – 20 ธันวาคม 2555

- ดวงกมล ดังโพนทองและวสันต์ ปินะเต, การเปรียบเทียบการอบแห้งระหว่างห้องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์กับห้องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่มีระบบก๊าซซิไฟเออร์ชีวมวลให้ความร้อนเสริม, งานประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย ครั้งที่ 2 ณ ห้องประชุมเอนกประสงค์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย 30 สิงหาคม -1 กันยายน 2555

- การค้นคืนภาพโดยใช้ค่าระดับความสัมพันธ์ของสีในพื้นที่ติดกันร่วมกับโมเมนต์อินวาเรียนท์, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฉบับพิเศษ การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัยครั้งที่ 8 การวิจัยสู่ประชาคมอาเซียน, 8 – 9 พฤศจิกายน 2555

**ผู้ร่วมวิจัย**

ผู้ร่วมวิจัย : นายวสันต์ ปินะเต

1. ชื่อ - สกุล (ภาษาไทย) นายวสันต์ ปินะเต

(ภาษาอังกฤษ) Miss. Duangkamol Dangphonthong

2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำ สาขาวิชาฟิสิกส์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เลขที่ 80 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000

โทรศัพท์ 043 – 722118 – 9 ต่อ 361 โทรศัพท์มือถือ 08-43635654 โทรสาร -

E-mail kaapplied@hotmail.com

4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาโท วศ.ม.วิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปริญญาตรี วศ.บ.ฟิสิกส์ประยุกต์(พลังงาน) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- พลังงานแทนทาน

- ก๊าซชีวภาพ

6. งานวิจัย

- โครงการสาธิตการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 จากขยะชุมชน: กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม (นักวิจัย)

- การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับครัวเรือนในเขตชุมชน ตำบลห้วยเตยและตำบลกุดรัง อ.กุดรัง จ.มหาสารคาม (นักวิจัย)

- ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับครัวเรือนในเขตชุมชน ตำบลกุดรัง อ.กุดรัง จ.มหาสารคาม (นักวิจัย)

- การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากฟาร์มกังหันลมที่บริเวณ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ (นักวิจัย)

- การพัฒนาห้องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่มีระบบก๊าซซิไฟเออร์ชีวมวลให้ความร้อนเสริมสำหรับการอบแห้งผลผลิตทางเกษตร (นักวิจัย)

- การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในเขตภาคเหนือตอนบน: ระยะที่ 2 การคัดเลือกแหล่งพัฒนาฟาร์มกังหันลม (ผู้ร่วมนักวิจัย)

- โครงการวางแผนพลังงานชุมชน 80 ชุมชน สนองพระราชดำริเศรษฐกิจพอเพียง: สำนักวิชาการพลังงานภาค 5 (ผู้ร่วมนักวิจัย)

- โครงการลดใช้พลังงานในหน่วยงานราชการขนาดเล็ก: สำนักวิชาการพลังงานภาค 5 (ผู้ร่วมนักวิจัย)

7. บทความวิจัย/บทความทางวิชาการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

-วสันต์ ปินะเตและ สัมพันธ์ฤทธิเดช, ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอนที่ติดตั้งครีบ, การประชุมวิชาการ การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 12 โรงแรมอิมพิเรียลโกลเด้นไทรแองเกิ้ล รีสอร์ท อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย 14-15 มีนาคม 2556

- วสันต์ ปินะเต,พัฒนพล มีนา, ผลของความยาวส่วนทำระเหย และสารทำงานที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับที่สภาวะวิกฤติ, การประชุมวิชาการ การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 11 โรงแรมนิวแทรเวิล บีช รีสอร์ท จังหวัดจันทบุรี 8-9 มีนาคม 2555

- วสันต์ ปินะเต, ดวงกมล ดังโพนทอง, ณัฐวุฒิดุษฎีและทนงเกียรติเกียรติศิริโรจน์, การวิเคราะห์ลักษณะและศักยภาพพลังงานลมของสถานีวัดลมโครงการหลวงหนองหอย จังหวัดเชียงใหม่, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉบับพิเศษ งานประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 8 วันที่ 8-9 พฤศจิกายน 2555 ณ โรงแรมตักสิลา จังหวัดมหาสารคาม

-วสันต์ ปินะเต ,พัฒนพล มีนาและดวงกมล ดังโพนทอง, ผลของมุมเอียงและเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่มีต่อลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับที่สภาวะวิกฤติ, งานประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย ครั้งที่ 2 ณ ห้องประชุมเอนกประสงค์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย 30 สิงหาคม -1 กันยายน 2555

-วสันต์ ปินะเตและ พัฒนพล มีนา, ขีดจำกัดของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับและผลของความยาวส่วนทำระเหย และสารทำงานที่มีต่อการถ่ายเทความร้อน, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทไทย ครั้งที่ 13 รงแรมอิมพีเรียลแม่ปิงจังหวัดเชียงใหม่ 4-5 เมษายน 2555

-วสันต์ ปินะเตและ พัฒนพล มีนา, ผลของความยาวส่วนทำระเหย และสารทำงานที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นวงรอบที่ติดตั้งวาล์วกันกลับที่สภาวะวิกฤติ, การประชุมวิชาการการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 11 โรงแรมนิวแทรเวิล บีช รีสอร์ท จังหวัดจันทบุรี 8-9 มีนาคม 2555

-วสันต์ ปินะเต วาสนา คำโอภาส ณัฐนี วรยศและทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, การพัฒนาห้องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่มีระบบก๊าซซิไฟเออร์ชีวมวลให้ความร้อนเสริมสำหรับการอบแห้งผลผลิตทางเกษตร, การประชุมวิชาการ การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 10 โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว จังหวัดเชียงใหม่ 10-11 มีนาคม 2554

-วสันต์ ปินะเต ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ ณัฐวุฒิ ดุษฎี และกิตติกร สาสุจิตต์, การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากฟาร์มกังหันลมของสถานีวัดลมโครงการหลวงแม่แฮ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ , การประชุมวิชาการ การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 9 โรงแรมปัตตาเวียรีสอร์ตแอนด์สปา ปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 11-12 มีนาคม 2553

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY