

# การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุชีวมวล

## (FUEL BRIQUETTING FROM BIOMASS RESIDUE)

ลักษมี สุทธิวิไลรัตน์<sup>1</sup> (LAKSAMEE SUTTHIWILAIRATANA)

ประภัสสร ภาคอรธร<sup>2</sup> (PRAPASSORN PAKART)

ขวัญรพี สิทธิรสอาด<sup>2</sup> (KHWANRAPEE SITTHEESAARD)

### บทคัดย่อ

การทดลองนำเศษวัสดุชีวมวล คือ เปลือกกล้วยน้ำว้ามาใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงานโดยนำมาเผาเป็นถ่าน ทำฟืนอัดแท่ง และทำถ่านอัดแท่ง พบว่า เปลือกกล้วยเมื่อนำมาเผาเป็นถ่านด้วยเตาถ่านเดียว มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านเฉลี่ย 17.13 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานความร้อนเฉลี่ย 6,771.16 แคลอรีต่อกรัม แต่ถ่านที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นบางไม่สะดวกต่อการนำไปใช้งาน การทำฟืนอัดแท่งจากเปลือกกล้วย โดยใช้เปลือกกล้วยสับ 2,000 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 50, 100, 200 และ 300 กรัม สามารถอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ แต่แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีความหนาแน่นน้อย เมื่อแห้งไม่เกาะติดกัน จึงยังไม่เหมาะต่อการนำไปใช้งานเช่นกัน การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วย โดยใช้ถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม ผสมกับกาวแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นของแป้งต่อน้ำโดยน้ำหนักเท่ากับ 3, 5, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของกาวสามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ อัตราส่วนที่ให้ ถ่านอัดแท่งที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดคือ อัตราส่วนที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถ่านอัดแท่งมีค่างานที่ได้ 1.85 ประสิทธิภาพการใช้ 24.76 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเผาไหม้ 6.64 กรัมต่ออนาที และพลังงานความร้อนเฉลี่ย 5,718.25 แคลอรีต่อกรัม

**คำหลัก:** ถ่าน เชื้อเพลิงอัดแท่ง ถ่านอัดแท่ง เศษวัสดุชีวมวล เปลือกกล้วย

<sup>1</sup> นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ e-mail: laksameesut@hotmail.com

<sup>2</sup> นักวิชาการเผยแพร่ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ e-mail: wood\_energy@hotmail.com

## ABSTRACT

A study on energy potential of banana peel was conducted by making charcoal, fuel briquetting and charcoal briquetting. The result found that the average yield of banana peel charcoal from single drum kiln was 17.13%. Average calorific value was 6,771.16 cal/g. However, the banana peel charcoal is not practical for household use. Fuel briquettes can be made by using fine banana peel 2,000 g mixed with tapioca starch at 50, 100, 200 and 300 g. The binding material help the briquette form better shape but also still not practical for household use. Charcoal briquettes were made by combining fine banana peel charcoal and tapioca starch glue at 3%, 5%, 8% and 10% concentration by weight. The charcoal briquette made with fine charcoal and 10 percent tapioca starch glue gave the best over all results, providing a work done value of 1.85, a heat utilization efficiency of 24.76%, a burning rate value of 6.64 g/min and an average calorific value of 5,718.25 cal/g.

**Keyword:** charcoal fuel briquette charcoal briquette biomass residue banana peel

## คำนำ

จากราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ราคาของพลังงานแทบทุกชนิดเริ่มขยับราคาตามไปด้วย การหาพลังงานทดแทนเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากในขณะนี้ พลังงานความร้อนที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น หุงต้ม บั๊ง ย่าง ตุ๋นก็จอาหารต่าง ๆ ก็ยังคงต้องใช้ถ่านอยู่เป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากว่าไม้ที่มีอยู่ในประเทศเริ่มลดลง การนำเศษวัสดุที่เหลือใช้หรือชีวมวลอื่น ๆ มาผ่านกระบวนการเพื่อให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จะช่วยแก้ปัญหาทางด้านพลังงานได้อีกทางหนึ่ง และอาจจะรวมไปถึงการช่วยลดปัญหาทางสังคมและสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย การทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่สามารถช่วยให้มีการนำเศษวัสดุหรือชีวมวลอื่น ๆ ที่เป็นของเหลือใช้หรือเศษขยะมาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางด้านพลังงาน หรือเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยการนำมาอัดเป็นแท่งซึ่งอาจต้องเลือกใช้ตัวประสานให้เหมาะสม การนำมาอัดให้เป็นแท่งจะช่วยทำให้เศษเหลือเหล่านี้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำมาใช้งานได้สะดวกขึ้น และทำให้มีความหนาแน่นสูงซึ่งจะมีผลทำให้มีค่าพลังงานความร้อนมากขึ้นด้วย การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษวัสดุชีวมวลมาทำฟืนและถ่านอัดแท่ง
2. ศึกษาถึงตัวประสานและอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำฟืนและถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุชีวมวล

## วิธีการศึกษา

### อุปกรณ์

1. เตาถังเดี่ยว
2. เศษวัสดุชีวมวล (เปลือกกล้วยน้ำว้า)
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. ตู้อบความชื้น
5. เครื่องชั่ง
6. โถดูดความชื้น
7. เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบอัดเย็น
8. แบริ่งมันสำปะหลัง
9. เครื่องบดย่อย
10. เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้
11. หม้ออลูมิเนียมเบอร์ 24

### วิธีการ

#### 1. การเผาถ่านเปลือกกล้วย

นำเปลือกกล้วย (ภาพที่ 1) มาทดลองเผาโดยใช้เตาถังเดี่ยว ก่อนเผาเก็บตัวอย่างเปลือกกล้วยนำมาอบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น บันทึกน้ำหนักเปลือกกล้วยที่นำเข้าเตาเผา ทดลองเผาโดยควบคุมอุณหภูมิของเตาไม่ให้อุ่นมากเกินไป เเผาจนกระทั่งเห็นว่าเปลือกกล้วยกลายเป็นถ่านหมด ทิ้งไว้ให้เย็นลง บันทึกน้ำหนักของถ่านเปลือกกล้วยที่ได้ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านเปลือกกล้วยที่ได้}}{\text{น้ำหนักของเปลือกกล้วยที่เข้าเตา}} \times 100$$

นำ ตัวอย่าง ถ่านเปลือกกล้วยไปหาค่าพลังงานความร้อนโดยใช้ Adiabatic oxygen bomb calorimeter รุ่น PARR 6300 รายละเอียดการหาค่าความร้อนปรากฏในคู่มือการหาค่าความร้อนของ นฤมล (2553)

#### 2. การทำฟืนอัดแท่งจากเปลือกกล้วย

นำเปลือกกล้วยสดมาสับหรือบดให้เล็กลง แล้วนำไปอัดให้เป็นแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบอัดเย็น ใช้แบริ่งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในอัตราส่วนต่างๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 1 จับเวลาที่ใช้ในการอัดแท่งและวัดความยาวของแท่งเชื้อเพลิงที่อัดได้ทั้งหมดจากส่วนผสมแต่ละอัตราส่วน เพื่อหาอัตราการผลผลิต โดยใช้สูตร

$$\text{อัตราการผลผลิต} = \frac{\text{ความยาวของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้}}{\text{เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง}}$$

นำแท่งฟืนไปผึ่งให้แห้งเพื่อเตรียมนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนผสมระหว่างเปลือกกล้วยสับกับแป้งมันสำปะหลังที่ปริมาณต่าง ๆ กัน

เปลือกกล้วยสับ (กรัม)	แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)
2,000	50
2,000	100
2,000	200
2,000	300

### 3. การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วย

#### 3.1 การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วยโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน

นำเปลือกกล้วยไปเผาให้เป็นถ่าน นำมาบดแล้วอัดให้เป็นแท่งถ่านโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 2 จับเวลาที่ใช้ในการอัดแท่ง และวัดความยาวของแท่งเชื้อเพลิงที่อัดได้ทั้งหมดจากส่วนผสมแต่ละอัตราส่วน เพื่อหาอัตราการผลิต นำแท่งถ่านไปผึ่งให้แห้งเพื่อเตรียมนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานต่อไป

ตารางที่ 2 ส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบดกับแป้งมันสำปะหลังที่ปริมาณต่าง ๆ กัน

ถ่านเปลือกกล้วยบด (กรัม)	แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)
2,000	0
2,000	50
2,000	100
2,000	200

#### 3.2 การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วยโดยใช้กาวแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน

นำถ่านเปลือกกล้วยบดมาอัดเป็นแท่งโดยผสมกับตัวประสานคือ กาวแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 3, 5, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (ตารางที่ 3) โดยนำแป้งมันสำปะหลังผสมลงในน้ำเดือดในอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง 30, 50, 80 และ 100 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร ตามลำดับ กวนให้ส่วนผสมเข้ากันจนมีลักษณะข้นใสเป็นเนื้อเดียวกัน นำกาวที่ได้ผสมกับถ่านเปลือกกล้วยบดแล้วอัดให้เป็นแท่งถ่าน จับเวลาที่ใช้ในการอัดแท่งและวัดความยาวของแท่งเชื้อเพลิงที่อัดได้ทั้งหมดจากส่วนผสมแต่ละอัตราส่วนเพื่อหาอัตราการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 3

### ตารางที่ 3 ส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบดกับกาวแป้งมันสำปะหลังที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

ถ่านเปลือกกล้วยบด (กรัม)	ระดับความเข้มข้นของกาวแป้งมันสำปะหลัง
2,000	3 เปอร์เซ็นต์
2,000	5 เปอร์เซ็นต์
2,000	8 เปอร์เซ็นต์
2,000	10 เปอร์เซ็นต์

จากนั้นนำตัวอย่างถ่านอัดแท่งที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อนและประสิทธิภาพการใช้งาน การวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อนทำโดยใช้ Adiabatic oxygen bomb calorimeter รุ่น PARR 6300 รายละเอียดการหาค่าความร้อนปรากฏในคู่มือการหาค่าความร้อนของกรม (2553) และทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานกับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ ทำโดยนำตัวอย่างถ่านอัดแท่งที่ได้ทดสอบการต้มน้ำด้วยเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้ ในห้องที่ไม่มีลมพัด เติมน้ำในหม้อต้มน้ำอลูมิเนียมเบอร์ 24 น้ำหนัก น้ำเท่ากับ 3,700 กรัม (ปริมาตร  $\frac{3}{4}$  ของปริมาตรหม้อ) ปิดฝาหม้อ ต้มน้ำโดยใช้ถ่านอัดแท่งจำนวน 400 กรัม เป็นเชื้อเพลิง สังเกตการณ์แตกปะทุของถ่าน ปริมาณควันขณะติดไฟ บันทึกคุณสมบัติของน้ำตลอดเวลาจนกระทั่งน้ำเดือด บันทึกเวลาที่ใช้ไป จากนั้นเปิดฝาหม้อแล้วปล่อยให้ไอน้ำให้น้ำเดือดต่ออีก 30 นาที บันทึกน้ำหนักน้ำและถ่านที่เหลือ หางานที่ได้ อัตราการเผาไหม้และประสิทธิภาพการใช้งานของถ่าน

### ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

#### 1. การเผาถ่านเปลือกกล้วย

การทดลองเผาถ่านเปลือกกล้วยด้วยเตาถังเดี่ยวเพื่อหาผลผลิต (ภาพที่ 2) พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 17.13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำถ่านเปลือกกล้วยไปทดสอบ ได้ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 6,771.16 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมากกว่าเปลือกกล้วยที่ยังไม่ได้เผาเป็นถ่านโดยเปลือกกล้วยมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 4,426.89 แคลอรีต่อกรัม เห็นได้ว่าการเผาถ่านเปลือกกล้วยให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยน้อยกว่าการเผาถ่านจากเศษเหลือชนิดอื่นๆ เช่น การเผาถ่านเปลือกไม้เสม็ดด้วยเตาถังเดี่ยว ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 19.29 เปอร์เซ็นต์ (ลักษมี, 2545) และการเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วย เตาถังเดี่ยว ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 22.69 เปอร์เซ็นต์ (จิระพงษ์, 2543)



ภาพที่ 1 เปลือกกล้วยที่เตรียมสำหรับการทดลอง



ภาพที่ 2 การทดลองเผาถ่านเปลือกกล้วยด้วยเตาถังเดียว

## 2. การทำฟืนอัดแท่งจากเปลือกกล้วย

จากการทดลองทำฟืนอัดแท่งจากเปลือกกล้วยโดยใช้เปลือกกล้วยสับ 2,000 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 50, 100, 200 และ 300 กรัม พบว่า ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างเปลือกกล้วยสับกับแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม ไม่สามารถอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างเปลือกกล้วยสับกับแป้งมันสำปะหลัง 100, 200 และ 300 กรัม สามารถอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ แต่แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีความหนาแน่นน้อย เมื่อปล่อยให้แห้งแท่งเชื้อเพลิงจะคลายตัวไม่เกาะติดกัน โดยส่วนผสมที่ให้ ความยาวของแท่งเชื้อเพลิงมากที่สุด คือ ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างเปลือกกล้วยสับกับแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม ซึ่งให้ความยาวของแท่งเชื้อเพลิงเท่ากับ 192 เซนติเมตร และมีอัตราการผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 1.03 เซนติเมตรต่อวินาที (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ความยาวของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างเปลือกกล้วยสับ 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลังที่ปริมาณต่างๆ กัน

ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	ระยะเวลาที่ใช้ (วินาที)	ความยาวแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ (เซนติเมตร)	อัตราการผลิต (เซนติเมตร/วินาที)
50	-	-	-
100	185	192	1.03
200	193	178	0.92
300	195	156	0.80

เป็นที่น่าสังเกตว่า การอัดแท่งของเปลือกกล้วยสับโดยผสมกับแป้งมันสำปะหลังนั้น ในขณะที่ทำการอัดจะมีความร้อนเกิดขึ้น และส่วนผสมดูเหมือนจะเหนียวและสามารถอัดออกมาเป็นแท่งยาวที่มีลักษณะเหมือนจะสามารถนำไปใช้งานได้ แต่เมื่อปล่อยให้แห้งให้แห้ง พบว่า แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จะแปรสภาพ

หลุดออกจากกัน ไม่เกาะตัวกันเป็นแท่งเหมือนตอนอัดเสร็จใหม่ ๆ อาจเป็นไปได้ว่าระหว่างที่ทำการอัดนั้น ความร้อนจะทำให้ยางเหนียวของเปลือกกล้วยออกมา เมื่อผสมกับน้ำและแป้งมันสำปะหลัง จึงทำให้เปลือกกล้วยสับสามารถเกาะติดกันแน่นและอัดออกมาเป็นแท่งได้ แต่เมื่อไม่มีความร้อนและน้ำแห้งไป ความเหนียวที่เกิดขึ้นหมดไป จึงทำให้เปลือกกล้วยหลุดออกจากกันไม่อยู่ในรูปของแท่งอีกต่อไป

### 3. การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วย

#### 3.1 การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วยโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน

จากการทดลองทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วยโดยใช้ถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 0, 50, 100 และ 200 กรัม พบว่า ถ่านเปลือกกล้วยบดที่ไม่ได้ผสมแป้งมันสำปะหลังสามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ โดยให้ความยาวของแท่งถ่านเท่ากับ 184 เซนติเมตร และมีอัตราการผลิตเท่ากับ 1.02 เซนติเมตรต่อวินาที (ตารางที่ 5) แต่แท่งถ่านที่ได้จะเกาะกันหลวมๆ เมื่อปล่อยให้แห้งจะหลุดออกจากกันไม่เกาะตัวเป็นแท่งเหมือนตอนที่อัดออกมาใหม่ สำหรับส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบดกับแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 50, 100 และ 200 กรัม สามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ดีกว่า โดยส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบดกับแป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม ให้ความยาวแท่งถ่านมากที่สุดเท่ากับ 260 เซนติเมตร และมีอัตราการผลิตสูงสุดเท่ากับ 1.40 เซนติเมตรต่อวินาที อย่างไรก็ตาม แม้ว่าส่วนผสมทุกอัตราส่วนจะสามารถอัดออกมาเป็นแท่งถ่านได้ แต่เมื่อทิ้งไว้ให้แห้ง แท่งถ่านที่ได้จะเกาะตัวกันหลวม ๆ ไม่แน่น จึงมีลักษณะยังไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

**ตารางที่ 5** ความยาวของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลังที่ปริมาณต่างๆ กัน

ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	ระยะเวลาที่ใช้ (วินาที)	ความยาวแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ (เซนติเมตร)	อัตราการผลิต (เซนติเมตร/วินาที)
0	180	184	1.02
50	240	251	1.06
100	153	191	1.25
200	185	260	1.40

#### 3.2 การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วยโดยใช้กาวแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน

เมื่อทดลองทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วยโดยใช้ถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม ผสมกับกาวแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนของแป้งต่อน้ำโดยน้ำหนักเท่ากับ 3, 5, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าทุกส่วนผสมสามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ (ภาพที่ 3) โดยมีความยาวของแท่งถ่านเท่ากับ 180, 150, 135

และ 120 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์ ให้อัตราการผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 1.20 เซนติเมตรต่อวินาที

**ตารางที่ 6** ความยาวของถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลังที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน

ความเข้มข้นของ กาวแป้งมันสำปะหลัง	ระยะเวลาที่ใช้ (วินาที)	ความยาวแท่งถ่านที่ได้ (เซนติเมตร)	อัตราการผลิต (เซนติเมตร/วินาที)
3 เปอร์เซ็นต์	150	180	1.20
5 เปอร์เซ็นต์	275	150	0.55
8 เปอร์เซ็นต์	252	135	0.54
10 เปอร์เซ็นต์	224	120	0.53

อย่างไรก็ตาม แม้ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์ จะให้ความยาวของแท่งถ่านมากที่สุดและมีอัตราการผลิตสูงที่สุด แต่เมื่อนำแท่งถ่านดังกล่าวไปผึ่งให้แห้งเพื่อเตรียมนำไปใช้งาน พบว่า แท่งถ่านจะหลุดออกจากกัน ไม่เกาะกันเป็นแท่ง จึงไม่สามารถนำไปใช้งานได้ แต่สำหรับส่วนผสมอื่น ๆ คือ ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลัง 5, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปผึ่งให้แห้งแล้วสามารถนำแท่งถ่านมาใช้งานได้ เมื่อนำไปทดสอบกับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้ พบว่าส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่างานที่ได้สูงที่สุดเท่ากับ 1.85 (ตารางที่ 7, ภาพที่ 4) ค่าประสิทธิภาพการใช้งานสูงที่สุดเท่ากับ 24.76 เปอร์เซ็นต์ ค่าอัตราการเผาไหม้ต่ำที่สุดเท่ากับ 6.64 กรัมต่อนาฬิกา แต่มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 5,718.25 แคลอรีต่อกรัม

**ตารางที่ 7** ค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้ ประสิทธิภาพการใช้งาน และพลังงานความร้อนเฉลี่ยของถ่านเปลือกกล้วยอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านบด 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลังที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

ความเข้มข้นของกาวแป้งมันสำปะหลัง (เปอร์เซ็นต์)	3	5	8	10
งานที่ได้	-	0.99	1.07	1.85
อัตราการเผาไหม้ (กรัมต่อนาที)	-	7.90	7.99	6.64
ประสิทธิภาพการใช้งาน (เปอร์เซ็นต์)	-	17.26	17.30	24.76
ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย (แคลอรีต่อกรัม)	-	6,104.26	5,765.62	5,718.25





**ภาพที่ 3** ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่าง ถ่านเปลือกกล้วยอบต 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลังที่ระดับ ความเข้มข้นต่างๆ กัน



**ภาพที่ 4** ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่าง ถ่านเปลือกกล้วยอบต 2,000 กรัม กับกาวแป้งมันสำปะหลังที่ระดับ ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 6 และ 7 เห็นได้ว่า การเพิ่มความเข้มข้นของกาวแป้งมันสำปะหลังลงในส่วนผสม ทำให้อัตราการผลิตและความยาวของแท่งถ่านที่ได้ลดลง แต่ถ่านมีลักษณะแน่นขึ้น ความแน่นน่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของถ่าน เพราะจากการทดลองพบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีความเข้มข้นของกาวแป้งมันสำปะหลังสูงกว่า มีค่างานที่ได้และประสิทธิภาพการใช้งานสูงกว่าถ่านอัดแท่งที่มีความเข้มข้นของกาวแป้งมันสำปะหลังน้อย และมีค่าอัตราการเผาไหม้ต่ำกว่า ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะของถ่านที่ดี เพราะถ่านอัดแท่งที่มีอัตราการเผาไหม้สูง จะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่า เชื้อเพลิงจะหมดเร็วกว่า ค่างานที่ได้จึงน้อยกว่า ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพการใช้งานต่ำกว่าด้วยนั่นเอง สิริลักษณ์และคณะ (2538) ได้กล่าวไว้ว่าถ่านที่มีอัตราการเผาไหม้สูงแม้จะทำให้น้ำเดือดเร็วจริง แต่ถ่านจะเผาไหม้หมดไปเร็วและจะสิ้นเปลืองถ่านมากกว่าถ่านที่มีอัตราการเผาไหม้ต่ำ จึงถือว่าถ่านที่มีอัตราการเผาไหม้ต่ำกว่า มีลักษณะของถ่านที่ดีและมีคุณภาพดีกว่าถ่านที่มีอัตราการเผาไหม้สูง แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณของแป้งมันสำปะหลังมีผลทำให้มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้เสมีดโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน (ลักษมี, 2545) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณของแป้งมันสำปะหลังมีผลต่อค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่ง โดยค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งจะลดลงเมื่อมีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังมากขึ้นนั่นเอง

### สรุปผล

1. เปลือกกล้วยสามารถนำมาเผาให้เป็นถ่านได้ โดยมีผลผลิตถ่านเฉลี่ย 17.13 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานความร้อนเฉลี่ย 6,771.16 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมากกว่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยของเปลือกกล้วย

ที่ยังไม่ได้เผาเป็นถ่านโดยมีพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 4,426.89 แคลอรีต่อกรัม แต่ถ่านเปลือกกล้วยก็ยังคงอยู่ในรูปแบบที่ไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

2. การนำเปลือกกล้วยมาทำเป็นฟืนอัดแท่ง ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างเปลือกกล้วยสับ 2,000 กรัมกับแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม ไม่สามารถอัดออกมาเป็นแท่งได้ สำหรับส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างเปลือกกล้วยสับกับแป้งมันสำปะหลัง 100, 200 และ 300 กรัม สามารถอัดเป็นแท่งฟืนได้ แต่แท่งฟืนที่ได้มีความหนาแน่นน้อย เมื่อปล่อยให้แห้งแท่งฟืนจะหลุดออกจากกัน ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ จึงเป็นส่วนผสมที่ยังไม่เหมาะต่อการผลิตฟืนอัดแท่งจากเปลือกกล้วย

3. การนำถ่านเปลือกกล้วยมาทำเป็นถ่านอัดแท่ง เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานทุกส่วนผสมสามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ แต่ถ่านอัดแท่งที่ได้มีความหนาแน่นน้อย และเมื่อปล่อยให้แห้งแท่งเชื้อเพลิงจะหลุดออกจากกัน แต่เมื่อใช้กาวแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน สามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ดีกว่าและมีความแน่นมากกว่าส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัมกับกาวแป้งมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์ จะให้ความยาวของแท่งถ่านมากที่สุดและมีอัตราการผลิตสูงที่สุด แต่ยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้เนื่องจากเมื่อนำแท่งถ่านไปผึ่งให้แห้ง แท่งถ่านจะหลุดออกจากกัน ส่วนผสมที่น่าจะเหมาะสมที่สุดสำหรับการทดลองนี้คือ ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนระหว่างถ่านเปลือกกล้วยบด 2,000 กรัมกับกาวแป้งมันสำปะหลัง 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่างานที่ได้สูงที่สุดเท่ากับ 1.85 ประสิทธิภาพการใช้งานสูงที่สุดเท่ากับ 24.76 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเผาไหม้ต่ำที่สุดเท่ากับ 6.64 กรัมต่อนาที และมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 5,718.25 แคลอรีต่อกรัม แต่ก็ถือได้ว่ามีคุณสมบัติดีกว่าถ่านอัดแท่งจากส่วนผสมอัตราส่วนอื่น ๆ

## เอกสารอ้างอิง

จิระพงษ์ คุหากาญจน์. 2543. **ศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านกะลามะพร้าว.**

กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 19 หน้า.

นฤมล ภาณุนำภา. 2553. **การหาค่าความร้อนของไม้และถ่าน.** การจัดการความรู้ในองค์กร (KM).

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 56 หน้า.

ลักขมี สุทธิวิไลรัตน์. 2545. **ศักยภาพทางด้านพลังงานของเปลือกไม้เสม็ด.** เอกสารทางวิชาการ.

กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้. กรมป่าไม้. 22 หน้า.

สิริลักษณ์ ตาตะยานนท์. มาลี ภาณุนำภา, วิจิตร อ่องสมหวัง, ลักขมี เสชนะ และ

วินัย ปัญญาธัญญะ. 2538. **การศึกษาคุณภาพและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านไม้**

**Acacias จำนวน 17 ชนิด.** หน้า 55-65 ใน รายงานประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2537.

กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.