# การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

ปริญญานิพนธ์

ของ

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2553

# การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

ปริญญานิพนธ์

ของ

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2553

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

# การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

บทคัดย่อ

ของ

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2553

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล. (2553). *การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล, อาจารย์ ดร. อัมพร กุญชรรัตน์.

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ โดยศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยทำการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) มลภาวะ ต้นทุนต่อหน่วยและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตถ่านอัดแท่ง

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวมาผสมกัน 5 อัตราส่วน ลักษณะถ่านอัดแท่งเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร มีครีบโดยรอบจำนวน 5 ครีบ และมีรูกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ความยาว 10 เซนติเมตร แรงอัด 33 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนัก ทำการทดสอบโดยการเผาไหม้เพื่อวัดผลในห้องปฏิบัติการทดสอบเพื่อส่งให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะทางความร้อนและมลภาวะ

ผลทางด้านสมรรถนะทางความร้อน สรุปได้ว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วน 9 : 1 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 6,580.10 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม และอัตราส่วน 1 : 9 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนต่ำสุดเท่ากับ 4,514.13 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ผลการทดสอบมลภาวะจากการเผาไหม้ถ่านอัดแท่ง พบว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีปริมาณเท่ากับ195 ppm ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เท่ากับ 26 ppm คาร์บอนไดออกไซด์ 9.11 ppm และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีปริมาณมากกว่า 4,000 ppm มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าลดลง สัมพันธ์กับปริมาณคงเหลือของวัสดุหลังการเผาไหม้ ซึ่งในด้านสมรรถนะเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547)

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วน 3 : 7 มีค่าสมรรถนะทางความร้อน เท่ากับ 5,003 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ให้ค่าสมรรถนะทางความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 5.35 บาทต่อกิโลกรัม และเมื่อมีกำลังการผลิตที่ 400 กิโลกรัม/วัน จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาประมาณ 1.4 ปี ซึ่งผลการศึกษาวิจัยสามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ เหง้ามันสำปะหลังมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มมูลค่าได้ โดยการใช้ถ่านเหง้ามันสำปะหลังเป็นส่วนผสมหลัก และใช้ถ่านกะลามะพร้าวเป็นส่วนผสมลอง สามารถบรรลุผลสอดคล้องกับสมมุติฐานของผู้วิจัย

# THE PRODUTION OF CHARCOAL BRIQUETTE BY COCONUT SHELL AND CASSAVA RHIZOME

AN ABSTRACT

BY

RUNG-ROJ PHUTTEESAKUL

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Master of Education Degree in Industrial Education

at Srinakharinwirot University

March 2010

Rung-Roj Phutteesakul. (2010). *The Production of Charcoal Briquette by Coconut Shell and Cassava Rhizome.* Master Thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Upawit Suwakantagul, Dr. Amporn Kunchornrat.

This study aimed to utilize agricultural waste to produce charcoal briquette on coconut shell and cassava rhizome. The experiments were conducted to analyze high heating performance, pollution effect, unit cost of production and economics cost-benefit.

The experiments were set up by mixing coconut shell and cassava rhizome wily five ratios. The shape of the charcoal briquette is 5 centimeters of diameters and 1.5 centimeters of hole's diameter, 10 centimeters of length and 5 fins around the briquette. The humidity was less than 8% per weight, The performance of compression testing was done by laboratory and evaluated by the experts.

The evaluation of heat performance from the experts, found that, the highest heating value of charcoal briquette with coconut charcoal and cassava rhizome charcoal of 9:1 ratio was 6,580.101 kcal/kg, and the lowest heating value was the mixing of 1:9 ratio with 4,514.13 kcal/kg. The results of combustion emissions testing were ; 195 ppm of sulfur, 26 ppm. Of nitrogen dioxide, 9.11 ppm of carbon dioxide and more than 4,000 ppm of carbon monoxide. The gas emissions were reduction correlated with the amount of materials remaining after burning and met the requirement of standards communities (238/2547).

The results of economics analysis found that the charcoal briquette mixing with the ratio of 3:7, 5,003 kcal/kg of heat performance, was bayed on the standard. The production cost was 5.35 Baht/kg of charcoal, when the productivities are 400 kg./day, the payback period is approximately 1.4 years. The results of study should be encourage the utilization of agricultural wastes to increase wastes value added that would be conformed to the main objectives of the research.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

ของ

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่ ..... เดือน มีนาคม พ.ศ. 2553

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อัมพร กุญชรรัตน์)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน
(อาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร )

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อุปวิทย์ สุวคันธกุล)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อัมพร กุญชรรัตน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

# ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ ดร. อุปวิทย์ สุวคันธกุล ประธานผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. อัมพร กุญชรรัตน์ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแหล่งข้อมูลในการศึกษาค้นคว้า ให้แนวคิดอันเป็นประโยชน์ ในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนช่วยปรับแก้รูปแบบของปริญญานิพนธ์จนแล้วเสร็จ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา และอาจารย์ โอภาส สุขหวาน คณะกรรมการสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. จันทนา กุญชรรัตน์ ที่ได้ให้คำแนะนำแนวทางในการจัดเตรียมการทดสอบวิจัยอีกทั้งยังกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินสมรรถนะการผลิตถ่านอัดแท่ง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พิชัย นามประกาย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ติกะ บุนนาค ดร. บริสุทธิ์ จันทวงศ์ไพศาล ดร. โยธิน อึ่งกุล กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินสมรรถนะการผลิตถ่านอัดแท่ง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณ ชนินทร์ เลิศคณาวนิชกุล นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการจัดทำการทดลองวิจัยทางด้านมลภาวะ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณน้อย เรียงวงศ์ ณ ศูนย์ฝึกอมรมปฏิบัติการด้าน การจัดการพลังงาน ศูนย์ทดลองวิชาการพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงานจังหวัดปทุมธานี กรมพัฒนา พลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่กรุณาให้คำแนะนำกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง อีกทั้งยังเป็นทีปรึกษามาโดยตลอดระหว่างทำการทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณเพทาย ภูมิโคกรักษ์ และคุณประทุม ภูมิโคกรักษ์ ผู้ที่กรุณาจัดหาวัตถุดิบในการวิจัยในครั้งนี้มาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ คุณสะมะแอน หมื่นยกพล และคุณกาแดง ภูมิโคกรักษ์ ผู้ที่กรุณาจัดหาที่ทดลองเผากะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลังศึกษาความเป็นไปได้ก่อนทำการวิจัยในครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้ เหนือสิ่งอื่นใดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณ พ่อวันชัย พุทธีสกุล คุณแม่แสงดาว ภูมิโคกรักษ์ ที่กรุณาให้การสนับสนุน ทางด้านการเงินมาโดยตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัย อีกทั้งครอบครัวพุทธีสกุล ครอบครัว ภูมิโคกรักษ์ ญาติๆ ทุกท่าน พี่และเพื่อนคนใกล้ชิดทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนด้วยดีตลอดระยะเวลาในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ว่าที่ รต. รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล

# สารบัญ


| บทที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | **บทนำ** | 1 |
| | ภูมิหลัง | 1 |
| | ความมุ่งหมายของการวิจัย | 3 |
| | ความสำคัญของการวิจัย | 4 |
| | ขอบเขตของการวิจัย | 4 |
| | นิยามศัพท์ | 5 |
| | กรอบแนวคิดในการวิจัย | 6 |
| | สมมติฐานการวิจัย | 6 |
| 2 | **เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 7 |
| | พลังงานชีวมวล | 7 |
| | ความหมายของพลังงานชีวมวล | 7 |
| | ความสำคัญของพลังงานจากชีวมวล | 8 |
| | แหล่งกำเนิดพลังงานชีวมวล | 8 |
| | วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร | 10 |
| | ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย | 10 |
| | ศักยภาพของก๊าซชีวภาพในประเทศ และการส่งเสริมจากภาครัฐ | 15 |
| | การผลิตชีวมวลในประเทศไทย | 17 |
| | พลังงานหมุนเวียนและพลังงานจากชีวมวล | 18 |
| | ประโยชน์ของชีวมวล | 19 |
| | วัตถุดิบที่ใช้ทำการทดลอง | 21 |
| | เหง้ามันสำปะหลังปะหลัง | 21 |
| | กะลามะพร้าว | 27 |
| | การประเมินคุณภาพและสมบัติทางเชื้อเพลิง | 34 |
| | ประสิทธิภาพด้านความร้อน | 34 |
| | ข้อดีของแท่งเชื้อเพลิงเมื่อเปรียบเทียบกับฟืนและถ่าน | 35 |

# สารบัญ (ต่อ)


| บทที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2 | **(ต่อ)** | |
| | กระบวนการในการผลิตถ่านอัดแท่ง | 37 |
| | การผลิตถ่าน | 37 |
| | การบดย่อย | 38 |
| | การผสม | 38 |
| | การอัดเป็นแท่ง ตามรูปทรงที่กำหนด | 39 |
| | การทำให้แห้ง | 40 |
| | สมรรถนะและมลภาวะของถ่านอัดแท่ง | 41 |
| | มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง | 41 |
| | มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม | 43 |
| | มลภาวะ | 43 |
| | ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย | 50 |
| | การเขียนแผนภูมิของจุดคุ้มทุน | 50 |
| | ผลต่างของราคาผลิตภัณฑ์และต้นทุนแปรผันต่อหน่วย | 53 |
| | ระยะเวลาในการคืนทุน | 53 |
| | ต้นทุนในการผลิตถ่านอัดแท่ง | 55 |
| | งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 56 |
| | งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของต่างประเทศ | 56 |
| | งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายในประเทศ | 57 |
| 3 | **วิธีการดำเนินการวิจัย** | 65 |
| | วัตถุดิบและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 65 |
| | สถานที่ทำการทดลอง | 66 |
| | ระยะเวลาในการทดลอง | 66 |
| | การวางแผนการทดลอง | 67 |

# สารบัญ (ต่อ)


**บทที่** **หน้า**

3 **(ต่อ)**

ขั้นตอนในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่าน
เหง้ามันสำปะหลัง……..... 68

ขั้นตอนการหาสมรรถนะ..... 75

ต้นทุนการผลิต..... 77

4 **ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**…….…… 81

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์สมรรถนะทางความร้อนของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตถ่านอัดแท่ง... 81

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์และประเมินค่าความร้อนที่ได้จาก ถ่านกะลามะพร้าว
ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลัง..... 86

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ผลกระทบด้านมลภาวะในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง..... 89

ตอนที่ 4 การประเมินความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ…….. 90

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย..... 91

ตอนที่ 6 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์..... 93

5 **สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ**..... 97

สรุปผลการวิจัย..... 97

อภิปรายผลการวิจัย..... 101

ข้อเสนอแนะ..... 106

**บรรณานุกรม**..... 108

# สารบัญ (ต่อ)


**บทที่** **หน้า**

**ภาคผนวก**..... 114

ภาคผนวก ก..... 115

ภาคผนวก ข..... 122

ภาคผนวก ค..... 136

ภาคผนวก ง..... 140

ภาคผนวก จ..... 142

ภาคผนวก ฉ..... 147

ภาคผนวก ช..... 173

ภาคผนวก ซ..... 176

ภาคผนวก ฌ..... 178

**ประวัติย่อผู้วิจัย**..... 180

# บัญชีตาราง


| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย (2550)…….…….. | 11 |
| 2 | ศักยภาพของชีวมวลในประเทศไทยในปี (2550)…….…… | 12 |
| 3 | พลังงานชีวมวลที่เกิดขึ้นในแต่ละปี…….…….. | 13 |
| 4 | ศักยภาพชีวมวลสำหรับผลิตไฟฟ้าในปี (2550)…….……..... | 15 |
| 5 | ผลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และควันหรือฝุ่นละอองต่อมนุษย์..... | 45 |
| 6 | ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไมโตกรัมต่อลูกบาศก์เมตร..... | 47 |
| 7 | ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศกับปริมาณคาร์บอกซี ฮีโมโกลบินในเลือดของคนที่ได้สูดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าไป..... | 49 |
| 8 | คุณสมบัติค่าความร้อนของเหง้ามันสำปะหลังที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเผาแล้วอัดแท่งเป็นถ่านอัดแท่ง..... | 61 |
| 9 | คุณสมบัติค่าความร้อนของกะลามะพร้าวที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเผาอัดแท่ง..... | 62 |
| 10 | คุณสมบัติค่าความร้อนของเหง้ามันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการเผาแล้วอัดแท่งเป็นถ่านอัดแท่ง..... | 62 |
| 11 | คุณสมบัติค่าความร้อนของกะลามะพร้าวที่ผ่านกระบวนการเผาแล้วอัดแท่งเป็นถ่านอัดแท่ง..... | 63 |
| 12 | การวางแผนการทดลอง..... | 67 |
| 13 | แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถนะของถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังจากห้องปฏิบัติการ..... | 82 |
| 14 | แสดงผลการประเมินค่าความร้อนที่ได้จากการทดลองและทดสอบถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลัง ในอัตราส่วนผสมต่างๆ จากการคำนวณโดยวิธี Interpolate... | 86 |
| 15 | แสดงผลการคำนวณค่าความร้อนและระยะเวลาในการมอดดับแต่ละอัตราส่วน..... | 87 |
| 16 | ผลการวิเคราะห์เพื่อหามลภาวะที่ออกมาจากถ่านอัดแท่ง..... | 90 |
| 17 | การประเมินความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ..... | 91 |
| 18 | แสดงรายการราคาต้นทุนของเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง..... | 91 |
| 19 | แสดงรายการราคาต้นทุนผันแปร ของการผลิตถ่านอัดแท่ง..... | 92 |

# บัญชีตาราง (ต่อ)


| ตาราง | | หน้า |
|---|---|---|
| 20 | แสดงการคำนวณต้นทุนแปรผัน (Variable cost) ของการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ต่อปี ในแต่ละอัตราส่วน…….. | 93 |
| 21 | การประเมินการกำหนดราคาขายสำหรับถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสมต่างๆ…….. | 94 |
| 22 | แสดงรายการราคาต้นทุนของเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง..... | 123 |
| 23 | แสดงรายการราคาต้นทุนผันแปร ของการผลิตถ่านอัดแท่ง..... | 123 |
| 24 | แสดงการคำนวณต้นทุนแปรผัน (Variable cost) ของการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังต่อปี ในแต่ละอัตราส่วน..... | 127 |
| 25 | การประเมินการกำหนดราคาขายสำหรับถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสมต่างๆ…….. | 128 |
| 26 | ผลการวิเคราะห์การคำนวณหา NPV โดยคำนวณจากต้นทุน รายจ่าย และรายรับในแต่ละปี โดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8 บาท/ปี เป็นอัตราดอกเบี้ยคงที่ตลาดระยะเวลาของโครงการ..... | 132 |
| 27 | การคำนวณ IRR ในอัตราส่วนผสมจากถ่านกะลามะพร้าว 3 ส่วนต่อถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 7 ส่วน..... | 135 |

# บัญชีภาพประกอบ


| ภาพประกอบ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | กรอบแนวคิดในการวิจัย | 6 |
| 2 | วงจรการสร้างชีวมวล | 9 |
| 3 | เหง้าจากแปลงปลูก | 26 |
| 4 | เหง้าจากลานมัน | 26 |
| 5 | ถ่านอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลัง | 27 |
| 6 | กะลามะพร้าว | 28 |
| 7 | ต้นมะพร้าว | 29 |
| 8 | ส่วนประกอบของมะพร้าวปริมาณ 100 กิโลกรัม | 30 |
| 9 | วัสดุกะลามะพร้าวที่เหลือใช้ | 36 |
| 10 | ลักษณะของถ่านที่ได้จากการเผากะลามะพร้าว | 36 |
| 11 | ลักษณะถ่านอัดแท่งที่ได้จากกะลามะพร้าว | 36 |
| 12 | กระบวนการบด | 38 |
| 13 | การผสมถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังตามอัตราส่วนที่กำหนด | 39 |
| 14 | การอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่กำหนด | 40 |
| 15 | การทำให้แห้งโดยนำแท่งถ่านไปตากแดด | 41 |
| 16 | แผนภูมิแสดงต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร | 51 |
| 17 | แผนภูมิแสดงรายรับ | 51 |
| 18 | แผนภูมิของจุดคุ้มทุน | 52 |
| 19 | แผนภูมิแสดงส่วนผลให้ | 53 |
| 20 | สูตรคำนวณมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินตอบแทนสุทธิ | 54 |
| 21 | ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง | 69 |
| 22 | สูตรคำนวณมูลค่าปัจจุบันของกระแสตอบแทนสุทธิ | 78 |
| 23 | ขั้นตอนในการทดลอง | 79 |
| 24 | แสดงค่าความร้อน | 83 |
| 25 | แสดงปริมาณค่าความชื้น | 84 |
| 26 | แสดงปริมาณเถ้า | 85 |

# บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

**ภาพประกอบ** **หน้า**

27 เส้นกราฟแสดงค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าความร้อนและอัตราส่วนผสม ของถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลังโดยเปรียบเทียบกับ ระยะเวลาการมอดดับ..... 88

28 แสดงลักษณ์การลงทุนรายปีของการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและ ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง..... 124

# บทที่ 1
# บทนำ

## ภูมิหลัง

พลังงานถือเป็นปัจจัยที่สำคัญ ในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในภาคธุรกิจ และภาคอุตสาหกรรม รัฐบาลจึงต้องจัดหาแหล่งพลังงาน ให้ได้ปริมาณที่เพียงพอ ในราคาที่เหมาะสมและมีคุณภาพที่ดีสอดคล้องกับความต้องการ ประเทศไทยนั้นถือว่ามีแหล่งพลังงานในเชิงพาณิชย์ จำนวนน้อยและไม่เพียงพอ ทำให้ต้องพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศสูงถึงประมาณร้อยละ 60 ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด ดังนั้น เพื่อให้มั่นใจว่าในอนาคต ประเทศไทยจะมีพลังงานใช้อย่างพอเพียงรัฐบาลและผู้เกี่ยวข้องจึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการพัฒนาแหล่งพลังงาน ที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และต้องพิจารณาเลือกใช้เชื้อเพลิงที่มีราคาถูก รวมทั้งต้องมีปริมาณที่เพียงพอและแน่นอน ต่อความต้องการภายในประเทศ มีการกระจายแหล่งชนิดเชื้อเพลิงให้หลากหลาย เพื่อกระจายความเสี่ยง และต้องเป็นเชื้อเพลิงที่มีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมน้อยที่สุด (บริษัทไทยซูมิจำกัด. 2551: ออนไลน์) การใช้พลังงานในชีวิตประจำวัน เป็นไปเพื่อการดำรงชีวิตและเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานหรือเพื่อความบันเทิง แต่การใช้พลังงาน ในปัจจุบันเกิดการสูญเสียพลังงานจากกระบวนการต่างๆ มากมายขึ้น เนื่องจากผู้ประกอบการละเลย และมองข้ามความสำคัญของการประหยัดพลังงานในจุดที่ไม่จำเป็น การหันมาพิจารณาการใช้พลังงานอย่างประหยัดโดยเริ่มที่ตัวเรา ช่วยกันลดปริมาณการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็นในชีวิตออกไป จะเป็นการช่วยให้การใช้พลังงานได้คุ้มค่ามากยิ่งขึ้น (โอภาส สุขหวาน. 2545: 47) ในสภาวะวิกฤติการณ์ราคาน้ำมันเพิ่มสูงขึ้นเป็นรายวัน เช่นนี้การเลือกใช้พลังงานทางเลือกอื่นๆ ได้แก่ แสงอาทิตย์ น้ำ ลม ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดใช้ไม่มีวันหมดรวมทั้ง ชีวมวล ซึ่งจัดว่าประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีแหล่งพลังงานชนิดนี้อยู่ภายในประเทศเป็นจำนวนมาก และมีผลเสียต่อสภาวะแวดล้อมน้อย พลังงานชีวมวลจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่รัฐต้องหันมา ให้ความสำคัญในการพัฒนาศักยภาพ และสร้างความเชื่อมั่นให้ประชาชนเห็นความสำคัญของการใช้พลังงานหมุนเวียน จากแหล่งพลังงานภายในประเทศ เพื่อลดการพึ่งพาพลังงานจากฟอสซิล (บริษัทไทยซูมิจำกัด. 2551: ออนไลน์)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางการเกษตร มีผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมแปรรูปอยู่มากมาย โดยที่ผลผลิตหลักและเศษวัสดุหรือของเหลือจากทั้ง 2 ภาคเศรษฐกิจสามารถนำมาใช้ประโยชน์หรือแปรรูปให้เป็นพลังงานหรือเชื้อเพลิง เพื่อทดแทนการใช้พลังงานจากฟอสซิล ซึ่งส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและอาจหมดไปในอนาคตอันใกล้

ในขณะที่พลังงานชีวมวลนั้นเป็นผลผลิตซึ่งหาได้ง่ายและมีอยู่ทั่วไป (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552: ออนไลน์) พลังงานชีวมวล หมายถึง พลังงานที่สะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ ได้ โดยผ่านกระบวนการแปรรูปชีวมวล และชีวมวล คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติ ได้แก่ ต้นไม้ กิ่งไม้ หรือเศษวัสดุจากภาคการเกษตร หรือภาคอุตสาหกรรม เช่น แกลบ ฟาง ชานอ้อย ขี้เลื่อย เศษไม้ เปลือกไม้ มูลสัตว์ รวมทั้งของเหลือหรือขยะจากครัวเรือนเป็นต้น มนุษย์รู้จักวิธีการใช้พลังงานจากชีวมวลมาตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์จนถึงปัจจุบันก็ยังมีการนำ พลังงานจากชีวมวลมาใช้ประโยชน์ในสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนาซึ่งตามชนบทจะยังมีการใช้ไม้ฟืนหรือถ่านในการหุงหาอาหารให้เห็นอยู่ทั่วไป การนำพลังงานจากชีวมวลมาใช้ได้โดยกระบวนการที่ใช้ความร้อน และกระบวนการชีวภาพ การใช้พลังงานชีวมวลโดยกระบวนการที่ใช้ความร้อน จะเห็นได้ทั่วไปในลักษณะของการนำถ่านไม้ หรือฟืนมาเผาเพื่อให้เกิดความร้อน สำหรับนำไปใช้ในการหุงต้มอาหาร หรือประโยชน์ในด้านอื่นๆ ปัจจุบัน ทรัพยากรป่าไม้ ถ่าน และฟืน หาได้ยาก และมีราคาแพงขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องพัฒนาการใช้พลังงานจากชีวมวลให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและให้มีการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ให้น้อยที่สุด (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550: ออนไลน์)

พืชชีวมวลที่นำมาใช้เป็นเชื่อเพลิงมีหลายรูปแบบ เช่น แกลบ ได้จากการสีข้าวเปลือกชานอ้อย ได้จากการผลิตน้ำตาลทราย เศษไม้ ได้จากการแปรรูปไม้ยางพาราหรือไม้ยูคาลิปตัส เป็นส่วนใหญ่ และบางส่วนได้จากส่วนป่าที่ปลูกไว้กากปาล์ม ได้จากการสสัดน้ำมันปาล์มดิบออกจากผลปาล์มสด กากและ กะลามะพร้าว ได้จากการนำมะพร้าวไปผลิตกะทิ และน้ำมันมะพร้าวกากเหง้ามันสำปะหลัง ได้จากการตัดออกจากลำต้นมันสำปะหลังและจากการผลิตแป้งมันซังข้าวโพด ได้จากการสีข้าวโพดเพื่อนำเม็ดออก การหาพลังงานทดแทนที่เหลือใช้จากวัสดุธรรมชาตินั้นจะต้องนำชีวมวลเหล่านั้นมาผ่านกระบวนการแปรรูป ให้เป็นพลังงาน ดังนี้ การเผาไหม้โดยตรง (Combustion) คือการนำชีวมวลมาเผา เพื่อให้ได้พลังงานในรูปของความร้อนออกมาตามค่าความร้อนของชีวมวล แต่ละชนิดความร้อนนี้ได้จากการเผาสามารถนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิ และความดันสูง

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีคุณสมบัติที่ดีที่นิยมในการนำมาแปรรูปผลิตเป็นถ่านอัดแท่งในช่วงเวลาที่ผ่านมา ได้แก่ กะลามะพร้าวเป็นชีวมวลที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานทดแทนได้ เมื่อนำกะลามะพร้าวมาผ่านกระบวนการอัดแท่งด้วยกรรมวิธีอัดเย็นจะให้ถ่านอัดแท่งที่มีคุณสมบัติที่ดีมาก และถือว่าเป็นวัตถุดิบอันดับ 1 ของการผลิตถ่านในกระบวนการอัดเย็น เนื่องจากถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวจะให้ความร้อนที่สูง และขี้เถ้าน้อย ทำให้ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวเป็นที่นิยมของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศเป็นอย่างมาก (พรสถิต ยงยืน. 2552: 66-67) อย่างไรก็ตามปัจจุบันกะลามะพร้าวดังกล่าว มีผู้นำไปพัฒนาเพื่อแปรรูปให้มีมูลค่าเพิ่มได้หลากหลาย

รูปลักษณะ เช่น เครื่องประดับ วัสดุเครื่องใช้ไม้สอย หรือของที่ระลึก ทำให้วัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวในท้องถิ่นมีปริมาณลดลง ตลอดจนมีราคาต้นทุนสูงขึ้นจากเดิมมาก

พืชชีวมวลอีกชนิดหนึ่ง ได้แก่ มันสำปะหลัง ซึ่งหลังจากการเก็บเกี่ยวและแปรรูปส่วนที่เป็นประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจ แล้วจะมีเศษที่เหลือเรียกว่าเศษเหง้ามันสำปะหลังโดยปกติแล้วเหง้ามันต้องถูกตัดออกจากหัวมันสำปะหลังทั้งหมด แต่มีเหง้ามันอีกส่วนหนึ่งที่ติดไปกับหัวมันสำปะหลังที่ส่งขายยังโรงงานแป้งมันซึ่งมีสัดส่วนน้อยมาก ในอดีตทางโรงงานจะใช้เครื่องจักรตัดเศษเหง้ามันส่วนดังกล่าวทิ้งแต่ ปัจจุบันเริ่มมีการนำเหง้ามันมาใช้ประโยชน์มากขึ้น (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2549:43) โดยหลังจากชาวไร่มันสำปะหลังเก็บเกี่ยวหัวมันสด เกษตรกรจะเก็บลำต้นที่มีความสมบูรณ์ไว้เพื่อปลูกในปีถัดไป ดังนั้นจะเหลือเหง้ามันพร้อมเศษลำต้นกระจายอยู่ในไร่ ซึ่งชาวไร่บางพื้นที่จะเผาทิ้ง บางพื้นที่จะใช้รถแทรกเตอร์ย่ำและไถกลบก่อนการปลูกในฤดูถัดไป มีการประเมินว่าเหง้ามันและลำต้นมันสำปะหลังถูกทิ้งปีละ 3.4 ล้านตัน มีค่าความร้อนเทียบเท่ากับน้ำมันเตา 450 ล้านลิตร ซึ่งถือเป็นการทิ้งของให้สูญเปล่า (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2549: 44)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญดังกล่าวและมีความสนใจนำกะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลังมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นพลังงานทดแทน เพื่อช่วยลดการใช้พลังงานจากถ่านไม้ธรรมชาติ โดยนำเอากะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลังผลิตถ่านอัดแท่งและพัฒนาหาสมรรถนะพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลัง เพื่อให้ได้ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนที่ต้นทุนต่ำ สามารถหาวัตถุดิบได้ง่าย และมีอยู่ในปริมาณสูง เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศทางเกษตรกรรม และเพื่อประโยชน์ชาวบ้านในเขตพื้นที่ชนบท ที่อยู่ในพื้นที่การเพาะปลูก กะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลังจะได้นำไปเป็นแบบอย่างส่งเสริมและสนับสนุนการตัดสินใจให้มีการผลิตถ่านอัดแท่งใช้เองภายในครัวเรือนตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง หรือจำหน่ายเพื่อเป็นรายได้เสริมแก่ชุมชนท้องถิ่นที่มีศักยภาพในการผลิตต่อไป

## ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนา การผลิตถ่านอัดแท่งที่เป็นส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

2. เพื่อหาสมรรถนะการใช้งานของการผลิตถ่านอัดแท่งที่เป็นส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

3. เพื่อหาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของถ่านอัดแท่งที่เป็นส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

## ความสำคัญของงานวิจัย

ผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังที่มีสมรรถนะตามเกณฑ์มาตรฐานถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) และมีความเหมาะสม สอดคล้องกับต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ โดยการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นถ่านอัดแท่ง เพื่อเป็นการสนับสนุนการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่น

## ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุตามความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตไว้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยทำการบดอัดวัตถุดิบให้เป็นถ่านอัดแท่ง จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการทำให้แห้งโดยการตากแดด มีคุณสมบัติดังนี้

1. รูปทรง มีลักษณะ คือ รูกลวงระบายอากาศตลอดแท่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูกลวง 1.5 เซนติเมตร ความยาว 10 เซนติเมตร และถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอกมีครีบ 5 ครีบรอบด้าน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร
2. ปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนัก
3. แรงอัด 33 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

### ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ อัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังจากในกระบวนการผลิต จำนวน 5 อัตราส่วน ประกอบไปด้วยอัตราส่วนของถ่านกะลามะพร้าวต่อถ่านเหง้ามันสำปะหลังโดยมีอัตราส่วนผสมดังนี้ 9:1 , 8:2 , 5:5 , 2:8 , 1:9

ตัวแปรตาม คือ

1. สมรรถนะและมลภาวะ
   - 1.1 ค่าความร้อน (Heating value)
   - 1.2 ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile matters)
   - 1.3 ปริมาณคาร์บอน (Fixed carbon)
   - 1.4 ปริมาณเถ้า (Ash content)
   - 1.5 ปริมาณความชื้น (Moisture content)
   - 1.6 มลภาวะ (Pollution)
2. ต้นทุนการผลิต

   ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (Cost of Production)

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

1. **ถ่านอัดแท่ง** หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติที่ได้จากส่วนผสมจากกะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลัง เผาจนเป็นถ่าน บดเป็นผง แล้วนำมาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ

2. **ถ่านกะลามะพร้าว** หมายถึง ผงถ่านที่ได้จากการนำกะลามะพร้าวไปทำการเผาจนกลายเป็นถ่านแล้วนำมาบดเป็นผง

3. **ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง** หมายถึง ผงถ่านที่ได้จากการนำเหง้ามันสำปะหลังไปทำการเผาจนกลายเป็นถ่านแล้วนำมาบดเป็นผง

4. **อัตราส่วนผสม** หมายถึง สัดส่วนในการผสมถ่านกะลามะพร้าวกับถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยมีอัตราส่วนผสม ดังนี้ 1:9, 2:8, 5:5, 8:2, 9:1 แล้วจึงนำไปอัดขึ้นรูปตามแบบที่กำหนด

5. **รูปทรง** หมายถึง รูปทรงของสิ่งต่างๆ ที่มีทั้งด้านกว้าง ด้านยาว และด้านลึก เป็นภาพที่มีด้าน 3 ด้านหรือเรียกว่า 3 มิติเป็นส่วนที่แสดงความลึกและมีรายละเอียดต่างๆ ประกอบภาพอีกด้วย เพื่อให้ดูเหมือนจริงเป็นไปตามรูปทรงของถ่านอัดแท่งทรงกระบอกมีครีบ 5 ครีบรอบด้านมีลักษณะรูกลวงระบายอากาศตลอดแท่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลวง 1.5 เซนติเมตร ความยาว 10 เซนติเมตร

6. **สมรรถนะ** หมายถึง คุณลักษณะความสามารถของถ่านอัดแท่งที่ได้จากการผสมถ่านกะลามะพร้าวกับถ่านเหง้ามันสำปะหลัง มีดังนี้

6.1 **ค่าความร้อน** หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก 1 กรัม มีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัม ต้องไม่น้อยกว่า 5000 แคลอรีต่อกรัม ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D5865 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547ก: 1-3)

6.2 **ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้** หมายถึง “ไฟ” เป็นปฏิกิริยาเคมีชนิดหนึ่งหรือที่เรารู้จักกันคือ “การเผาไหม้” นั่นเอง ซึ่งเป็นปฏิกิริยาร่วมระหว่างองค์ประกอบ 3 สิ่ง คือ เชื้อเพลิง (Fuel) ออกซิเจน (Oxygen) และ ความร้อน (Heat) ในสภาวะที่เหมาะสมแล้วให้พลังงานออกมาในรูปของพลังงานความร้อนและพลังงานแสงสว่าง ซึ่งองค์ประกอบของไฟนั้นแสดงโดยใช้รูปสามเหลี่ยมของไฟ

6.3 **ปริมาณคาร์บอน** หมายถึง ปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่าสูงขึ้น ถ่านมีความหนาแน่นและหนักขึ้นจึงลุกไหม้ได้นาน ค่าสารระเหยจะลดลง ทำให้เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพ ไม่แตกประทุง่ายและให้ควันน้อย

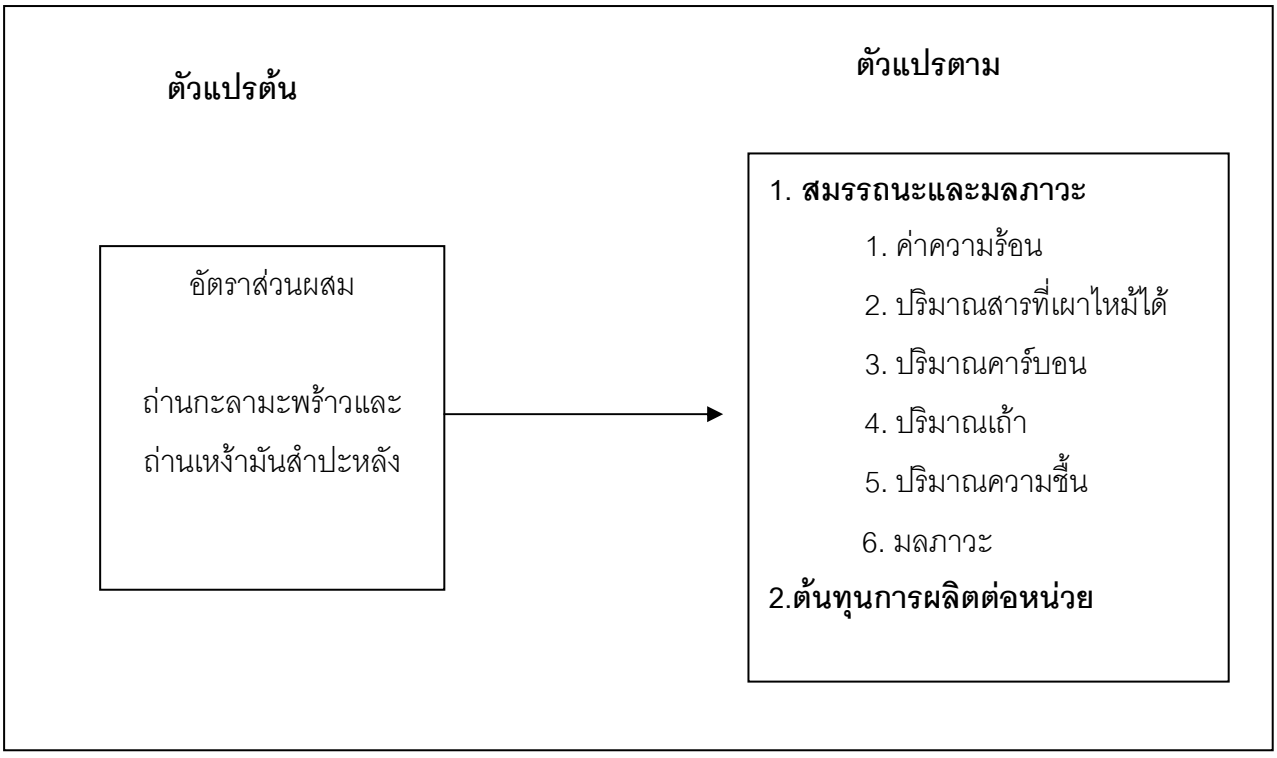
6.4 **ปริมาณเถ้า** หมายถึง ร้อยละของปริมาณสารที่เหลือจากการเผาถ่านจนมีน้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ 700 – 750 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D5142 โดยตัวอย่างจะถูกเผา จนกระทั่งได้น้ำหนักของถ้วยทนไฟรวมกับน้ำหนักของเถ้าที่เหลือคงที่ แล้วคำนวณปริมาณเถ้าจากน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือยู่ภายหลังการเผาเสร็จสิ้น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547ข: 1-3)

6.5 **ปริมาณความชื้น** หมายถึง น้ำที่มีอยู่ในไม้และวัชพืช มีความสัมพันธ์ต่อคุณสมบัติของไม้และวัชพืชในด้านต่างๆ อย่างสำคัญยิ่ง ปริมาณความชื้นในไม้และวัชพืช นิยมแสดงเป็นค่าส่วนร้อยของน้ำหนักของเนื้อไม้แท้วัชพืช ซึ่งความชื้นในไม้หาได้จากสมการ ปริมาณความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน)

6.6 **มลภาวะ** หมายถึง สารที่ถูกปลดปล่อยออกมาในขณะเผาถ่านและหลังการเผาถ่าน เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์

7. **ต้นทุนการผลิต** หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหน่อยการผลิตก่อนที่ขายสินค้าให้กับผู้บริโภคเกิดขึ้นจากการใช้ปัจจัยการผลิตตามหลักเกณฑ์ทางเศรษฐศาสตร์ อาทิ เช่น วัตถุดิบ เครื่องจักรและค่าแรงงาน เป็นต้น

## กรอบแนวคิดในการวิจัย




ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## สมมุติฐานการวิจัย

ถ่านอัดแท่งจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังมีสมรรถนะตามเกณฑ์ และมีความเหมาะสมคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแยกเป็นหัวข้อนำเสนอดังนี้

1. พลังงานชีวมวล
2. วัตถุดิบที่ใช้ทำการทดลอง
3. กระบวนการในการผลิตถ่านอัดแท่ง
4. สมรรถนะและมลภาวะของถ่านอัดแท่ง
5. ต้นทุนการผลิต
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 1. พลังงานชีวมวล

### 1.1 ความหมายของพลังงานชีวมวล

Biomass เป็นการผสมคำระหว่าง Bio หมายถึง สิ่งมีชีวิต กับ mass ซึ่งหมายถึงปริมาณพลังงานที่ได้จากพืชและสัตว์โดยที่สามารถนำไปใช้ในรูปของพลังงานได้ (กรกต พิมทะวงศ์. 2546: 2)

ชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้จากพืชและสัตว์โดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยใช้ความร้อนหรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยอาศัยจุลินทรีย์ (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา. 2539: 112)

ชีวมวล คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ เช่น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2546: 11)

ชีวมวล คือ สารทุกรูปแบบที่ได้จากสิ่งมีชีวิต (นอกจากที่ได้กลายเป็นเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลไปแล้ว) ซึ่งรวมถึงการผลิตจากการเกษตรและป่าไม้ ของเสียจากสัตว์ เช่น มูลสัตว์ และของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตร ขยะ และน้ำเสียจาก (กรมพัฒนาและอนุรักษ์พลังงาน. 2552: ออนไลน์)

พลังงานชีวมวล หมายถึง พลังงานที่ได้มาจากชีวมวลโดยอาศัยกระบวนการ ที่ทำให้เกิดการแตกตัวของอินทรีย์สารที่อยู่ในชีวมวลและผลิตพลังงานออกมา (สุธรรม ปทุมสวัสดิ์. 2546: 37)

สรุปได้ว่าพลังงานชีวมวล หมายถึง พลังงานที่ได้จากพืชและซากสัตว์หรืออินทรีย์สารต่างๆ โดยที่สามารถนำไปใช้ในรูปของพลังงานได้ พลังงานที่ได้มาจากชีวมวลจะอาศัยกระบวนการ ที่ทำให้เกิดการแตกตัวของอินทรีย์สารที่อยู่ในชีวมวลและผลิตพลังงานออกมา

### 1.2 ความสำคัญของพลังงานจากชีวมวล

จากปัญหาความร่อยหรอของทรัพยากรประเภทใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้กันมาก ประกอบกับการเกิดวิกฤตการณ์พลังงาน ทำให้มนุษย์หาทางประหยัดการใช้พลังงาน และพัฒนาพลังงานรูปอื่นขึ้นมาทดแทน โดยเฉพาะประเภทที่ไม่มีวันหมดสิ้นไปหรือเรียกว่า พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานจากแหล่งน้ำ พลังงานลม และพลังงานจากชีวมวล เป็นต้น (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา. 2539: 112)

ชีวมวลสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้หลายรูปแบบ เช่น นำไม้มาทำฟืนหรือเผาถ่าน นำมาผลิตก๊าซชีวมวลเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ นำมูลสัตว์มาหมัก หรือย่อยสลายโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดจากจุลินทรีย์เปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพ ใช้ในการหุงต้ม เดินเครื่องยนต์ หรือผลิตกระแสไฟฟ้า เราได้ใช้พลังงานจากชีวมวลมาเป็นเวลานานแล้วจนถึงปัจจุบันก็ยังมีการนำมาใช้ประโยชน์ในสัดส่วนที่ไม่น้อยเลยโดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนา ตามชนบทก็ยังมีการใช้ฟืนหรือถ่านในการหุงหาอาหาร ชีวมวลเป็นอินทรีย์สารที่ได้จากพืชและสัตว์ต่างๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่หาได้ในประเทศ โดยเฉพาะประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมากอาทิ แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย กากและกะลาปาล์ม เป็นต้น ซึ่งชีวมวลเหล่านี้สามารถนำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า

อย่างไรก็ตามการนำชีวมวลมาผลิตพลังงานยังมีข้อจำกัดอยู่ เช่น บางชนิดใช้ได้ทั้งเป็นอาหารและพลังงาน ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง ถ้าจะนำมาใช้เป็นพลังงานต้องไม่ทำให้อาหารขาดแคลน โดยอาจใช้ส่วนที่เหลือหรือปลูกพืชเหล่านี้ให้มากขึ้น การนำไม้ในป่ามาเป็นเชื้อเพลิงหรือผลิตพลังงานย่อมทำให้ไม้หมดไป เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ จึงควรปลูกไม้โตเร็ว เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานโดยตรงเพื่อลดปัญหาการทำลายป่าลง

**1.3 แหล่งกำเนิดพลังงานชีวมวล**

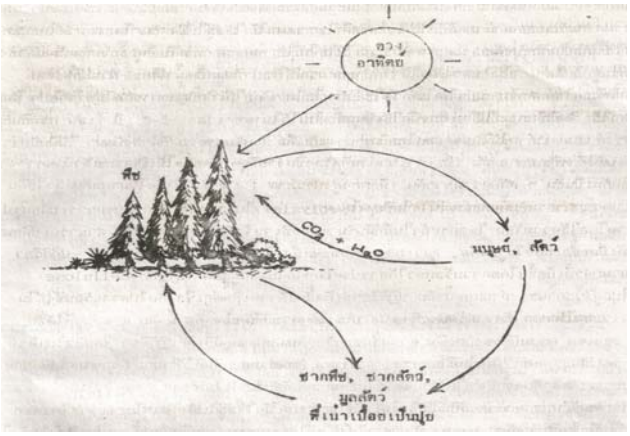
ชีวมวลได้มาจากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ พืชจัดว่าเป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยนำเอาคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำมาสร้างเป็นสารประกอบอินทรีย์ (แป้ง+น้ำตาล) และออกซิเจน มีพลังงานแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสารประกอบอินทรีย์ที่สร้างขึ้นพืชจะใช้ในการดำรงชีวิตบางส่วน ที่เหลือจะเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ด เช่น มันสำปะหลังเก็บสะสมแป้งไว้ที่ราก อ้อยสะสมน้ำตาลไว้ที่ลำต้น เป็นต้น ดังนั้นถ้านำอินทรีย์สารที่พืชสะสมไว้มาทำให้แตกตัวออกก็จะได้พลังงานมาใช้ต่อไป แหล่งพลังงานที่ได้จากพืชที่สำคัญมีทั้งพืชบกและพืชน้ำ ดังนี้ (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา. 2535: 112-113)

1) พืชบก ได้แก่ ไม้ยืนต้น มีทั้งไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน เช่น ไม้โกงกาง ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ยางพารา ไม้แสม พืชล้มลุก เช่น ฟางข้าว หญ้า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพืช เช่น น้ำมันเมล็ดทานตะวัน

น้ำมันเมล็ดละหุ่ง น้ำมันสน น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น แกลบ ขี้เลื่อย เศษไม้ ยอดอ้อย ฟางข้าว เปลือกและซังข้าวโพด ชานอ้อย เปลือกผลไม้ กากน้ำตาลน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง

2) พืชน้ำ ได้แก่ ผักตบชวา จอกแหน สับ (ที่สับเป็นชิ้นเล็กๆ ผสมกับมูลสัตว์หมักทำก๊าซชีวภาพ) ส่วนการสร้างชีวมวลของสัตว์นั้น สัตว์มิได้สร้างขึ้นโดยตรง เพียงแต่สัตว์กินพืชเป็นอาหารและได้รับการถ่ายทอดพลังงานจากพืชไปตามข่ายใยอาหาร (Food web) สัตว์จะนำสารอินทรีย์จากพืชไปใช้ประโยชน์ ส่วนกากที่เหลือซึ่งสัตว์ไม่สามารถนำไปใช้ได้ก็จะถูกขับถ่ายออกมาเป็นมูล ในการเผาผลาญอาหารของสัตว์นั้นมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมากับกระบวนการหายใจด้วย ซึ่งพืชสามารถนำกลับไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ หากสัตว์ตายลงก็จะเน่าเปื่อยผสมกับซากพืชและมูลสัตว์ กลายเป็นปุ๋ยให้พืชกลับมาใช้ได้อีก ภาพประกอบ 2 จะเห็นได้ว่าชีวมวลสามารถหมุนเวียนอยู่ได้ โดยไม่มีวันหมดไป ถ้าองค์ประกอบต่างๆ ในวงจรคงอยู่ จึงกล่าวได้ว่า พลังงานจากชีวมวลเป็นพลังงานหมุนเวียน

พลังงานจากชีวมวลที่มนุษย์ได้จากสัตว์ ได้แก่ มูลของสัตว์ชนิดต่างๆ เช่น โค กระบือ สุกร เป็ดและไก่ ซึ่งนำไปตากแห้งแล้วนำไปเผาเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง หรือนำมูลสดไปหมักทำก๊าซชีวภาพได้




ภาพประกอบ 2 วงจรการสร้างชีวมวล

ที่มา: เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา. (2539). *นิเวศวิทยา: สิ่งแวดล้อมกับการปรับปรุงความเป็นอยู่ของมนุษย์*. หน้า 113.

**1.4 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร**

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลักที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน ได้แก่แกลบและฟาง ข้าว, ชานอ้อย, กากและกะลาปาล์ม, กะลามะพร้าว ฯลฯ จากการประเมินศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากพืช 10 ชนิดที่มีศักยภาพสูง ได้แก่ อ้อย, ข้าว, น้ำมันปาล์ม, มะพร้าว, มันสำปะหลัง, ข้าวโพด, ถั่วลิสง, ฝ้าย, ถั่วเหลืองและข้าวฟ่าง ในปี พ.ศ. 2543 พบว่าปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ประมาณ 63 ล้านตัน โดยถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงและใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ ประมาณ 16 ล้านตัน ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ส่วนที่ยังไม่ได้ใช้เท่ากับ 42 ล้านตัน เทียบเท่าพลังงาน 604.82 เพตาจูล (6.04 X 1017 จูล) (ชัยชาญ ฤทธิเกรียงไกร. 2547: ออนไลน์)

กระบวนการผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย อันได้มาซึ่งผลผลิตต่างๆ ที่ส่งออกไปยังต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถนำมาผลิตพลังงานทดแทน ยังได้จากอุตสาหกรรมเกษตร อาทิเช่น แกลบจากโรงสี กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล กากปาล์ม เปลือกปาล์ม และกะลาปาล์มจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม กากและกะลามะพร้าวจากโรงงานแปรรูปเนื้อมะพร้าว ขี้เลื่อยจากโรงงานแปรรูปไม้ เป็นต้น ประเมินว่าศักยภาพในการผลิตพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จากรายงานการใช้เชื้อเพลิงในปี 2542 ปริมาณการใช้ฟืน 6.7 ล้านตัน ถ่านไม้ 3.3 ล้านตัน โดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ ในอุตสาหกรรมอาหารอบนึ่ง ใช้กับเตาในอุตสาหกรรมเซรามิค การผลิตอิฐ และการผลิตปูนขาว ส่วนใหญ่ใช้หุงต้มประกอบอาหารในครัวเรือนชนบท ส่วนถ่านไม้ใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือน หุงต้มประกอบอาหารทั้งครัวเรือนชนบทและในเมือง รายงานกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานในปี 2539 มีแหล่งผลิตฟืนและถ่านเหลือเพียง 25.6% โดยปริมาณการใช้ฟืนและถ่านคิดเป็น 16.7% เทียบกับการใช้พลังงานอื่นๆ ดังนั้นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน สำหรับการหุงต้มประกอบอาหารหรือในอุตสาหกรรมครัวเรือน ซึ่งเป็นสิ่งที่หาได้ง่าย มีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้า หรือก๊าซธรรมชาติ ยังก่อให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าต่อชุมชน ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน การแปรรูปจากซังข้าวโพดเป็นถ่าน จึงเป็นรูปแบบหนึ่งที่เกษตรกรสามารถจะทำได้เอง โดยอาศัยความรู้พื้นฐานทางธรรมชาติของวัสดุเหลือใช้ และกระบวนวิธีการเผาถ่านที่เป็นเทคโนโลยีจากนักวิชาการที่ภาครัฐส่งเสริมเพื่อนำไปสู่ชุมชนที่เข้มแข็งและพึ่งตนเองได้ในที่สุด (บริษัทไทยซูมิจำกัด. 2551: ออนไลน์)

**1.5 ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย**

ในปี 2550 กระทรวงพลังงานได้ประเมินศักยภาพของชีวมวลในประเทศที่สามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 3,000 MW

แบ่งเป็น ชีวมวลที่มาจากแกลบ 700 MW ฟางข้าว 650 MW ชานอ้อย 900 MW ยอดอ้อย และใบอ้อย 570 MW เส้นใย กะลาและทะลายปาล์มเปล่า 70 MW เศษไม้ 40 MW เหง้ามันสำปะหลัง 70 MW และซังข้าวโพด 70 MW

ตาราง 1 ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย (2550)

| ประเภทของชีวมวล | กำลังไฟฟ้า (MW) |
|---|---|
| แกลบ | 700 |
| ฟางข้าว | 650 |
| ชานอ้อย | 900 |
| ยอดและใบอ้อย | 570 |
| เส้นใย กะลา และทะลายปาล์มเปล่า | 70 |
| เศษไม้ | 40 |
| เหง้ามันสำปะหลัง | 70 |
| ซังข้าวโพด | 70 |

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. (2551). *พลังงานกู้โลกร้อน เชื้อเพลิงทางเลือกทางรอดประเทศไทย*. หน้า 39.

ความเชื่อมั่นศักยภาพของพลังงานจากชีวมวลในประเทศ ทำให้กระทรวงพลังงานตั้งเป้าหมายว่า ในปี 2554 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล จะต้องสิ่งเสริมให้ได้จำนวน 2,800 MW หรือคิดเป็นพลังงานได้ประมาณ 940 พันตันน้ำมันดิบ (kilotons of oil equivalent: ktoe) สามารถใช้ผลิตพลังงานความร้อนเชิงพาณิชย์ได้ 3,660 ktoe จากเดือนพฤศจิกายน 2550 ที่สามารถผลิตได้จำนวน 1,977 MW

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากบริษัท เอ.ที.ไบโอพาเวอร์ จำกัด เจ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลรายใหญ่ตั้งอยู่ที่จังหวัดพิจิตร ซึ่งใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงในการผลิต ได้มีการศึกษาและสำรวจถึงศักยภาพของชีวมวลเมื่อต้นปี 2550 ระบุว่า ประเทศไทยยังศักยภาพชีวมวลเหลือพอที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้ประมาณ 2,070 - 3,130 MW

ส่วนศักยภาพของชีวมวลจากแกลบและชานอ้อยนั้น ไม่มีศักยภาพเหลือเพียงพอสำหรับโรงไฟฟ้าที่ตั้งใหม่แล้วเนื่องจากที่ผ่านมา ภาครัฐได้มีการส่งเสริมให้เกิดโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวนหลายแห่งและส่วนใหญ่ต่างเลือกใช้แกลบและชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ทำให้ศักยภาพที่มีอยู่ของชีวมวลทั้งสองประเภทดังกล่าวแทบไม่มีเหลืออยู่

ตาราง 2 ศักยภาพทางพลังงานของชีวมวลในประเทศไทยในปี (2550)

| ประเภทของชีวมวล | วัสดุที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง | ค่าความร้อน (MJ/kg) | ศักยภาพในการนำมาใช้เป็นพลังงาน (PJ) |
|---|---|---|---|
| อ้อย | ชานอ้อย | 16.21 | |
| | ใบและยอด | 16.15 | 130 -199 |
| ข้าว | แกลบ | 13.98 | |
| | ฟางข้าว | 14.35 | 77-87 |
| ข้าวโพด | ซังข้าวโพด | 16.12 | |
| | และใบ | 15.05 | 6-8 |
| มันสำปะหลัง | เหง้ามันสำปะหลัง | 14.56 | |

หมายเหตุ : MJ = Mega joules คือ 1 ล้านจูล

PJ = Pet joules คือ $10^{15}$ หรือ 1 พันล้านล้านจูล

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. (2551). *พลังงานกู้โลกร้อน เชื้อเพลิงทางเลือกทางรอดประเทศไทย*. หน้า 40.

ได้ประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลที่เกิดขึ้นในแต่ละปี โดยอ้างอิงจากผลผลิตทางการเกษตรเฉลี่ยในแต่ละปี อัตราส่วนชีวมวลต่อผลผลิตโดยเฉลี่ย และค่าความร้อนที่ได้จากการวัดในสภาพสด หรือที่ระดับความชื้นที่ระบุไว้ $10^6$

ตาราง 3 พลังงานชีวมวลที่เกิดขึ้นในแต่ละปี

| ลำดับ | ชีวมวล | ความชื้น% | ค่าความร้อนต่ำเมกะจูล/กก. | อัตราส่วนชีวมวล | | ปริมาณล้านตัน | พลังงาน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ต่อผลผลิต% | ตัน/ไร่ | | กิกะจูล x $10^6$ |
| 1 | แกลบ | 12.00 | 13.52 | 21.00 | | 5.25 | 70.96 |
| 2 | ฟางข้าว | 10.00 | 12.33 | 49.00 | | 12.25 | 151.04 |
| 3 | ชานอ้อย | 50.73 | 7.37 | 28.00 | | 14.00 | 103.15 |
| 4 | ใบและยอดอ้อย | 9.20 | 15.48 | 17.00 | | 8.50 | 131.57 |
| 5 | ขี้เลื่อย | 55.00 | 6.57 | | 3 | 0.75 | 4.93 |
| 6 | ปีกไม้ | 55.00 | 6.57 | | 12 | 3.00 | 19.71 |
| 7 | ปลายไม้ | 55.00 | 6.57 | | 12 | 3.00 | 19.71 |
| 8 | รากไม้ | 55.00 | 6.57 | | 5 | 1.25 | 8.21 |
| 9 | ใยปาล์ม | 38.50 | 11.40 | 19.00 | | 0.95 | 10.83 |
| 10 | กะลาปาล์ม | 12.00 | 16.90 | 4.00 | | 0.20 | 3.38 |
| 11 | ทะลายเปล่าปาล์ม | 58.60 | 7.24 | 32.00 | | 1.60 | 11.58 |
| 12 | ทางปาล์ม | 78.00 | 1.76 | 141.00 | | 7.05 | 12.41 |
| 13 | ลำต้นปาล์ม | 48.40 | 7.54 | | 10 | 0.1 | 0.75 |
| 16 | เหง้ามันสำปะหลัง | 59.40 | 5.49 | 20.00 | | 3.40 | 18.68 |
| 17 | ซังข้าวโพด | 40.00 | 9.62 | 24.00 | | 1.20 | 11.54 |
| 18 | ซังข้างโพด | 42.00 | 9.83 | 82.00 | | 4.10 | 40.30 |
| 19 | เปลือกไม้ยูคาลิปตัส | 63.00 | 4.92 | | 3 | 1.80 | 8.85 |
| | | | | | | รวม | 633 |
| | | | | | | เทียบเท่าน้ำมันดิบ | 15,000 |

ที่มา: ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล. (2549). *ชีวมวล*. หน้า 56.

ชีวมวลที่เกิดขึ้นในแต่ละปีนั้น บางส่วนได้ถูกนำมาใช้เป็นพลังงานแล้วดังนี้

1. กระบวนการผลิตของผู้ผลิตชีวมวลเอง

1.1 โรงงานน้ำตาลใช้ชานอ้อยประมาณ 80% ของส่วนที่เกิดขึ้น เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าและไอน้ำเพื่อกระบวนการผลิต คิดเป็นพลังงาน 82.50 ล้านกิกะจูล

1.2 โรงงานสีข้าว โรงสีไฟ และโรงสีข้าวนึ่งใช้แกลบเป็นพลังงานในการอบข้าวเปลือกสีข้าวและนึ่งข้าว คิดเป็นพลังงานรวม 21.30 ล้านกิกะจูล

1.3 โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบใช้ใยปาล์มประมาณ 90% ของส่วนที่เกิดขึ้น เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าและไอน้ำเพื่อกระบวนการผลิต คิดเป็นพลังงาน 9.75 ล้านกิกะจูล

1.4 โรงเลื่อยไม้ยางพาราใช้ปีกไม้ยางพาราประมาณ 40% ของส่วนที่เกิดขึ้น เป็นเชื้อเพลิงอบไม้ยางพารา คิดเป็นพลังงาน 7.88 ล้านกิกะจูล

1.5 โรงงานผลิตเยื่อกระดาษใช้เปลือกไม้ยูค่าลิปตัส และฝุ่นไม้ประมาณ 50% ของส่วนที่เกิดขึ้น เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าและไอน้ำเพื่อกระบวนการผลิต คิดเป็นพลังงาน 4.43 ล้านกิกะจูล คิดเป็นพลังงานรวม 125.86 ล้านกิกะจูลหรือ 2,900 ktoe

2. โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้แกลบ ชานอ้อย น้ำมันยางดำและเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ผลิตไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบ คิดเป็นหน่วยไฟฟ้าเท่ากับ 1,764 ล้านกิโลวัตต์ – ชม. (สถิติปี พ.ศ.2548)

3. โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ชีวมวลผลิตความร้อนเพื่อกระบวนการผลิตตัวอย่าง เช่น

ก. โรงงานแป้งมัน โรงงานผลิตผงชูรส และโรงงานผลิตน้ำมันพืชใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตา

ข. โรงงานผลิตถุงมือยางใช้เศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตา

ค. โรงงานปูนซิเมนต์ใช้แกลบ และเศษไม้ยางพาราทดแทนถ่านหิน

ง. โรงงานปลาป่นและโรงงานผลิตปูนขาวใช้เศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิง

จ. โรงเผาอิฐใช้แกลบและเศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น

สถิติการใช้พลังงานส่วนนี้ยังไม่มีตัวเลขที่แน่ชัด จากการสำรวจและประเมินเบื้องต้นของศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล คาดว่าอยู่ที่ 2,000 ktoe

4. ภาคที่อยู่อาศัยเช่น ฟืนและถ่านไม้ ถูกนำใช้เป็นพลังงานในครัวเรือนตามชนบท ซึ่งยังไม่ทราบปริมาณที่แน่ชัด

ชีวมวลบางชนิดไม่เหมาะนำมาเป็นพลังงานเนื่องจากความชื้นค่อนข้างสูง เช่น กากและเปลือกมันสำปะหลังชีวมวลบางชนิดเหมาะนำเป็นเชื้อเพลิงได้ดีแต่อยู่ในท้องไร่ ท้องนา ต้องหาวิธีการจัดเก็บรวบรวมเพื่อให้ต้นทุนถูกที่สุดเช่น ฟางข้าว ใบอ้อยยอดอ้อย รากไม้ยางพาราและเหง้ามันสำปะหลังเป็นต้น

### 1.6 ศักยภาพของก๊าซชีวภาพในประเทศ และการส่งเสริมจากภาครัฐ

การที่ก๊าซชีวมวลสามารถผลิตได้จากมูลสัตว์ ขยะ ของเสียต่างๆ หรือน้ำเสียจากโรงงาน ทำให้ประเทศไทยมีศักยภาพสูงในการผลิตก๊าซชีวภาพ เพราะเป็นประเทศที่มีทั้งภาคเกษตรและอุตสาหกรรม ค่อนข้างที่จะมีศักยภาพ

ข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ระบุว่า ไทยมีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพดังนี้

1.6.1 มูลสัตว์ 6 ชนิด คือ มูลโค, กระบือ, สุกร, ไก่, เป็ดและมูลช้าง ในปี พ.ศ.2543 มีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพได้ 560 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นพลังงานประมาณ 11.75 เพตาจูล

1.6.2 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงานได้เก็บข้อมูลปริมาณขยะ พบว่าในปี 2548 ประเทศไทยมีขยะมูลฝอยชุมชนเกิดขึ้น 14.3 ล้านตัน หรือวันละ 38,221 ตัน มาจากกรุงเทพมหานครวันละ 8,291 ตัน คิดเป็นร้อยละ 21 ของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่งประเทศ อีกร้อยละ 32 เป็นขยะเทศบาล และเมืองพัทยา ประมาณวันละ 12,635 ตัน และร้อยละ 47 เป็นขยะนอกเทศบาลในเขตองศ์การบริหารส่วนตำบลประมาณวันละ18,295 ตัน ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ 3.1ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 22 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเท่านั้น

1.6.3 น้ำเสียในปี พ.ศ.2543 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ 11 ประเภทอุตสาหกรรม เช่นโรงฆ่าสัตว์, โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง, โรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม เป็นต้น มีศักยภาพที่จะผลิตก๊าซชีวภาพได้ 435.33 ล้านลูกบาศก์เมตร เท่ากับพลังงาน 10.45 เพตาจูล

ตาราง 4 ศักยภาพชีวมวลสำหรับผลิตไฟฟ้าในปี (2550)

| ประเภท | วัสดุที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง | กำลังไฟฟ้า (MW) |
|---|---|---|
| อ้อย | ชานอ้อย | - |
| | ใบและยอด | 1,220 -1,860 |
| ข้าว | แกลบ | - |
| | ฟางข้าว | 702 - 1,100 |
| ข้าวโพด | ซังข้าวโพด | 60 - 70 |
| ปาล์ม | ทะลายปาล์มเปล่า | 70 -700 |

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. (2551). *พลังงานกู้โลกร้อน เชื้อเพลิงทางเลือกทางรอดประเทศไทย*. หน้า 4.

ข้อดีและข้อเสียของชีวมวล

ชีวมวลเป็นพลังงานที่มาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ไม่มีวันหมดไป เพราะวงจรการผลิตชีวมวลคือวงจรของพืชที่มีระยะเวลาสั้น ต่างจากน้ำมันหรือถ่านหินที่ต้องอาศัยการทับถมกันเป็นเวลาหลายล้านปี นอกจากนี้ ชีวมวลสามารถผลิตได้ภายในประเทศ เกษตรกรจะมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายชีวมวลสู่ผู้ใช้ และยังช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้อีกด้วย

ข้อดีที่สำคัญทางสิ่งแวดล้อมคือ การใช้ชีวมวลในการผลิตความร้อนหรือไฟฟ้าจะไม่เพิ่มปริมาณสุทธิของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโลก ในกรณีที่เรามีการผลิตชีวมวลขึ้นมาเพื่อทดแทนชีวมวลที่ได้ใช้ไป เพราะจะทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกหมุนเวียนมาใช้ในชีวมวลที่ผลิตใหม่เท่ากับปริมาณก๊าซที่ถูกผลิตจากการเผาไหม้ชีวมวลนั้นๆ เนื่องจากพืชต้องหายใจเพื่อเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปใช้ในการเจริญเติบโต อีกทั้งชีวมวลยังมีปริมาณกำมะถันต่ำกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลมาก นั่นหมายถึง การใช้ชีวมวลจะลดโอกาสในการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ซึ่งตรงข้ามกับการใช้น้ำมันในภาคขนส่ง หรือถ่านหินในโรงไฟฟ้า

แต่เมื่อมีข้อดี ชีวมวลก็ย่อมมีข้อเสีย ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ชีวมวลมีการเก็บรักษาและการขนส่งที่ยาก และมีความเสี่ยงสูงในการจัดหาหรือรวบรวมปริมาณชีวมวลที่ต้องการใช้ให้คงที่ตลอดปี เพราะชีวมวลบางประเภท เช่น กากอ้อยมีจำกัดเพียงบางเดือน อีกทั้งชีวมวลทุกประเภทต่างต้องการพื้นที่ในการเก็บรักษาขนาดใหญ่กว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น หากต้องการปริมาณความร้อนที่เท่ากันจะต้องใช้แกลบในปริมาณที่มากกว่าน้ำมันเตา เป็นต้น ดังนั้น การพัฒนาระบบวิธีการจัดเก็บและขนส่งจึงสำคัญและจำเป็นมาก

นอกจากนี้ ราคาไฟฟ้าที่รัฐบาลรับซื้อมาจากโรงไฟฟ้าชีวมวล หรือที่เรียกว่าผู้ผลิตรายเล็ก (SPPs: Small Power Producers) นั้น ยังไม่ดึงดูดใจในการลงทุนมากนัก เรื่องนี้ สามารถจัดการได้ด้วยการรณรงค์ให้ภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า ด้วยราคารับซื้อที่ดึงดูดให้น่าลงทุนมากขึ้น โดยใช้หลักการคำนวณต้นทุนทางสังคมและสิ่งแวดล้อม (Social and Environmental Cost) เข้าไปในราคารับซื้อไฟฟ้าด้วย และสร้างระบบประกันราคาชีวมวลเพื่อลดความเสี่ยงของการขาดแคลนชีวมวลในบางฤดูให้ลดต่ำลง

ไม่จำเป็นเสมอไปที่ประเทศจะต้องพึ่งพาเทคโนโลยีพลังงานลมหรือแสงอาทิตย์ ที่ยังคงมีต้นทุนต่อหน่วยสูง หรือการสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อนจากถ่านหินแห่งใหม่ที่ปล่อยมลพิษในระดับที่สูงขณะผลิตไฟฟ้า ในปัจจุบัน พลังงานจากชีวมวลที่ประเทศมีเหลือใช้อยู่มากนั้น สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานความร้อนและผลิตไฟฟ้าได้ ด้วยราคาที่ไม่สูงจนเกินไปนัก ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำมาก และยังสามารถเสริมรายได้ให้แก่เกษตรกรในท้องถิ่นได้อีกด้วย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552: ออนไลน์).

ศักยภาพของการผลิตชีวมวลในประเทศ มีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต เนื่องมาจากปริมาณผลผลิตทางการเกษตร ที่ก่อให้เกิดชีวมวล มีแนวโน้มจะผลิตได้เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะปัจจัยสำคัญหลายประการ เช่น การเพิ่มจำนวนพื้นที่เพาะปลูก และการพัฒนาเทคโนโลยีทางการเกษตร เป็นต้น

ตั้งแต่ปี 2535 เป็นต้นมา สพช. ได้นำเงินจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน มาสนับสนุนทุนดำเนินงาน ให้กับหน่วยงานต่างๆ เพื่อร่วมกันพัฒนาเทคโนโลยีชีวมวล ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และใช้ได้สะดวกขึ้น ส่งเสริมให้มีการสาธิตเทคโนโลยี ที่ใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้สร้างความเชื่อมั่นการใช้งานได้จริง ตลอดจนการส่งเสริมให้ใช้ มีการใช้พลังงานหมุนเวียนในการผลิตไฟฟ้า โดยการทำให้ราคารับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (Small Power Producer: SPP) ที่ใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นเชื้อเพลิง อยู่ในระดับที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับต้นทุนในการผลิต จะเป็นแรงจูงใจให้มีผู้สนใจลงทุนผลิต และขายไฟฟ้า ที่ใช้พลังงานหมุนเวียน เป็นเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้น ยังได้มีการประสานงานกับการไฟฟ้าทั้ง 3 ฝ่าย เพื่อแก้ไขระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP ขนาดเล็กมาก (ที่มีปริมาณพลังไฟฟ้าที่ขายเข้าระบบ น้อยกว่า 1 MW) เพื่อลดต้นทุนค่าเชื่อมโยงระบบเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ก่อให้เกิดบรรยากาศที่จูงใจให้มีการผลิตพลังงานไฟฟ้า จากชีวมวลได้มากขึ้น พร้อมทั้ง สพช. จะรณรงค์ประชาสัมพันธ์ ถึงข้อดีของพลังงาน จากชีวมวล เพื่อสร้างความเข้าใจ และเกิดภาพลักษณ์ที่ดี ในการใช้ชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานให้มากขึ้น

หากความพยายามของ สพช. ในการเร่งให้มีการพัฒนาพลังงาน จากเชื้อเพลิง ที่เป็นชีวมวล และพลังงานทดแทนอื่นๆ เพื่อให้มีส่วนช่วยลดการพึ่งพาเชื้อเพลิง และพลังงานนำเข้านั้น สามารถดำเนินงานไปอย่างมีประสิทธิภาพ ก็จะเป็นการกระตุ้นให้มีการผลิตไฟฟ้า จากแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในปัจจัยในการผลิตถ่านอัดแท่ง

**1.7 การผลิตชีวมวลในประเทศไทย**

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น ข้าว น้ำตาล ยางพารา น้ำมันปาล์ม และมันสำปะหลัง เป็นต้น ผลผลิตส่วนหนึ่งส่งออกไปยังต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท อย่างไรก็ตามในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเหล่านี้ จะมีวัสดุเหลือใช้ออกมาจำนวนหนึ่งด้วย (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2545: ออนไลน์)

1.7.1 ชีวมวลมีปริมาณที่ไม่แน่นอน เนื่องจาก ชีวมวลแต่ละชนิดปลูกเพียงตามฤดูกาลเท่านั้น และผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ

1) เกษตรกรเปลี่ยนชนิดของผลผลิตไปตามความต้องการของตลาด

2) พื้นที่การเกษตรลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพไปสู่เมือง

3) ชีวมวลมีอยู่มากแต่อยู่อย่างกระจัดกระจาย ทำให้รวบรวมได้ยาก เช่น กะลามะพร้าว เศษไม้ ซังข้าวโพด ยอดอ้อยที่อยู่ตามท้องไร่ท้องนา และแกลบตามโรงสีเล็กๆ

1.7.2 ปริมาณชีวมวลที่มีใช้อยู่ในโรงงาน และพื้นที่ใกล้เคียง มีไม่เพียงพอที่จะนำไปผลิตไฟฟ้า ที่ให้ผลตอบแทนในการลงทุนดีพอ และเมื่อต้องหาชีวมวล ประเภทอื่น หรือจากแหล่งอื่นมาเสริม ก็จะมีปัญหาในเรื่องต่างๆ ดังนี้

1) ค่าขนส่งจากแหล่งชีวมวลมาสู่โรงงาน ถ้ายิ่งอยู่ไกลพื้นที่ตั้งของโรงงานก็ยิ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง

2) เทคโนโลยีที่สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงชีวมวลหลายๆ ชนิด มีราคาแพง

3) มีความเสี่ยงสูงในการรวบรวมชีวมวลจากแหล่งต่างๆ ให้ได้ปริมาณตามต้องการ

1.7.3 ค่าใช้จ่ายสูงที่จะลงทุนเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า ระหว่างโรงงานสู่ระบบสายส่ง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เช่น ค่าอุปกรณ์เชื่อมต่อ ค่าก่อสร้างระบบสายส่ง เป็นต้น

1.7.4 โรงงานขาดความเชื่อมั่นที่จะลงทุน เนื่องจาก

1) ขาดการสนับสนุนการลงทุนจากสถาบันการเงิน เนื่องจากความไม่แน่นอนของปริมาณชีวมวล

2) ขาดความมั่นใจด้านเทคโนโลยี ด้วยยังขาดการสาธิตเทคโนโลยี

3) ไม่มีผู้ให้คำปรึกษาทางเทคนิค

4) ขาดบุคลากรที่จะเป็นผู้ดำเนินการและบำรุงรักษาโรงไฟฟ้า

1.7.5 ราคารับซื้อและราคาขายของไฟฟ้า ที่ผลิตจากพลังงานสิ้นเปลืองยังต่ำมาก เมื่อเทียบกับไฟฟ้า ที่ได้จากชีวมวล จึงไม่เกิดแรงจูงใจในการผลิต แต่ถ้าราคาไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากพลังงานสิ้นเปลือง สูงขึ้นในอนาคต ก็จะเป็นแรงจูงใจ ให้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า ของโรงสีข้าว และโรงงานน้ำตาล จนทำให้มีไฟฟ้าเหลือมากพอ จำหน่ายคืนเข้าระบบของการไฟฟ้าฯ ได้

**1.8 พลังงานหมุนเวียนและพลังงานจากชีวมวล**

พลังงานหมุนเวียนในโลกนี้ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก ดังนี้

1) พลังงานหมุนเวียนที่มาจากแสงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งคือ พลังงานแสงอาทิตย์

2) พลังงานหมุนเวียนที่มาจากแสงอาทิตย์โดยอ้อม เช่น พลังงานลม, คลื่น, หรือ ชีวมวล (และชีวภาพ)

3) พลังงานหมุนเวียนที่ไม่เกี่ยวข้องกับแสงอาทิตย์ เช่น พลังงานใต้พิภพ, น้ำขึ้น-น้ำลง พลังงานทั้งสามประเภท ต่างมีศักยภาพที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศ สำหรับในประเทศไทยนั้น นอกเหนือจากพลังงานจากแสงอาทิตย์แล้ว พลังงานชีวมวลจัดได้ว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ และที่สำคัญคือ มีศักยภาพสูงมากอีกด้วย

ชีวมวล (Biomass) คือ สารทุกรูปแบบที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิต โดยไม่นับการกลายเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลไปแล้ว เช่น สิ่งที่ได้หรือเหลือใช้จากการเกษตร (เช่น แกลบ ชานอ้อย ฟางข้าว), ขยะมูลฝอย, น้ำเสียจากโรงงาน หรือ แม้กระทั่งมูลสัตว์ต่างๆ มีรายงานว่า พลังงานชีวมวลนี้มีสัดส่วนการ

ใช้คิดเป็นร้อยละ 14.7 ของพลังงานรวมของโลก ประมาณกันว่า ประชากรกว่าร้อยละ 40 ของประชากรโลกอาศัยชีวมวลในการหุงต้มและให้ความอบอุ่น และหากพิจารณาเฉพาะปริมาณการใช้ในประเทศกำลังพัฒนาทั่วโลกนั้น การใช้พลังงานชีวมวลจะมีสัดส่วนที่ร้อยละ 38.1 ของการใช้พลังงานทั้งหมด โดยมีจีนและอินเดีย เป็นประเทศผู้ใช้หลัก

สำหรับในประเทศไทยนั้น ข้อมูลล่าสุดคือในปี พ.ศ. 2545 ทางกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้รายงานว่าสัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของพลังงานเชิงพาณิชย์ต่อพลังงานชีวมวล อยู่ที่ประมาณ 83:17 ซึ่งลดลงจาก 10 ปีก่อน ซึ่งมีสัดส่วนอยู่ที่ประมาณ 70:30 นั่นหมายความว่า เรามีการใช้พลังงานชีวมวลในสัดส่วนที่น้อยลงอย่างมาก แต่กลับไปใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศในสัดส่วนที่มากขึ้น เป็นสาเหตุให้มูลค่าการนำเข้าพลังงานของประเทศสูงขึ้นทุกปี โดยในปี 2545 คิดเป็นมูลค่าถึง 336,388 ล้านบาท (ร้อยละ 85 ใช้ไปกับการซื้อน้ำมันดิบ)

**1.9 ประโยชน์ของชีวมวล**

ประโยชน์ของชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ต่อมาโลกได้มีการพัฒนาเจริญมากขึ้น ใช้พลังงานเพิ่มขึ้น จึงได้นำเชื้อเพลิงจากฟอสซิล เช่นน้ำมันดิบ ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติมาทดแทน ทำให้พลังงานจากชีวมวลมีบทบาทน้อยลงมากในปัจจุบันนี้ (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2549: 3-4)

การนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงมีข้อดีหลายประการมีดังนี้

1) การเผาไหม้สสารทุกชนิดจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่ง ล่องลอยไปในอากาศและห่อหุ้มโลกไว้ เมื่อแสงอาทิตย์ส่องลงมายังโลก รังสีบางส่วนไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปได้ทำให้โลกร้อนขึ้น จึงเรียกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ว่าเป็นก๊าซเรือนกระจก1 แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาชีวมวลจะถูกหมุนเวียนกลับไปใช้โดยพืชเพื่อสังเคราะห์แสง ดังนั้นการเผาชีวมวลไม่ถือว่าก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

2) การไม่นำชีวมวลมาใช้ โดยปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ เช่นมูลสัตว์ จะเกิดก๊าซมีเทนซึ่งถือว่าเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่ง และมีอันตรายกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 21 เท่า

3) ชีวมวลจะมีกำมะถัน หรือซัลเฟอร์ไม่เกินร้อยละ 0.2 ดังนั้นการนำชีวมวลมาเผาไหม้จะไม่สร้างปัญหาเรื่องฝนกรด (น้ำมันเตามีปริมาณกำมะถันประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถ่านหินมีปริมาณกำมะถันประมาณ 0.3-3.8 เปอร์เซนต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของถ่านหิน)

4) ขี้เถ้าของชีวมวลมีสภาพเป็นด่าง ดังนั้นเหมาะสมที่จะนำไปเพาะปลูกหรือปรับสภาพดินที่เป็นกรดแต่ขี้เถ้าจากการเผาถ่านหินจะมีสภาพเป็นด่าง ดังนั้นเหมาะสมที่จะนำไปเพาะปลูกหรือปรับสภาพดินที่เป็นกรดแต่ขี้เถ้าจากการเผาถ่านหินจะมีสารโลหะหนักปะปนอยู่ ดังนั้นต้องนำไปฝังกลบอย่างถูกวิธีเช่นมีผ้ายางรองรับด้านล่าง

5) ช่วยลดภาระในการกำจัดเช่น นำไปฝังกลบ และเผาทิ้ง เป็นต้น

6) ก่อให้เกิดการสร้างงานในท้องถิ่น ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้น มีการประเมินว่าการนำชีวมวลในท้องถิ่นมาใช้ ทำให้เงินหมุนเวียนในระบบเพิ่มขึ้นถึง 7 เท่า และรายได้ประชาชาติสูงขึ้น กล่าวคือ เมื่อชาวไร่ชาวนามีรายได้เพิ่มขึ้นจากชีวมวล จะนำเงินส่วนนี้ใช้จ่ายหมุนเวียนในท้องถิ่นเช่นจ้างคนเก็บและรวบรวมชีวมวล คนเหล่านั้นจะนำเงินส่วนนี้ใช้จ่ายอีกทอดหนึ่ง เป็นอย่างนี้เรื่อยๆ ไป

7) ประหยัดเงินตราต่างประเทศเพราะไม่ต้องนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศเช่น น้ำมันเตา และถ่านหิน เป็นต้น

นอกจากนี้ชีวมวลยังมีประโยชน์ในรูปอื่นๆ เช่น ใช้เป็นวัตถุดิบผลิตสินค้า ปุ๋ย และกิจกรรมทางการเกษตรยกตัวอย่างเช่น

8) แปรรูปเป็นปุ๋ย โดยการนำเศษไม้ ใบหญ้าและฟางข้าวเป็นต้นมาหมัก 2-3 เดือน หรือปล่อยให้ย่อยสลายในสวน ในไร่ตามธรรมชาติก็ได้เช่นกัน

9) เป็นวัตถุดิบเช่น การนำเศษไม้ยางพาราจากโรงเลื่อยมาย่อยละอัดเป็นแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดจากการนำไปแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ

10) เพาะเห็ดจากขี้เลื่อย และทะลายปาล์มเปล่า

11) ใช้ในกิจกรรมปศุสัตว์เช่น โรยแกลบใต้โรงเลี้ยงไก่เพื่อรองรับมูลไก่ เป็นต้น

ความต้องการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคตเช่นกัน เนื่องจากชีวมวลมีราคาไม่แพง เมื่อเทียบกับเชื่อเพลิงสมัยใหม่ ในปริมาณความร้อนที่เท่ากัน และจากปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งทำให้เกิดการสะสม ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ในบรรยากาศที่นำไปสู่การเกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก และทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ในขณะที่การนำชีวมวล มาใช้เป็นพลังงานทดแทนการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ จะช่วยบรรเทาปัญหาการเพิ่มปริมาณ $CO_2$ ให้กับบรรยากาศ แต่เนื่องจากชีวมวลบางชนิดมีการผลิตตามฤดูกาลหรือมีเฉพาะบางภูมิภาค ดังนั้นการนำชีวมวลมาใช้ผลิตพลังงาน ในแต่ละโรงงาน ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ประกอบ ได้แก่ แหล่งชีวมวล ปริมาณรวมของชีวมวล และเทคโนโลยีการผลิตพลังงานชีวมวล

แม้ว่าในขณะนี้ การใช้พลังงานชีวมวล และเทคโนโลยีบางด้าน ยังไม่สามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ และไม่มีความคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ แต่การเตรียมพร้อม ก็อาจจะเป็นประโยชน์อย่างมาก หากเกิดวิกฤติพลังงานขึ้นในอนาคต ขณะเดียวกันก็มีความเป็นไปได้ ที่จะทำให้การพัฒนาเทคโนโลยีบางสาขา ไปถึงขั้นที่สามารถลดต้นทุนลง จนกลายมาเป็นทางเลือก ที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้เช่นกัน

## 2. วัตถุดิบที่ใช้ทำการทดลอง

2.1 เหง้ามันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่ง ใช้ระยะเวลาการให้ผลผลิตประมาณ 8-13 เดือน ขึ้นกับพันธุ์ที่ปลูกมีแหล่งกำเนิดจากทวีปอเมริกาใต้ ไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่านำเข้าประเทศไทยเมื่อใด ปัจจุบันปลูกมากในภาคอีสานตอนใต้และตะวันออก มันสำปะหลังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2549: 41)

1) ชนิดขม ไม่เหมาะสำหลับการบริโภคโดยตรงเนื่องจากมีกรดไฮโดรไซยานิคสูง เป็นพิษต่อร่างกายต้องนำไปแปรรูปเป็นมันอัดเม็ด มันเส้นเพื่อเลี้ยงสัตว์ และแป้งมันเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร มันสำปะหลังชนิดนี้นิยมปลูกมากในประเทศ

2) ชนิดหวาน ส่วนใหญ่ปลูกไว้ตามรอบๆ บ้านเพื่อการบริโภค นำมานิ่ง ทอด หรือทำเป็นมันสำปะหลังอบ ไม่ได้ปลูกเพื่อการพาณิชย์ จึงมีสัดส่วนพื้นที่การปลูกน้อยมากเมื่อเทียบกับชนิดขมมันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่ายโดยนำส่วนที่เป็นลำต้นยาวประมาณ 1 ฟุต ปักลงในดินที่เตรียมไว้แล้ว และปล่อยให้เจริญเติบโตตามธรรมชาติ วิธีการเก็บจะเริ่มจากการขุดหัวมันให้โผล่พ้นดิน จากนั้นใช้มีดสับลำต้นทิ้งโดยเหลือระยะห่างจากหัวมันประมาณ 1 ฟุต ใช้มือดึงหรือจับลำต้นส่วนที่เหลือ เพื่อใช้มีดเฉพาะหรือฟันให้หัวมันสำปะหลังหลุดออกจากเหง้า ชาวไร่จะรอบรวมหัวมันสำปะหลังไปขายยังโรงงานหรือลานมันทันที เพราะยิ่งทิ้งไว้นานเปอร์เซ็นต์แป้งยิ่งตก ราคาขายลดลง ลำต้นส่วนหนึ่งที่มีขนาดพอเหมาะ ไม่อ่อนไม่แก่เกินไป จะถูกคัดเก็บไว้เพื่อทำเป็นพันธ์ปลูกในปีถัดไปคิดเป็นประมาณร้อยละ 30 ของลำต้นทั้งหมด (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2549: 41)

2.1.1 ฤดูปลูก

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ตลอดปี โดยมากกว่าร้อยละ 65 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด เกษตรกรจะทำการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน คือประมาณเดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม อีกร้อยละ 20 ปลูกในช่วงฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์ ส่วนที่เหลือร้อยละ13 จะปลูกในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง ตุลาคม สำหรับการปลูกในช่วงต้นฤดูฝนนี้ ผลผลิตหัวสดที่ได้จะสูงกว่าการปลูกในช่วงอื่นๆ แต่ในดินที่มีลักษณะเนื้อดินค่อนข้างหยาบ การปลูกในช่วงฤดูแล้งจะให้ผลผลิตสูงที่สุด ดังนั้นในการตัดสินใจเลือกช่วงการปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสม จึงต้องพิจารณาทั้งปริมาณน้ำฝน และลักษณะของดิน

2.1.2 แหล่งเพาะปลูก

มันสำปะหลังสามารถปลูกได้ทุกอำเภอ ยกเว้นอำเภอเกาะสีชัง และอำเภอพานทอง อำเภอที่ปลูก มากที่สุด คือ อำเภอศรีราชา บางละมุง บ้านบึง และบ่อทอง สำหรับในปี 2543/44 พื้นที่ยืนต้นถึงสิ้นเดือนเมษายน 2544 เท่ากับ 324,944 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 3,678 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตรวม 1,194,114.2 ตัน

2.1.3 โรงงานแปรรูปแบ่งออกเป็น 3 ประเภท มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (2549: 42) แบ่งออกเป็นดังนี้

1) โรงงานมันอัดเม็ดและมันเส้น กระบวนการผลิตเริ่มจากนำมันสำปะหลังมาย่อยและตากให้แห้งจากนั้นนำมาขึ้นรูปเป็นเม็ดหรือเส้นเพื่อส่งขายเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ ดังนั้นจะไม่มีเศษวัสดุเหลือใช้หลงเหลืออยู่

2) โรงงานแป้งมันและแป้งแปรรูป กระบวนการผลิตเริ่มจากนำมันสำปะหลังมาปอกเปลือก นำเศษเหง้ามันออก สกัดส่วนที่เป็นแป้งออก จะเหลือกากมันสำปะหลัง

3) โรงงานเอทานอล เริ่มทำการผลิตในปี 2549

2.1.4 พลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง

เหง้ามันสำปะหลังเป็นส่วนหนึ่งที่อยู่ใต้ดินและยึด หัวมันสำปะหลังกับที่อยู่เหนือผิวดินเป็นส่วนโคนของลำต้น มันสำปะหลังประมาณ 30 เซนติเมตร ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้บริโภคของมนุษย์และสัตว์ไม่ได้ นอกจากนี้บริเวณเปลือกนอกยังมีความแข็งมาก โดยพบว่ามีโครงข่ายของซิลิก้าจำนวนมาก ซึ่งคุณสมบัตินี้ทำให้เหง้ามันมีความแข็งแรง ไม่แตกหักง่ายและลุกติดไฟได้ยาก เมื่อเกษตรกรตัดหัวมันสำปะหลังและลำต้น ไว้ใช้ประโยชน์แล้ว เหง้ามันบางส่วนและส่วนของลำต้นที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์จึงมักจะถูกกองรวมไว้ในไร่และเผา ซึ่งจะเกิดการลุกไหม้อย่างช้าๆ ไม่มีเปลวไฟเป็นเวลานาน เมื่อวิเคราะห์ค่าความร้อนของเหง้ามันสำปะหลังแห้งที่มีค่าความร้อนสูงถึง 3,500-4,058 กิโลแคลอรี ต่อน้ำหนักเหง้ามันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม [3] ซึ่งเทียบได้กับค่าความร้อนของไม้ฟืน [4] หรือหากจะเทียบกับค่าความร้อนของน้ำมันเตาประมาณ 9,500 กิโลแคลอรีต่อลิตร [1] ก็จะพบว่าการเผาเหง้ามันสำปะหลังทิ้งไปในแต่ละปี พอที่จะเทียบได้กับการใช้น้ำมันเตา ประมาณ 3,000 ล้านลิตรต่อปี หรือคิดเป็นมูลค่าประมาณ 21,000 ล้านบาท การนำเหง้ามันสำปะหลังซึ่งมีค่าความร้อนสูงมา เผาไหม้จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เป็นแหล่งความร้อน ต้นกำลังเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังมีข้อดีที่การใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวลเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด และมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ช่วยลดมลพิษทางอากาศจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง

2.1.5 เศษวัสดุเหลือใช้จากมันสำปะหลัง

เศษวัสดุเหลือใช้จากมันสำปะหลัง มีดังนี้ (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2549: 43-44)

1) เปลือกมันเป็นวัสดุเหลือใช้จากการผลิตแป้งมัน มี 2 ส่วนคือ เปลือกดินและเปลือกล้างความชื้นค่อนข้างสูง นำมาใช้ผสมดินปลูกต้นไม้เป็นหลัก

2) เศษเหง้ามัน โดยปกติแล้วเหง้ามันต้องถูกตัดออกจากหัวมันสำปะหลังทั้งหมด แต่มีเหง้ามันอีกส่วนหนึ่งที่ติดไปกับหัวมันสำปะหลังที่ส่งขายยังโรงงานแป้งมันซึ่งมีสัดส่วนน้อยมาก ทางโรงงานใช้เครื่องจักรนำเศษเหง้ามันออก ปัจจุบันเริ่มมีการทำเหง้ามันมาใช้ประโยชน์มากขึ้น

3) กากมัน เป็นวัสดุเหลือใช้จากการผลิตแป้งมันเช่นกัน มีความชื้นสูงประมาณ 80 % มีประโยชน์หลายอย่างเช่น โรงงานมันอัดเม็ดและมันเส้นซื้อไปผสมกับหัวมันสดเพื่อลดต้นทุน และใช้เลี้ยงวัว

4) เหง้ามันและลำต้น หลังจากชาวไร่มันสำปะหลังเก็บเกี่ยวหัวมันสด ลำต้นที่มีความสมบูรณ์จะถูกเก็บไว้เพื่อเป็นพันธ์ในปีถัดไป ดังนั้นจะเหลือเหง้ามันพร้อมเศษลำต้นกระจายอยู่ในไร่ ซึ่งชาวไร่บางคนจะเผาทิ้ง บางคนจะใช้รถแทรกเตอร์ย่ำและไถกลบก่อนการปลูกในฤดูถัดไป มีการประเมินว่าเหง้ามันและลำต้นมันสำปะหลังถูกทิ้งปีละ 3.4 ล้านตัน มีค่าความร้อนเทียบเท่ากับน้ำมันเตา 450 ล้านลิตร

เหง้ามันสำปะหลังการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังสดนั้น พบว่ามีส่วนของลำต้นที่ติดกับส่วนของหัวมันสด หรือส่วนที่เรียกว่า เหง้ามันสำปะหลัง เป็นส่วนที่แข็งของต้นมันสำปะหลัง ทำให้เกษตรกรต้องตัดทิ้งเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเหง้ามันสำปะหลังดังกล่าวไม่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังได้ โดยปกติเกษตรกรจะตัดทิ้งไว้ในไร่ และเผาทิ้ง แต่บางส่วนตัดไม่หมดคงปล่อยให้ติดมากับหัวมันสำปะหลังสด ทำให้เป็นภาระกับโรงงานผลิตแป้ง ที่ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการตัดออก แม้แต่ผู้ประกอบการผลิตมันเส้นเมื่อรับหัวมันสดที่ติดเหง้ามาจะทำให้ได้ผลผลิตมันเส้นที่ไม่มีคุณภาพ มีเหง้าแห้งติดอยู่ ขายได้ราคาต่ำและไม่เป็นที่ต้องการของตลาด เพื่อลดปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงมีแนวคิดในการนำเหง้ามันสำปะหลังมาเผาแล้วอัดแท่งใช้เป็นวัสดุเชื้อเพลิงแทนฟืนและถ่าน

จากการวิเคราะห์ค่าความร้อนของเหง้ามันสำปะหลังแห้งพบว่ามีค่าความร้อนสูงถึง 3,500 – 4,058 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม พอจะเทียบได้จากค่าความร้อนของไม้ฟืน หรือหากจะเทียบกับค่าความร้อนของน้ำมันเตาประมาณ 9,500 แคลอรีต่อลิตร เหง้ามันสำปะหลังก่อนเผาเป็นถ่านให้ค่าความร้อนโดยประมาณเท่ากับ 3,800-4,400 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ขึ้นกับลักษณะเหง้ามันสำปะหลังกล่าวคือถ้าเป็นเหง้าบริเวณข้อต่อระหว่างโคนต้นกับหัวมันสำปะหลัง ซึ่งมีลักษณะเป็นไม้แข็ง จะให้ค่าความร้อนทั้งก่อนเผาและหลังเผาเป็นถ่านแล้วสูงกว่าเหง้ามันสำปะหลังที่มีส่วนติดลำต้นมามาก โดยเมื่อนำเหง้ามันสำปะหลังที่เผาเป็นถ่านแล้วมาอัดเป็นเชื้อเพลิงแท่งจะให้ค่าความร้อนประมาณ 6,000 – 6,300 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม มีค่าคาร์บอนคงตัว 25 – 27 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 7 – 8 โดยน้ำหนัก มีปริมาณสารระเหยร้อยละ 55 – 57 โดยน้ำหนัก มีปริมาณเถ้าร้อยละ 10- 11 โดยน้ำหนัก ความหนาแน่น 0.9 – 1.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าการทนแรงอัดแนวตั้ง 4.1 – 4.2 กิโลกรัม

ต่อตารางเซนติเมตร มีค่าการทนแรงอัดแนวนอน 1.5 – 1.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าดัชนีการแตกร่วน 1 – 1.3 และมีค่าประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนร้อยละ 33 – 34 โดยน้ำหนัก

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ที่ปลูกและดูแลรักษาง่าย มีความทนทานต่อความแห้งแล้งและโรคสูง สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีโดยเฉพาะในพื้นที่ที่ปลูกพืชชนิดอื่นไม่ได้ผล เช่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปัจจุบันมีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยประมาณ 6-7 ล้านไร่ ทำรายได้ให้เกษตรกรรวมถึงแรงงานและและผู้ที่เกี่ยวข้องในภาคการเกษตรไม่ต่ำกว่า 10 ล้านคนทั่วประเทศ ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นสินค้าส่งออกที่มีความต้องการสูงในตลาดต่างประเทศ ในปัจจุบันไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมากที่สุดในโลก โดยมีสัดส่วนการส่งออกถึงร้อยละ 96 ของการส่งออกทั้งหมดของโลก นำรายได้เข้าสู่ประเทศกว่า 20,000 ล้านบาทต่อปี (กรมส่งเสริมการส่งออก. 2545) ส่งผลถึงการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศอย่างต่อเนื่อง มันสำปะหลังนอกเหนือจากใช้บริโภคโดยตรงแล้วยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปต่างๆ มากมายได้แก่ แห้งมันสำปะหลังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหาร สารให้ความหวานผงชูรส สิ่งทอ กระดาษ ยารักษาโรค กาว ไม้อัด วัสดุย่อยสลายได้ตามธรรมชาติและกรดมะนาวส่วนมันเส้นและมันอัดเม็ด ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์และนำไปแปรรูปเป็นเอทานอล จากการแปรรูปมันสำประหลังไปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้นในขึ้นตอนการผลิตจะมีเศษเหลือจากการผลิตและจากการเก็บเกี่ยวอยู่มากซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเหง้ามันสำปะหลัง

เหง้ามันสำปะหลังในงานวิจัยนี้ หมายถึง ส่วนที่ยึดติดระหว่างหัวมันสำปะหลังกับลำต้น ซึ่งเมื่อจำแนกมันสำปะหลัง 1 ต้น ประกอบไปด้วยยอด และใบ ลำต้น หัวหรือราก และเหง้าอัตราส่วนดังนี้ร้อยละ 5.5, ร้อยละ 11.1, ร้อยละ 75.8 และร้อยละ 7.6 ตามลำดับ (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2543)

จะเห็นว่าเหง้ามันสำปะหลังนั้นมีปริมาณมากและก่อให้เกิดปัญหาต่ออุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องอาทิ อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังรวมถึงอุตสาหกรรมมันเส้นและมันอัดเม็ด หลักการที่สำคัญที่สุดในการกำจัดเหง้ามันสำปะหลังที่มีประสิทธิภาพ คือการนำเหง้ามันสำปะหลังไปใช้ให้เกิดประโยชน์ให้ได้มากที่สุด โดยขั้นตอนและวิธีในการกำจัด จะต้องส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด จึงไม่แนวคิดในการนำเหง้ามันสำปะหลังมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งสามารถให้พลังงานความร้อนและยังผลให้เกิดศักยภาพด้านพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลัง

| | | | |
|---|---|---|---|
| ค่าความร้อนของ กะลาปาล์ม | = | 18,267 | kJ/kg |
| ไม้ฟืน(ไม้ยางพารา) | = | 10,365 | kJ/kg |
| ไม้ฟืน(ไม้ยูคาลิปตัส) | = | 8,514 | kJ/kg |
| เหง้ามันสัมปะหลัง | = | 7,451 | kJ/kg |

การเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังสดนั้น พบว่ามีส่วนของลำต้นที่ติดกับส่วนของหัวมันสด หรือส่วนที่เรียกว่า เหง้ามันสำปะหลัง เป็นส่วนที่แข็งของต้นมันสำปะหลัง ทำให้เกษตรกรต้องตัดทิ้งเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเหง้ามันสำปะหลังดังกล่าวไม่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังได้ โดยปกติเกษตรกรจะตัดทิ้งไว้ในไร่ และเผาทิ้ง แต่บางส่วนตัดไม่หมดคงปล่อยให้ติดมากับหัวมันสำปะหลังสด ทำให้เป็นภาระกับโรงงานผลิตแป้ง ที่ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการตัดออก แม้แต่ผู้ประกอบการผลิตมันเส้นเมื่อรับหัวมันสดที่ติดเหง้ามาจะทำให้ได้ผลผลิตมันเส้นที่ไม่มีคุณภาพ มีเหง้าแห้งติดอยู่ ขายได้ราคาต่ำและไม่เป็นที่ต้องการของตลาด เพื่อลดปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงมีแนวคิดในการนำเหง้ามันสำปะหลังมาเผาแล้วอัดแท่งใช้เป็นวัสดุเชื้อเพลิงแทนฟืนและถ่าน เนื่องจากวิเคราะห์ค่าความร้อนของเหง้ามันสำปะหลังแห้งพบว่ามีค่าความร้อนสูงถึง 3,500 – 4,058 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม พอจะเทียบได้จากค่าความร้อนของไม้ฟืน หรือหากจะเทียบกับค่าความร้อนของน้ำมันเตาประมาณ 9,500 แคลอรีต่อลิตร

2.1.6 ลักษณะและสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลัง

เหง้ามันสำปะหลังก่อนเผาเป็นถ่านให้ค่าความร้อนโดยประมาณเท่ากับ 3,800-4,400 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ขึ้นกับลักษณะเหง้ามันสำปะหลัง กล่าวคือถ้าเป็นเหง้าบริเวณข้อต่อระหว่างโคนต้นกับหัวมันสำปะหลัง ซึ่งมีลักษณะเป็นไม้แข็ง จะให้ค่าความร้อนทั้งก่อนเผาและหลังเผาเป็นถ่านแล้วสูงกว่าเหง้ามันสำปะหลังที่มีส่วนติดลำต้นมามาก โดยเมื่อนำเหง้ามันสำปะหลังที่เผาเป็นถ่านแล้วมาอัดเป็นเชื้อเพลิงแท่งจะให้ค่าความร้อนประมาณ 6,000–6,300 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม มีค่าคาร์บอนคงตัว 25–27 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 7–8 โดยน้ำหนัก มีปริมาณสารระเหยร้อยละ 55–57 โดยน้ำหนัก มีปริมาณเถ้าร้อยละ 10-11 โดยน้ำหนัก ความหนาแน่น 0.9–1.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าการทนแรงอัดแนวตั้ง 4.1 – 4.2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีค่าการทนแรงอัดแนวนอน 1.5 – 1.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าดัชนีการแตกร่วน 1 – 1.3 และมีค่าประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนร้อยละ 33 – 34 โดยน้ำหนัก

ภาพประกอบ 3 เหง้าจากแปลงปลูก

ภาพประกอบ 4 เหง้าจากลานมัน

ที่มา: พรสถิต ยงยืน. (2552). *ทำถ่านอัดแท่ง แข่งกับเมืองนอก*. หน้า 71.

ภาพประกอบ 5 ถ่านอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลัง

2.2 กะลามะพร้าว

มะพร้าว (Coconut) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Cocoas Nucifera Linn. เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากคนไทยรู้จักใช้เนื้อมะพร้าวในการบริโภคเป็นอาหารทั้งคาวและหวานในชีวิตประจำวัน ซึ่งจากสำนักงานสถิติแห่งชาติได้เคยสำรวจพบว่า ประชากรไทย 1 คน จะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผล/คน/ปี ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีพลเมืองประมาณ 55 ล้านคน จะใช้ผลมะพร้าวประมาณ 990 ล้านผล หรือประมาณร้อยละ 65 ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 35 ของผลผลิตทั้งหมด หรือ 489 ล้านผลใช้ในรูปของอุตสาหกรรมหรือส่งออกต่อไป ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มอุตสาหกรรมมะพร้าวใหญ่ๆ ได้ 2 กลุ่ม คือ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550: ออนไลน์)

1) ผลิตภัณฑ์แปรรูปเพื่อการบริโภค เช่น อุตสาหกรรมมะพร้าวแห้งอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว อุตสาหกรรมกะทิเข้มข้น อุตสาหกรรมมะพร้าวขูดแห้ง อุตสาหกรรมน้ำตาลมะพร้าว

2) ผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมและอุปโภค เช่น อุตสาหกรรมเส้นใยมะพร้าว อุตสาหกรรมแท่งเพาะชำ อุตสาหกรรมเผาถ่านจากกะลามะพร้าว อุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าว ผลผลิตมะพร้าวแต่ละปีจะมีมูลค่าไม่ต่ำกว่าปีละ 2,700 ล้านบาท คิดแล้วมูลค่ามหาศาล ซึ่งเราไม่ควรที่จะละเลยและควรเร่งหาทางในการส่งเสริมและพัฒนามะพร้าวอีกต่อไป มะพร้าวสามารถขึ้นได้ในทุกจังหวัดทั่วประเทศ แต่ขึ้นได้ดีในดินที่มีสภาพเป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อยคือ (PH ระหว่าง 6-7) ลักษณะดินร่วน หรือร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี มีฝนตกกระจายสม่ำเสมอแทบทุกเดือน อากาศอบอุ่น หรือค่อนข้างร้อนและมีแสงแดดมาก ภาคที่มีการปลูกมะพร้าวมากและปลูกเป็นอาชีพ คือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก

ภาพประกอบ 6 กะลามะพร้าว

2.2.1 การปลูกมะพร้าวเป็นผลผลิตในประเทศไทย

ประเทศมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวประมาณ 2.43 ล้านไร่มีผลผลิตประมาณ 1.63 ล้านตันต่อปี พื้นที่ปลูกที่สำคัญแยกตามภาคต่างๆ ได้แก่ ภาคใต้ แถบจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ ตรัง ส่วนภาคกลาง แถบจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสงคราม นครปฐม เพชรบุรี ราชบุรี สำหรับภาคตะวันออกได้แก่ ชลบุรี จันทบุรี ระยอง ตราด ฉะเชิงเทรา นอกจากนี้มะพร้าวยังสามารถปลูกได้ทุกสภาพภูมิประเทศปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ปลูกและเก็บเกี่ยวผลิตได้ตลอดทั้งปีทุกฤดูการ ทำให้มีวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าว ได้แก่ ทางหรือก้านใบ จั่นหรือก้านทะลาย จะมีเหลือในส่วนมะพร้าวนเปลือกหรือกาบ และกะลาจะมีเหลือที่พ่อค้าคนกลางหรือเกษตรกรที่ทำการปอกเปลือกก่อนส่งสู่โรงงานอุตสาหกรรม โดยทางหรือก้านใบ มีประมาณ 19.59 ล้านตันต่อปี จั่นหรือก้านทะลาย มีประมาณ 0.40 ล้านตันต่อปี และกะลามะพร้าว มีประมาณ 1.40 ล้านตันต่อปี (การสำรวจวัสดุเหลือใช้ด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม. 2547)

ภาพประกอบ 7 ต้นมะพร้าว

กะลามะพร้าว เป็นพืชชีวมวลเหลือใช้จากมะพร้าว ซึ่งมะพร้าว 1 ลูก จะได้ใยร้อยละ 36.2 และกะลาร้อยละ 16 โดยส่วนมากมะพร้าวจะปลูกบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย (ประมาณร้อยละ 80) ซึ่งปกติจะให้ผลผลิตตลอดปีแต่จะให้ผลผลิตมากในช่วงเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม

2.2.2 ประโยชน์ของกะลามะพร้าว

เราสามารถนำกะลามะพร้าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ คือ

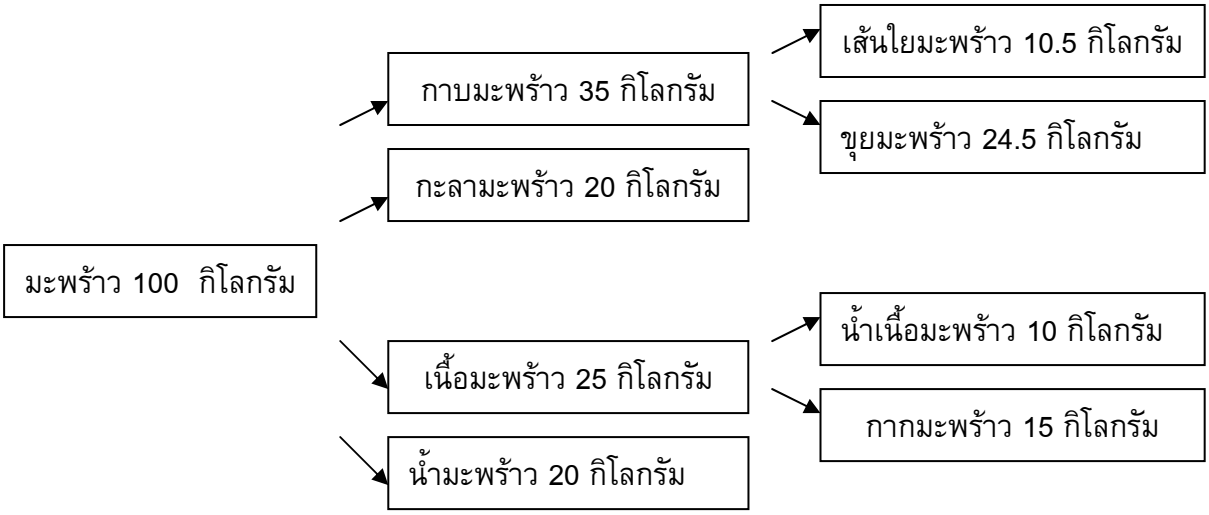
1. การนำกะลามะพร้าวมาดัดแปลงทำเป็นวัสดุใช้สอยภายในครัวเรือ เช่น ช้อน ถ้วน และอุปกรณ์ตกแต่งบ้านเป็นต้น

2. การนำถ่านชาร์กะลามะพร้าวที่ได้จากกระบวนการคาร์บอนไนซ์เซชั่น มาใช้เป็นตัวดูดซับสีและกลิ่นในอุตสาหกรรมต่างๆ

3. การนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้โดยตรงประเทศไทย เป็นประเทศเกษตรกรรม มีพืชผลจากการเกษตรมากมายที่สามารถนำมาสร้างเศรษฐกิจชุมชน และเป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีพของมนุษย์ โดยไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม และสร้างความอยู่ดีกินดีแก่ชุมชน

มะพร้าว เป็นพืชผลจากการเกษตรตัวหนึ่ง ที่สามารถนำส่วนต่างๆ มาทำประโยชน์ได้เกือบทุกอย่าง กะลามะพร้าวเป็นชิ้นส่วนที่เหลือจากการทำประโยชน์ และถูกทิ้งกองเหมือนเศษขยะ จะมีอยู่บ้างที่ชาวบ้านได้ให้ความสนใจนำกะลามะพร้าวไปเป็นเชื้อเพลิงเพื่อการหุงต้มภายในครัวเรือน แต่ใช่ว่าเป็นการใช้ประโยชน์อย่าคุ้มค่าก็หาไม่

ลือพงษ์ ลือนาม และสมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช (2551:68) รายงานการสำรวจอุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าวในจังหวัดชลบุรี มะพร้าวที่เก็บเกี่ยวจะมีน้ำหนักประมาณ 1.25–3.00 กิโลกรัมต่อผล เกษตรกรจะขายมะพร้าวทั้งผลเนื่องจากเก็บรักษาไว้ได้นานกว่ามะพร้าวปอกเปลือก ให้กับผู้ประกอบการท้องถิ่นเพื่อนำไปปอกเปลือกมะพร้าว แล้วจำหน่ายต่อให้กับอุตสาหกรรม ร้านอาหาร ครัวเรือนเพื่อบริโภค โดยแยกส่วนประกอบของผลมะพร้าวได้ดังนี้




ภาพประกอบ 8 ส่วนประกอบของผลมะพร้าวปริมาณ 100 กิโลกรัม

มะพร้าว เป็นพืชยืนต้น ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบแบบขนนก ผลประกอบด้วยเอพิคาร์ป (Epicarp) คือเปลือกนอก ถัดไปข้างในจะเป็นมีโซคาร์ป (Mesocarp) หรือใยมะพร้าว ถัดไปข้างในเป็นส่วนเอนโดคาร์ป (Endocarp) หรือกะลามะพร้าว ซึ่งจะมีรูสีคล้ำอยู่ 3 รู สำหรับงอก ถัดจากส่วนเอนโดคาร์ปเข้าไปจะเป็นส่วนเอนโดสเปิร์ม หรือที่เราเรียกว่าเนื้อมะพร้าว ภายในมะพร้าวจะมีน้ำมะพร้าว ซึ่งเมื่อมะพร้าวแก่ เอนโดสเปิร์มก็จะดูดเอาน้ำมะพร้าวไปหมด

ขณะที่มะพร้าวยังอ่อน ชั้นเอนโดสเปิร์ม (เนื้อมะพร้าว) ภายในผลมีลักษณะบางและอ่อนนุ่ม ภายในมีน้ำมะพร้าว ซึ่งในระยะนี้เรามักสอยเอามะพร้าวลงมารับประทานน้ำและเนื้อ เมื่อมะพร้าวแก่ ซึ่งสังเกตได้จากการที่เปลือกนอกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ชั้นเอนโดสเปิร์มก็จะหนาและแข็งขึ้น

มะพร้าว เป็นพืชที่มีอยู่ในประเทศไทยมากมายหลายพันธุ์ คนไทยส่วนใหญ่นิยมปลูกมะพร้าวกันมากทางภาคใต้ เนื่องจากมีลักษณะของดิน และภูมิอากาศที่เหมาะสม ส่วนประกอบของมะพร้าวมีประโยชน์หลายส่วน เช่น ก้านนำมาประดิษฐ์เป็นสิ่งของต่างๆ นำส่วนเนื้อมาคั้นเป็นกะทิเพื่อ

ประกอบอาหาร หรือนำน้ำมาทำเป็นน้ำผลไม้ก็ได้ แต่ส่วนหนึ่งที่ผู้คนส่วนใหญ่มักจะไม่ใช่ประโยชน์คือกะลามะพร้าว ดังนั้นกะลามะพร้าวจึงเป็นของเหลือทิ้งอยู่ทั่วไป แท้ที่จริงแล้วกะลามะพร้าวมีประโยชน์อย่างมากเนื่องจากกะลามะพร้าวมีคุณสมบัติคือ มีปริมาณคาร์บอนสูง และมีสารอนินทรีย์ต่ำ สามารถใช้ผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพสูงได้จากมะพร้าว ที่หลายคนใช้ในการผลิตหลาย ๆ อย่าง ไม่ว่าเนื้อมะพร้าวทำเป็นน้ำมันมะพร้าว เป็นกะทิ ใยก็นำไปทำเตียงนอน น้ำมะพร้าวก็แสนอร่อย เนื้อมะพร้าวก็นำมาทำขนม กะลามะพร้าวนำไปผลิตเป็นกระบวย ตักน้ำดื่ม คุณประโยชน์จากกะลามะพร้าวเป็นที่รู้ จักกันมาอย่างแพร่หลาย แทบบอกได้เลยว่าทุกส่วนของกะลามะพร้าว สามารถที่จำนวนมาใช้ประโยชน์ได้เสมอ

1) แนวความคิดที่จะนำมาใช้ในส่วนผลิตเป็นพลังงานทดแทน จะขาดแคลนเนื่องจากป่าไม้มีจำนวนน้อยลงไปทุกที

2) เปลือกที่เราทำเป็นถ่านกันซึ่งเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม หลากหลายแห่ง ไม่ว่าจะเป็น โรงงานทำกะทิสำเร็จรูป โรงงานผลิตกะทิส่ง ตลาดสด แม้แต่โรงงานผลิตวุ้นมะพร้าว เศษกะลาจำนวนมากนี้ก่อปัญหาให้ทาง โรงงานเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีปริมาณมาก ไม่มีที่ทิ้ง หรือจัดเก็บเพื่อการทำลาย จึงหาวิธีนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยนำ กะลามะพร้าวเผาด้วยความร้อนสูง จากนั้นนำกะลาที่ได้ไปผ่านเผาจนเป็นถ่านไป ร่อนให้เหลือเพียงแต่ชิ้นกะลาล้วนๆ เพื่อให้ได้ชิ้นกะลามะพร้าวที่มีคุณภาพสำหรับผลิตถ่านอัดแท่งคุณภาพดี

3) กะลามะพร้าวที่ผ่านการเผาเป็นถ่านเปรียบร้อย แล้ว และผ่านการร่อนจนเหลือเพียงแต่ชิ้นกะลาเท่านั้น (จากกะลามะพร้าวร้อยละ 100 หลังจากที่ผ่านการเผาแล้วจะเหลือถ่านกะลาเพียงแค่ร้อยละ 20 เท่านั้น) วัตถุดิบถ่านกะลามะพร้าว นำมาผ่านเครื่องบด เครื่องอัด โดยพิจารณาส่วนผสม ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้สินค้าถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพมากที่สุด เพื่อให้ได้ถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพพร้อมที่จะส่งออกไปสู่ต่างประเทศ ให้สินค้าไทยก้าวไปให้ไกลยังต่างประเทศให้ได้มากที่สุด

4) เครื่องจักรอัดแท่งถ่านที่รวมทั้งเครื่องโม่ เครื่องผสมเข้าด้วยกันโดยทั่วไปเป็นเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิตมากกว่า 1,500 กิโลกรัมต่อวัน สามารถทำงานต่อเนื่องได้ตลอด 24 ชั่วโมง หลังจากที่ผ่านเครื่องอัดกำลังสูงออกมาแล้ว จะนำถ่านอัดแท่ง ไปตากแดด เพื่อลดความชื้นภายในเนื้อถ่าน เพื่อให้ถ่านที่ส่งเข้าสู่ตลาดมีคุณภาพดีที่สุด ค่าความร้อนสูง ค่าความชื้นน้อยที่สุด

5) แท่งถ่านอัดแท่งที่เมื่อนำออกมาจากการตากแดด จะวางห่างกัน เพื่อให้อากาศเข้าไประบายความร้อนให้ลดน้อยลง ก่อนที่จะทำการบรรจุถ่านเข้ากล่อง เพราะถ้าหากว่าความร้อนในถ่านไม่ลดลง ถ้าหากเรายังบรรจุต่อไป ภายในก้อนถ่านจะเกิดความร้อนสะสม อาจทำให้ถ่านอัดแท่งติดไฟขึ้นมาได้ ขั้นตอนนี้ต้องระวังมากที่สุด

ปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาประดิษฐ์คิดค้น การใช้กะลามะพร้าวมาทำเป็นเชื้อเพลิงในลักษณะอัดแท่งเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของวัสดุเหลือใช้ในชุมชนให้เกิดประโยชน์ในทางเศรษฐกิจ รักษาสภาพแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ ไม่ทำลายป่าไม้ ซึ่งผู้ประดิษฐ์คิดค้นมีภูมิความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกรรมวิธีการเผากะลามะพร้าว สำหรับทำถ่านกะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงคุณภาพอยู่บ้างแล้วประกอบกับมีความรู้ด้านเครื่องจักรกล จึงคิดค้นทำถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง ทดแทนถ่านจากไม้และเชื้อเพลิงอื่นๆ ในเชิงอุตสาหกรรมขึ้นมา

ในด้านการให้ค่าความร้อน ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งให้ความสูงถึง 7160.51 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม (ผลการทดสอบของศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 20 พฤศจิกายน 2544) ในขณะที่วัสดุเชื้อเพลิงในรูปแบบอัดแท่งชนิดอื่นๆ ชานอ้อย ให้ค่าความร้อน 2,200 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม แกลบ ให้ค่าความร้อน 2,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ซังข้าวโพด ให้ค่าความร้อน 2,500 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม (ค่าความร้อนยอมรับที่ 5000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม)

ให้ความร้อนได้นานถึง 4 ชั่วโมง โดยสม่ำเสมอ ในกรณีที่ใช้ไม่หมด สามารถเก็บไว้ใช้ในครั้งต่อไปได้อีก โดยนำไปจุ่มน้ำ แล้วตากให้แห้ง ไม่มีควัน ไม่ก่อให้เกิดประกายไฟในขณะให้ความร้อนหรือเริ่มเผาไหม้ ขี้เถ้าน้อยและสามารถดับกลิ่นในตู้เย็นได้

ส่วนผลการวิเคราะห์ทางเคมี หรือคุณสมบัติทางเคมี ข้อมูลจากการทดสอบของภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รับรองผลโดย รศ.ดร.ธราพงษ์ วิทิตศานต์ พบว่าถ่านอัดแท่งมีค่าความชื้น 7.13% เถ้า 3.74 % สารระเหย 13.47 % คาร์บอนคงตัว 82.79 % ค่าความร้อน 7,276 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

จากการพัฒนาคุณภาพถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง ให้มีคุณสมบัติครบถ้วน ทั้งคุณสมบัติทางเคมีซึ่งเป็นคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ และคุณสมบัติในการให้ประโยชน์ต่อผู้ใช้และต่อสังคม ทำให้ คุณยุทธศักดิ์ ศิริรัตน์ยาภรณ์ ผลิตถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง ได้รับรางวัลดีเด่นระดับ 4 ดาวประเภทเครื่องใช้และเครื่องประดับตกแต่ง ตามโครงการคัดสรรสุดยอด หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ไทย ของภาคใต้ เมื่อวันที่ 6 พฤศจิกายน 2546 รางวัลผลงานสิ่งประดิษฐ์คิดค้นจากสภาวิจัยแห่งชาติ เมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2547 และยุทธศักดิ์ ศิริรัตน์ยาภรณ์ ได้กล่าวว่าถ่านอัดแท่งมะพร้าวอัดแท่ง กำลังจะได้รับขึ้นทะเบียนสินค้าระดับมาตราฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือ “มผช.” เป็นเครื่องหมายประกันคุณภาพสินค้าอีกด้วย สำหรับถ่านมะพร้าวอัดแท่งนี้ ถือได้ว่าถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งเป็นสินค้าที่น่าจับตามองเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะกะลามะพร้าวที่ทุกคนไม่ได้ให้ความสนใจใยดีอะไรเลย ถูกกองทิ้งๆ ขว้างๆ ตามท้องถิ่นชนบททั่วไปในปัจจุบันกระแสแห่งความรักต่อสภาพสิ่งแวดล้อม ความเป็นอยู่ที่ต้องการให้ชุมชนและเมืองปราศจากมลภาวะให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ กระแสความรักต่อป่าไม้ที่ต้องการให้

ต้นไม้ถูกทำลายน้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้ ได้ครอบคลุมไปทั่วทุกหนแห่งในจิตใจของคนไทยและทั้งโลก กะลามะพร้าวที่ไม่มีใครใยดี จะเป็นส่วนหนึ่งที่จะส่งผลให้กระแสแห่งความรักทั้งสองสิ่งคือสภาวะสิ่งแวดล้อมและป่าไม้ ได้รับการทะนุถนอมความเอื้ออาทรจากสังคม ด้วยการนำกะลามะพร้าวมาแปรรูปเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจอย่างเป็นกระบวนการ ตามลักษณะแห่งภูมิปัญญาชาวบ้าน โดยการเผากะลามะพร้าวให้เป็นถ่านในระยะเวลาและวิธีการที่เหมาะสม ก่อนส่งเข้าเครื่องบดอัด เพื่อให้อยู่ในรูปแท่งทรงกระบอก ทรงเหลี่ยม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.50 นิ้ว ความยาว 4-5 นิ้ว มีรูระบายอากาศตลอดแท่ง ขนาด 1 เซนติเมตร

2.2.3 การเผาถ่านกะลามะพร้าว

วิธีการเผากะลามะพร้าวให้เป็นถ่าน แบบภูมิปัญญาชาวบ้าน ก่อนเผากะลามะพร้าวต้องคัดเศษวัสดุอื่นๆ เช่น กรวด หิน ดิน ทราย ถุงพลาสติก เศษอาหาร เศษโลหะต่างๆ ออกให้หมด เพราะวัสดุเหล่านี้จะเข้าไปผสมกับถ่านกะลา ทำให้ถ่านด้อยคุณภาพ และอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องบดได้ ข้อสำคัญ กะลามะพร้าวที่จะนำมาเผาต้องแห้งสนิท

หลังจากนั้นคัดเศษวัสดุและได้กะลามะพร้าวที่แห้งสนิทแล้วให้นำไปเผาด้วยการใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร ที่เปิดฝา เพราะเผาง่าย สะดวก ประหยัด รวดเร็ว โดยวางเรียงกะลามะพร้าวในลักษณะคว่ำกะลามะพร้าวให้รอบถังเป็นชั้นๆ เข้ามา เว้นช่องว่างตรงกลางประมาณ 20 เซนติเมตร เพื่อให้จุดไฟ แต่วิธีนี้จะใช้เวลาในการเรียงกะลามากเกินความจำเป็น เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายให้หาวัสดุทรงกลมหรือ สี่เหลี่ยมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร วางไว้ภายในถังประมาณกึ่งกลางถัง จึงเทกะลามะพร้าวที่คัดเลือกแล้วลงไปประมาณครึ่งถัง ค่อยๆ ถึงหรือยกภาชนะที่กึ่งกลางจะเป็นช่องว่างใช่สำหรับจุดไฟ เมื่อไฟลุกไหม้ค่อยๆ ใส่กะลาลงไปเรื่อยๆ อย่าใส่มากจนเกินไปจะทำให้เกิดควัน และการเผาไหม้ไม่ทั่วถึง เมื่อควันเริ่มน้อยลงแสดงว่าการเผาไหม้กะลาทั่วถึงหมดแล้ว โดยสังเกตจะเห็นกะลาติดไฟแดงๆ และควันไฟเริ่มน้อยลง พยายามใช้ไม้หรือเหล็กเขี่ยกะลาให้ติดไฟให้ทั่ว เพื่อให้กะลาติดไฟให้หมด ถ้ากะลาด้านบนติดไฟแดง ๆ โดยทั้งหมดแล้ว ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาที จึงใช้กะสอบป่านชุบน้ำให้เปียกๆ คุมปากถังปิดทับด้วยฝาถังให้แน่นสนิท หรือใช้ทรายปิดบนกะสอบป่านอีกครั้งก็ได้ เพื่อไม่ให้อากาศข้างนอกเข้าไปในถัง ทิ้งไว้ 1 คืน ไฟจะดับ ถ่านกะลามะพร้าวจะค่อยๆ เย็นลง รุ่งขึ้นจึงเปิดฝาถัง นำถ่านกะลามะพร้าวไปเข้าเครื่องบดต่อไป

ข้อสังเกต ถ่านกะลามะพร้าวที่นำไปบดต้องดำสนิท ไหม้หมด ชาวบ้านเรียกว่า “**สุกได้ที่**” หากมีสีน้ำตาล แสดงว่าไหม้ไม่หมดต้องนำไปเผาใหม่ การเผากะลามะพร้าวเพื่อทำถ่านจะมีควันไฟมาก (ขณะที่กะลามะพร้าวเริ่มติดไฟ) จึงควรเลือก เวลา สถานที่ ในการเผาพอสมควร

เมื่อได้ถ่านกะลาตามคุณภาพที่ต้องการแล้ว (ไหม้หมด ดำสนิท) จึงนำเข้าสู่ขบวนการบดระเอียดเป็นชิ้นเล็กๆ หลังจากนั้นก้อนำไปเข้าขบวนการผสม โดยใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำสะอาด(ตามสูตรการผลิต) เพื่อให้ส่วนผสมทุกส่วนเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อผงถ่านกะลาผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำผสมกันจนเป็นกาวทำให้เกิดการเกาะตัวของผงถ่านดียิ่งขึ้น เมื่อส่วนผสมอยู่ในลักษณะและคุณภาพที่ต้องการแล้ว จึงนำเข้าเครื่องอัดแท่ง

เครื่องอัดแท่งนี้มีคุณลักษณะพิเศษคือ มีแรงอัดสูง ทำให้ถ่านกะลามะพร้าวมีความหนาแน่นสูงตามไปด้วย ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ทำให้ถ่านมีความร้อนสม่ำเสมอ ให้ความร้อนได้นาน ถ่านกะลามะพร้าวเมื่อผ่านเครื่องบด ผสม อัดแล้วจะออกมาเป็นรูปทรงกระบอก หกเหลี่ยม มีรูกรวงตรงกลาง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ตัวถ่านอัดแท่งเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.50 นิ้ว ตัดเป็นท่อนๆ ขนาดความยาวท่อนละ 4-5 นิ้วแล้วจึงนำเข้าเครื่องอบหรือตากแดดประมาณ 8 วัน เพื่อขับไร่ความชื้นออกจากตัวถ่าน

เมื่อถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งแห้งสนิทดีแล้วต้องตรวจสอบคุณภาพถ่านอีกครั้งด้วยการใช้เครื่องมือบีบก้อนถ่าน ถ้าถ่านแห้งสนิทดีจะไม่แตก หรือถ้านำมาเคาะจะเกิดเสียงดังกังวาร ส่วนถ่านที่แห้งไม่สนิทก็จะนำไปตากแดดใหม่อีกครั้ง สำหรับถ่านที่แห้งสนิทดีแล้วและผ่านการตรวจสอบจะนำลงบรรจุถุงพลาสติก เพื่อส่งจำหน่ายต่อไป

ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งนี้ นับเป็นเทคโนโลยีชาวบ้านอย่างแท้จริง ที่ได้ประดิษฐ์คิดค้น และนำเอาวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นมาเข้าสู่ขบวนการ การสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจและสังคม เพื่อการอนุรักษ์สภาพแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติให้คงอยู่อย่างยั่งยืนสืบไป ควรที่จะส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดผลทั้งทางรูปธรรมและนามธรรม ทั้งในเชิงธุรกิจและความคิดริเริ่มเป็นอย่างยิ่ง (เมืองแมน นรเทพ. 2548: ออนไลน์)

2.3 การประเมินคุณภาพและสมบัติทางเชื้อเพลิง

จะใช้องค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงเป็นหลักในการประเมินคุณภาพ วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) มีดังนี้

| | |
|---|---|
| ค่าความร้อน | (Heating value) |
| ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ | (Volatile matters) |
| ปริมาณคาร์บอนคงตัว | (Fixed carbon) |
| ปริมาณเถ้า | (Ash content) |
| ปริมาณความชื้น | (Moisture content) |

2.4 ประสิทธิภาพด้านความร้อน

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก็เป็นตัวชี้สมบัติของเชื้อเพลิงอย่างหนึ่ง เชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดี เช่น ถ่านที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพดี แต่สำหรับการใช้ถ่านในการหุงต้มในครัวเรือนนั้น ถ่านที่ถือว่ามีคุณภาพดีที่สุดนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านที่มีค่าความร้อนสูงสุด แต่ต้องมีสมบัติที่ดีของถ่านทางด้านอื่น ๆ ด้วย คือ (กองวิจัยผลิตผลป่าไม้. 2526)

ถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมีดังนี้

1) การแตกปะทุขณะติดไฟ ถ่านที่แตกปะทุขณะติดไฟจะเป็นที่รังเกียจของผู้ใช้อันดับหนึ่ง ดังนั้นถ่านที่มีคุณภาพดีจะไม่มีการแตกปะทุเล็กน้อยในช่วงนาทีแรกที่ติดไฟ

2) น้ำหนักถ่าน ถ่านหนักจะลุกไหม้ให้ความร้อนแรงได้นาน

3) ควัน ถ่านที่มีคุณภาพดีไม่ควรจะมีควัน และกลิ่นฉุนในขณะลุกไหม้

4) ความแข็งแรง ถ่านที่มีความแข็งสูงจะช่วยลดการแตกหักหรือป่นเป็นผง ทำให้สะดวกต่อการใช้ การขนส่งและการเก็บรักษา

2.5 ข้อดีของแท่งเชื้อเพลิงเมื่อเปรียบเทียบกับฟืนและถ่าน

1) มีสมบัติทางกายภาพและความร้อนสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนได้

2) ไม่ต้องสิ้นเปลืองทรัพยากรธรรมชาติ จากการตัดไม้ทำลายป่า เพียงแต่ใช้เศษเหลือจากการเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรมาประยุกต์

3) มีรูปร่างและขนาดเป็นแบบเดียวกัน สามารถใช้ป้อนเชื้อเพลิงในทางอุตสาหกรรมได้อย่างต่อเนื่องและสะดวกในการใช้งาน

4) มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้

5) สะดวกในการเก็บรักษา

6) เนื่องจากเป็นการนำของเหลือทิ้งจากเกษตรและโรงงานมาใช้ จึงเป็นการประหยัดพลังงานในการทำลายเศษเหลือเหล่านี้อีกด้วย (บุญมา ป้านประดิษฐ์; และคณะ. ม.ป.ป.)

ภาพประกอบ 9 วัสดุกะลามะพร้าวที่เหลือใช้

ภาพประกอบ 10 ลักษณะของถ่านที่ได้จากการเผากะลามะพร้าว

ภาพประกอบ 11 ลักษณะถ่านอัดแท่งที่ได้จากกะลามะพร้าว

ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของชีวมวล เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาดใช้ไม่มีวันหมด ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีแหล่งพลังงานชนิดนี้อยู่ภายในประเทศเป็นจำนวนมาก และเมื่อนำชีวมวลไปผ่านกระบวนการเผาและอัดแท่ง ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย พลังงานชีวมวลจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ผู้วิจัยเห็นความสำคัญ จึงเลือกใช้เหง้ามันสำปะหลัง เนื่องจากมีปริมาณที่มากและยังมีผู้นำมาใช้ประโยชน์น้อยมากและวัตถุดิบเหลือใช้อีกชนิดหนึ่งได้แก่กะลามะพร้าวซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ให้ความร้อนที่สูงและเป็นที่นิยม เพื่อเป็นการลดการพึ่งพาพลังงานที่ได้จากถ่านซึ่งทำจากไม้ตามธรรมชาติ

## 3. กระบวนการในการผลิตถ่านอัดแท่ง

กระบวนการในการผลิตถ่านอัดแท่งเริ่มตั้งแต่การผลิตถ่าน การบดย่อย การผสม การเป็นอัดแท่ง และการทำให้แห้ง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การผลิตถ่าน

ถ่าน คือ ไม้ที่ได้จากการเผาไหม้ภายในบริเวณที่มีอากาศอยู่เบาบาง หรือกระบวนการแยกสารอินทรีย์ภายในไม้ในสภาวะที่มีอากาศอยู่น้อยมาก เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการจะช่วยกำจัดน้ำ น้ำมันดิน และสารประกอบอื่นๆออกจากไม้ ซึ่งถ่านที่ได้หลังการผลิตจะมีปริมาณของคาร์บอนสูงและไม่มีความชื้นทำให้ปริมาณพลังงานในถ่านสูง โดยมีค่าเป็นสองเท่าของปริมาณพลังงานในไม้แห้ง สำหรับกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่านเรียกว่า “Carbonization” ซึ่งสามารถแยกกระบวนการดังกล่าวออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือ การเผาไหม้ (Combustion) เป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอนไนเซชั่น โดยให้ความร้อนกับวัสดุภายในเตาเผาถ่าน ในขั้นตอนที่ 2 จะเป็นปฏิกิริยาประเภทดูดความร้อน เพื่อไล่ความชื้นออกจากเนื้อวัสดุ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้อุณหภูมิจนถึง 270 องศาเซลเซียส ความชื้นจะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งหมดไปซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาทึบ ส่วนในขั้นตอนที่ 3 ของกระบวนการจะเป็นปฏิกิริยาประเภทคายความร้อนโดยเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 250 – 300 องศาเซลเซียส ในระหว่างปฏิกิริยาคายความร้อนจะเกิดก๊าซต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซค์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์ (CO2) นอกจากนี้ยังเกิดกรดอะซิติก เมทิลแอลกฮอล์ และสารพวกน้ำมันดิน ในขั้นตอนนี้องค์ประกอบที่ระเหยได้ที่ยังคงอยู่ในกระบวนการจะถูกขับออกไป ซึ่งจะทำให้ปริมาณคาร์บอนของถ่านเพิ่มขึ้นสำหรับในขั้นตอนที่ 4 เป็นการนำผลิตภัณฑ์ถ่านมาทำให้เย็น ซึ่งจะใช้เวลาหลายชั่วโมงขึ้นอยู่กับชนิดของเตาเผาที่ใช้ในการผลิต คุณภาพของถ่านที่ผู้ใช้ยอมรับได้ คือ ต้องมีปริมาณคาร์บอน 70 เปอร์เซ็นต์ สารระเหยได้ต้องน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ขี้เถ้าประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และความหนาแน่นประมาณ 0.25 – 0.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งถ่านจะมีคุณสมบัติเปราะปานกลาง (ธารินี มหายศนันท์. 2548: 11)

ได้ทดลองนำทะลายปาล์มอัดแท่งและกะลาปาล์มไปผ่านกระบวนการคาร์บอไซน์ โดยปรับเปลี่ยนอุณหภูมิระหว่าง 250 ถึง 400 องศาเซลเซียส และเวลาตั้งแต่ 30 ถึง 120 นาที จากการทดลองพบว่า ทั้งทะลายปาล์มอัดแท่งและกะลาปาล์มเมื่อคาร์บอไซน์ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จะให้ค่าความร้อนสูงสุดที่ 4,383 แคลอรี่/กรัม และ 6,798 แคลอรี่/กรัม ตามลำดับ (ธารินี มหายศนันท์. 2548: 9)

3.2 การบดย่อย

ลักษณะผงถ่านที่นำมาใช้ในการอัดแท่งจะต้องละเอียดพอที่จะนำไปขึ้นรูปได้ดี โดยขนาดของผงถ่านที่ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของถ่านและวิธีการทำผงถ่านให้เป็นแท่ง วิธีการบดย่อยสามารถทำได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องบด เครื่องสับและเครื่องปั่นวัสดุ หรือวิธีที่ง่ายที่สุดก็คือการบดด้วยมือโดยอาจใช้ครกและสากเป็นอุปกรณ์ซึ่งวิธีนี้ต้องการแรงงานมากและใช้เวลานาน ซึ่งจากการอัดขึ้นรูปผงถ่านหินขนาดต่างๆ พบว่าในปริมาณตัวประสานที่เท่ากันผงถ่านหินขนาดเล็กมีแนวโน้มในการขึ้นรูปได้ดีกว่าและสามารถรับน้ำหนักที่ทำให้ถ่านหินอัดแท่งแตกหักได้ดีกว่าผงถ่านหินขนาดใหญ่ (ธารินี มหายศนันท์ 2548: 11)

ภาพประกอบ 12 กระบวนการบด

3.3 การผสม

การผสมอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังจากในกระบวนการผลิต (Regrind) จำนวน 5 อัตราส่วน ประกอบไปด้วยอัตราส่วนของถ่านกะลามะพร้าวกับถ่านเหง้ามันสำปะหลังโดยมีอัตราส่วนผสมดังนี้ 9:1, 8:2, 5:5, 2:8,1:9 เป็นการผสมวัสดุที่ถูกปั่นย่อยแล้วกับสารที่จะช่วยประสานวัสดุให้ติดกันง่ายขึ้นลักษณะของตัวประสานที่ดีนั้น

นอกจากจะต้องมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคสูงแล้ว ที่อุณหภูมิใช้งานยังต้องเปียกและสามารถปกคลุมพื้นที่ผิวของถ่านได้ทั่วถึง ในการทำถ่านอัดแท่งจากลิกไนท์อบ พบว่าลิกไนท์เมื่อผ่านกรรมวิธีอบแล้วจะขาดคุณสมบัติในการจับตัวเมื่อได้รับแรงกด ดังนั้นจึงต้องมีตัวประสานช่วย ซึ่งในต่างประเทศใช้ Coal tars มาผสม สำหรับประเทศไทยได้ทดลองใช้ผลิตผลทางการเกษตรเป็นตัวประสาน พบว่ากากน้ำตาลและแป้งเปียกเป็นตัวประสานที่ดี ถ่านอัดแท่งที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวเชื่อมประสานนั้นมีค่าความร้อนสูงกว่า และมีปริมาณเถ้าต่ำกว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งเปียกเป็นตัวเชื่อมประสาน แต่ข้อเสียของการใช้กากน้ำตาลคือ ต้องใช้ปริมาณมากกว่าและเมื่อทิ้งไว้ในอากาศชื้นๆ จะดูดความชื้นจากในอากาศเข้าไปทำให้อ่อนตัวลง (ธารินี มหายศนันท์. 2548: 10) อย่างไรก็ตามยังมีวัสดุอีกมากมายสามารถนำมาใช้เป็นตัวประสานได้ซึ่งในแต่ละท้องถิ่นก็จะมีการใช้วัสดุที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการที่จะเลือกวัสดุใดเป็นตัวประสานนั้นก็ควรพิจารณาถึงคุณสมบัติดังต่อไปนี้ คือ ราคาถูก มีแรงยึดเกาะที่ดี ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นขณะเผาไหม้ และสามารถหาได้ง่ายสำหรับเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ไม่ได้ใช้ตัวเชื่อมประสานใดๆ เมื่ออัดเสร็จแล้วต้องนำไปใช้เลยเพราะมีความเปราะมาก ทำให้หักเป็นท่อนๆ และป่นกระจายได้ง่าย จึงไม่สามารถเก็บรักษาไว้นานๆ (ธารินี มหายศนันท์ 2548: 10)

ภาพประกอบ 13 การผสมถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังตามอัตราส่วนที่กำหนด

3.4 การอัดเป็นแท่ง ตามรูปทรงที่กำหนด

ขั้นตอนในการอัดส่วนผสมเป็นแท่งนี้เป็นขั้นตอนในการกำหนดรูปร่างและความแน่นของเนื้อถ่านอัดแท่ง โดยกำหนด รูปทรงถ่านอัดแท่งที่มีทั้งด้านกว้าง ด้านยาว และด้านลึก เป็นภาพที่มี ด้าน 3 ด้านหรือเรียกว่า 3 มิติเป็นส่วนที่แสดงความลึกและมีรายละเอียดต่างๆ ประกอบภาพอีกด้วย เพื่อให้ดูเหมือนจริงเป็นไปตามรูปทรงของถ่านอัดแท่งที่กำหนดไว้ โดยถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอกมี ครีบ 5 ครีบรอบด้าน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตรรูปทรงมีลักษณะรูกลวงระบายอากาศตลอด

แท่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลวงขนาด 1.5 เซนติเมตร ความยาว ขนาด 10 เซนติเมตร ทั้งนี้ ขนาดและรูปร่างนั้นจะขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการใช้งาน และความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งวิธีที่ง่ายที่สุดก็คือการใช้มือปั้นและอัดส่วนผสมให้เป็นแท่ง แม้ว่าแรงอัดด้วยวิธีนี้จะมีไม่มากนัก (ธารินี มหายศนันท์. 2548: 10) ได้ทำการศึกษาถึงความหนาแน่นของฟืนอัด พบว่า ฟืนอัดที่มีความหนาแน่นระหว่าง 0.35 – 0.45 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรซึ่งจะมีการติดไฟง่าย และไฟไม่มอดเมื่อเติมเชื้อเพลิง นั้นเหมาะในการอัดได้ด้วยวิธีการกระทุ้ง สำหรับฟืนอัดที่มีความหนาแน่นระหว่าง 0.50 – 0.55 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การติดไฟค่อนข้างยาก และไฟอาจมอดเมื่อเติมเชื้อเพลิง ส่วนฟืนอัดที่มีความหนาแน่นระหว่าง 0.60 – 0.70 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ติดไฟยาก และไฟมอดง่ายเมื่อเติมเชื้อเพลิง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นเหมาะสม จะช่วยให้เกิดการลุกไหม้ ให้ความร้อนได้นาน ส่วนเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นน้อยเกินไปจะทำให้เกิดการลุกไหม้และมอดเร็วไม่สะดวกต่อการใช้งาน เพราะต้องเติมเชื้อเพลิงบ่อยๆ แต่ข้อด้อยของเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นมากเกินไปจะทำให้การลุกไหม้เกิดไม่สะดวกและบางครั้งอาจทำให้เชื้อเพลิงดับอีกด้วย

ภาพประกอบ 14 การอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่กำหนด

3.5 การทำให้แห้ง

เนื่องจากเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ยังมีปริมาณความชื้นอยู่สูง จึงต้องนำไปตากให้แห้งเพื่อเป็นการลดความชื้นตามมาตรฐานให้ไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก และเพื่อทำให้เชื้อเพลิงแข็งตัวเกาะกันแน่น ซึ่งวิธีที่ง่ายและถูกที่สุด สำหรับการทำให้แห้งก็คือการนำไปผึ่งแดดจนกว่าถ่านจะแห้งสนิท (ธารินี มหายศนันท์. 2548: 11)

จากกระบวนการในการผลิตถ่านอัดแท่งดังกล่าว ผู้วิจัยเห็นว่าเป็นการผลิตที่เหมาะสมจึงได้นำกระบวนการทั้ง 5 ขั้นตอน มาเป็นกระบวนการผลิตถ่านอัดในครั้งนี้ โดยเริ่มจากนำกะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลังมาทำการเผาในถัง 200 ลิตร ให้เป็นถ่าน จากนั้นนำถ่านที่ได้ไปทำการบด แล้ว

ทำการผสมระหว่างถ่านจากกะลามะพร้าวและถ่านจากเหง้ามันสำปะหลังตามอัตราส่วนผสมที่กำหนด แล้วทำการอัดแท่งเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลวง 1.5 ซ.ม. ยาว 10 ซ.ม. มีครีบ 5 ครีบ รอบด้าน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซ.ม. จากนั้นนำไปตากแดดให้ค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนักถ่านอัดแท่ง

ภาพประกอบ 15 การทำให้แห้งโดยการนำแท่งถ่านไปตากแดด

## 4. สมรรถนะและมลภาวะของถ่านอัดแท่ง

4.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุนชน ถ่านอัดแท่ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547 ก: 1-3)

4.1.1 ขอบข่าย มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาเป็นแท่ง หรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

4.1.2 บทนิยาม ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังนี้

1) ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพดมาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงมาเผาเป็นถ่าน

2) ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก 1 กรัม มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

4.1.3 คุณลักษณะที่ต้องการ

1) ลักษณะทั่วไป ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

2) การใช้งานเมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

3) ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

4) ค่าความร้อน ต้องไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

4.1.4 การบรรจุ

1) หากมีการบรรจุ ให้บรรจุถ่านอัดแท่งในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง และสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านอัดแท่งได้

2) น้ำหนักสุทธิของถ่านอัดแท่งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

4.1.5 เครื่องหมายและฉลาก

1) ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุถ่านอัดแท่งทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์

(2) ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ

(3) น้ำหนักสุทธิ

(4) เดือน ปีที่ทำ

(5) ข้อแนะนำในการใช้

(6) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

4.1.6 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

1) รุ่นในที่นี้ หมายถึง ถ่านอัดแท่งที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

2) การชักตัวอย่างและการยอมรับให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

(1) การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวนไม่น้อยกว่า 3 กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.1.3.(1) ข้อ 4.1.4 และข้อ 4.1.5. จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

(2) การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการใช้งาน ความชื้น และค่าความร้อน ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 1) ในข้อ 4.1.6 แล้วจำนวนไม่น้อยกว่า 3 กิโลกรัม เมื่อตรวจแล้วตัวออย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.1.3(2) ถึงข้อ 4.1.3(4) จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

3) เกณฑ์ตัดสิน ตัวอย่างถ่านอัดแท่งต้องเป็นไปตามข้อ 1) ในข้อ 4.1.6(1) และข้อ 4.1.6(2) ทุกข้อจึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

4.1.7 การทดสอบ

1) การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายฉลากให้ตรวจพินิจ

2) การทดสอบการใช้งานให้ทดสอบโดยการจุดตัวอย่างถ่านอัดแท่ง และตรวจพินิจ

3) การทดสอบความชื้นให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173

4) การทดสอบค่าความร้อนให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 5865

5) การทดสอบน้ำหนักสุทธิให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

4.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547ข: 1-3)

4.2.1 เถ้า (ash) หมายถึง ร้อยละของปริมาณสารที่เหลือจากการเผาถ่านจนมีน้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสถึง 750 องศาเซลเซียส

4.2.2 สารระเหย (volatile matter) หมายถึง ร้อยละของปริมาณสารระเหยที่ได้จากการเผาถ่านที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 7 นาที

4.2.3 คุณลักษณะที่ต้องการ

1) ลักษณะทั่วไป ต้องมีสีดำสม่ำเสมอไม่มีเศษดินและไม้ที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ปนอยู่

2) ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

3) ค่าความร้อน ต้องไม่น้อยกว่า 6,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

4) เถ้า ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

5) สารระเหย ต้องไม่เกินร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

6) การใช้งาน เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น มีควันได้เล็กน้อย

4.3 มลภาวะ

แหล่งกำเนิดมลภาวะทางอากาศการเผาไหม้เชื้อเพลิงของกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ รถยนต์ การเผาขยะมูลฝอย การผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดก๊าซต่างๆ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ขี้เถ้า และออกไซด์

ของโลหะ เป็นต้น ในด้านการเกษตร เช่น การเผาพื้นที่ทำการเกษตร การฉีดพ่นสารเคมี ทำให้เกิดสารมลพิษจำพวก สารหนู สารตะกั่ว ควัน และขี้เถ้า ฟืนผ่านขบวนการเผาจะได้ถ่านที่มีสีดำลักษณะมีรูพรุนและมีน้ำหนักเบา (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2546) แต่เมื่อนำมาใช้จะก่อให้เกิดมลพิษคือ เกิดควัน กลิ่นฉุน แสบตา เกิดการแตกประทุ ให้ความร้อนไม่สม่ำเสมอและทำลายธรรมชาติทางอ้อมด้วย ปัจจุบันมีการวิจัยพัฒนาคุณภาพของถ่านให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ โดยการนำวัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตร เช่น ขี้เลื่อย เปลือกไม้ กะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลัง นำมาเผาให้เป็นผงถ่านหรือคาร์บอน แล้วผสมกับตัวประสาน นำไปอัดแท่ง อบให้แห้งจะได้ถ่านอัดแท่งหรือที่เรียกว่า ถ่านเขียว (ศูนย์วิจัยการผลิตถ่านป่าไม้เขตสระบุรี. 2546) ที่มีคุณสมบัติพิเศษคือ ไม่มีควัน ไม่มีกลิ่น ไม่แตกประทุ ขี้เถ้าน้อย ไม่เกิดการฟุ้งกระจาย ไม่ทำลายสุขภาพ ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอและทนทานกว่าการใช้ถ่านไม้ถึง 2.5 เท่า ซึ่งแตกต่างจากถ่านไม้โดยสิ้นเชิง(กิติพงษ์ ถือสัตย์. 2547: 48) สารตกค้างที่สารถูกปลดปล่อยออกมาในขณะเผาถ่านและหลังการเผาถ่านเช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ เกิดขึ้นได้หลายลักษณะ เช่น ภูเขาไฟระเบิด การหายใจของสิ่งมีชีวิตหรือการเผาไหม้ของสารประกอบอินทรีย์ ก๊าซนี้เป็นวัตถุดิบสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเพื่อใช้คาร์บอนและออกซิเจนในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต

จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงนี้ พืชจะปล่อยก๊าซออกซิเจนออมมาสู้บรรยากาศ ทำให้สัตว์ได้ใช้ออกซิเจนนี้ในการหายใจการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ของพืชนี้เป็นการลดก๊าซเรือนกระจกลงได้ เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซหนึ่งที่เป็นสาเหตุของปรากฏการ์ณเรือนกระจก คาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณคาร์บอนคงตัว คือปริมาณคาร์บอนที่เหลือจากการเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียสและซัลเฟอร์ แต่ค่าของมลภาวะที่กล่าวในขั้นต้นจะได้ผลที่ยอมรับได้จะต้องผ่านการไปยังห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์บริการเพื่อ ทำการทดลองหาผลกระทบที่ออกมา แล้วจึงสามารถออกใบรับประกันคุณภาพของถ่านอัดแท่งได้ว่าไม่มีมลภาวะต่อสุขภาพ แต่เนื่องจากถ่านอัดแท่งจากถ่านเหง้ามันสำปะหลังและกะลามะพร้าวเป็นเศษวัตถุดิบธรรมชาติ จึงไม่ส่งผลกระทบทางด้านสุขภาพของผู้ใช้ถ่านอัดแท่งจากถ่านเหง้ามันสำปะหลังและถ่านกะลามะพร้าวและได้ผ่านกระบวนการเผาทำให้ถ่านสุกแล้วมาทำการบดเป็นผงถ่านแล้วนำไปผสมเข้ากับตัวประสาน แล้วทำการอัดแท่ง แล้วนำไปตากแห้งจนแห้ง ถ่านอัดแท่งที่ได้ผ่านกระบวนการดังกล่าวจึงไม่มีสารตกค้างกับผู้ใช้ถ่านอัดแท่งปลอดภัยไม่มีสารตกค้างและไม่ทำลายสุขภาพ เพราะถ่านได้ถูกเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิเกิน 800 องศาและยังไม่มีสารก่อมะเร็ง ถ่านอัดแท่งได้ผ่านกระบวนการทำให้สุกแล้วจึงทำการอัดแท่ง (สามารถทดสอบกับถ่านทั่วไปได้โดยการนำไปต้มน้ำร้อนหากก้นหม้อเป็นเขม่าสีดำแสดงว่าถ่านที่ใช้ถูกเผามาไม่สุกและมีสารก่อมะเร็ง) (กิติพงษ์ ถือสัตย์. 2547: 24) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่ไวไฟ เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศจะเกิดเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และจะรวมตัวเป็นกรดซัลฟุริก อาจก่อให้เกิดอันตราย ต่อระบบ

ทางเดินหายใจ เช่น หลอดลมอักเสบเรื้อรัง เป็นต้น ส่วนฝุ่นละอองอาจก่อให้เกิดอาการระคายเคือง ยกเว้นฝุ่นละอองบางประเภท ที่มีพิษอยู่ในตัวของมันเอง เช่น ซิลิกา ฝุ่นละอองของโลหะหนักต่างๆ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยมากขึ้นอยู่กับฝุ่นละออง เนื่องจากทำให้เพิ่มความระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อในระบบหัวใจ (ดังแสดงในตาราง 5) นอกจากนั้น ฝุ่นละอองบางชนิดเป็นสารมีพิษ และบางชนิดทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์กลายเป็นกรดซัลฟุริกได้รวดเร็วยิ่งขึ้น เช่น ละอองไอของเฟอรัส แมงกานีส วานาเดียม เป็นต้น ซึ่งเป็นอันตรายต่อปอดอย่างรุนแรง ตลอดจนเพิ่มความต้านทานการเคลื่อนที่ของอากาศภายในทางเดินหายใจ

ตาราง 5 ผลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และควันหรือฝุ่นละอองต่อมนุษย์

| **ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ส่วนในล้านส่วน)** | **ควันหรือฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)** | **ผลที่เกิดขึ้น** | **เอกสารอ้างอิง** |
|---|---|---|---|
| 1500 (0.52) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) | เท่ากับหรือมากว่า 6 | เพิ่มอัตราตาย | MC Carroll and Bradley (1996) |
| เท่ากับหรือมากกว่า 715 (0.25) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่มโมง) | 750 | อาจเพิ่มอัตราตายต่อวัน | Lawther (1963) |
| 500 (0.19) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) | ต่ำ | อาจเพิ่มอัตราตาย | Brass และ คณะ (1966) |
| 300 - 500(0.11-0.19) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) | ต่ำ | เพิ่มอัตราป่วยเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลด้วยโรคทางเดินหายใจ เพิ่มอัตรากรขาดงาน | Brass และ คณะ (1966) |
| 715 (0.25) (เฉลี่ย 24 ชั่วโมง) | มี | อัตราการป่วยของผู้มีอายุเกิน 54 ปี เพิ่มขึ้นโดยฉับพลัน | Carnow และ คณะ (1968) |
| 600 (0.21) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) | 300 | ผู้ป่วยด้วยโรคปอดเรื้อรังอาจมีอาการรุนแรง | Lawther (1958) |

ตาราง 5 (ต่อ)

| ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ส่วนในล้านส่วน) | ควันหรือฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ) | ผลที่เกิดขึ้น | เอกสารอ้างอิง |
|---|---|---|---|
| 120 (0.046) (ค่าเฉลี่ย 1 ปี) | 100 | เป็นโรคทางเดินหายใจบ่อยครั้งขึ้นและอาการร้ายแรงขึ้น | Lunn และคณะ (1967) |
| 115 (0.040) (ค่าเฉลี่ย 1 ปี) | 160 | เพิ่มอัตราตายด้วยโรคหลอดลมอักเสบและมะเร็งปอด | Back and Wicken (1964) |
| ผลต่อการมองเห็น 286 (0.10) | ใกล้เคียงกับค่าของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และความชื้นร้อยละ 5 | การมองเห็นไกลลดลงประมาณ 5 ไมล์ | Bushtueva (1957&1960) |

ที่มา: USHEW, Division of Air Pollution, Washington. (1962).

ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ออกไซด์ของไนโตรเจนประกอบด้วย ไนตรัสออกไซด์ ($N_2O$) ไนตริกออกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจนไตรออกไซด์ ($N_2O_3$) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO2) ไดไนโตรเจนไดออกไซด์ ($N_2O_2$) ไดไนโตรเจนเตตราออกไซด์ ($N_2O_4$) และ ไดไนโตรเจนเพนต๊อกไซด์ ($N_2O_5$) ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงต่างๆ เช่น ก๊าซ ถ่านหิน ฟืน เป็นต้น อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของออกไซด์ของไนโตรเจนซับซ้อนมาก และขึ้นอยู่กับสารมลพิษอื่นๆ เช่น ไฮโดรคาร์บอน โอโซน สารประกอบซัลเฟอร์ เป็นต้น รวมทั้งสภาวะทางธรรมชาติ เช่น แสงอาทิตย์ ก็เป็นองค์ประกอบตัวหนึ่งเช่นกัน ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$)

ไนตริกออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสีและกลิ่น ซึ่งส่วนมากเมื่อทำปฏิกิริยาทางเคมีกับออกซิเจนในอากาศจะเปลี่ยนเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ และมีผลต่อมนุษย์ ดังแสดงในตาราง ซึ่งพบว่าค่าต่ำสุดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ป่วดโรคหืด คือ 190 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.1 ส่วนในล้านส่วน) ในระยะเวลา 1 ชั่วโมงต่อวันที่หายใจเอาก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เข้าไป อย่างไรก็ตาม จากการประชุมขององค์การอนามัยโลก พ.ศ. 2515 ที่กรุงโตเกียว ได้สรุปว่า ถึงแม้จะมีการทดลองกับผู้ป่วยโรคหืดและพบว่าก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่ระดับ 190 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรในระยะ 1 ชั่วโมง มีผล

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาการผลิตถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง มีรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
2. สถานที่ทำการทดลอง
3. ระยะเวลาในการทดลอง
4. การวางแผนการทดลอง
5. ขั้นตอนในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง
6. ขั้นตอนการหาสมรรถนะ
7. ต้นทุนการผลิต

## 1. วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วัสดุและเครื่องมือ ดังนี้

1.1 วัสดุ

1.1.1 กะลามะพร้าวแห้ง ได้จากร้านส่งกะเทาะมะพร้าว อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมาและร้านทำขนมหวาน หมู่บ้านโคกรักษ์ อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา

1.1.2 เหง้ามันสำปะหลังแห้ง ตัวแทนแปลงปลูกจากพื้นที่ อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา

1. คือส่วนปลายล่างสุดของลำต้นที่เหลือจากการตัดเพื่อเป็นท่อนพันธุ์
2. ลักษณะเป็นชิ้นๆ ขนาดยาวเฉลี่ย 10-20 เซนติเมตร
3. สีน้ำตาลเหมือนท่อนไม้ทั่วไป

1.1.3 แป้งมันสำปะหลัง

1.1.4 น้ำ

1.2 อุปกรณ์ในการทดลองที่ใช้แปรรูปวัตถุในการผลิตถ่านอัดแท่งประกอบด้วย

1.2.1 อุปกรณ์ชั่ง ตวง วัด ประกอบด้วย กระบอกตวง ไม้บรรทัด เครื่องชั่ง ตะแกรง

1.2.2 ภาชนะผสมและภาชนะที่สามารถใส่น้ำต้มได้ เช่น หม้อต้มน้ำ

1.2.3 เตาถ่าน

1.2.4 ถัง 200 ลิตร มีฝาปิด เป็นเตาที่หาได้ง่าย สะดวกให้การใช้งานแล้วจัดเก็บได้ง่าย มีราคาถูกเหมาะสมกับผู้มีต้นทุนต่ำในการจัดสร้างเตาแบบ ถัง 200 ลิตร

1.2.5 เครื่องบดแบบแฮมเมอร์ (Hammer Mill) มอเตอร์ 5 แรงม้า ความเร็วรอบ 1450 รอบ/นาที ไฟฟ้า 220/380 โวลต์ 3 เฟส กระแส 13.0/7.8 แอมป์ กำลังผลิต 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง

1.2.6 ผสมด้วยมือ (Mixer) ภาชนะผสมเป็นถังวัสดุให้เข้ากับโดยใช้มือผสม

1.2.7 เครื่องอัดใช้การอัดเกลียวหรืออัดสกรู (Screw Extrusion) เพราะมีความสะดวกหลายประการและเป็นที่นิยมในระดับอุตสาหกรรม ทำงานด้วยมอเตอร์ 7.5 แรงม้า ความเร็วรอบ 5.3: 1 กำลังผลิต 300 กิโลกรัม/ชั่วโมง เกลียวที่หมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าบีบเข้าไปยังกระบอกอัดซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และถูกดันออกมาทางที่รองรับไว้ที่ปลายกระบอกอัดอีกข้างหนึ่ง

## 2. สถานที่ทำการทดลอง

ศูนย์บริการวิชาการที่ 1 จังหวัดปทุมธานี สำนักถ่ายทอด และเผยแพร่เทคโนโลยี กรมพัฒนา พลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

ศูนย์ฝึกอบรมปฏิบัติการด้าน การจัดการพลังงานศูนย์ทดลองวิชาการพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงานจังหวัดปทุมธานี กรมพัฒนา พลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

## 3. ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มการทดลองตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2552 สิ้นสุดการทดลองในเดือน ธันวาคม 2552

## 4. การวางแผนการทดลอง

ตาราง 12 การวางแผนการทดลอง

| ขั้นตอน | ระยะเวลา |
|---|---|
| 1. เตรียมอุปกรณ์เครื่องมือและสถานที่ในการทดลอง | ใช้เวลา 7 วัน |
| 2. นำกะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลังที่ผ่านการคัดเลือกเศษวัสดุที่ไม่จำเป็นเป็นออกแล้ว นำไปตากแห้ง | ใช้เวลา 2-5 วัน ขึ้นอยู่ที่สภาพอากาศ |
| 3. นำกะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลังที่แห้งแล้วไปเผาและปล่อยให้เย็น | ใช้เวลา 2 วัน |
| 4. นำส่วนผสมทั้ง 2 ไปบดด้วยเครื่องบด | ใช้เวลาในการบด 200 กิโลกรัม ต่อเวลา 1 ชั่วโมง |
| 5.ทำการติดเตาแล้วตั้งน้ำให้ร้อนจากนั้นใส่แป้งมันลงไปในหม้อที่ตั้งน้ำไว้ตามสัดส่วนที่กำหนดไว้กวนจนเป็นกาวแป้งเปื่อย | ใช้เวลาในการต้มกาว 15 นาที ต่อ 1 หม้อ เบอร์หม้อหม้อเบอร์ 24 |
| 6. นำส่วนผสมทั้ง 2 ไปผสมกับแป้งและน้ำด้วยมือผสมให้เข้ากัน | ใช้เวลาในการผสม 5 นาที่ ต่ออัตราส่วนผสม 10 กิโลกรัม/ตัวประสาน 0.5 กิโลกรัม |
| 7. นำส่วนผสมที่ผสมแล้วเข้าเครื่องอัดแท่ง | ใช้เวลาในการอัดแท่ง 50 แท่ง/ชั่วโมง |
| 8. นำถ่านที่อัดแท่งแล้วไปตากแดดให้แห้งสนิท มีความชื้นไม่เกิน 8 % | ใช้เวลาจนกว่าจะแห้งขึ้นอยู่ที่สภาพอากาศ |
| 9. นำถ่านที่ได้ไปทดลองหาคุณสมถรรนะและมลภาวะ(วัดจากการส่งผลไปยังห้องปฏิบัติการ) | ใช้เวลา 2.5 เดือน |
| 10. นำถ่านที่ผ่านการทดลองแล้วได้มาตรฐานบรรจุใส่ถุงเพื่อจำหน่าย | ใช้เวลาในการบรรจุขึ้นอยู่กับปริมาณของถ่านอัดแท่ง |

วางแผนการทดลองแบบ โดยประกอบด้วยปัจจัย คือ

1. แหล่งที่มาของเหง้ามันสำปะหลัง คือ เหง้ามันสำปะหลังตัวแทนจากแปลงปลูกจากพื้นที่ อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา

2. แหล่งที่มาของกะลามะพร้าว ที่แตกต่างกัน 2 แหล่ง คือ โรงงานกะเทาะมะพร้าว อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมาและร้านทำขนมหวาน หมู่บ้านโคกรักษ์ อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา

3. อัตราส่วนตัวประสาน โดยใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำ โดยการเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมดังนี้ ถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังผสมกัน 10 กิโลกรัม ตามอัตราส่วนผสม แป้งมัน 0.5 กิโลกรัม น้ำ 3 ลิตร ตามความเหมาะสม กับความชื้นของถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

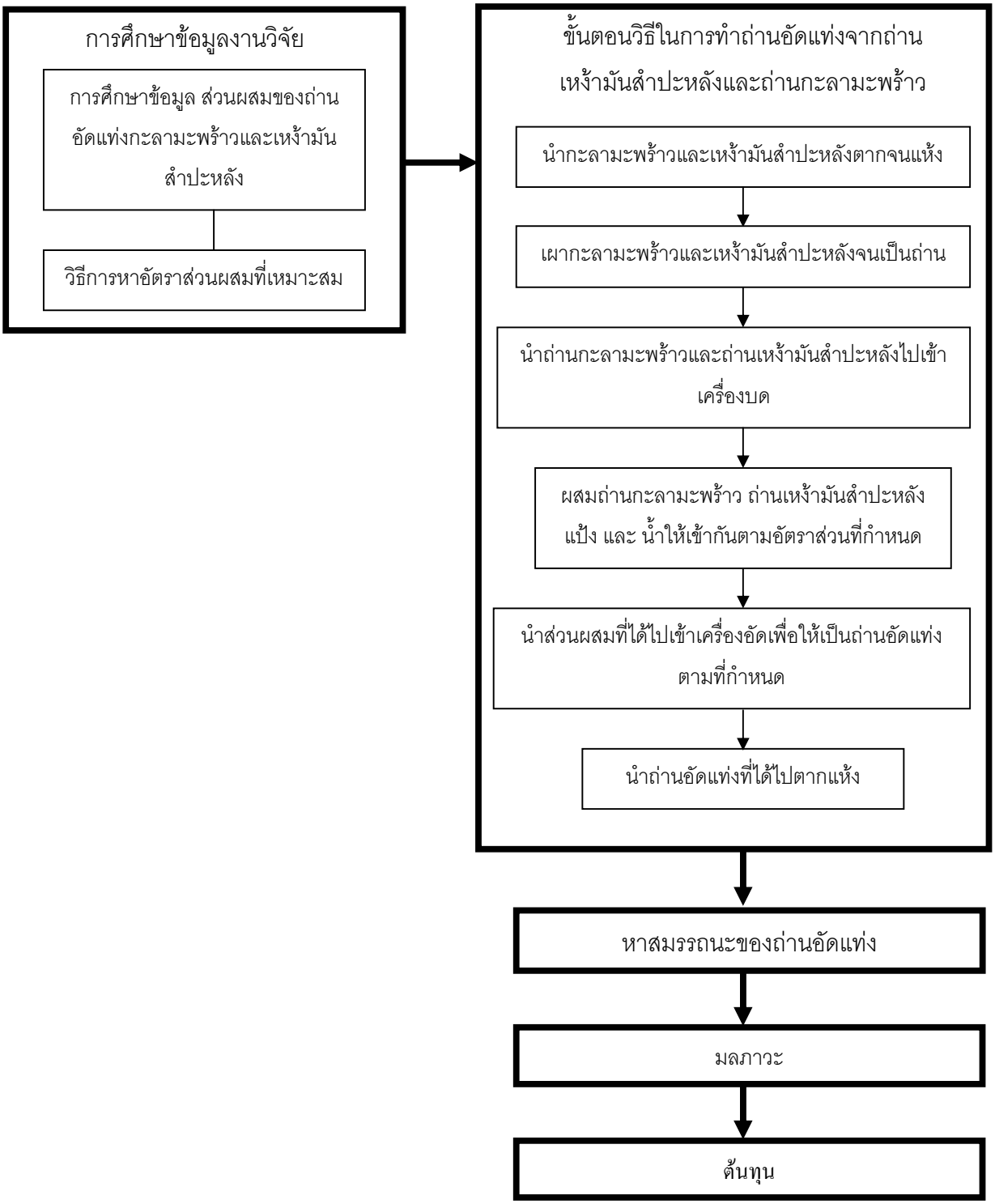
4. ขนาดความละเอียดของผงถ่าน นำถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังบดด้วยเครื่องบดแบบ Hammer โดยแบ่งระดับความละเอียดของถ่านตามขนาดตะแกรงออกเป็นถ่านที่ผ่านตะแกรงขนาด 5 มิลลิเมตร

## 5. ขั้นตอนในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

ตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลงานวิจัย

ตอนที่ 2 กรรมวิธีในการทำถ่านอัดแท่งจากถ่านเหง้ามันสำปะหลังและถ่านกะลามะพร้าว

ตอนที่ 3 การหาสมรรถนะของถ่านอัดแท่ง




ภาพประกอบ 21 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

ตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลงานวิจัย

1. การศึกษาข้อมูล ส่วนผสมของถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลัง

1.1 กะลามะพร้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่นิยมนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากเมื่อนำไปใช้หรืออัดแท่งแล้ว จะมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี เกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็ว และให้ความร้อนสูง เนื่องจากมีความพรุนสูงกว่าถ่านประเภทอื่นๆ และยังมีคุณสมบัติ ดูดซับกลิ่นต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี สามารถนำมาทำหน้ากากป้องกันก๊าซพิษ เครื่องดูดความชื้น กลิ่นอับต่างๆ รวมถึงลักษณะที่แกร่งเป็นมัน เมื่อนำมากระตุ้นจะได้ถ่านกัมมันต์ ที่มีความแกร่งสูงกว่า ถ่านกัมมันต์ที่ทำจากวัสดุอื่น (ลือพงษ์ ลือนาม; และ สมศักดิ์ คูหาสวรรค์. 2551: 3)

1.2 เหง้ามันสำปะหลัง จากรายงานของสมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (2546) พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่การเพาะปลูกมันสำปะหลัง 6.9 ล้านไร่ ซึ่งมีผลผลิตรวม 18.90 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 2,751 กิโลกรัมต่อ1ไร ซึ่งในการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังสดนั้นพบว่ามีส่วนของลำต้นที่ติดกับส่วนของหัวมันสดหรือที่เรียกว่า เหง้ามันสำปะหลัง เป็นส่วนที่แข็งของต้นมันสำปะหลัง ทำให้เกษตรต้องตัดทิ้งเป็นจำนวนมาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2543) รายงานว่า จ.นครราชศรีมา ซึ่งเป็นจังหวัดที่ปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดในประเทศไทยขณะนี้มีเศษเหลือจากการเก็บเกี่ยวประเภทมันสำปะหลังอยู่ถึง 2.30 ล้านตันต่อปี เนื่องจากเหง้ามันสำปะหลังดังกล่าวไม่สามารถใช้เป็นวัสดุในการผลิตผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังได้ โดยปกติเกษตรจะตัดทิ้งไว้ในไร่และเผาทิ้ง แต่บางส่วนตัดไม่หมดคงปล่อยให้ติดมากับหัวมันสดทำให้เป็นภาระกับโรงงานผลิตแป้งที่ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการตัดออก แม้แต่ผู้ประกอบการผลิตมันสำปะหลังเมื่อรับหัวมันสดที่ติดเหง้ามันมาจะทำให้ได้ผลผลิตมันเส้นที่ไม่มีคุณภาพมีเหง้าแห้งติดอยู่ ขายได้ราคาต่ำและไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ปัจจุบันจึงมีการรณรงค์ให้เกษตรตัดส่วนของเหง้ามันสำปะหลังออกก่อนนำไปขายให้กับโรงงานมันเส้นหรือโรงงานมันสำปะหลัง (จุฑามาศ บุษราคัมวดี. 2547: 1-2)

2. วิธีการหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม

2.1 โดยการนำถ่านกะลามะพร้าวที่ได้จากการบดกะลามะพร้าวที่เป็นถ่านแล้วมาผสมกับถ่านเหง้ามันสำปะหลังที่ได้จากการบดเหง้ามันสำปะหลังที่เป็นถ่านแล้วมาทำการผสมเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมดังนี้ (ถ่านกะลามะพร้าว: ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง) มีอัตราส่วนดังนี้

1. (ถ่านกะลามะพร้าว: ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง) เป็น 9 ต่อ 1
2. (ถ่านกะลามะพร้าว: ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง) เป็น 8 ต่อ 2
3. (ถ่านกะลามะพร้าว: ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง) เป็น 5 ต่อ 5

4. (ถ่านกะลามะพร้าว: ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง) เป็น 2 ต่อ 8

5. (ถ่านกะลามะพร้าว: ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง) เป็น 1 ต่อ 9

2.2 อัตราส่วนตัวประสาน โดยใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำ โดยการเลือกอัตราส่วน ผสมที่เหมาะสมดังนี้ ถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังผสมกัน 10 กิโลกรัม ตามอัตราส่วนผสมแป้งมัน 1 กิโลกรัม น้ำ 0.5-0.8 ลิตร ตามความเหมาะสม กับความชื้นของถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง (บุญมา ป้านประดิษฐ์ และคณะ. ม.ป.ป.)

ตอนที่ 2 กรรมวิธีในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

1. นำกะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลังไปตากแดดจนแห้ง

2. นำกะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลังแห้งจากทั้ง 2 แหล่งมาเผาจนเป็นถ่าน ในถังน้ำมัน 200 ลิตร ในแนวตั้ง การวิจัยครั้งนี้เลือกใช้เตาเผาแบบถังน้ำมัน (Drum Kiln) เนื่องจากเป็นแบบที่เหมาะสมกับการเผาต่อครั้งที่มีปริมาณน้อยและใช้เทคโนโลยีอย่างง่าย เป็นวิธีการที่ผลดีและมีราคาถูก หาได้ง่าย หลังจากที่ถ่านสุกแล้วก็จะปล่อยให้ถ่านเย็นตัวลงแล้วจึงนำออกจากถังไป

3. นำถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังไปเข้าเครื่องบดให้ละเอียด โดยใช้เครื่องบดแบบแฮมเมอร์ ความละเอียดกำหนดไว้ที่ 5 มิลลิเมตร

4. นำผงถ่านกะลามะพร้าว ผงถ่านเหง้ามันสำปะหลัง แป้ง และ น้ำมาผสมให้เข้ากันให้เป็นเนื้อเดียวกัน ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม

5. นำส่วนผสมที่ได้ผสมไว้เรียบร้อยแล้วไปเข้าเครื่องอัดในการอัดขึ้นรูปตามแบบที่กำหนด นำถ่านอัดแท่งที่ได้จากการอัดไปตากแดดให้แห้งสนิทบนพื้นคอนกรีต ประมาณ 7 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ) และวัดความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 8

ตอนที่ 3 การหาสมรรถนะของถ่านอัดแท่งและมลภาวะ

1. วิเคราะห์สมบัติทางด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM ดังนี้

1.1 การหาค่าความร้อน (Heating Value) ASTM D 5865

1.1.1 เครื่องมือ

- Oxygen Bomb Calorimeter
- บีกเกอร์
- บิวเรต

1.1.2 สารเคมี

- Methyl Orange Indicator
- สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.0709 N

1.1.3 วิธีการทดลอง

1.1.3.1 ตัดลวด (Fuse Wire) ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ผูกที่ปลายทั้งสองของแท่งเหล็กด้านล่างของฝาบอมบ์

1.1.3.2 ใส่ถ่านอัดแท่งที่ได้จากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังประมาณ 1 กรัม ลงไปในถ้วย

1.1.3.3 วางถ้วยบนช่วงปลายเหล็กด้านฝาบอมบ์ จัดลวดให้สัมผัสตัวอย่าง เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ลงไปในตัวบอมบ์

1.1.3.4 ประกอบฝาบอมบ์กับตัวบอมบ์ นำไปอัดออกซิเจนให้ได้ความดันประมาณ 30 บรรยากาศ นำไปวางในถังบรรจุบอมบ์

1.1.3.5 ใส่น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 24 องศาเซลเซียส ปริมาณ 2 ลิตร ลงในถัง (Bucker) เสียบสายไฟที่ใช้ในการจุดระเบิด 2 เส้น เข้ากับตัวบอมบ์ แล้วปิดฝาเครื่อง

1.1.3.6 เปิดสวิตช์ อ่านอุณหภูมิของน้ำในถังบรรจุบอมบ์ (Bucket) กับน้ำที่อยู่ในตัวหุ้ม (Jacket) เมื่ออุณหภูมิทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน กดปุ่มจุดระเบิด บันทึกค่าอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนกระทั่งคงที่ จึงยุติการทดลอง

1.1.3.7 นำตัวบอมบ์ออก ปล่อยก๊าซออกจากตัวบอมบ์อย่างช้าๆ

1.1.3.8 ล้างฝา ตัวบอมบ์และถ้วยที่บรรจุถ่านอัดแท่งที่ได้จากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังด้วยน้ำกลั่น

1.1.3.9 วัดความยาวลวดที่เหลือ แล้วป้อนค่าเข้าสู่เครื่อง เครื่องจะทำการคำนวณแล้วพิมพ์ค่าความร้อนของตัวอย่างออกมาทางเครื่องพิมพ์

1.2 การหาปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Matter), ASTM D 3175

1.2.1 เครื่องมือ

- เตาอบ (moisture over)
- ถ้วย (crucible)
- โถดูดความชื้น (desiccators)

1.2.2 วิธีการทดลอง

- เผา crucible พร้อมฝาที่ อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียสประมาณ 30 นาที แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ใน โถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก ($W_5$)
- ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ลงไปใน crucible แล้วปิดฝา
- นำใส่ลงในเตาเผา 7-10 นาที แล้วปล่อยไว้ในเตา 7 นาที
- นำออกจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น (Desiccators) 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ($W_6$)

1.2.3 สูตรการคำนวณ

$V = (W_5 – W_6) / W * 100 – M$

V = ร้อยละของปริมาณสารระเหย

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

$W_5$ = น้ำหนักของ Crucible พร้อมฝา และตัวอย่างก่อนเผา

$W_6$ = น้ำหนักของ Crucible พร้อมฝา และตัวอย่างหลังเผา

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

1.3 การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon), ASTM D 3172

สูตรการคำนวณ

ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - (ร้อยละของปริมาณความชื้น)
- (ร้อยละของปริมาณสารระเหย)
- (ร้อยละของปริมาณเถ้า)

1.4 การหาปริมาณเถ้า (Ash), ASTM D 3174

1.4.1 เครื่องมือ

- เตาอบ (Moisture Oven)
- ถ้วย (Crucible)
- โถดูดความชื้น (Desiccators)

1.4.2 วิธีการทดลอง

- นำถ้วย (Crucible) ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซ็นเซียน แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก

- ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก ($W_3$)

- นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ประมาณ 4 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก ($W_4$)

1.4.3 สูตรการคำนวณ

$M = (W_3 - W_4) / W * 100$

M = ร้อยละของปริมาณเถ้า

$W_3$ = น้ำหนักถ้วยและเถ้าของตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

$W_4$ = น้ำหนักถ้วย (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

1.5 การหาปริมาณความชื้น (Moisture), ASTM D 3173

1.5.1 เครื่องมือ

- เตาอบ (Moisture Over)
- ถ้วย (Crucible)
- โถดูดความชื้น (Desiccators)

1.5.2 วิธีการทดลอง

- นำถ้วย (Crucible) ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก

- ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก ($W_1$)

- นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก ($W_2$)

1.5.3 สูตรการคำนวณ

$M = (W_1 - W_2) / W * 100$

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

$W_1$ = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

$W_2$ = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

**6. ขั้นตอนการหาสมรรถนะมี 3 ขั้นตอน**

ขั้นตอนที่ 1 ส่งตัวอย่างของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าว 100 % ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 100% และแป้งมันสำปะหลัง 100% ไปทำการวิเคราะห์หาสมรรถนะ โดยห้องปฏิบัติการ ศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต แล้วนำมาคำนวณตามอัตราส่วนผสมที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมินในการเลือกถ่านอัดแท่งโดย ตั้งเกณฑ์ในการเลือกถ่านอัดแท่ง ซึ่งได้จากผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการประกอบกับการสังเกตจากสีไฟของถ่านอัดแท่ง ดูจากเปลวไฟ ดูจากปริมาณเถ้าถ่าน แล้วทำ การเลือกถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าว เหง้ามันสำปะหลังที่มีสมรรถนะที่ยอมรับได้ตามที่กำหนดไว้โดยผู้เชี่ยวชาญเลือกจากแบบประเมินดังต่อไปนี้

แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็นทั้งหมด 3 ตอน ได้แก่

**ตอนที่ 1** ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถาม จำนวน 5 ข้อ

**ตอนที่ 2** ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินสมรรถนะของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 2.1 ด้านคุณลักษณะของถ่านอัดแท่ง มีทั้งหมด 7 ข้อ

ตอนที่ 2.2 ด้านสมรรถนะของถ่านอัดแท่ง มีทั้งหมด 9 ข้อ

**ตอนที่ 3** ด้านสังคมของชุมชนในการใช้ถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง มีทั้งหมด 4 ข้อ

**วัตถุประสงค์ของการประเมิน**

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับสมรรถนะของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

ผลจากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับสมรรถนะของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังโดยประเมิน จาก **คุณลักษณะของถ่านอัดแท่ง** มีทั้งหมด 7 ข้อ ด้านสมรรถนะของถ่านอัดแท่ง มีทั้งหมด 9 ข้อ ผลการทดลองจาก และ **ด้านสังคมของชุมชนในการใช้ถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง** มีทั้งหมด 4 ข้อ

ประเมินระดับความคิดเห็น 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่านหลังจากได้ตรวจสอบและดูผลการทดสอบ โดยมีค่าระดับคะแนนที่กำหนดไว้ดังนี้

ระดับความคิดเห็นของแบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่

| | | |
|---|---|---|
| 5 | หมายถึง | ผลการประเมินในระดับดีมาก |
| 4 | หมายถึง | ผลการประเมินในระดับดี |
| 3 | หมายถึง | ผลการประเมินในระดับพอใช้ |
| 2 | หมายถึง | ผลการประเมินในระดับควรปรับปรุง |
| 1 | หมายถึง | ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้ |

ผลจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประเมินด้านคุณลักษณะของถ่านอัดแท่ง ด้านสมรรถนะของถ่านอัดแท่งและ ด้านสังคมของชุมชนในการใช้ถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยประเมินจากรูปทรงการใช้งานทุกอัตราส่วนผสมมีรูปทรงชนิดเดียวกันทั้งหมดและกระบวนการผลิตเดียวกันแต่ต่างกันที่อัตราส่วนผสมเท่านั้น ทางด้านคุณลักษณะของถ่านอัดแท่ง ผลจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จะประเมินจากแบบประเมินในส่วนของ ภาคผนวก จ ประกอบกับภาคผนวก ก จากนั้นจะประเมินโดยการสังเกตจากตัวถ่านอัดแท่งแต่ละอัตราส่วนผสม และเอกสารประกอบการประเมิน โดยประเมินจากสมรรถนะ ดังต่อไปนี้

ผลจากการทดลองการจุดติดจนกายเป็นเถ้าอัตราส่วนผสมถ่านกะลามะพร้าว 9 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 1 ส่วน ให้ความร้อนระยะเวลานานที่สุด 212 นาที

ผลจากการทดลองการจุดติดจนกายเป็นเถ้าอัตราส่วนผสมถ่านกะลามะพร้าว 8 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 2 ส่วน ให้ความร้อนระยะเวลา 206 นาที่

ผลจากการทดลองการจุดติดจนกายเป็นเถ้าอัตราส่วนผสมถ่านกะลามะพร้าว 5 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 5 ส่วน ให้ความร้อนระยะเวลา 190 นาที่

ผลจากการทดลองการจุดติดจนกายเป็นเถ้าอัตราส่วนผสมถ่านกะลามะพร้าว 2 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 8 ส่วน ให้ความร้อนระยะเวลา 170 นาที

ผลจากการทดลองการจุดติดจนกายเป็นเถ้าอัตราส่วนผสมถ่านกะลามะพร้าว 1 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 9 ส่วน ให้ความร้อนระยะเวลา 161 นาที

โดยกำหนดให้ใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำเป็นตัวประสานคงที่ทุกอัตราส่วนผสม ทดลองจากเตาประหยัดพลังงานชนิดเดียวกัน ทั้ง 5 ตัวอย่างที่กำหนด โดยประเมินผลจากการทดลองประกอบกับผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต และประเมินทางด้านสังคมของชุมชนในการใช้ถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

ผลจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านประเมินให้อัตราส่วนผสมถ่านกะลามะพร้าว 9 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 1 ส่วน ให้ความร้อนระยะเวลานานที่สุด 212 นาที มีสมรรถนะที่ดีสุดโดยให้ค่าความร้อน 6,588.09 กิโลแคลรี่/กิโลกรัม ประเมินจากผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ขั้นตอนที่ 3 ทดลองโดยห้องปฏิบัติการเพื่อหามลภาวะที่ออกมาจากถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวและถ่านถัดแท่งเหง้ามันสำปะหลัง

## 7. **ต้นทุนการผลิต**

7.1 ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (Cost of Production)

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านอัดแท่ง คือ การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตถ่านอัดแท่ง แม้จะมีการลงทุนสูงแต่การอัดเย็นจะมีต้นทุนเครื่องจักรต่ำกว่าการอัดแบบร้อนมาก แต่การอัดแบบเย็นจะมีเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิตที่มากกว่า ได้แก่ เครื่องบดถ่าน ถังผสมวัสดุ เครื่องอัดแท่ง ถัง 200 ลิตร ในครั้งแรกต้นทุนสูง ในการคิดจุดคุ้มทุนของการผลิตถ่านอัดแท่งจะทำการเปรียบเทียบระหว่างรายได้และกำไรที่ได้รับต่อ 5 ปีในการผลิตถ่านอัดแท่ง โดยพิจารณาจากสมรรถนะและต้นทุนการผลิตต่อหน่วย ดังภาพประกอบที่ 26 แสดงให้เห็นว่าสมรรถนะที่ได้ตามมาตรฐาน (มผช.) และมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยที่ราคาถูกลงอีกทั้งยังนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้ประโยชน์ในอัตราส่วนที่สูงมากขึ้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้กำหนดระยะเวลาในการวิเคราะห์ระยะเวลาที่สามารถใช้เครื่องจักร เท่ากับ 5 ปีหรือ 1, 300 วัน

1. ต้นทุนในการผลิตถ่านอัดแท่ง ได้แก่
   - เครื่องบด
   - ถังผสมวัสดุ
   - เครื่องอัดแท่ง

อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ผลิตถ่านพร้อมกับค่าใช้จ่ายอื่นๆ ดังนี้

- ถัง 200 ลิตร มีฝาปิด – กะละมะพร้าว - เหง้ามันสะปะหลัง - แป้งมันสำปะหลัง - แรงงาน - ค่าไฟ - ค่าน้ำ - ถังผสมวัสดุ

**ระยะคืนทุน** (Payback Period) ได้แก่ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าลงทุนของโครงการ โดยจะพิจารณาจำนวนปีที่จะได้รับผลตอบแทนคุ้มกับเงินลงทุน

กรณีกระแสเงินสดเข้าสุทธิเท่ากันทุกปี สามารถคำนวณได้ดังนี้

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

**มูลค่าปัจจุบันสุทธิ** (Net Present Value **หรือ** NPV) คือ มูลค่าปัจจุบันของกระแสตอบแทนสุทธิหรือกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งคำนวณได้ด้วยการทำส่วนลดกระแสผลตอบแทนสุทธิตลอดชั่วอายุของโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน หรืออาจคำนวณหาจากความแตกต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนรวม และมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุนรวม สามารถคำนวณได้ดังนี้

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ = ผลต่างของมูลค่ากระแสผลตอบแทนรวมกับต้นทุนรวม

$$= \sum_{t=1}^{n} \frac{Bt - Ct}{(1 - r)^t}$$

โดยที่ $B_t$ = ผลตอบแทนในปีที่ t

$C_t$ = ต้นทุนในปีที่ t

r = อัตราส่วนลดที่เหมาะสม

n = จำนวนปีทั้งสิ้นของโครงการ

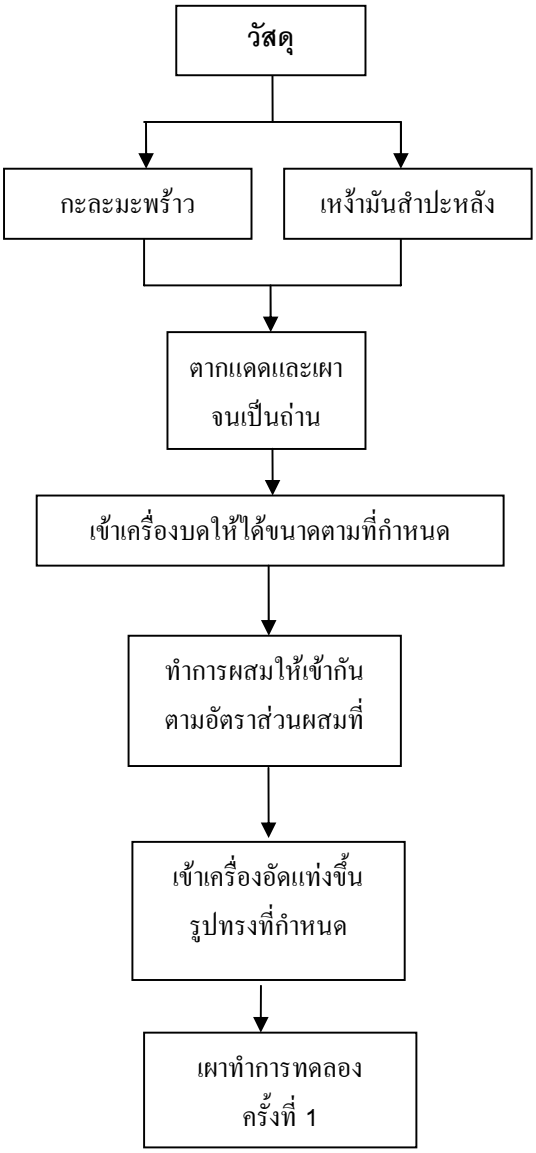
ภาพประกอบ 22 สูตรคำนวณมูลค่าปัจจุบันของกระแสตอบแทนสุทธิ

**เกณฑ์ในการตัดสินใจ**

ก. ในกรณีที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่า 0 หมายความว่า มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย แสดงว่า โครงการนั้นให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุน

ข. ในกรณีที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 หมายความว่า มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับน้อยกว่าหรือเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย แสดงว่า โครงการนั้นให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ควรนำเงินที่จะลงทุนไปฝากธนาคารเพื่อรับดอกเบี้ยหรือนำเงินไปลงทุนในโครงการอื่นที่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากว่า (กิติพงษ์ ถือสัตย์. 2547: 4-5)

**ขั้นตอนในการทดลอง**




ภาพประกอบ 23 ขั้นตอนในการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองตามอัตราส่วนผสมดังต่อไปนี้โดยกำหนดให้ใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำคงที่ทุกอัตราส่วนผสม

อัตราส่วนผสมที่ 1 รูปทรงกระบอกมีครีบ 5 ครีบรอบด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. มีลักษณะรูกลวงระบาย อากาศตลอดแท่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลวง 1.5 ซม.ยาว 10 ซม.จำนวน 2 แท่ง โดยมีอันตราส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าว ต่อ ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง เป็น 9 ต่อ1

อัตราส่วนผสมที่ 2 รูปทรงกระบอกมีครีบ 5 ครีบรอบด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. มีลักษณะรูกลวงระบาย อากาศตลอดแท่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลวง 1.5 ซม.ยาว 10 ซม.จำนวน 2 แท่ง โดยมีอันตราส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าว ต่อ ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง เป็น 8 ต่อ 2

อัตราส่วนผสมที่ 3 รูปทรงกระบอกมีครีบ 5 ครีบรอบด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. มีลักษณะรูกลวงระบาย อากาศตลอดแท่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลวง 1.5 ซม.ยาว 10 ซม.จำนวน 2 แท่ง โดยมีอันตราส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าว ต่อ ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง เป็น 5 ต่อ 5

อัตราส่วนผสมที่ 4 รูปทรงกระบอกมีครีบ 5 ครีบรอบด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. มีลักษณะรูกลวงระบาย อากาศตลอดแท่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลวง 1.5 ซม. ยาว 10 ซม.จำนวน 2 แท่ง โดยมีอันตราส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าว ต่อ ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง เป็น 2 ต่อ 8

อัตราส่วนผสมที่ 5 รูปทรงกระบอกมีครีบ 5 ครีบรอบด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. มีลักษณะรูกลวงระบาย อากาศตลอดแท่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลวง 1.5 ซม.ยาว 10 ซม.จำนวน 2 แท่ง โดยมีอันตราส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าว ต่อ ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง เป็น 1 ต่อ 9

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทดสอบคุณสมบัติของวัตถุดิบและทดลองทำการผลิตตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังตามกระบวนการและอัตราส่วนที่กำหนดไว้ และนำตัวอย่างถ่านอัดแท่งไปทำการทดสอบเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะด้านความร้อนและคุณลักษณะอื่นๆ ในห้องปฏิบัติการ โดยผลการวิเคราะห์ได้นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความคิดเห็นในด้านสมรรถนะทางความร้อน ความเหมาะสมทางกายภาพ และผลกระทบด้านมลภาวะในการนำไปใช้งาน ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงเพื่อการผลิต การศึกษาวิจัยได้นำไปสู่การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยกระบวนการศึกษาวิจัยแบ่งเป็น 6 ขั้นตอน คือ

ตอนที่ 1การวิเคราะห์สมรรถนะทางความร้อนของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตถ่านอัดแท่ง

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์และประเมินค่าความร้อนที่ได้จาก ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลัง

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ผลกระทบด้านมลภาวะในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง

ตอนที่ 4 การประเมินความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (Cost of Production)

ตอนที่ 6 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Benefit)

## ตอนที่ 1 การวิเคราะห์สมรรถนะทางความร้อนของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตถ่านอัดแท่ง

การวิเคราะห์คุณลักษณะด้านสมรรถนะของถ่านอัดแท่ง แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลัง ทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการ ศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

1. การเตรียมการทดสอบแบ่งออกได้ ดังต่อไปนี้

การเตรียมวัตถุดิบ ที่จะใช้ในการทดสอบได้แก่ ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ลักษณะรูปทรง และขนาดของถ่านอัดแท่ง มีรูกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางรูกลวง 1.5 เซนติเมตร ความยาว 10 เซนติเมตร และถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอกมีครีบ 5 ครีบรอบด้าน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร เครื่องมือที่ใช้ในทดสอบโดยนำถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลังไปทำการทดสอบโดยเพื่อหาสมรรถนะ โดยการทดสอบการหาค่าความร้อน โดยใช้เครื่องมือวัด Oxygen Bomb Calorimeter การหาปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Matter) การหาปริมาณ

คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) การหาปริมาณเถ้า (Ash) การหาปริมาณความชื้น (Moisture) และระยะเวลาการมอดดับ ผลการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุนชน ถ่านอัดแท่ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547 ก: 1-3) และทำการทดสอบด้านมลภาวะ จากห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์บริการ

2. ขั้นตอนการทดสอบ

ประกอบด้วยลำดับขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

2.1 ทดสอบสมรรถนะของถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลัง

2.2 ทดสอบมลภาวะของถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

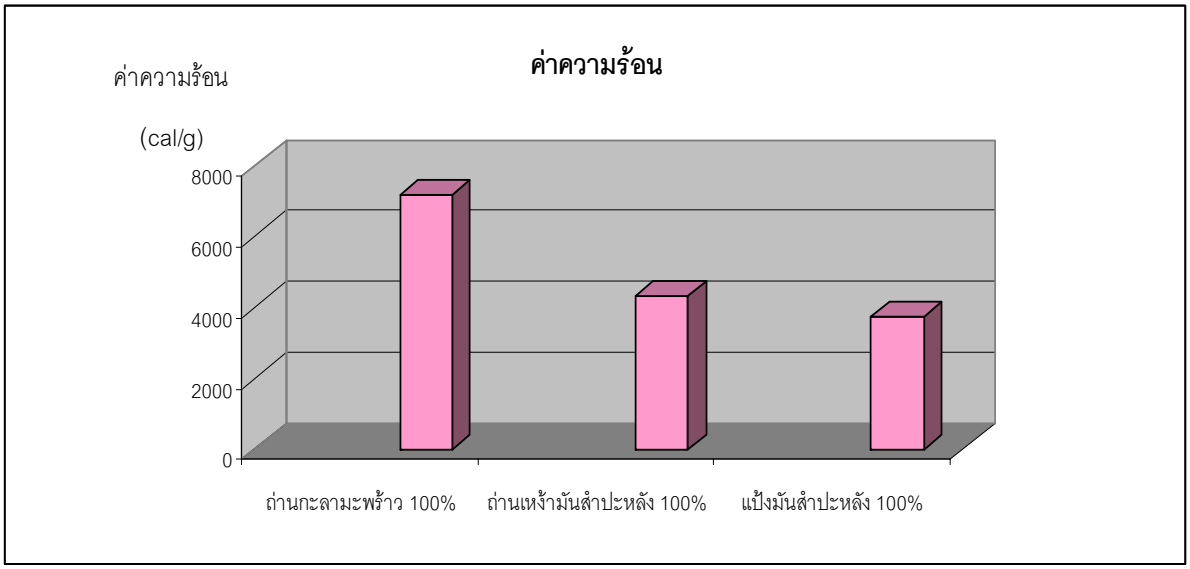
3. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ตัวอย่าง

ผลจากการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบของ ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และแห้งมันสำปะหลัง

ตาราง 13 แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถนะของถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังจากห้องปฏิบัติการ

| รายละเอียด สมรรถนะ | ถ่านกะลามะพร้าว ร้อยละ 100 | ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ร้อยละ 100 | แป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 100 |
|---|---|---|---|
| ค่าความร้อน กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม | 7,159.60 | 4,307.90 | 3,724.70 |
| ปริมาณค่าความชื้น(%) | 0.14 | 0.04 | 0.90 |
| ปริมาณเถ้า (%) | 15.69 | 21.69 | 0.05 |

จากข้อมูลในตาราง 13 นำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุ ค่าความร้อน ความชื้นและปริมาณเถ้า ดังภาพประกอบ 24, 25 และ 26



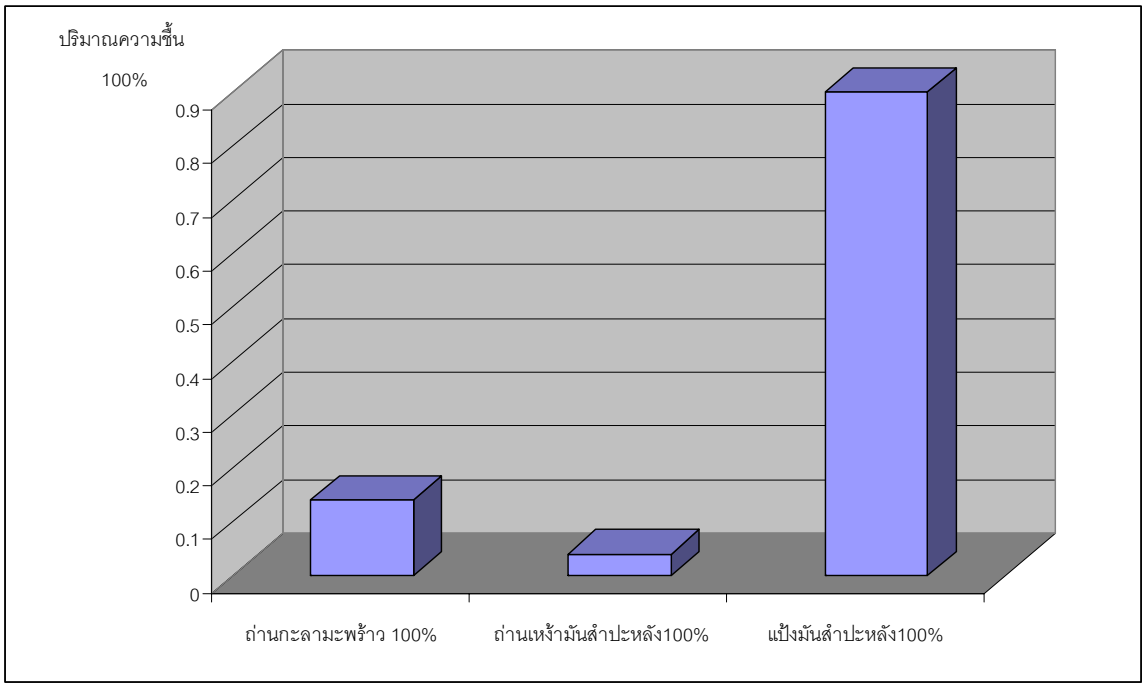

ภาพประกอบ 24 แสดงค่าความร้อน

จากการทดสอบและวิเคราะห์สมรรถนะทางความร้อนในห้องปฏิบัติการสำหรับวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ซึ่งใช้เป็นองค์ประกอบของถ่านอัดแท่ง ได้แก่ ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลัง มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำว่า 5,000 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม สรุปได้ดังนี้

1) ค่าสมรรถนะทางความร้อนของถ่านกะลามะพร้าว มีค่าความร้อน 7,159.60 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ผลการเปรียบเทียบผลกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) สรุปว่า มีค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

2) ค่าสมรรถนะทางความร้อนของถ่านเหง้ามันสำปะหลัง มีค่าความร้อน 4,307.90 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ผลการเปรียบเทียบผลกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) สรุปว่า ค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

3) ค่าความร้อนของแป้งมันสำปะหลังมีค่าความร้อน 3,724.70 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ไม่ได้อยู่ใน เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังเป็นเพียงตัวประสานวัตถุดิบสำหรับถ่านอัดแท่งเท่านั้น



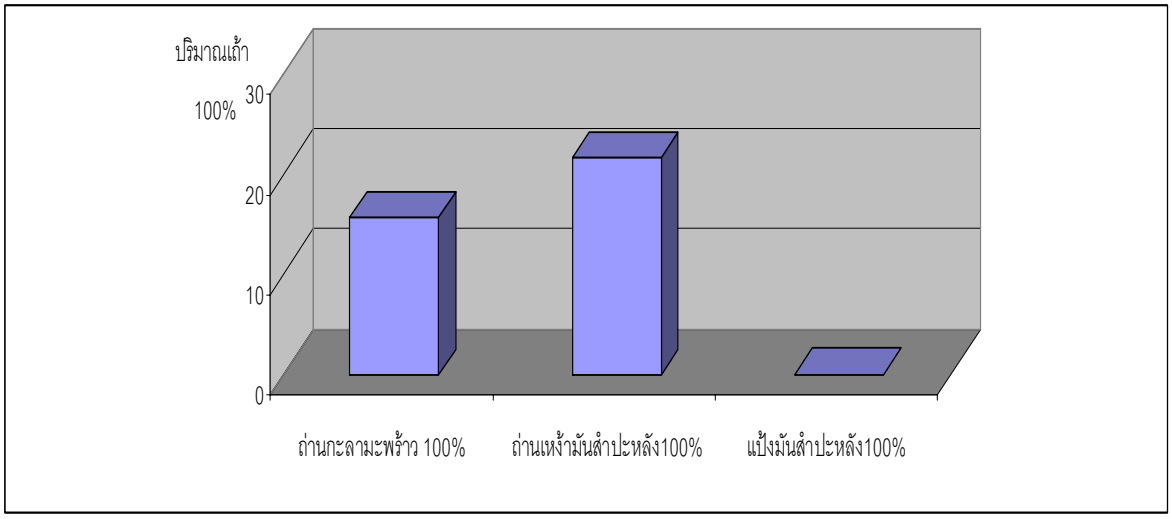

ภาพประกอบ 25 แสดงปริมาณค่าความชื้น

จากการทดสอบและวิเคราะห์ค่าความชื้นในห้องปฏิบัติการสำหรับวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ซึ่งนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของถ่านอัดแท่ง ได้แก่ ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลังความชื้นตามมาตรฐาน (มผช.) ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก สรุปได้ดังนี้

1) ค่าความชื้นของถ่านกะลามะพร้าว มีค่าความชื้นร้อยละ 0.14 ผลจากการทดสอบค่า ค่าความชื้นถ่านกะลามะพร้าวต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.)

2) ค่าความชื้นของถ่านเหง้ามันสำปะหลัง มีค่าความชื้นร้อยละ 0.04 ผลจากการทดสอบค่าความชื้นถ่านเหง้ามันสำปะหลังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.)

3) ค่าความชื้นของแป้งมันสำปะหลัง มีค่าความชื้นร้อยละ 0.90 ผลจากการทดสอบ ค่าความชื้นแป้งมันสำปะหลังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) แต่เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังเป็นเพียงตัวประสานเท่านั้นไม่ได้อยู่ใน เกณฑ์มาตรฐาน (มผช.)




ภาพประกอบ 26 แสดงปริมาณเถ้า

จากการทดสอบและวิเคราะห์ปริมาณเถ้าหลังการเผาไหม้ในห้องปฏิบัติการสำหรับวัตุดิบทั้ง 3 ชนิด ซึ่งนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของถ่านอัดแท่ง ได้แก่ ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลัง สรุปได้ดังนี้

1) ปริมาณเถ้าของถ่านกะลามะพร้าว มีปริมาณเถ้าร้อยละ 15.69 โดยน้ำหนัก
2) ปริมาณเถ้าของถ่านเหง้ามันสำปะหลัง มีปริมาณเถ้าร้อยละ 21.69 โดยน้ำหนัก
3) ปริมาณเถ้าแป้งมันสำปะหลัง มีปริมาณเถ้าร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก

ผลจากการทดสอบปริมาณเถ้าตามมาตรฐาน (มผช.) ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547ข: 1-3) โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน จะครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาเป็นแท่ง หรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนกลายเป็นเถ้าทั้งหมด ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาปริมาณเถ้าในครั้งนี้ เพื่อต้องการทราบว่าวัตถุแต่ละชนิดมีปริมาณเถ้ามากน้องเพียงใด

## ตอนที่ 2 การวิเคราะห์และประเมินค่าความร้อนที่ได้จาก ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลัง

ผลการวิเคราะห์ค่าสมรรถนะค่าความร้อนที่ได้จากที่ได้จาก ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลังจากห้องปฏิบัติการ มาทำการคำนวณทั้ง 5 ตัวอย่าง ที่ได้จากการทดลองจากนั้น สามารถนำมาขยายผลเพื่อประเมินค่าความร้อนสำหรับอัตราส่วนผสมอื่นๆ ซึ่งไม่ได้ทดสอบค่าในห้องปฏิบัติการ สามารถคำนวณโดยวิธี Interpolate แสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 14 แสดงผลการประเมินค่าความร้อนที่ได้จากการทดลองและทดสอบถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลัง ในอัตราส่วนผสมต่างๆ จากการคำนวณโดยวิธี Interpolate

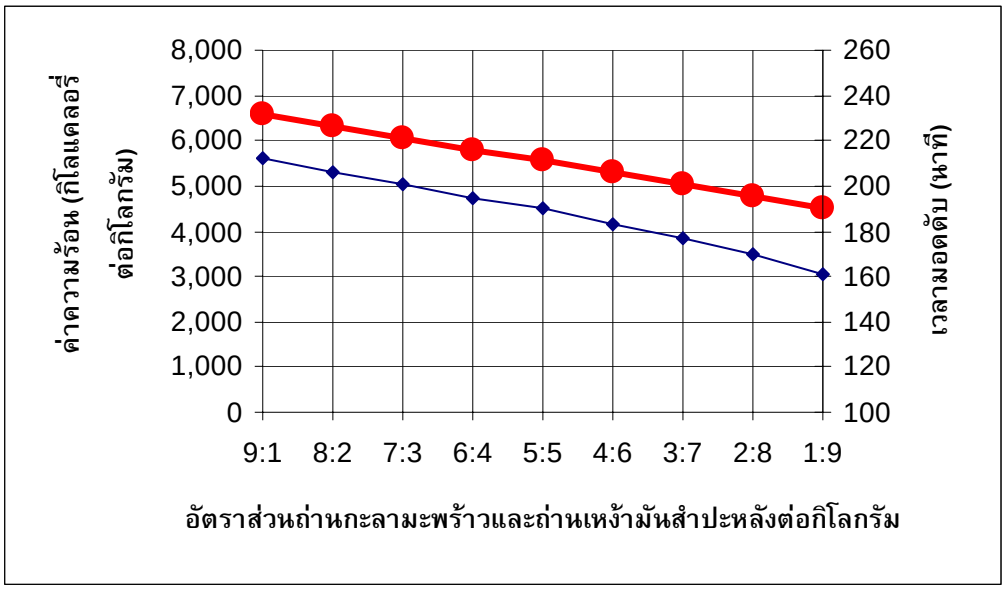
| อัตราส่วนลำดับที่ | อัตราส่วนผสม (กิโลกรัม) | | แป้งมัน (กิโลกรัม) | น้ำ (ลิตร) | ค่าความร้อน กิโลแคลอรี่ กิโลกรัม |
|---|---|---|---|---|---|
| | ถ่านกะลามะพร้าว | ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง | | | |
| 1 | 0.9 | 0.1 | 0.05 | 0.3 | 6,588.09 |
| 2 | 0.8 | 0.2 | 0.05 | 0.3 | 6,328.84 |
| 3 | 0.7 | 0.3 | 0.05 | 0.3 | 6,069.60 |
| 4 | 0.6 | 0.4 | 0.05 | 0.3 | 5,810.35 |
| 5 | 0.5 | 0.5 | 0.05 | 0.3 | 5,551.11 |
| 6 | 0.4 | 0.6 | 0.05 | 0.3 | 5,291.86 |
| 7 | 0.3 | 0.7 | 0.05 | 0.3 | 5,032.62 |
| 8 | 0.2 | 0.8 | 0.05 | 0.3 | 4,773.37 |
| 9 | 0.1 | 0.9 | 0.05 | 0.3 | 4,514.13 |

จากตาราง 14 ค่าความร้อนสำหรับอัตราส่วนที่ 1,2,5,8, และ 9 ได้จากการทดสอบวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการ ค่าความร้อนสำหรับอัตราส่วนที่ 3,4,6 และ 7 ได้จากการคำนวณโดยวิธี interpolate จากนั้นนำไปคำนวณต่อในตารางที่ 15 การคำนวณค่าความร้อนและระยะเวลาในการมอดดับแต่ละอัตราส่วน

ตาราง 15 แสดงผลการคำนวณค่าความร้อนและระยะเวลาในการมอดดับแต่ละอัตราส่วน ดังตาราง 15

| อัตราส่วน ลำดับที่ | อัตราส่วน ถ่าน กะลามะพร้าว (กิโลกรัม) | อัตราส่วน ถ่าน เหง้ามัน สำปะหลัง (กิโลกรัม) | ระยะเวลาการมอด ดับ | ค่าความร้อน กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 9 | 1 | 212 | 6,588.09 |
| 2 | 8 | 2 | 206 | 6,328.84 |
| 3 | 7 | 3 | 201 | 6,069.60 |
| 4 | 6 | 4 | 195 | 5,810.35 |
| 5 | 5 | 5 | 190 | 5,551.11 |
| 6 | 4 | 6 | 183 | 5,291.86 |
| 7 | 3 | 7 | 177 | 5,032.62 |
| 8 | 2 | 8 | 170 | 4,773.37 |
| 9 | 1 | 9 | 161 | 4,514.13 |

ผลจากการคำนวณค่าความร้อนและระยะเวลาในการมอดดับแต่ละอัตราส่วนผสม ดังตาราง 15 นำมาวิเคราะห์เส้นกราฟแสดงค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าความร้อนและอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ดังภาพประกอบ 27




ภาพประกอบ 27 เส้นกราฟแสดงค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าความร้อนและอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลังโดยเปรียบเทียบกับระยะเวลาการมอดดับ

จากภาพประกอบ 27 กราฟแสดงค่าความร้อนที่ได้จาก ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยกำหนดให้ทั้ง 5 อัตราส่วน ใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำในอัตราส่วนคงที่ผลจากการทดสอบและคำนวณเปรียบเทียบสมรรถนะ ค่าความร้อนตามมาตรฐาน (มผช.) ค่าความร้อน ต้องไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม โดยเปรียบเทียบกับระยะเวลาการมอดดับ แสดงรายละเอียดดังนี้

1. อัตราส่วนผสมที่ 1 ค่าความร้อน 6,588.09 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 212 นาที

2. อัตราส่วนผสมที่ 2 ค่าความร้อน 6,328.84 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 206 นาที

3. อัตราส่วนผสมที่ 3 ค่าความร้อน 6,069.60 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 201 นาที

4. อัตราส่วนผสมที่ 4 ค่าความร้อน 5, 810.35 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 195 นาที

5. อัตราส่วนผสมที่ 5 ค่าความร้อน 5,551.11 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 190 นาที

6. อัตราส่วนผสมที่ 6 ค่าความร้อน 5,291.86 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลาอมดดับ 183 นาที

7. อัตราส่วนผสมที่ 7 ค่าความร้อน 5,032.62 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลาอมดดับ 177 นาที

8. อัตราส่วนผสมที่ 8 ค่าความร้อน 4,773.37 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลาอมดดับ 170 นาที

9. อัตราส่วนผสมที่ 9 ค่าความร้อน 4,514.13 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลาอมดดับ 161 นาที

สรุปผลจากการทดสอบและคำนวณเปรียบเทียบสมรรถนะ อัตราส่วนที่ 1 ถึง อัตราส่วนที่ 7 ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) อัตราส่วนที่ 8 และ อัตราส่วนที่ 9 ค่าความร้อนไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) ซึ่งผลจากการคำนวณเปรียบเทียบสมรรถนะ จะนำมาพิจารณาในการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วย และศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

## ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ผลกระทบด้านมลภาวะในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง

ผลการวิเคราะห์เพื่อหามลภาวะโดยห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่ออกมาจากถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 1 ตัวอย่างจากอัตราส่วนผสมที่กำหนดโดยทำการวิเคราะห์ผลโดยห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างของอัตราส่วนผสมที่กำหนดทำการวิเคราะห์ผลโดยห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์บริการ จำนวน 2 แท่ง แท่งละประมาณ 200 กรัม

วิเคราะห์เพื่อหามลภาวะที่ออกมาจากถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังโดยกำหนดได้ดังนี้

1. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์
3. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
4. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ผลการวิเคราะห์เพื่อหามลภาวะที่ออกมาจากถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 1 ตัวอย่างจากอัตราส่วนผสมที่กำหนดโดยทำการวิเคราะห์ผลโดยห้องปฏิบัติการ การทดลองในกล่องเครื่องมือของห้องปฏิบัติการ ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ ผลจากการทดสอบดังตาราง 16

ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์เพื่อหามลภาวะที่ออกมาจากถ่านอัดแท่ง (อัตราส่วนที่ 1 9:1)

| อัตราส่วนผสมที่1 | เวลาผ่านไป 1 ช.ม | เวลาผ่านไป 2 ช.ม |
|---|---|---|
| ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm) | 72 | 195 |
| ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (ppm) | 9 | 26 |
| ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm) | 3,019 | มากกว่า4,000 |
| ก๊าซคาร์บอนได ออกไซด์ (ppm) | 4.68 | 9.11 |

จากตาราง 16 ผลจากการทดสอบมลภาวะจากห้องปฏิบัติการ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง เมื่อเริ่มติดไฟจะปล่อยก๊าซ 4 ชนิด ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจะมีปริมาณสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาของการเผาไหม้ ยังปริมาณของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้จะมีค่าสูงสุดอยู่ทีประมาณ 120 นาที ของระยะเวลาการเผาไหม้และเริ่มลดลงจนกลายเป็นเถ้า จึงหยุดทำการทดสอบ

จากการทดสอบเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 2 ชั่วโมง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะมีปริมาณมากกว่า 4,000 ppm โดยที่เครื่องวัดไม่สามารถอ่านค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ต่อ เนื่องจากตัวเครื่องตรวจจับจะวิเคราะห์ค่าทดสอบก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ได้เพียง 5,000 ppm

**ตอนที่ 4 การประเมินความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ**

การประเมินความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านคุณลักษณะและสมรรถนะทางความร้อนสำหรับอัตราส่วนผสมถ่านอัดแท่ง สรุปได้ ดังนี้

ตาราง 17 การประเมินความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

| รายละเอียด | ข้อคิดเห็น |
|---|---|
| ลักษณะรูปทรงกระบอกมีครีบห้าครีบ | สะดวกต่อการใช้งานดี |
| ขนาด | เหมาะสม |
| สมรรถนะทางความร้อน | อัตราส่วนถ่านอัดแท่งถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวและเหง่ามันสำปะหลัง 9:1 ให้สมรรถนะทางความร้อนสูงสุด |
| การแตกปะทุ | น้อย |
| ความชื้น | น้อย |

จากตาราง 17 ผลจากการประเมินความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ด้านคุณลักษณะมีลักษณะรูปทรงและขนาดมีความเหมาะสม สะดวกต่อการใช้งานได้ดี ทางด้านสมรรถนะทางความร้อนให้ค่าความร้อนสูงสุด ขนาดที่ใช้งานมีการแตกปะทุเล็กน้อย และปริมาณความชื้นน้อย

## **ตอนที่** 5 **การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย** (Cost of Production)

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย พิจารณาจากราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ในการผลิตถ่านอัดแท่งดังแสดงในตาราง 18 และราคาต้นทุนผันแปรของการผลิตถ่านอัดแท่งดังแสดงในตาราง 19

ตาราง 18 แสดงรายการราคาต้นทุนของเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

| **รายการเครื่องจักรและอุปกรณ์ถ่านอัดแท่ง** | **ราคา (บาท)** |
|---|---|
| 1. เครื่องบด จำนวน 1 เครื่อง | 70,000 |
| 2. เครื่องอัดแบบเกลียวตัวหนอนจำนวน 1 เครื่อง | 80,000 |
| 3. ถัง 200 ลิตร มีฝาปิด จำนวน 14 ใบ / 5ปี | 21,000 |
| 4. ถังผสมวัสดุ (Mixing Tank) 5 ใบ / 5ปี | 5,000 |
| ราคาต้นทุนรวม | 176,000 |

ตาราง 19 แสดงรายการราคาต้นทุนผันแปร ของการผลิตถ่านอัดแท่ง

| **รายการวัสดุและแรงงาน** | **ราคา (บาท)** |
|---|---|
| 1. กะลามะพร้าว กิโลกรัมละ(รวมค่าขนส่ง) | 2 |
| 2. เหง้ามันสำปะหลัง กิโลกรัมละ(รวมค่าขนส่ง) | 0.5 |
| 3. แป้งมัน กิโลกรัมละ | 10 |
| 4. ค่าน้ำ ลิตรละ | 0.02 |
| 5. ค่าไฟฟ้า หน่วยละ | 3.5 |
| 6. ค่าแรงงานวันละ | 180 |

จากตาราง 18 และ 19 คำมาคำนวณหาต้นทุนต่อหน่อย โดยกำหนดกำลังการผลิต วันละ 400 กิโลกรัม/วัน ระยะเวลาทำงาน 8 ชั่งโมง 1 ปี ทำงาน 260 วัน คำนวณต้นทุนรวมได้ดังนี้

ต้นทุนรวมของแต่และอัตราส่วนผสม มีดังต่อไปนี้

อัตราส่วนที่ 1 ต้นทุนต่อหน่อยอยู่ที่ 7.50 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 2 ต้นทุนต่อหน่อยอยู่ที่ 7.14 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 3 ต้นทุนต่อหน่อยอยู่ที่ 6.78 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 4 ต้นทุนต่อหน่อยอยู่ที่ 6.42 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 5 ต้นทุนต่อหน่อยอยู่ที่ 6.07 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 6 ต้นทุนต่อหน่อยอยู่ที่ 5.71 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 7 ต้นทุนต่อหน่อยอยู่ที่ 5.35 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 8 ต้นทุนต่อหน่อยอยู่ที่ 4.99 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 9 ต้นทุนต่อหน่อยอยู่ที่ 4.63 บาท/กิโลกรัม

## **ตอนที่** 6 **การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์** (Economic Benefit)

ตาราง 20 แสดงการคำนวณต้นทุนแปรผัน (Variable cost) ของการผลิตถ่านอัดแท่ง จากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ต่อปี ในแต่ละอัตราส่วน

| **อัตราส่วนผสม ของถ่านอัดแท่ง** | **ค่าความร้อน (kJ/กก.)** | **ค่าวัตถุดิบ (บาท/ปี)** | **แรง+สาธารณูปโภค (บาท/ปี)** | **รวมต้นทุนต่อปี (บาท/ปี)** |
|---|---|---|---|---|
| 9:1 | 6,588.09 | 561,600 | 218,669 | 780,269 |
| 8:2 | 6,328.84 | 524,160 | 218,669 | 742,829 |
| 7:3 | 6,069.60 | 486,720 | 218,669 | 705,389 |
| 6:4 | 5,810.35 | 449,280 | 218,669 | 667,949 |
| 5:5 | 5,551.11 | 412,880 | 218,669 | 631,549 |
| 4:6 | 5,291.86 | 375,440 | 218,669 | 594,109 |
| 3:7 | 5,032.62 | 338,000 | 218,669 | 556,669 |
| 2:8 | 4,773.37 | 300,560 | 218,669 | 519,229 |
| 1:9 | 4,514.13 | 263,120 | 218,669 | 481,789 |

ตารางการการคำนวณต้นทุนแปรผัน (Variable cost) ของการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ต่อปี ในแต่ละอัตราส่วน โดยคำนวณจากค่าเครื่องจักร ถังผสม ถังเผา แรงงาน วัตถุดิบ ค่าแป้งมันสำปะหลัง ค่าน้ำ และ ค่าไฟ คิดคำนวณรวมได้เป็นต้นทุนรวมต่อปี ดังตาราง 20

ตาราง 21 การประเมินการกำหนดราคาขายสำหรับถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสมต่างๆ

| อัตราส่วน | ค่าความร้อน (kcal/กก.) | **เวลาดับ (นาที)** | ราคาเมื่อเทียบกับ **ปัจจัยตัวแปรที่ 1 และ 2** |
|---|---|---|---|
| 1:0 | 7159.6 | NA | NA |
| 9:1 | 6,588.09 | 212 | 12.88 |
| 8:2 | 6,328.84 | 206 | 12.03 |
| 7:3 | 6,069.60 | 201 | 11.23 |
| 6:4 | 5,810.35 | 195 | 10.47 |
| 5:5 | 5,551.11 | 190 | 9.73 |
| 4:6 | 5,291.86 | 183 | 8.95 |
| 3:7 | 5,032.62 | 177 | 8.20 |
| 2:8 | 4,773.37 | 170 | 7.48 |
| 1:9 | 4,514.13 | 161 | 6.70 |

จากตาราง 21 ผลการประเมินการกำหนดราคาขายสำหรับถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสมต่างๆ โดยการพิจารณาเปรียบเทียบที่ราคาถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ประกอบกับการเปรียบเทียบในเชิงเส้น ภาพประกอบที่ 27 กับค่าความร้อนและราคามาตรฐานของถ่านอัดแท่งถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ และการเปรียบเทียบกับคุณสมบัติในการมอดดับในเชิงเส้นกับระยะเวลาในการมอดดับจากการทดสอบ ดังต่อไปนี้

1. การกำหนดราคาขายเบื้องต้นเริ่มจากพิจารณาเปรียบเทียบที่ราคาถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ ที่ 14 บาท/กิโลกรัม เป็นราคามาตรฐาน

2. ปัจจัยตัวแปรที่ 1 สำหรับการการกำหนดราคาถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ที่มีส่วนผสมของอัตราส่วนต่างๆ ขึ้นอยู่กับการเปรียบเทียบในเชิงเส้นกับค่าความร้อนและราคามาตรฐานของถ่านอัดแท่งถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์

3. ปัจจัยตัวแปรที่ 2 สำหรับการการกำหนดราคาถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ที่มีส่วนผสมของอัตราส่วนต่างๆ ขึ้นอยู่กับการเปรียบเทียบกับคุณสมบัติในการมอดดับในเชิงเส้นกับระยะเวลาในการมอดดับจากการทดสอบ ผลจากตารางที่ 22 ผลการพิจารณาเปรียบเทียบที่ราคามาตรฐานของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ และผลจากการวิเคราะห์ใน

การตั้งราคาขายของแต่ละอัตราส่วนผสม โดยการเปรียบเทียบราคาขายมาตรฐานประกอบกับการวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านสมรรถนะค่าความร้อนและการมอดดับของแต่ละอัตราส่วนผสม พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมที่มีถ่านกะลามะพร้าวมากที่สุดจะมีสมรรถนะที่ดีที่สุดและมีผลตอบแทนสูงสุด แต่เนื่องจากปัจจุบันกะลามะพร้าวมีผู้นำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆในปริมาณมากเป็นผลทำให้กะลามะพร้าวมีราคาสูงขึ้นมาก และหาได้ยากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสมตามมาตรฐาน(มผช.)โดยนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้ประโยชน์ในสักส่วนที่สูงขึ้น ผลจากการวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านสมรรถนะค่าความร้อนและการมอดดับของแต่ละอัตราส่วนผสม ที่มีค่าความร้อน ผ่านมาตรฐาน (มผช.) ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 7 มีถ่านกะลามะพร้าว 3 ส่วน ต่อ ถ่านเหง้ามัน 7 ส่วน ผลจากการวิเคราะห์ พบว่า เป็นอัตราส่วนผสมที่มีสมรรถนะตามเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) ผลการพิจารณาเปรียบเทียบที่ราคามาตรฐานของถ่านอัดแท่งถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ และผลจากการวิเคราะห์ในการตั้งราคาขายของแต่ละอัตราส่วนผสม โดยการเปรียบเทียบราคาขายมาตรฐานประกอบกับการวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านสมรรถนะค่าความร้อนและการมอดดับ อัตราส่วนผสมที่ 7 มีผลตอบแทนน้อยกว่าอัตราส่วนผสมที่ 1 ถึง 6 แต่เนื่องจากผู้วิจัยต้องการนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสมหลัก อีกทั้งยังต้องการใช้ถ่านเหง้ามันสำปะหลังเป็นผสมส่วนให้มากที่สุด ถึงจะมีผลตอบแทบที่ ต่ำแต่เป็นการส่วนเสริมให้เกษตรกรนำเหง้ามันสำปะหลังกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นพลังงานทดแทน การใช้ถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีราคาสูงอีกทั้งยังมีปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการในปัจจุบัน ผลจากการเปรียบเทียบและทำการวิเคราะห์ผู้วิจัยมีความสนใจในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านเหง้ามันสำปะหลังเป็นอัตราส่วนผสมหลักและถ่านกะลามะพร้าวเป็นอัตราส่วนลองเพื่อให้มีสมรรถนะผ่านมาตรฐาน(มผช.) จากนั้นทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยนำวิธีการคำนวณประกอบอยู่ในตาราง ภาคผนวก ข ผลการคำนวณ NPV ของแต่ละอัตราส่วนผสม ดังนี้

ผลการวิเคราะห์การคำนวณหา NPV ของแต่ละอัตราส่วนผสม โดยคำนวณจากต้นทุนเครื่องจักร รายจ่าย และรายรับในแต่ละปี โดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ 8 บาท/ปี เป็นอัตราดอกเบี้ยคงทีตลาดระยะเวลาของโครงการ ตารางประกอบอยู่ในส่วนภาคผนวก ข ทุกอัตราส่วนจะมีต้นทุนเครื่องจักรที่เท่ากัน อยู่ที่ 176,000 บาท กำลังการผลิตอยู่ที่ 400 กิโลกรัม/วัน 1 ปีทำงาน 260 วัน จากข้อมูลการคำนวณโดยวิเคราะห์การคำนวณได้ดังต่อไปนี้

อัตราส่วนผสมที่ 1 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุนสูงที่สุด อยู่ที่ 780,269 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,339,775.83 บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 2057948.54 บาท/5ปี สามารคคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.63 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 2 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 742,829 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,250,627.84 บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,851,493.54 บาท/5ปี สามารคคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.59 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 3 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 705,389 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,168,366.98 บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,672,536.85 บาท/5ปี สามารคคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.56 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 4 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 667,949 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,088,755.17 บาท/ปีจากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,504,157.04 บาท/5ปี สามารคคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.53 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 5 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 631,549 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,011,742.95 บาท/ปีจากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,504,157.04 บาท/5ปี สามารคคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.50 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 6 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 594,109 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 930,633.41 บาท/ปีจากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,167,644.38 บาท/5ปี สามารคคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.46 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 7 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 556,669 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 852,891.34 บาท/ปีจากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,006,729.90 บาท/5ปี สามารคคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.40 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 8 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 519,229 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 778,414.25 บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 858,851.53 บาท/5ปี

อัตราส่วนผสมที่ 9 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 481,789บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 697166.79บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 683941.07 บาท/5ปี

# บทที่ 5
# สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เพื่อ การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยมีรายละเอียดของการวิจัยดังนี้

## สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอในรายละเอียดโดยแบ่งเป็น 6 ขั้นตอน คือ

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะทางความร้อนของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตถ่านอัดแท่ง

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าความร้อนที่ได้จาก ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลัง

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบด้านมลภาวะในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง

ตอนที่ 4 ผลการประเมินความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (Cost of Production)

ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Benefit)

### 1. ผลการวิเคราะห์สมรรถนะทางความร้อนของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตถ่านอัดแท่ง โดยห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ผลจากการวิเคราะห์คุณลักษณะด้านสมรรถนะของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตถ่านอัดแท่ง แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และ แป้งมันสำปะหลัง ทดสอบโดยห้องปฏิบัติการ ศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต พบว่า ค่าความร้อนของถ่านกะลามะพร้าวมีค่าความร้อน 7,159.60 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) ค่าความร้อนของถ่านเหง้ามันสำปะหลังมีค่าความร้อน 4,307.90 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) และค่าความร้อนของแป้งมันสำปะหลังมีค่าความร้อน 3,724.70 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ผลการทดสอบความชื้นของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

**2. ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าความร้อนที่ได้จาก ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลัง**

ผลการวิเคราะห์สมรรถนะทางความร้อนที่ได้จาก ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลังจากห้องปฏิบัติการ มาทำการคำนวณทั้ง 5 ตัวอย่าง ผลที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาขยายผลเพื่อประเมินค่าความร้อนสำหรับอัตราส่วนผสมอื่นๆ ซึ่งไม่ได้ทดสอบค่าในห้องปฏิบัติการ และ คำนวณค่าความร้อนและระยะเวลาในการมอดดับ สามารถคำนวณโดยวิธี Interpolate ผลการคำนวณ แสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

1. อัตราส่วนผสมที่ 1 ค่าความร้อน 6,588.09 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 212 นาที

2. อัตราส่วนผสมที่ 2 ค่าความร้อน 6,328.84 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 206 นาที

3. อัตราส่วนผสมที่ 3 ค่าความร้อน 6,069.60 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 201 นาที

4. อัตราส่วนผสมที่ 4 ค่าความร้อน 5,810.35 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 195 นาที

5. อัตราส่วนผสมที่ 5 ค่าความร้อน 5,551.11 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 190 นาที

6. อัตราส่วนผสมที่ 6 ค่าความร้อน 5,291.86 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 183 นาที

7. อัตราส่วนผสมที่ 7 ค่าความร้อน 5,032.62 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 177 นาที

8. อัตราส่วนผสมที่ 8 ค่าความร้อน 4,773.37 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 170 นาที

9. อัตราส่วนผสมที่ 9 ค่าความร้อน 4,514.13 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 161 นาที

อัตราส่วนผสมที่สมรรถนะทางความร้อนสูงที่สุด ผ่านมาตรฐาน (มผช.) ได้แก่

อัตราส่วนผสมที่ 1 ถ่านกะลามะพร้าว 9 ส่วน ต่อ ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 1 ส่วน มีค่าความร้อนสูงสุดอยู่ที่ 6,588.09 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) และ มีระยะเวลามอดดับ 212 นาที สูงที่สุด

อัตราส่วนผสมที่สมรรถนะทางความร้อนต่ำที่สุด ไม่ผ่านมาตรฐาน (มผช.) ได้แก่

อัตราส่วนผสมที่ 9 ถ่านกะลามะพร้าว 1 ส่วน ต่อ ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 9 ส่วน ค่าความร้อน 4,514.13 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 161 นาที ต่ำที่สุด

อัตราส่วนผสมที่สมรรถนะทางความร้อน ผ่านมาตรฐาน (มผช.) ได้แก่ อัตราส่วนผสมที่ 1 ถึง อัตราส่วนผสมที่ 7

อัตราส่วนผสมที่ 8 และ อัตราส่วนผสมที่ 9 ค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) ความร้อนไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.)

**3. ผลการวิเคราะห์ผลกระทบด้านมลภาวะในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง**

ผลการวิเคราะห์มลภาวะ โดยห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ของอัตราส่วนผสมที่ 1 ได้แก่ ถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าว 9 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 1 ส่วน ผลจากการทดสอบมีดังต่อไปนี้

3.1 ทำการจับเวลาแล้วทำการจุดถ่านเริ่มทำการทดสอบโดยจับเวลาหลังจากทำการจุดถ่านอัดแท่งให้ติดไฟแล้วทำการ จับเวลา ประเมิน 60 นาทีแรกแล้วทำการวัดค่ามีปริมาณก๊าซแต่ละตัวดังต่อไปนี้

| | |
|---|---|
| 1. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ | 72 ppm |
| 2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ | 9 ppm |
| 3. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ | 3,019 ppm |
| 4. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ | 4.68 ppm |

3.2 ทำการทดสอบต่อจาก 60 นาที แรกแล้ว โดยทดสอบต่อไปอีก 60 นาที ทำการวัดค่าก๊าซแต่ละตัวมีปริมาณเท่าได ผลจากการทดสอบมีดังต่อไปนี้

| | |
|---|---|
| 1. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ | 195 ppm |
| 2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ | 26 ppm |
| 3. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ | มากกว่า 4,000 ppm |
| 4. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ | 9.11 ppm |

**4. ผลการประเมินความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ**

ผลการประเมินถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินจาก ผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมรรถนะที่ดีที่สุด 1 อัตราส่วนผสม จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ประเมินอัตราส่วนผสมที่ 1 คือ อัตราส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าว 9 ส่วนต่อถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 1 ส่วน เป็นที่ยอมรับของผู้เชี่ยวชาญทางด้านคุณลักษณะที่มีลักษณะรูปทรงและขนาดมีความเหมาะสม สะดวกต่อการใช้งานได้ดี ทางด้านสมรรถนะทางความร้อนให้ค่าความร้อนสูงสุด ขณะทำการจุดติดมีการแตกปะทุเล็กน้อย และปริมาณความชื้นน้อย เป็นไปตามมาตรฐาน (มผช.)

**5. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต** (Cost of Production)

ต้นทุนในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังแต่ละอัตราส่วนผสม แสดงดังต่อไปนี้

อัตราส่วนที่ 1 ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 7.50 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 2 ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 7.14 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 3 ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 6.78 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 4 ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 6.42 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 5 ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 6.07 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 6 ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 5.71 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 7 ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 5.35 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 8 ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 4.99 บาท/กิโลกรัม
อัตราส่วนที่ 9 ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 4.63 บาท/กิโลกรัม

**ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์** (Economic Benefit)

การคำนวณต้นทุน สำหรับการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และ ลการวิเคราะห์ (NPV) ของอัตราส่วนผสมต่างๆที่กำหนด โดยคำนวณจากต้นทุนเครื่องจักร รายจ่าย และรายรับในแต่ละปี โดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ 8 บาท/ปี เป็นอัตราดอกเบี้ยคงทีตลอดระยะเวลาของโครงการ ทุกอัตราส่วนจะมีต้นทุนเครื่องจักรที่เท่ากัน อยู่ที่ 176,000 บาท กำลังการผลิตอยู่ที่ 400 กิโลกรัม/วัน 1 ปีทำงาน 260 วัน โดยวิเคราะห์การคำนวณได้ดังต่อไปนี้

อัตราส่วนผสมที่ 1 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุนสูงที่สุด อยู่ที่ 780,269 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,339,775.83 บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 2057948.54 บาท/5ปี สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.63 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 2 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 742,829 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,250,627.84 บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,851,493.54 บาท/5ปี สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.59 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 3 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 705,389 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,168,366.98 บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,672,536.85 บาท/5ปี สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.56 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 4 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 667,949 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,088,755.17 บาท/ปีจากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,504,157.04 บาท/5ปี สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.53 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 5 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 631,549 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,011,742.95 บาท/ปีจากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,504,157.04 บาท/5ปี สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.50 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 6 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 594,109 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 930,633.41 บาท/ปีจากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,167,644.38 บาท/5ปี สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.46 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 7 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 556,669 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 852,891.34 บาท/ปีจากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,006,729.90 บาท/5ปี สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.40 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 8 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 519,229 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 778,414.25 บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 858,851.53 บาท/5ปี

อัตราส่วนผสมที่ 9 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 481,789บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 697166.79 บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 683941.07 บาท/5ปี

## อภิปรายผลการวิจัย

การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง มีสมรรถนะตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง (สำนักงานมาตรฐาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547 ก: 1-3) โดยค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ผลจากการทดสอบสมรรถนะของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี จากผลการทดลอง และทดสอบสามารถอภิปรายผลได้โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์สมรรถนะทางความร้อนของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตถ่านอัดแท่ง โดยห้องปฏิบัติการ ศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ได้ทำการทดสอบสมรรถนะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ทดสอบด้านสมรรถนะของถ่านกะลามะพร้าว 100% ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 100% แป้งมันสำปะหลัง 100% วิเคราะห์สมรรถนะ โดยห้องปฏิบัติการ ศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต พบว่า

ถ่านกะลามะพร้าวมีค่าความร้อน 7,159.60 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) ซึ่งสอดคล้องกับภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รับรองผลโดย รศ.ดร.ธราพงษ์ วิทิตศานต์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2552) ค่าความร้อนถ่านกะลามะพร้าวโดยประมาณเท่ากับ 7,276 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม

ถ่านเหง้ามันสำปะหลังมีค่าความร้อน 4,307.90 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) ซึ่งไม่สอดคล้องกับ จุฑามาศ บุษราคัมวดี (2547: บทคัดย่อ) ที่ศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลังโดยอ้างอิงถึงแหล่งวัตถุดิบ ขนาดผง และอัตราส่วนตัวประสาน ผลการวิจัยพบว่าถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 1 กิโลกรัมจากโรงงานมันเส้นผงขนาด 10 เซนติเมตร ส่วนผสมตัวประสานอัตราส่วน 0.9: 0.1 มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด ประสิทธิภาพของการให้ความร้อน โดยมีความร้อน 6,281.08 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฑามาศ บุษราคัมวดี ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากวัตถุดิบที่มาจากแหล่งที่แตกต่างกัน ขนาดของผงถ่านระหว่างทำการบดมีขนาดต่างกัน อัตราส่วนผสมของตัวประสานต่างกัน เป็นผลทำให้ผลไม่สอดคล้องกัน

แป้งมันสำปะหลังมีค่าความร้อน 3,724.70 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานเท่านั้น

2. ผลการวิเคราะห์และคำนวณหาค่าความร้อนที่ได้จาก ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลัง ตามที่กำหนดไว้ทั้ง 5 อัตราส่วนผสม ที่ได้จากการทดลอง สามารถนำมาขยายผลเพื่อประเมินค่าความร้อนสำหรับอัตราส่วนผสมอื่นๆ ซึ่งไม่ได้ทดสอบค่าในห้องปฏิบัติการ และ คำนวณค่าความร้อนและระยะเวลาในการมอดดับแต่ละอัตราส่วน สามารถคำนวณโดยวิธี Interpolate แสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

อัตราส่วนผสมที่ 1 ค่าความร้อน 6,588.09 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 212 นาที อัตราส่วนผสมที่ 2 ค่าความร้อน 6,328.84 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 206 นาที อัตราส่วนผสมที่ 3 ค่าความร้อน 6,069.60 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 201 นาที อัตราส่วนผสมที่ 4 ค่าความร้อน 5,810.35 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ195 นาที อัตราส่วนผสมที่5 ค่าความร้อน

5,551.11 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 190 นาที อัตราส่วนผสมที่ 6 ค่าความร้อน 5,291.86 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 183 นาที อัตราส่วนผสมที่ 7 ค่าความร้อน 5,032.62 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 177 นาที อัตราส่วนผสมที่ 8 ค่าความร้อน 4,773.37 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 170 นาที อัตราส่วนผสมที่ 9 ค่าความร้อน 4,514.13 (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) ค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีระยะเวลามอดดับ 161 นาที

สรุปผลจากการทดสอบและคำนวณเปรียบเทียบสมรรถนะค่าความร้อนสำหรับอัตราส่วนที่ 1,2,5,8, และ 9 ได้จากการทดสอบวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการ ค่าความร้อนสำหรับอัตราส่วนที่ 3,4,6 และ 7 ผลจากการคำนวณโดยวิธี interpolate พบว่า อัตราส่วนที่ 1 ถึง อัตราส่วนที่ 7 ค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) อัตราส่วนที่ 8 และ อัตราส่วนที่ 9 ค่าความร้อนไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) และคำนวณค่าความร้อนและระยะเวลาในการมอดดับแต่ละอัตราส่วนที่ส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวสูงมีระยะเวลาในการมอดดับยาวนานกว่าสัมพันธ์กับอัตราส่วนผสม

3. ผลการวิเคราะห์มลภาวะ โดยห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่ออกมาจากอัตราส่วนผสมที่ 1 ได้แก่ ถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าว 9 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 1 ส่วน ผลจากการทดสอบมีดังต่อไปนี้

ทำการวัดค่าในเครื่องทดสอบก๊าซโดยการจุดถ่านอัดแท่งให้ติดไฟโดยกำหนดเวลาให้มีการเผาไหม้ที่ 60 นาที จึงวัดปริมาณก๊าซ 4 ชนิด

ผลจากการทดสอบแสดงดังต่อไปนี้ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 72 ppm ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ 9 ppm ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 3,019 ppm และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 4.68 ppm ปล่อยให้ถ่านอัดแท่งเผาไหม้ต่อไปอีก 60 นาที แล้วทำการวัดค่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 195 ppm ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ 26 ppm ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มากกว่า 4,000 ppm และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 9.11 ppm

สรุปผลจากการทดสอบมลภาวะจากห้องปฏิบัติการ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง เมื่อเริ่มติดไฟจะปล่อยก๊าซ 4 ชนิด ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจะมีปริมาณสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาของการเผาไหม้ ยังปริมาณของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้จะมีค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 120 นาที ของระยะเวลาการเผาไหม้และเริ่มลดลงเมื่อเนื้อถ่านอัดแท่งมีปริมาณลดลงและดับสนิทภายใน 180 นาที

4. ผลการประเมินความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินจาก ผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมรรถนะที่ดีที่สุด 1 อัตราส่วนผสม จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ประเมินอัตราส่วนผสมที่ 1 มีอัตราส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าว 9 ส่วนต่อถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 1 ส่วน เป็นที่ยอมรับของผู้เชี่ยวชาญ ทางด้านคุณลักษณะมีลักษณะรูปทรงและขนาดมีความเหมาะสม สะดวกต่อการใช้งานได้ดี ทางด้านสมรรถนะทางความร้อนให้ค่าความร้อนสูงสุดและหาค่าความร้อนระยะเวลามากที่สุด ขณะทำการจุดติดมีการแตกปะทุเล็กน้อย และปริมาณความชื้นน้อย เป็นไปตามมาตรฐาน (มผช.)

5. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (Cost of Production)

ต้นทุนเริ่มต้นในครั้งแรกซึ่งราคาต้นทุนคงที่ได้แก่เครื่องบดและเครื่องอัดแท่งถ่าน ค่าวัตถุดิบภาชนะผสม ต้นทุนผันแปรจะขึ้นอยู่กับกำลังการผลิต ค่าน้ำค่าไฟ ค่าแป้งมันสำปะหลัง ค่าถังเผาและค่าแรง ต้นทุนในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังแต่ละอัตราส่วนผสมในอัตราส่วนผสมต่างๆ จากการคำนวณโดยวิธี interpolate มีดังต่อไปนี้ อัตราส่วนที่ 1 ถ่านกะลามะพร้าว 9 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำหลัง 1 ส่วนต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 7.50 บาท/กิโลกรัม อัตราส่วนที่ 2 ถ่านกะลามะพร้าว 8 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำหลัง 2 ส่วน ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 7.14 บาท/กิโลกรัม อัตราส่วนที่ 3 ถ่านกะลามะพร้าว 7 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำหลัง 3 ส่วนต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 6.78 บาท/กิโลกรัม อัตราส่วนที่ 4 ถ่านกะลามะพร้าว 6 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำหลัง 4 ส่วน ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 6.42 บาท/กิโลกรัม อัตราส่วนที่ 5 ถ่านกะลามะพร้าว 5 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำหลัง 5 ส่วนต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 6.07 บาท/กิโลกรัม อัตราส่วนที่ 6 ถ่านกะลามะพร้าว 4 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำหลัง 6 ส่วนต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 5.71 บาท/กิโลกรัม อัตราส่วนที่ 7 ถ่านกะลามะพร้าว 3 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำหลัง 7 ส่วนต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 5.35 บาท/กิโลกรัม อัตราส่วนที่ 8 ถ่านกะลามะพร้าว 2 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำหลัง 8 ส่วนต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 4.99 บาท/กิโลกรัม อัตราส่วนที่ 9 ถ่านกะลามะพร้าว 1 ส่วน ต่อถ่านเหง้ามันสำหลัง 9 ส่วนต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 4.63 บาท/กิโลกรัม พบว่าราคาต้นทุนต้นหน่อยที่มีอัตราส่วนผสมถ่านกะลามะพร้าวสูงเท่าใดจะทำให้มีราคาต้นหน่อยสูงสัมพันธ์กับค่าความร้อนที่สูงตามอัตราส่วนผสมที่มีถ่านกะลามะพร้าวผสมมาก

6. ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Benefit)

ผลจากการคำนวณทางด้านผลตอบทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านอัดแท่งจากอัตราส่วนผสมตามที่กำหนด เลือกจากการวิเคราะห์ผลแล้วทำการประเมินให้มีสมรรถนะผ่านเกณฑ์ มผช. อัตราส่วนผสมที่ พบว่า อัตราส่วนผสมที่ 1 ถึง 7 มีสมรรถนะเป็นไปตามเกณฑ์ (มผช. 238/2547) อัตราส่วนผสมที่ 8 และ 9 มีสมรรถนะเป็นไปต่ำกว่าเกณฑ์ (มผช. 238/2547) ผลจากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ ใช้อัตราส่วนผสมของถ่านเหง้ามันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเพื่อให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเหง้ามันเป็นวัสดุที่มีมูลค่าต่ำมากอีกทั้งยังมีผู้นำไปใช้ประโยชน์น้อยมาก ทดแทนการใช้กะลามะพร้าวที่มีมูลค่าสูงในปัจจุบันเนื่องจากเมื่อนำกะลามะพร้าวไป แปรรูปจะให้ค่าความร้อนที่สูงมากซึ่งทำให้ถ่านกะลามะพร้าวเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศและนอกประเทศเป็นอย่างมากซึ่งมีผลทำให้กะลามะพร้าวมีราคาสูงขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาหาอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสมทางด้านค่าความร้อน ราคาต่ำ และมีปริมาณมากมีการปลูกตลอดทั้งปีสามารถหาได้ง่าย ได้แก่ เหง้ามันสำปะหลังเมื่อผ่านกระบวนการผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง พบว่ามีคุณสมบัติในการเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ให้ความร้อนได้ดี ยังมีปริมาณเหลือใช้จำนวนมากเพราะยังมีผู้นำมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ น้อยมากซึ่งสอดคล้องกับ จุฑามาศ บุษราคัมวดี (2547: บทคัดย่อ) จากผลการวิจัยพบว่าถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 1 กิโลกรัมจากโรงงานมันเส้น ผงขนาด 10 เซนติเมตร เมื่อส่วนผสมตัวประสานอัตราส่วน 0.9: 0.1 มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด ประสิทธิภาพของการให้ความร้อน โดยมีความร้อน 6,281.08 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม

ผู้วิจัยจึงสนใจทำการวิจัยโดยนำวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวมาผสมกัน โดยที่กำหนดอัตราส่วนผสมเพิ่มขึ้นมาเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะตามเกณฑ์ รวมถึงมีความเหมาะทางด้านต้นทุนการผลิตต่อหน่วยแบ่งออก ได้นั้นนี้ 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5,5, 4:6, 3:7, 2:8, 1:9 ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์จากการคำนวณขั้นต้น และเปรียบเทียบผลจากการคำนวณด้วยวิธี interposal อัตราส่วนที่ไม่ได้ทดลองและทดสอบ วิเคราะห์การคำนวณด้วยวิธี interposal ผลจากคำนวณขั้นต้นแล้วทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วยวิธี interposal ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่ได้คำนวณขั้นต้น พบว่าผลจากการวิเคราะห์และ คำนวณพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 1 มีสมรรถนะทางความร้อนสูงสุดอีกทั้งยังมีต้นทุนในการทุนมากที่สุดซึ่งมีความสัมพันธ์กับผลตอบแทบที่สูงตามไปด้วย ซึ่งมีระยะเวลาในการคืนทุน 1.63 ปี มีความเสี่ยงในการลงทุนสูงกว่าทุกอัตราส่วนผสมและ ยังไม่ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรนำเหง้ามันสำปะหลังที่มีปริมาณที่มากหาได้ง่ายราคาต่ำเนื่องจากยังมีผู้นำมาใช้ประโยชน์น้อยมาก ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์และคำนวณ NPV เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่มีสมรรถนะผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ อีกทั้งยังมีความเสี่ยงในการลงทุนที่ต่ำสุด ผลจากการคำนวณและวิเคราะห์ NPV พบว่า การผลิตถ่านอัดแท่งที่ใช้ถ่านเหง้ามันสำปะหลังเป็นอัตราส่วนผสมหลัก มีสมรรถนะผ่าน

เกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) และมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำมีความเสี่ยงในการลงทุนที่ต่ำสุด ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ จึงเลือกอัตราส่วนผสมที่ 7 มีส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าว 3 ส่วน ต่อ ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 7 ส่วน ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังเพื่อประโยชน์ในการช่วยลดใช้ถ่านกะลามะพร้าวที่มีราคาสูงหาไปยาก โดยใช้ถ่านเหง้ามันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบหลัก ในการผลิตถ่านอัดแท่ง และเป็นการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทนสำหรับงานวิจัย ครั้งนี้ จากนั้นทำการประเมิน เพื่อการกำหนดราคาขายสำหรับถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสมต่างๆ โดยการพิจารณาเปรียบเทียบที่ราคามาตรฐานของถ่านอัดแท่งถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ และผลจากการวิเคราะห์ในการตั้งราคาขายของแต่ละอัตราส่วนผสม โดยการเปรียบเทียบราคาขายมาตรฐานประกอบกับการวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านสมรรถนะค่าความร้อนและการมอดดับของแต่ละอัตราส่วนผสม เมื่อพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์ หากใช้ต้นทุนในปีที่ 1 เท่ากับ 556,669 บาท โดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8 ต่อปี ซึ่งหากมีกำลังการผลิตที่ 400 กิโลกรัมต่อวัน ระยะเวลาการทำงานแต่ละปี เท่ากับ 260 วัน ผลจากการวิเคราะห์ NPV โดยกำหนดราคาขายอยู่ที่ กิโลกรัมละ 9.84 บาท จะใช้ระยะเวลาในการคืนทุน เท่ากับ 1.4 ปี มีผลรวมมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ของค่าตอบแทนเท่ากับ 1,006,729.90 บาท/5 ปี

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะจากการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. ถ่านอัดแท่งยังไม่เป็นที่รู้จักของผู้บริโภค จึงจำเป็นที่จะต้องมีการประชาสัมพันธ์เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้องเกี่ยวกับสมรรถนะและประโยชน์ของการใช้ถ่านอัดแท่งที่ผลิตมาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

2. นอกจากเหง้ามันสำปะหลังที่มีมากในจังหวัดนครราชสีมา ยังมีวัสดุดิบเหลือใช้ทางการเกษตรอยู่หลายชนิดที่สามารถนำมาผลิตถ่านอัดแท่งได้ เช่นกะลามะพร้าว แต่ขึ้นอยู่กับปริมาณวัตถุดิบที่มีอยู่ในพื้นที่นั้นว่ามีเพียงพอและเหมาะสมต่อการลงทุนหรือไม่

3. ควรทำครีบตัวแม่พิมพ์ให้มีความลึกเพื่อช่วยในการประคองให้แท่งถ่านออกมามีรูปทรงตามที่ต้องการและสวยงาม

4. ควรนำถ่านอัดแท่งที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้วหลังจากทำการตากแห้งแล้ว ควรนำถ่านอัดแท่งใส่ถุงพลาสติกทันทีแล้วปิดไม่ให้อากาศเข้าเพื่อไม่ให้อากาศเข้าไปได้ ช่วยไม่ให้ตัวถ่านอัดแท่งดูดความชื้น

**ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป**

1. ศึกษาวิจัยกระบวนการตากแห้ง โดยการอบด้วยเครื่องอบแห้ง เพื่อง่ายต่อการควบคุมและประหยัดระยะเวลาในการทำให้แห้งยังทำให้ถ่านอัดแท่งแห้งและมีคุณภาพ

2. ศึกษาวิจัยมลภาวะทางด้านสิ่งแวดล้อม ของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตรว่ามีก๊าซชนิดใดบาง ที่มีผลกระทบต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยขั้นต้นเท่านั้น

3. ศึกษาวิจัยหาวัตถุดิบที่ใช้ในการนำมาเป็นตัวประสานที่ดีกว่าแป้งมันมีต้นทุนที่ต่ำกว่าสามารถหาได้ง่ายและไม่เป็นมลภาวะต่อผู้บริโภค

# บรรณานุกรม

# บรรณานุกรม


กรกต พิมทะวงศ์. (2546, สิงหาคม, 2546-มกราคม 2547). พลังงานชีวมวล. *วารสารวิชาการราชภัฏอุตรดิตถ์.* (3): 2.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2552). *พลังงานชีวมวล.* สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม พ.ศ. 2552, จาก http://www2.dede.go.th/renew/bio_p.htm

----------. (2552). *พลังงานชีวมวล.* สืบค้นเมื่อ 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2552, จาก http://www.dede.go.th

กระทรวงพลังงาน. (2552). *เทคโนโลยีพลังงานชีวมวลและก๊าซชีวภาพ.* สืบค้นเมื่อ 3 เมษายน 2552, จาก http://www.energy.go.th/moen/Index.aspx?MenuID=67

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

กิติพงษ์ ถือสัตย์. (2547). *การศึกษาศักยภาพทางการตลาดและความเป็นไปได้ของธุรกิจถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา.* นครราชสีมา: ม.ป.พ.

การผลิตชีวมวลในประเทศไทย. (2551). สืบค้นเมื่อ 8 ตุลาคม พ.ศ. 2551, จาก http://www.eppo.go.th/vrs/VRS55-06-biomass.html

จิระ รัตนะ; และ ศิริพร จิวรพันธ์. (2536). *การใช้ถ่านแกลบอัดแท่งในการอบแห้งอาหาร.* ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฑามาศ บุษราคัมวดี. (2547). *สมบัติของถ่านอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลังโดยอ้างอิงถึงแหล่งวัตถุดิบ ขนาดผง และอัตราส่วนตัวประสาน.* วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเกษตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

ชัยชาญ ฤทธิเกรียงไกร. (2547, เมษายน-มิถุนายน). พลังงานทดแทน: พลังงานชีวมวลกับศักยภาพในประเทศไทย. *วารสารโลกพลังงาน.* 6(23). สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม พ.ศ. 2552, จาก http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/2004/23/02.php

ทองม้วน นาเสงี่ยม. (2524).*พลังงานทดแทนจากใบฉำฉา.* รายงานการวิจัยทางวิทยาศาสตร์วิทยาลัยครูมหาสารคาร. มหาสารคาม: ม.ป.พ.

ทิพาวรรณ รักษ์วงศ์; และ อัญชริการ์ ไชยศรีหา. (2545). *เชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านเปลือกทุเรียนผสมกับกากตะกอนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษภาควิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม.* มหาสารคาม: คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ธารินี มหายศนันท์. (2548). *การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งสำหลับการผลิตในระดับครับเรือน.* วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเกษตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

ธวัชชัย หล่อวิจิตร; และคณะ. (2531). *ศึกษาเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวแบบต่อเนื่องมีอัตราการการผลิตถ่าน.* กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์; และชนะ เยี่กลมสิ่งห์. (ม.ป.ป.). *การปรับปรุงคุณภาพถ่านอัดแท่งจากซังโพด.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

บุญมา ป้านประดิษฐ์; และคณะ. (ม.ป.ป.). ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน และศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม. นครปฐม: คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บริษัท ไทยซูมิจำกัด. (2551). *การใช้ประโยชน์จากถ่านไม้.* สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม พ.ศ. 2552, จาก http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/charcoal_fun2.php 28/08/2008 12.05

บริษัทไทยซูมิจำกัด. (2551). *การส่งเสริมการใช้พลังงานจากชีวมวลของประเทศไทย.* สืบค้นเมื่อ 8 ตุลาคม พ.ศ. 2551, จาก http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/chevamul.php

ประสิทธิ์ ตงยิ่งศริ. (2535). *การวิเคราะห์และประเมินโครงการ.* พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

ประลอง ดำรงค์ไทย. (2540). *การผลิตถ่านจากสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซิสและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ.* สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม พ.ศ. 2552, จาก http://www.forest.go.th/Research/Res/energy.html

ผลิตภัณฑ์คนไทยไม่ทำลายป่าไม้ไม่ก่อเกิดมลภาวะ. (ม.ป.ป.). ถ่านกะลามะพร้าวอัด. สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม พ.ศ. 2552, จาก http://www.siaminfobiz.com/mambo/index.php/content/view/35/85/28/08/200812.05

พรสถิต ยงยืน. (2552). *ทำถ่านอัดแท่ง แข่งกับเมืองนอก.* พิมพ์ครั้งที่ 1. พระนครศรีอยุธยา: ไทยซูมิ.

พลังงานชีวมวล นิตยสารเกษตรศาสตร์. (2552). สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม พ.ศ. 2552, จาก http://www.ku.ac.th/e-magazine/jun51/know/know4.htm

พัชฎาภรณ์ เจริญรอย; และ อรชุมา นุสีวอ. (2545). *การทำแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร.* มหาสารคาม: ภาควิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พิมพร แจ้งพลอย. (2546). *แนวทางวิจัยพลังงานหมุนเวียนเน้นพลังงานชีวมวลและพลังงานน้ำขนาดเล็กสำหรับประเทศไทย.* กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2550). *การปลูกมะพร้าว.* สืบค้นเมือ 3 มีนาคม พ.ศ. 2552, จาก http://web.ku.ac.th/agri/coconut1/index-1.htm

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. (2549). *ชีวมวล.* กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิฯ.

มานพ ธรสินธ์. (2548). *การอบไม้สักแปรรูปโดยใช้พลังงานเหลือทิ้งจากการผลิต*ถ่าน. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

เมืองแมน นรเทพ. (2548, 15 กุมภาพันธ์). ผลิตภัณฑ์คนไทยไม่ทำลายป่าไม้ไม่ก่อเกิดมลภาวะถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง (COCO CHARCOAL). *เส้นทางเศรษฐี.* 10(127): 46-47 สืบค้นเมื่อ 28 ตุลาคม พ.ศ. 2551, จาก http://www.siaminfobiz.com/mambo/index.php/content/view/35/85/

ลือพงษ์ ลือนาม; และจรูญพงศ์ เทียมประทีป. (2549). *การศึกษาต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยการเผาแบบกึ่งต่อเนื่อง.* กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

ลือพงษ์ ลือนาม; และสมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช. (2551). *การวิจัยและพัฒนาการผลิตถ่านกะลามะพร้าวในกระดับเกษตรกร.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคนิดเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วัฒนา เสถียรสวัสดิ์; เรณู เอี่ยมธนาภรณ์; เดชา สายรวมญาติ; และคณะ. (2530). *โครงการเชื้อเพลิงแข็ง.* รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

วันชัย ริจิรวนิช; และ ชอุ่ม พลอยมีค่า. (2547). *เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.* พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิทูรย์ หงษ์สุมาลย์; และ สุธี หงษ์สุมาลย์. (2529). *ฟื*นแท่งจากเศษวัสดุทางการเกษตรโดยการรีดให้มีความพรุนต่างๆ กัน. *รายงานวิจัยประจำปี.*

วนิตา จาดดำ. (2548). *การศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียวที่ผลิตโดยเครื่องอัดแบบเกลียว.* วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เคมีสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ถ่ายเอกสาร.

วรรณรัก นพเจริญกุล. (2548). *การผลิตถ่านกัมมันต์จากก้านทะลายปาล์มน้ำมันโดยการกระตุ้นด้วยโปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์และไอน้ำ.* กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

วารสารเกษตรพระจอมเกล้าใน. (2549, มกราคม – เมษายน). 24(1): 36-41.

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง. (2549). *การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสม สำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว.* กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. (2549). *ชีวมวล*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คิว พริ้นท์ แมเนจเม้นท์.

สาวิตรี จันทรานุรักษ์. (2543). การผลิตถ่านอัดก้อนที่มีคุณภาพสูงจากวัสดุเหลือใช้. โดยใช้เครื่องอัดแท่งชนิดเกลียว. *รายการผลการวิจัยประจำปี/รายงานประจำปี.*

สุชัย ศศิวิมลพันธ์; และสมชาย วงศ์วิเศษ. (2533). เตาผลิตถ่านกะลามะพร้าวแบบเผาไหม้กึ่งต่อเนื่อง ใน *วารสารเกษตรอุสาหกรรม*. 1: 6-10.

สุชัย ศศิวมลพันธุ์; และสมชาย วงศ์วิเศษ. (2533). *ศึกษาเตาผลิตถ่านกะลามะพร้าวแบบเผาไหม้กึ่งต่อเนื่อง*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

สุธรรม ปทุมสวัสดิ์. (2546, ตุลาคม-ธันวาคม). *วารสารเทคนิคศึกษา*. 16(48): 37.

สมบัติ บุญกระจ่าง. (2550). การศึกษาเพื่อนำเศษวัสดุเหลือใช้การเกษตรมาผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นพลังงานความร้อน. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา. (2539). *นิเวศวิทยา: สิ่งแวดล้อมกับการปรับปรุงความเป็นอยู่ของมนุษย์.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2545, มกราคม-มีนาคม). การส่งเสริมการใช้พลังงานจากชีวมวลของประเทศไทย. *วารสารนโยบายพลังงาน*. สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม พ.ศ. 2552, จาก http://www.eppo.go.th/vrs/VRS55-06-biomass.html.

----------. (2546, มกราคม-มีนาคม). ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ กรมโรงงานอุตสาหกรรม. *วารสารนโยบายพลังงาน*. (59): 11.

----------. (2551, กุมภาพันธ์). *พลังงานกู้โลกร้อน เชื้อเพลิงทางเลือก ทางรอดประเทศไทย กรุงเทพมหานคร*. กรุงเทพฯ: สำนักฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547:ก). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง*. สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม พ.ศ. 2552, จาก http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps238_47.pdf.

----------. (2547?ข). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม*. สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม พ.ศ. 2552, จาก http://wwwtisi.go.th/otop/pdf_file/tcps657_47.pdf

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2543). *สถิติการปลูกมันสำปะหลัง 2542*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง มผช. 238-2547*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

อรุณรัตน์ วุฒิมงคลชัย. (2529). *ตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ่ายเอกสาร.

อาภาวดี เบ็ญจมธารกุล. (2546). *การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียอุตสาหกรรมเพื่อเป็นพลังงานทดแทน.* กรุงเทพฯ: สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาเทคโนโลพระจอมเกล้าธนบุรี.

โอภาส สุขหวาน. (2545, มกราคม-เมษายน). การประหยัดพลังงานเริ่มที่ตัวเรา: *อุปกรณ์สำนักงาน. วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์.* 3(1): 47-48.

อำนาจ คงไทย. (2547). *ศักยภาพในการใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล.* กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

Dong Xu Chang. (2001). *Briquet and production technology.* China Patent, No.1285391

Owen McDougal; Richard Stanley; & Seth C.Holstein. (2001). A unique approach to conservation. *Chemical Innovation.* 31(2): 22-28.

Kerdsuwan Somsat; Dornkrasin Nisakorn; & Uyasathien Aussani. (2000). *Utilization of fuel briquette derived from mixing fat,oil and grease with sawdust.* Proceeding of the Air and Waste Management Association, Annual Conference & Exhibitie 95th.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก
## ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ

.

ห้องปฏิบัติการ ศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
228-228/1-3 ถนนสิรินธร เขตบางพลัด กทม. 10700
โทรศัพท์ : 02-423-9407-10 โทรสาร : 02-423-9409

# ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อลูกค้า : คุณรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล
ที่อยู่ : 8/66-67 ถ.พระราม 2 (23) แขวงบางมด เขตจอมทอง กรุงเทพฯ 10150
แหล่งเก็บตัวอย่าง : -

วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 2 พฤศจิกายน 2552
วันเดือนปีที่ทำการทดสอบ : 2 – 16 พฤศจิกายน 2552
เวลาที่เก็บตัวอย่าง : -

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบเลขที่ : 0028/2552
หมายเลขปฏิบัติการ : SDS/52-0098
ชนิดตัวอย่าง : ถ่านกะลามะพร้าว 9 ส่วน ต่อ ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 1 ส่วน
วันเดือนปีที่เก็บตัวอย่าง : -
วิธีเก็บตัวอย่าง : -
ผู้เก็บตัวอย่าง : คุณรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล
หน้า 1/1

| รายการทดสอบ | หน่วย | วิธีทดสอบ | ค่าที่วิเคราะห์ได้ |
|---|---|---|---|
| 1. ความชื้น | % | Calculation | 1.04 |
| 2. สารที่เผาไหม้ได้ | % | Calculation | 85.83 |
| 3. ปริมาณเถ้า | % | Incineration | 14.03 |
| 4. ปริมาณคาร์บอนคงตัว | % | Incineration | 0.14 |
| 5. ความร้อน | Kcal/kg | Bomb Calorimeter | 6,580.10 |

.....
(นางสาวประวรดา โภชนจันทร์)
รองผู้อำนวยการศูนย์ฯ ฝ่ายห้องปฏิบัติการ
(16/พ.ย./52)

.....
(นางสาวเพียงกมล ยุวนานนท์)
หัวหน้างาน
(16/พ.ย./52)

*ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้อำนวยการศูนย์สิ่งแวดล้อมเป็นลายลักษณ์อักษร*
*รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบเท่านั้น*
*ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างอิง*

ห้องปฏิบัติการ ศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
228-228/1-3 ถนนสิรินธร เขตบางพลัด กทม. 10700
โทรศัพท์ : 02-423-9407-10 โทรสาร : 02-423-9409

# ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อลูกค้า : คุณรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล
ที่อยู่ : 8/66-67 ถ.พระราม 2 (23) แขวงบางมด เขตจอมทอง กรุงเทพฯ 10150
แหล่งเก็บตัวอย่าง : -
วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 15 กันยายน 2552
วันเดือนปีที่ทำการทดสอบ : 15 – 27 กันยายน 2552
เวลาที่เก็บตัวอย่าง : -

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบเลขที่ : 0021/2552
หมายเลขปฏิบัติการ : SDS/52-0042
ชนิดตัวอย่าง : แป้งมัน
วันเดือนปีที่เก็บตัวอย่าง : -
วิธีเก็บตัวอย่าง : -
ผู้เก็บตัวอย่าง : คุณรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล
หน้า 1/3

| รายการทดสอบ | หน่วย | วิธีทดสอบ | ค่าที่วิเคราะห์ได้ |
|---|---|---|---|
| 1. ความชื้น | % | Calculation | 0.90 |
| 2. ปริมาณเถ้า | % | Incineration | 0.05 |
| 3. ความร้อน | Kcal/kg | Bomb Calorimeter | 3,724.70 |

(นางสาวประวรดา โภชนจันทร์)
รองผู้อำนวยการศูนย์ฯ ฝ่ายห้องปฏิบัติการ
(27/10/52)

(นางสาวเพียงกมล ยุวนานนท์)
หัวหน้างาน
(27/ก.ย./52)

*ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้อำนวยการศูนย์สิ่งแวดล้อมเป็นลายลักษณ์อักษร*
*รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบเท่านั้น*
*ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างอิง*

ห้องปฏิบัติการ ศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
228-228/1-3 ถนนสิรินธร เขตบางพลัด กทม. 10700
โทรศัพท์ : 02-423-9407-10 โทรสาร : 02-423-9409

# ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อลูกค้า : คุณรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล
ที่อยู่ : 8/66-67 ถ.พระราม 2 (23) แขวงบางมด เขตจอมทอง กรุงเทพฯ 10150
แหล่งเก็บตัวอย่าง : -
วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 15 กันยายน 2552
วันเดือนปีที่ทำการทดสอบ : 15 – 27 กันยายน 2552
เวลาที่เก็บตัวอย่าง : -

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบเลขที่ : 0021/2552
หมายเลขปฏิบัติการ : SDS/52-0043
ชนิดตัวอย่าง : เหง้ามันสำปะหลัง
วันเดือนปีที่เก็บตัวอย่าง : -
วิธีเก็บตัวอย่าง : -
ผู้เก็บตัวอย่าง : คุณรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล


| รายการทดสอบ | หน่วย | วิธีทดสอบ | ค่าที่วิเคราะห์ได้ |
|---|---|---|---|
| 1. ความชื้น | % | Calculation | 0.04 |
| 2. ปริมาณเถ้า | % | Incineration | 21.69 |
| 3. ความร้อน | Kcal/kg | Bomb Calorimeter | 4,307.90 |

.....
(นางสาวประวรดา โภชนจันทร์)
รองผู้อำนวยการศูนย์ฯ ฝ่ายห้องปฏิบัติการ
(27/ก.ย./52)

.....
(นางสาวเพียงกมล ยุวนานนท์)
หัวหน้างาน
(27/ก.ย./52)

*ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้อำนวยการศูนย์สิ่งแวดล้อมเป็นลายลักษณ์อักษร*
*รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบเท่านั้น*
*ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างอิง*

ห้องปฏิบัติการ ศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
228-228/1-3 ถนนสิรินธร เขตบางพลัด กทม. 10700
โทรศัพท์ : 02-423-9407-10 โทรสาร : 02-423-9409

# ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อลูกค้า : คุณรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล
ที่อยู่ : 8/66-67 ถ.พระราม 2 (23) แขวงบางมด เขตจอมทอง กรุงเทพฯ 10150
แหล่งเก็บตัวอย่าง : -
วันเดือนปีที่รับตัวอย่าง : 15 กันยายน 2552
วันเดือนปีที่ทำการทดสอบ : 15 – 27 กันยายน 2552
เวลาที่เก็บตัวอย่าง : -

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบเลขที่ : 0021/2552
หมายเลขปฏิบัติการ : SDS/52-0044
ชนิดตัวอย่าง : กะลามะพร้าว
วันเดือนปีที่เก็บตัวอย่าง : -
วิธีเก็บตัวอย่าง : -
ผู้เก็บตัวอย่าง : คุณรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล
หน้า 3/3

| รายการทดสอบ | หน่วย | วิธีทดสอบ | ค่าที่วิเคราะห์ได้ |
|---|---|---|---|
| 1. ความชื้น | % | Calculation | 0.14 |
| 2. ปริมาณเถ้า | % | Incineration | 15.69 |
| 3. ความร้อน | Kcal/kg | Bomb Calorimeter | 7,159.60 |

.....
(นางสาวประวรดา โภชนจันทร์)
รองผู้อำนวยการศูนย์ฯ ฝ่ายห้องปฏิบัติการ
(27/09/52)

.....
(นางสาวเพียงกมล ยุวนานนท์)
หัวหน้างาน
(27/ก.ย./52)

*ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้อำนวยการศูนย์สิ่งแวดล้อมเป็นลายลักษณ์อักษร*
*รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบเท่านั้น*
*ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างอิง*

ที่ วท 0307/ 22062

ถึง บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ ตัวอย่างอากาศ หมายเลขปฏิบัติการ L52/10258.1- L52/10258.2 จำนวน 2 ตัวอย่าง ได้รับเมื่อวันที่ 16 กันยายน 2552 ตามหนังสือ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ ศธ 0519.12/9930 ลงวันที่ 9 กันยายน 2552

พร้อมนี้ได้แนบผลการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ มาเพื่อทราบ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

30 พฤศจิกายน 2552

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม
โทร. 0 2201 7130
โทรสาร 0 2201 7127
E-mail : physics@dss.go.th

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

# รายงานการทดสอบ

| ชื่อวัตถุตัวอย่าง | เครื่องหมาย / ตรา | หมายเลขปฏิบัติการ |
|---|---|---|
| อากาศภายในกล่อง<br>ขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร | - | L52/10258.1- L52/10258.2 |

## ผลการทดสอบ

| หมายเลขปฏิบัติการ | ตำแหน่ง | CO<br>ppm | $CO_2$<br>% | $NO_x$<br>ppm | $SO_2$<br>ppm |
|---|---|---|---|---|---|
| L52/10258.1 | ภายในกล่องขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร หลังจากเผาถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง (สูตร 9:1) ไปแล้ว 1 ชั่วโมง | 3,019 | 4.68 | 9 | 72 |
| L52/10258.2 | ภายในกล่องขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร หลังจากเผาถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง (สูตร 9:1) ไปแล้ว 2 ชั่วโมง | > 4,000 | 9.11 | 26 | 195 |

ชื่อผู้ใช้บริการ นักศึกษาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ผู้ใช้บริการ สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110
ลักษณะตัวอย่าง -
วันที่ทดสอบ 7 พฤศจิกายน 2552
วิธีทดสอบ ทดสอบด้วย Chemical Cell
หมายเหตุ เก็บตัวอย่างวันที่ 7 พฤศจิกายน 2552

ผู้รับรอง
(นายเทพวิทูรย์ ทองศรี)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน
(นาย ชนินทร์ เลิศคณาวนิชกุล)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ค่าธรรมเนียมการทดสอบ 4,000.00 บาท (สี่พันบาทถ้วน)

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

# ภาคผนวก ข

## การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วย และ การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ

**การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วย และ การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ**

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านอัดแท่ง ทางผู้วิจัยจึงได้กำหนดระยะเวลาในการวิเคราะห์ระยะเวลาที่สามารถใช้เครื่องจักร เท่ากับ 5 ปีหรือ 1,300 วัน มีรายละเอียดในการวิเคราะห์ ดังนี้

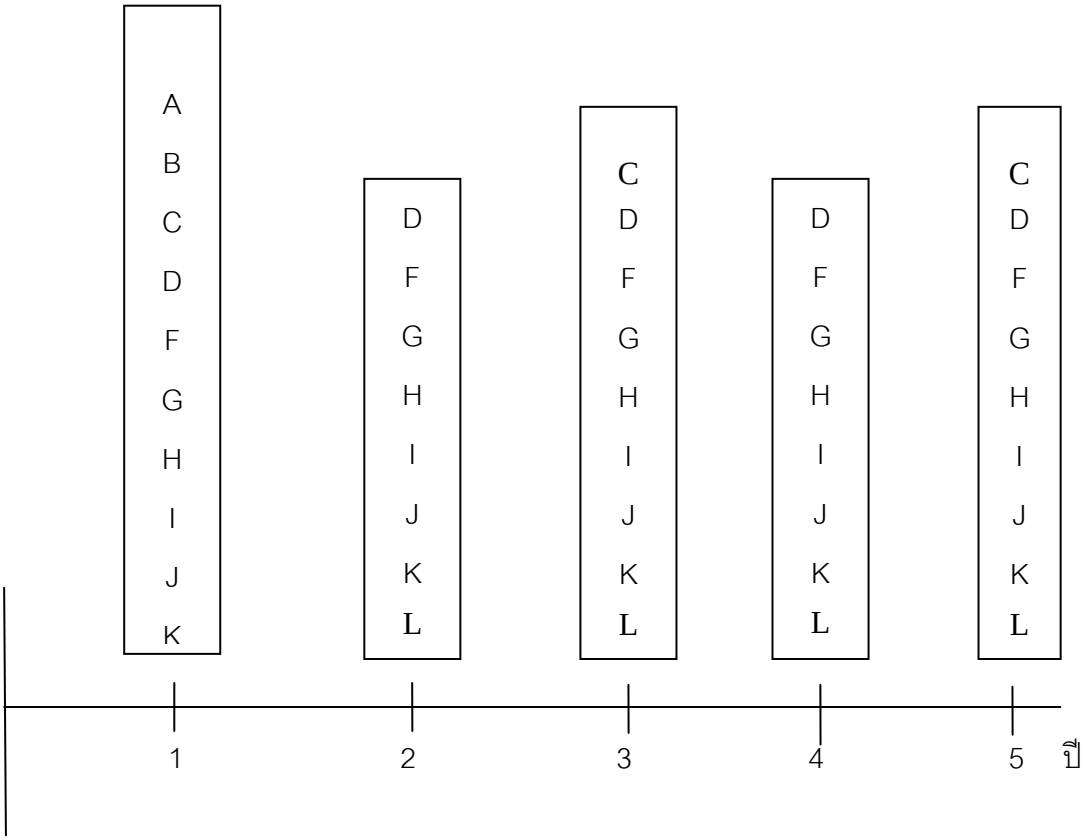
ตาราง 22 แสดงรายการราคาต้นทุนของเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

| รายการเครื่องจักรและอุปกรณ์ถ่านอัดแท่ง | ราคา (บาท) |
|---|---|
| 1. เครื่องบด จำนวน 1 เครื่อง | 70,000 |
| 2. เครื่องอัดแบบเกลียวตัวหนอนจำนวน 1 เครื่อง | 80,000 |
| 3. ถัง 200 ลิตร มีฝาปิด จำนวน 14 ใบ / 5ปี | 21,000 |
| 4. ถังผสมวัตถุดิบ (Mixing Tank) 5 ใบ / 5ปี | 5,000 |
| ราคาต้นทุนรวม | 176,000 |

ตาราง 23 แสดงรายการราคาต้นทุนผันแปร ของการผลิตถ่านอัดแท่ง

| รายการวัตถุดิบและแรงงาน | ราคา (บาท) |
|---|---|
| 1. กะลามะพร้าว กิโลกรัมละ(รวมค่าขนส่ง) | 2 |
| 2. เหง้ามันสำปะหลัง กิโลกรัมละ(รวมค่าขนส่ง) | 0.5 |
| 3. แป้งมัน กิโลกรัมละ | 10 |
| 4. ค่าน้ำ ลิตรละ | 0.02 |
| 5. ค่าไฟฟ้า หน่วยละ | 3.5 |
| 6. ค่าแรงงานวันละ | 180 |

**มูลค่าปัจจุบันสุทธิ** (Net Present Value **หรือ** NPV) คือ มูลค่าปัจจุบันของกระแสตอบแทนสุทธิหรือกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งคำนวณได้ด้วยการทำส่วนลดกระแสผลตอบแทนสุทธิตลอดชั่วอายุของโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน หรืออาจคำนวณหาจากความแตกต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนรวม และมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุนรวม สามารถคำนวณ ได้ดังนี้




ภาพประกอบ 28 แสดงลักษณ์การลงทุนรายปีของการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

จากภาพประกอบ 28 แสดงลักษณ์การลงทุนรายปีของการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ดังต่อไปนี้

A หมายถึง เครื่องอัด 1 เครื่อง เครื่องละ 80,000 บาท

B หมายถึง เครื่องบด 1 เครื่อง เครื่องละ 70,000 บาท

C หมายถึง ถังผสม 1 ใบ/1ปีครึ่ง ใบละ 1,000 บาท

D หมายถึง ถังเผาแบบถัง 200 ลิตร 14 ใบ/1ปี ใบละ 300 บาท

F หมายถึง ถ่านกะลามะพร้าวกิโลกรัมละ 5.26 บาท

G หมายถึง ถ่านเหง้ามันสำปะหลังกิโลกรัมละ 1.67 บาท กำลังการผลิต

H หมายถึง แป้งมันสำปะหลังกิโลกรัมละ 10 บาท 0.5 กิโลกรัม/วัตถุดิบ 10 กิโลกรัม

I หมายถึง แรงงานวันละ 4 คน คนละ 180 บาท ทำงาน 8 ชั่วโมง

J หมายถึง ค่าน้ำ ลิตรละ 0.02 บาท

K หมายถึง ค่า ไฟ หน่อยละ 3.5 บาท

L หมายถึง ค่าบำรุงรักษาปีละ 100 บาท

ผลการคำนวณต่อทุนการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยกำหนดให้ค่าแรงงานและค่าสธนบริโภค ทุกอัตราส่วนอยู่ที่ 218,669 บาท/ปี และค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังจะแปรผันไปตามอัตราส่วนผสมที่ต่างกันทั้ง 9 อัตราส่วน ของต้นทุนแต่ละปีโดยคำนวณดังต่อไปนี้

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 1 = ค่าแรงงานและค่าสธนบริโภค+ค่าวัตถุดิบ = ต้นทุนรวม
= 218,669 + 561,600 = 780,269 บาท/ปี

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 2 = ค่าแรงงานและค่าสธนบริโภค+ค่าวัตถุดิบ = ต้นทุนรวม
= 218,669 + 524,160 = 742,829 บาท/ปี

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 3 = ค่าแรงงานและค่าสธนบริโภค+ค่าวัตถุดิบ = ต้นทุนรวม
= 218,669 + 486,720 = 705,389 บาท/ปี

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 4 = ค่าแรงงานและค่าสธนบริโภค+ค่าวัตถุดิบ = ต้นทุนรวม
= 218,669 + 449,280 = 667,949 บาท/ปี

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 5 = ค่าแรงงานและค่าสธนบริโภค+ค่าวัตถุดิบ = ต้นทุนรวม
= 218,669 + 412,880 = 631,549 บาท/ปี

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 6 = ค่าแรงงานและค่าสธนบริโภค+ค่าวัตถุดิบ = ต้นทุนรวม
= 218,669 + 375,440 =594,109 บาท/ปี

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 7 = ค่าแรงงานและค่าสธนบริโภค+ค่าวัตถุดิบ = ต้นทุนรวม
= 218,669 + 338,000 =556,669 บาท/ปี

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 8 = ค่าแรงงานและค่าสธนบริโภค+ค่าวัตถุดิบ = ต้นทุนรวม
= 218,669 + 300,560 =519,229 บาท/ปี

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 9 = ค่าแรงงานและค่าสธนบริโภค+ค่าวัตถุดิบ = ต้นทุนรวม
= 218,669 + 263,120 =481,789 บาท/ปี

การคำนวณหาต้นทุนต่อหน่วยของแต่ละอัตราส่วนผสมโดยวิธีการคำนวณ ดังต่อไปนี้

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 1 = ต้นทุนรวม/ปี ÷ กำลังการผลิต/วัน ÷ กำลังการผลิต/ปี = ต้นทุนต่อหน่วย
= 780,269 ÷ 400 ÷ 260 = 7.50 บาท/กิโลกรัม

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 2 = ต้นทุนรวม/ปี ÷ กำลังการผลิต/วัน ÷ กำลังการผลิต/ปี = ต้นทุนต่อหน่วย
= 742,829 ÷ 400 ÷ 260 = 5.35 บาท/กิโลกรัม

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 3 = ต้นทุนรวม/ปี ÷ กำลังการผลิต/วัน ÷ กำลังการผลิต/ปี = ต้นทุนต่อหน่วย
= 705,389 ÷ 400 ÷ 260 = 6.78 บาท/กิโลกรัม

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 4 = ต้นทุนรวม/ปี ÷ กำลังการผลิต/วัน ÷ กำลังการผลิต/ปี = ต้นทุนต่อหน่วย
= 667,949 ÷ 400 ÷ 260 = 6.42 บาท/กิโลกรัม

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 5 = ต้นทุนรวม/ปี ÷ กำลังการผลิต/วัน ÷ กำลังการผลิต/ปี = ต้นทุนต่อหน่วย
= 631,549÷ 400 ÷ 260 = 6.07บาท/กิโลกรัม

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 6 = ต้นทุนรวม/ปี ÷ กำลังการผลิต/วัน ÷ กำลังการผลิต/ปี = ต้นทุนต่อหน่วย
= 594,109 ÷ 400 ÷ 260 = 5.71บาท/กิโลกรัม

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 7 = ต้นทุนรวม/ปี ÷ กำลังการผลิต/วัน ÷ กำลังการผลิต/ปี = ต้นทุนต่อหน่วย
= 556,669 ÷ 400 ÷ 260 = 5.35 บาท/กิโลกรัม

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 8 = ต้นทุนรวม/ปี ÷ กำลังการผลิต/วัน ÷ กำลังการผลิต/ปี = ต้นทุนต่อหน่วย
= 519,229 ÷ 400 ÷ 260 = 4.99 บาท/กิโลกรัม

ต้นทุนอัตราส่วนผสมที่ 9 = ต้นทุนรวม/ปี ÷ กำลังการผลิต/วัน ÷ กำลังการผลิต/ปี = ต้นทุนต่อหน่วย
= 481,789 ÷ 400 ÷ 260 = 4.63 บาท/กิโลกรัม

ตาราง 24 แสดงการคำนวณต้นทุนแปรผัน (Variable cost) ของการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังต่อปี ในแต่ละอัตราส่วน

| อัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่ง | ค่าความร้อน (kJ/กก.) | ค่าวัตถุดิบ (บาท/ปี) | แรง+สาธารณูปโภค (บาท/ปี) | รวมต้นทุน/ปี (บาท/ปี) |
|---|---|---|---|---|
| 9:1 | 6,588.09 | 561,600 | 218,669 | 780,269 |
| 8:2 | 6,328.84 | 524,160 | 218,669 | 742,829 |
| 7:3 | 6,069.60 | 486,720 | 218,669 | 705,389 |
| 6:4 | 5,810.35 | 449,280 | 218,669 | 667,949 |
| 5:5 | 5,551.11 | 412,880 | 218,669 | 631,549 |
| 4:6 | 5,291.86 | 375,440 | 218,669 | 594,109 |
| 3:7 | 5,032.62 | 338,000 | 218,669 | 556,669 |
| 2:8 | 4,773.37 | 300,560 | 218,669 | 519,229 |
| 1:9 | 4,514.13 | 263,120 | 218,669 | 481,789 |

ตาราง 24 การคำนวณต้นทุนแปรผัน (Variable cost) ของการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ต่อปี ในแต่ละอัตราส่วน โดยคำนวณจากค่าเครื่องจักร ถังผสม ถังเผา แรงงาน วัตถุดิบ ค่าแป้งมันสำปะหลัง ค่าน้ำ และ ค่าไฟ คิดคำนวณรวมได้เป็นต้นทุนรวมต่อปี ดังตารางที่ 24 จากข้อมูลเบื้องต้น

ตาราง 25 การประเมินการกำหนดราคาขายสำหรับถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสมต่างๆ

| **อัตราส่วน** | **ค่าความร้อน (kcal/กก.)** | **ระยะเวลามอดดับ (นาที)** | **ราคาเมือเทียบกับ ปัจจัยตัวแปรที่ 1 และ 2** |
|---|---|---|---|
| 1:0 | 7159.6 | NA | NA |
| 9:1 | 6,588.09 | 212 | 12.88 |
| 8:2 | 6,328.84 | 206 | 12.03 |
| 7:3 | 6,069.60 | 201 | 11.23 |
| 6:4 | 5,810.35 | 195 | 10.47 |
| 5:5 | 5,551.11 | 190 | 9.73 |
| 4:6 | 5,291.86 | 183 | 8.95 |
| 3:7 | 5,032.62 | 177 | 8.20 |
| 2:8 | 4,773.37 | 170 | 7.48 |
| 1:9 | 4,514.13 | 161 | 6.70 |

จากตาราง 25 ผลการประเมินการกำหนดราคาขายสำหรับถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสมต่างๆ โดยการพิจารณาเปรียบเทียบที่ราคาถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ประกอบกับการเปรียบเทียบในเชิงเส้น ภาพประกอบ 27 กับค่าความร้อนและราคามาตรฐานของถ่านอัดแท่งถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ และการเปรียบเทียบกับคุณสมบัติในการมอดดับในเชิงเส้นกับระยะเวลาในการมอดดับจากการทดสอบ ดังต่อไปนี้

1. การกำหนดราคาขายเบื้องต้นเริ่มจากพิจารณาเปรียบเทียบที่ราคาถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ ที่ 14 บาท/กิโลกรัม เป็นราคามาตรฐาน

2. ปัจจัยตัวแปรที่ 1 สำหรับการการกำหนดราคาถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ที่มีส่วนผสมของอัตราส่วนต่างๆ ขึ้นอยู่กับการเปรียบเทียบในเชิงเส้นกับค่าความร้อนและราคามาตรฐานของถ่านอัดแท่งถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์

3. ปัจจัยตัวแปรที่ 2 สำหรับการการกำหนดราคาถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ที่มีส่วนผสมของอัตราส่วนต่างๆ ขึ้นอยู่กับการเปรียบเทียบกับคุณสมบัติในการมอดดับในเชิงเส้นกับระยะเวลาในการมอดดับจากการทดสอบ

ผลจากตาราง 25 ผลการพิจารณาเปรียบเทียบที่ราคามาตรฐานของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ และผลจากการวิเคราะห์ในการตั้งราคาขายของแต่ละอัตราส่วนผสม โดยการเปรียบเทียบราคาขายมาตรฐานประกอบกับการวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านสมรรถนะค่าความร้อนและการมอดดับของแต่ละอัตราส่วนผสม พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมที่มีถ่านกะลามะพร้าวมากที่สุดจะมีสมรรถนะที่ดีที่สุดและมีผลตอบแทนสูงสุด แต่เนื่องจากปัจจุบันกะลามะพร้าวมีผู้นำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆในปริมาณมากเป็นผลทำให้กะลามะพร้าวมีราคาสูงขึ้นมาก และหาได้ยากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสมตามมาตรฐาน(มผช.)โดยนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้ประโยชน์ในสักส่วนที่สูงขึ้น

ผลจากการวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านสมรรถนะค่าความร้อนและการมอดดับของแต่ละอัตราส่วนผสม ที่มีค่าความร้อน ผ่านมาตรฐาน (มผช.) ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 7 มีถ่านกะลามะพร้าว 3 ส่วน ต่อ ถ่านเหง้ามัน 7 ส่วน ผลจากการวิเคราะห์ พบว่า เป็นอัตราส่วนผสมที่มีสมรรถนะตามเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) ผลการพิจารณาเปรียบเทียบที่ราคามาตรฐานของถ่านอัดแท่งถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ และผลจากการวิเคราะห์ในการตั้งราคาขายของแต่ละอัตราส่วนผสม โดยการเปรียบเทียบราคาขายมาตรฐานประกอบกับการวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านสมรรถนะค่าความร้อนและการมอดดับ อัตราส่วนผสมที่ 7 มีผลตอบแทนน้อยกว่า อัตราส่วนผสมที่ 1 ถึง 6 แต่เนื่องจากผู้วิจัยต้องการนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสมหลัก อีกทั้งยังต้องการใช้ถ่านเหง้ามันสำปะหลังเป็นผสมส่วนให้มากที่สุด ถึงจะมีผลตอบแทบที่ ต่ำแต่เป็นการส่วนเสริมให้เกษตรกรนำเหง้ามันสำปะหลังกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นพลังงานทดแทน การใช้ถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีราคาสูงอีกทั้งยังมีปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการในปัจจุบัน ผลจากการเปรียบเทียบและทำการวิเคราะห์ผู้วิจัยมีความสนใจในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านเหง้ามันสำปะหลังเป็นอัตราส่วนผสมหลักและถ่านกะลามะพร้าวเป็นอัตราส่วนลองเพื่อให้มีสมรรถนะผ่านมาตรฐาน(มผช.)

วิธีการคำนวณหา NPV แต่ละอัตราส่วนผสมต้นทุนเครื่องจักร รายจ่าย และรายรับในแต่ละปี โดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ 8 บาท/ปี เป็นอัตราดอกเบี้ยคงทีตลาดระยะเวลาของโครงการทุกอัตราส่วนจะมีต้นทุนเครื่องจักรที่เท่ากัน อยู่ที่ 176,000 บาท โดยวิเคราะห์การคำนวณได้ดังต่อไปนี้

อัตราส่วนผสมที่ 1 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุนสูงที่สุด อยู่ที่ 780,269 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,339,775.83 บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 2057948.54 บาท/5ปี สามารคคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.63 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 2 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 742,829 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,250,627.84 บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,851,493.54 บาท/5ปี สามารคคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.59 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 3 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 705,389 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,168,366.98 บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,672,536.85 บาท/5ปี สามารคคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.56 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 4 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 667,949 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,088,755.17 บาท/ปีจากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,504,157.04 บาท/5ปี สามารคคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.53 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 5 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 631,549 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 1,011,742.95 บาท/ปีจากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,504,157.04 บาท/5ปี สามารคคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.53 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 6 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 594,109 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 930,633.41 บาท/ปีจากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,167,644.38 บาท/5ปี สามารคคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.46 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 7 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 556,669 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 852,891.34 บาท/ปีจากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 1,006,729.90 บาท/5ปี สามารคคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1.40 ปี

อัตราส่วนผสมที่ 8 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 519,229 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 778,414.25 บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 858,851.53 บาท/5ปี

อัตราส่วนผสมที่ 9 จะมีรายจ่าย/ปีในการลงทุน อยู่ที่ 481,789 บาท/ปี รายรับอยู่ที่ 697166.79 บาท/ปี จากนั้นเป็นรายรับสุทธิอยู่ที่ 683941.07 บาท/5ปี

การวิเคราะห์การคำนวณหา NPV โดยคำนวณจากต้นทุน รายจ่าย และรายรับในแต่ละปี โดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8 บาท/ปี เป็นอัตราดอกเบี้ยคงทีตลาดระยะเวลาของโครงการ ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์การคำนวณหา NPV โดยคำนวณจากต้นทุน รายจ่าย และรายรับในแต่ละปี โดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8 บาท/ปี เป็นอัตราดอกเบี้ยคงทีตลาดระยะเวลาของโครงการ ดังตารางต่อไปนี้

| อัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่ง | ต้นทุนเครื่องจักร (บาท) | รายจ่าย (บาท/ปี) | รายรับ (บาท/ปี) | Rt (1-5) | NPV รายปี t=1 | t=2 | t=3 | t=4 | t=5 | NPVt=1-5 | คืนทุน (ปี) | IRR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9:1 | 176000 | 780,269 | 1339775.83 | 559506.83 | 518061.88 | 479686.93 | 444154.56 | 411254.22 | 380790.95 | 2057948.54 | 1.63 | 317.65 |
| 8:2 | 176000 | 742,829 | 1250627.84 | 507798.84 | 470184.11 | 435355.66 | 403107.09 | 373247.30 | 345599.36 | 1851493.52 | 1.59 | 288.19 |
| 7:3 | 176000 | 705,389 | 1168366.98 | 462977.98 | 428683.32 | 396929.00 | 367526.85 | 340302.64 | 315095.04 | 1672536.85 | 1.56 | 262.64 |
| 6:4 | 176000 | 667,949 | 1088755.17 | 420806.17 | 389635.35 | 360773.47 | 334049.51 | 309305.10 | 286393.61 | 1504157.04 | 1.53 | 238.56 |
| 5:5 | 176000 | 631,549 | 1011742.95 | 380193.95 | 352031.44 | 325955.04 | 301810.22 | 279453.91 | 258753.62 | 1342004.22 | 1.50 | 215.33 |
| 4:6 | 176000 | 594,109 | 930633.41 | 336524.41 | 311596.67 | 288515.44 | 267143.93 | 247355.49 | 229032.86 | 1167644.38 | 1.46 | 190.28 |
| 3:7 | 176000 | 556,669 | 852891.34 | 296222.34 | 274279.94 | 253962.91 | 235150.84 | 217732.26 | 201603.94 | 1006729.90 | 1.40 | 153.83 |
| 2:8 | 176000 | 519,229 | 778414.25 | 259185.25 | 239986.34 | 222209.57 | 205749.60 | 190508.89 | 176397.12 | 858851.53 | NA | NA |
| 1:9 | 176000 | 481,789 | 697166.79 | 215377.79 | 199423.88 | 184651.74 | 170973.84 | 158309.11 | 146582.51 | 683941.07 | NA | NA |

หมายเหตุ : NA ค่าความร้อนต่ำกว่า 5,000 kcal/kg ต่ำกว่ามาตรฐาน (มผช.) ไม่นำมาพิจารณา

จากตาราง 26 ผลการวิเคราะห์การคำนวณหา NPV ของแต่ละอัตราส่วนผสม โดยคำนวณจาก

ผลจากการวิเคราะห์และคำนวณพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 1 มีสมรรถนะทางความร้อนสูงสุด อีกทั้งยังมีต้นทุนในการทุนมากที่สุดซึ่งมีความสัมพันธ์กับผลตอบแทบที่สูงตามไปด้วย ซึ่งมีระยะเวลาในการคืนทุน 1.63 ปี มีความเสี่ยงในการลงทุนสูงกว่าทุกอัตราส่วนผสมและ ยังไม่ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรนำเหง้ามันสำปะหลังที่มีปริมาณที่มากหาได้ง่ายราคาต่ำเนื่องจากยังมีผู้นำมาใช้ประโยชน์น้อยมากมา ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์และคำนวณ NPV เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่มีสมรรถนะผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) และมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ อีกทั้งยังมีความเสี่ยงในการลงทุนที่ต่ำสุด

ผลจากการคำนวณและวิเคราะห์ NPV พบว่า การผลิตถ่านอัดแท่งที่ใช้ถ่านเหง้ามันสำปะหลังที่อัตราส่วนหลัก มีสมรรถนะผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) และมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำมีความเสี่ยงในการลงทุนที่ต่ำสุด ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ จึงเลือกอัตราส่วนผสมที่ 7 มีส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าว 3 ส่วนต่อ ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 7 ส่วน ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังเพื่อประโยชน์ในการช่วยลดใช้ถ่านกะลามะพร้าวที่มีราคาสูงหาไปยาก โดยใช้ถ่านเหง้ามันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบหลัก ในการผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อลดการการตัดไม้ทำลายป่า และการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทนสำหรับงานวิจัย ครั้งนี้ จากนั้นทำการประเมินเพื่อการกำหนดราคาขายสำหรับถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสมต่างๆ โดยการพิจารณาเปรียบเทียบที่ราคามาตรฐานของถ่านอัดแท่งถ่านกะลามะพร้าวบริสุทธิ์ และผลจากการวิเคราะห์ในการตั้งราคาขายของแต่ละอัตราส่วนผสม โดยการเปรียบเทียบราคาขายมาตรฐานประกอบกับการวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านสมรรถนะค่าความร้อนและการมอดดับของแต่ละอัตราส่วนผสม

เมื่อพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์ หากใช้ต้นทุนในปีที่ 1 เท่ากับ 556,669 บาท โดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8 ต่อปี โดยคิดอัตราดอกเบี้ยคงที่ทั้งโครงการ โดยกำหนดราคาขายอยู่ที่ กิโลกรัมละ 9.84 บาท จะใช้ระยะเวลาในการคืนทุน เท่ากับ 1.4 ปี มีผลรวมมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV) ของค่าตอบแทนเท่ากับ 1,006,729.90 บาท/5 ปี

ตาราง 27 การคำนวณ IRR ในอัตราส่วนผสมจากถ่านกะลามะพร้าว 3 ส่วน ต่อ ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 7 ส่วน

โครงการ การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

IRR 153.82 หน่วย : พันบาท

| ปี | รายได้ (1) | รายจ่าย (2) | % อัตราส่วนลด 8 | ผลตอบแทนสุทธิ | รายได้ปัจจุบัน | รายจ่ายปัจจุบัน | ผลตอบแทนปัจจุบัน (3) | ผลการวิเคราะห์ | | ผลตอบแทนสุทธิ | %ลดสูง 154 | ผลตอบแทนสุทธิ(%ลดสูง) | %ลดต่ำ 153 | ผลตอบแทนสุทธิ(%ลดต่ำ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.00 | 176,000.00 | 1.00 | -176,000.00 | 0.00 | 176,000.00 | -176,000.00 | B/C | 1.40 | -176,000.00 | 1.00 | -176,000.00 | 1.00 | -176,000.00 |
| 1 | 852,891.34 | 594,109.00 | 0.93 | 258,782.34 | 789,714.20 | 550,100.93 | 239,613.27 | NPV | 972,063.23 | 258,782.34 | 0.39 | 101,955.54 | 0.40 | 102,358.81 |
| 2 | 852,891.34 | 556,669.00 | 0.86 | 296,222.34 | 731,216.85 | 477,253.94 | 253,962.91 | IRR | 153.82 | 296,222.34 | 0.16 | 45,980.13 | 0.16 | 46,344.59 |
| 3 | 852,891.34 | 556,669.00 | 0.79 | 296,222.34 | 677,052.64 | 441,901.80 | 235,150.84 | | | 296,222.34 | 0.06 | 18,115.33 | 0.06 | 18,331.15 |
| 4 | 852,891.34 | 556,669.00 | 0.74 | 296,222.34 | 626,900.59 | 409,168.33 | 217,732.26 | | | 296,222.34 | 0.02 | 7,137.11 | 0.02 | 7,250.70 |
| 5 | 852,891.34 | 556,669.00 | 0.68 | 296,222.34 | 580,463.51 | 378,859.57 | 201,603.94 | | | 296,222.34 | 0.01 | 2,811.89 | 0.01 | 2,867.94 |
| | 4,264,456.68 | 2,996,785.00 | 4.99 | 1,267,671.68 | 3,405,347.80 | 2,433,284.57 | 972,063.23 | | | 1,267,671.68 | 1.64 | 0.00 | 1.65 | 1,153.19 |

หมายเหตุ 1. ให้กรอกเฉพาะตัวเลขข้อมูลรายได้และรายจ่ายในแต่ละปี ลงในช่องรายได้(1) และรายจ่าย (2) เท่านั้น ส่วนที่เหลือโปรแกรมจะคำนวณให้เองโดยอัตโนมัติ

2. การหาระยะเวลาคืนทุน หาได้จากผลรวมของผลตอบแทนปัจจุบัน (3) ตั้งแต่ปีที่ 1 ไปจนถึงปีที่ผลรวมของ (3) มีค่าสูงกว่าค่าลงทุนในปีที่ 0 จะได้ระยะเวลาคืนทุนภายในปีนั้น

3. ตารางคำนวณ IRR, NPV, และ B/C ratio สามารถ download ได้จาก website ของสำนักพัฒนาระบบการบริหารการจัดการสหกรณ์

ที่ ศธ 0519.12/ 7944

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

11 กันยายน 2552

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

เนื่องด้วย นายรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง" โดยมี อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุม การทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความประสงค์จะขอทำการทดสอบหาสมรรถนะของถ่านอัดแท่ง / ถ่านกะลามะพร้าว และถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยจะหาสมรรถนะหลายด้านดังนี้ 1) การหาค่าความร้อน 2) การหาปริมาณเถ้า 3) การหาปริมาณความชื้น 4) การหาปริมาณสารระเหย 5) การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว 6) การหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน และการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเชิงกล ดังนี้ 1) การทดสอบค่าความหนาแน่น 2) การทดสอบค่าการทนแรงกด (ทดสอบแนวตั้ง และทดสอบแนวนอน) และ 3) การทดสอบดัชนีการแตกร่วม

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นายรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล ได้เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 089-5311-411

ที่ ศธ 0519.12/ 9930

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

9 กันยายน 2552

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย

เรียน หัวหน้ากลุ่มงานสิ่งแวดล้อม กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เนื่องด้วย นายรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง" โดยมี อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุม การทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความประสงค์จะขอทำการทดสอบตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว และเหง้ามันสำปะหลัง เนื้อหา มลภาวะที่ออกมาจากถ่านอัดแท่ง ดังกล่าวว่ามีสารใดออกมาบ้างที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคหรือไม่ และขอเข้าชมการทดสอบตัวอย่างถ่านอัดแท่ง

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นายรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล ได้เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 089-5311-411

ที่ ศธ 0519.12/๑๗๑๔

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๗ สิงหาคม 2552

เรื่อง ขอใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสำนักถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี

เนื่องด้วย นายรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง" โดยมี อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุม การทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความประสงค์จะขอใช้เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง ดังนี้ 1) เครื่องบดแบบแฮมเมอร์ 2) เครื่องผสม 3) เครื่องอัดแท่ง เครื่องอัดใช้การอัดเกลียวหรืออัดสกรู และ 4) ถังน้ำมัน 200 ลิตร แบบมีฝาปิด ในศูนย์ฝึกอบรมปฏิบัติการด้านการจัดการพลังงาน / ศูนย์ทดลองวิชาการพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จังหวัดปทุมธานี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ในระหว่างเดือนสิงหาคม - กันยายน 2552

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นายรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล ได้ใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัย และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 089-5311-411

# ภาคผนวก ง
## รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

# รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินด้านสมรรถนะของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

1 ดร. จันทนา กุญชรรัตน์

อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2. รองศาสตราจารย์ ดร.พิชัย นามประกาย

อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีพลังงาน
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ติกะ บุนนาค

หัวหน้าสาขาวิชาการจัดการพลังงาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

4. ดร. บริสุทธิ์ จันทวงศ์ไพศาล

นักวิชาการวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

5. ดร. โยธิน อึ่งกุล

กรรมการรองกรรมการผู้จัดการ
บริษัท ซุปเปอร์บล็อก จำกัด (มหาชน)

# ภาคผนวก จ
## หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ

ที่ ศธ 0519.12/๙๗๑๑

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๖ สิงหาคม 2552

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เนื่องด้วย นายรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง" โดยมี อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุม การทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ ดร.จันทนา กุญชรรัตน์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.พิชัย นามประกาย เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 089-5311-411

ที่ ศธ 0519.12/๑๗๑๐

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๗ สิงหาคม 2552

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

เนื่องด้วย นายรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง" โดยมี อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุม การทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ติกะ บุนนาค หัวหน้าสาขาวิชาการจัดการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 089-5311-411

ที่ ศธ 0519.12/๑๗๑๒

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๗ สิงหาคม 2552

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ดร.บริสุทธิ์ จันทวงศ์ไพศาล นักวิชาการวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เนื่องด้วย นายรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง" โดยมี อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุม การทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 089-5311-411

ที่ ศธ 0519.12/๑๗๑๓

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๗ สิงหาคม 2552

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ดร.โยธิน อึ่งกุล กรรมการรองกรรมการผู้จัดการ บริษัท ซุปเปอร์บล็อก จำกัด (มหาชน)

เนื่องด้วย นายรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง" โดยมี อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุม การทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายรุ่งโรจน์ พุทธีสกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 089-5311-411

# ภาคผนวก ฉ

## แบบประเมิน การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามัน

# แบบประเมิน การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับสมรรถนะของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

**คำชี้แจง**

แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็นทั้งหมด 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถาม จำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินสมรรถนะของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 2.1 ด้านคุณลักษณะของถ่านอัดแท่ง มีทั้งหมด 7 ข้อ

ตอนที่ 2.2 ด้านสมรรถนะของถ่านอัดแท่ง มีทั้งหมด 9 ข้อ

**ตอนที่** 3 ด้านสังคมของชุมชนในการใช้ถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง มีทั้งหมด 4 ข้อ

**วัตถุประสงค์ของการประเมิน**

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับสมรรถนะของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

**ตอนที่** 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาทำเครื่องหมาย □ ลงในกรอบ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง และ/หรือเติมคำหรือข้อความลงในช่วงว่างที่กำหนดให้

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ ..... ปี
3. ระดับการศึกษา
   - ☐ ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า
   - ☐ ปริญญาโทหรือเทียบเท่า
   - ☐ ปริญญาเอกหรือเทียบเท่า
   - ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....
4. ประสบการณ์ทำงาน ด้านพลังงานหรือสิ่งแวดล้อม ..... ปี

5. ตำแหน่งและหน้าที่ในหน่วยงานท่าน

.....

.....

.....

.....

.....

**ตอนที่** 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการประเมินลักษณะและสมรรถนะของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยแบ่งออกเป็น 2 ด้าน ประกอบด้วย

ตอนที่ 2.1 ด้านคุณลักษณะของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยมีอัตราส่วนระหว่าง ถ่านกะลามะพร้าว : ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง เป็น 1 : 9 มีทั้งหมด 7 ข้อ

ตอนที่ 2.2 ด้านสมรรถนะของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง มีทั้งหมด 2 ส่วนแบ่งออก

- โดยการประเมินจากสังเกตจากเอกสารและรูปภาพประกอบทางด้านกายภาพ มีทั้งหมด 6 ข้อ
- โดยการประเมินการ ค่าทดสอบ โดยห้องปฏิบัติการ จาก มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต (เอกสารที่แนบมาผลการทดสอบประกอบ) มีทั้งหมด 3 ข้อ

กรุณาทำเครื่องหมาย □ลงในช่วงตราส่วนประเมินระดับความคิดเห็น 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่านหลังจากได้ตรวจสอบและดูผลการทดสอบ โดยมีค่าระดับคะแนนที่กำหนดไว้ดังนี้

ระดับความคิดเห็นของแบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่

| | | |
|---|---|---|
| 5 | หมายถึง | ผลการประเมินในระดับดีมาก |
| 4 | หมายถึง | ผลการประเมินในระดับดี |
| 3 | หมายถึง | ผลการประเมินในระดับพอใช้ |
| 2 | หมายถึง | ผลการประเมินในระดับควรปรับปรุง |
| 1 | หมายถึง | ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้ |

ตอนที่ 2.1 ด้านคุณลักษณะของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

| คุณลักษณะ | ระดับความคิดเห็น | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **ดีมาก** (5) | **ดี** (4) | **พอใช้** (3) | **ควรปรับปรุง** (2) | **ใช้ไม่ได้** (1) |
| 1. ลักษณะรูปทรงกระบอกมีครีบ5ครีบ | | | | | |
| 2. ขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน | | | | | |
| 3. ความสะดวกต่อการใช้งาน | | | | | |
| 4. ความคงสภาพไม่แตกหักง่าย | | | | | |
| 5. ความสะดวกต่อการขนส่งเคลื่อนย้าย | | | | | |
| 6. การบรรจุหีบห่อ | | | | | |
| 7. ปลอดภัยในการใช้งานเนื่องจากเป็นเศษวัตถุดิบธรรมชาติ | | | | | |

ตอนที่ 2.2 ด้านสมรรถนะของถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง การประเมินจากสังเกตจากเอกสารและรูปภาพประกอบทางด้านกายภาพ มีทั้งหมด 6 ข้อ

1. **การติดไฟระหว่างการเริ่มจุดติดกับตัวถ่านอัดแท่ง**
   - ☐ สามารถติดไฟได้ง่าย
   - ☐ สามารถติดไฟได้ระดับปานกลาง
   - ☐ สามารถติดไฟได้ยาก
   - ☐ ไม่สามารถติดไฟได้เลย
2. **การแตกปะทุระหว่างใช้งานจนกลายเป็นเถ้า**
   - ☐ ไม่มีการแตกปะทุ
   - ☐ แตกปะทุเล็กน้อย
   - ☐ แตกปะทุปานกลาง
   - ☐ แตกประทุมาก
3. **ปริมาณควันระหว่างใช้งานจนกลายเป็นเถ้า**
   - ☐ มีควันมาก
   - ☐ มีควันปานกลาง
   - ☐ มีควันน้อย
   - ☐ ไม่มีควัน

4. **ลักษณะเปลวไฟระหว่างใช้งานจนกลายเป็นเถ้า**

☐ ให้เปลวไฟได้ดีมาก ☐ ให้เปลวไฟปานกลาง

☐ ให้เปลวไฟน้อย ☐ ให้เปลวไฟน้อยมาก

5. **ความสม่ำเสมอด้านความร้อนระหว่างใช้งานจนกลายเป็นเถ้า**

☐ ความร้อนดีสม่ำเสมอ ☐ ความร้อนสม่ำเสมอปานกลาง

☐ ความร้อนไม่ค่อยสม่ำเสมอ ☐ ความร้อนไม่สม่ำเสมอเลย

6. **ความทนทานในการใช้งานระหว่างใช้งานจนกลายเป็นเถ้า**

☐ ให้ความร้อนระยะเวลานาน ☐ ให้ความร้อนระยะเวลาปานกลาง

☐ ให้ความร้อนระยะเวลาสั้น ☐ ให้ความร้อนระยะเวลาสั้นมาก

การประเมินจากผลการทดสอบ โดยห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต (เอกสารที่แนบมาผลการทดสอบประกอบ) มีทั้งหมด 3 ข้อ

1. **ค่าความชื้น**

☐ มีความชื้นมาก ☐ มีความชื้นปานกลาง

☐ มีความชื้นน้อย ☐ ไม่มีความชื้น

2. **ค่าความร้อน**

☐ ค่าความร้อนสูง ☐ ค่าความร้อนปานกลาง

☐ ค่าความร้อนน้อย ☐ ค่าความร้อนน้อยมาก

3. **ปริมาณเถ้า**

☐ เถ้ามีปริมาณมาก ☐ เถ้ามีปริมาณปานกลาง

☐ เถ้ามีปริมาณน้อย ☐ เถ้ามีปริมาณน้อยสุด

**ตอนที่** 3 ด้านสังคมของชุมชนในการใช้ถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

| **คุณลักษณะ** | **ระดับความคิดเห็น** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1. การเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร | | | | | |
| 2. การอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ | | | | | |
| 3. การลดมลภาวะสิ่งแวดล้อม | | | | | |
| 4. การประหยัดพลังงาน | | | | | |

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

……

……

……

……..

ผู้เชี่ยวชาญ .....

(.....)

ประเมินเมื่อวันที่ ……. เดือน…… พ.ศ. …....

ขอขอบพระคุณอย่างยิ่งที่ท่านกรุณาสละเวลาและให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบประเมินนี้

นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ด้วยความเคารพเป็นอย่างสูง

**ผลจากการประเมินการผลิตถ่านกะลามะพร้าว และถ่านเหง้ามันสำปะหลัง**
**โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมิน**

# ภาคผนวก ซ
# เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ในการวิจัย

**เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลองและวิจัย**

ถัง 200 ลิตรแบบมีฝาปิด

เครื่องบดแบบแฮมเมอร์

เครื่องอัดใช้การอัดเกลียวหรืออัดสกรู

ภาชนะผสม

กล่องเครื่องมือทดสอบมลภาวะ

เครื่องทดสอบในการอ่านค่า

เครื่องบอมหาค่าความร้อน

เครื่องบอมหาค่าความร้อน

# ภาคผนวก ซ
# วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองและการวิจัย

# วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองและวิจัย

แป้งมันสำปะหลัง

เหง้ามันสำปะหลังแห้งที่ยังไม่เผา

ถ่านเหง้ามันที่เผาแล้ว

กะลามะพร้าวแห้งที่ยังไม่เผา

ถ่านกะลามะพร้าวที่เผาแล้ว

# ภาคผนวก ฌ

## ถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

**ถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง**

ถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

# ประวัติย่อผู้วิจัย

# ประวัติย่อผู้วิจัย

| | |
|---|---|
| ชื่อ ชื่อสกุล | ว่าที่ ร.ต รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล |
| วันเดือนปีเกิด | 29 ธันวาคม 2527 |
| สถานที่เกิด | จังหวัดนครราชสีมา |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | 8/65 ซอย พระราม 2 ซอย23 ถนน พระราม 2 |
| | แขวง บางมด เขต จอมทอง กรุงเทพฯ 10150 |
| ประวัติการศึกษา | |
| พ.ศ 2544 | ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นต้น สาขา ช่างยนต์ |
| | จาก โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม |
| พ.ศ 2547 | ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขา ช่างยนต์ |
| | จาก โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม |
| พ.ศ 2549 | การจัดการอุตสาหกรรม |
| | จาก มหาวิทยาลัยสยาม |
| พ.ศ 2553 | การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา อุตสาหกรรมศึกษา |
| | จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |