# ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย

# A Feasibility Study to Fabricate the Green Fuel Rods from Banana Peel

นายธนวัฒน์ บัวพันธุ์

นายสุวรรณ จันทรา

นายวัชรพล พาคำป้อง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 24 มิ.ย. 2554
เลขทะเบียน 1551580 4
เลขเรียกหนังสือ ม.ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ธ155ด
2553

# ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

**หัวข้อโครงงาน** : ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย

**ผู้ดำเนินโครงการ** : นายธนวัฒน์ บัวพันธุ์
นายสุวรรณ จันทรา
นายวัชรพล พาคำป้อง

**ที่ปรึกษาโครงงาน** : อาจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา

**สาขาวิชา** : วิศวกรรมเครื่องกล

**ปีการศึกษา** : 2553

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา)

..... กรรมการ
(ผศ.ดร.กุลยา กนกจารุวิจิตร)

..... กรรมการ
(อาจารย์ สุรัตน์ ปัญญาแก้ว)

| | | |
|---|---|---|
| **หัวข้อโครงงาน** | : | **ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย** |
| **ผู้ดำเนินโครงการ** | : | **นายธนวัฒน์ บัวพันธุ์ รหัสนิสิต 50361101** |
| | | **นายสุวรรณ จันทรา รหัสนิสิต 50362818** |
| | | **นายวัชรพล พาคำป้อง รหัสนิสิต 50362245** |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | : | **อาจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา** |
| **สาขาวิชา** | : | **วิศวกรรมเครื่องกล** |
| **ปีการศึกษา** | : | **2553** |

## บทคัดย่อ

**ในจังหวัดพิษณุโลกมีอุตสาหกรรมแปรรูปกล้วยเป็นจำนวนมากทำให้เกิดปัญหาการกำจัดเปลือกกล้วยที่เหลือทิ้ง งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยสดและเปลือกกล้วยแห้งสำหรับนำมาใช้ทดแทนถ่านไม้และแก๊สหุงต้ม โดยนำมาอัดเย็นให้เป็นรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 5 cm และความสูงเฉลี่ย 3.6 cm ทั้งหมด 7 รูปแบบ คือ เปลือกกล้วยสดอัดแท่งและเปลือกกล้วยตากแห้งผสมแป้งมันสำปะหลังและน้ำในอัตราส่วน 4:1:2, 4:1:2.5, 4:1:3, 4:1.5:2.5, 4:2:2.5 และ 4:2.5:2.5 โดยปริมาตร เพื่อทดสอบเปรียบเทียบหาค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ และระยะเวลาในการต้มน้ำของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยกับถ่านไม้ รวมทั้งราคาต่อกิโลกรัมและค่าความร้อนที่ได้ต่อราคาต้นทุนเชื้อเพลิง**

**ผลจากการทดสอบพบว่า ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของเปลือกกล้วยสดและเปลือกกล้วยแห้งที่อัตราส่วนต่างๆมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งต่ำกว่าถ่านไม้แต่จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ส่วนระยะเวลาในการต้มน้ำจนเดือด แท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยทุกอัตราส่วนมีค่าใกล้เคียงกันและต้มน้ำเดือดช้ากว่าถ่านไม้เล็กน้อย อีกทั้งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยทุกอัตราส่วนมีค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิงสูงกว่าแก๊สหุงต้มยกเว้นเพียงอัตราส่วน 4:2.5:2.5 ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยด้วยวิธีอัดเย็น เพื่อใช้ให้ความร้อนในกระบวนการอบกล้วย ทดแทนแก๊สหุงต้ม แทนที่จะทิ้งเป็นขยะก่อให้เกิดมลภาวะ**

Project Title : A Feasibility Study to Fabricate the Green Fuel Rods from Banana Peel

Name : Mr.Thanawat Buapan Code 50361101

Mr.Suwan Juntra Code 50362818

Mr.Watcharaphon Phakhampong Code 50362399

Project Advisor : Mr. Sitphan Kanla

Department : Mechanical Engineering

Academic Year : 2010

.....

**Abstract**

Phitsanulok Province has a lot of banana processing can cause problems of disposal of waste banana peel. This research aims to study and develop Green Fuel Rods from fresh banana peel and dried banana peel for a used replacement charcoal and LPG. Bring fresh banana and dried banana peel to cold compression process and have cylindrical shape. The average diameter of 5 cm and 3.6 cm average height of 7 types: fresh banana peel briquette and the dried banana peel, cassava and water mixed in the ratio of 4:1:2, 4:1:2.5, 4:1:3. , 4:1.5:2.5, 4:2.5:2.5 and 4:2:2.5 by volume. To find the comparison testing of heating value from the combusion. And find the comparison testing duration in boiling water of the green Fuel Rods from banana peel and charcoal. As well as price per kilogram and and heating value per that fuel cost.

The experimental result showed that The heating value from the combusion of the green Fuel Rods from banana peel at different ratios were close to each other. Which is lower than the charcoal but in a satisfactory level. The duration in boiling water of the green Fuel Rods from banana peel and charcoal are almost the same but green fuel from banana peel becomes ash faster than charcoal In addition, green Fuel Rods from banana peel ratios were the cost of heating fuel than LPG, except only the ratio 4:2.5:2.5, so it is possibility to producc green fuel from banana peel by cold compression process. To heat in the process of drying bananas Substitution of LPG. Rather than leaving the waste cause pollution.

# กิตติกรรมประกาศ

## (Acknowledgement)

จากการที่รายวิชาโครงงานทางวิศวกรรมเครื่องกลบรรจุในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร จึงได้รับมอบหมายให้จัดทำโครงงานเรื่อง "ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย" ในระหว่างการปฏิบัติงานนั้นทำให้กลุ่มของข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ในด้านต่างๆมากและปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จาก

- อาจารย์ ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับข้อมูล การทำโครงงาน และคำแนะนำตลอดการทำโครงงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

- กรรมการและคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ตลอดจนคำแนะนำ

และบุคคลท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

- คุณ ศิริ วนสุวานิช ผู้จัดการบริษัท ศิริวานิช (S & W) จำกัด พิษณุโลก เจ้าของผลิตภัณฑ์กล้วยตากไท-ไท ที่ได้เอื้อเฟื้อเปลือกกล้วยเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบในการทำโครงงาน

- ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือรวมถึงอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำโครงงานทางวิศวกรรมจนสำเร็จ

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล | ก |
| บทคัดย่อ | ข |
| Abstract | ค |
| กิตติกรรมประกาศ | ง |
| สารบัญ | จ |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| สารบัญรูปภาพ | ช |
| สารบัญกราฟ | ซ |
| สารบัญสัญลักษณ์ | ฌ |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน | 1 |
| 1.3 ขอบเขตการปฏิบัติงาน | 1 |
| 1.4 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน | 2 |
| 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| 1.6 สถานที่ปฏิบัติงาน | 2 |
| 1.7 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ | 3 |
| 1.8 งบประมาณ | 3 |
| บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง | |
| 2.1 พลังงานชีวมวล | 4 |
| 2.1.1 ความหมายของพลังงานชีวมวล | 4 |
| 2.1.2 ความสำคัญของพลังงานจากชีวมวล | 4 |
| 2.1.3 แหล่งกำเนิดพลังงานชีวมวล | 5 |
| 2.1.4 องค์ประกอบของชีวมวล | 6 |

สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 2.1.5 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร | 7 |
| 2.1.6 ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย | 7 |
| 2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง | 8 |
| 2.2.1 กล้วย | 8 |
| 2.2.2 การแปรรูปกล้วย | 9 |
| 2.3 กระบวนการในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียว | 10 |
| 2.3.1 แท่งเชื้อเพลิงเขียว | 10 |
| 2.3.2 การอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว | 10 |
| 2.3.3 การเก็บรักษาแท่งเชื้อเพลิงเขียว | 11 |
| 2.3.4 การตากแห้ง | 11 |
| 2.4 คุณสมบัติของก้อนเชื้อเพลิงเขียว | 11 |
| 2.4.1 ปริมาณความชื้นของก้อนเชื้อเพลิงเขียว | 11 |
| 2.4.2 ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิงเขียว | 12 |
| 2.4.3 ค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิงเขียว | 12 |
| 2.5 การออกแบบเครื่องอัดก้อนเชื้อเพลิงเขียว | 14 |
| 2.5.1 การวิเคราะห์แรงในการอัด | |
| 2.6 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต | 15 |
| 2.6.1 การคำนวณราคาต่อกิโลกรัม | 15 |
| 2.6.2 การวิเคราะห์พลังงานที่ได้ต่อราคาต้นทุน | 16 |
| 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 16 |
| 2.7.1 การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดก้อนจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร | 16 |
| 2.7.2 การเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงเขียวโดยใช้ตะกอนน้ำมันดิบ | 17 |
| 2.7.3 โครงการวิจัยแท่งเชื้อเพลิงเขียวและถ่านอัดแท่ง | 17 |
| 2.7.4 สมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ปาล์มน้ำมัน | 18 |
| 2.7.5 โครงงานการวิจัยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากซังข้าวโพดและต้นมันสำปะหลัง | 18 |

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7.6 การศึกษาวิจัยทัศนคติในการใช้เชื้อเพลิงและแท่งเชื้อเพลิงเขียวของประชาชนในชนบท 19

2.7.7 การศึกษาวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน 19

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 20

3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องอัด 20

3.3 การผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย 21

3.3.1 การอัดแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกกล้วยสด 21

3.3.2 การเตรียมเปลือกกล้วยแห้ง 22

3.3.3 การอัดแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกกล้วยแห้ง 23

3.4 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ 26

3.4.1 เลือกอัตราส่วนโดยพิจารณาตามองค์ประกอบ 26

3.4.2 อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ 27

3.5 การวิเคราะห์และทดสอบเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย 27

3.5.1 การวิเคราะห์น้ำหนักของเปลือกกล้วยที่เหลือจากการแปรรูปกล้วย 27

3.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในก้อนเชื้อเพลิง 28

3.5.3 การวิเคราะห์ความหนาแน่น 29

3.5.4 การทดสอบค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิง 29

3.5.5 การทดสอบการใช้งานโดยการต้มน้ำ 32

บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์

4.1 การทดสอบและวิเคราะห์เปอร์เซ็นความชื้นของก้อนเชื้อเพลิง 35

4.2 การทดสอบและวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิง 36

4.3 การทดสอบและวิเคราะห์ค่าความร้อนเฉลี่ย 37

4.4 การทดสอบและวิเคราะห์ระยะเวลาในการต้มน้ำ 38

4.5 การวิเคราะห์ค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง 38

หน้า

บทที่ 5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 41

5.1.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้น 41

5.1.2 ค่าความหนาแน่น 41

5.1.3 ค่าความร้อน 41

5.1.4 ระยะเวลาการต้มน้ำ 41

5.1.5 ค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง 41

5.2 การอภิปราย 42

5.3 ข้อเสนอแนะ 42

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1 ตารางการหาเปอร์เซ็นความชื้นของเชื้อเพลิง

ตารางที่ 2 ตารางการหาความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิง

ตารางที่ 3 ตารางการทดสอบค่าความร้อนจองเชื้อเพลิง

ตารางที่ 4 ตารางการทดสอบการใช้งานโดยการต้มน้ำ

ตารางที่ 5 ตารางการวิเคราะห์ปริมาณราคาของเชื้อเพลิงจากเปลือกกล้วย

ภาคผนวก ข

รูปที่ 1 ภาพแสดงลักษณะเปลวไฟของเชื้อเพลิง (อัตราส่วน 4:1:2)

รูปที่ 2 ภาพแสดงลักษณะเปลวไฟของเชื้อเพลิง (อัตราส่วน 4:1:2.5)

รูปที่ 3 ภาพแสดงลักษณะเปลวไฟของเชื้อเพลิง (อัตราส่วน 4:1:3)

รูปที่ 4 ภาพแสดงลักษณะเปลวไฟของเชื้อเพลิง (อัตราส่วน 4:1.5:2.5)

รูปที่ 5 ภาพแสดงลักษณะเปลวไฟของเชื้อเพลิง (อัตราส่วน 4:2:2.5)

รูปที่ 6 ภาพแสดงลักษณะเปลวไฟของเชื้อเพลิง (อัตราส่วน 4:2.5:2.5)

รูปที่ 7 ภาพแสดงขนาดของเครื่องอัดเย็น

ภาคผนวก ค

# สารบัญตาราง


หน้า

ตารางที่ 1.1 แผนการปฏิบัติงาน 2

ตารางที่ 2.1 ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย (2550) 7

ตารางที่ 2.2 ศักยภาพทางพลังงานชีวมวลในประเทศไทย (2550) 8

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติเบื้องต้นและค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากชีวมวลแต่ละประเภทดังนี้ 13

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตก้อนเชื้อเพลิง 23

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการทดสอบ 27


# สารบัญรูป


หน้า

รูปที่ 2.1 วงจรการสร้างชีวมวล 6

รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของชีวมวล 6

รูปที่ 2.3 กล้วยน้ำว้า 8

รูปที่ 2.4 เครื่องอัดร้อน 10

รูปที่ 2.5 เครื่องอัดเย็น 10

รูปที่ 2.6 ภาพแสดงชิ้นส่วนการส่งถ่ายแรงของเครื่องอัด 14

รูปที่ 3.1 ภาพแสดงการออกแบบเครื่องอัดแท่ง 20

รูปที่ 3.2 ภาพแสดงการบดเปลือกกล้วย 21

รูปที่ 3.3 ภาพแสดงการอัดก้อนเชื้อเพลิง 21

รูปที่ 3.4 ภาพแสดงการชั่งน้ำหนักก้อนเชื้อเพลิง 21

รูปที่ 3.5 ภาพแสดงการตากก้อนเชื้อเพลิงเพื่อลดความชื้น 22

รูปที่ 3.6 ภาพแสดงเปลือกกล้วยเหลือทิ้งจากการแปรรูป 22

รูปที่ 3.7 ภาพแสดงการตากเปลือกกล้วย 22

รูปที่ 3.8 ภาพแสดงเปลือกกล้วยแห้ง 23

รูปที่ 3.9 ภาพแสดงการผสมผงเปลือกกล้วยแห้งกับแป้งมัน 24

รูปที่ 3.10 ภาพแสดงการผสมน้ำอุ่นกับเปลือกกล้วยแห้งและแป้งมันสำปะหลัง 24

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า


รูปที่ 3.11 ภาพแสดงส่วนผสมตัวเชื่อมประสานที่เป็นเนื้อเดียวกัน 24

รูปที่ 3.12 ภาพแสดงการอัดก้อนเชื้อเพลิง 25

รูปที่ 3.13 ภาพแสดงการชั่งน้ำหนักก้อนเชื้อเพลิงหลังการอัด 25

รูปที่ 3.14 ภาพแสดงการตากก้อนเชื้อเพลิงเพื่อลดความชื้น 25

รูปที่ 3.15 ภาพแสดงลักษณะสีของเชื้อเพลิงหลังผสม 26

รูปที่ 3.16 ภาพแสดงลักษณะสีของเชื้อเพลิงที่ไม่เหมาะสมหลังการลดความชื้น 26

รูปที่ 3.17 ภาพแสดงลักษณะของเชื้อเพลิงที่มีรอยแตกร้าว 26

รูปที่ 3.18 ภาพแสดงการชั่งน้ำหนักผลกล้วย 27

รูปที่ 3.19 ภาพแสดงการชั่งน้ำหนักของเปลือกกล้วย 28

รูปที่ 3.20 ภาพแสดงการชั่งน้ำหนักเปลือกกล้วยแห้ง 28

รูปที่ 3.21 ภาพแสดงการวัดขนาดก้อนเชื้อเพลิง 29

รูปที่ 3.22 ภาพแสดงการเตรียมผงเชื้อเพลิง 29

รูปที่ 3.23 ภาพแสดงการติดลวดฟิวส์ 30

รูปที่ 3.24 ภาพแสดงการติดเส้นลวดกับตัวอย่างเชื้อเพลิง 30

รูปที่ 3.25 ภาพแสดงการอัดออกซิเจนในลูกบอมบ์ 30

รูปที่ 3.26 ภาพแสดงติดตั้งลูกบอมบ์กับตัวเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ 31

รูปที่ 3.27 ภาพแสดงอุณหภูมิของน้ำในถังบรรจุลูกบอมบ์(Bucket) 31

รูปที่ 3.28 ภาพแสดงการชั่งน้ำหนักก้อนเชื้อเพลิง 32

รูปที่ 3.29 ภาพแสดงการหุ้มฟอยล์บริเวณขอบเตา 32

รูปที่ 3.30 ภาพแสดงการวางเชื้อเพลิงลงในเตา 32

รูปที่ 3.31 การจุดไฟก้อนเชื้อเพลิง 33

รูปที่ 3.32 ภาพแสดงลักษณะของเชื้อเพลิงเมื่อเริ่มติดไฟ 33

รูปที่ 3.33 ภาพแสดงการวัดอุณหภูมิของน้ำ 33

รูปที่ 3.34 ภาพแสดงลักษณะของเปลวไฟจากเชื้อเพลิงเขียว (อัตราส่วน 4:2.5:2.5) 34

## สารบัญกราฟ


หน้า

รูปที่ 4.1.1 กราฟแสดงเปอร์เซ็นความชื้นเฉลี่ย (มาตรฐานเปียก)
ของเชื้อเพลิงเขียวแต่ละอัตราส่วนผสม 35

รูปที่ 4.1.2 กราฟแสดงเปอร์เซ็นความชื้นเฉลี่ย (มาตรฐานแห้ง)
ของเชื้อเพลิงเขียวแต่ละอัตราส่วนผสม 35

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของเชื้อเพลิงเขียวแต่ละอัตราส่วนผสม 36

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของเชื้อเพลิงเขียวแต่ละอัตราส่วนผสมและถ่านไม้ 37

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาการต้มน้ำและอุณหภูมิ 38

รูปที่ 4.5.1 กราฟการเปรียบเทียบค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง 39

รูปที่ 4.5.2 กราฟการเปรียบเทียบเปรียบเทียบราคาเชื้อเพลิง 39


## สารบัญสัญลักษณ์

| | |
|---|---|
| $m_1$ | คือ น้ำหนักก้อนเชื้อเพลิงเปียกหลังการอัดเย็น (kg) |
| $m_2$ | คือ น้ำหนักก้อนเชื้อเพลิงหลังการลดความชื้น (kg) |
| $\rho$ | คือ ความหนาแน่นของวัตถุ (หน่วย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) |
| $m$ | คือ มวลรวมของวัตถุ (หน่วย กิโลกรัม) |
| $V$ | คือ ปริมาตรรวมของวัตถุ (หน่วย ลูกบาศก์เมตร) |
| H | คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของธาตุไฮโดรเจนในชีวมวล |
| M | คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในชีวมวล |
| n | คือ จำนวนถ้วยตวง |
| $\rho_{\text{เปลือกกล้วยตากแห้ง}}$ | คือ ความหนาแน่นเปลือกกล้วยตากแห้ง (325 kg/m³) |
| $\rho_{\text{แป้งมัน}}$ | คือ ความหนาแน่นแป้งมัน (384 kg/m³) |
| $\rho_{\text{น้ำ}}$ | คือ ความหนาแน่นแป้งมัน (1000 kg/m³) |
| $V$ | คือ ปริมาตรถ้วยตวง (0.00025 m³) |

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

จากสภาวการณ์โลกในปัจจุบัน มนุษย์มีความต้องการด้านพลังงานมากขึ้น เป็นผลให้ปริมาณของแหล่งพลังงานหลักและแหล่งพลังงานสำรองเกิดความขาดแคลนและอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานในอนาคต ปัจจุบันจึงได้มีการนำพลังงานทางเลือกอื่นๆ มาทดแทนแหล่งพลังงานหลักและแหล่งพลังงานสำรอง

เนื่องจากในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลกนั้น มีการปลูกและนำกล้วยมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารกันอย่างแพร่หลาย เช่น กล้วยตาก, กล้วยกวน, หรือกล้วยอบเนย ทำให้มีเปลือกกล้วยจำนวนมากที่เหลือจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร โดยที่เปลือกของกล้วยนั้นไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ กลายเป็นขยะไร้ค่าส่งกลิ่นเหม็นและชาวบ้านยังต้องจัดพื้นที่สำหรับทิ้งเปลือกกล้วยโดยเฉพาะอีกด้วย

จากโครงการวิจัยเพื่อปรับปรุงและส่งเสริมการใช้แท่งเชื้อเพลิงเขียว ซึ่งได้ดำเนินการศึกษาวิจัยการนำวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรมาอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว ทางคณะผู้จัดทำโครงการวิจัยจึงได้มีความพยายามที่จะศึกษาเพื่อหากระบวนการที่จะนำเปลือกกล้วยมาทำการอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียว แล้วทำการทดลองวัดค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้และประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน เพื่อนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่อาจจะต้องแปรสภาพไปเป็นขยะ มาปรับปรุงให้เกิดประโยชน์ในด้านพลังงานมากยิ่งขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. ผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย
2. ศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย

## 1.3 ขอบเขตการปฏิบัติงาน

1.ศึกษาและพัฒนาแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยเพื่อทดแทนการใช้แก๊สหุงต้ม

2.ออกแบบและทำการสร้างเครื่องอัด

3.เปรียบเทียบและวิเคราะห์ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย

4.เปรียบเทียบและวิเคราะห์ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย

5.เปรียบเทียบและวิเคราะห์คุณสมบัติค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้

6.เปรียบเทียบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางความร้อนในการใช้งาน (การต้มน้ำ)

7.วิเคราะห์ราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง

**1.4 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน**

ระยะเวลาดำเนินการ 9 เดือน ตั้งแต่ กรกฎาคม ถึง มีนาคม

ตารางที่ 1.1 แผนการปฏิบัติงาน

| | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว | ← | → | | | | | | | |
| 2.ออกแบบและทำการอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว | | ← | → | → | | | | | |
| 3.ทดสอบคุณสมบัติทางความร้อน | | | | ← | → | → | | | |
| 4.วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ | | | | | | ← | → | → | |
| 5.สรุปผล | | | | | | | | ← | → |

**1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ได้แท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย
2. คุณสมบัติค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงอัดจากเปลือกกล้วย
3. ลดปัญหาขยะจากการแปรรูปกล้วย ปัญหาสิ่งแวดล้อมและการตัดไม้ทำลายป่า
4. สร้างรายได้เสริมให้เกษตรกรและชุมชน
5. ลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิงและลดภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและเชื้อเพลิงของชุมชนและครัวเรือน

**1.6 สถานที่ปฏิบัติงาน**

อาคารปฏิบัติงานวิศวกรรมเครื่องกล ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร

**1.7 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้**

1.เปลือกกล้วย

2.เครื่องวัดค่าความร้อนจากการเผาไหม้ (bomb calorimeter)

3.เครื่องมืออุปกรณ์ชุด bomb calorimeter

4. แป้งมันสำปะหลัง

5.เครื่องอัดก้อน

6.อุปกรณ์และเครื่องมือช่าง

7.เครื่องชั่ง

8.เตาถ่าน

9.ถ้วยตวงปริมาตร 0.00025 $m^3$

10.เหยือกตวงน้ำ

11.หม้อต้มน้ำ

9.วัสดุคอมพิวเตอร์

10.วัสดุสำนักงาน

**1.8 งบประมาณ**

| | | |
|---|---|---|
| วัสดุอุปกรณ์สร้างเครื่องอัด | 500 | บาท |
| แป้งมันสำปะหลัง | 500 | บาท |
| ถ่านอัดแท่งตามท้องตลาด | 150 | บาท |
| อุปกรณ์ทดสอบการใช้งาน | 350 | บาท |
| วัสดุและอุปกรณ์ (ค่าใช้จ่ายในการจัดทำรูปเล่ม) | 1,500 | บาท |
| รวม | 3,000 | บาท |

# บทที่ 2
# หลักการและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 พลังงานชีวมวล

### 2.1.1 ความหมายของพลังงานชีวมวล

ชีวมวลคือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงาน เช่น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร(สำนักงานนโยบายและพลังงาน.2546:11) หรือคือสารทุกรูปแบบที่ได้จากสิ่งแวดล้อม(นอกจากที่ได้กลายเป็นเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลไปแล้ว)ซึ่งรวมถึงการผลิตจากการเกษตรและป่าไม้ ของเสียจากสัตว์ เช่นมูลสัตว์ และของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตร ขยะ และน้ำเสีย (กรมพัฒนาและอนุรักษ์พลังงาน.2552:ออนไลน์)

พลังงานชีวมวล คือพลังงานที่ได้จากพืชและซากสัตว์หรืออินทรีย์สารต่างๆโดยที่สามารถนำไปใช้ในรูปแบบพลังงานได้ พลังงานที่ได้มาจากชีวมวลจะอาศัยกระบวนการ ที่ทำให้เกิดการแตกตัวของอินทรีย์สารที่อยู่ในชีวมวลและผลิตพลังงานออกมา

### 2.1.2 ความสำคัญของพลังงานจากชีวมวล

จากปัญหาความร่อยหรอของทรัพยากรประเภทใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้กันมาก ประกอบกับการเกิดวิกฤตการณ์พลังงานทำให้มนุษย์หาทางประหยัดการใช้พลังงานและพัฒนาพลังงานรูปอื่นขึ้นมาทดแทน โดยเฉพาะประเภทที่ไม่มีวันหมดสิ้นหรือเรียกว่าพลังวานหมุนเวียน (Renewable Energy) เช่นพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานจากแหล่งน้ำ พลังงานลม และพลังงานจากชีวมวล เป็นต้น (เสรีวัฒน์ สมันทร์ปัญญา.2539:112)

ชีวมวลสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้หลายรูปแบบเช่น นำไม้มาทำฟืนหรือเผาถ่านนำมาผลิตก๊าซชีวมวลเพื่อใช้กับรถยนต์ นำมูลสัตว์มาหมัก หรือย่อยสลายโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีเกิดจากจุลินทรีย์เปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพ ใช้ในการหุงต้ม เดิมเครื่องยนต์ หรือผลิตกระแสไฟฟ้าเราได้ใช้พลังงานจากชีวมวลมาเป็นเวลานานแล้วจนถึงปัจจุบันก็ยังมีการนำมาใช้ประโยชน์ในสัดส่วนที่ไม่น้อยเลยโดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาตามชนบทก็ยังมีการใช้ฟืนหรือถ่านในการหุงหาอาหารชีวมวลเป็นอินทรีย์สารที่ได้จากพืชและสัตว์ต่างๆเช่นเศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่หาได้ในประเทศโดยเฉพาะประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมากอาทิ แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย กากและกาปาล์ม เป็นต้น ซึ่งชีวมวลเหล่านี้สามารถนำมาเผาเพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า

อย่างไรก็ตามการนำชีวมวลมาผลิตพลังงานยังมีข้อจำกัดอยู่ เช่น บางชนิดใช้ได้ทั้งเป็นอาหารขาดแคลนโดยอาจใช้ส่วนทีเหลือหรือปลูกพืชเหล่านี้ให้มากขึ้น การนำไม้ในป่ามาเป็นเชื้อเพลิงหรือผลิตพลังงานย่อมทำให้ไม้หมดไป เกอดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติจึงควนปลูกไม้โตเร็วเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานโดยตรงเพื่อปัญหาการทำลายป่าลง

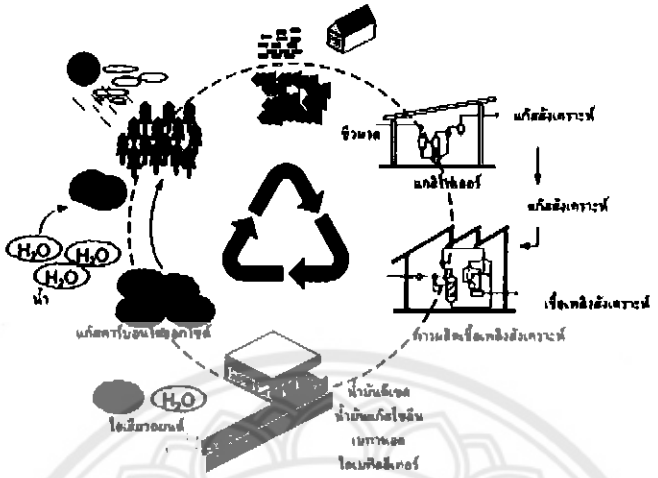
**2.1.3 แหล่งกำเนิดพลังงานชีวมวล**

ชีวมวลได้มาจากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ พืชจัดว่าเป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยนำเอาคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำมาสร้างเป็นสารประกอบอินทรีย์(แป้ง+น้ำตาล)และออกซิเจน มีพลังงานแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสารประกอบอินทรีย์ที่สร้างขึ้นพืชจะใช้ในการดำรงชีวิตบางส่วนที่เหลือเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆได้แก่ ราก ลำต้น ใบ ดอก ผลและเมล็ด เช่นมันสำปะหลังสะสมแป้งไว้ที่ราก อ้อยสะสมน้ำตาลไว้ที่ลำต้น เป็นต้น ดังนั้นถ้านำอินทรีย์ที่พืชสะสมไว้มาทำให้แตกตัวออกก็จะได้พลังงานมาใช้ต่อไป แหล่งพลังงานที่ได้จากพืชที่สำคัญมีทั้งพืชบกและพืชน้ำ ดังนี้ (เสรีวัฒน์ สมันทร์ปัญญา.2539:112)

**2.1.3.1** พืชบกได้แก่ ไม้ยืนต้นมีทั้งไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน เช่น ไม้โกงกาง ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ยางพารา ไม้แสม พืชล้มลุก เช่น ฟางข้าว หญ้า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพืช เช่น น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันเมล็ดละหุ่ง น้ำมันสน น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรและอุตสาหกรรม เช่นแก ลม ขี้เลื่อย เศษไม้ ยอดอ้อย ฟางข้าว เปลือกและซังข้าวโพด ชานอ้อย เปลือกผลไม้ กากน้ำตาลน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง

**2.1.3.2** พืชน้ำได้แก่ ผักตบชวา จอกแหน สับ (ที่สับเป็นชิ้นเล็กๆผสมกับมูลสัตว์หมักทำก๊าซชีวมวล) ส่วนการสร้างชีวมวลของสัตว์นั้น สัตว์มิได้สร้างโดยตรง เพียงแต่สัตว์กินพืชเป็นอาหารและได้รับการถ่ายทอดพลังงานจากพืชไปตามข่ายใยอาหาร(Food web) สัตว์จะนำสารอินทรีย์จากพืชไปใช้ประโยชน์ ส่วนกากที่เหลือสัตว์ไม่สามารถนำไปใช้ได้ก็จะถูกขับถ่ายออกมาเป็นมูล ในการเผาผลาญอาหารของสัตว์นั้นมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมากับกระบวนการหายใจด้วยซึ่งพืชสามารถนำกลับไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ หากสัตว์ตายลงก็จะเน่าเปื่อยผสมกับซากพืชและมูลสัตว์กลายเป็นปุ๋ยให้พืชกลับมาใช้ได้อีก ภาพประกอบ 2.1 จะเห็นได้ว่าชีวมวลสามารถหมุนเวียนอยู่ได้โดยไม่มีวันหมดไปถ้าองค์ประกอบต่างๆในวงจรคงอยู่จึงกล่าวได้ว่าพลังงานจากชีวมวลเป็นพลังงานหมุนเวียน

พลังงานจากชีวมวลที่มนุษย์ได้จากสัตว์ได้แก่ มูลสัตว์ชนิดต่างๆเช่น โค กระบือ สุกร เป็ดและไก่ ซึ่งนำไปตากแห้งและนำไปเผาเป็นเชื้อเพลิงโดยตรงหรือนำมูลสดหมักทำก๊าซชีวภาพได้



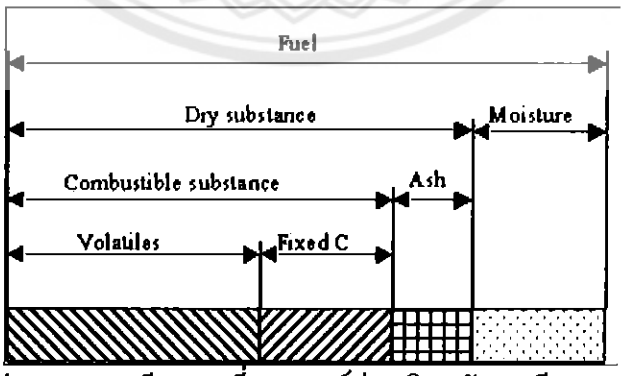
รูปที่ 2.1 วงจรการสร้างชีวมวล (ที่มา: http://www.google.co.th/images/ชีวมวล.05/06/2553)
(ที่มา:เสรีวัฒน์ สมันทร์ปัญญา.2539.นิเวศวิทยา:สิ่งแวดล้อมกับการปรับปรุงความเป็นอยู่ของมนุษย์.หน้า13)

**2.1.4 องค์ประกอบของชีวมวล (Biomass Compositions)**

**2.1.4.1** ความชื้น (Moisture) ความชื้นหมายถึงปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ในชีวมวล

**2.1.4.2** ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance) ส่วนที่เผาไหม้ได้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ สารระเหย (Volatiles Matter) และคาร์บอนคงที่ (Fixed Carbon)

**2.1.4.3** ส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ หรือขี้เถ้า (Ash) เมื่อชีวมวลถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์แล้ว จะมีเนื้อสารบางส่วนที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ ซึ่งคือขี้เถ้าโดยชีวมวลแต่ละประเภทจะมีสัดส่วนของปริมาณขี้เถ้าในชีมวลแตกต่างกัน




รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของชีวมวล(ที่มา : ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล.ชีวมวล.หน้า 7)

**2.1.5 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร**

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน ได้แก่ แกลบ ,ฟางข้าว ,ชานอ้อย ,ซังข้าวโพด , กะลามะพร้าวกาก ,และกะลาปาล์ม ฯลฯ จากการประเมินศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ทางกการเกษตรจากพืช 10 ชนิด ได้แก่ อ้อย ,ข้าว ,น้ำมันปาล์ม ,มะพร้าว , มันสำปะหลัง ,ข้าวโพด ,ถั่วลิสง,ฝ้าย , ถั่วเหลืองและข้าวฟ่าง ในปี พ.ศ. 2543 พบว่าปริมาณวัสดเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 63 ล้านตัน ถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงและใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ อีก 16 ล้านตัน ส่วนที่ยังไม่ได้ใช้เท่ากับ 42 ล้านตัน เทียบพลังงาน 604.82 เพตาจูล (6.04 x 1017จูล) (ชัยชาญ ฤทธิ์เกรียงไกร.2547:ออนไลน์ )

**2.1.6 ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย**

ในปี 2550 กระทรวงพลังงานได้ประเมินศักยภาพของชีวมวลในประเทศไทยที่สามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 3,000 MW แบ่งเป็นชีวมวลที่มาจากแกลบ 700 MW ฟางข้าว 650 MW ชานอ้อย 900 MW ยอดอ้อยและใบอ้อย 570 MW เส้นใย กะลาและทลายปาล์มเปล่า 70 MW เศษไม้ 40 MW เหง้ามันสำปะหลัง 70 MW และซังข้าวโพด 70 MW

ตารางที่ 2.1 ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย (2550)

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

(ที่มา : สำนักนโยบายและแผนพลังงงาน. (2551). พลังงานกู้โลกร้อน เชื้อเพลิงทางเลือกทางรอดประเทศไทย. หน้า 39.)

ตารางที่ 2.2 ศักยภาพทางพลังงานชีวมวลในประเทศไทย (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 | |
| | ใบ | 15.05 | 6 – 8 |
| มันสำปะหลัง | เหง้ามันสำปะหลัง | 14.56 | |

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

**2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง**

รูปที่ 2.3 กล้วยน้ำว้า (ที่มา : http://www.google.co.th/images/กล้วย.05/06/2553)

**2.2.1 กล้วย**

กล้วย เป็นไม้ผล ลำต้น เกิดจากกาบหุ้มซ้อนกัน สูงประมาณ 2 – 5 เมตร ใบ เป็นใบเดี่ยว เกิดกระจายส่วนปลายของลำต้นเวียนสลับซ้ายขวาต่างระนาบกัน ก้านใบยาว แผ่นใบกว้าง เส้นของใบขนานกัน ปลายใบมน มีติ่ง ผิวใบเรียบลื่น ใบมีสีเขียวด้านล่างมีไขนวลหรือแป้งปกคลุม เส้นและขอบใบเรียบ ขนาด

จะประกอบด้วยหวีกล้วย เครือละ 7 – 8 หวี แต่ละหวีมีกล้วยอยู่ประมาณ 10 กว่าลูก ขนาดและสีของกล้วยจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของแต่ละพันธุ์ บางชนิดมีผลสีเขียว , เหลือง , แดง แต่ละต้นให้ผลครั้งเดี่ยวเท่านั้น เมล็ด มีลักษณะกลมขรุขระ เปลือกหุ้มเมล็ดมีสีดำ หนาเหนียวเนื้อในเมล็ดมีสีขาว ขยายพันธุ์ ด้วยการแยกหน่อ หรือแยกเหง้า รสชาติฝาด

**2.2.2 การแปรรูปกล้วย**

เมื่อปลูกกล้วยกินกันมากขึ้น ผลผลิตกล้วยที่ไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการอาจจะเหลือทิ้ง ดังนั้นเพื่อไม่ให้ไร้ประโยชน์ จึงควรนำมาแปรรูป เพื่อให้เก็บได้นานขึ้นอีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลผลิตด้วย

**2.2.2.1 การทำกล้วยอบเนย กล้วยฉาบ หรือ "กล้วยกรอบแก้ว" ใช้ กล้วยดิบ เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม กล้วยหักมุก** นำ มาฝานบางๆ ตามยาว หรือตามขวาง อาจจะผึ่งลมสักครู่ หรือฝานลงกระทะทันทีก็ได้และทอดในกระทะที่ใส่น้ำมันท่วม เมื่อชิ้นกล้วยสุกจะลอยก็ตักขึ้นและซับน้ำมันด้วยกระดาษฟาง จากนั้นอาจนำไปคลุกเนย เรียกว่า กล้วยอบเนย หรือฉาบให้หวานด้วย การนำไปคลุกกับน้ำตาลที่เคี่ยวจนเกือบแห้งในกระทะ เรียกว่า กล้วยฉาบ

**2.2.2.2 แป้งกล้วย** นำกล้วยดิบมานึ่งให้สุก ปอกเปลือก หั่น และอบให้แห้งแล้วบดให้ ละเอียดเป็นแป้ง ใช้ทำขนม กล้วยและบัวลอย หรือผสมกับแป้งเด็กใช้ทำคุกกี้ได้ ทำให้มีกลิ่นหอม ของกล้วย

**2.2.2.3 กล้วยตากนำกล้วยที่สุกงอมมาปอกเปลือก** และนำไปตากแดด 1- 2 แดด จากนั้นมาคลึงเพื่อให้กล้วยนุ่ม แล้วนำไปตากอีก 5-6 แดด หรือจนกว่ากล้วยจะแห้งตามต้องการ (ในทุกๆ วันที่เก็บให้นำกล้วยทั้งหมดมารวมกัน น้ำหวานจากกล้วยจะออกมาทุกวัน และกล้วยจะฉ่ำ แล้วนำไปตากแดด) ระวังอย่าให้แมลงวันตอม ส่วนการตากอาจใช้แสงอาทิตย์ หรือเตาอบขนาดใหญ่

**2.2.2.4 กล้วยกวน** นำกล้วยสุกงอมมาขี แล้วเคล้ากับน้ำตาลและกะทิ นำไปกวนในกระทะที่ไม่เป็นสนิม กวนที่ไฟอ่อนๆ จนสุกเหนียวปั้นเป็นก้อนกลม หรือสี่เหลี่ยมแล้วห่อด้วยกระดาษแก้ว

กล้วยนอกจากนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว คนไทยยังนำผล ปลี และหยวกกล้วยมาทำอาหารทั้งคาวและหวานอีกด้วย เช่น กล้วยเชื่อม ขนมกล้วย ข้าวต้มผัด แกงเลียงหัวปลี ยำหัวปลี ทอดมันหัวปลี และแกงหยวกกล้วย กล้วยจึงเป็นพืชที่คนไทยคุ้นเคยและใช้ประโยชน์จากทุกส่วนของกล้วยได้นานัปการ

(ที่มา: http://th.wikipedia.org/wiki/กล้วย,05/03/2553)

**2.3 กระบวนการในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียว**

**2.3.1 แท่งเชื้อเพลิงเขียว**

แท่งเชื้อเพลิงเขียว คือ แท่งเชื่อเพลิงที่ที่ได้จากการอัดวัสดุชีวะมวล, เศษวัสดุต่างๆที่เหลือจากภาคอุตสาหกรรมและการเกษตร เช่น ชานอ้อยเน่าเปื่อย, ผักตบชวา, ซังข้าวโพด มาอัดแท่ง เมื่ออัดออกมาจะได้แท่งเชื้อเพลิง มีลักษณะและคุณสมบัติเหมือนฟืนและสามารถใช้ประโยชน์แทนฟืน, ถ่าน หรือแก๊สหุงต้มได้เป็นอย่างดี

**2.3.2 การอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว** (การอัดเปียก/อัดเย็น)

การอัดโดยใช้เครื่องอัด ซึ่งสามารถทำได้ทั้งกับวัสดุสดและวัสดุแห้ง (แต่ถ้าวัสดุมีความชื้นปานกลางจะอัดแท่งได้สะดวกและรวดเร็ว) และสามารถอัดแท่งได้กับวัสดุชนิดต่างๆอย่างกว้างขวาง

- การอัดเย็น การอัดโดยปกติที่อุณหภูมิห้อง ไม่มีการใช้ความร้อนเข้าช่วยในการอัด

- การอัดร้อน การอัดโดยมีการให้ความร้อน วัสดุบางชนิดเมื่อได้รับความร้อนจะมีสารในเนื้อของวัสดุยึดตัวมันเอง จึงทำให้สามารถยึดเกาะเป็นแท่งได้

รูปที่ 2.4 เครื่องอัดร้อน(ไทยซูมิ MSB-0001 รุ่น MSB-0001)

(ที่มา : http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/technoloye.php )

**2.3.3 การเก็บรักษาแท่งเชื้อเพลิงเขียว**

การตัดให้เป็นแท่งเพื่อให้ดูสวยงามและสะดวกในการหีบห่อ การตัดควรกระทำหลังตากแห้งเรียบร้อยแล้ว การตัดอาจจะใช้มีดคมๆ หรือใบมีดคัดเตอร์ตัดเป็นท่อนๆ ตามต้องการ การตัดเป็นจำนวนมากๆ จะใช้เครื่องตัดก็ได้ ถ้าต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายและไม่ต้องการความสวยงามก็ใช้มือหักเอา การบรรจุหีบห่อโดยที่เชื้อเพลิงเขียวจะมีลักษณะโปร่ง (porosity) ดังนั้นถ้าเก็บไว้ในที่มีความชื้นสูง จะทำให้แท่งเชื้อเพลิงมีราขึ้น เหตุนี้จึงต้องเก็บไว้ในที่แห้ง การใส่ถุงพลาสติกแล้ว ซีลปากถุงก็จะช่วยได้มากจะใช้ถุงเล็กหรือถุงใหญ่ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ต้องการเก็บไว้ใช้และความสะดวกที่มี หากไม่สะดวกจะใช้เชือกผูกแท่งเชื้อเพลิงไว้เป็นมัดๆ ก็ได้ ข้อสำคัญต้องเก็บไว้ในที่แห้งที่ฝนหรือละอองน้ำไม่กระเซนเข้าไป

**2.3.4 การตากแห้ง**

ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียวนั้น จะใช้วัสดุที่มีความชื้นสูง (สูงกว่า 100 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นก่อนนำไปใช้ก็จะต้องทำให้แห้ง วิธีการที่สะดวกและประหยัด สำหรับชาวบ้านก็คือการตากแดดโดยตรง อาจจะตากบนพื้นซีเมนต์ หรือบนสังกะสีลูกฟูก ฯลฯ ก็นับว่าเป็นวิธีการที่ประหยัด ซึ่งสำหรับโครงการนี้ก็ทำการทดลองตากแดดโดยตรงบนพื้นซีเมนต์ เป็นเวลา 2-3 วัน ก็สามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ก็มีวิธีการตากหรือการทำให้แห้งหลายวิธี นอกจากตากแดดโดยตรง คือ

- อบในตู้อบแสงอาทิตย์
- อบด้วยความร้อนจากเตาเผาขยะ
- อบด้วยความร้อนที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
- อบด้วยความร้อนจากเครื่องทำความร้อน

**2.4 คุณสมบัติของก้อนเชื้อเพลิงเขียว**

**2.4.1 ปริมาณความชื้นของก้อนเชื้อเพลิงเขียว**

ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในก้อนเชื้อเพลิงเมื่อเทียบกับมวลของก้อนเชื้อเพลิงที่ชื้นหรือแห้ง และความชื้นของก้อนเชื้อเพลิงสามารถแสดงได้ 2 แบบ คือ

$$\text{ความชื้นมาตรฐานเปียก (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \qquad (2.1)$$

$$\text{ความชื้นมาตรฐานแห้ง (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \qquad (2.2)$$

เมื่อ $m_1$ คือ น้ำหนักก้อนเชื้อเพลิงเปียกหลังการอัดเย็น (kg)

$m_2$ คือ น้ำหนักก้อนเชื้อเพลิงหลังการลดความชื้น (kg)

(ที่มา: http://www.dld.go.th/ncna_nak/index/moisture.html.05/03/2553)

**2.4.2 ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิงเขียว**

เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ยิ่งวัตถุมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อหน่วยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือวัตถุที่มีความหนาแน่นสูง (เช่น เหล็ก) จะมีปริมาตรน้อยกว่าวัตถุความหนาแน่นต่ำ (เช่น น้ำ) ที่มีมวลเท่ากัน

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad (2.3)$$

โดยที่ $\rho$ คือความหนาแน่นของวัตถุ (หน่วย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

$m$ คือมวลรวมของวัตถุ (หน่วย กิโลกรัม)

$V$ คือปริมาตรรวมของวัตถุ (หน่วย ลูกบาศก์เมตร)

(ที่มา: http://th.wikipedia.org/wiki/ความหนาแน่น.05/03/2553)

**2.4.3 ค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิงเขียว**

**2.4.3.1** ค่าความร้อนรวม หรือ (Total Heating Value ,THV) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่จะให้ออกมาหลังการเผาไหม้สมบูรณ์ โดยที่ตัวทำปฏิกิริยาเริ่มต้นและผลผลิตสุดท้ายทั้งหมดอยู่ภายใต้ความดันหนึ่งบรรยากาศ และที่อุณหภูมิ 25 $^{o}$C เมื่อน้ำที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงและเกิดเป็นผลผลิตจากการเผาไหม้อยู่ในรูปของน้ำ (ของเหลว) เรียกว่า ค่าความร้อนสูง (Higher Heating Value , HHV) หรือค่าความร้อนทั้งหมด (Gross Heating Value , GHV)

**2.4.3.2** ค่าความร้อนสุทธิ (Net Heating Value , NHV) หมายถึง ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงชนิดหนึ่ง ให้คำจำกัดความเช่นเดียวกัน แต่หลังการเผาไหม้สมบูรณ์ น้ำที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงและเกิดเป็นผลผลิตจากการเผาไหม้อยู่ในรูปของไอน้ำ เรียกว่า ค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value , LHV)
(ที่มา : กัญจนา บุณยเกียรติ.(2544).เชื้อเพลิงและการเผาไหม้.หน้า 54)

**2.4.3.3 ค่าความร้อนต่ำ หรือ** (Lower Heating Value , LHV) หมายถึง การนำชีวมวล 1 กิโลกรัม และมีความชื้นตามปกติมาหาค่าความร้อน ตามมาตรฐานทางวิทยาศาสตร์

**2.4.3.4 ค่าความร้อนสูง หรือ** (Higher Heating Value , HHV) หมายถึง การนำชีวมวล 1 กิโลกรัมมาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นนำมาหาค่าความร้อน ซึ่งมีความสัมพันธ์ ดังนี้

$$HHV = LHV + 5.72(9H + M) \text{ kcal/kg} \qquad (2.4)$$

$$HHV = LHV + 23.95(9H + M) \text{ kJ/kg} \qquad (2.5)$$

เมื่อ H เท่ากับปริมาณเปอร์เซ็นต์ของธาตุไฮโดรเจนในชีวมวล และ

เมื่อ M เท่ากับปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในชีวมวล

**2.4.3.3 ค่าความร้อนแห้ง หรือ Dry Heating Value** หมายถึง การนำชีวมวลจำนวนหนึ่งมาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นแบ่งมา 1 กิโลกรัม เพื่อนำมาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้คือค่าความร้อนแห้งต่อกิโลกรัม มีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนสูง ดังนี้

$$\text{Dry Heating Value} = \text{HHV} / (1\text{-}M/100) \qquad (2.6)$$

เมื่อ M เท่ากับปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในชีวมวล

(ที่มา : ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม.ชีวมวล.หน้า 7)

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติเบื้องต้นและค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากชีวมวลแต่ละประเภทดังนี้

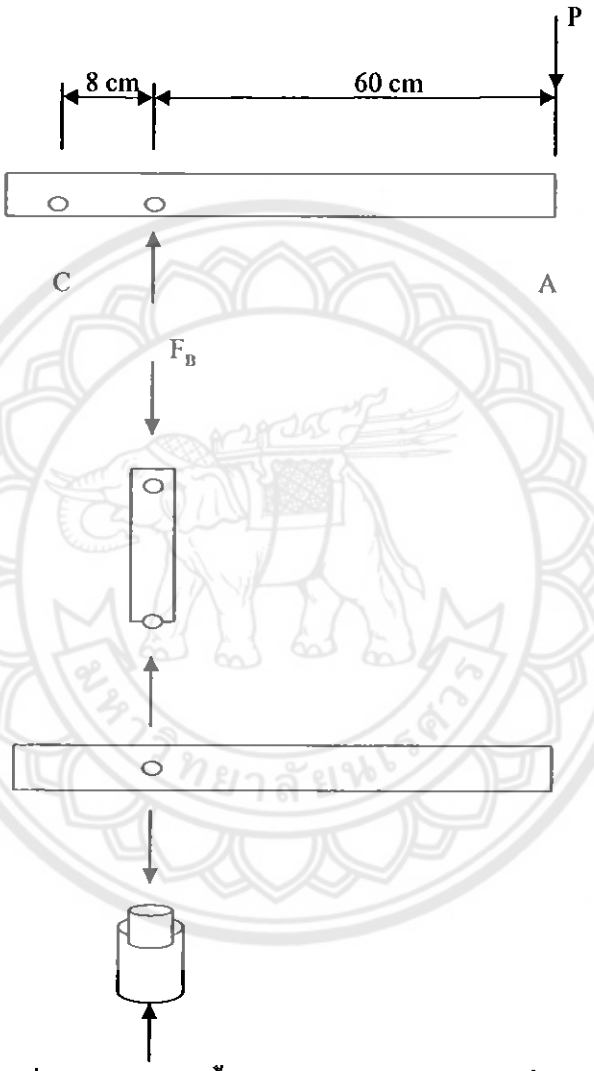
| คุณสมบัติชีวมวลต่างๆ | Moisture % | Ash % | Valatile Carbon % | Fixed Carbon % | HHV (kJ/Kg) | LHV (kJ/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| แกลบ | 12.00 | 12.65 | 56.46 | 18.88 | 14,755 | 13,517 |
| ฟางข้าว | 10.00 | 10.39 | 60.70 | 18.90 | 13,650 | 12,330 |
| ชานอ้อย | 50.73 | 1.34 | 41.98 | 5.86 | 9,243 | 7,368 |
| ซังข้าวโพด | 40.00 | 0.90 | 45.42 | 13.68 | 11,298 | 9,615 |
| ลำต้นข้าวโพด | 41.70 | 3.70 | 46.46 | 8.14 | 11,704 | 9,830 |
| เหง้ามันสำปะหลัง | 59.40 | 1.50 | 31.00 | 8.10 | 7,451 | 5,494 |
| เปลือกไม้ยูคาลิปตัส | 60.00 | 2.44 | 28.00 | 9.56 | 6,811 | 4,917 |

(ที่มา : ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวลมูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม)

**2.5 การออกแบบเครื่องอัดก้อนเชื้อเพลิงเขียว**

เครื่องอัดก้อนเชื้อเพลิงถูกออกแบบให้มีลักษณะดังรูปที่ 7(ภาคผนวก) ซึ่งเป็นการอัดอย่างง่ายโดยเป็นการเพิ่มแรงอัดจากการใช้แรงมือกดอัด โดยน้ำหนักของก้อนเชื้อเพลิงที่ผ่านการอัดจะมีน้ำหนักผิดพลาดคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 กรัม

**2.5.1 การวิเคราะห์แรงในการอัด**




รูปที่ 2.6 ภาพแสดงชิ้นส่วนการส่งถ่ายแรงของเครื่องอัด

สำหรับแรงที่ใช้ในการอัดก้อนเชื้อเพลิง $F_B$ นั้นสามารถคำนวณได้จากการหาสมดุลโมเมนต์ที่จุด C

สมดุลโมเมนต์ที่จุด C

$$\sum M_C = 0, \quad 0.6P - 0.08\,F_B = 0$$

$$(0.6/0.08)\,.\,P = F_B$$

$$7.5P = F_B \qquad (2.7)$$

## 2.6 การวิเคราะห์ราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง

### 2.6.1 การคำนวณราคาต่อกิโลกรัม

น้ำหนักรวมเมื่อผสมอัตราส่วน 1 ครั้ง = $(W_{\text{เปลือกกล้วยแห้ง}} + W_{\text{แป้งมัน}} + W_{\text{น้ำ}})$ kg (2.8)

โดยที่ $W_{\text{เปลือกกล้วยแห้ง}} = n \cdot V \cdot \rho_{\text{เปลือกกล้วยตากแห้ง}}$ (2.9)

$W_{\text{แป้งมัน}} = n \cdot V \cdot \rho_{\text{เปลือกกล้วยตากแห้ง}}$ (2.10)

$W_{\text{น้ำ}} = n \cdot V \cdot \rho_{\text{น้ำ}}$ (2.11)

เมื่อ $n$ คือ จำนวนถ้วยตวง

$\rho_{\text{เปลือกกล้วยตากแห้ง}}$ คือ ความหนาแน่นเปลือกกล้วยตากแห้ง (325 kg/m³)

$\rho_{\text{แป้งมัน}}$ คือ ความหนาแน่นแป้งมัน (384 kg/m³)

$\rho_{\text{น้ำ}}$ คือ ความหนาแน่นแป้งมัน (1000 kg/m³)

$V$ คือ ปริมาตรถ้วยตวง (0.00025 m³)

$$\text{จำนวนก้อนเชื้อเพลิง} = \frac{\text{น้ำหนักรวมเมื่อผสมอัตราส่วน 1 ครั้ง}}{\text{น้ำหนักเฉลี่ยของก้อนเชื้อเพลิง 1 ก้อน}} \quad (2.12)$$

$$\text{ราคาต้นทุนรวม} = (W_{\text{แป้งมัน}} \times \text{ราคาแป้งมัน}) + (W_{\text{น้ำ}} \times \text{ราคาน้ำ}) \quad (2.13)$$

$$\text{ราคาต่อก้อน} = \frac{\text{ราคาต้นทุนรวม}}{\text{จำนวนก้อนเชื้อเพลิง}} \text{ บาท/ก้อน} \quad (2.14)$$

$$\text{ราคาต่อกิโลกรัม} = \frac{\text{ราคาต่อก้อน}}{\text{น้ำหนักเฉลี่ยของก้อนเชื้อเพลิง 1 ก้อน}} \text{ บาท/kg} \quad (2.15)$$

หมายเหตุ* - แป้งมันราคากิโลกรัมละ 18 บาท(พ.ศ.2554) โดยแป้งมันมีความหนาแน่นเท่ากับ 384 kg/m³

- น้ำประปา 1 m³ มีอัตราค่าบริการ 10 บาท เมื่อน้ำ 1 m³ = 1000 ลิตร ดังนั้น น้ำ 1 ลิตรมีราคา 0.01 บาท และน้ำมีความหนาแน่นเท่ากับ 1000 kg/m³
- เปลือกกล้วยตากแห้งได้จากของเสียจากกระบวนการผลิตดังนั้นจึงไม่มีราคาต้นทุน และมีความหนาแน่นเท่ากับ 325 kg/m³
- ปริมาตรถ้วยตวงอัตราส่วน = 0.25 ลิตร(0.00025 m³)

**2.6.2 การวิเคราะห์พลังงานที่ได้ต่อราคาต้นทุน**

$$\text{พลังงานที่ได้ต่อราคาต้นทุน} = \frac{\text{ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง}(kJ/kg)}{\text{ราคาเชื้อเพลิง } 1\ kg} \quad \text{kJ/บาท} \qquad (2.13)$$

$$\text{พลังงานที่ได้ต่อราคาต้นทุน} = \frac{\text{ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง } (kcal/kg)}{\text{ราคาเชื้อเพลิง } 1\ kg} \quad \text{kcal/บาท} \qquad (2.14)$$

หมายเหตุ* - *1 kcal* = 4.184 kJ

- แก๊สหุงต้ม มีค่าความร้อน = 50220 kJ/kg = 12002.87 kcal/kg
- ให้ราคาแก๊สหุงต้ม = 18 บาท/kg (พ.ศ. 2554) อ้างอิงจาก www.eppo.go.th

**2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

**2.7.1 การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดก้อนจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร**

นายสิทธิชัย ทองทา, นายชัยยุทธ์ วรวรรณปรีชา, นายธีรพร รัตนบันเทิง ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (มจพ.) ได้ทำการวิจัยการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดก้อนจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิต ได้แก่ ฟางข้าวแห้ง แกลบ ขี้เลื่อย กระดาษเหลือใช้ โดยทำการทดลองผสมวัตถุดิบกับตัวเชื่อมประสานในอัตราส่วนต่างๆ ผลการทดสอบโดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter ซึ่งค่าที่มีการเผาไหม้ที่ดีที่สุดคือ อัตราส่วนที่มีขี้เลื่อยผสม 70% โดยมีค่าความร้อนประมาณ 16,799 J/g. 2. การทดลองการใช้งานความร้อนโดยวัดระยะเวลาเฉลี่ยจนถึงน้ำเดือด อัตราส่วนที่มีฟางข้าวเป็นส่วนผสมจะเผาไหม้ได้ดี ซึ่งระยะเฉลี่ยจนถึงน้ำเดือดประมาณ 18 นาที 3 วินาที และอัตราส่วนการใช้มันสำปะหลังใส่และกากน้ำตาล 70 : 30 จะเป็นตัวเชื่อมประสานที่ดีที่สุด

(ที่มา :http://news2.kmutnb.ac.th/news2008/news20080618-04.asp?NewsID=news20080618-04.17/02553)

**2.7.2 การเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงเขียวโดยใช้ตะกอนน้ำมันดิบ**

นาย นากร บุญก๊อก, ชนินทร์ อัมภรสถิร, และศิรินุช จินดารักษ์ ได้ทำการวิจัยซึ่งการวิจัยดังกล่าวมีจุดประสงค์เพื่อนำกากตะกอนน้ำมันดิบ มาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพเชื้อเพลิงเขียวจากแกลบหรือชานอ้อย โดยพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงกากตะกอนน้ำมันดิบผสมแกลบแบบผงละเอียดและอัดเม็ดคือ 2 : 8 และ 3 : 7 โดยปริมาตรตามลำดับ ส่วนอัตราส่วนของเชื้อเพลิงกากตะกอนน้ำมันดิบผสมชานอ้อยแบบผงละเอียดและแบบอัดเม็ด คือ 2 : 8 โดยปริมาตร โดยเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าความร้อนเท่ากับ 6,785.48 5,591.26 และ 7,440.53 kcal/kg สำหรับเชื้อเพลิงกากตะกอนน้ำมันดิบผสมแกลบและเชื้อเพลิงกากตะกอนน้ำมันดิบผสมชานอ้อยแบบผง มีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงเหมาะสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลง

(ที่มา : http://www.are101.org/forum/index.php?topic=1924.0.20/06/2553)

**2.7.3 โครงการวิจัยแท่งเชื้อเพลิงเขียวและถ่านอัดแท่ง**

นาย ประลอง ดำรงไทย ได้ทำโครงการวิจัยเพื่อปรับปรุงและส่งเสริมการใช้แท่งเชื้อเพลิงเขียว เป็นโครงการที่กรมป่าไม้ได้รับการสนับสนุนทุนการศึกษาวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ ซึ่งได้ดำเนินการศึกษาวิจัยการนำชานอ้อยและขุยมะพร้าวที่เหลือใช้จากการทำอุตสาหกรรมและการเกษตร มาอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียวโดยกระบวนการอัดเย็น ซึ่งจากการวิเคราะห์ การใช้ชานอ้อย 100% ให้ค่าความร้อนมากสุดที่ 3,172 แคลอรี/กรัมและอัตราส่วนชานอ้อย : ขุยมะพร้าว (1 : 1), (2 : 1) ให้ค่าความร้อน 3,050 , 2,975 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ

(ที่มา : http://www.google.co.th/url/แท่งเชื้อเพลิงเขียวเพื่อทดแทนฟืนและถ่าน.20/06/2553)

**2.7.4 สมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ปาล์มน้ำมัน**

โดย สุวิทย์ เพชรห้วย, ลึกฉัตร ผลนาค, ธัญญรัตน์ อินทร์เจริญ, พชิตา เปล่าเล, ศูนย์วิจัยและสาธิตระบบพลังงานทดแทน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากทะลายปาล์มและเส้นใยปาล์ม ผลการศึกษาพบว่า แท่งเชื้อเพลิงทั้ง 8 สูตรผสมมีความหนาแน่นระหว่าง 267 ถึง 564 $kg/m^3$ มีความร้อนอยู่ระหว่าง 8.54 ถึง 11.81 MJ/m และมีปริมาณถ้าอยู่ในช่วง 14.0 ถึง 60.1 % โดยแท่งเชื้อเพลิงนี่ผลิตไว้ด้วยสูตรผสมเส้นใย , ทะลายปาล์ม แกลบ และแป้งเปียกเป็นตัวประสาน ด้วยอัตราส่วน 3: 2:3:2 ตามลำดับสามารถให้ค่าความร้อนสูงสุด และเมื่อนำทะลายและเส้นใยปาล์มในภาคใต้ที่มีอยู่ประมาณ 1.1 ล้านตันต่อปีจะได้ศักยภาพพลังงานความร้อนประมาณ 411.8 MW

(ที่มา : http://e-nett.sut.ac.th/pdf%5CENETT49-009.pdf .20/06/2553)

**2.7.5 โครงงานการวิจัยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากซังข้าวโพดและต้นมันสำปะหลัง**

นาย ชาญชัย ต๊ะวัง, นาย นวพล มุงเมือง และนาย จิระ ขำใจ นิสิตภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการวิจัย โดยมี ผศ.ดร.ปฐมศก วิไลพล เป็นที่ปรึกษาโครงงานวิจัย ซึ่งการเป็นวิจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากซังข้าวโพดและต้นมันสำปะหลัง โดยใช้กากน้ำตาลเป็นตัวเชื่อมประสานและใช้กระบวนการอัดโดยเครื่องอัดไฮดรอลิค และมุ่งเน้นศึกษาถึงอิทธิพลของกากน้ำตาลและความดันในการอัดแท่งที่มีผลต่อการขยายตัวและความหนาแน่นของเชื้อเพลิง ได้ผลการทดลองคือ เชื้อเพลิงที่อัดแท่งโดยความดัน 110 บาร์ และ ใช้อัตราส่วนความเข้มข้นของกากน้ำตาล 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด และอัตราส่วนความเข้มข้นของตัวเชื่อมประสาน(กากน้ำตาล)ไม่มีผลต่อความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งทั้งสองชนิด โดยความดันในการอัดจะมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง และจากตัวแปรและผลของการทดลองพบว่าซังข้าวโพดมีความเหมาะสมที่จะนำมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่งมากกว่าต้นมันสำปะหลัง

(ที่มา :ปริญญานิพนธ์โครงงานการวิจัยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากซังข้าวโพดและต้นมันสำปะหลัง.คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.20/06/2553)

**2.7.6 การศึกษาวิจัยทัศนคติในการใช้เชื้อเพลิงและแท่งเชื้อเพลิงเขียวของประชาชนในชนบท**

นายประลอง ดำรงไทย ได้ทำการศึกษาวิจัยทัศนคติเกี่ยวกับการใช้เชื้อเพลิงและแท่งเชื้อเพลิงเขียวของประชาชนในชนบท การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อต้องการทราบทัศนคติ และข้อคิดเห็นต่อการใช้พลังงานแท่งเชื้อเพลิงเขียวทดแทนเชื้อเพลิงฟืนและถ่าน ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่า ประชาชนในหมู่บ้านทั้ง 6 หมู่บ้าน พบว่า 70.24% มีอาชีพทำไร่ทำนา ซึ่งทำให้มีรายได้ต่ำ การใช้พลังงานในการหุงหาอาหารกว่า 50% ยังใช้เชื้อเพลิง ฟืน-ถ่าน และ 30.63% ใช้ก๊าซ ทั้งนี้เนื่องจากสภาพเศรษฐกิจที่ไม่ดี รายได้น้อย และถ่านมีราคาแพง ดังนั้น ประชาชนส่วนใหญ่หรือ 74.14% ต้องไปเก็บหาไม้มาทำฟืนและเผาถ่านเอง แต่เนื่องจากไม้เริ่มหายากและต้องไปเก็บในระยะไกลจึงทำให้ประชาชนที่ได้รับการสัมภาษณ์มีความต้องการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นที่มีราคาถูก และผลิตง่ายมาทดแทนฟืน-ถ่านหรือก๊าซหุงต้ม โดยเฉพาะการใช้แท่งเชื้อเพลิงเขียวที่ทำจากชาน-อ้อยเน่าเปื่อยซึ่งหาได้ง่าย ทั้งนี้ผู้ที่เคยใช้ร้อยละ 92.48 ตอบว่า แท่งเชื้อเพลิงเขียวจากชานอ้อยจะติดไฟและไหม้ดี ซึ่งทุกคนที่สัมภาษณ์บอกว่าให้ความร้อนสูง ประชาชน 88.83% ที่สัมภาษณ์ ตอบว่าต้องการใช้แท่งเชื้อเพลิงเขียวดังกล่าว ทั้งนี้เพราะมีราคาถูก ผลิตง่าย การให้ความร้อนก็สูง (ที่มา : http://www.dnp.go.th/Research/Res/energy.html#ทัศนคติ .20/06/2553)

**2.7.7 การศึกษาวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน**

นายประลอง ดำรงไทย ได้ทำการวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน ผลการวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนจากการอัดแท่ง ปรากฏว่าจะมีปริมาณขี้เถ้า (Ash Content) และสารละเหย (Volatile Matters) ใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 5.5 – 8.0 และ 72.4 – 81.1 ตามลำดับ ค่าความร้อนของเปลือกทุเรียนอัดแท่งทั้งแบบอัดร้อนและอัดเย็น อยู่ระหว่าง 3,609 - 3,844 แคลอรี/กรัม ค่าความหนาแน่นของเปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบอัดร้อนจะมีค่า 2.9 และ 3.2 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร จากการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อน รวมทั้งประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเปลือกทุเรียนอัดแท่งดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสแล้ว ปรากฏว่าเปลือกทุเรียนอัดแท่งมีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับฟืนและถ่าน

(ที่มา : http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/durian.php.20/06/2553 )

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินงานวิจัย

## 3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

3.1.1 เปลือกกล้วยน้ำว้าแห้งและสด

3.1.2 แป้งมันสำปะหลัง

3.1.3 น้ำ

3.1.4 อุปกรณ์ชั่ง ตวง วัด ประกอบด้วย ไม้บรรทัด เครื่องชั่ง และเทอร์โมมิเตอร์

3.1.5 เครื่องบดหมู และเครื่องปั่นผลไม้

3.1.6 เครื่องอัดแท่ง

3.1.7 เตาถ่าน

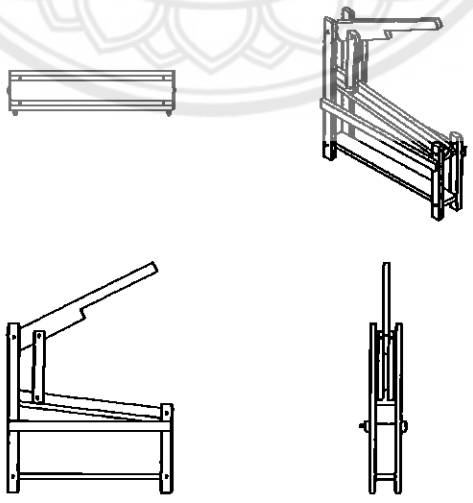
3.1.8 เครื่องทดสอบคุณสมบัติทางความร้อน ( Bomb calorimeter )

## 3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องอัด

3.2.1 ออกแบบเครื่องอัดแท่ง

3.2.2 เตรียมอุปกรณ์สำหรับสร้างเครื่องอัด

3.2.3 สร้างเครื่องอัดตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังรูปที่ 3.1 (ขนาดแสดงไว้ในส่วนของภาคผนวก)



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงการออกแบบเครื่องอัดแท่ง

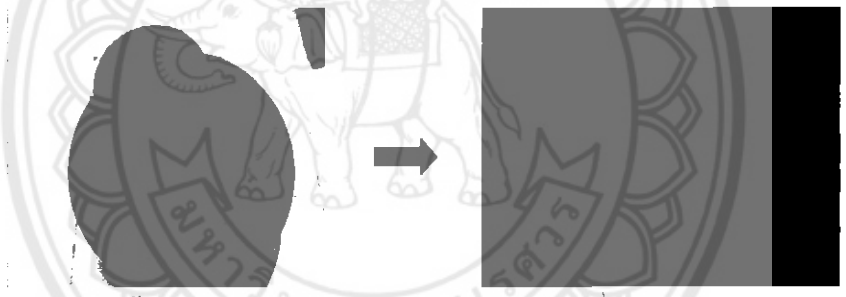
**3.3 การผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย**

**3.3.1 การอัดแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกกล้วยสด**

3.3.1.1 บดเปลือกกล้วยสดให้ละเอียด โดยเครื่องบดหมูหรือเครื่องปั่นน้ำผลไม้ ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 ภาพแสดงการบดเปลือกกล้วย

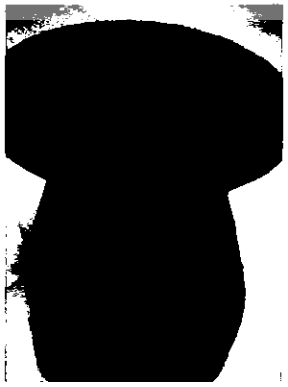
3.3.1.2 นำเปลือกกล้วยสดบดละเอียดน้ำหนัก 150 กรัม จากข้อ (3.3.1.1) ใส่ลงในแม่พิมพ์แล้วทำการอัดก้อนเชื้อเพลิง ดังรูปที่ 3.3



ชั่งน้ำหนัก อัดก้อน

รูปที่ 3.3 ภาพแสดงการอัดก้อนเชื้อเพลิง

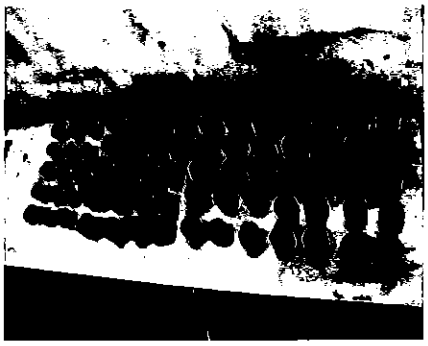
3.3.1.3 ชั่งน้ำหนักก้อนเชื้อเพลิงหลังการอัด ($m_1$) ดังรูปที่ 3.4 บันทึกค่า



นำก้อนเชื้อเพลิงออกจากแม่พิมพ์และชั่งน้ำหนัก

รูปที่ 3.4 ภาพแสดงการชั่งน้ำหนักก้อนเชื้อเพลิง

3.3.1.4 นำก้อนเชื้อเพลิงไปตากแดดเพื่อลดความชื้น ใช้ระยะเวลา 4 วัน ดังรูปที่ 3.5

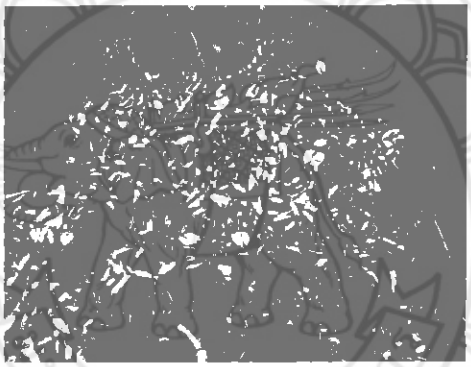


รูปที่ 3.5 ภาพแสดงการตากก้อนเชื้อเพลิงเพื่อลดความชื้น

3.3.1.5 ชั่งน้ำหนักเปลือกกล้วยหลังตากแดดเพื่อลดความชื้นแล้ว ($m_2$) บันทึกค่า

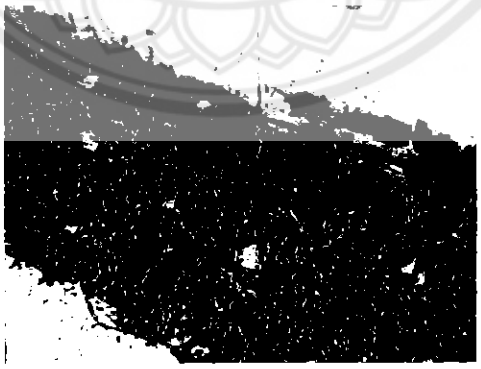
**3.3.2 การเตรียมเปลือกกล้วยแห้ง**

3.3.2.1 เตรียมเปลือกกล้วยเหลือทิ้งจากการแปรรูปกล้วย ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ภาพแสดงเปลือกกล้วยเหลือทิ้งจากการแปรรูป

3.3.2.4 นำเปลือกกล้วยไปตากแดดจนแห้ง ใช้ระยะเวลา 4-5 วัน ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ภาพแสดงการตากเปลือกกล้วย

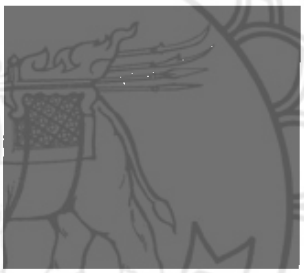
3.3.2.5 หลังจากเปลือกกล้วยแห้งแล้ว นำเปลือกกล้วยมาบดให้ละเอียด ด้วยเครื่องบดหมู หรือเครื่องปั่นผลไม้ ซึ่งลักษณะของเปลือกกล้วยตากแห้งบด แสดงดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 ภาพแสดงเปลือกกล้วยแห้งบด

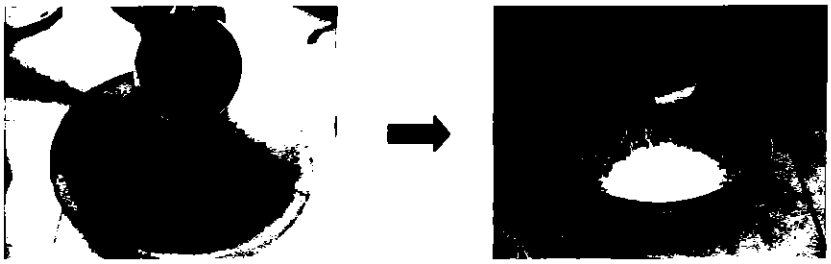
**3.3.3 การอัดแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกกล้วยแห้ง**

3.3.3.1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตก้อนเชื้อเพลิง (เปลือกกล้วยแห้ง:แป้งมันสำปะหลัง: น้ำ) โดยปริมาตร ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตก้อนเชื้อเพลิง

| อัตราส่วนที่ | เปลือกกล้วยแห้ง | แป้งมันสำปะหลัง  | น้ำ |
|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 1 | 1 |
| 2 | 4 | 1 | 1.5 |
| 3 | 4 | 1 | 2 |
| 4 | 4 | 1 | 2.5 |
| 5 | 4 | 1 | 3 |
| 6 | 4 | 1 | 4 |
| 7 | 4 | 1.5 | 2.5 |
| 8 | 4 | 2 | 2.5 |
| 9 | 4 | 2.5 | 2.5 |
| 10 | 4 | 3 | 2.5 |

3.3.3.2 ผสมเปลือกกล้วยแห้งและแป้งมันสำปะหลังในภาชนะผสม โดยผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ในข้อ (3.3.3.1) ทีละอัตราส่วน ดังรูปที่ 3.9



ผงเปลือกกล้วยแห้ง ผสมแป้งมันสำปะหลัง

รูปที่ 3.9 ภาพแสดงการผสมผงเปลือกกล้วยแห้งกับแป้งมัน

3.3.3.3 ต้มน้ำโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 80 $^{o}$C

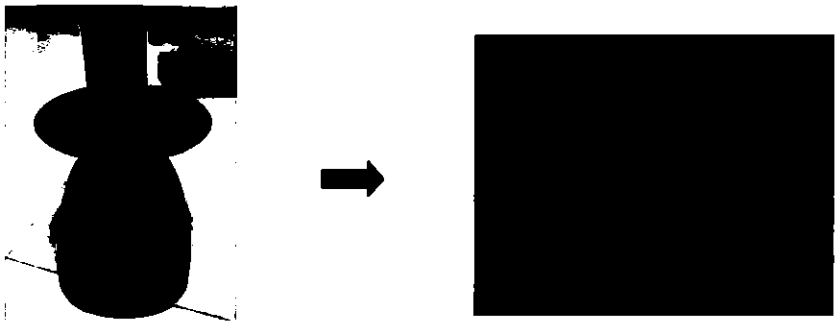
3.3.3.4 นำน้ำอุ่นที่ได้ไปผสมกับเปลือกกล้วยแห้งและแป้งมันสำปะหลังในข้อ (3.3.3.2) ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 ภาพแสดงการผสมน้ำอุ่นกับเปลือกกล้วยแห้งและแป้งมันสำปะหลัง

3.3.3.5 คลุกเคล้าส่วนผสมให้แป้งมันสำปะหลังละลายจนเหนียวเป็นเนื้อเดียวกัน ดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 ภาพแสดงส่วนผสมตัวเชื่อมประสานที่เป็นเนื้อเดียวกัน

3.3.3.6 อัดแท่งเชื้อเพลิงโดยใส่เชื้อเพลิงที่ผสมไว้น้ำหนัก 150 กรัม ลงในแม่พิมพ์ ดังรูปที่ 3.12



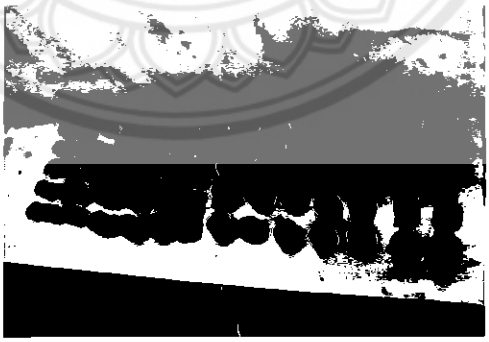
ชั่งน้ำหนัก อัดก้อนเชื้อเพลิง

รูปที่ 3.12 ภาพแสดงการอัดก้อนเชื้อเพลิง

3.3.3.7 ช่างน้ำหนักก้อนเชื้อเพลิงหลังการอัด ($m_1$) ดังรูปที่ 3.13 บันทึกค่า

รูปที่ 3.13 ภาพแสดงการชั่งน้ำหนักก้อนเชื้อเพลิงหลังการอัด

3.3.3.8 นำก้อนเชื้อเพลิงที่ได้ไปตากแดดเพื่อลดความชื้น ใช้ระยะเวลา 4 วัน ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ภาพแสดงการตากก้อนเชื้อเพลิงเพื่อลดความชื้น

3.3.3.9 ชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิงแต่ละก้อนอีกครั้ง ($m_2$) บันทึกค่า

I551580
2/5.
D1550
2553

**3.4 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ**

**3.4.1 เลือกอัตราส่วนโดยพิจารณาตามองค์ประกอบ ดังนี้**

3.4.1.1 การละลายของแป้งมันสำปะหลังในขั้นตอนการผสม สามารถละลายตัวได้ดี

3.4.1.2 สีของเชื้อเพลิงหลังการผสม ต้องมีสีดำและมีความเหนียว ดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 ภาพแสดงลักษณะสีของเชื้อเพลิงหลังผสม

3.4.1.3 สีของก้อนเชื้อเพลิงหลังตากแดดเพื่อลดความชื้น ต้องไม่เป็นสีขาวจากแป้งมันมากเกินไป ดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 ภาพแสดงลักษณะสีของเชื้อเพลิงที่ไม่เหมาะสมหลังการลดความชื้น

3.4.1.4 การรักษารูปทรงของก้อนเชื้อเพลิงหลังตากแดด ต้องไม่มีรอยแตกร้าว ดังรูปที่ 3.17

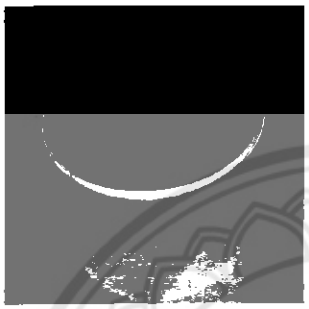
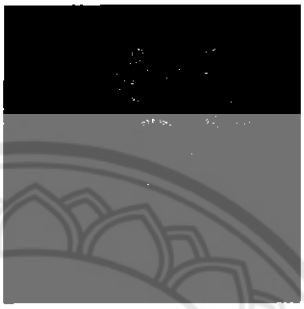
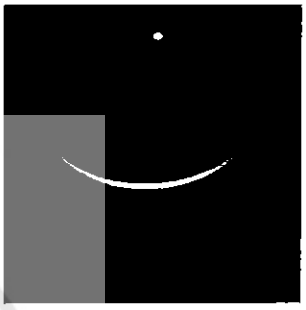
รูปที่ 3.17 ภาพแสดงลักษณะของเชื้อเพลิงที่มีรอยแตกร้าว

**3.4.2 อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ** มีอัตราส่วนผสม ดังต่อไปนี้

3.4.2.1 เปลือกกล้วยสดอัด (ไม่ใช้ส่วนผสม)

3.4.2.2 เปลือกกล้วยแห้ง อัตราส่วนผสม (เปลือกกล้วยแห้ง:แป้งมันสำปะหลัง:น้ำ) โดยปริมาตร ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการทดสอบ

| อัตราส่วนที่ | เปลือกกล้วยแห้ง  | แป้งมันสำปะหลัง  | น้ำ  |
|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 1 | 2 |
| 2 | 4 | 1 | 2.5 |
| 3 | 4 | 1 | 3 |
| 4 | 4 | 1.5 | 2.5 |
| 5 | 4 | 2 | 2.5 |
| 6 | 4 | 2.5 | 2.5 |

**3.5 การวิเคราะห์และทดสอบเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย**

**3.5.1 การวิเคราะห์น้ำหนักของเปลือกกล้วยที่เหลือจากการแปรรูปกล้วย**

3.5.1.1 เตรียมผลกล้วยน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (ประมาณ 1 หวี) ดังรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 ภาพแสดงการชั่งน้ำหนักผลกล้วย

3.5.1.2 นำส่วนของเนื้อกล้วยออก และชั่งน้ำหนักเปลือกกล้วยที่เหลือ ดังรูปที่ 3.19

รูปที่ 3.19 ภาพแสดงการชั่งน้ำหนักของเปลือกกล้วย

3.5.1.3 นำเปลือกกล้วยที่ได้ไปตากแดดเพื่อลดความชื้น ใช้ระยะเวลา 4 วัน

3.5.1.4 เมื่อครบกำหนด 4 วัน ให้ทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ดังรูปที่ 3.20

รูปที่ 3.20 ภาพแสดงการชั่งน้ำหนักเปลือกกล้วยแห้ง

3.5.1.5 ทำการทดสอบดังกล่าวจำนวน 10 ตัวอย่าง เพื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่เหลือจากการแปรรูป-กล้วย

**3.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในก้อนเชื้อเพลิง**

3.5.2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในก้อนเชื้อเพลิง ประกอบด้วย

- น้ำหนักหลังจากอัดก้อนเชื้อเพลิง (ใช้ข้อมูลจากข้อ 3.3.3.7)
- น้ำหนักหลังจากลดความชื้นก้อนเชื้อเพลิงแล้ว (ใช้ข้อมูลจากข้อ 3.3.3.9)

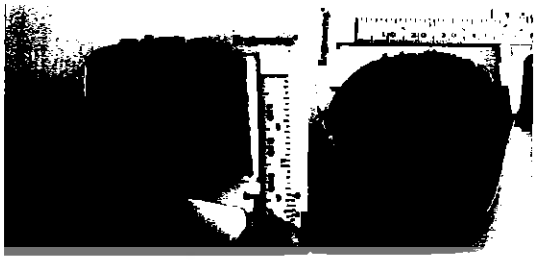
3.5.2.2 วิเคราะห์ค่าความชื้นมาตรฐานเปียกและมาตรฐานแห้ง โดยวิเคราะห์ค่าความชื้นอัตราส่วนละ 10 ก้อน ตามสมการที่ (2.1),(2.2) ตามลำดับ

**3.5.3 การวิเคราะห์ความหนาแน่น**

3.5.3.1 เตรียมก้อนเชื้อเพลิงที่ผ่านกระบวนการลดความชื้นแล้ว อัตราส่วนละ 10 ก้อน

3.5.3.2 ชั่งน้ำหนักก้อนเชื้อเพลิง

3.5.3.3 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของก้อนเชื้อเพลิง ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ภาพแสดงการวัดขนาดก้อนเชื้อเพลิง

3.5.3.4 วิเคราะห์ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิง ตามสมการที่ (2.3)

**3.5.4 การทดสอบค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิง** (Heating Value)

3.5.4.1 เตรียมแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ทำการลดความชื้นแล้ว

3.5.4.2 นำก้อนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยสด (ไม่ใช้ตัวเชื่อมประสาน) และเชื้อเพลิงจากเปลือกกล้วยแห้งที่แต่ละอัตราส่วนมา อย่างละ 1 ก้อนมาบดให้ละเอียดสำหรับนำไปทำการทดสอบในเครื่องทดสอบค่าความร้อนจากการเผาไหม้ (bomb calorimeter) ดังรูปที่ 3.22

บดก้อนเชื้อเพลิง ตะแกรงร่อน ผงเชื้อเพลิงบด

รูปที่ 3.22 ภาพแสดงการเตรียมผงเชื้อเพลิง

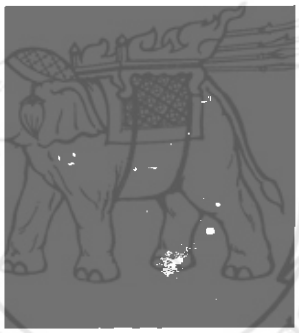
3.5.4.3 ตัดลวดฟิวส์ (Fuse Wire) ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ติดที่ปลายทั้งสองของแท่งเหล็กด้านล่างของฝาลูกบอมบ์ ดังรูปที่ 3.23

ตัดลวดฟิวส์ ติดลวดฟิวส์

รูปที่ 3.23 ภาพแสดงการติดลวดฟิวส์

3.5.4.4 ใส่ถ่านอัดแท่งบดละเอียดน้ำหนักประมาณ 0.5 กรัม ลงไปในถ้วย

3.5.4.5 วางถ้วยบนช่วงปลายเหล็กด้านฝาลูกบอมบ์ จัดลวดฟิวส์ให้สัมผัสตัวอย่าง โดยระวังไม่ให้ลวดฟิวส์สัมผัสบริเวณถ้วยและไม่ควรให้ลวดฟิวส์สัมผัสลวดฟิวส์เอง ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 ภาพแสดงการติดเส้นลวดกับตัวอย่างเชื้อเพลิง

3.5.4.6 ประกอบฝาบอมบ์กับตัวบอมบ์ นำไปอัดออกซิเจนให้ได้ความดันประมาณ 30 บรรยากาศ นำไปวางในถังบรรจุบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ดังรูปที่ 3.25

รูปที่ 3.25 ภาพแสดงการอัดออกซิเจนในลูกบอมบ์

3.5.4.7 ใส่น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 24 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ลิตรลงในถัง (Bucker) เสียบสายไฟที่ใช้ในการจุดระเบิด 2 เส้น เข้ากับตัวลูกบอมบ์ แล้วปิดฝาเครื่อง ดังรูปที่ 3.26

ต่อสายจุดไฟระเบิด ปิดฝาเครื่อง

รูปที่ 3.26 ภาพแสดงติดตั้งลูกบอมบ์กับตัวเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์

3.5.4.8 เปิดสวิตซ์ อ่านอุณหภูมิของน้ำในถังบรรจุลูกบอมบ์ (Bucket) กับน้ำที่อยู่ในตัวหุ้ม (Jacket) เมื่ออุณหภูมิทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน ให้กดปุ่มจุดระเบิด ดังรูปที่ 3.27

รูปที่ 3.27 ภาพแสดงอุณหภูมิของน้ำในถังบรรจุลูกบอมบ์(Bucket)

3.5.4.9 นำลูกบอมบ์ออก หมุนวาล์วปล่อยก๊าซออกจากลูกบอมบ์อย่างช้า ๆ

3.5.4.10 ทำความสะอาดฝา ลูกบอมบ์และถ้วยบรรจุถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วย

3.5.4.11 เครื่องจะทำการคำนวณแล้วพิมพ์ค่าความร้อนของตัวอย่างออกมาทางเครื่องพิมพ์

3.5.4.12 ทำการทดลองตามขั้นตอนดังกล่าวกับเชื้อเพลิงที่เตรียมไว้

**3.5.5 การทดสอบการใช้งานโดยการต้มน้ำ**

3.5.5.1 เตรียมก้อนเชื้อเพลิงที่อัดสดไม่ใช้ตัวเชื่อมประส่าน น้ำหนัก 250 กรัม (ประมาณ 5-6 ก้อน)

3.5.5.2 เตรียมก้อนเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนต่างๆ น้ำหนัก 250 กรัม (ประมาณ 4-5 ก้อน) ดังรูปที่ 3.28

รูปที่ 3.28 ภาพแสดงการชั่งน้ำหนักก้อนเชื้อเพลิง

3.5.5.3 เตรียมถ่านไม้ที่มีการใช้กันภายในชุมชน น้ำหนัก 250 กรัม

3.5.5.4 หุ้มขอบเตาด้วย อลูมิเนียม ฟอยล์ ดังรูปที่ 3.29

รูปที่ 3.29 ภาพแสดงการหุ้มฟอยล์บริเวณขอบเตา

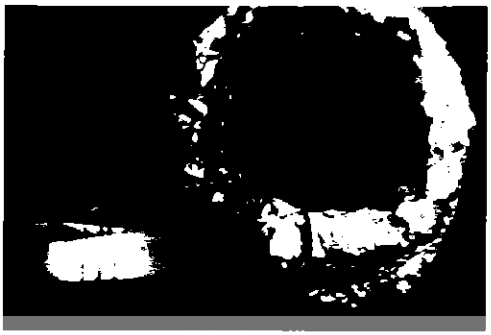
3.5.5.5 วางก้อนเชื้อเพลิงลงในเตา โดยแบ่งครึ่งก้อนเชื้อเพลิงแต่ละก้อนเป็น 2 ส่วน ดังรูปที่ 3.30

รูปที่ 3.30 ภาพแสดงการวางเชื้อเพลิงลงในเตา

3.5.5.6 เตรียมน้ำปริมาตร 1.5 ลิตร

3.5.5.7 เทน้ำลงในหม้อแล้วทำการวัดอุณหภูมิของน้ำ โดยให้น้ำมีอุณหภูมิเดียวกันที่ 29 $^{o}$C

3.5.5.8 จุดไฟก้อนเชื้อเพลิง ดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 การจุดไฟก้อนเชื้อเพลิง

3.5.5.9 ตั้งหม้อน้ำหลังจากเชื้อเพลิงติดไฟแล้ว ดังรูปที่ 3.32

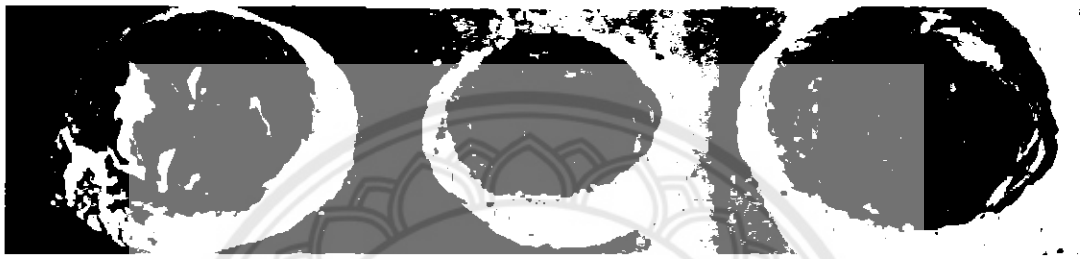
รูปที่ 3.32 ภาพแสดงลักษณะของเชื้อเพลิงเมื่อเริ่มติดไฟ

3.5.5.10 วัดอุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดสอบทุกๆ 2 นาที ดังรูปที่ 3.33

รูปที่ 3.33 ภาพแสดงการวัดอุณหภูมิของน้ำ

3.5.5.11 ถ่ายภาพเปลวไฟทุกๆ 5 นาที

5 นาที 10 นาที 15นาที



20 นาที 25 นาที 30 นาที

รูปที่ 3.34 ภาพแสดงลักษณะของเปลวไฟจากเชื้อเพลิงเขียว (อัตราส่วน 4:2.5:2.5)

3.5.5.12 หลังจากน้ำเดือด คือ มีอุณหภูมิ 100$^{o}$C ให้ทำการวัดอุณหภูมิของน้ำทุกๆ 2 นาที อีกจำนวน 5 ครั้ง เป็นอันเสร็จกระบวนการทดสอบการต้มน้ำ

3.5.5.13 วิเคราะห์และเปรียบเทียบเวลาที่ทำให้น้ำเดือดของเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนต่างๆกับถ่านไม้

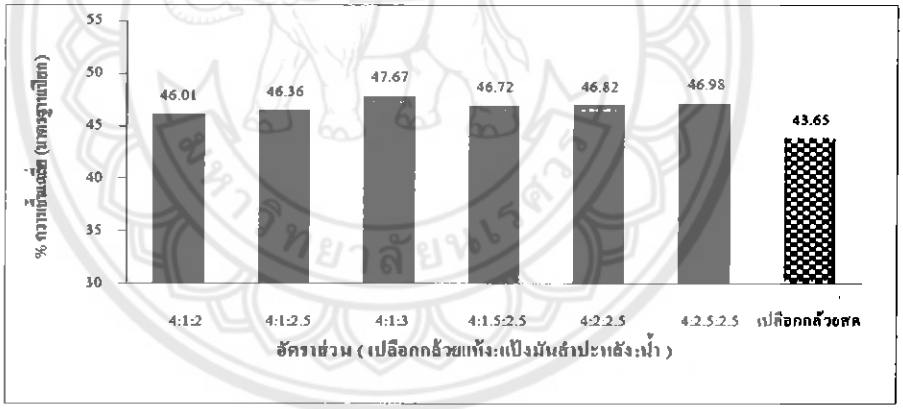
# บทที่ 4

## ผลการทดสอบและวิเคราะห์

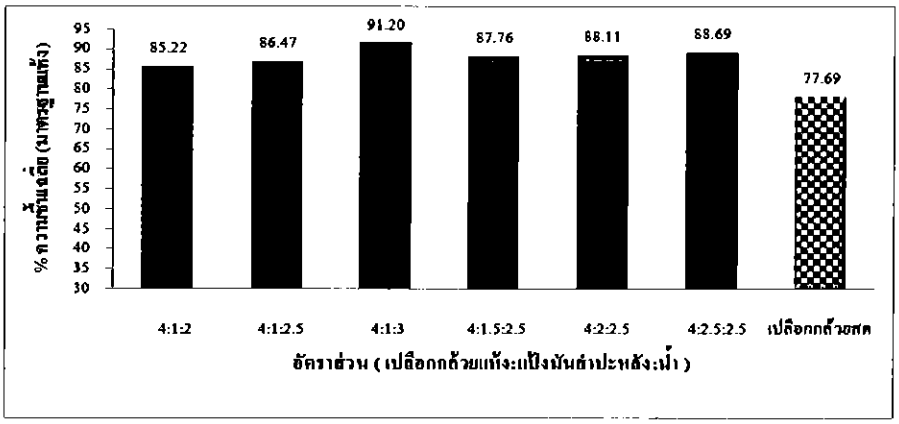
ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทดสอบคุณสมบัติของวัตถุดิบและทดลองทำการผลิตตัวอย่างเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยตามกระบวนการและอัตราส่วนที่กำหนดไว้และนำตัวอย่างเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยไปทำการทดสอบเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณความชื้น ,ความหนาแน่น ,ค่าความร้อน , ระยะเวลาในการต้มน้ำและค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง ได้ผลการทดสอบดังนี้

### 4.1 การทดสอบและวิเคราะห์เปอร์เซ็นความชื้นของก้อนเชื้อเพลิง

การทดสอบและวิเคราะห์เปอร์เซ็นความชื้นของเชื้อเพลิงเขียวจะทำการทดสอบ 2 ส่วน คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้น (มาตรฐานเปียก) และเปอร์เซ็นต์ความชื้น (มาตรฐานแห้ง) โดยใช้ตัวอย่างทดสอบอัตราส่วนละ 10 ตัวอย่าง ผลที่ได้จากการทดสอบเป็นดังตารางที่ 1( ภาคผนวก ก.) ซึ่งนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยที่อัตราส่วนผสมต่างๆ ดังรูปที่ 4.1.1 และรูปที่ 4.1.2




รูปที่ 4.1.1 กราฟแสดงเปอร์เซ็นความชื้นเฉลี่ย (มาตรฐานเปียก) ของเชื้อเพลิงเขียวแต่ละอัตราส่วนผสม



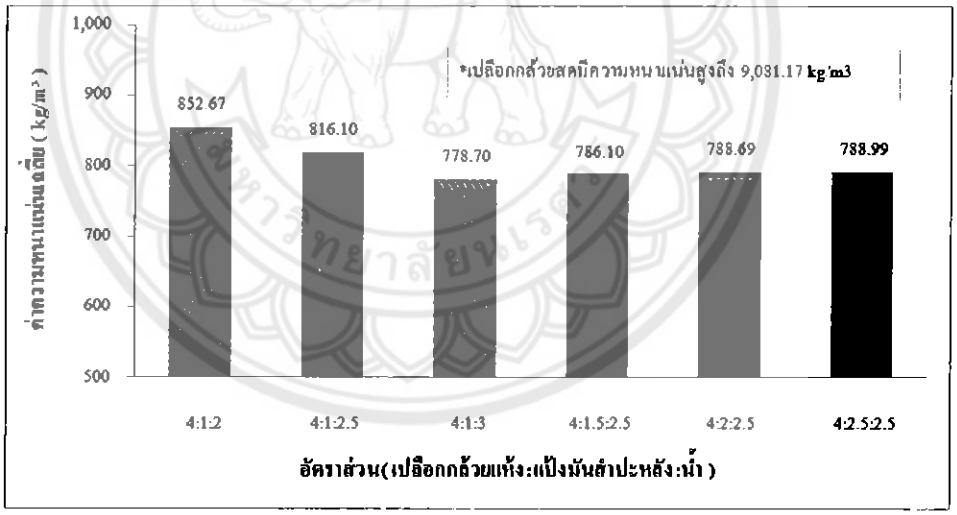

รูปที่ 4.1.2 กราฟแสดงเปอร์เซ็นความชื้นเฉลี่ย (มาตรฐานแห้ง) ของเชื้อเพลิงเขียวแต่ละอัตราส่วนผสม

จากรูปที่ 4.1.1- 4.1.2 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยที่ต้องใช้ตัวเชื่อมประสาน เชื้อเพลิงเขียวที่มีอัตราส่วนผสมเป็น 4:1:3 มีปริมาณความชื้นเฉลี่ยสูงที่สุด และเชื้อเพลิงเขียวที่มีอัตราส่วนผสมเป็น 4:1:2 มีปริมาณความชื้นเฉลี่ยต่ำที่สุดในกลุ่ม โดยเชื้อเพลิงเขียวที่อัดจากเปลือกกล้วยสดมีเปอร์เซ็นความชื้นเฉลี่ยต่ำกว่าเชื้อเพลิงเขียวในกลุ่มดังกล่าว

จากการวิเคราะห์ อัตราส่วนของตัวเชื่อมประสานที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย พบว่าอัตราส่วนที่มีน้ำเป็นส่วนผสมมากจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยสูงและอัตราส่วนที่มีน้ำเป็นส่วนผสมน้อยจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยต่ำ โดยอัตราส่วนของแป้งมันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยเพียงเล็กน้อย

**4.2 การทดสอบและวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิง**

การทดสอบค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเขียวที่อัตราส่วนต่างๆ โดยใช้ตัวอย่างทดสอบอัตราส่วนละ 10 ตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาความหนาแน่นเฉลี่ย ผลที่ได้จากการทดสอบเป็นดังตารางที่ 2 (ภาคผนวก ก.) ซึ่งนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยที่อัตราส่วนผสมต่างๆ ดังรูปที่ 4.2



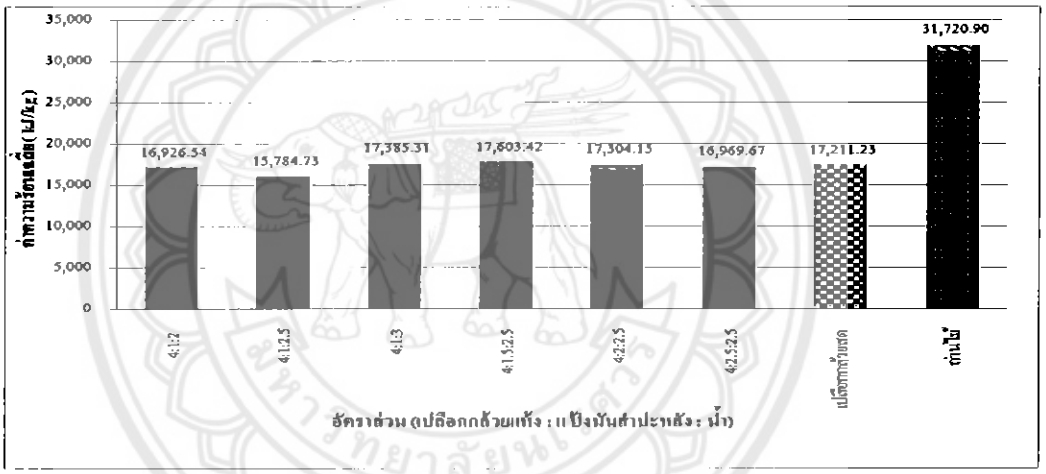

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของเชื้อเพลิงเขียวแต่ละอัตราส่วนผสม

จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยที่ต้องใช้ตัวเชื่อมประสาน เชื้อเพลิงเขียวที่มีอัตราส่วนผสมเป็น 4:1:2 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุด และเชื้อเพลิงเขียวที่มีอัตราส่วนผสมเป็น 4:1:3 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยต่ำที่สุดในกลุ่ม โดยเชื้อเพลิงเขียวที่อัดจากเปลือกกล้วยสดมีเปอร์เซ็นความชื้นเฉลี่ยสูงกว่าเชื้อเพลิงเขียวในกลุ่มดังกล่าวมาก

จากการวิเคราะห์อัตราส่วนของตัวเชื่อมประสานที่มีผลต่อความหนาแน่นเฉลี่ย อัตราส่วนที่มีน้ำเป็นส่วนผสมมากจะความหนาแน่นเฉลี่ยต่ำ และอัตราส่วนที่มีน้ำเป็นส่วนผสมน้อยจะมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูง โดยอัตราส่วนของแป้งมันมีผลต่อความหนาแน่นเฉลี่ยเพียงเล็กน้อย

**4.3 การทดสอบและวิเคราะห์ค่าความร้อนเฉลี่ย (Average Heating Value)**

การทดสอบค่าความร้อนเฉลี่ยของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยที่อัตราส่วนต่าง ๆ โดยใช้ตัวอย่างทดสอบอัตราส่วนละ 5 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ค่าความร้อนเฉลี่ย ผลที่ได้จากการทดสอบเป็นดังตารางที่ (ภาคผนวก ก.) ซึ่งนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบค่าความร้อนเฉลี่ยของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยที่อัตราส่วนผสมต่างๆและถ่านไม้ ดังรูปที่ 4.3



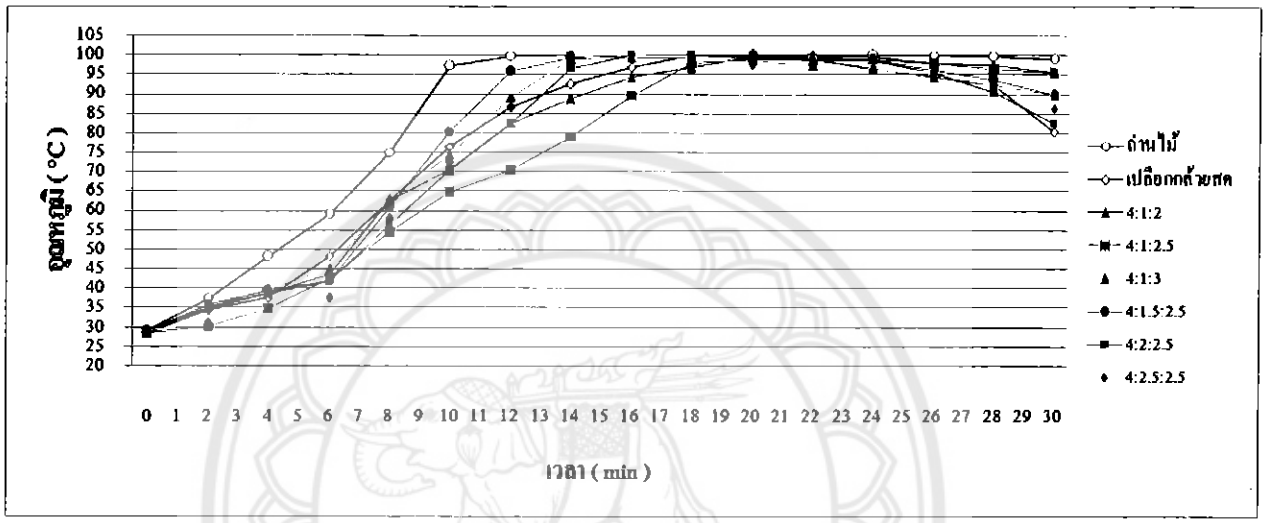

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของเชื้อเพลิงเขียวแต่ละอัตราส่วนผสมและถ่านไม้

จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าในกลุ่มของแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย อัตราส่วนผสมที่มีค่าความร้อนเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 4:1.5:2.5 และอัตราส่วนผสมที่มีค่าความร้อนเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 4:1:2.5 โดยเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยทุกอัตราส่วนมีค่าความร้อนเฉลี่ยน้อยกว่าถ่านไม้

จากการวิเคราะห์ เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยทุกอัตราส่วนผสมรวมทั้งชนิดที่อัดจากเปลือกกล้วยสดมีค่าความร้อนเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ 15,784.73 – 17,603.42 kJ/kg ในขณะที่ถ่านไม้มีค่าความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 31,720.90 kJ/kg

**4.4 การทดสอบและวิเคราะห์ระยะเวลาในการต้มน้ำ**

การทดสอบระยะเวลาในการต้มน้ำของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยที่อัตราส่วนต่าง ๆ และถ่านไม้ เพื่อวิเคราะห์ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้มน้ำจนน้ำเดือดเมื่อทำการทดสอบที่สภาวะเดียวกัน เป็นดังตารางที่ 4 (ภาคผนวก ก.) ซึ่งนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาการต้มน้ำและอุณหภูมิของเปลือกกล้วยที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ และถ่านไม้ ดังรูปที่ 4.4



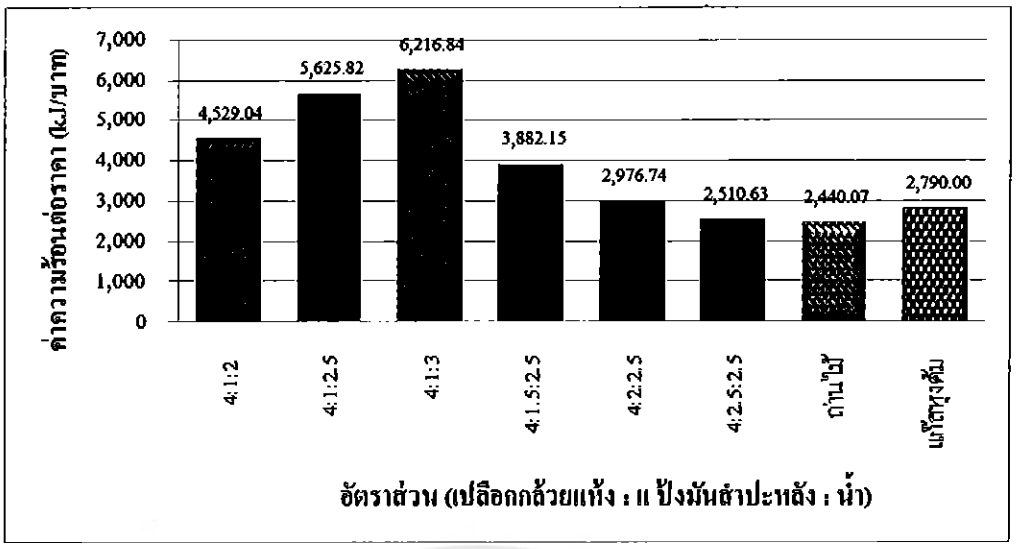

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาการต้มน้ำและอุณหภูมิ

จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าใช้ระยะเวลาในการต้มน้ำจนเดือดน้อยที่สุด และหากพิจารณาเฉพาะในกลุ่มเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย อัตราส่วนที่ใช้ระยะเวลาในการต้มน้ำจนเดือดน้อยที่สุดคือ อัตราส่วน 4:1.5:2.5 ,4:1:3 และ 4:2.5:2.5 อัตราส่วนที่ใช้ระยะเวลาในการต้มน้ำจนเดือดมากที่สุดคือ อัตราส่วน 4:1:2.5

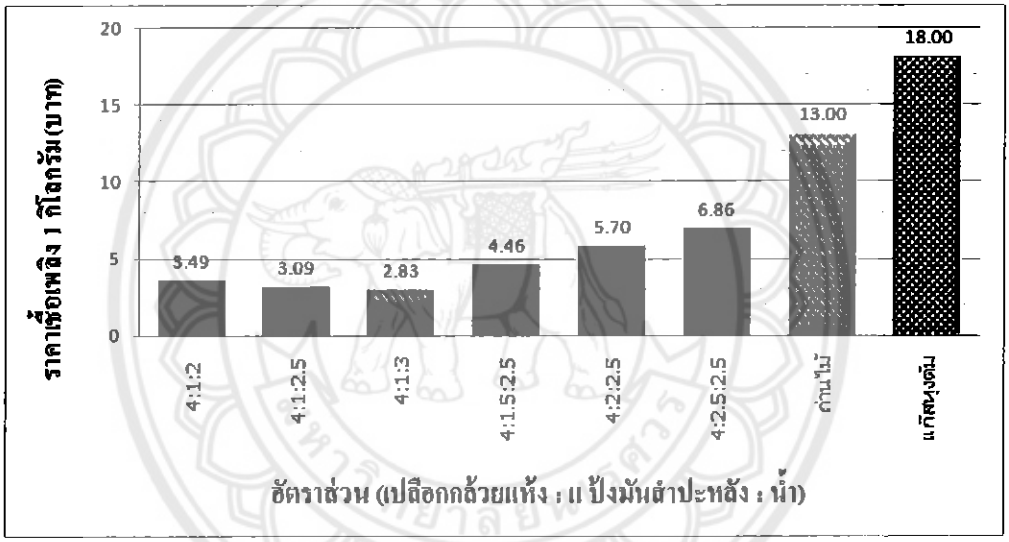
จากการวิเคราะห์ ระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจนเดือดของเชื้อเพลิงเขียวในทุกอัตราส่วนมีระยะเวลาใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลาอยู่ในช่วง 14-20 นาที ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับถ่านไม้ แต่เมื่อเวลาผ่านไป 28-30 นาที แท่งเชื้อเพลิงเขียวจะถูกเผาไหม้กลายเป็นเถ้าเร็วกว่าถ่านไม้

**4.5 การวิเคราะห์ค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง**

การวิเคราะห์ค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง จะทำการวิเคราะห์จากค่าความร้อนและราคาต้นทุนเชื้อเพลิง 1 กิโลกรัม ของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยที่อัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับถ่านไม้และแก๊สหุงต้ม ผลที่ได้เป็นดังตารางที่ 5 (ภาคผนวก ก.) ซึ่งนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยที่อัตราส่วนผสมต่างๆ กับถ่านไม้ และแก๊สหุงต้ม ดังรูปที่ 4.5.1 และนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบราคาเชื้อเพลิง ดังรูปที่ 4.5.2




รูปที่ 4.5.1 กราฟการเปรียบเทียบค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง




รูปที่ 4.5.2 กราฟการเปรียบเทียบเปรียบเทียบราคาเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 4.5.1 แสดงให้เห็นว่า เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยที่อัตราส่วน 4:1:3 มีค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิงสูงที่สุด และถ่านไม้มีค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิงต่ำที่สุด

จากรูปที่ 4.5.2 แสดงให้เห็นว่า เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยทุกอัตราส่วนมีราคาเชื้อเพลิงต่ำกว่าถ่านไม้และแก๊สหุงต้ม

จากการวิเคราะห์ค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง พบว่าเชื้อเพลิงเขียวในทุกอัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน มีค่าความร้อนต่อราคาเชื้อเพลิงสูงกว่าถ่านไม้ และมีเพียงอัตราส่วน 4:2.5:2.5 เพียงอัตราส่วนเดียวเท่านั้น ที่มีค่าความร้อนต่อราคาเชื้อเพลิงต่ำกว่าแก๊สหุงต้ม โดยราคาต้นทุนของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยจะแปรผันตรงกับอัตราส่วนของแป้งมัน และอัตราส่วนของน้ำมีผลต่อราคาต้นทุนเพียง

เล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้หากเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงเขียวที่อัดจากเปลือกกล้วยสดด้วยแล้ว เชื้อเพลิงเขียวที่อัดจากเปลือกกล้วยสดจะมีค่าความร้อนต่อราคาเชื้อเพลิงสูงที่สุด เนื่องจากเชื้อเพลิงดังกล่าวไม่มีราคาต้นทุนของตัวเชื่อมประสาน

# บทที่ 5

# สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อ ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย โดยมีรายละเอียดของการวิจัยดังนี้

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

### 5.1.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้น

เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย แปรผันตรงกับอัตราส่วนผสมของน้ำในก้อนเชื้อเพลิงเขียว

### 5.1.2 ค่าความหนาแน่น

ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย แปรผกผันกับอัตราส่วนผสมของน้ำในก้อนเชื้อเพลิงเขียว

### 5.1.3 ค่าความร้อน

เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยทุกอัตราส่วนผสมรวมทั้งชนิดที่อัดจากเปลือกกล้วยสดมีค่าความร้อนเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แม้ว่าจะมีค่าความร้อนต่ำกว่าค่าความร้อนของถ่านไม้ แต่เมื่อเปรียบเทียบแล้วก็ยังจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้พลังงานความร้อนได้

### 5.1.4 ระยะเวลาการต้มน้ำ

ระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจนเดือดของเชื้อเพลิงเขียวในทุกอัตราส่วนมีระยะเวลาใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลาอยู่ในช่วง 14-20 นาที ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับถ่านไม้ แต่เมื่อเวลาผ่านไป 28-30 นาทีแท่งเชื้อเพลิงเขียวจะถูกเผาไหม้กลายเป็นเถ้าเร็วกว่าถ่านไม้ เนื่องจากถ่านไม้ได้ผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่นมาแล้ว

### 5.1.5 ค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงเขียวในทุกอัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน มีค่าความร้อนต่อราคาเชื้อเพลิงสูงกว่าถ่านไม้ และมีเพียงอัตราส่วน 4:2.5:2.5 เพียงอัตราส่วนเดียวเท่านั้น ที่มีค่าความร้อนต่อราคาเชื้อเพลิงต่ำกว่าแก๊สหุงต้ม เนื่องจากแป้งมันเป็นปัจจัยที่มีผลต่อราคาต้นทุนเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยสูง

ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเปลือกกล้วยที่เหลือทิ้งจากการแปรรูป มาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียว เพื่อใช้ให้ความร้อนในกระบวนการอบกล้วยตาก ทดแทนถ่านไม้และแก๊สหุงต้มได้ ซึ่งเป็นการช่วยประหยัดต้นทุน ประหยัดพลังงาน และลดปัญหาและค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะจากเปลือกกล้วยให้ชุมชน

**5.2 การอภิปรายผล**

การนำเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยไปใช้งานจริงควรจะคำนึงถึงเถ้าเชื้อเพลิงและยางที่ระเหยจากการเผาไหม้ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้

**5.3 การพัฒนาโครงงานในอนาคต**

**5.4.1** การพัฒนาต่อยอดโดยการเลือกใช้ผงถ่านมาผสมเข้ากับเปลือกกล้วยตากแห้งและอัดแท่งโดยใช้ตัวเชื่อมประสานเพื่อเพิ่มค่าความร้อน

**5.4.2** การพัฒนาต่อยอดโดยการเลือกใช้วิธีนำเปลือกกล้วยตากแห้งมาทำเป็นถ่านแล้วจึงนำมาอัดแท่งโดยใช้ตัวเชื่อมประสาน

**5.4 ข้อเสนอแนะ**

**5.4.1** หากจะผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวเพื่อเข้าใช้ให้ความร้อนในกระบวนการอุตสาหกรรม ควรปรับปรุงวิธีการอัดให้มีกำลังการผลิตมากขึ้น อาจใช้การอัดแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดสกรู ซึ่งมีกำลังการอัดและการผลิตที่สูง ซึ่งจะทำให้ได้แท่งเชื้อเพลิงเขียวที่มีความแข็งแรงเหมาะกับการเก็บรักษาและมีรูปทรงที่เหมาะสมต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น

**5.4.2** การเปรียบเทียบค่าความร้อนและราคาต้นทุนเพื่อใช้เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยทดแทนแก๊สหุงต้มนั้น ควรจะพิจารณาถึงการนำไปใช้จริงในทางปฏิบัติของกระบวนการอบกล้วยตากด้วย

**5.4.3** การทดสอบและวิเคราะห์ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเขียวควรใช้การทดสอบ Bulk density

# ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเปอร์เซนต์ความชื้นของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย (มาตรฐานเปียกและมาตรฐานแห้ง)

| ชนิด | อัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน (เปลือกกล้วยแห้ง : แป้งมัน :น้ำ) | ครั้งที่ | % ความชื้น มาตรฐานเปียก | % ความชื้น มาตรฐานแห้ง |
|---|---|---|---|---|
| เปลือกกล้วยอัดสด | - | 1 | 43.75 | 77.78 |
| | | 2 | 46.67 | 87.50 |
| | | 3 | 42.50 | 73.91 |
| | | 4 | 43.21 | 76.09 |
| | | 5 | 42.35 | 73.47 |
| | | 6 | 44.44 | 80.00 |
| | | 7 | 45.92 | 84.91 |
| | | 8 | 45.26 | 9269 |
| | | 9 | 43.53 | 77.08 |
| | | 10 | 38.82 | 63.46 |
| | | เฉลี่ย | 43.65 | 77.69 |
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:1:2 | 1 | 46.67 | 87.50 |
| | | 2 | 46.09 | 85.48 |
| | | 3 | 45.22 | 82.54 |
| | | 4 | 46.09 | 85.48 |
| | | 5 | 45.45 | 83.33 |
| | | 6 | 45.45 | 83.33 |
| | | 7 | 46.90 | 83.33 |
| | | 8 | 45.45 | 83.33 |
| | | 9 | 46.36 | 86.44 |
| | | 10 | 46.36 | 86.44 |
| | | เฉลี่ย | 46.01 | 85.22 |

| ชนิด | อัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน (เปลือกกล้วยแห้ง : แป้งมัน :น้ำ) | ครั้งที่ | % ความชื้นมาตรฐานเปียก | % ความชื้นมาตรฐานแห้ง |
|---|---|---|---|---|
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:1:2.5 | 1 | 46.67 | 87.5 |
| | | 2 | 46.30 | 86.21 |
| | | 3 | 46.36 | 86.44 |
| | | 4 | 45.45 | 83.33 |
| | | 5 | 45.71 | 84.21 |
| | | 6 | 45.79 | 84.48 |
| | | 7 | 45.45 | 83.33 |
| | | 8 | 47.57 | 90.74 |
| | | 9 | 47.62 | 90.91 |
| | | 10 | 46.67 | 87.50 |
| | | เฉลี่ย | 46.36 | 86.47 |
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:1:3 | 1 | 48.57 | 94.44 |
| | | 2 | 49.07 | 96.36 |
| | | 3 | 47.27 | 89.66 |
| | | 4 | 45.45 | 83.33 |
| | | 5 | 47.62 | 90.91 |
| | | 6 | 49.53 | 98.15 |
| | | 7 | 46.36 | 86.44 |
| | | 8 | 48.54 | 94.34 |
| | | 9 | 47.62 | 90.91 |
| | | 10 | 46.67 | 87.5 |
| | | เฉลี่ย | 47.67 | 91.20 |

| ชนิด | อัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน (เปลือกกล้วยแห้ง : แป้งมัน :น้ำ) | ครั้งที่ | % ความชื้นมาตรฐานเปียก | % ความชื้นมาตรฐานแห้ง |
|---|---|---|---|---|
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:1.5:2.5 | 1 | 46.67 | 87.5 |
| | | 2 | 47.57 | 90.74 |
| | | 3 | 45.71 | 84.21 |
| | | 4 | 46.23 | 85.96 |
| | | 5 | 45.79 | 84.48 |
| | | 6 | 47.57 | 90.74 |
| | | 7 | 46.67 | 87.5 |
| | | 8 | 46.67 | 87.5 |
| | | 9 | 48.57 | 94.44 |
| | | 10 | 45.79 | 84.48 |
| | | เฉลี่ย | 46.72 | 87.76 |
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:2:2.5 | 1 | 46.67 | 87.50 |
| | | 2 | 47.12 | 89.09 |
| | | 3 | 45.71 | 84.21 |
| | | 4 | 46.23 | 85.96 |
| | | 5 | 45.79 | 84.48 |
| | | 6 | 49.04 | 96.23 |
| | | 7 | 46.67 | 87.50 |
| | | 8 | 46.67 | 87.50 |
| | | 9 | 47.62 | 90.91 |
| | | 10 | 46.73 | 87.72 |
| | | เฉลี่ย | 46.82 | 88.11 |

| ชนิด | อัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน (เปลือกกล้วยแห้ง : แป้งมัน :น้ำ) | ครั้งที่ | % ความชื้นมาตรฐานเปียก | % ความชื้นมาตรฐานแห้ง |
|---|---|---|---|---|
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:2.5:2.5 | 1 | 45.71 | 87.21 |
| | | 2 | 48.04 | 92.45 |
| | | 3 | 47.12 | 89.09 |
| | | 4 | 47.12 | 89.09 |
| | | 5 | 47.57 | 90.74 |
| | | 6 | 48.54 | 94.34 |
| | | 7 | 48.04 | 92.45 |
| | | 8 | 46.60 | 87.27 |
| | | 9 | 45.37 | 83.05 |
| | | 10 | 45.71 | 84.21 |
| | | เฉลี่ย | 46.98 | 88.69 |

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย

| ชนิด | อัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน (เปลือกกล้วยแห้ง : แป้งมัน :น้ำ) | ครั้งที่ | ความหนาแน่น (kg/m3) |
|---|---|---|---|
| เปลือกกล้วยสด | - | 1 | 7,957.73 |
| | | 2 | 8,987.55 |
| | | 3 | 8,134.57 |
| | | 4 | 8,613.07 |
| | | 5 | 8,665.08 |
| | | 6 | 8,841.92 |
| | | 7 | 9,372.44 |
| | | 8 | 10,345.05 |
| | | 9 | 9,549.27 |
| | | 10 | 10,345.05 |
| | | เฉลี่ย | 9,081.17 |
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:1:2 | 1 | 905.41 |
| | | 2 | 853.41 |
| | | 3 | 916.73 |
| | | 4 | 853.41 |
| | | 5 | 848.82 |
| | | 6 | 848.82 |
| | | 7 | 848.82 |
| | | 8 | 825.88 |
| | | 9 | 790.75 |
| | | 10 | 834.68 |
| | | เฉลี่ย | 852.67 |

| ชนิด | อัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน (เปลือกกล้วยแห้ง : แป้งมัน :น้ำ) | ครั้งที่ | ความหนาแน่น (kg/m3) |
|---|---|---|---|
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:1:2.5 | 1 | 838.84 |
| | | 2 | 820.53 |
| | | 3 | 812.12 |
| | | 4 | 804.15 |
| | | 5 | 829.42 |
| | | 6 | 843.97 |
| | | 7 | 898.76 |
| | | 8 | 763.94 |
| | | 9 | 757.06 |
| | | 10 | 792.24 |
| | | เฉลี่ย | 816.10 |
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:1:3 | 1 | 743.29 |
| | | 2 | 778.09 |
| | | 3 | 843.97 |
| | | 4 | 825.88 |
| | | 5 | 757.06 |
| | | 6 | 723.73 |
| | | 7 | 812.12 |
| | | 8 | 710.33 |
| | | 9 | 800.32 |
| | | 10 | 792.24 |
| | | เฉลี่ย | 778.70 |

| ชนิด | อัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน (เปลือกกล้วยแห้ง : แป้งมัน :น้ำ) | ครั้งที่ | ความหนาแน่น (kg/m3) |
|---|---|---|---|
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:1.5:2.5 | 1 | 792.24 |
| | | 2 | 808.88 |
| | | 3 | 806.38 |
| | | 4 | 784.59 |
| | | 5 | 777.34 |
| | | 6 | 763.94 |
| | | 7 | 750.54 |
| | | 8 | 770.82 |
| | | 9 | 785.77 |
| | | 10 | 820.53 |
| | | เฉลี่ย | 786.10 |
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:2:2.5 | 1 | 770.82 |
| | | 2 | 823.86 |
| | | 3 | 763.94 |
| | | 4 | 763.94 |
| | | 5 | 843.97 |
| | | 6 | 749.79 |
| | | 7 | 814.87 |
| | | 8 | 792.24 |
| | | 9 | 757.06 |
| | | 10 | 806.38 |
| | | เฉลี่ย | 788.69 |

| ชนิด | อัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน (เปลือกกล้วยแห้ง : แป้งมัน :น้ำ) | ครั้งที่ | ความหนาแน่น (kg/m3) |
|---|---|---|---|
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:2.5:2.5 | 1 | 806.38 |
| | | 2 | 749.79 |
| | | 3 | 823.86 |
| | | 4 | 800.32 |
| | | 5 | 763.94 |
| | | 6 | 793.90 |
| | | 7 | 710.33 |
| | | 8 | 800.32 |
| | | 9 | 834.68 |
| | | 10 | 806.38 |
| | | เฉลี่ย | 788.99 |

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating Value) ของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยและถ่านไม้

| ชนิด | อัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน (เปลือกกล้วยแห้ง : แป้งมัน :น้ำ) | ครั้งที่ | ค่าความร้อน (kCal/kg) | ค่าความร้อน (kJ/kg) |
|---|---|---|---|---|
| เปลือกกล้วยสด | - | 1 | 3,991.73 | 16,725.35 |
| | | 2 | 4,018.57 | 16,837.81 |
| | | 3 | 4,070.36 | 17,054.81 |
| | | 4 | 4,046.85 | 16,956.30 |
| | | 5 | 4,071.23 | 17,058.45 |
| | | เฉลี่ย | 4,039.75 | 16,926.54 |
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:1:2 | 1 | 3,727.65 | 15,618.85 |
| | | 2 | 3,714.43 | 15,563.46 |
| | | 3 | 3,755.46 | 15,735.38 |
| | | 4 | 3,776.57 | 15,823.83 |
| | | 5 | 3,862.08 | 16,182.12 |
| | | เฉลี่ย | 3,767.24 | 15,784.73 |
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:1:2.5 | 1 | 4,105.58 | 17,202.38 |
| | | 2 | 4,117.57 | 17,252.62 |
| | | 3 | 4,132.77 | 17,316.31 |
| | | 4 | 4,227.86 | 17,714.73 |
| | | 5 | 4,162.41 | 17,440.50 |
| | | เฉลี่ย | 4,149.24 | 17,385.31 |
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:1:3 | 1 | 4,201.23 | 17,603.15 |
| | | 2 | 4,188.54 | 17,549.98 |
| | | 3 | 4,193.58 | 17,571.10 |
| | | 4 | 4,201.98 | 17,606.30 |
| | | 5 | 4,221.14 | 17,686.58 |
| | | เฉลี่ย | 4,201.29 | 17,603.42 |

| ชนิด | อัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน (เปลือกกล้วยแห้ง : แป้งมัน :น้ำ) | ครั้งที่ | ค่าความร้อน (kCal/kg) | ค่าความร้อน (kJ/kg) |
|---|---|---|---|---|
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:1.5:2.5 | 1 | 4,021.60 | 16,850.50 |
| | | 2 | 4,064.72 | 17,031.18 |
| | | 3 | 4,149.13 | 17,384.85 |
| | | 4 | 4,203.22 | 17,611.49 |
| | | 5 | 4,210.67 | 17,642.71 |
| | | เฉลี่ย | 4,129.87 | 17,304.15 |
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:2:2.5 | 1 | 4,054.70 | 16,989.19 |
| | | 2 | 4,012.50 | 16,812.38 |
| | | 3 | 4,039.53 | 16,925.63 |
| | | 4 | 4,063.58 | 17,026.40 |
| | | 5 | 4,079.89 | 17,094.74 |
| | | เฉลี่ย | 4,050.04 | 16,969.67 |
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4:2.5:2.5 | 1 | 4,112.58 | 17,231.71 |
| | | 2 | 4,115.44 | 17,243.69 |
| | | 3 | 4,073.12 | 17,066.37 |
| | | 4 | 4,112.44 | 17,231.12 |
| | | 5 | 4,124.88 | 17,283.25 |
| | | เฉลี่ย | 4,107.69 | 17,211.23 |
| ฉ่านไม้ | - | 1 | 7,547.33 | 31,623.31 |
| | | 2 | 7,599.62 | 31,842.41 |
| | | 3 | 7,696.59 | 32,248.71 |
| | | 4 | 7,507.22 | 31,455.25 |
| | | 5 | 7,502.34 | 31,434.80 |
| | | เฉลี่ย | 7,570.62 | 31,720.90 |

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบระยะเวลาการต้มน้ำและอุณหภูมิของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยและถ่านไม้

| ชนิด | อัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน (เปลือกกล้วย / แป้งมัน /น้ำ) | เวลาในการทำให้น้ำเดือด (min) |
|---|---|---|
| เปลือกกล้วยอัดสด | - | 18 |
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4/1/2 | 20 |
| | 4/1/2.5 | 18 |
| | 4/1/3 | 16 |
| | 4/1.5/2.5 | 16 |
| | 4/2/2.5 | 18 |
| | 4/2.5/2.5 | 16 |
| ถ่านไม้ | - | 12 |

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง

| ชนิด | อัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน (เปลือกกล้วยแห้ง : แป้งมัน :น้ำ) | ค่าความร้อน (kJ/kg) | ราคาเชื้อเพลิง (บาท/kg) | ค่าความร้อนต่อราคา (kJ/บาท) |
|---|---|---|---|---|
| เปลือกกล้วยอัดสด | - | 16,926.55 | - | - |
| เปลือกกล้วยแห้ง | 4/1/2 | 15,784.73 | 3.49 | 4,529.04 |
| | 4/1/2.5 | 17,385.31 | 3.09 | 5,625.82 |
| | 4/1/3 | 17,603.42 | 2.83 | 6,216.84 |
| | 4/1.5/2.5 | 17,304.15 | 4.46 | 3,882.15 |
| | 4/2/2.5 | 16,969.67 | 5.70 | 2,976.74 |
| | 4/2.5/2.5 | 17,211.23 | 6.86 | 2,510.63 |
| ถ่านไม้ | - | 31,720.90 | 13 | 2,440.07 |
| แก๊สหุงต้ม | - | 50,220.00 | 18 | 2,790.00 |

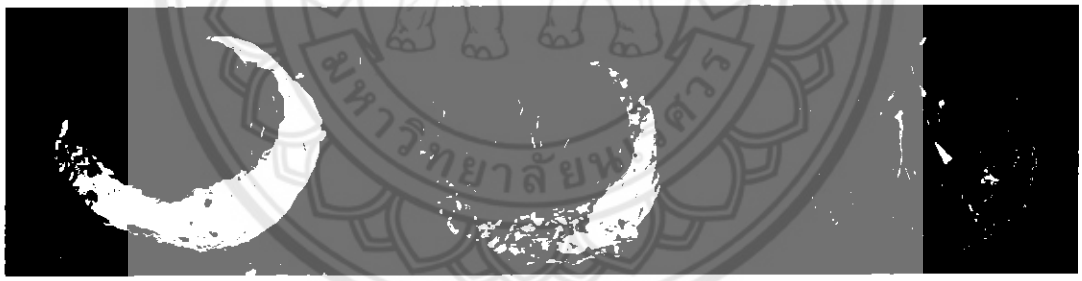
หมายเหตุ ก้อนเชื้อเพลิงเขียวที่อัดจากเปลือกกล้วยสดไม่มีราคาต้นทุนเนื่องจากไม่ต้องใช้ตัวเชื่อมประสานในการอัดก้อน จึงไม่มีราคาต้นทุนของตัวประสาน และเปลือกกล้วยสดได้มาจากการแปรรูป

# ภาคผนวก ข

5 นาที 10 นาที 15นาที

20 นาที 25 นาที 30 นาที

รูปที่ 1 ภาพแสดงลักษณะเปลวไฟของเชื้อเพลิง (อัตราส่วน 4:1:2)

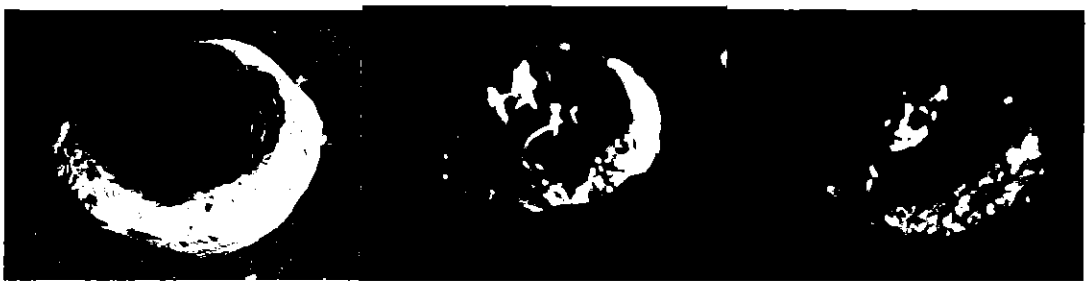


5 นาที 10 นาที 15

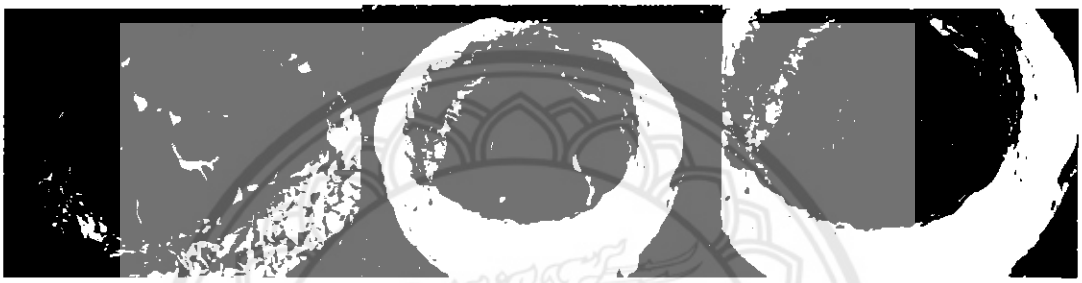
นาที

20 นาที 25 นาที 30 นาที

รูปที่ 2 ภาพแสดงลักษณะเปลวไฟของเชื้อเพลิง (อัตราส่วน 4:1:2.5)



5 นาที 10 นาที 15นาที



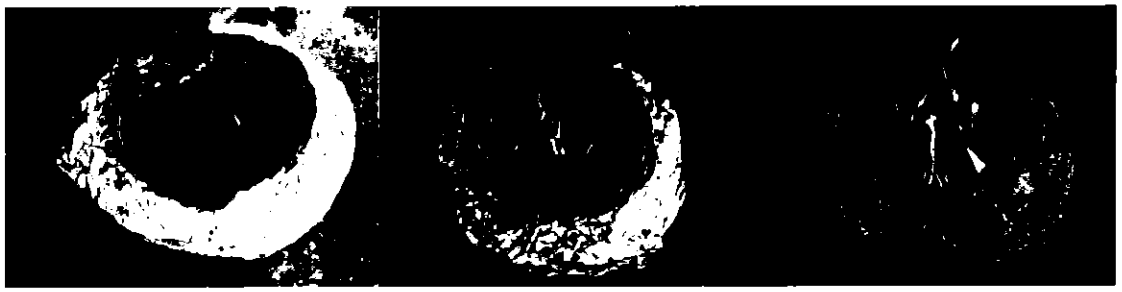
20 นาที 25 นาที 30 นาที

รูปที่ 3 ภาพแสดงลักษณะเปลวไฟของเชื้อเพลิง (อัตราส่วน 4:1:3)

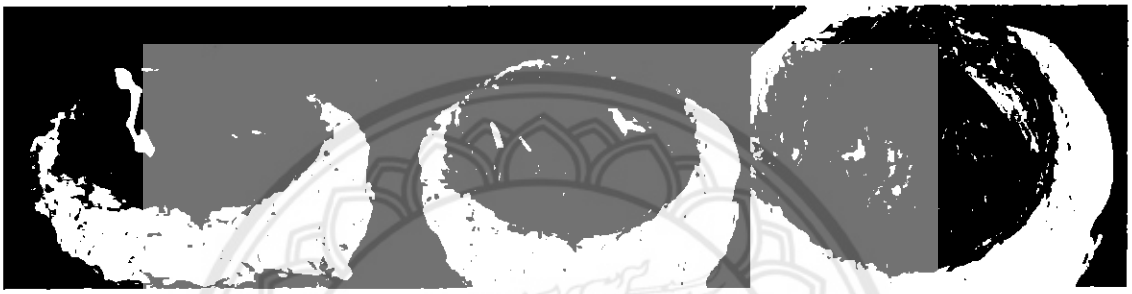
5 นาที 10 นาที 15นาที

20 นาที 25 นาที 30 นาที

รูปที่ 4 ภาพแสดงลักษณะเปลวไฟของเชื้อเพลิง (อัตราส่วน 4:1.5:2.5)



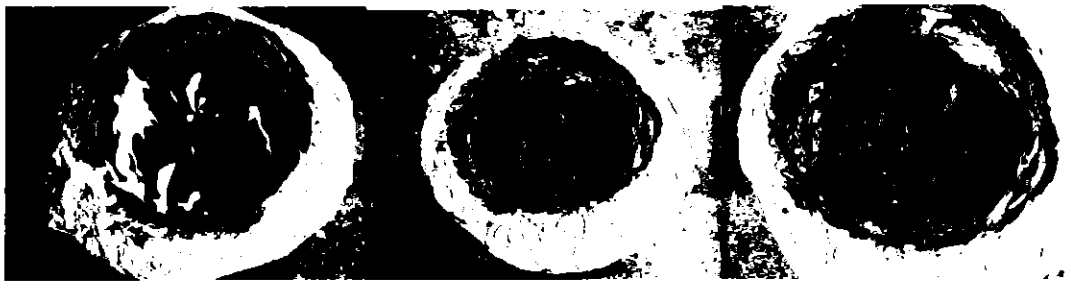
5 นาที 10 นาที 15นาที



20 นาที 25 นาที 30 นาที

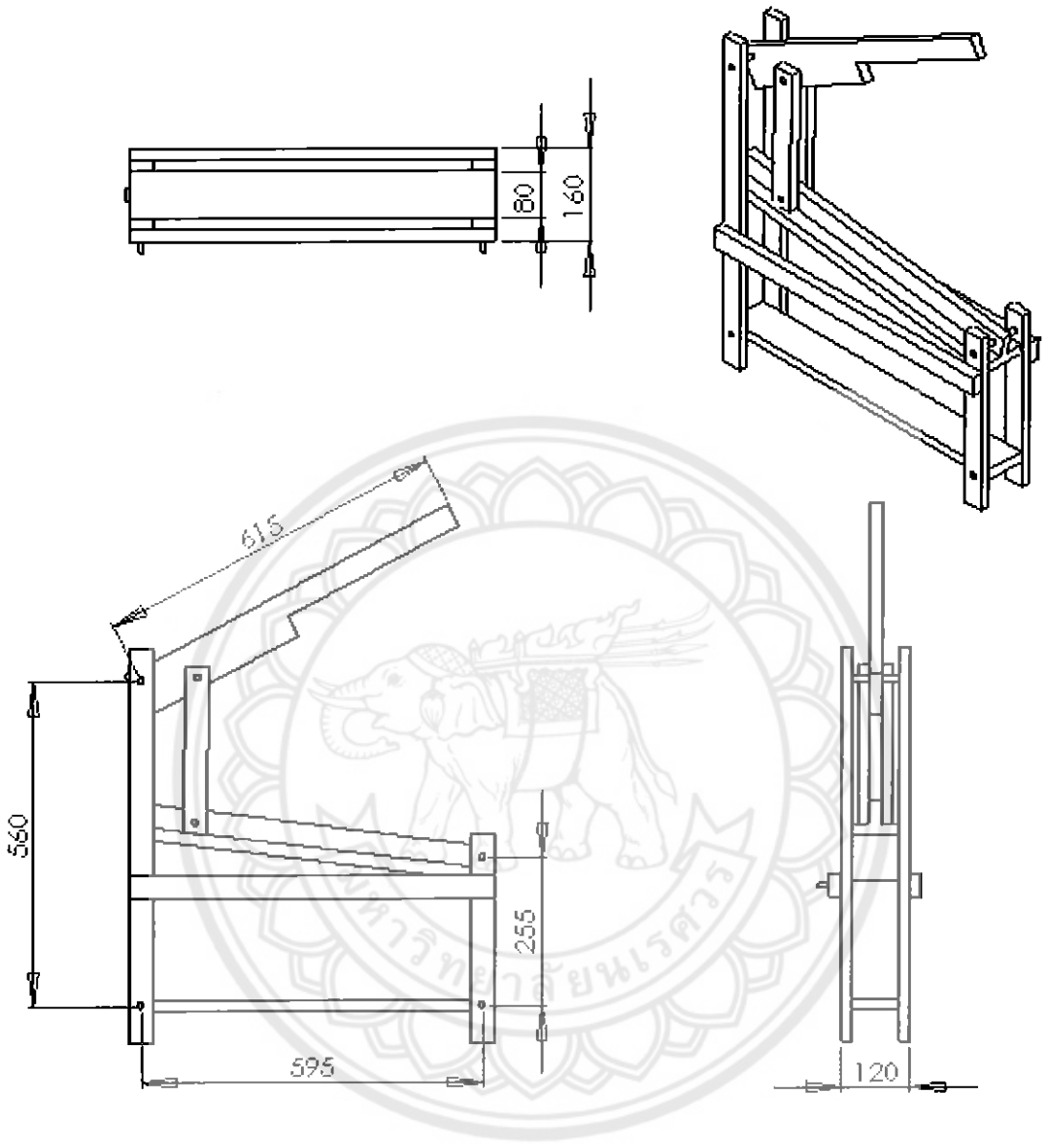
รูปที่ 5 ภาพแสดงลักษณะเปลวไฟของเชื้อเพลิง (อัตราส่วน 4:2:2.5)

5 นาที 10 นาที 15นาที



20 นาที 25 นาที 30 นาที

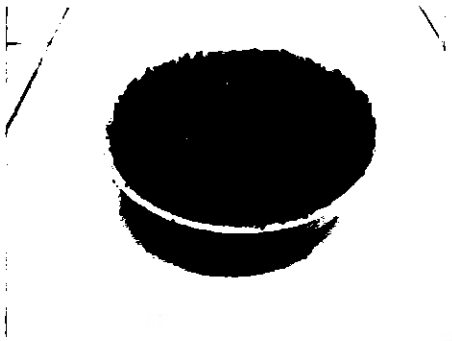
รูปที่ 6 ภาพแสดงลักษณะเปลวไฟของเชื้อเพลิง (อัตราส่วน 4:2.5:2.5)




**รูปที่ 7 ภาพแสดงขนาดของเครื่องอัด (หน่วยเป็น cm)**

# ภาคผนวก ค

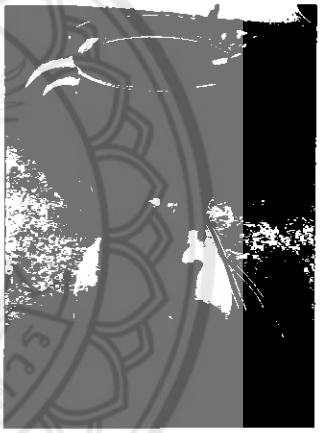
## เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลองและวิจัย



เปลือกกล้วยแห้ง

แป้งมันสำปะหลัง

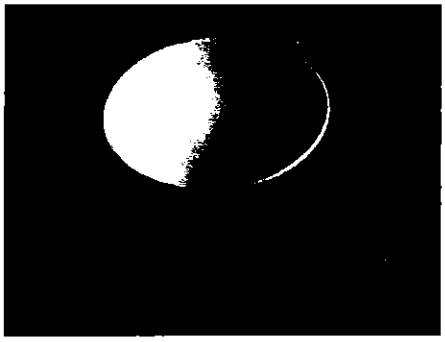
เครื่องชั่ง



เครื่องปั่น

เครื่องอัดแท่ง

หม้อต้มน้ำ

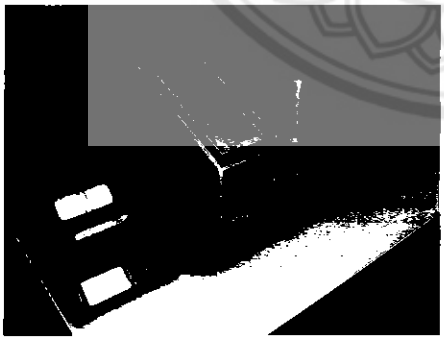


ถ้วยตวง 0.25 กรัม

อุปกรผสมอัตราส่วน

อุปกรณ์บดและตะแกรงกรอง

เหยือกตวงน้ำ



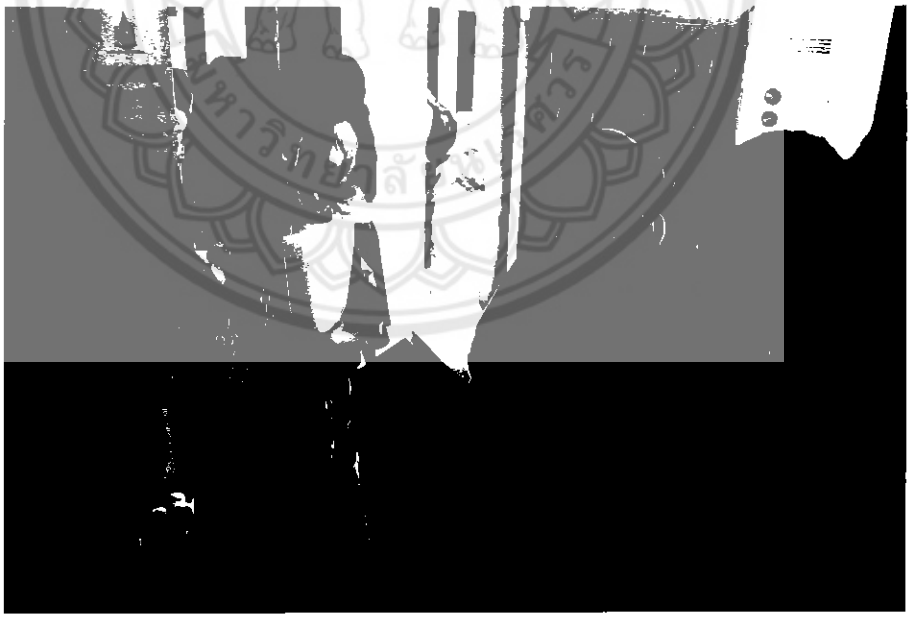
เครื่องวัดค่าความร้อนจากการเผาไหม้

ลวดฟิวส์

**การเข้าร่วมกิจกรรมและรางวัลที่ได้รับจากนิทรรศการโครงงานนิสิต มหาวิทยาลัยนเรศวรครั้งที่ 11**

**ท่านอธิการบดี ศาตราจารย์ ดร.สุจินต์ จินายน ประธานโครงการได้กรุณาให้เกียรติร่วมชมและ**

สอบถามรายละเอียดของโครงการวิจัย



**คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิได้กรุณาให้เกียรติร่วมชมและสอบถามรายละเอียดของโครงการวิจัย**

**ได้รับรางวัลรองชนะเลิศลำดับที่2 กลุ่มสาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี**

**มหาวิทยาลัยนเรศวร**

ขอมอบเกียรติบัตรเพื่อแสดงว่า

นายธนวัฒน์ บัวพันธุ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

ได้รับ งวัลรองชนะเลิศลำดับที่ 2 กลุ่มสาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

จากโครงงาน...เรื่อง

ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเรียงจากเปลือกกล้วย

ในพิธีรับสาส์นโครงการนิสิต มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปี 2555
ให้ไว้ ณ วันที่ ... เดือน ... พ.ศ. 2554 ณ ... มหาวิทยาลัยนเรศวร



...
...
...

**ประกาศนียบัตรที่ได้รับ**

มหาวิทยาลัยนเรศวร
ขอมอบเกียรติบัตรเพื่อแสดงว่า

นายสุวรรณ จันทรา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

ได้รับรางวัลรองชนะเลิศลำดับที่ 2 กลุ่มสาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

จากโครงงานเรื่อง

ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแห่งเชื้อเพลิงเชียวจากเปลือกกล้วย

ในนิทรรศการโครงงานนิสิต มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปี 2554
ให้ไว้ ณ วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2554 ณ อาคารเรียนรวมและสิ่งอำนวยความสะดวก 72 พรรษา มหาวิทยาลัยนเรศวร

ศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ จินายน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยนเรศวร

## ประกาศนียบัตรที่ได้รับ

มหาวิทยาลัยนเรศวร
ขอมอบเกียรติบัตรเพื่อแสดงว่า

นายวัชรพล พาคำป่อง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

ได้รับรางวัลรองชนะเลิศลำดับที่ 2 กลุ่มสาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

จากโครงงานเรื่อง

ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแห่งเชื้อเพลิงเชียวจากเปลือกกล้วย

ในนิทรรศการโครงงานนิสิต มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปี 2554
ให้ไว้ ณ วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2554 ณ อาคารเรียนรวมและสิ่งอำนวยความสะดวก 72 พรรษา มหาวิทยาลัยนเรศวร

ศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ จินายน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยนเรศวร

## ประกาศนียบัตรที่ได้รับ

# การนำเสนอโครงงาน

## ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย

## (A Feasibility Study to Fabricate the Green Fuel Rods from Banana Peel)

ผู้จัดทำโครงงานนิสิต

นายธนวัฒน์ บัวพันธุ์ 50361101

นายวัชรพล พาคำป้อง 50362245

นายสุวรรณ จันทรา 50362818

อาจารย์ที่ปรึกษา นายศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา

## ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

การแปรรูปกล้วย

รูปที่ 1 ภาพแสดงการแปรรูปกล้วยและเปลือกกล้วยเหลือทิ้ง

## วัตถุประสงค์ของโครงงาน

- ผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย
- ศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย

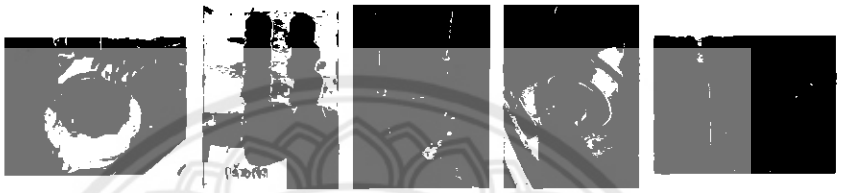
รูปที่ 2 ภาพแสดงก้อนเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย (อัตราส่วน 4:2.5:2.5)

## ขอบเขตการปฏิบัติงาน

- ศึกษาและพัฒนาแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยเพื่อทดแทนการใช้แก๊ส LPG
- ออกแบบและทำการสร้างเครื่องอัด
- เปรียบเทียบและวิเคราะห์ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย
- เปรียบเทียบและวิเคราะห์ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย
- เปรียบเทียบวิเคราะห์คุณสมบัติค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้
- เปรียบเทียบวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางความร้อนในการใช้งาน (การต้มน้ำ)
- วิเคราะห์ราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง

# ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้แท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย
- คุณสมบัติค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย
- ลดปัญหาขยะจากการแปรรูปกล้วย ปัญหาสิ่งแวดล้อมและการตัดไม้ทำลายป่า
- สร้างรายได้เสริมให้เกษตรกรและชุมชน
- ลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิงและลดภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของชุมชนและครัวเรือน



# ทฤษฎี

**ความชื้น (Moisture)**

ความชื้น หมายถึงปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ในชีวมวล โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท

- เปอร์เซ็นต์ความชื้น(มาตรฐานเปียก)

$$\%\text{ความชื้น(มาตรฐานเปียก)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \qquad (2.1)$$

- เปอร์เซ็นต์ความชื้น(มาตรฐานแห้ง)

$$\%\text{ความชื้น(มาตรฐานแห้ง)} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \qquad (2.2)$$

m1 คือ มวลวัตถุเปียก (kg)

m2 คือ มวลวัตถุแห้ง (kg)

น้ำหนักเปียก

น้ำหนักแห้ง

## ทฤษฎี (ต่อ)

- **ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิงเขียว**

เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ยิ่งวัดฤมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อหน่วยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้น โดยสมการความหนาแน่นคือ

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad (2.3)$$

โดยความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิงเขียวจะมีผลต่อการเก็บรักษาและขนย้ายก้อนเชื้อเพลิงเขียว กล่าวคือ หากก้อนเชื้อเพลิงเขียวมีความหนาแน่นสูง การขนย้ายต่อครั้งจะได้มวลมากโดยใช้ปริมาตรของพาหนะขนย้ายน้อย แต่หากก้อนเชื้อเพลิงเขียวมีความหนาแน่นต่ำ การขนย้ายต่อครั้งจะได้มวลน้อยโดยใช้ปริมาตรของพาหนะขนย้ายมาก นั่นคือทำให้สิ้นเปลืองค่าขนย้ายหรือขนส่งมากกว่า

## ทฤษฎี (ต่อ)

- ค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value, LHV)

- ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแล้วเกิดผลผลิตจากการเผาไหม้อยู่ในรูปของไอน้ำ เรียกว่า ค่าความร้อนต่ำ
- การนำชีวมวล 1 กิโลกรัม และมีความชื้นตามปกติมาหาค่าความร้อน

- ค่าความร้อนสูง (Higher Heating Value, HHV)

- ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแล้วเกิดเป็นผลผลิตจากการเผาไหม้อยู่ในรูปของน้ำ (ของเหลว) เรียกว่า ค่าความร้อนสูง
- การนำชีวมวล 1 กิโลกรัมมาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นนำมาหาค่าความร้อน

Bomb calorimeter

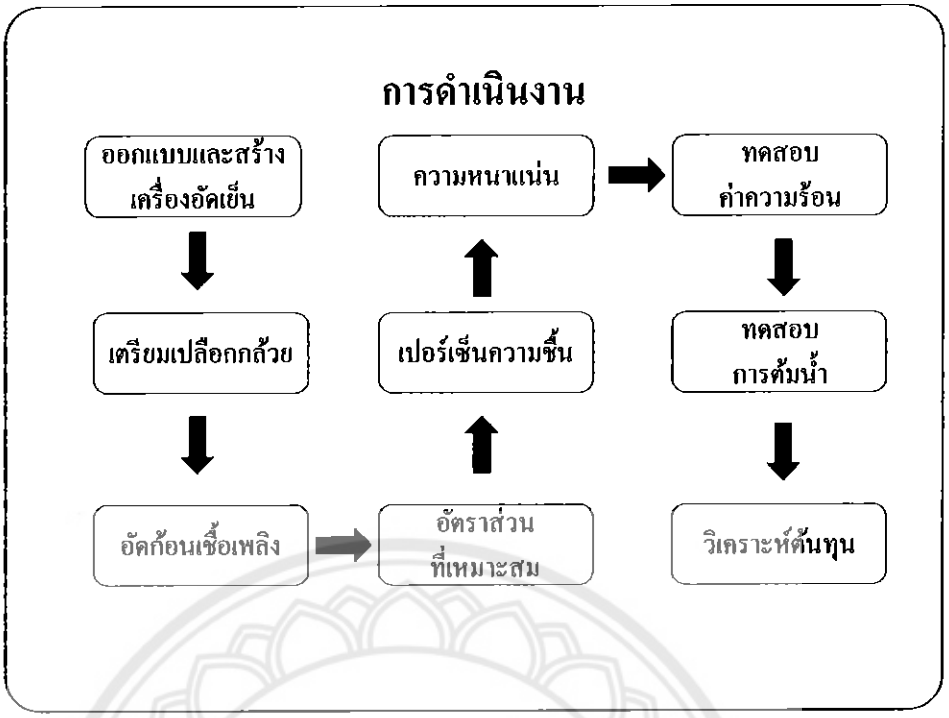
## ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน

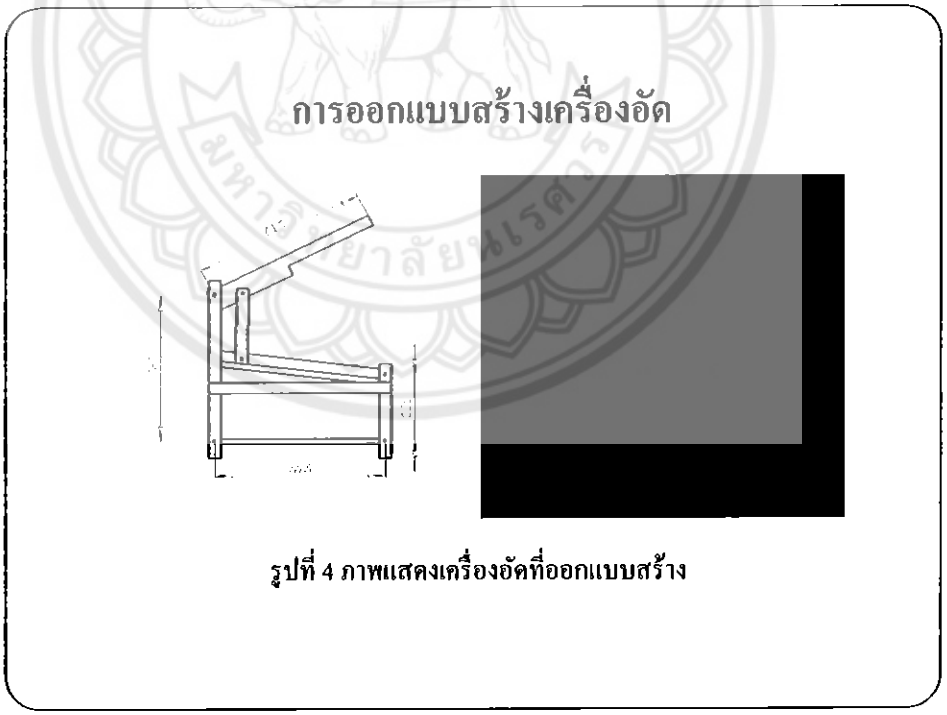
**ระยะเวลาดำเนินการ 9 เดือน ตั้งแต่ กรกฎาคม 2553 ถึง มีนาคม 2554**

| | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอัดแท่งเชื้อเหลืองเขียว | ← | → | | | | | | | |
| 2.ออกแบบและทำการอัดแท่งเชื้อเหลืองเขียว | | ← | → | → | | | | | |
| 3.ทดสอบคุณสมบัติทางความร้อน | | | | ← | → | → | | | |
| 4.วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ | | | | | | ← | → | → | |
| 5.สรุปผล | | | | | | | | → | |

## งบประมาณ

| | | |
|---|---|---|
| วัสดุอุปกรณ์สร้างเครื่องอัด | 500 | บาท |
| แป้งมันสำปะหลัง | 500 | บาท |
| ถ่านอัดแท่งตามท้องตลาด | 150 | บาท |
| อุปกรณ์ทดสอบการใช้งาน | 350 | บาท |
| วัสดุและอุปกรณ์ (ค่าใช้จ่ายในการจัดทำรูปเล่ม) | 1,500 | บาท |
| **รวม** | 3,000 | บาท |



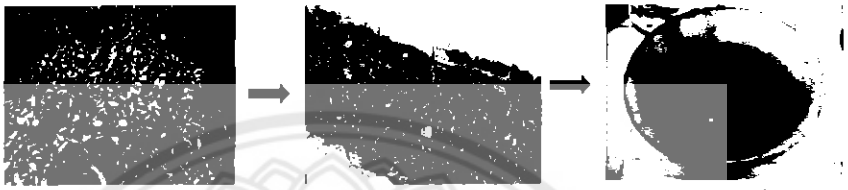

**รูปที่ 4 ภาพแสดงเครื่องอัดที่ออกแบบสร้าง**

## การเตรียมเปลือกกล้วย

เปลือกกล้วยสด

เปลือกกล้วยเหลือทิ้ง | หั่นเปลือกกล้วย | ปั่นด้วยเครื่องปั่นผลไม้

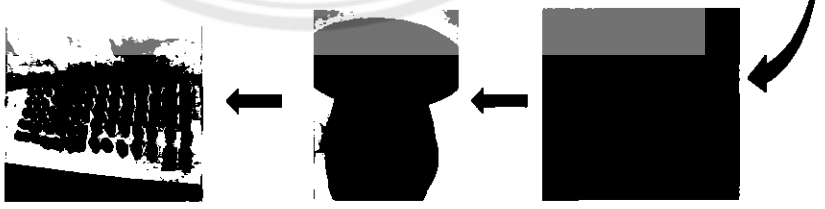
เปลือกกล้วยแห้ง



เปลือกกล้วยเหลือทิ้ง | เปลือกกล้วยตากแห้ง | เปลือกกล้วยแห้งบด

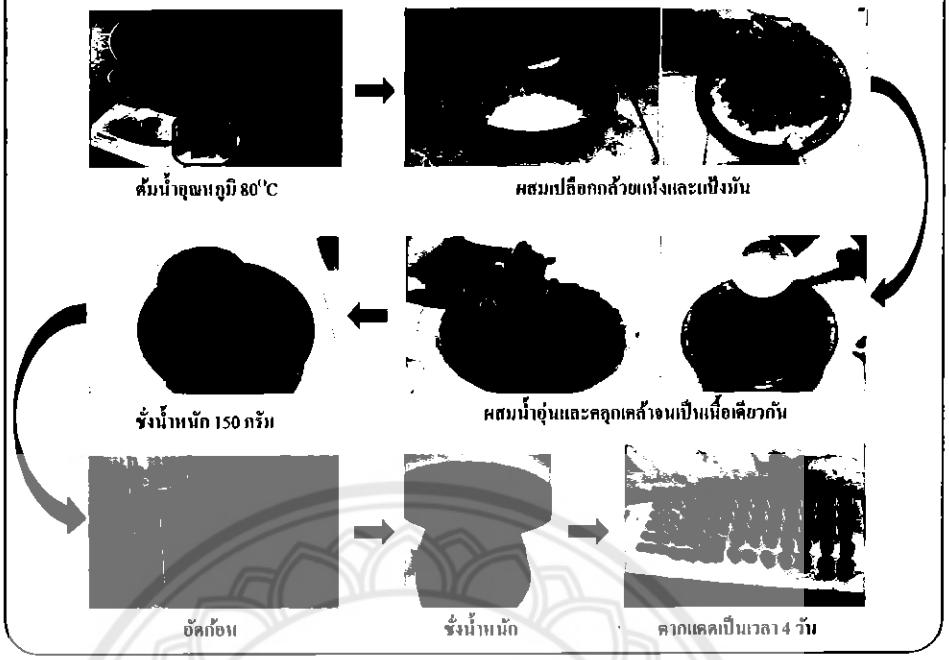
## การอัดเปลือกกล้วยสด

หั่นเปลือกกล้วยสด | ปั่นเปลือกกล้วยสด | ชั่งน้ำหนัก 150 กรัม



ตากแดดเป็นเวลา 4 วัน | ชั่งน้ำหนัก | อัดก้อน

## การอัดเปลือกกล้วยแห้ง

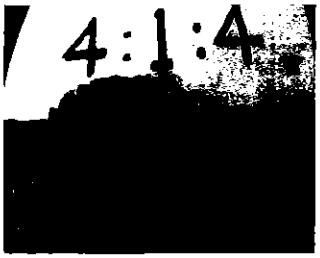



## การหาอัตราส่วนที่เหมาะสม

| อัตราส่วนที่ | เปลือกกล้วยแห้ง | แป้งมันสำปะหลัง | น้ำ |
|---|---|---|---|
| เปลือกกล้วยสด | - | - | - |
| 1 | 4 | 1 | 2 |
| 2 | 4 | 1 | 2.5 |
| 3 | 4 | 1 | 2 |
| 4 | 4 | 1 | 2.5 |
| 5 | 4 | 1 | 3 |
| 6 | 4 | 1 | 3.5 |
| 7 | 4 | 1.5 | 2.5 |
| 8 | 4 | 2 | 2.5 |
| 9 | 4 | 2.5 | 2.5 |
| 10 | 4 | 3 | 2.5 |

แสดงอัตราส่วนที่ไม่เหมาะสม

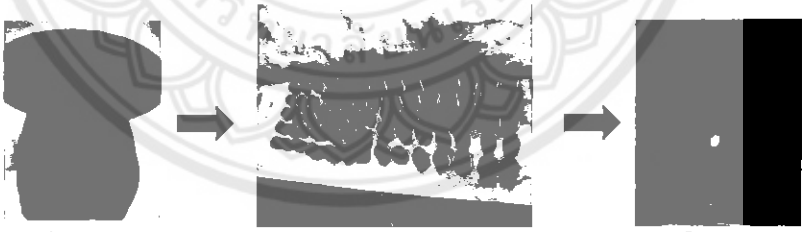
อัตราส่วน 4:1:1




อัตราส่วน 4:1:4

รูปที่ 5 ภาพแสดงลักษณะก้อนเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนที่ไม่เหมาะสม

การหาเปอร์เซ็นความชื้น

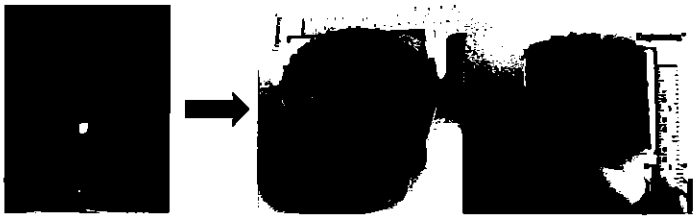


ชั่งน้ำหนักเปียก

ตากแดด 4 วัน

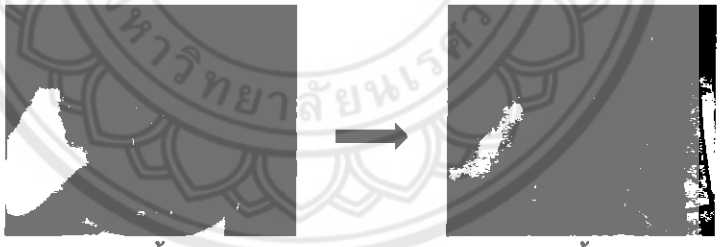
ชั่งน้ำหนักแห้ง

## ความหนาแน่น

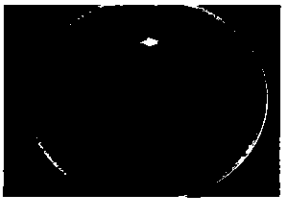


ชั่งน้ำหนักแท่ง วัดขนาดเพื่อหาปริมาตร

## การเตรียมเชื้อเพลิงสำหรับการทดสอบค่าความร้อน

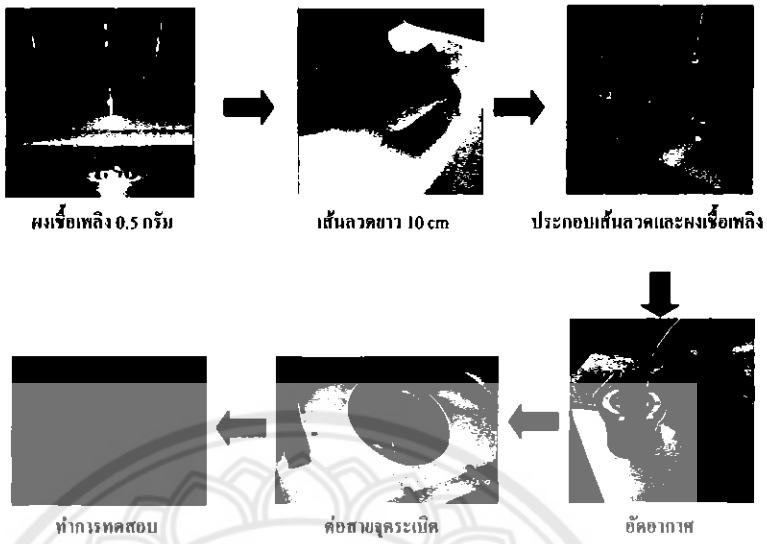


ตำก้อนเชื้อเพลิง ร่อนผงเชื้อเพลิง

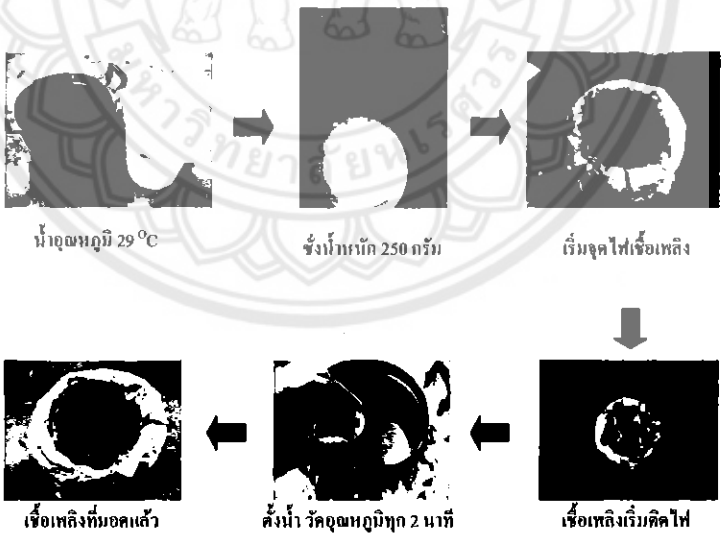


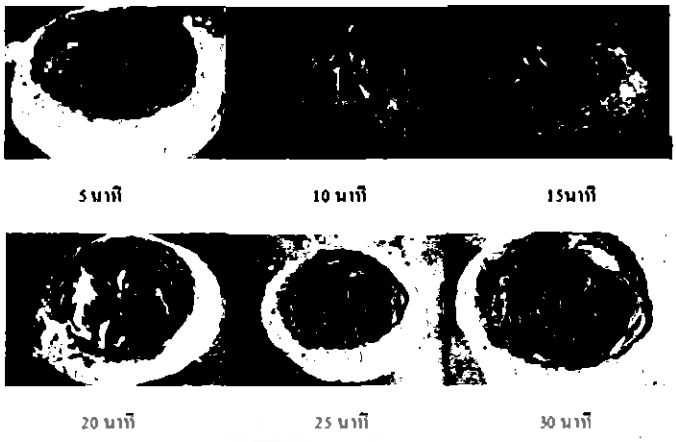
ผงเชื้อเพลิง

## การทดสอบค่าความร้อน



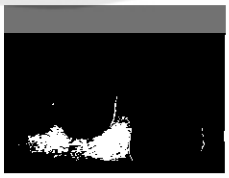

## การทดสอบการต้มน้ำ






รูปที่ 6 ภาพแสดงลักษณะเปลวไฟจากเชื้อเพลิงเขียว(อัตราส่วน 4:2.5:2.5)

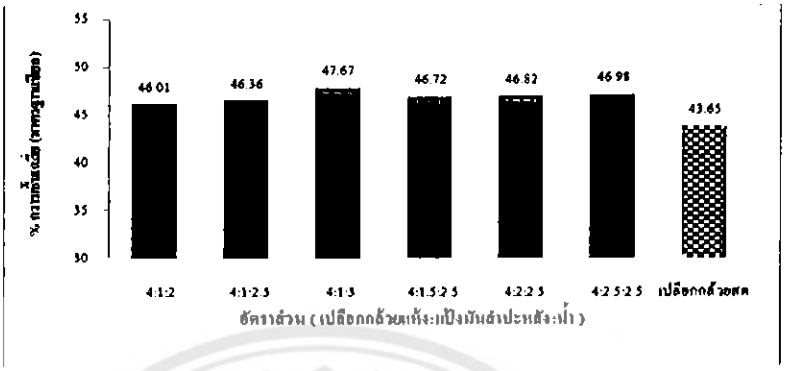
การเก็บรักษา



ก้อนเชื้อเพลิงหลังเก็บเวลา 2 เดือน
(อัตราส่วน 4:2.5:2.5)

## ผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์

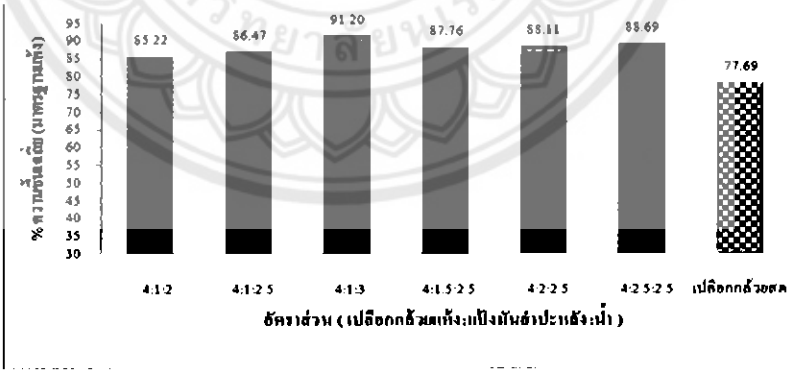
### ผลการทดสอบความชื้นมาตรฐานเปียก




รูปที่ 7 กราฟแสดงเปอร์เซ็นความชื้นเฉลี่ย (มาตรฐานเปียก) ของเชื้อเพลิงเขียว แต่ละอัตราส่วนผสม

## ผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์ (ต่อ)

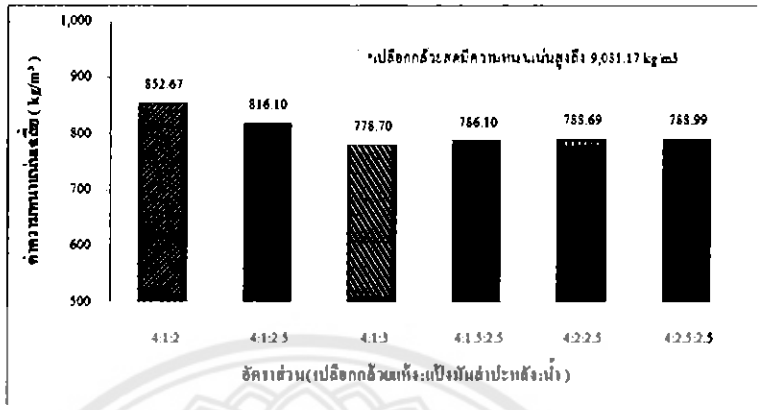
### ผลการทดสอบความชื้นมาตรฐานแห้ง




รูปที่ 8 กราฟแสดงเปอร์เซ็นความชื้นเฉลี่ย (มาตรฐานแห้ง) ของเชื้อเพลิงเขียว แต่ละอัตราส่วนผสม

## ผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์ (ต่อ)

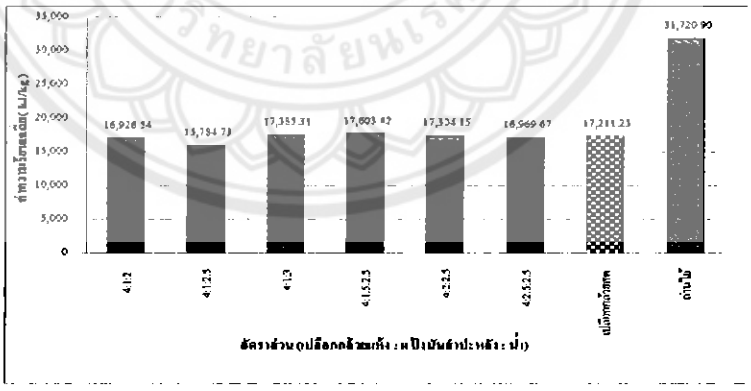
### ผลการทดสอบความหนาแน่น




รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของเชื้อเพลิงเขียวแต่ละอัตราส่วนผสม

## ผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์ (ต่อ)

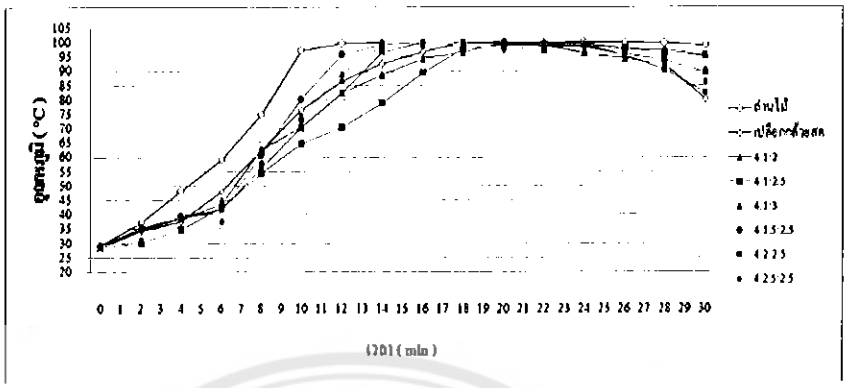
### ผลการทดสอบค่าความร้อน




รูปที่ 10 กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของเชื้อเพลิงเขียวแต่ละอัตราส่วนผสมและถ่านไม้

## ผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์ (ต่อ)

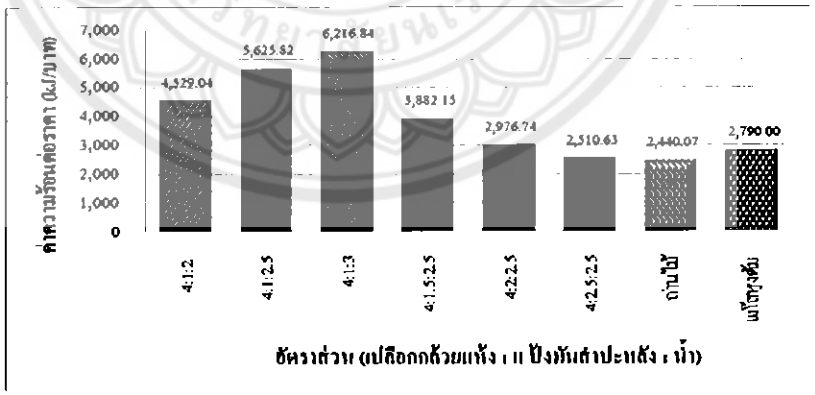
ผลการทดสอบระยะเวลาในการต้มน้ำจนเดือด




รูปที่ 11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาการต้มน้ำและอุณหภูมิ

## ผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์ (ต่อ)

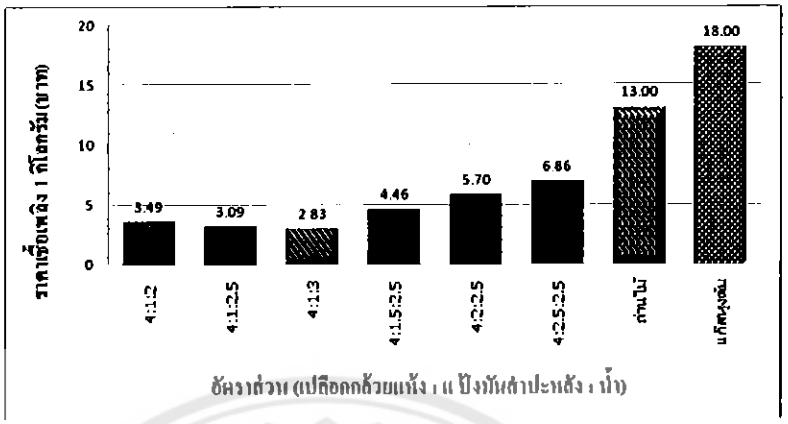
ค่าความร้อนต่อราคาเชื้อเพลิง (kJ/บาท)




รูปที่ 12 กราฟการเปรียบเทียบค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง

## ผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์ (ต่อ)

ราคาเชื้อเพลิงต่อกิโลกรัม




หมายเหตุ ราคาแก๊สหุงต้มอ้างอิงจาก www.ppgv.go.th และก้อนเชื้อเพลิงเขียวที่ได้จากเปลือกกล้วยสดไม่มีราคาต้นทุนเนื่องจากไม่ต้องใช้ส่วนผสมประสานในการอัดก้อน จึงไม่มีราคาต้นทุนของส่วนประสานและเปลือกกล้วยสดได้มาจากการเปรียบ

รูปที่ 13 กราฟการเปรียบเทียบราคาเชื้อเพลิงกิโลกรัม

## บทสรุป

**5.1.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้น**

เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย แปรผันตรงกับอัตราส่วนผสมของน้ำในก้อนเชื้อเพลิงเขียว

**5.1.2 ค่าความหนาแน่น**

ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย แปรผกผันกับอัตราส่วนผสมของน้ำในก้อนเชื้อเพลิงเขียว

**5.1.3 ค่าความร้อน**

**เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยทุกอัตราส่วนผสมรวมทั้งชนิดที่อัดจากเปลือกกล้วยสดมีค่าความร้อนเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แม้ว่าจะมีค่าความร้อนต่ำกว่าค่าความร้อนของถ่านไม้ แต่เมื่อเปรียบเทียบแล้วก็ยังจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้พลังงานความร้อนได้**

# บทสรุป (ต่อ)

**5.1.4 ระยะเวลาการต้มน้ำ**

ระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจนเดือดของเชื้อเพลิงเขียวในทุกอัตราส่วนมีระยะเวลาใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลาอยู่ในช่วง 14-20 นาที ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับถ่านไม้ แต่เมื่อเวลาผ่านไป 28-30 นาทีแท่งเชื้อเพลิงเขียวจะถูกเผาไหม้กลายเป็นเถ้าเร็วกว่าถ่านไม้ เนื่องจากถ่านไม้ได้ผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่นมาแล้ว

**5.1.5 ค่าความร้อนต่อราคาต้นทุนของเชื้อเพลิง**

เชื้อเพลิงเขียวในทุกอัตราส่วนตัวเชื่อมประสาน มีค่าความร้อนต่อราคาเชื้อเพลิงสูงกว่าถ่านไม้ และมีเพียงอัตราส่วน 4:2.5:2.5 เพียงอัตราส่วนเดียวเท่านั้น ที่มีค่าความร้อนต่อราคาเชื้อเพลิงต่ำกว่าแก๊สหุงต้ม เนื่องจากแป้งมันเป็นปัจจัยที่มีผลต่อราคาต้นทุนเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยสูง

ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเปลือกกล้วยที่เหลือทิ้งจากการแปรรูป มาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียว เพื่อใช้ให้ความร้อนในกระบวนการอบกล้วยตาก ทดแทนถ่านไม้และแก๊สหุงต้มได้ ซึ่งเป็นการช่วยประหยัดต้นทุน ประหยัดพลังงาน และลดปัญหาและค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะจากเปลือกกล้วยให้ชุมชน

# การอภิปราย

การนำเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยไปใช้งานจริงควรจะคำนึงถึงเถ้าเชื้อเพลิงและยางที่ระเหยจากการเผาไหม้ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้

## ข้อเสนอแนะ

- หากจะผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวเพื่อเข้าใช้ให้ความร้อนในกระบวนการอุตสาหกรรม ควรปรับปรุงวิธีการอัดให้มีกำลังการผลิตมากขึ้น อาจใช้การอัดแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดสกรู ซึ่งมีกำลังการอัดและการผลิตที่สูง ซึ่งจะทำให้ได้แท่งเชื้อเพลิงเขียวที่มีความแข็งแรงเหมาะกับการเก็บรักษาและมีรูปทรงที่เหมาะสมต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น
- การเปรียบเทียบค่าความร้อนและราคาต้นทุนเพื่อใช้เชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยทดแทนแก๊สหุงต้มนั้น ควรจะพิจารณาถึงการนำไปใช้จริงในทางปฏิบัติของกระบวนการอบกล้วยตากด้วย
- การทดสอบและวิเคราะห์ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเขียวควรใช้การทดสอบ Bulk density

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ บริษัท ศิริวานิช (S & W) จำกัด พิษณุโลกที่ได้เอื้อเฟื้อเปลือกกล้วย ให้เป็นวัตถุดิบในการทำโครงงานนี้ และขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือรวมถึงอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัย

SIRIWANICH

# เอกสารอ้างอิง

[1] เพ็ญจา จิตจำรูญโชคชัย และคณะ.(2550).การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดก้อนจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 2550.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[2] ประลอง คำรงไทย.(2542). โครงการวิจัยเพื่อปรับปรุงและส่งเสริมการใช้แท่งเชื้อเพลิงเขียว. กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้สวนส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่า-ไม้, กรุงเทพฯ.

[3] ประลอง คำรงไทย.(2542). การศึกษาวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน.กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้สวนส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

[4] ชาญชัย ต๊ะวัง และคณะ. โครงงานการวิจัยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากซังข้าวโพดและต้นมันสำปะหลัง.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร,พิษณุโลก.

[5] นากร บุญก๊อก และคณะ. การเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงเขียวโดยใช้ตะกอนน้ำมันดิบ.คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

การเข้าร่วมนิทรรศการ โครงงานนิสิต
มหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 11

## การเข้าร่วมนิทรรศการโครงงานนิสิต มหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 11 (ต่อ)

ได้รับรางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 2 สาขาวิศวกรรมและเทคโนโลยี

จบการนำเสนอ

ขอบพระคุณครับ

## ประวัติผู้ดำเนินโครงการ

**ชื่อ** นาย ธนวัฒน์ บัวพันธุ์ **วันเดือนปีเกิด** 18 มกราคม 2532

**บิดา** นาย ธเนศ บัวพันธุ์ **มารดา** นาง สุริยา บัวพันธุ์

**ที่อยู่** 29/1 หมู่ 2 ต.หูกวาง อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์ 60180

**ประวัติการศึกษา** 2543 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนเซนต์โยเซฟนครสวรรค์

2546 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนนครสวรรค์

2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนครสวรรค์

2550 เข้ารับการศึกษาต่อ ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

**ชื่อ** นาย สุวรรณ จันทรา **วันเดือนปีเกิด** 31 มกราคม 2531

**บิดา** นาย สนอง จันทรา **มารดา** นาง สุธามาศ เนียมหอม

**ที่อยู่** 247/32 หมู่ 3 ต. นิคมพัฒนา อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก 65140

**ประวัติการศึกษา** 2543 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านใหม่เจริญธรรม

2546 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนบ้านใหม่เจริญธรรม

2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนประชาสงเคราะห์

2550 เข้ารับการศึกษาต่อ ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

**ชื่อ** นาย วัชรพล พาคำป้อง **วันเดือนปีเกิด** 24 มีนาคม 2532

**บิดา** นาย ธนภูมิ พาคำป้อง **มารดา** นาง นันทนัช พาคำป้อง

**ที่อยู่** 219 หมู่ 8 ต.บ้านกลาง อ.วังทอง จ.พิษณุโลก 65220

**ประวัติการศึกษา** 2543 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านหินประกาย

2546 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนบ้านหินประกาย

2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนวังทองพิทยาคม

2550 เข้ารับการศึกษาต่อ ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล