การผลิตชีวมวลอัดเม็ดจากขี้เลื่อยกระถินเทพาโดยใช้เปลือกกล้วยเป็นตัวประสาน

PRODUCTION OF BIOMASS PELLETS FROM ACACIA THEPHA SAWDUST USING BANANA PEELS AS BINDER

ธัญกร พิทักษ์พิระกร
THANYAKORN PITAKPIRAKORN

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตชีวมวลอัดเม็ดจากขี้เลื่อยกระถินเทพาโดยใช้เปลือกกล้วยเป็นตัวประสาน

PRODUCTION OF BIOMASS PELLETS FROM ACACIA THEPHA SAWDUST USING BANANA PEELS AS BINDER

ธัญกร พิทักษ์พิระกร
THANYAKORN PITAKPIRAKORN

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCTION OF BIOMASS PELLETS FROM ACACIA THEPHA SAWDUST USING
BANANA PEELS AS BINDER

THANYAKORN PITAKPIRAKORN

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHEL OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS
2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2022

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHONE CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การผลิตชีวมวลอัดเม็ดจากขี้เลื่อยกระถินเทพาโดยใช้เปลือกกล้วยเป็นตัวประสาน

Project Tittle PRODUCTION OF BIOMASS PELLETS FROM ACACIA THEPHA SAWDUST USING BANANA PEELS AS BINDER

ชื่อนักศึกษา นายธัญกร พิทักษ์พิระกร **รหัสนักศึกษา** 60512063

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผศ.วรรษชล วัฒนะ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์			**ลายมือชื่อ**
รศ.ดร.ศิระ	สายศร	กรรมการสอบ	
ดร.อดิเรก	สุริยะวงศ์	กรรมการสอบ	
ดร.ศักรินทร์	ชินกุลพิทักษ์	กรรมการสอบ	
ผศ.วชร	กาลาสี	กรรมการสอบ	
ผศ.วรรษชล	วัฒนะ	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 1 กรกฎาคม 2565 เวลา 09.00 – 16.00 น.
สถานที่สอบ ตึก C ห้อง 112 ห้องประชุมวิทยาศาสตร์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ กุศล)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ กรกฎาคม พ.ศ.2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การผลิตชีวมวลอัดเม็ดจากขี้เลื่อยกระถินเทพาโดยใช้เปลือกกล้วยเป็นตัวประสาน
ชื่อนักศึกษา นายธัญกร พิทักษ์พิระกร **รหัสนักศึกษา** 60512063
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผศ.วรรษชล วัฒนะ

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการนำเอาเปลือกกล้วยน้ำว้าซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งมาเป็นตัวประสานในการอัดเม็ดชีวมวลจากขี้เลื่อยไม้กระถินเทพา โดยศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้า รวมถึงอิทธิพลของความดันและอุณหภูมิในการอัดเม็ด ที่มีต่อคุณภาพของชีวมวลอัดเม็ด ซึ่งเงื่อนไขในการศึกษานี้ ได้แก่ อุณหภูมิที่นำมาใช้ในการอัดคือ 130 องศาเซลเซียส และ 150 องศาเซลเซียส ความดันที่นำมาใช้ในการอัดคือ 400 กิโลปาสคาลและ 600 กิโลปาสคาล และอัตราส่วนที่ใช้คือ 87.5:12.5 75:25 62.5: 37.5 และ 50:50 %wt. (ขี้เลื่อยกระถินเทพาต่อผงเปลือกกล้วยน้ำว้า) ขี้เลื่อยกระถินเทพาที่นำมาใช้นั้นผ่านการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสแล้วนำเข้าเครื่องบดละเอียดขนาด 3 แรงม้าจากนั้นนำมาร่อนตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร และเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสแล้วนำเข้าเครื่องบดละเอียดขนาด 5 แรงม้าจากนั้นนำมาร่อนตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร นำขี้เลื่อยของกระถินเทพาผสมกับผงเปลือกกล้วยน้ำว้าที่นำมาผสมกันในอัตราส่วนที่กำหนด จากนั้นนำไปอัดเป็นเม็ดชีวมวล ด้วยชุดกระบอกอัดมีรูปทรงกระบอกมีขนาดความสูง 153 มิลลิเมตร มีรูตรงกลางกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์ 10 มิลลิเมตร ใช้เวลาในการอัด 5 นาที ต่อ 1 ชิ้น จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของชีวมวลอัดเม็ดที่ได้จากกระถินเทพาโดยมีเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นตัวประสาน ได้แก่ ค่าความชื้น ปริมาณขี้เถ้า ค่าความหนาแน่น และการทนแรงอัด ผลที่ได้คือ เมื่ออัตราส่วนปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ ความชื้น ปริมาณขี้เถ้า ค่าความหนาแน่น และการทนแรงอัดเพิ่มขึ้น ในการศึกษาเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการขึ้นรูปชีวมวลอัดเม็ด คือ ที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 400 กิโลปาสคาล ซึ่งจะได้ค่าความชื้น 4.0976 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณขี้เถ้า 1.4883 เปอร์เซ็นต์ ค่าความหนาแน่น 1275.72 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และผลการทนแรงอัด 204.56 กิโลปาสคาล

คำสำคัญ : ขี้เลื่อยกระถินเทพา, เปลือกกล้วยน้ำว้า, ชีวมวลอัดเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	PRODUCTION OF BIOMASS PELLETS FROM ACACIA THEPHA SAWDUST USING BANANA PEELS AS BINDER	
Student	Mr. Thanyakorn Pitakpirakorn	Student ID: 60512063
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Mechanical Engineering	
Project Advisor	Asst.Prof. Wassachol Wattana	

Abstract

This study is the use of banana peel, which is a waste material, as a binder for biomass pelleting from Acacia Thepha sawdust. The influence of the rate of mixtures between Acacia Thepha sawdust and banana peel was studied. This includes the influence of compression pressure and temperature during pelletization on the quality of biomass pellet. The conditions in this study included that the temperatures used in compression were 130 and 150°C, compression pressure were 400 and 600 kPa and mixing ratio between Acacia Thepha sawdust and banana peel were 87.5:12.5 75:25 62.5: 37.5 และ 50:50 %wt. The Acacia Thepa sawdust was dehumidified at 105 °C, then imported into a 3-horsepower grinder, then sifted through a sieve with a diameter of 1 mm. The banana peels were dried at temperature of 105 °C, it was imported into a fine grinder with a size of 5 horsepower, then sifted through a 0.5 mm diameter sieve. The sawdust of Acacia was mixed with banana peel as the specified conditions and then be molded into pellet fuel, with a set of compression cylinders, a cylinder with a diameter of 50 mm, a height of 153 mm, and a hole in the middle of the cylinder with a diameter of 10 mm. According to the conditions used for compression for 5 minutes, the specimens are then obtained and tested for various properties bringing to find the moisture value, ash content, density and compressive strength effect. The results showed that, when the ratio of banana peel increases, it will result in increasing of moisture content, ashes content, density and compression strength. For this study, the suitable condition for produced biomass pellets is mixing ratio of Acacia Thepa sawdust 87.5% to banana peel 12.5% by weight at 150°C and 400 kPa of compression temperature and pressure, respectively. At this condition was provide biomass pellet have the moisture content of 4.0976%, the ash content of 1.4883 percent, the density of 1275.72 kg/m^3 and compressive strength of 204.56 kPa.

Keywords: Acacia sawdust, Banana peel, biomass pellet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จได้ด้วยดีหากไม่ได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้แล้วสำเร็จลงได้ ก็คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วรรษชล วัฒนะ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความเอาใจใส่แนะนำและช่วยเหลือเสมอมาซึ่งต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ได้เอื้อเฟื้อ อนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการต่อยอดการทำงาน และความช่วยเหลือเป็นอย่างดีมาตลอด

นอกจากนี้คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบคุณ นายไชยรัตน์ เพชรคีรี และ นายนพดล เกตุพิมลตลอดจนเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติ นางสาวอรสา ชูละเอียด ที่แนะแนวทางตลอดจนให้คำปรึกษาและสนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองทำให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ที่สนับสนุนสถานที่ในการดำเนินงาน

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ที่ร่วมงานทุกท่าน ที่ให้การช่วยเหลือข้าพเจ้า ที่ทำให้การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่สนับสนุนทุนทรัพย์ในการศึกษาตลอดมา ข้าพเจ้าขอระลึกถึงในพระคุณอันสูงสุดและกราบในพระคุณ ณ ที่นี้

ธัญกร พิทักษ์พิระกร
กรกฎาคม 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขต	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 สถานที่ทำการวิจัย	3
1.6 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความหมายของพลังงานทดแทน	4
2.2 พลังงานจากชีวมวล	4
2.3 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานชีวมวล	6
2.4 เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด	6
2.5 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง	7
2.6 กระถินเทพา	9
2.7 ขี้เลื่อย	12
2.8 กล้วยน้ำว้า	13
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	19
3.1 องค์ประกอบของเครื่องอัดไฮดรอลิก	19
3.2 หลักการออกแบบตู้ควบคุม	23
3.3 อุปกรณ์และขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบในการทดสอบ	24
3.4 ขั้นตอนการทดลอง	26
3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวล	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล 30

4.1 ลักษณะทางกายภาพของชีวมวลอัดเม็ด 30

4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติ 35

4.3 การศึกษาและรวบรวมมาตรฐานสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด 48

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 50

5.1 สรุปผลการทดลอง 50

5.2 ข้อเสนอแนะ 51

เอกสารอ้างอิง 52

ภาคผนวก 54

ภาคผนวก ผลการทดลอง 54

ภาคผนวก รูปแบบและขนาดของชุดอัดเม็ด 61

ประวัติผู้เขียน 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินงานของการศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้า	3
4.1	ลักษณะกายภาพภายนอกของชิ้นงานเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวล ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 400 กิโลปาสคาล	30
4.2	ลักษณะกายภาพภายนอกของชิ้นงานเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวล ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล	31
4.3	ลักษณะกายภาพภายนอกของชิ้นงานเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวล ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 400 กิโลปาสคาล	32
4.4	ลักษณะกายภาพภายนอกของชิ้นงานเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวล ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล	33
4.5	การเปรียบเทียบมาตรฐานเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดของประเทศไทย	49
ก.1	ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล	55
ก.2	ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล	55
ก.3	ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล	55
ก.4	ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล	56
ก.5	ปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล	56
ก.6	ปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล	56
ก.7	ปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล	57
ก.8	ปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล	57
ก.9	ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล	57
ก.10	ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ก.11	ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล	58
ก.12	ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล	58
ก.13	ผลการทนแรงอัดของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล	59
ก.14	ผลการทนแรงอัดของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล	59
ก.15	ผลการทนแรงอัดของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล	59
ก.16	ผลการทนแรงอัดของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ไม้ยืนต้นกระถินเทพา	9
2.2	ลักษณะของต้น	10
2.3	ลักษณะของใบ	10
2.4	ลักษณะของดอก	11
2.5	ลักษณะของผล	11
2.6	ประโยชน์ของต้นกระถินเทพา	12
2.7	ลักษณะขี้เลื่อย	12
2.8	กล้วยน้ำว้า	13
2.9	ลักษณะของต้น	14
2.10	ลักษณะของใบ	14
2.11	ลักษณะของดอก	15
2.12	ลักษณะของผล	15
2.13	ลักษณะของเนื้อกล้วย	16
3.1	เครื่องอัดไฮดรอลิก	19
3.2	เครื่องอัดไฮดรอลิก ขนาด 60 ตัน	19
3.3	เกจวัดความดันจากเครื่องอัดไฮดรอลิก	20
3.4	ฮีตเตอร์แบบรัดท่อ	20
3.5	เครื่องควบคุมอุณหภูมิ รุ่น MC-2438	21
3.6	เทอร์โมคัปเปิล Type K (TKS-S1-1.6X25-1M)	21
3.7	บล็อกอัดขึ้นรูป	22
3.8	หัวอัดไฮดรอลิก	22
3.9	แผ่นรองฐานชีวมวลและแผ่นรองฐานอัด	23
3.10	แผนวงจรสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องอัดไฮดรอลิก	23
3.11	ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)	24
3.12	เครื่องบดละเอียด Grinder รุ่น RT-02B	24
3.13	เครื่องแยกขนาด รุ่น AS200 Rutsch	25
3.14	ตัวอย่าง (ก) เปลือกกล้วยน้ำว้า (ข) ขี้เลื่อยกระถินเทพา	25
3.15	ตู้ควบคุม	26
3.16	ตั้งค่าอุณหภูมิ	26
3.17	เปิดสวิตช์ระบบ	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1	ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและ 150 องศาเซลเซียส	35
4.2	ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	36
4.3	ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล	37
4.4	ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล	37
4.5	ค่าปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและ150 องศาเซลเซียส	39
4.6	ค่าปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	39
4.7	ค่าปริมาณขี้เถ้าของของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล	40
4.8	ค่าปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล	41
4.9	ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส	42
4.10	ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส	42
4.11	ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12	ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล	44
4.13	ค่าการทนแรงอัดแนวนอนของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	45
4.14	ค่าการทนแรงอัดแนวนอนของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	45
4.15	การทนแรงอัดของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล	46
4.16	ค่าการทนแรงอัดของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยช่วยเหลือและสนับสนุนการใช้พลังงานที่เป็นพลังงานทดแทนจากฟอสซิล และพลังงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ดังนั้น การส่งเสริมการใช้ชีวมวลให้เป็นพลังงานทางเลือกจึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงมากที่สุดเพื่อลดการตัดไม้ทำลายป่า ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานและยังสามารถช่วยลดปัญหาทางมลพิษได้ดีอีกด้วย ซึ่งปัจจุบันทรัพยากรป่าไม้มีจำนวนน้อยลงเราจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนการใช้ไม้ เศษไม้จากธรรมชาติและสนใจชีวมวลให้มากขึ้น โดยการที่เลือกชีวมวลหรือเศษวัสดุที่ใช้แล้วจากธรรมชาติ นำกลับมาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเพิ่มทางเลือกที่ดีในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีอัตราการใช้สอยพลังงานในรูปแบบของถ่านเชื้อเพลิงอัดเม็ดเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ทดแทนไม้จริงจากป่าไม้ที่มีปริมาณลดน้อยลงและในต่างประเทศที่มีอากาศหนาวก็นิยมน้ำชีวมวลอัดเม็ดมาใช้ในการให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายเพื่อลดปริมาณมลพิษในอากาศ และสามารถจัดเก็บได้ง่ายเนื่องจากชีวมวลอัดเม็ดนั้นมีขนาดที่เล็ก แหล่งกักเก็บหรืออีกนัยความหมายหนึ่งของชีวมวลคือ เศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปสินค้าทางการเกษตรหรือจากเก็บเกี่ยว เมื่อนำวัสดุหรือสสารมาเป็นเชื้อเพลิงเราจะได้พลังงานออกมา การใช้ประโยชน์จากพลังงานชีวมวลสามารถใช้ได้ทั้งในรูปของความร้อน ไอน้ำ หรือกระแสไฟฟ้า เราสามารถอธิบายได้ว่าชีวมวลจึงเป็นแหล่งเชื้อเพลิงราคาถูกที่สุดในตอนนี้ที่มีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย

กระถินเทพาเป็นไม้เปลือกแข็งที่โตเร็ว คนส่วนใหญ่นิยมนำมาแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์และโครงไม้ต่าง เครื่องเรือน และงานก่อสร้าง โดยตัวไปจะกำหนดอายุในหารตัดไว้ที่ 6 ถึง 20 ปี ความแข็งของเนื้อไม้จะขึ้นอยู่กับอายุ เศษขี้เลื่อยจากการแปรรูปและเปลือกไม้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ ส่วนเปลือกกล้วยน้ำว้าจะมีสารพอลิแซ็กคาไรด์เป็นสารที่มีความเหนียวหน้าจะนำมาใช้เป็นตัวประสานได้เพื่อเพิ่มความหนาแน่นและความแข็งแรงให้ชีวมวลได้ดีขึ้น การนำวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ มาบดอัดทางกลจะช่วยให้ง่ายต่อการเคลื่อนย้าย ขนส่ง จัดเก็บ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เราจึงเล็งเห็นความสำคัญที่จะนำขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้ามาต่อยอดให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยการนำมาอัดด้วยเครื่องไฮดรอลิกและให้ความร้อนในการขึ้นรูปเป็นชีวมวลอัดเม็ดที่สามารถใช้ได้ในครัวเรือนและอุตสาหกรรม ทั้งนี้หากไม่นำขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าไปต่อยอดให้เกิดประโยชน์สูงสุด ขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าเหล่านี้จะถูกปล่อยทิ้งหรือนำไปเผาทิ้งทำให้เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนและเกิดมลภาวะต่อประชากรในชุมชน ซึ่งการเอาขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้ามาใช้จะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรเชื้อเพลิง[1]

จากปัญหาดังกล่าว Maira Iftikhar [2] ได้ศึกษาศักยภาพของมูลโค มูลสัตว์ เป็นตัวประสานเพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของชีวมวลอัดเม็ด ในขั้นตอนแรก ทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อเลือกองค์ประกอบที่ดีที่สุดของฟางข้าวสาลีและแกลบข้าวสำหรับชีวมวลอัดเม็ด การเลือกขึ้นอยู่กับค่าความร้อน ต่อจากนั้น ทำการศึกษาผลของพารามิเตอร์การทำงาน และทำการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของชีวมวลอัดเม็ด ได้แก่ ค่าความร้อน ความหนาแน่นรวม และความทนทานของเม็ดชีวมวล ผลการทดลองชี้ว่าการเพิ่มมูลโคลงในชีวมวลอัดเม็ด ทำให้มีสารระเหย ปริมาณเถ้า ความหนาแน่นรวม และความทนทานของชีวมวลอัดเม็ดเพิ่มขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าความร้อนสูงสุด 14.98 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณความชื้น 3.37 เปอร์เซ็นต์ สารระเหย 45.49 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 31.38 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นรวม 108990 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความทนทาน 95 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาของ Ali Akbar [3] ได้ศึกษาการนำมูลโคและกากน้ำตาลมาใช้เป็นสารยึดเกาะในการสร้างชีวมวลอัดเม็ดจากชานอ้อย ศึกษาผลกระทบของปัจจัยการผลิต องค์ประกอบชีวมวลคือ ความเข้มข้นของกากน้ำตาลและเวลาในการทำให้แห้ง ต่อลักษณะทางกายภาพและเชื้อเพลิงของเม็ดและบันทึกการตอบสนองในแง่ของความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นของเม็ด ดัชนีความทนทาน ค่าความร้อน และการวิเคราะห์ใกล้เคียง จากผลการทดลอง พบว่ามีการแลกเปลี่ยนระหว่างดัชนีความทนทานและค่าความร้อนของชีวมวลอัดเม็ดอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงดำเนินการปรับปัจจัยการทำงานให้เหมาะสมที่สุด ในสภาวะที่เหมาะสม เม็ดมีค่าความร้อน 16.43 เมกะจูลต่อกิโลกรัม โดยมีดัชนีความทนทาน 84.2 เปอร์เซ็นต์ ต่อจากนั้น ทำการเผาชีวมวลเพื่อเพิ่มคุณภาพพลังงานของชีวมวลอัดเม็ด การเผาไหม้ด้วยความร้อนส่งผลให้ปริมาณพลังงานของสารชีวมวลดีขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ และยังเพิ่มความทนทานของเม็ดเล็กน้อย นอกจากนี้การใช้มูลโคเป็นสารยึดเกาะถือได้ว่าเป็นแนวทางที่ยั่งยืนในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและเชื้อเพลิงโดยเฉพาะดัชนีความทนทานของเม็ด

ดังนั้นเราจึงมีแนวคิดที่จะใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรนำมาอัดเป็นชีวมวลอัดเม็ดโดยใช้ขี้เลื่อยกระถินเทพา เนื่องจากขี้เลื่อยกระถินเทพามีจำนวนมากและหาได้ง่ายและเป็นขยะเหลือทิ้งไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ ส่วนเปลือกกล้วยน้ำว้ามีสารพอลีแซกคาไรด์เป็นสารที่มีความเหนียวหน้าจะนำมาใช้เป็นตัวประสานได้เพื่อช่วยให้ชีวมวลอัดเม็ดมีความหนาแน่นและแข็งแรงขึ้น การนำวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้มาบดอัดทางกลจะช่วยให้ง่ายต่อการเคลื่อนย้าย ขนส่ง จัดเก็บ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เราจึงเล็งเห็นความสำคัญที่จะนำขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยนำว้ามาต่อยอดให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการนำมาอัดและให้ความร้อนเป็นชีวมวลอัดเม็ดที่สามารถใช้ได้ในครัวเรือน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ ความดันและอัตราส่วนที่มีผลต่อคุณภาพของชีวมวลอัดเม็ด ในการอัดเม็ดชีวมวลจากขี้เลื่อยกระถินเทพาที่มีเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นตัวประสาน

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของชีวมวลอัดเม็ดจากขี้เลื่อยกระถินเทพาที่มีเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นตัวประสาน

1.3 ขอบเขต

1.3.1 กำหนดเงื่อนไขที่ใช้อัดชีวมวล ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสกับ 150 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล กับ 600 กิโลปาสคาล

1.3.2 ชีวมวลที่เลือกใช้ในการทดสอบ ได้แก่ อัตราส่วนของขี้เลื่อยกระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 87.5:12.5 75:25 62.5: 37.5 และ 50:50 (เปอร์เซ็นต์ต่อเปอร์เซ็นต์)

1.3.3 คุณสมบัติที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ปริมาณขี้เถ้า ผลการทนแรงอัด ค่าความชื้น และค่าความหนาแน่น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมอย่างคุ้มค่า

1.4.2 สามารถลดต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 สถานที่ทำการวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่1.1 แผนการดำเนินงานของการศึกษาชีวมวลอัดเม็ดจากขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้า

หัวข้อ	ปีการศึกษา 2564			ปีการศึกษา 2565		
	ส.ค.-ก.ย.	ต.ค.-พ.ย.	ธ.ค.-ม.ค.	ก.พ.-มี.ค.	เม.ย.-พ.ค.	มิ.ย.
1.ศึกษา และค้นคว้าข้อมูล	↔					
2.งานแผนการทดลอง	↔	↔				
3.จัดสั่งอุปกรณ์และเตรียมความพร้อมของเครื่องอัด		↔				
4.เตรียมวัตถุดิบและอุปกรณ์		↔	↔			
5.ทำการทดลอง			↔	↔	↔	
6.เก็บผลการทดลอง					↔	↔
7.จัดทำรูปเล่ม					↔	↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทที่ 2 นี้จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นมาและความสำคัญของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้า เพื่อนำมาอัดเม็ดเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด และการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของเชื้อเพลิง

2.1 ความหมายของพลังงานทดแทน

พลังงานทดแทน (Renewable Energy) คือ พลังงานที่จะถูกนำมาใช้ทดแทนพลังแบบเดิม หรือเป็นทรัพยากรรูปแบบใหม่ที่สามารถเปลี่ยนแปลงโลกให้ดีขึ้นเป็นทางเลือกใหม่นอกเหนือจากที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากพลังงานที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันกำลังจะหมดไปในอนาคตอันใกล้ นอกจากนี้ทรัพยากรพลังงานยังเป็นวัตถุดิบที่สำคัญทางด้านปัจจัยในการผลิต เศรษฐกิจและ อุตสาหกรรม โดยทรัพยากรพลังงานรอบตัวเราสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ ตามลักษณะการใช้งานคือ ทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไปเรียกว่า พลังงานสิ้นเปลือง ส่วนพลังงานอีกประเภทหนึ่งเรียกว่า พลังงานทดแทน [4]

ปัจจุบันกระแสพลังงานทดแทนได้รับความนิยมขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะพลังงานหมุนเวียน (renewable energy) พลังงานที่มีให้ใช้ตลอดเวลา ไม่มีวันหมด สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หรือสามารถที่จะสร้างขึ้นมาใช้ใหม่ในระยะเวลาที่ไม่นาน ซึ่งในประเทศไทยมีด้วยกันถึง 6 กลุ่ม ได้แก่

1. พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานที่มนุษย์ใช้งานมาตั้งแต่ดึกดำบรรพ์ โดยการใช้ความร้อนของแสงอาทิตย์แปลงเป็นพลังงาน แล้วนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
2. พลังงานจากขยะ
3. พลังงานลม
4. พลังงานชีวมวล
5. พลังงานที่ได้จากพืช เช่น เอทานอล และ ไบโอดีเซล
6. พลังงานไบโอแก๊ส

2.2 พลังงานจากชีวมวล

พลังงานจากชีวมวล (Biomass Energy technology) การใช้พลังงานจากมวลชีวภาพเป็นแหล่งเชื้อเพลิงในการเผาไหม้จำพวกไม้ฟืน แกลบ หรือมูลสัตว์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานความร้อนโดยสามารถจำแนกแหลงพลังงานจากชีวมวล ออกเป็น 2 แหล่งหลัก ๆ คือ

1. แหล่งพลังงานที่เป็นพืช เป็นการนำเอาพืชที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้เป็นพลังงาน ซึงสามารถแบ่งพลังงานจากพืชเหล่านี้ออกเป็น 2 ประเภท คือ

- ลักษณะเป็นพืชผลทางการเกษตร
- ลักษณะเป็นไม้

2. แหล่งพลังงานที่เป็นของเหลือใช้ หลังการใช้ประโยชน์จากไม้หรือการเก็บเกี่ยวพืชผลทางการเกษตรแล้วจะมีของเหลือใช้จำพวกเศษไม้ ขี้เลื่อยหรือเปลือกของพืชต่าง ๆ รวมถึงมูลของสัตว์ที่ได้จากปศุสัตว์ต่าง ๆ ถือว่าเป็นแหล่งพลังงานชีวมวลอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ชีวมวล

ชีวมวล (Biomass) เป็นวัสดุที่เหลือใช้จากภาคเกษตรหรือสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนจากธรรมชาติ ซึ่งได้จากสิ่งมีชีวิต พืช เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตในการเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว แกลบ ชานอ้อย เศษไม้ กากใยปาล์ม กะลาปาล์ม ทลายปาล์มเปล่า กาก เหง้ามันสำปะลัง ซังข้าวโพด กาบมะพร้าว กะลามะพร้าว รวมถึงของเสียจากอุตสาหกรรมแปลรูปผลผลิตทางการเกษตร ฟาร์มปศุสัตว์ และขยะชุมชน เป็นต้น

ของเสียทางการเกษตรและขยะต่าง ๆ จะกลายมาเป็นพลังงานเนื่องจากชีวมวลจะประกอบไปด้วยธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน กำมะถัน และไนโตรเจน ซึงสามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานได้เพราะในขั้นตอนการเจริญเติบโตของพืชจะใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์และน้ำเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้ได้แป้งและน้ำตาลนำไปเก็บไว้ตามส่วนต่าง ๆของพืชดังนั้นเมื่อนำพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเราจึงได้พลังงานออกมาทั้งที่ได้จากพืชโดยตรงและโดยอ้อมเช่นจากสิ่งมีชีวิตที่บริโภคพืชหรือของเสียต่าง ๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตรและของเสียจากชุมชนซึ่งเป็นพลังงานชีวมวลในรูปแบบต่าง ๆทั้งในแบบ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ สำหรับผลิตผลจากชีวมวลในลักษณะอื่นที่ยังใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ เช่น แอลกอฮอล์จากมันสำปะลัง ก๊าซจากฟืน หรือ ก๊าซซิฟิเคชัน ก๊าซจากการหมักเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร หรือ ก๊าซธรรมชาติ

2.2.2 องค์ประกอบของชีวมวล

องค์ประกอบของชีวมวล ประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก ดังนี้

1. ความชื้น (Moisture) ปริมาณความชื้นในชีวมวล หมายถึง ปริมาณน้ำในชีวมวลเป็นค่าร้อยละของน้ำหนัก เมื่อชีวมวลเทียบเท่ากับมวลแห้งความชื้นมีผลกระทบต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงชีวมวลเป็นพลังงาน ทั้งใน กระบวนการเคมีความร้อน เช่น การเผาไหม้ และกระบวนการชีวเคมี เช่น การหมัก ดังนั้นการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล คือการเปลี่ยนชีวมวลให้เป็นพลังงานความร้อน ต้องเลือกใช้ชีวมวลที่มีปริมาณความชื้นต่ำหรือทำให้แห้ง เนื่องจากปริมาณความชื้นมีน้ำเป็นองค์ประกอบทำให้ไม่ติดไฟ

2. เถ้า (Ash) คือ อนินทรีย์สารที่มีในเชื้อเพลิง ปริมาณเถ้าในชีวมวลสามารถวัดด้วยการเผาไหม้ในเตาเผาอุณหภูมิสูง 580 องศาเซลเซียส ในห้องปฏิบัติการภายใต้สภาวะควบคุม โดยคำนึงถึงมาตรฐานที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ใช้มาตรฐาน ASTM D1102

3.สารระเหย (Volatile matter) คือ ส่วนหนึ่งของชีวมวลที่ถูกปล่อยออกมาเมื่อได้รับความร้อน (มากกว่าหรือเท่ากับ 400 ถึง 500 องศาเซลเซียส) ในระหว่างการเผาไหม้ ซึ่งชีวมวลจะถูกย่อยสลายด้วยความร้อนกลายเป็นแก๊สระเหยและถ่านคงตัวโดยทั่วไป ชีวมวลจะมีสารระเหยสูงกว่าร้อยละ 80 ค่าของสารระเหยบ่งชี้ถึงความสามารถในการติดไฟหรือเผาไหม้ได้ของชีวมวล

4. ค่าความร้อน (Heating value) คือ ค่าพลังงานที่ผลิตได้เป็นปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นต่อน้ำหนักของเชื้อเพลิง เมื่อเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้ค่าความร้อนมี 2 ประเภท คือ ค่าความร้อนสูง (High Heating Value) และค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value) ซึ่งค่าความร้อนสูง คือค่าที่วัดได้โดยรวมความร้อนที่เกิดขึ้นจากการกลั่นตัวของไอน้ำเข้าด้วยกัน กรณีค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จะนำค่าความร้อนต่ำมาใช้ เนื่องจากไม่มีการกลั่นตัวของไอน้ำในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความหนาแน่น (Bulk density) คือ น้ำหนักของวัสดุต่อหน่วยของปริมาตร ค่าความร้อนและความหนาแน่นของวัสดุเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความหนาแน่นทางพลังงานและศักยภาพในการเลือกใช้ชีวมวลนั่นเอง [5-6]

2.3 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานชีวมวล

ปัจจุบันมีการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแทนเชื้อเพลิงพาณิชย์สูงขึ้น เนื่องจากเชื้อเพลิงชีวมวลมีความคุ้มค่าในการผลิตมากกว่าและยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า ไม่ว่าจะเป็นแหล่งพลังงานจากพืช หรือแหล่งพลังงานที่เป็นของเหลือใช้จากการเกษตร สามารถเปลี่ยนพลังงานเหล่านี้โดยการนำชีวมวลมาผ่านกระบวนการได้ดังนี้

การเผาไหม้โดยตรง (combustion) คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยให้ความร้อนภายในเตา ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ จะถูกนำไปผลิตไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูง จากนั้นก็นำไอน้ำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าจากกังหันไอน้ำ วัสดุที่นิยมนำมาใช้ได้แก่ พืชและของเหลือใช้จากการเกษตร ใช้สำหรับในการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง แบ่งออกเป็น 5 ประเภทได้ดังนี้

1. ระบบการป้อนเชื้อเพลิงโดยใช้แรงงานคน เป็นระบบที่ต้องใช้ความระมัดระวังคนที่ทำการเติมเชื้อเพลิงต้องมีความชำนาญสูงในการตักเชื้อเพลิงใส่เตา

2. ระบบการป้อนเชื้อเพลิงแบบสโตกเกอร์ เป็นการควบคุมเครื่องจักรให้ทำการป้อนเชื้อเพลิงเข้าเตา แทนการใช้แรงงานโดยจะมีการควบคุมและการออกแบบที่ง่ายนิยมใช้กับเชื้อเพลิงหลายรูปแบบ ไม่นิยมใช้ในการผลิตไอน้ำ การป้อนเชื้อเพลิงมี 2 ลักษณะ ได้แก่ การนำเชื้อเพลิงใส่ทางด้านบนตัวเครื่อง (Overfeed Stoker) และการนำเชื้อเพลิงใส่ทางด้านล่างตัวเครื่อง (Underfeed Stoker)

3. ระบบพัลเวอร์ไรซ์ (Pulverized) เป็นการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในอากาศขณะที่เชื้อเพลิงกำลังลอยตัวอยู่ ตัวเครื่องจะมีขนาดเล็กดังนั้นเชื้อเพลิงที่นำไปใช้จะต้องบดให้มีขนาดเล็กลงก่อน ระบบจะมีการอุ่นอากาศก่อนที่จะส่งเข้าสู่เตาเพื่อทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น

4. ระบบไซโคลน (Cyclone) เป็นระบบที่ใช้แรงโน้มถ่วงในการเติมเชื้อเพลิง ภายในเตาเผาจะการเคลื่อนที่แบบปั่นป่วน จึงทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น

5. ระบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluized Bed) เป็นระบบที่ใช้แก๊สในการยกตัวเชื้อเพลิง นิยมเผาเชื้อเพลิงที่มีความแข็ง เชื้อเพลิงมีการสัมผัสกับออกซิเจนจึงทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น และมีการรักษาอุณหภูมิที่คงที่ [7]

2.4 เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด

2.4.1 เชื้อเพลิงอัดเม็ด

เชื้อเพลิงอัดเม็ดคือ เชื้อเพลิงแข็งชนิดหนึ่งที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยการนำวัสดุที่มีเส้นใยเซลลูโลส หรือวัสดุเชื้อเพลิงอื่น ๆ มาอัดเป็นก้อนหรือเป็นแท่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็นเชื้อเพลิงมากขึ้น วัสดุทางการเกษตรจำพวกฟืนไม้ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้ถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเป็นเวลานานแล้ว แต่ประสิทธิภาพในการใช้งานนั้นอยู่ในเกณฑ์ต่ำและมีข้อจำกัดหลายประการคือวัสดุเหลือใช้เหล่านี้มีความหนาแน่นต่ำเชื้อเพลิงอัดเม็ดเป็นแนวทางหนึ่งที่นำเอาวัสดุเหลือใช้กลับมาทำให้มีประโยชน์โดยนำมาใช้ทดแทน ไม้ฟืนและถ่าน วัสดุเหลือใช้พวกชีวมวลจากพืชไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือของเหลือทิ้งจากการเกษตรสามารถเปลี่ยนรูปให้เป็น เชื้อเพลิงที่มีคุณค่าด้วยกระบวนการอัดเม็ด ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำให้เป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง

1. ข้อดีของเชื้อเพลิงชีวมวล

- มีปริมาณกำมะถันต่ำ
- มีแหล่งผลิตอยู่ในประเทศ
- ราคาถูกกว่าพลังงานเชิงพาณิชย์อื่น ๆ ต่อหน่วยความร้อนที่เท่ากัน
- พลังงานจากชีวมวลจะไม่ก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจกและแทบจะไม่ทำให้เกิดมลภาวะอากาศหรืออากาศเป็นพิษ ในกรณีที่มีการปลูกพืชทดแทน

2. ปัญหาการใช้พลังงานจากชีวมวล

พลังงานจากชีวมวลมักมีข้อเสีย เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันเตา เป็นเหตุผลที่ทำให้การผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานหมุนเวียนไม่แพร่หลายเท่าที่ควร เช่น

2.1 ชีวมวลที่ได้มีปริมาณที่ไม่แน่นอน เนื่องจาก

- ชีวมวลแต่ละชนิดปลูกเพียงตามฤดูกาลเท่านั้น และผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ
- เกษตรกรเปลี่ยนชนิดของผลผลิตไปตามความต้องการของตลาด
- พื้นที่การเกษตรลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพไปสู่เมือง
- ชีวมวลมีอยู่มากแต่อยู่แบบกระจัดกระจายทำให้รวบรวมได้ยาก เช่น กะลามะพร้าว เศษไม้ ซังข้าวโพด ยอดอ้อยที่อยู่ตามท้องไร่ท้องนา และแกลบตาม โรงสีเล็ก ๆ

2.2 ปริมาณชีวมวลที่มีใช้อยู่ในโรงงานและพื้นที่ใกล้เคียงมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะนำไปผลิตไฟฟ้าที่ให้ผลตอบแทนในการลงทุนดีพอ และเมื่อต้องการหาชีวมวลประเภทอื่นหรือจากแหล่งอื่นมาเสริมก็จะมีปัญหาในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

- ค่าขนส่งจากแหล่งชีวมวลมาสู่โรงงาน ถ้ายิ่งอยู่ไกลพื้นที่ตั้งของโรงงานก็ยิ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง
- เทคโนโลยีที่สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงชีวมวลหลายๆประเภทมีราคาสูง
- มีความเสี่ยงสูงในการรวบรวมชีวมวลจากแหล่งต่าง ๆ ให้ได้ปริมาณตามต้องการ

2.3 ค่าใช้จ่ายสูงที่จะลงทุนเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าระหว่างโรงงานสู่ระบบสายส่งของการไฟฟ้า ส่วนภูมิภาค เช่น ค่าอุปกรณ์เชื่อมต่อ ค่าก่อสร้างระบบสายส่ง เป็นต้น [8]

2.5 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง

เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงสามารถแบ่งได้ 4 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

2.5.1 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston press)

ประกอบด้วยลูกลูบชัก (Reciprocating piston) เพื่อดันวัตถุดิบที่มาจากช่อง ป้อนเข้าไปในกระบอกอัดรูปเรียว (Tapered die) หลักการทางงานคือ ลูกสูบอัดวัสดุเข้าไปในปลายท่อ (Barrel) หรือกระบอกอัด ซึ่งมีลักษณะเป็นตัวรีดรูปกรวย (Conical chock) หรือรูปเรียว จะทำหน้าที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัสดุ ผลจากการต้านนี้รวมทั้งการขัดสีวัสดุกับผนังท่อ ทำให้เกิดความร้อนที่อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วง 150 ถึง 300 องศาเซลเซียส และได้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกอัดแท่งออกมาเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 ถึง 100 มิลลิเมตร เครื่องอัดแบบนี้มีความสามารถในการผลิตได้ 40 ถึง 1000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีปัญหาที่พบโดยทั่วไปคือ การขัดสีของกระบอกอัดและการแตกของลูกสูบ

2.5.2 เครื่องอัดแบบเกลียว (Screw press)

ในเครื่องอัดแบบเกลียว วัตถุดิบที่ใช้อัดจากช่องป้อน (Feed hopper) ถูกส่งผ่านและอัดด้วยเกลียว แบ่งเครื่องอัดแบบนี้ได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย (Conical screw press) มีหลักการทางานคือเกรียวรูปกรวยจะดันให้วัสดุเคลื่อนตัวไปข้างหน้า เมื่อพ้นเกลียวไปวัสดุถูกดันผ่านกระบอกอัดขนาด 25 มิลลิเมตร การไหลผ่านของวัสดุเข้าไปในกระบอกอัดเพิ่มขึ้นพร้อมกับแรงเสียดทานที่มากขึ้น ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นระหว่าง 100 ถึง 200 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ลินินหลอมละลายทำหน้าที่เป็นตัวประสาน หลังจากระบายความร้อนจะได้เชื้อเพลิงอัดแท่ง กำลังในการผลิตของเครื่องอัดแท่งอยู่ในช่าง 500 ถึง 1000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตรากำลังของมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนอัดอยู่ระหว่าง 35 ถึง 75 กิโลวัตต์ วัสดุที่ใช้ทำการอัดควรมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดและมีความชื้นร้อยละ 8 ถึง 10

2. เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด (Screw press with a heated die) มีหลักการทำงาน คือวัสดุถูกดันโดยเกลียวที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกหรือรูปกรวยเล็กน้อย ผ่านเข้าไปในท่อ (Barrel) หรือกระบอกอัดที่มีอุณหภูมิจากขดลวดความร้อนระหว่าง 200 ถึง 350 องศาเซลเซียส ความร้อนนี้ทำให้วัสดุที่สัมผัสกับท่อเกิดการเผาไหม้และได้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกยึดตัวกันดี ลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกหกเหลี่ยมขนาดประมาณ 50 มิลลิเมตร โดยเฉพาะการออกแบบของหัวเกลียวทำให้ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีรูกลวงตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 มิลลิเมตร เพื่อเป็นช่องให้ก๊าซหรือควันที่เกิดในระหว่างการอัดถ่ายเทออกมา กำลังในการผลิตของเครื่องอัดแบบนี้อยู่ในช่วง 50 ถึง 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง วัสดุที่ใช้มีลักษณะเม็ดละเอียดและมีปริมาณความชื้นในช่วงร้อยละ 8 ถึง 12 ปัญหาใหญ่ของเครื่องอัดแบบนี้คือ การขัดสีของเกลียวและกระบอกอัด

3.เครื่องอัดแบบเกลียวคู่(Twin-screw press) เครื่องอัดแบบนี้มีเกลียวอัด 2 อันต่อกับเพลาที่สวมเข้ากับชิ้นส่วนของเกลียว (Screw parts) ที่เปลี่ยนความเร็วในการหมุนได้ เนื่องจากแรงอัดและแรงเสียดสูง ทำให้อุณหภูมิของวัตถุดิบสูงถึง 250 องศาเซลเซียส จึงต้องมีส่วนหล่อเย็นที่กระบอกอัด สำหรับวัตถุดิบที่ใช้อัดควรมีขนาด 30 ถึง 80 มิลลิเมตร และวัตถุดิบที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 25 ขึ้นไปจึงจะสามารถทำการอัดได้ โดยไม่ต้องทำให้แห้งเสียก่อน กำลังการผลิตของเครื่องนี้อยู่ในช่วง 2800 ถึง 3600 กิโลกรัมต่อชั่วโมงขึ้นอยู่กับส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้

2.5.3 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll press)

เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง มีการทำงานโดยจะเริ่มทำงานอัดวัตถุดิบที่ตกลงมาในระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองที่หมุนทิศทางตรงกันข้าม ทำให้วัตถุดิบถูกอัดแน่เข้าไปในตัวรองรับแท่นอัด (Pilloe-shaped briquetted) การอัดแท่งต้องการวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าการอัดแบบอื่น และแท่งอัดที่ได้มีความทนทานน้อยกว่าแท่งอัดที่ได้จากการอัดแบบอื่นเนื่องจากช่วงเวลาในการอัดสั้น ทำให้ยากต่อการสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะของอุณหภูมิแรงอัดในการหลอมละลายลินินได้อย่างเต็มที่ ดังนั้นการอัดแท่งด้วยวิธีนี้จะได้ผลสำเร็จดีจำเป็นต้องใช้ตัวประสานเข้าช่วย ที่ทำให้วัสดุเกาะติดกันดี

2.5.4 เครื่องอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งเล็ก ๆ (Pelletizing press)

เครื่องอัดประกอบด้วยแม่พิมพ์ (Matrix) และลูกกลิ้ง (Roller) ซึ่งแรงอัดระหว่างแม่พิมพ์กับลูกกลิ้งทำให้เกิดความร้อนจากแรงเสียดสีและทำการอัดวัตถุดิบผ่านแม่พิมพ์ที่เจาะเป็นรูซึ่งมี 2 แบบ คือ เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์แผ่นกลม (Disk matrix press) และเครื่องอัดแม่พิมพ์วงแหวน (Ring matrix press) แท่งอัดเม็ดที่ถูกอัดออกมาแล้วจะถูกตัดด้วยใบมีดตามขนาดความยาวที่กำหนดให้ ซึ่งปกติจะมีความยาวน้อยกว่า 30 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ถึง 15 มิลลิเมตร ถ้าแท่งอัดมีขนาดใหญ่กว่านี้แล้วจะใช้การอัดเป็นลูกบาศก์ (Cubing)

2.6 กระถินเทพา(Acaacia mangium willd)

ชื่อภาษาอังกฤษ KRA thin te pha ,Sabah salwood , Tongke hutan , mange hutan

ชื่อวิทยาศาสตร์ Acacia mangium Willd

กระถินเทพา คือ ไม้ยืนต้นที่มีขนาดใหญ่ ช่วงลำต้นยาวโดยปราศจากกิ่งก้าน การลิดกิ่งสามารถลิดกิ่งได้เองตามธรรมชาติ ยิ่งต้นกระถินเทพามีอายุมากเปลือกก็จะแข็งและหนามากขึ้น

รูปที่ 2.1 ไม้ยืนต้นกระถินเทพา (Acaacia mangium willd)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกระถินเทพา

ลักษณะของต้น เป็นไม้ยืนต้นที่มีขนาดสูง โดยมีความสูงประมาณ 15 ถึง 30 เมตร ลำต้นมีลักษณะสูงยาว และ กลม มีเส้นผ่านศูนย์ประมาณ 40 เซนติเมตร เปลือกของลำต้นสีน้ำตาล ผิวหยาบขรุขระ เป็นแผ่นเหมือนตกสะเก็ด

รูปที่ 2.2 ลักษณะของต้น

ลักษณะของใบ เป็นต้นไม้ที่มีลักษณะใบเดี่ยว มีเส้นใบขนานกัน สีของใบเป็นสีเขียวแก่ ใบมักขึ้นที่ปลายกิ่ง แตกออกเป็นพุ่ม ไม่แตกแขนงมาก กิ่งมีขนาดเล็ก และมีเขียวอมสีเทา ขนาดของใบประมาณ 10 x 25 เซนติเมตร

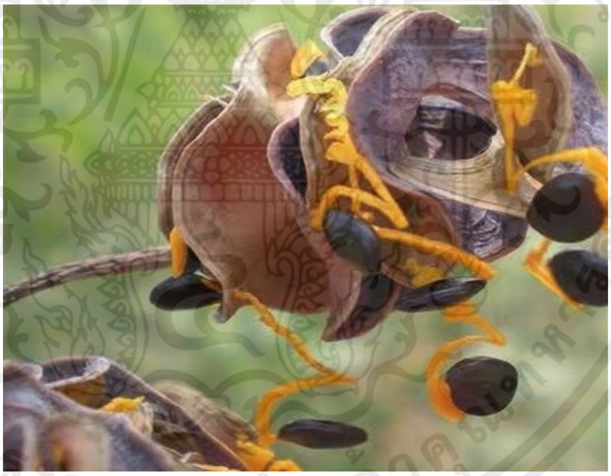
รูปที่ 2.3 ลักษณะของใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของดอก มีลักษณะการออกดอกเป็นช่อ ดอกมีรูปทรงแบบหางกระรอก มีสีขาวครีม มีความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร

รูปที่ 2.4 ลักษณะของดอก

ลักษณะของผล มีลักษณะเป็นผลหรือฝัก บิดไปมาเป็นลูกก่อน ผลแก่จะมีสีน้ำตาลเข้ม เมล็ดด้านในผลมีสีดำ มีขนาดประมาณ 3 ถึง 5 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.5 ลักษณะของผล

ลักษณะที่โดดเด่นของกระถินเทพา

1.เป็นต้นไม้โตเร็ว มีระยะการปลูกที่สั้นสามารถตัดขายได้ตั้งแต่ 2 ถึง 5 ปีขึ้นไป

2. สามารถเติบโตได้ในดินที่ไม่มีความอุดมสมบูรณ์ ทนต่อสภาพอากาศ

3. เนื้อไม้มีความสวยงาม ลำต้นตั้งตรง ความแข็งแรงก็จะเพิ่มตามอายุ

4. เป็นพืชตระกูลถั่ว สามารถปลูกเสริมตามแนวคันนา หัวไร่โดยไม่ทำให้ดินแห้งเสีย

5.หลังจากที่ตัดจะไม่มีการแตกหน่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ประโยชน์ของต้นกระถินเทพา

1. กระถินเทพา เป็นไม้ที่นิยมนำมาแปรรูปในรูปแบบของเฟอร์นิเจอร์ โครงสร้างที่ไม่ได้รับน้ำหนักมากหนัก แผ่นไม้อัด และกระดาษแข็ง

2. กระถินเป็นไม้โตเร็วที่สามารถตัดได้ในระยะเวลาอันสั้น และส่วนของลำต้นมีความแข็ง ทนทานตามอายุของต้นกระถิน

3. เยื่อไม้ของกระถิน เมื่อนำไปฟอกแล้ว จะสามารถนำไปผลิตเป็นกระดาษสีได้ [9]

รูปที่ 2.6 ประโยชน์ของต้นกระถินเทพา

2.7 ขี้เลื่อย

ขี้เลื่อย (Wood Sawdust) เป็นเศษวัสดุที่เหลือใช้จากโรงเลื่อยไม้หรือโรงเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งมีจำนวนมาก เช่น ขี้เลื่อยจากไม้ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถินณรงค์ ไม้กระถินเทพา ไม้กระถินยักษ์ 27 สะเดาเทียม สนทะเล สนปฏิพัทธ์ มะพร้าว มะขาม มะปรางบ้าน มะไฟบ้าน จามจุรี ไม้ตาล เป็นต้น ทางบริษัทฯ ได้ส่งเสริมให้มีผู้ผลิตขี้เลื่อยภายในประเทศทั้งรายย่อยและรายใหญ่เพิ่มมากขึ้น ขี้เลื่อยสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทน และนำมาแปรรูปเป็นขี้เลื่อยอัดแท่งได้อีกด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้มากขึ้น ขี้เลื่อยจะถูกนำมาคัดขนาดให้ได้ขนาดขี้เลื่อย วัดปริมาณความชื้นในขี้เลื่อย เพื่อให้ได้ขี้เลื่อยที่มีคุณภาพตามมาตรฐานอุตสาหกรรม [10]

รูปที่ 2.7 ลักษณะขี้เลื่อย (Wood Sawdust)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 กล้วยน้ำว้า (Cultivated banana)

ชื่อสมุนไพร กล้วยน้ำว้า

ชื่อสามัญ Banana blossom, Banana, Cultivated banana

ชื่อวิทยาศาสตร์ Musa sapientum Linn , [Musa ABB group (triploid) cv. 'Nam Wa']

ชื่อพ้องวิทยาศาสตร์ M. paradisiaca L.var sapientum (L.) O. Ktzl

เป็นกล้วยพันธุ์หนึ่ง ที่พัฒนามาจากการผสมระหว่างกล้วยป่ากับกล้วยตานี เป็นที่นิยมในการบริโภค ปลูกง่าย รสชาติดี สำหรับกล้วยน้ำว้าแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตามสีของเนื้อ คือ น้ำว้าแดง น้ำว้าขาว และน้ำว้าเหลือง [11]

รูปที่ 2.8 กล้วยน้ำว้า (Cultivated banana)

2.8.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้า เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ลำต้นสูง) 3.0 ถึง 4.5 เมตร ลำต้นแท้จะเป็นส่วนหัว (เหง้า) ที่อยู่เหนือดินเล็กน้อย หรือฝังอยู่ใต้ดิน เหง้ากล้วยน้ำว้าสามารถแตกหน่อแยกเป็นต้นใหม่ได้ ส่วนลำต้นเหนือดินที่เป็นลำต้นเทียมประกอบด้วยกาบใบ และใบ โดยกาบใบจะแทงออกจากเหง้าเรียงซ้อนกันแน่นเป็นวงกลมจนกลายเป็นลำต้นตามที่มองเห็น แผ่นกาบด้านนอกที่มองเห็นจะมีสีเขียว และมีสีดำประเล็กน้อย กาบใบเป็นแผ่นโค้งเป็นรูปครึ่งวงกลม โดยมีแกนกลางเป็นกาบอ่อนเรียงซ้อนกัน แต่เมื่อกล้วยออกปลี (ดอก) แกนกลางจะกลายเป็นแก่นกล้วยแทน ขนาดของลำต้นเทียมประมาณ 15 ถึง25 เซนติเมตร ส่วนรากล้วยจะมีเพียงระบบรากแขนงที่แตกออกจากเหง้ากล้วย รากแขนงนี้มีลักษณะเป็นเปลือกหุ้มสีดำ แก่นรากมีสีขาว ขนาดของรากประมาณ 0.5 ถึง 1 เซนติเมตร หรือ ขนาดประมาณเท่านิ้วก้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของต้น กล้วยมีลำต้นเดี่ยว มีลำต้นตั้งตรงและมีลำต้นที่กลม มีเปลือกหุ้มล้อมรอบไปมาหลายชั้น ผิวจะเรียบรื่นมันวาว และ มีน้ำหนักที่เบาสามารถลอยน้ำได้

รูปที่ 2.9 ลักษณะของต้น

ลักษณะของใบ กล้วยเป็นส่วนที่ถัดจากกาบกล้วย ประกอบด้วยส่วนก้านใบ และใบ ก้านใบมีความยาวประมาณ 0.5 ถึง 1 เมตร ถัดมาจะเป็นส่วนใบหรือเรียก ใบตอง ซึ่งเป็นแผ่นเดียวกันทั้งซ้ายและขวาที่ยาวไปจนถึงปลายใบ ยาวประมาณ 1.5 ถึง 2 เมตร แผ่นใบหรือใบตองที่เป็นยอดอ่อนจะมีสีเขียวอ่อนและตั้งตรงเมื่อแก่จะมีสีเขียวสดและก้านใบโน้มลงด้านล่าง แผ่นใบมีลักษณะเรียบแผ่นใบด้านบนมีสีเขียวสด และเป็นมัน ส่วนแผ่นใบด้านล่างมีสีเขียวอมเทา ความยาวของแผ่นใบแต่ละข้างจะยาวเท่ากันประมาณ 25 ถึง 30 เซนติเมตร

รูปที่ 2.10 ลักษณะของใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของดอก (ปลี) กล้วยจะแทงออกที่ปลายยอด มีลักษณะเป็นช่อห้อยลง เรียกว่า เครือกล้วย โดยเครือกล้วยประกอบด้วยใบประดับสีแดงหุ้มดอกไว้ เรียกว่า ปลีกล้วย มีลักษณะค่อนข้างป้อมเมื่อเทียบกับปลีกล้วยชนิดอื่น ใบประดับส่วนปลายม้วนงอ แผ่นใบประดับด้านนอกบริเวณส่วนบนมีสีแดงม่วง ส่วนล่างมีสีแดง แผ่นใบประดับด้านในมีสีครีม ส่วนดอกที่อยู่ด้านในจะมีหลายดอกย่อยเรียงซ้อนกันเป็นแผง เรียกว่า หวี โดยกล้วยน้ำว้า 1 เครือ จะมีหวีกล้วยประมาณ 7 ถึง 12 หวี แต่ละหวี มีผลกล้วยประมาณ 10 ถึง 16 ผล

รูปที่ 2.11 ลักษณะของดอก

ลักษณะของผล กล้วยจะเจริญจากดอก ผลอ่อนมีลักษณะเปลือกผลสีเขียว และเป็นเหลี่ยม ผลห่ามจะมีเหลี่ยมน้อยหรืออวบกลม ไม่มีเหลี่ยม และจะมีสีเขียวอมเทา ส่วนผลสุก เปลือกผลจะค่อยเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

รูปที่ 2.12 ลักษณะของผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของเนื้อกล้วย ที่ถัดจากเปลือกผล เมื่อยังอ่อนจะมีสีขาว เนื้อแน่นเหนียว แต่หากสุกจะมีสีเหลืองอ่อน เนื้อสุกมีลักษณะอ่อนนุ่ม ให้รสหวาน แต่ไม่ส่งกลิ่นหอมเหมือนกล้วยชนิดอื่น เช่น กล้วยหอม

รูปที่ 2.13 ลักษณะของเนื้อกล้วย

2.8.2 ประโยชน์ของกล้วยน้ำว้า

1. สามารถรักษาโรคกระเพราะอาหารและกระตุ้นระบบย่อยอาหาร
2. สามารถช่วยให้ขับถ่ายดีขึ้นและแก้อาการท้องเสีย
3. สามารถดับกลิ่นปากได้
4. สามารถป้องกันโรคโลหิตจาง
5. สามารถรักษาโรคซึมเศร้า
6. สามารถช่วยให้นอนหลับ
7. มีแคลเซียมสูง
8. กล้วยน้ำว้าสามารถบรรเทาอาการเจ็บคอ

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี 2020 นภาดา วิเชียรพงษ [12] ได้ศึกษาการนำเอาวัสดุเศษเหลือทางการเกษตรและชีวมวลที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นจังหวัดฉะเชิงเทรา มาแปรรูปให้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด โดยวัสดุหลักที่ใช้ คือ ขุยมะพร้าวร่วมกับวัสดุชีวมวลเหลือใช้ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ มูลไก่ มูลเป็ด มูลวัว แกลบ ขี้เลื่อยและใบมะม่วงผสมกันที่อัตราส่วนเท่ากับ 60 ต่อ 40 โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ขุยมะพร้าวในปริมาณสัดส่วนที่มากกว่าวัตถุดิบร่วมชนิดอื่น เนื่องจากขุยมะพร้าวเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่หาได้ง่าย อีกทั้งมีปริมาณมากในเขตชุมชนอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกมะพร้าวน้ำหอมแหล่งใหญ่ โดยสมบัติของเชื้อเพลิงที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ค่าความชื้น ค่าขี้เถ้า ค่าสารระเหยและค่าคาร์บอนคงตัว นอกจากนี้ยังทำการศึกษาอัตราส่วนผสมของตัวประสาน 2 ชนิดที่มีต่อสมบัติของเชื้อเพลิงที่ได้โดยตัวประสานที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นของเหลือใช้จากอุตสาหกรรมการแปรรูปพืชผลทางการเกษตร ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังเหลือทิ้งคุณภาพต่ำ จากการกระบวนการผลิตแป้งและกากน้ำตาลที่เป็นผลพลอยได้จากการกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ดังนั้นงานวิจัยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาพลังงานทดแทนจากชีวมวลแล้ว ยังเป็นการสร้างแนวทางในการใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้จากในชุมชนและจากอุตสาหกรรมอีกด้วย

ในปี พ.ศ. 2561 จุฑาภรณ์ ชนะถาวร [13] ได้ศึกษาถกผลของเปลือกหุ้มเมล็ดกาและกากกาแฟต่อสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดโดยทำาการศึกษาหาปริมาณแป้งที่ใช้เป็นตัวเชื่อมประสานในการขึ้นรูปเชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน คือ ร้อยละ 5 10 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ทำการคัดเลือกสภาวะการทดลองที่ดีที่สุด จากนั้นทำการศึกษาสัดส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟและกากกาแฟที่มีผลต่อสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ด สัดส่วนที่ศึกษา 5 สัดส่วน (100 : 0 75 : 25 50 : 50 25 : 75 และ 0 : 100) ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของวัตถุดิบและสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดการทดลองพบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวเชื่อมประสานที่ร้อยละ 20 กับกากกาแฟ ในสัดส่วน 100 : 0 จะมีผลต่อสมบัติของเชื้อเพลิง อัดเม็ดที่ดีที่สุด

ในปี 2018 สุพัตรา บุตรเสรีชัย [14] ได้ศึกษาพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล โดยการอัดเม็ดแบบไม่ใช้ตัวประสานด้วยระบบไฮดรอลิค และเปลี่ยนชีวมวลอัดเม็ดที่ได้ให้เป็นพลังงานด้วยกระบวนการไพโรไลซิส ซึ่งเดิมทีแล้วมีงานวิจัยที่หลากหลายที่ทำการศึกษาถ่านอัดเม็ดจากชีวมวลต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น ฟางข้าว มูลไก่ และมูลวัว แต่ทุกงานวิจัยที่กล่าวมานั้นต้องใช้ตัวประสานในการอัดเม็ด ได้แก่ น้ำ น้ำแป้ง น้ำมันพืช กากน้ำตาล และดินขาว เป็นต้น วัสดุชีวมวลที่นำมาใช้ในโครงงานนี้ คือ มูลวัว ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่าย และพบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่ทำการศึกษาพลังงานเชื้อเพลิงของชีวมวลอัดเม็ดจากมูลวัว เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแข็ง เพื่อลดหรือหักค่าใช้จ่ายในส่วนวัสดุที่ต้องนำมาทำเป็นตัวประสาน ปรับปรุงพัฒนากระบวนการผลิตแท่งชีวมวลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และเพื่อเป็นการส่งเสริมนโยบายการใช้พลังงานทดแทนเพื่อความมั่นคงทางด้านพลังงานในประเทศต่อไป

ในปี พ.ศ. 2559 นิพนธ์ ต้นไพบูลย์กุล [15] ได้ศึกษาความแตกต่างของวิธีการขึ้นรูปที่มีต่อสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง อัดเม็ด ต้นทุนต่อหน่วย จากผักตบชวา โดยใช้แป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วนคือ 3:1 3:2 3:3 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ตามล้าดับ และเมื่อใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 3:5 3:6 3:7 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามล้ำดับ การศึกษาพบว่าเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากผักตบชวาที่มีกากมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ใน อัตราส่วน 3:3 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงที่สุดร้อยละ 73.3 และมีค่าความหนาแน่นสูงสุด 0.443 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากผักตบชวาที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วน 3:3 มีค่าความ ร้อนสูงสุดคือ 3,831.98 แคลอรี่ต่อกรัม และมีค่าดัชนีการแตกร่วนของเชื้อเพลิงอยู่ระหว่าง 0.90 ถึง 0.99 เมื่อทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานจริงพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากผักตบชวาที่ใช้แป้งมันเป็นตัวประสานใน อัตราส่วน 3:3 ให้อุณหภูมิสูงสุดที่ระดับ 89.2 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 60 นาทีแรก

ในปี 2019 Maira Iftikhar [2] ได้ศึกษาศักยภาพของมูลโค มูลสัตว์ เป็นตัวประสานเพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของชีวมวลอัดเม็ด (ส่วนผสมของฟางข้าวสาลีและแกลบ) ในขั้นตอนแรก ทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อเลือกองค์ประกอบที่ดีที่สุดของฟางข้าวสาลีและแกลบข้าวสำหรับชีวมวลอัดเม็ด การเลือกขึ้นอยู่กับค่าความร้อน ต่อจากนั้น ทำการศึกษาผลของพารามิเตอร์การทำงาน เช่น องค์ประกอบที่แตกต่างกันของมูลโค (0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์) ความเข้มข้นของกากน้ำตาล (0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์) และเวลาในการทำให้แห้ง (12 ถึง 48 ชั่วโมง) ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของชีวมวลอัดเม็ด ได้แก่ ค่าความร้อน ความหนาแน่นรวม และความทนทานของเม็ดชีวมวล ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชี้ว่าการเพิ่มมูลโคลงในชีวมวลอัดเม็ด ทำให้มีสารระเหย ปริมาณเถ้า ความหนาแน่นรวม และความทนทานของชีวมวลอัดเม็ดเพิ่มขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าความร้อนสูงสุด 14.98 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ปริมาณความชื้น 3.37 เปอร์เซ็นต์ สารระเหย 45.49 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 31.38 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นรวม 108990 กิโลกรัมต่อลูกบาสเมตร และความทนทาน 95 เปอร์เซ็นต์ ได้ดำเนินการปรับปัจจัยการทำงานให้เหมาะสมเพื่อปรับเปอร์เซ็นต์เถ้าให้เหมาะสม ด้วยองค์ประกอบเม็ด 8.5 เปอร์เซ็นต์ (องค์ประกอบชีวมวลอัดเม็ดของฟางข้าวสาลี 90 เปอร์เซ็นต์ และแกลบ 10 เปอร์เซ็นต์) ความเข้มข้นของกากน้ำตาล 50 เปอร์เซ็นต์ และเวลาในการอบแห้ง 12 ชั่วโมง ปริมาณเถ้าลดลง 52 เปอร์เซ็นต์ และค่าความร้อนเพิ่มขึ้น 2.3 เปอร์เซ็นต์ โดยลดความหนาแน่นรวมลง 38 เปอร์เซ็นต์ และลดความทนทานของเม็ดที่ผลิตได้เล็กน้อย ดังนั้น การใช้วัสดุเหลือใช้อย่างมูลโคเป็นสารยึดเกาะถือได้ว่าเป็นแนวทางที่ยั่งยืนในการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีกายภาพโดยเฉพาะความทนทานของเม็ดชีวมวล ดังนั้นจึงสามารถใช้เพื่อตอบสนองความต้องการด้านพลังงานและความร้อนในพื้นที่ชนบทได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปี 2021 Ali Akbar [3] ได้ศึกษาการนำมูลโคและกากน้ำตาลมาใช้เป็นสารยึดเกาะในการสร้างชีวมวลอัดเม็ดจากชานอ้อย ศึกษาผลกระทบของปัจจัยการผลิต องค์ประกอบชีวมวลคือ ความเข้มข้นของกากน้ำตาลและเวลาในการทำให้แห้ง ต่อลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงของเม็ดและบันทึกการตอบสนองในแง่ของความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นของเม็ด ดัชนีความทนทาน ค่าความร้อน และการวิเคราะห์ใกล้เคียง จากผลการทดลอง พบว่ามีการแลกเปลี่ยนระหว่างดัชนีความทนทานและค่าความร้อนของชีวมวลอัดเม็ดอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงดำเนินการปรับปัจจัยการทำงานให้เหมาะสมที่สุด ในสภาวะที่เหมาะสม เม็ดมีค่าความร้อน 16.43 เมกะจูลต่อกิโลกรัม โดยมีดัชนีความทนทาน 84.2เปอร์เซ็นต์ ต่อจากนั้น ทำการเผาไหม้เพื่อเพิ่มคุณภาพพลังงานของชีวมวลอัดเม็ด การเผาไหม้ด้วยความร้อนส่งผลให้ปริมาณพลังงานของสารชีวมวลดีขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ และยังเพิ่มความทนทานของเม็ดเล็กน้อย นอกจากนี้การใช้มูลโคเป็นสารยึดเกาะถือได้ว่าเป็นแนวทางที่ยั่งยืนในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและเชื้อเพลิงโดยเฉพาะดัชนีความทนทานของเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 องค์ประกอบของเครื่องอัดไฮดรอลิก

เครื่องอัดไฮดรอลิก เป็นเครื่องทุ่นแรงที่ใช้สำหรับกดอัดชิ้นงานให้แน่นโดยใช้ไฮดรอลิกออกแรงแทน ซึ่งมีมือโยกเป็นตัวขับเคลื่อนส่งแรงในการอัดชิ้นงานและมีเกจวัดแรงดันสามารถตรวจสอบแรงกดได้จากการเคลื่อนที่ขึ้นและลง ดังแสดงในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 เครื่องอัดไฮดรอลิก

1. แท่นอัดไฮดรอลิก แรงกดสูงสุดของเครื่องอัดไฮดรอลิก 60 ตัน ขนาดความกว้างของฐานแท่นอัดไฮดรอลิก 1,080 มิลลิเมตร ความสูงของแท่นอัดไฮดรอลิก 1,930 มิลลิเมตร สามารถรับน้ำหนักได้ 20 ตัน ดังรูปที่ 3.2

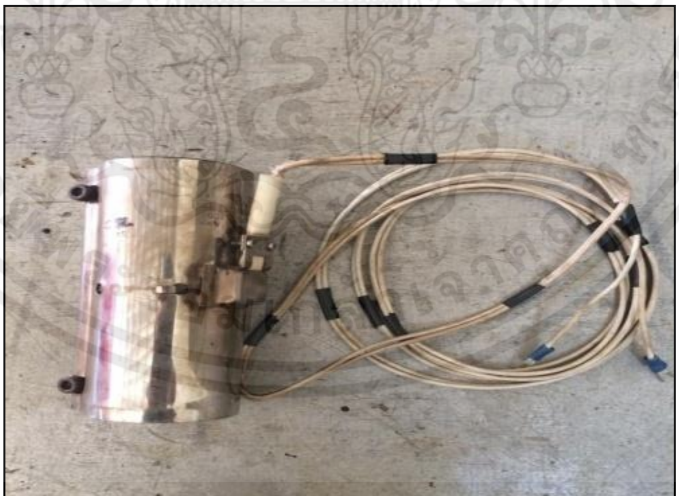
รูปที่ 3.2 เครื่องอัดไฮดรอลิก ขนาด 60 ตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เกจวัดความดันจากเครื่องอัดไฮดรอลิก อ่านค่าความดันสูงสุด 1500 กิโลปาสคาลและที่ความดันสูงสุด 100 กิโลกรัมต่อลูกบาศเซนติเมตรดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 เกจวัดความดันจากเครื่องอัดไฮดรอลิก

3 ฮีตเตอร์แบบรัดท่อ ขนาด 220 โวลต์ 12,000 วัตต์ ทำหน้าที่ให้ความร้อนกับบล็อกอัดขึ้นรูป โดยการรัดจากภายนอก วัสดุที่ใช้ทำจากสแตนเลสและซิ้งค์ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ฮีตเตอร์แบบรัดท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ รุ่น MC-2438 ใช้ควบคุมความร้อนให้อยู่ในช่วงการทดลองตามเงื่อนไขที่กำหนด เครื่องควบคุมอุณหภูมิมีเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาด 0.3 เปอร์เซ็นต์ ใช้กระแสไฟฟ้า DC 20 แอมแปร์ แรงเคลื่อนไฟฟ้า DC 24 โวลต์ ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ รุ่น MC-2438

5 เทอร์โมคัปเปิล Type K 3M อุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า ทำจากสแตนเลสชีท SUS 316 ความยาว 250 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 มิลลิเมตร สามารถดัดหรืองอได้ ใช้วัดอุณหภูมิได้ถึง 400 องศาเซลเซียส ดังรูป ที่ 3.6

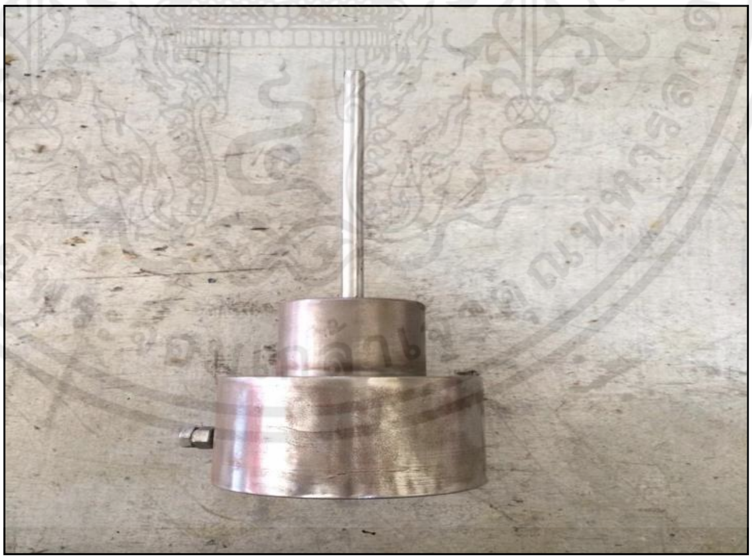
รูปที่ 3.6 เทอร์โมคัปเปิล Type K (TKS-S1-1.6X25-1M)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 บล็อกเหล็กกล้าอัดขึ้นรูป บล็อกอัดรูปทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ความสูง 153 มิลลิเมตร มีรูตรงกลางกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์ 10 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 บล็อกอัดขึ้นรูป

7 หัวอัดไฮดรอลิก สำหรับถ่ายส่งแรงระหว่างไฮดรอลิกกับแกนอัดเม็ดชีวมวล รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด 60 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 หัวอัดไฮดรอลิก

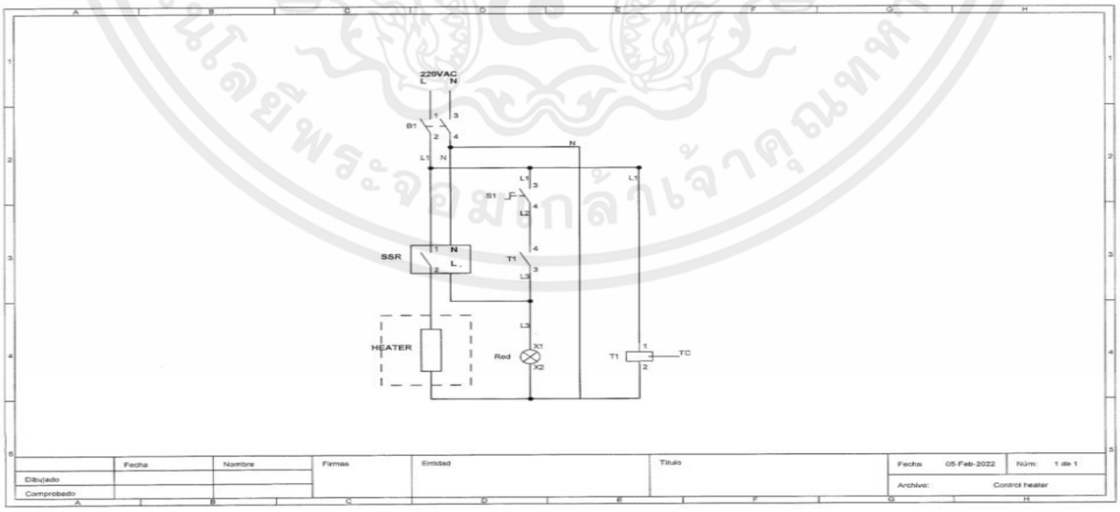
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 แผ่นรองฐานชีวมวลและแผ่นรองฐานอัด แผ่นรองฐานอัดใช้สำหรับรองรับและเลื่อนเข้าและออก ชุดกระบอกอัด มีขนาดแผ่นกว้าง 125 มิลลิเมตร ยาว 220 มิลลิเมตร หนา 12 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 แผ่นรองฐานชีวมวลและแผ่นรองฐานอัด

3.2 หลักการออกแบบตู้ควบคุม

หลักการออกแบบตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการทำให้เกิดความร้อนที่ตัวบล็อกอัดจะต้องคำนึงถึงการควบคุมอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดความร้อนได้ตามที่ต้องการ และหยุดอุณหภูมิให้คงที่เมื่อถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ซึ่งมีการวัดค่าความร้อนที่ตัวบล็อกอัดชิ้นงาน การทำงานจะควบคุมด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ เบรกเกอร์, control Temp, หลอดไป LED สีแดง ,Solid state , Selector switch



รูปที่ 3.10 แผนวงจรสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องอัดไฮดรอลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุปกรณ์และขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบในการทดสอบ

1.นำเปลือกกล้วยน้ำว้าวัดหาค่าความชื้นเริ่มต้น โดยนำเปลือกกล้วยน้ำว้ามาชั่งน้ำหนักและนำเข้าตู้อบลมร้อนเพื่ออบไล่ความชื้น ในอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเปลือกกล้วยน้ำว้าออกจากตู้อบลมร้อนและนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งตามมาตรฐาน ASTM D3172

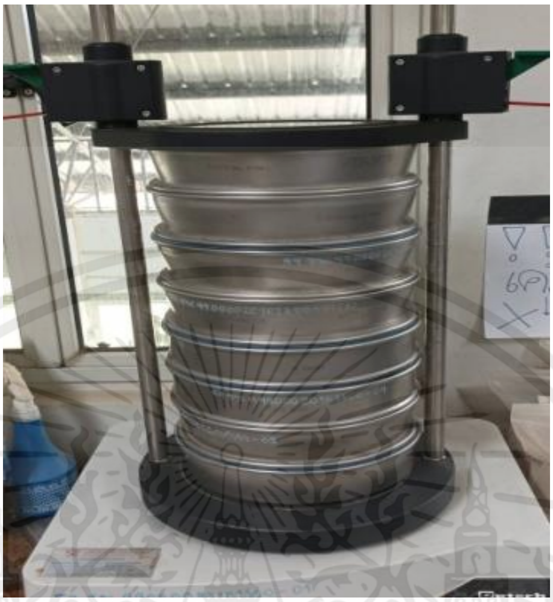
รูปที่ 3.11 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

2. นำเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้ว มาบดละเอียดโดยเครื่องบดละเอียด Grinder รุ่น RT-02B ขนาด 940 วัตต์ 220 โวลต์

รูปที่ 3.12 เครื่องบดละเอียด รุ่น Grinder รุ่น RT-02B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการบดละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียดแล้ว มาแยกขนาดโดยใช้เครื่องแยกขนาดรุ่น AS200 Rutsch ซึ่งกำหนดขนาดให้ผ่านตะแกรงเป็นขนาดที่น้อยกว่า 500 ไมครอน



รูปที่ 3.13 เครื่องแยกขนาด รุ่น AS200 Rutsch

4. นำเปลือกกล้วยน้ำว้าที่แยกขนาดแล้วมาผสมกับขี้เลื่อยกระถินเทพาโดยกำหนดอัตราส่วนเป็น 87.5:12.5 75:25 62.5:37.5 และ 50:50 เปอร์เซ็นต์ต่อเปอร์เซ็นต์ (ขี้เลื่อยกระถินเทพาต่อผงเปลือกกล้วยน้ำว้า)

(ก)

(ข)

รูปที่ 3.14 ตัวอย่าง (ก) เปลือกกล้วยน้ำว้า (ข) ขี้เลื่อยกระถินเทพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดจากขี้เลื่อยกระถินเทพาโดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นตัวประสานจะใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกในการอัดขึ้นรูปในอุณหภูมิที่ 130 และ 150 องศาเซลเซียส ความดันที่ 400 และ 600 กิโลปาสคาล อัตราส่วนเป็น 87.5:12.5 75:25 62.5:37.5 และ 50:50 เปอร์เซ็นต์ต่อเปอร์เซ็นต์ (ขี้เลื่อยกระถินเทพาต่อผงเปลือกกล้วยน้ำว้า)

1. เสียบปลั๊กเครื่องอัดไฮดรอลิก
2. เปิดสวิตซ์ฟิวส์เบรกเกอร์ให้ขึ้น on ภายในตู้ควบคุม ดังรูป 3.15

รูปที่ 3.15 ตู้ควบคุม

3. ปรับอุณหภูมิที่ Temperature controller ตั้งอุณหภูมิตามที่กำหนด ดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 ตั้งค่าอุณหภูมิ

3. เปิดสวิตช์ระบบ เพื่อให้ระบบควบคุมความร้อน (Heater) ให้ทำงาน ดังรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.17 เปิดสวิตช์ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. รออุณหภูมิบล็อกอัดถึงช่วงอุณหภูมิที่กำหนด

6. นำขี้เลื่อยกระถินเพทาที่ผสมกับเปลือกกล้วยน้ำว้าแล้วใส่ลงภายในบล็อกอัด

7. ใช้มือโยกเป็นตัวขับเคลื่อนส่งแรงเพื่อกดตัวอัดไฮดรอลิกลงมากดตัวอย่างชิ้นงาน ในการอัดชิ้นงานใช้เวลา 5 นาที ต่อ 1 ชิ้น

8. นำตัวอย่างชิ้นงานไปทำการวิเคราะห์ และบันทึกข้อมูล

9. นำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการวิเคราะห์ไปเขียนกราฟ

3.5 ขั้นตอนวิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้นของชีวมวลอัดเม็ด

ในขั้นตอนการวิเคราะห์หาองค์ประกอบเบื้องต้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลได้ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3172

3.5.1 การทดสอบหาปริมาณความชื้น (Moisture content ASTM D3173)

การทดสอบหาปริมาณความชื้นโดยนำตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบไปอบให้ความร้อนคงที่ ในอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.5.1.1 เครื่องมือที่ใช้

1. ตู้อบลมร้อน
2. ถาด
3. ถ้วยทนไฟ
4. เครื่องชั่งดิจิทัล 4 ตำแหน่ง
5. โถดูดความชื้น

3.5.1.2 วิธีการทดสอบ

1. เตรียมถ้วยทนไฟขนาด 50 มิลลิลิตรสำหรับใส่ตัวอย่างชิ้นงาน

2. เตรียมตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบใส่ในถ้วยทนไฟแล้วนำไปชั่งน้ำหนักประมาณ 1 กรัม ไม่รวมน้ำหนักถ้วยทนไฟ ด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล 4 ตำแหน่ง และบันทึกค่าน้ำหนักตัวอย่างชิ้นงานก่อนอบ

3. นำตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบไปอบไล่ความชื้นในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. เมื่อครบระยะเวลา 24 ชั่วโมงแล้ว นำถ้วยทนไฟที่ใส่ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบออกจากตู้อบลมร้อนและนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 10 นาที

5. หลังจากนั้นน้ำตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล 4 ตำแหน่ง และบันทึกค่าน้ำหนักตัวอย่างชิ้นงานหลังอบ

6. เมื่อได้ค่าตัวอย่างชิ้นงานในการทดสอบก่อนอบและหลังอบแล้ว นำไปคำนวณในสมการที่ 3.1

$$\text{ความชื้น}(\%) = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100 \qquad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2การทดสอบค่าความหนาแน่น (Density) วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน European Standard 1602

การทดสอบค่าความหนาแน่นของชิ้นงาน ใช้ตัวอย่างชิ้นทดสอบขนาด ความกว้าง 10 มิลลิเมตร ยาว 35 ± 5 มิลลิเมตร จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบอัตราส่วนละ 2 ชิ้น รวมทั้งหมด 32 ชิ้นทดสอบ

3.5.2.1 เครื่องมือที่ใช้

1.เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง

2.เวอร์เนียคาลิปเปอร์

3.5.2.2 วิธีการทดสอบ

1. นำตัวอย่างชิ้นงานที่ผ่านการอัดขึ้นรูปไปทำการชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

2. นำตัวอย่างชิ้นงานไปวัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของชิ้นงาน

3. บันทึกค่าที่ได้จากนั้นนำค่าที่ได้ทั้งหมดไปทำการคำนวณหาความหนาแน่น ในสมการ 3.2

$$\text{ความหนาแน่น}(\rho) = \frac{\text{มวล}}{\text{พื้นที่ของฐาน} \times \text{ความสูง}} \tag{3.2}$$

3.5.3 การทดสอบหาปริมาณขี้เถ้า (Ash Content ASTM D3174)

ทำการวิเคราะห์โดยนำตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบไปเผาในอุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.5.3.1 เครื่องมือที่ใช้

1. ตู้อบลมร้อน
2. ถาด
3. ถ้วยทนไฟ
4. เครื่องชั่งดิจิทัล 4 ตำแหน่ง
5. โถดูดความชื้น
6. เตาเผาอุณหภูมิสูง
7. คีมคีบถ้วยทนไฟ

3.5.3.2 วิธีการทดสอบ

1. นำถ้วยทนไฟไปทำความสะอาดและนำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. นำถ้วยทนไฟเข้าโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที
3. ชั่งน้ำหนักถ้วยทนไฟด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล 4 ตำแหน่ง บันทึกค่า
4. นำตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบใส่ในถ้วยทนไฟประมาณ 1 กรัม แล้วบันทึกค่าน้ำหนักตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบก่อนเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ เข้าเตาเผาอุณหภูมิสูง ตั้งเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยเตาทิ้งไว้เย็น

6. นำตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบเข้าโถดูดความชื้น เป็นเวลา 30 นาที

7. หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล 4 ตำแหน่ง แล้วบันทึกค่าน้ำหนักตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบหลังเผา

$$\%\text{ขี้เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักงชีวมวลอัดเม็ดหลังอบ}}{\text{น้ำหนักชีวมวลอัดเม็ดก่อนอบ}} \times 100 \qquad (3.3)$$

3.5.4 การทดสอบแรงอัด

การทดสอบแรงอัดของชิ้นงาน โดยใช้แรงมากระทำกับตัวชิ้นงาน

3.5.4.1 เครื่องมือที่ใช้

1. เครื่องทดสอบแรงกด LLOYD INSTRUMENTS LTD ขนาด 1 KN

2. เวอร์เนียคาลิปเปอร์

3.5.4.2 วิธีการทดลอง

1. ทำการวัดขนาดตัวอย่างชิ้นงาน

2. นำตัวอย่างชิ้นงานวางลงบนแท่นทดสอบแรงกด

3. ป้อนข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแรงกดของชีวมวลอัดเม็ดลงในโปรแกรม และตั้งค่าข้อมูลที่ต้องการทราบ

4. กดปุ่มเริ่มทำงาน

5. จดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ

6. เมื่อได้ค่าตัวอย่างชิ้นงานในการทดสอบก่อนเผาและหลังเผาแล้ว นำไปคำนวณในสมการที่ 3.4

$$\text{ความเค้น } (\sigma) = \frac{2 \times \text{แรง}}{\text{พื้นที่ของฐาน} \times \text{ความสูง}} \qquad (3.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาคุณสมบัติของชีวมวลอัดเม็ดโดยมีตัวประสานเป็นเปลือกกล้วยน้ำว้า ทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ในการอัดเม็ดชีวมวล อุณหภูมิที่ใช้ในการอัด 130 องศาเซลเซียส และ 150 องศาเซลเซียส ใช้แรงในการกดชิ้นงาน 400 กิโลปาสคาลและ 600 กิโลปาสคาล เป็นเวลา 5 นาที เงื่อนไขที่ใช้ในการอัดชีวมวลอัดเม็ดที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 87.5:12.5 75:25 62.5:37.5 50:50 (เปอร์เซ็นต์ต่อเปอร์เซ็นต์) ขนาดของกระถินเทพาที่ใช้มีขนาดน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร และขนาดของเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้มีขนาดน้อยกว่า 500 ไมครอน

4.1 ลักษณะทางกายภาพของชีวมวลอัดเม็ด

ตารางที่ 4.1 ลักษณะกายภาพภายนอกของชิ้นงานเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวล ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 400 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลอง กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ตัวอย่างชิ้นงาน
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 μm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 87.5 : 12.5	
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 μm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 75 : 25	
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 μm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 62.5 : 37.5	
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 μm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 : 50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าชีวมวลอัดเม็ดที่ขึ้นรูป มีความกว้างประมาณ 10 มิลลิเมตร ความสูง 35 ± 5 มิลลิเมตร เมื่อผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 400 กิโลปาสคาล ด้วยอัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 3.5 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 0.5 กรัม พบว่า ชีวมวลอัดเม็ดจะมีลักษณะ โครงสร้างไม่คอยแข็งแรง เนื้อผิวมีความมันวาวแต่หยาบและหักได้ง่าย ที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 3 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 1 กรัม พบว่าโครงสร้างมีความแข็งแรงขึ้น เนื้อผิวมีความมันวาวแต่ไม่ค่อยเรียบ ที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 2.5 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 กรัม พบว่าจะมีลักษณะ โครงสร้างมีความแข็งแรง เนื้อผิวมีความมันวาวและเรียบ และที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 2 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 2 กรัม พบว่ามีลักษณะผิวชิ้นงานที่มันวาว ผิวเรียบ สีผิวของชิ้นงานมีสีดำเป็นส่วนใหญ่

ตารางที่ 4.2 ลักษณะกายภาพภายนอกของชิ้นงานเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวล ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล

ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 μm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 87.5 : 12.5	
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 μm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 75 : 25	
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 μm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 62.5 : 37.5	
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 μm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 : 50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าชีวมวลอัดเม็ดที่ขึ้นรูป มีความกว้างประมาณ 10 มิลลิเมตร ความสูง 35 ± 5 มิลลิเมตร เมื่อผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล ด้วยอัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 3.5 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 0.5 กรัม พบว่า ชีวมวลอัดเม็ดจะมีลักษณะผิวชิ้นงานมันวาว ผิวมีความขรุขระและเนื้อผิวจะลื่น ที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 3 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 1 กรัม พบว่าจะมีลักษณะผิวที่มีความขรุขระมันวาวขึ้นเล็กน้อย มีรอยแตกเล็กน้อย ที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 2.5 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 กรัม พบว่าจะมีลักษณะมีความแข็งแรง ผิวชิ้นงานมันวาว ผิวมีความขรุขระและรอยแตกเล็กน้อย และที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 2 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 2 กรัม พบว่ามีลักษณะ ผิวชิ้นงานมีความมันวาวและผิวมีความเรียบมากขึ้น สีผิวของชิ้นงานมีสีดำเข้มและสีน้ำตาลเข้มบ้างเล็กน้อย

ตารางที่ 4.3 ลักษณะกายภาพภายนอกของชิ้นงานเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวล ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 400 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลอง กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ตัวอย่างชิ้นงาน
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 µm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 87.5 : 12.5	
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 µm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 75 : 25	
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 µm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 62.5 : 37.5	
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 µm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 : 50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าชีวมวลอัดเม็ดที่ขึ้นรูป มีความกว้างประมาณ 10 มิลลิเมตร ความสูง 35 ± 5 มิลลิเมตร เมื่อผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 400 กิโลปาสคาล ด้วยอัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 3.5 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 0.5 กรัม พบว่าชีวมวลอัดเม็ดมีลักษณะแข็งแรง ผิวชิ้นงานมีความลื่นเล็กน้อยมันวาว และผิวขรุขระ สีผิวของชิ้นงานดำผสมน้ำตาล ที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 3 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 1 กรัม พบว่ามีลักษณะผิวชิ้นงานมันวาวและขรุขระ สีผิวออกน้ำตาลเข็ม ที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 2.5 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 กรัม พบว่าจะมีลักษณะผิวชิ้นงานมีความลื่นขึ้นผิวเรียบมันวาว สีผิวของชิ้นงานดำเข็ม และที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 2 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 2 กรัม พบว่าจะมีลักษณะโครงสร้างมีความแข็งแรง ผิวชิ้นงานมีความหนืด ผิวเรียบ สีผิวของชิ้นงานที่ดำเข็มขึ้น

ตารางที่ 4.4 ลักษณะกายภาพภายนอกของชิ้นงานเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวล ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลอง กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (กรัม)	ตัวอย่างชิ้นงาน
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 μm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 87.5 : 12.5	
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 μm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 75 : 25	
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 μm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 62.5 : 37.5	
ขนาดกระถินเทพา < 1 mm ขนาดเปลือกกล้วยน้ำว้า < 500 μm กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 : 50	

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าชีวมวลอัดเม็ดที่ขึ้นรูป มีความกว้างประมาณ 10 มิลลิเมตร ความสูง 35 ± 5 มิลลิเมตร เมื่อผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

600 กิโลปาสคาล ด้วยอัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 3.5 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 0.5 กรัม พบว่าเม็ดมีลักษณะชีวมวลอัดเม็ดมีลักษณะผิวลื่น มีความมันวาว และมีรอยแตกเล็กน้อย ที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 3 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 1 กรัม พบว่ามีลักษณะผิวลื่นเล็กน้อย มีความมันวาว สีผิวของชิ้นงานจะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นและมีรอยแตกเล็กน้อย ที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 2.5 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 กรัม พบว่ามีผิวจะหนืดเล็กน้อย มีความมันวาว สีผิวของชิ้นงานจะมีสีดำเข้มขึ้นและมีรอยแตกเล็กน้อย และที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 2 กรัม ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 2 กรัม พบว่าจะมีลักษณะเหนียว ผิวจะไม่ค่อยเรียบ มีความมันวาว สีผิวของชิ้นงานจะมีสีดำเข้มขึ้นมีสีน้ำตาลบ้างเล็กน้อย

ดังนั้น จากตารางที่ 4.1 ถึง 4.4 จึงสรุปได้ว่าชีวมวลอัดเม็ดจากขี้เลื่อยกระถินเทพาโดยใช้ตัวประสานที่ได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้า พบว่าชีวมวลอัดเม็ดอัดได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 10 มิลลิเมตร ความยาว 35 ± 5 มิลลิเมตร และในการอัดชีวมวลอัดเม็ดจากขี้เลื่อยกระถินเทพาโดยใช่ตัวประสานที่ได้จากเปลือกกล้วยน้ำว้า เมื่อทำการทดสอบขึ้นรูป ผลจากการทดสอบที่ได้ คือ เมื่ออัตราส่วนผสมจากขี้เลื่อยกระถินเทพา 2 กรัม ผสมด้วยผงเปลือกกล้วยน้ำว้า 2 กรัมให้อุณหภูมิในการอัดที่ 130 องศาเซลเซียส ความดันที่ 400 กิโลปาสคาล เม็ดเชื้อเพลิงจะมีลักษณะผิวชิ้นงานที่มันวาว ผิวไม่เรียบมาก สีผิวของชิ้นงานมีน้ำตาลเล็กน้อย อุณหภูมิในการอัดที่ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล เม็ดเชื้อเพลิงจะมีลักษณะ ผิวชิ้นงานมีความมันวาวขึ้น ผิวมีความเรียบมากขึ้น สีผิวของชิ้นงานมีสีดำเข็มและสีน้ำตาลเข็มบ้างเล็กน้อย อุณหภูมิในการอัดที่ 150 องศาเซลเซียส ความดันที่ 400 กิโลปาสคาล มีลักษณะโครงสร้างมีความแข็งแรง ผิวชิ้นงานมีความหนืด ผิวเรียบ สีผิวของชิ้นงานที่ดำเข้มขึ้น และอุณหภูมิในการอัดที่ 150 องศาเซลเซียส ความดันที่ 600 กิโลปาสคาล เม็ดเชื้อเพลิงจะมีลักษณะเหนียว ผิวจะไม่ค่อยเรียบความหนืด มีความมันวาว สีผิวของชิ้นงานจะมีสีดำเข้มขึ้นมีสีน้ำตาลบ้างเล็กน้อย เมื่ออัตราส่วนผสมจากขี้เลื่อยกระถินเทพา 2.5 กรัม ผสมด้วยผงเปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 กรัมให้อุณหภูมิในการอัดที่ 130 องศาเซลเซียส ความดันที่ 400 กิโลปาสคาล เม็ดเชื้อเพลิงจะมีลักษณะ โครงสร้างมีความแข็งแรง เนื้อผิวมีความมันวาวและเรียบ อุณหภูมิในการอัดที่ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล เม็ดเชื้อเพลิงจะมีลักษณะ ผิวชิ้นงานไม่ค่อยมันวาว ผิวมีความขรุขระ มีรอยแตกเล็กน้อย อุณหภูมิในการอัดที่ 150 องศาเซลเซียส ความดันที่ 400 กิโลปาสคาล มีลักษณะผิวชิ้นงานมีความลื่นเล็กน้อยผิวเรียบมันวาว สีผิวของชิ้นงานดำเข็ม และอุณหภูมิในการอัดที่ 150 องศาเซลเซียส ความดันที่ 600 กิโลปาสคาล เม็ดเชื้อเพลิงจะมีลักษณะโครงสร้างมีความแข็งแรงผิวจะลื่น มีความมันวาว สีผิวของชิ้นงานจะมีสีดำเข็มขึ้นและมีรอยแตกเล็กน้อย เมื่ออัตราส่วนผสมจากขี้เลื่อยกระถินเทพา 3 กรัม ผสมด้วยผงเปลือกกล้วยน้ำว้า 1 กรัมให้อุณหภูมิในการอัดที่ 130 องศาเซลเซียส ความดันที่ 400 กิโลปาสคาล เม็ดเชื้อเพลิงจะมีลักษณะ โครงสร้างมีความแข็งแรง เนื้อผิวมีความมันวาวแต่ไม่ค่อยเรียบ อุณหภูมิในการอัดที่ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล เม็ดเชื้อเพลิงจะมีลักษณะผิวที่มีความขรุขระแต่มันวาว มีรอยแตกเล็กน้อย อุณหภูมิในการอัดที่ 150 องศาเซลเซียส ความดันที่ 400 กิโลปาสคาล มีลักษณะผิวชิ้นงานมันวาวแต่ขรุขระ สีผิวออกน้ำตาลเข็ม และอุณหภูมิในการอัดที่ 150 องศาเซลเซียส ความดันที่ 600 กิโลปาสคาล เม็ดเชื้อเพลิงจะมีลักษณะโครงสร้างมีความแข็งแรงผิวจะหนืด มีความมันวาว สีผิวของชิ้นงานจะมีสีน้ำตาลเข็มขึ้นและมีรอยแตกเล็กน้อย เมื่ออัตราส่วนผสมจากขี้เลื่อยกระถินเทพา 3.5 กรัม ผสมด้วยผงเปลือกกล้วยน้ำว้า 0.5 กรัมให้อุณหภูมิในการอัดที่ 130 องศาเซลเซียส ความดันที่ 400 กิโลปาสคาล เม็ดเชื้อเพลิงจะมีลักษณะ โครงสร้างไม่คอยแข็แรง เนื้อผิวมีความมันวาวแต่หยาบและหักได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง่าย อุณหภูมิในการอัดที่ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล เม็ดเชื้อเพลิงจะมีลักษณะผิวชิ้นงานมันวาว ผิวมีความขรุขระแต่เนื้อผิวจะลื่น อุณหภูมิในการอัดที่ 150 องศาเซลเซียส ความดันที่ 400 กิโลปาสคาล มีลักษณะผิวชิ้นงานมีความลื่นเล็กน้อยผิวเรียบมันวาว สีผิวของชิ้นงานดำผสมน้ำตาล และอุณหภูมิในการอัดที่ 150 องศาเซลเซียส ความดันที่ 600 กิโลปาสคาล เม็ดเชื้อเพลิงจะมีลักษณะโครงสร้างมีความแข็งแรงผิวจะลื่นเล็กน้อย มีความมันวาว และมีรอยแตกเล็กน้อย

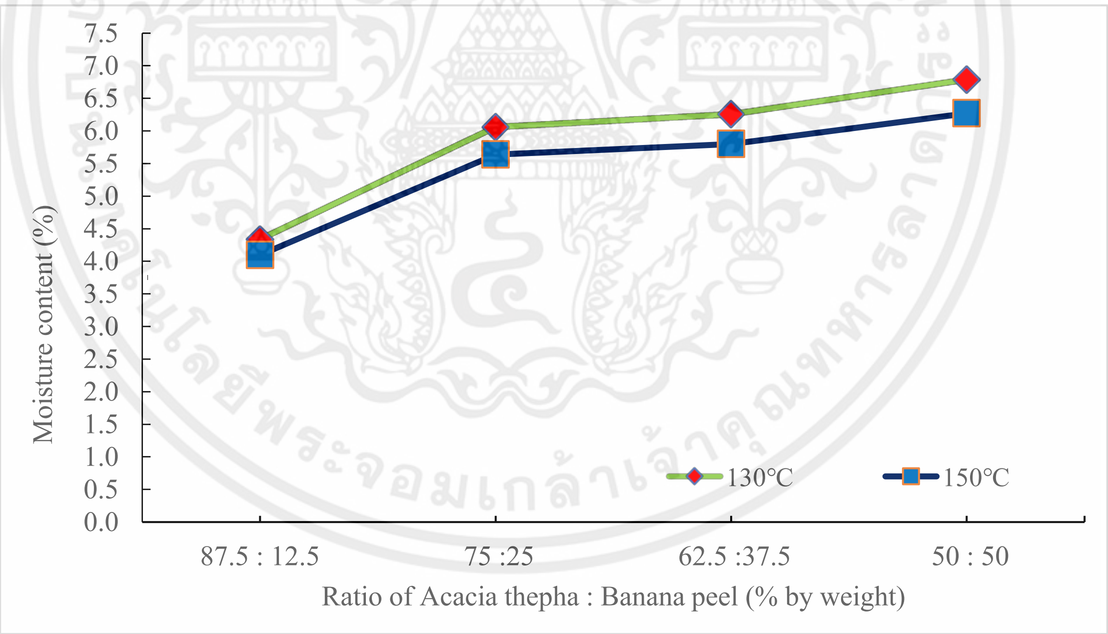
4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นการอัดเม็ดชีวมวลจากขี้เลื่อยกระถินเทพา โดยมีเปลือกกล้วยเป็นตัวประสานสามารถผลิตได้จริง และตัวชิ้นงานก็มีความแข็งแรงสูง

4.2.1 การหาค่าความชื้นของชีวมวลอัดเม็ด

ค่าความชื้น เป็นค่าที่ได้จากวัสดุที่อยู่ภายในของเชื้อเพลิงค่าที่ได้เหล่านี้ เป็นปัจจัยที่สำคัญในการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อใช้ในการการอัดให้เป็นชีวมวลอัดเม็ด ถ้าความชื้นในตัวชิ้นงานมีค่าสูงเกินไปจะส่งผลให้การเผาไหมเชื้อเพลิงได้ไม่ดีนัก ดังนั้นเมื่อทำการการอัดเม็ดชีวมวลแล้วจึงนำไปคำนวณหาค่าความชื้น

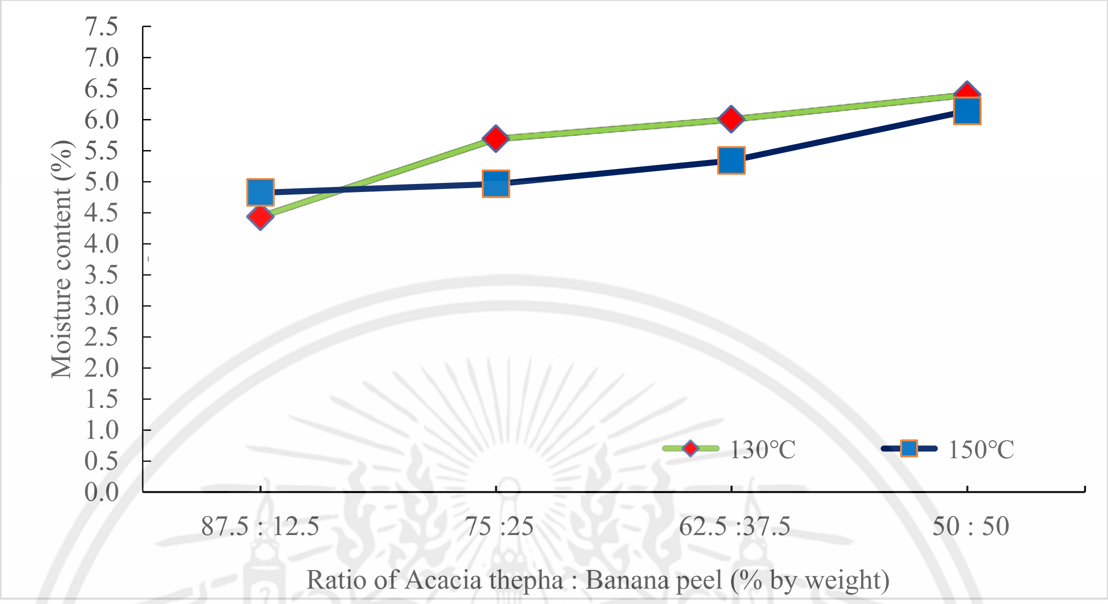
4.2.1.1 ค่าความชื้นเมื่อเทียบกับอัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



รูปที่ 4.1 ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและ 150 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 ค่าความชื้นเมื่อเทียบกับอัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



รูปที่ 4.2 ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

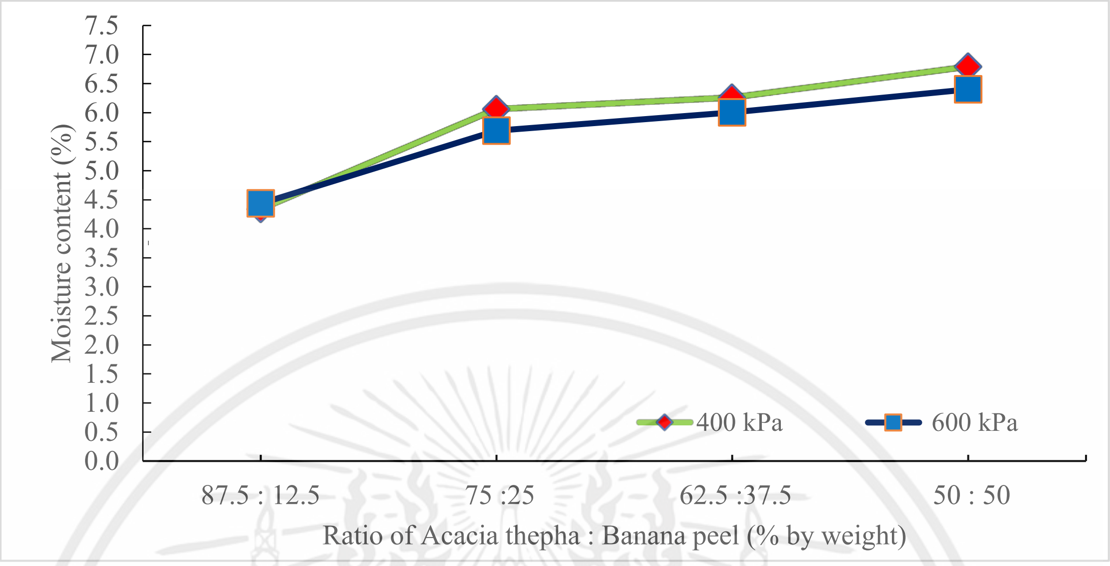
จากรูปที่ 4.1 ความดันที่ 400 กิโลปาสคาล จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิในการอัดเม็ดที่ 130 องศาเซลเซียส จะมีค่าความชื้นสูงกว่าอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส และพบว่าเมื่อปริมาณของเปลือกกล้วยน้ำว้าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความชื้นของชีวมวลอัดเม็ดเพิ่มขึ้นด้วย จึงสรุปได้ว่า ปริมาณของเปลือกกล้วยน้ำว้ามีผลให้ความชื้นของชีวมวลอัดเม็ดเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิที่สูงกว่าจะมีค่าความชื้นน้อยกว่า

จากรูปที่ 4.2 เมื่อความดันที่ 600 กิโลปาสคาล จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิในการอัดเม็ดที่ 130 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นสูงกว่าอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ยกเว้นที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ชีวมวลอัดเม็ดจะมีค่าความชื้นน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส

ดังนั้นอุณหภูมิมีผลต่อความชื้น เมื่ออุณหภูมิสูงความชื้นที่อยู่ภายในชีวมวลอัดเม็ดก็จะน้อยลง เพราะอุณหภูมิจะไปทำให้น้ำที่อยู่ภายในชีวมวลอัดเม็ดระเหย และเห็นได้ชัดว่าส่วนผสมของเปลือกกล้วยน้ำว้ามีปริมาณมากขึ้น ค่าความชื้นก็จะสูงขึ้นด้วย ดังนั้นอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส จะทำให้น้ำที่อยู่ภายในชีวมวลอัดเม็ดระเหยได้มากกว่าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าความชื้นที่น้อยที่สุด คือ อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 400 กิโลปาสคาล มีค่าความชื้น 4.0976 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นที่น้อยที่สุด คือ อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 400 กิโลปาสคาล มีค่าความชื้น 4.0976 เปอร์เซ็นต์

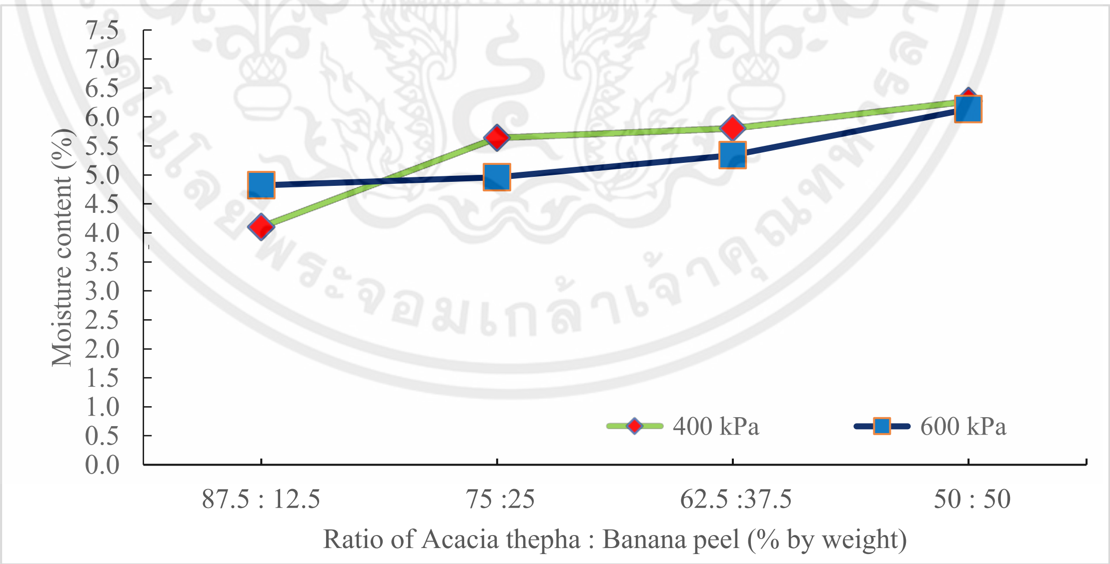
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 ค่าความชื้นเมื่อเทียบกับอัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



รูปที่ 4.3 ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล

4.2.1.4 ค่าความชื้นเมื่อเทียบกับอัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



รูปที่ 4.4 ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 อุณหภูมิที่ 130 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนของเปลือกกล้วยน้ำว้าเพิ่มขึ้น จะทำให้ความชื้นของชีวมวลอัดเม็ดเพิ่มขึ้น และพบว่าที่ความดันในการอัดเม็ด 600 กิโลปาสคาล จะได้ชีวมวลอัดเม็ดที่มีความชื้นสูงกว่าที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล เพราะว่าความดันมีผลต่ออุณหภูมิ หรือกล่าวได้ว่าความดันที่ใช้ในการอัดเม็ดมากเท่าไรก็จะส่งผลให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นมากเท่านั้น อย่างไรก็ตามความชื้นที่เกิดขึ้นสูงสุดประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าอยู่ในมาตราฐานของชีวมวลอัดเม็ด

จากรูปที่ 4.4 อุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าความดันในการอัดเม็ด 400 กิโลปาสคาล จะมีค่าความชื้นต่ำกว่าความดันที่ 600 กิโลปาสคาล ยกเว้นที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ ความดันในการอัดเม็ด 600 กิโลปาสคาล ชีวมวลอัดเม็ดจะมีค่าความชื้นมากกว่า ที่ความดัน 400 กิโลปาสคาลแต่สูงกว่าเพียงเล็กน้อย

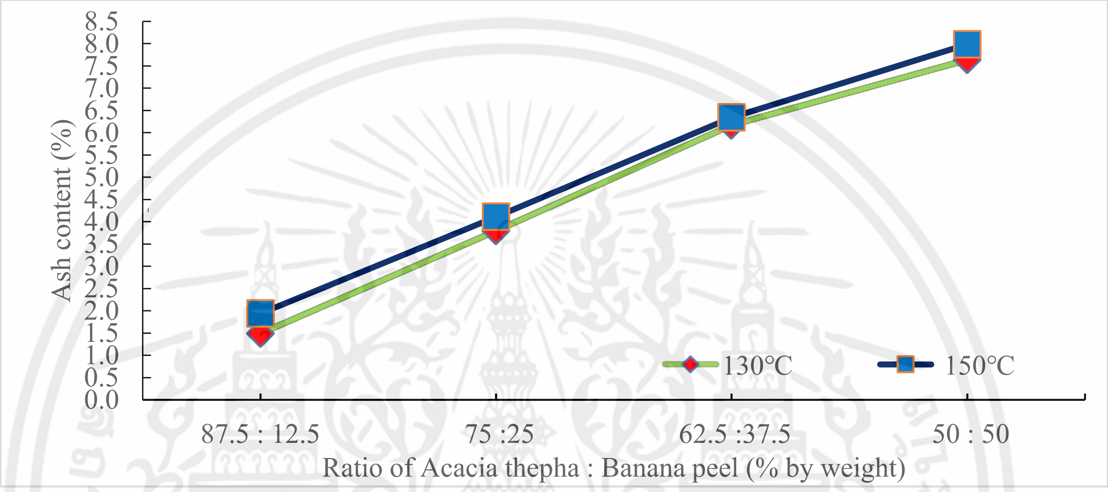
ดังนั้นความชื้นเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างความดันกับอุณหภูมิ ปรากฏว่าอุณหภูมิมีผลมากกว่าความดัน และเมื่อเพิ่มปริมาณของเปลือกกล้วยน้ำว่ากราฟที่ได้จะสูงขึ้นตาม ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสเท่ากัน ที่ความดัน 400 กิโลปาสคาลค่าความชื้นที่ได้ คือ 4.3372 6.0603 6.2564 6.7878 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล ค่าความชื้นที่ได้ คือ 4.4343 5.6894 6.0013 6.3993 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเท่ากันเท่ากัน ที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล ค่าความชื้นที่ได้ คือ 4.0976 5.6366 5.8016 6.2699 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล ค่าความชื้นที่ได้ คือ 4.8208 4.9594 5.3395 6.1371 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งค่าความชื้นที่น้อยที่สุด คือ อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 400 กิโลปาสคาล มีค่าความชื้น 4.0976 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การหาปริมาณขี้เถ้าของอัดชีวมวลอัดเม็ด

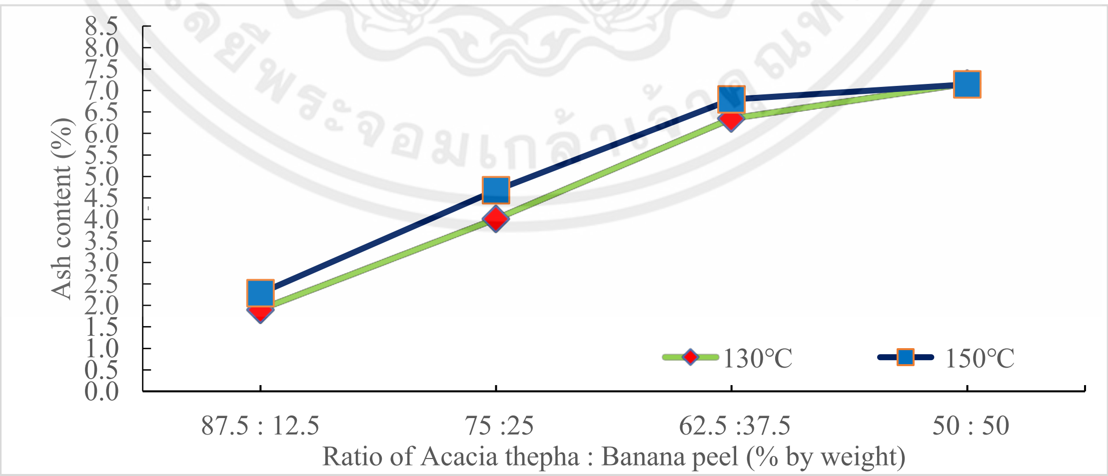
ปริมาณขี้เถ้า เป็นปริมาณสารอนินทรีย์ที่สามารถวัดได้ด้วยนำเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดที่ผ่านการเผาไหม้ด้วยเตาอุณหภูมิสูงไปคำนวณหาปริมาณขี้เถ้า ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาหาปริมาณขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดจากขี้เลื่อยกระถินเทพาโดยมีเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นตัวประสาน

4.2.2.1ค่าปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



รูปที่ 4.5 ค่าปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและ150 องศาเซลเซียส

4.2.2.2ค่าปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



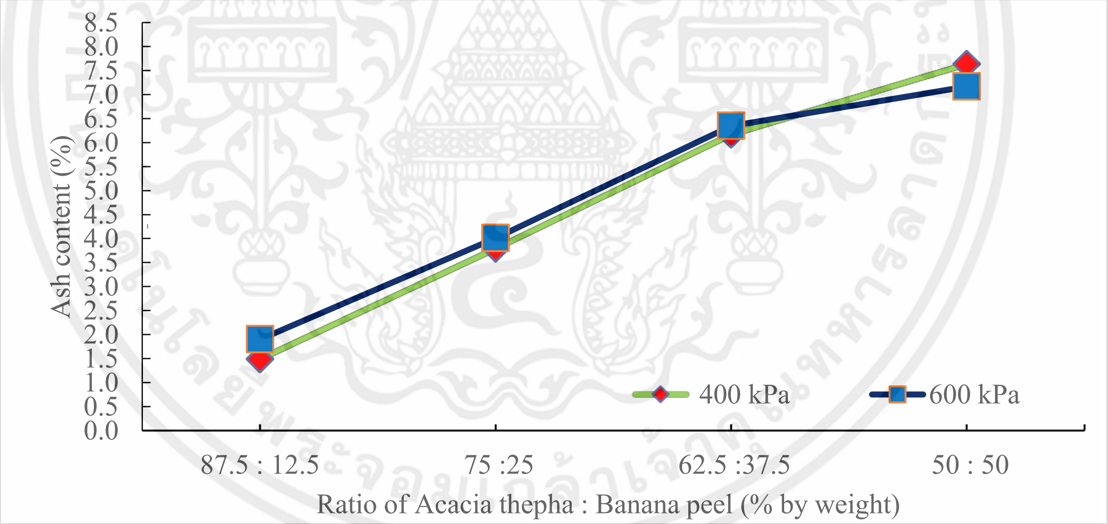
รูปที่ 4.6 ค่าปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 ความดันที่ 400 กิโลปาสคาล จะเห็นได้ว่าปริมาณขี้เถ้าเมื่อเทียบกับอุณหภูมิในการอัดเม็ดที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณขี้เถ้าน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส และเมื่อปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้าเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้แนวโน้มของกราฟเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งพบว่าในการอัดเม็ดที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 62.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 37.5 เปอร์เซ็นต์ ชีวมวลอัดเม็ดที่ได้มีค่าปริมาณขี้เถ้าที่เปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มเกือบจะเท่ากัน ทั้งนี้ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณขี้เถ้ามากที่สุด

จากรูปที่ 4.6 ความดันที่ 600 กิโลปาสคาล จะเห็นได้ว่าปริมาณขี้เถ้าเมื่อเทียบกับอุณหภูมิในการอัดเม็ดที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณขี้เถ้าน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส และเมื่อปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้าเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้แนวโน้มของกราฟเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งพบว่าในการอัดเม็ดที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ ชีวมวลอัดเม็ดที่ได้มีค่าปริมาณขี้เถ้าที่เปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มเกือบจะเท่ากัน ทั้งนี้ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณขี้เถ้ามากที่สุด

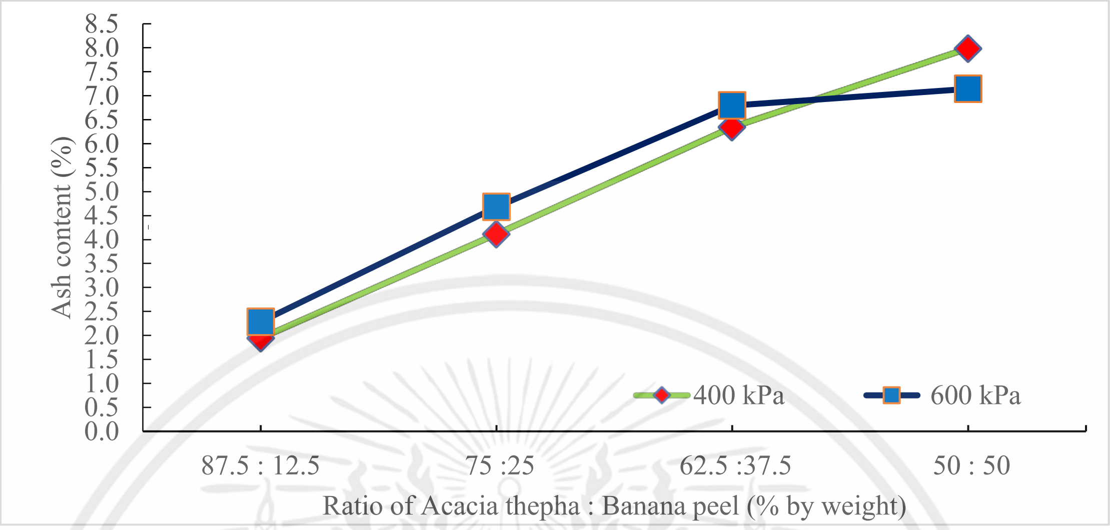
4.2.2.3ค่าปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



รูปที่ 4.7 ค่าปริมาณขี้เถ้าของของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.4ค่าปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



รูปที่ 4.8 ค่าปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล

จากรูปที่ 4.7 อุณหภูมิที่ 130 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าปริมาณขี้เถ้าเมื่อเทียบกับความดันในการอัดเม็ดที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล มีปริมาณขี้เถ้าน้อยกว่าความดันที่ 600 กิโลปาสคาล ยกเว้นที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ ความดันในการอัดเม็ดที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล จะมีปริมาณขี้เถ้าสูงกว่าความดันที่ 600 กิโลปาสคาล ทั้งสองรูปอธิบายรวมกันได้ว่าเมื่อปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้าเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณขี้เถ้าเพิ่มขึ้น แสดงว่าปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้ามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณขี้เถ้า ส่วนความดันและอุณหภูมิในการอัดเม็ดส่งผลต่อปริมาณขี้เถ้าน้อยมาก ทั้งนี้ที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล ที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณขี้เถ้ามากที่สุด

จากรูปที่ 4.8 อุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าปริมาณขี้เถ้าเมื่อเทียบกับความดันในการอัดเม็ดที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล จะมีปริมาณขี้เถ้าน้อยกว่าที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล ยกเว้นที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ ความดันในการอัดเม็ดที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล จะมีปริมาณขี้เถ้าสูงกว่าความดันที่ 600 กิโลปาสคาล ทั้งนี้ที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล ที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณขี้เถ้ามากที่สุด

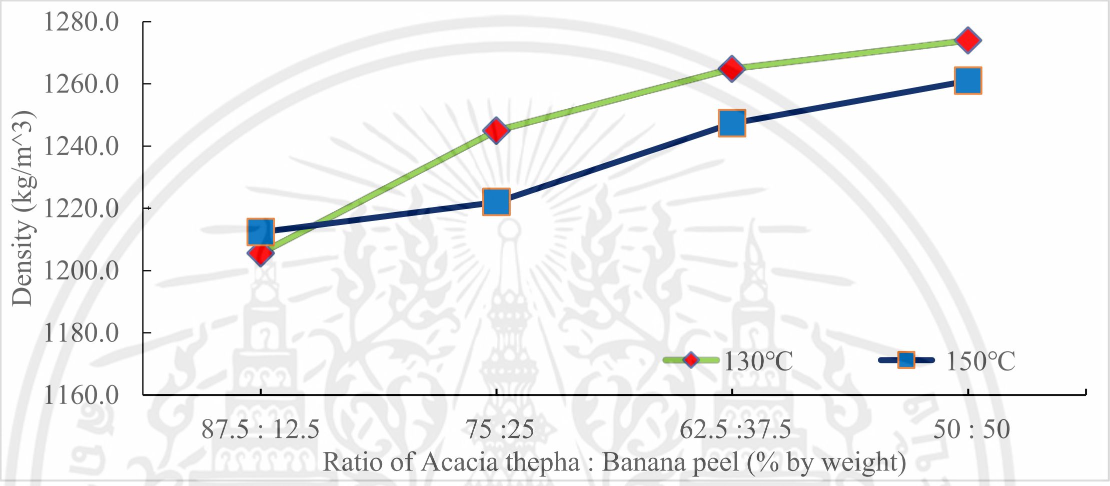
จากกราฟแสดงค่าความชื้นเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างความดันกับอุณหภูมิ ปรากฏว่าอุณหภูมิและความดันมีผลต่อชีวมวลอัดเม็ดเพียงเล็กน้อย แต่อัตราส่วนผสมของเปลือกกล้วยน้ำว้าจะมีผลต่อปริมาณขี้เถ้ามากที่สุด ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสเท่ากัน ที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล ปริมาณขี้เถ้าที่ได้ คือ 1.4883 3.7898 6.1653 7.6354 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล ค่าปริมาณขี้เถ้าที่ได้ คือ 1.9388 4.1078 6.3420 7.9849 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และที่ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เท่ากัน ที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล ค่าปริมาณขี้เถ้าที่ได้ คือ 1.9003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.0068 6.3485 7.1656 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล ค่าปริมาณขี้เถ้าที่ได้ คือ 2.2842 4.6779 6.7922 7.1418 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งค่าปริมาณขี้เถ้าที่น้อยที่สุด คือ อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 400 กิโลปาสคาล มีค่าปริมาณขี้เถ้า 1.4883 เปอร์เซ็นต์

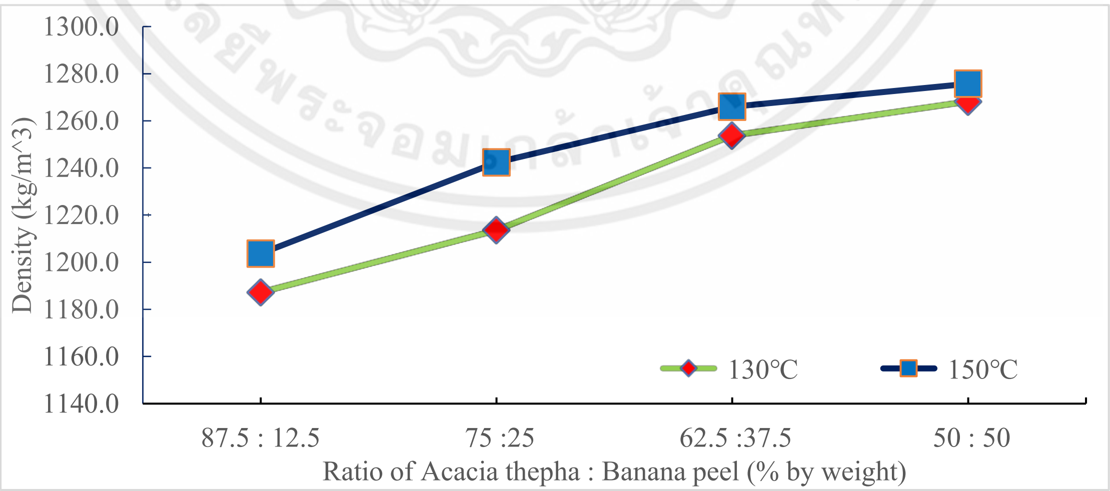
4.2.3การหาความหนาแน่นของชีวมวลอัดเม็ด

4.2.3.1 ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



รูปที่ 4.9 ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส

4.2.3.2 ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



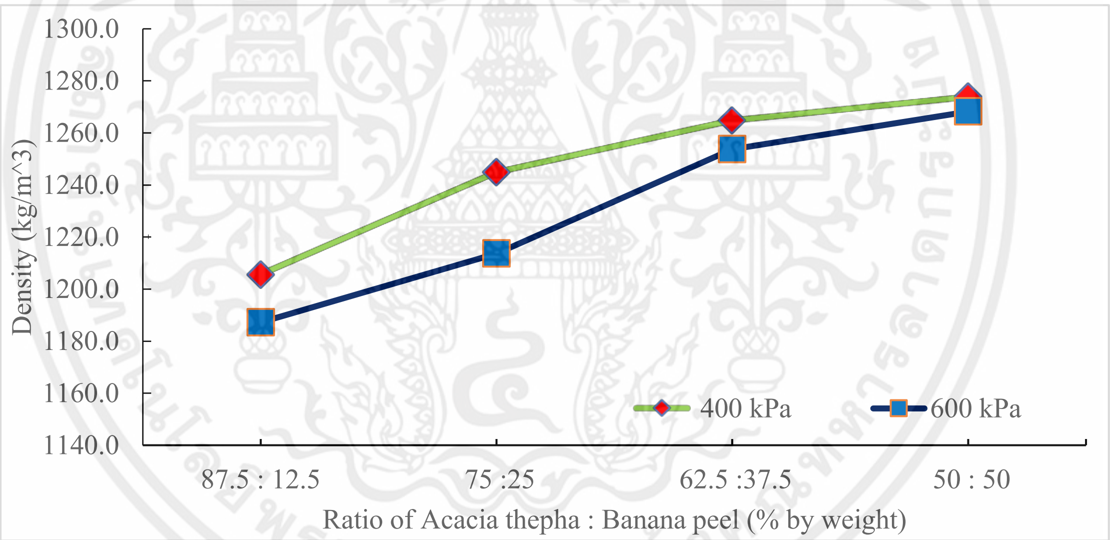
รูปที่ 4.10 ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 ความดันที่ 400 กิโลปาสคาล จะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นเมื่อเทียบกับอุณหภูมิในการอัดเม็ดที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสจะมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสยกเว้นที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิในการอัดเม็ดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสจะมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าอัตราส่วนของเปลือกกล้วยน้ำว้าเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของชีวมวลอัดเม็ดเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย และค่าความหนาแน่นที่มากที่สุดอยู่ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.10 ความดันที่ 600 กิโลปาสคาล จะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นเมื่อเทียบกับอุณหภูมิในการอัดเม็ดที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสจะมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เมื่อปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้าเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้แนวโน้มของกราฟเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งในการอัดเม็ดที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ ชีวมวลอัดเม็ดที่ได้มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด

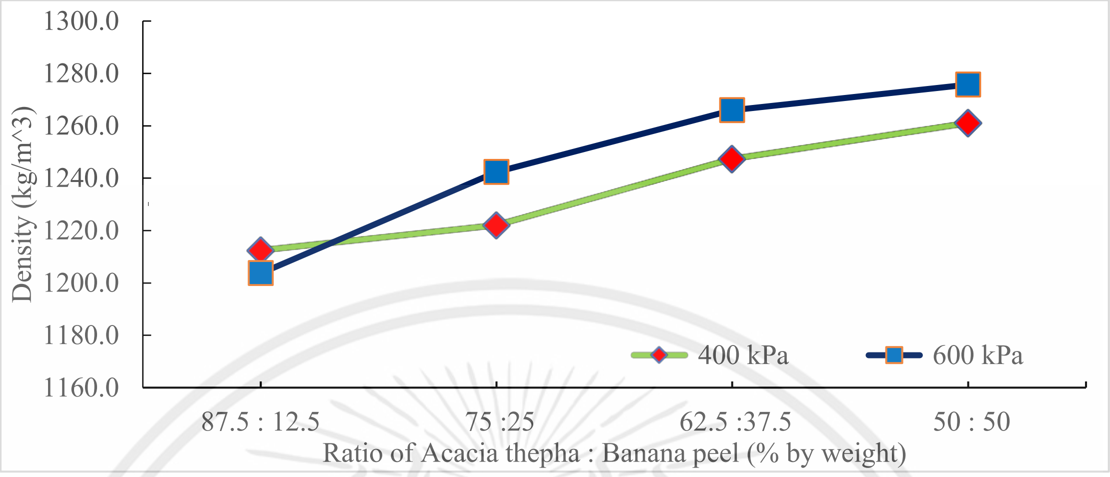
4.2.3.3 ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



รูปที่ 4.11 ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.4 ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



รูปที่ 4.12 ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล

จากรูปที่ 4.11 อุณหภูมิที่ 130 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นเมื่อเทียบกับความดันในการอัดเม็ดที่ความดัน 400 กิโลปาสคาลจะมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล และยังพบว่าปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้าส่งผลให้กราฟค่าความหนาแน่นมีแนวโนมเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งในการอัดเม็ดที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ ชีวมวลอัดเม็ดที่ได้มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด

จากรูปที่ 4.12 อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นเมื่อเทียบกับความดันในการอัดเม็ดที่ความดัน 600 กิโลปาสคาลจะมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล ยกเว้นที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ ความดันในการอัดเม็ดที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล จะมีค่าความหนาแน่นมากกว่าที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล ซึ่งในการอัดเม็ดที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ ชีวมวลอัดเม็ดที่ได้มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด

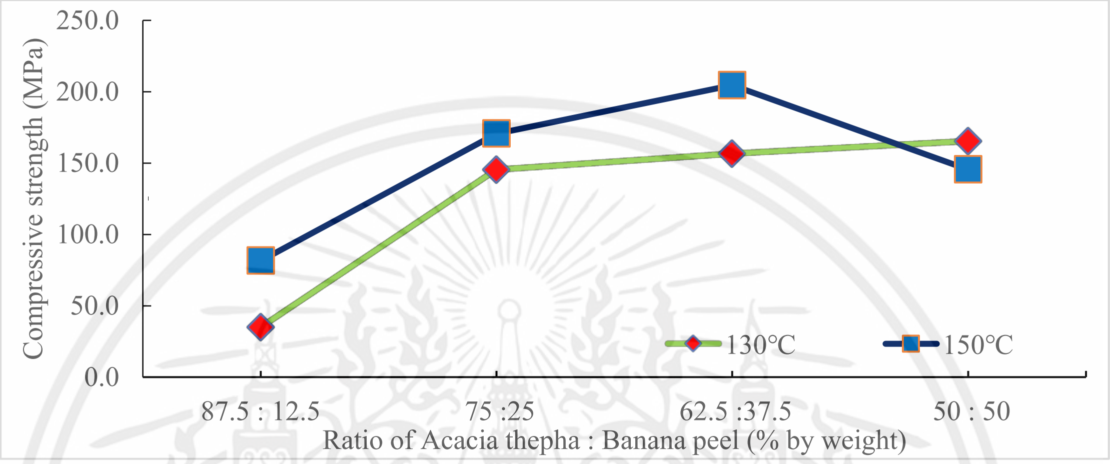
ดังนั้น ในการอัดชีวมวลอัดเม็ดจากขี้เลื่อยกระถินเทพาที่ผสมเปลือกกล้วยน้ำว้า พบว่าเมื่อส่วนผสมของเปลือกกล้วยน้ำว้ามีปริมาณมากขึ้น ค่าความหนาแน่นก็จะสูงตาม ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสเท่ากัน ที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล ค่าความหนาแน่นที่ได้ คือ 1205.54 1244.93 1264.75 1273.89 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล ค่าความหนาแน่นที่ได้ คือ 1187.22 1213.59 1253.70 1268.18 กิโลกรัมต่อลุกบาศก์เมตร ตามลำดับ และที่ตาม ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเท่ากัน ที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล ค่าความหนาแน่นที่ได้ คือ 1212.35 1221.94 1247.24 1260.98 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล ค่าความหนาแน่นที่ได้ คือ 1203.67 1242.34 1265.93 1275.72 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิและอัตราส่วนชีวมวลอัดเม็ดที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปมีผลต่อค่าความหนาแน่น ซึ่งค่าความหนาแน่นที่มากที่สุด คือ อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล มีค่าความหนาแน่น 1275.72 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

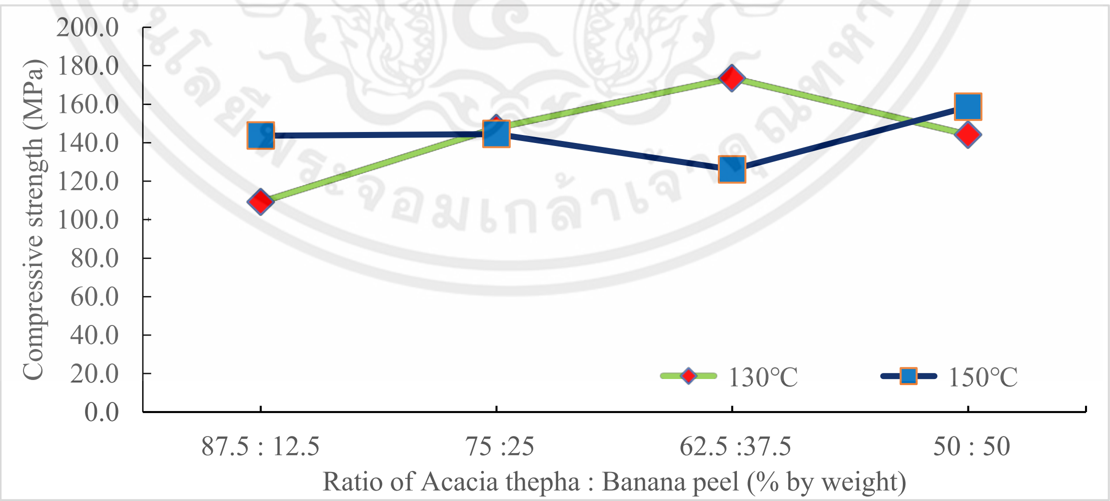
4.2.4 ผลการทนแรงอัดของอัดชีวมวลอัดเม็ด(แนวนอน)

4.2.4.1 ค่าการทนแรงอัดของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



รูปที่4.13 ค่าการทนแรงอัดแนวนอนของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

4.2.4.2 ค่าการทนแรงอัดของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



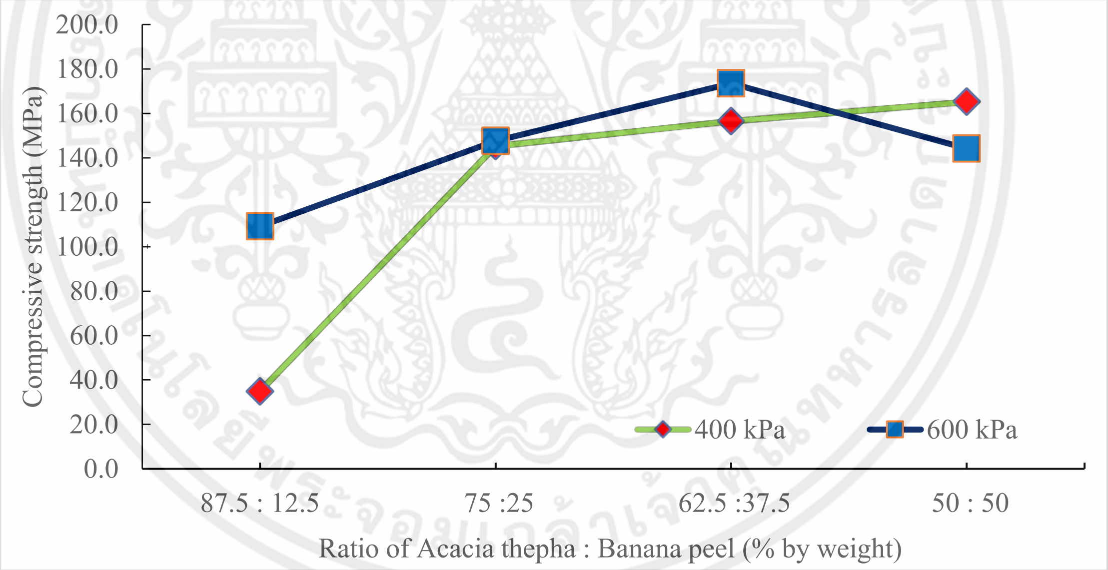
รูปที่4.14 ค่าการทนแรงอัดแนวนอนของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่4.13 ความดัน 400 กิโลปาสคาล จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ค่าการทนแรงอัดน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสในช่วงอัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโนมค่าการทนแรงอัดจะเพิ่มขึ้น ยกเว้นในช่วงอัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ ค่าการทนแรงอัดจะลดลง เนื่องจากอุณหภูมิจะไปสลายลิกนิน และความชื้นของชีวมวลอัดเม็ด ซึ่งในการอัดเม็ดที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 62.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 37.5 เปอร์เซ็นต์ ชีวมวลอัดเม็ดที่ได้มีค่าการทนแรงอัดได้มากที่สุด

รูปที่4.14 ความดัน 600 กิโลปาสคาล จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ค่าการทนแรงอัดน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสในช่วงอัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มค่าการทนแรงอัดจะลดลง และเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าการทนแรงอัดที่มีผลต่อค่าการทนแรงอัด คือ ปริมาณความชื้นในชีวมวลอัดเม็ด ซึ่งในการอัดเม็ดที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 62.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 37.5 เปอร์เซ็นต์ ชีวมวลอัดเม็ดที่ได้มีค่าการทนแรงอัดได้มากที่สุด

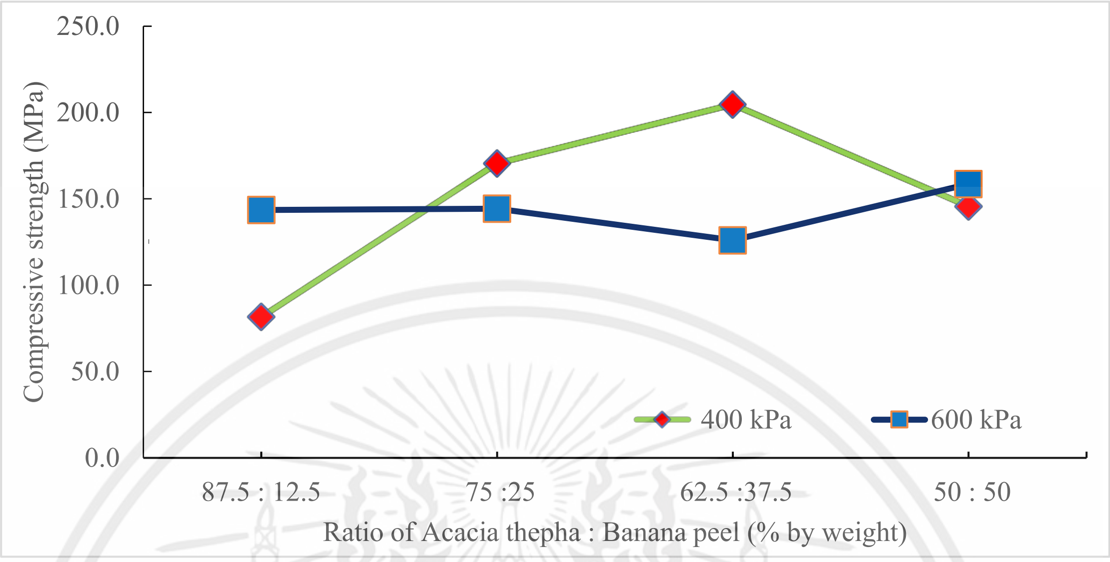
4.2.4.3 ค่าการทนแรงอัดของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



รูปที่4.15 การทนแรงอัดของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.4 ค่าการทนแรงอัดของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้ในการอัดเม็ดชีวมวล



รูปที่4.16 ค่าการทนแรงอัดของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความดัน 400 กิโลปาสคาล และความดัน 600 กิโลปาสคาล

รูปที่4.15 อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าที่ความดันที่ 400 ค่าการทนแรงอัดน้อยกว่าที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล ในช่วงอัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มค่าการทนแรงอัดจะเพิ่มขึ้น ยกเว้นในช่วงอัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ ค่าการทนแรงอัดจะลดลง เนื่องจากอุณหภูมิจะไปสลายลิกนิน และความชื้นของชีวมวลอัดเม็ด ซึ่งในการอัดเม็ดที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 62.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 37.5 เปอร์เซ็นต์ ชีวมวลอัดเม็ดที่ได้มีค่าการทนแรงอัดได้มากที่สุด

รูปที่4.16 อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ค่าการทนแรงอัดน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสในช่วงอัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มค่าการทนแรงอัดจะลดลง และเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิไม่มีผลต่อค่าการทนแรงอัดที่มีผลต่อค่าการทนแรงอัดคือปริมาณความชื้นในชีวมวลอัดเม็ด ซึ่งในการอัดเม็ดที่อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 62.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 37.5 เปอร์เซ็นต์ ชีวมวลอัดเม็ดที่ได้มีค่าการทนแรงอัดได้มากที่สุด

ดังนั้น ในการอัดชีวมวลอัดเม็ดจากขี้เลื่อยกระถินเทพาที่ผสมเปลือกกล้วยน้ำว้าพบว่าส่วนผสมของกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้ามีผลต่อค่าการทนแรงอัดแต่เล็กน้อย ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสเท่ากัน ที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล ค่าการทนแรงอัดที่ได้ คือ 34.84 145.22 156.53 165.24 เมกะปาสคาลตามลำดับ และที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล ค่าการทนแรงอัดที่ได้ คือ 81.56 170.50 204.56 145.53 เมกะปาสคาลตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเท่ากัน ที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล ค่าการทนแรงอัดที่ได้ คือ 109.16 147.65 173.53 144.20 เมกะปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ และที่ความดัน 600 กิโลปาสคาล ค่าการทนแรงอัดที่ได้ คือ 143.65 144.40 126.03 158.60 เมกะปาสคาลตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า อุณหภูมิและอัตราส่วนชีวมวลอัดเม็ดที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปมีผลต่อการทนแรงอัด ซึ่งค่าการทนแรงอัดที่ดีที่สุด คือ อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 62.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 37.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล มีการทนแรงอัด 204.56 เมกะปาสคาล

4.3 การศึกษาและรวบรวมมาตรฐานสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด

ในการศึกษาและรวบรวมมาตรฐานสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดในเบื้องต้น พบว่าเนื่องด้วยประเทศที่ริเริ่มการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดเป็นประเทศทางซีกโลกตะวันตกในแถบทวีปยุโรป ซึ่งประเทศที่อยู่ทางแถบนี้เป็นประเทศที่อยู่เขตหนาว เช่น ฝรั่งเศส อิตาลี เยอรมัน สวีเดน และอเมริกาเหนือ เป็นต้น นิยมใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดเป็นอย่างมากเพื่อนำไปใช้ในเครื่องสร้างความร้อน (Heater) สำหรับให้ความอบอุ่นในอาคารบ้านเรือน จึงได้มีการกำหนดให้มาตรฐานเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดขึ้น โดยเฉพาะของแต่ละประเทศ ได้แก่

- มาตรฐาน EN 14961-1 ของ EU
- มาตรฐาน PFI ของประเทศสหรัฐอเมริกา
- มาตรฐาน ONORM M1735 ของประเทศออสเตรีย
- มาตรฐาน SS 187120 ของประเทศสวีเดน
- มาตรฐาน DIN 51731 ของประเทศเยอรมัน
- มาตรฐาน CTI-R 04/5 ของประเทศอิตาลี
- มาตรฐาน ITEBE ของประเทศฝรั่งเศส

ซึ่งการกำหนดให้มาตรฐานของแต่ละประเทศนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการผลิตเชิงพาณิชย์เพื่อส่งไป ขายยังประเทศอื่นที่มีความต้องการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด ดังมีรายละเอียด ค่าความจุความร้อน ความหนาแน่นก้อนมวล ปริมาณความชื้นสูงสุด และปริมาณขี้เถ้า ดังแสดงในตารางที่ 4.17

จากตารางที่ 4.17 จากการเปรียบเทียบมาตรฐานเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดพบว่า ค่าความชื้นมาตรฐานไม่เกินกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก ซึ่งค่าความชื้นที่น้อยที่สุด คือ อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 400 กิโลปาสคาล มีค่าความชื้น 4.0976 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณขี้เถ้ามาตรฐานไม่เกินกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก ซึ่งปริมาณขี้เถ้าที่น้อยที่สุด คือ อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 400 กิโลปาสคาล มีค่าปริมาณขี้เถ้า 1.4883 เปอร์เซ็นต์ และค่าความหนาแน่นมาตรฐานไม่น้อยกว่า 600 กิโลปาสคาล ความหนาแน่นที่มากที่สุด คือ อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล มีค่าความหนาแน่น 1275.72 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 การเปรียบเทียบมาตรฐานเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดของประเทศไทย

คุณสมบัติ	**เกรดธรรมดา**	**เกรดคุณภาพสูง**	**ค่าที่ได้จากชีวมวลอัดเม็ด**
ความหนาแน่นรวม (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	ไม่น้อยกว่า 600	ไม่น้อยกว่า 600	1275.72
เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ไม่น้อยกว่า 6 และไม่เกินกว่า 12	ไม่น้อยกว่า 6 และไม่เกินกว่า 12	10
ดัชนีความคงทน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของน้ำหนัก	-
ฝุ่น	ไม่เกินกว่าร้อยละ 3 ของน้ำหนัก	ไม่เกินกว่าร้อยละ 3 ของน้ำหนัก	-
ความยาว (มิลลิเมตร)	ไม่น้อยกว่า 3.15 และไม่เกินกว่า 40	ไม่น้อยกว่า 3.15 และไม่เกินกว่า 40	36.4 ถึง 41.9
ความยาวไม่เกินกว่า 40 มิลลิเมตร	ไม่เกินกว่าร้อยละ 1 ของน้ำหนัก	ไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนัก	-
ความชื้น	ไม่เกินกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก	ไม่เกินกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก	ร้อยละ 4.0976 ของน้ำหนัก
ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	ไม่น้อยกว่า 14.6 (3,500)กิโลกรัมแคลอรี่ต่อกิโลกรัม)	ไม่น้อยกว่า 16.7 (4,000)กิโลกรัมแคลอรี่ต่อกิโลกรัม)	-
ขี้เถ้า	ไม่เกินกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก	ไม่เกินกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก	ร้อยละ 1.4883 ของน้ำหนัก
ส่วนประกอบของสารคลอรีน	ไม่เกินกว่าร้อยละ 0.02 ของน้ำหนัก	ไม่เกินกว่าร้อยละ 0.02 ของน้ำหนัก	-
ส่วนประกอบของสารกำมะถัน	ไม่เกินกว่าร้อยละ 0.08 ของน้ำหนัก	ไม่เกินกว่าร้อยละ 0.08 ของน้ำหนัก	-
ส่วนประกอบของสารไนโตรเจน	ไม่เกินกว่าร้อยละ 0.3 ของน้ำหนัก	ไม่เกินกว่าร้อยละ 0.3 ของน้ำหนัก	-

ที่มา: มหาวิทยาลัยศิลปากร (2555) [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณสมบัติของชีวมวลอัดเม็ดโดยมีตัวประสานเป็นเปลือกกล้วยน้ำว้า ทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไอดรอลิก ในการขึ้นรูปชีวมวลอัดเม็ด อุณหภูมิที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป 130 องศาเซลเซียส และ 150 องศาเซลเซียส ใช้แรงในการกดชีวมวลอัดเม็ดที่ความดัน 400 กิโลปาสคาล และ 600 กิโลปาสคาล เป็นเวลา 5 นาที เงื่อนไขที่ในการอัดชีวมวลอัดเม็ดจากขี้เลื่อยกระถินเทพาที่ผสมเปลือกกล้วยน้ำว้า อัตราส่วนที่ใช้คือ 87.5:12.5 75:25 62.5: 37.5 และ 50:50 เปอร์เซ็นต์ต่อเปอร์เซ็นต์ (อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า) ขนาดของขี้เลื่อยกระถินเทพาที่ใช้มีขนาดน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร และขนาดของเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ใช้มีขนาดน้อยกว่า 500 ไมครอน ได้ผลสรุปดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. การเพิ่มปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้ามีผลต่อลักษณะกายภาพภายนอกของชีวมวลอัดเม็ดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล ชีวมวลอัดเม็ดจะมีลักษณะโครงสร้างมีความแข็งแรง มีความมันวาว และมีผิวที่เรียบที่สุด

2. การเพิ่มปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้าและอุณหภูมิส่งผลให้ค่าความชื้นของการชีวมวลอัดเม็ดสูงตามไปด้วย ค่าปริมาณความชื้นที่ดีที่สุด คือ ช่วงอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดันที่ 400 กิโลปาสคาล อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าความชื้นอยู่ที่ 4.0976 เปอร์เซ็นต์

3. การเพิ่มปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้าจะส่งผลให้ค่าปริมาณขี้เถ้าของชีวมวลอัดเม็ดสูงตามไปด้วย ค่าปริมาณขี้เถ้าที่ดีที่สุด คือ ช่วงอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดันที่ 400 กิโลปาสคาล อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 87.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าปริมาณขี้เถ้าอยู่ที่ 1.4883 เปอร์เซ็นต์

4. อุณหภูมิ ความดัน และปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้า มีผลต่อค่าความหนาแน่นของชีวมวลอัดเม็ด เนื่องจากอุณหภูมิ ความดัน และปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้าจะไปทำให้ลิกนินอ่อนตัวลงส่งผลให้ชีวมวลอัดเม็ดเกาะกันได้ดีขึ้น ค่าความหนาแน่นที่ดีที่สุด คือ ช่วงอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าความหนาแน่นอยู่ที่ 1275.72 กิโลกรัมต่อลุกบาศก์เมตร

5.ค่าการทนแรงอัดของชีวมวลอัดเม็ด ขี้เลื่อยกระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า อุณหภูมิและความดันไม่มีผลต่อค่าการทนแรงอัด แต่ปริมาณความชื้นจะมีผลต่อค่าการทนแรงอัด ซึ่งความชื้นจะไปทำลายความแข็งแรงของพันธะยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค จะทำให้ชีวมวลอัดเม็ดมีความเปราะ ค่าการทนแรงอัดของชีวมวลอัดเม็ดที่ดีที่สุด คือ ช่วงอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลปาสคาล อัตราส่วนขี้เลื่อยกระถินเทพา 62.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า 37.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าการทนแรงอัดอยู่ที่ 204.56 เมกะปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ถ้าจะนำชีวมวลมาผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดควรหาตัวประสานชีวมวลที่มีค่าปริมาณขี้เถ้าน้อยมาผสมในการอัดเม็ดเชื้อเพลิงเพื่อลดค่าปริมาณขี้เถ้า

2. ควรเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอัดไฮโดรลิกให้มีความดันที่มีความคงที่มากขึ้น

3. ไม่ควรใช้ความร้อนที่ต่ำกว่า 130 องศาเซลเซียส และความดันที่มากกว่า 600 กิโลปาสคาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์ปฏิบัติการพืชเศรษฐกิจ. 2019. กระถินเทพา. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง : https://www.dnp.go.th/EPAC/plant_economic/02krathintapa.htm

[2] Maira Iftikhar. 2019. Biomass densification: Effect of cow dung on the physicochemical properties of wheat straw and rice husk based biomass pellets. Biomass and Bioenergy Volume 122, Pages 1-16

[3] Ali Akbar. 2021. Effect of binding materials on physical and fuel characteristics of bagasse based pellets. Biomass and Bioenergy Volume 150, 106118

[4] GPSC. 2564 . พลังงานทดแทน [Online]. แหล่งที่เข้าถึง : https://www.gpscgroup.com/th/news/982/

[5] UAC. พลังงานพลังงานชีวมวล [Online]. แหล่งที่เข้าถึง : https://www.uac.co.th/en/knowledge-sharing/340/biomass-energy

[6] บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ วิชั่น จำกัด. 2550 . พลังงานชีวมวล [Online]. แหล่งที่เข้าถึง : http://www.energyvision.co.th/14424507/

[7] บริษัท เอนคอส จำกัด. 2551. เทคโนโลยีชีวมวล [Online]. แหล่งที่เข้าถึง : http://www.encos.co.th/articles/details/3

[8] สถาบันพลาสติก. 2557 . เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด [Online]. แหล่งที่เข้าถึง : http://rubber.oie.go.th/box/ELib_Document/1092/

[9] : ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน. สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้. 2556. กระถินเทพา [Online]. แหล่งที่เข้าถึง : https://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/Acacia%20manual.PDF

[10] บริษัท เอนเนอจี 789 จำกัด. 2017 .ขี้เลื่อย (Wood Sawdust) [Online]. แหล่งที่เข้าถึง : https://www.energy789.com/th/articles/90848-wood-sawdust

[11] ข้อมูลพืชสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2560 .กล้วยน้ำว้า (Cultivated banana) [Online]. แหล่งที่เข้าถึง : https://pharmacy.su.ac.th/herbmed/herb/text/herb_detail.php?herbID=16

[12] นภาดา วิเชียรพงษ์. 2020. การผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากขุยมะพร้าวผสมชีวมวลเหลือทิ้ง. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์.

[13] จุฑาภรณ์ ชนะถาวร. 2561. ผลของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟและกากกาแฟต่อสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด. วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

[14] สุพัตรา บุตรเสรีชัย. 2561. การศึกษาและปรับปรุงคุณสมบัติของถ่านอัดเม็ดจากมูลวัว เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแข็ง. วิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ.

[15] นิพนธ์ ต้นไพบูลย์กุล. 2559. ลักษณะการขึ้นรูปและตัวประสานที่แตกต่างกันต่อสมบัติของเชื้อเพลิงที่ผลิตจากผักตบชวา. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. หลักสูตรเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[16] นฤมล ภานุนำภา. 2560. เชื้อเพลิงอัดเม็ด พลังงานทดแทนที่สะอาด. กรุงเทพมหานคร . สำนักงานวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้. หน้า 3-7.
[17] นายธราวุฒิ ไกแก้ว 2547. การพัฒนาเครื่องอัดแท่งชีวมวลสำหรับใช่ผลิตถ่านชีวมวล . กรุงเทพมหานคร . มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. หน้า 9-13.
[18] นายธราวุฒิ ไกแก้ว 2547. การพัฒนาเครื่องอัดแท่งชีวมวลสำหรับใช่ผลิตถ่านชีวมวล . กรุงเทพมหานคร . มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. หน้า 9-13.
[19] ลักษมี สุทธิวิไลรัตน์. 2560. การผลิตเชื้อเพลิงอดแท่งจากเศษวัสดุชีวมวล. กรุงเทพมหานคร. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้. หน้า 3-9

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลองกระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
87.5 : 12.5	4.3372	0.0327
75 : 25	6.0603	0.0455
62.5 : 37.5	6.2564	0.0477
50 : 50	6.7878	0.0568
รวม	5.8604	0.0457

ตารางที่ ก.2 ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลองกระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
87.5 : 12.5	4.4343	0.0336
75 : 25	5.6894	0.0426
62.5 : 37.5	6.0013	0.0466
50 : 50	6.3993	0.0496
รวม	5.6311	0.0431

ตารางที่ ก.3 ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลองกระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
87.5 : 12.5	4.0976	0.0334
75 : 25	5.6366	0.0424
62.5 : 37.5	5.8016	0.0445
50 : 50	6.2699	0.0474
รวม	5.4514	0.0419

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ค่าความชื้นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลอง กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
87.5 : 12.5	4.8208	0.0359
75 : 25	4.9594	0.0359
62.5 : 37.5	5.3395	0.0398
50 : 50	6.1371	0.0452
รวม	5.3142	0.0392

ตารางที่ ก.5 ปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลอง กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณขี้เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
87.5 : 12.5	1.4883	0.6950
75 : 25	3.7898	0.6866
62.5 : 37.5	6.1653	0.6705
50 : 50	7.6354	0.6582
รวม	4.7697	0.6776

ตารางที่ ก.6 ปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลอง กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณขี้เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
87.5 : 12.5	1.9003	0.7045
75 : 25	4.0068	0.6776
62.5 : 37.5	6.3485	0.6881
50 : 50	7.1656	0.6491
รวม	4.8553	0.6748

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 ปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลองกระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณขี้เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
87.5 : 12.5	1.9388	0.6992
75 : 25	4.1078	0.6817
62.5 : 37.5	6.3420	0.6636
50 : 50	7.9849	0.6466
รวม	5.0934	0.6728

ตารางที่ ก.8 ปริมาณขี้เถ้าของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลองกระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณขี้เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
87.5 : 12.5	2.2842	0.6897
75 : 25	4.6779	0.6743
62.5 : 37.5	6.7922	0.6564
50 : 50	7.1418	0.6647
รวม	5.2240	0.6713

ตารางที่ ก.9 ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลองกระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
87.5 : 12.5	1205.54
75 : 25	1244.93
62.5 : 37.5	1264.75
50 : 50	1273.89
รวม	1247.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.10 ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลอง กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
87.5 : 12.5	1187.22
75 : 25	1213.59
62.5 : 37.5	1253.70
50 : 50	1268.18
รวม	1230.67

ตารางที่ ก.11 ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลอง กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
87.5 : 12.5	1212.35
75 : 25	1221.94
62.5 : 37.5	1247.24
50 : 50	1260.98
รวม	1235.63

ตารางที่ ก.12 ค่าความหนาแน่นของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลอง กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
87.5 : 12.5	1203.67
75 : 25	1242.34
62.5 : 37.5	1265.93
50 : 50	1275.72
รวม	1246.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.13 ค่าความแข็งแรงของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลอง กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ความแข็งแรง (เมกะปาสคาล)
87.5 : 12.5	34.84
75 : 25	145.22
62.5 : 37.5	156.53
50 : 50	165.24
รวม	125.46

ตารางที่ ก.14 ค่าความแข็งแรงของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลอง กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ความแข็งแรง (เมกะปาสคาล)
87.5 : 12.5	109.16
75 : 25	147.65
62.5 : 37.5	173.53
50 : 50	144.20
รวม	143.64

ตารางที่ ก.15 ค่าความแข็งแรงของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 400 กิโลปาสคาล

อัตราส่วนที่ทำการทดลอง กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ความแข็งแรง (เมกะปาสคาล)
87.5 : 12.5	81.56
75 : 25	170.50
62.5 : 37.5	204.56
50 : 50	145.53
รวม	150.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.16 ค่าความแข็งแรงของขี้เลื่อยกระถินเทพาและเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและความดันที่ 600 กิโลปาสคาล

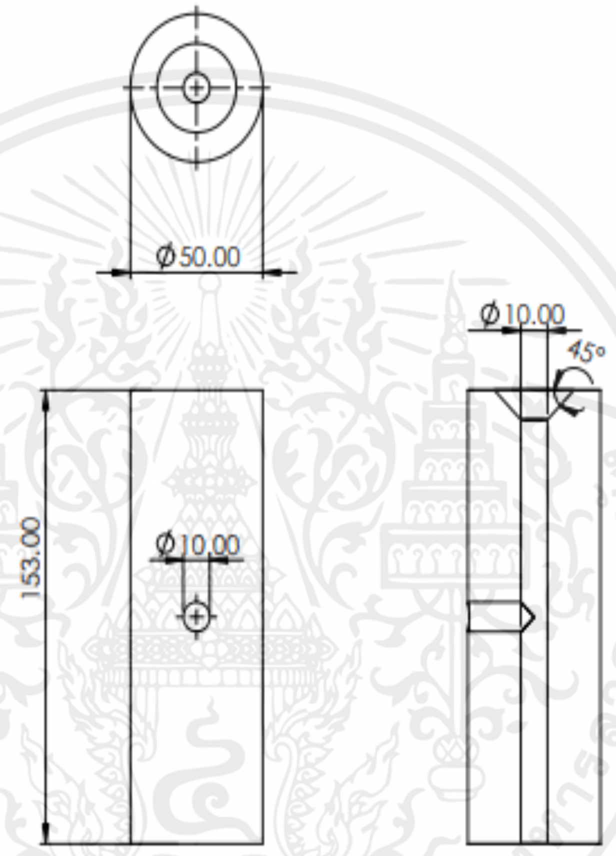
อัตราส่วนที่ทำการทดลอง กระถินเทพาต่อเปลือกกล้วยน้ำว้า (เปอร์เซ็นต์)	ความแข็งแรง (เมกะปาสคาล)
87.5 : 12.5	143.65
75 : 25	144.40
62.5 : 37.5	126.03
50 : 50	158.60
รวม	143.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก รูปแบบและขนาดของชุดอัดเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



KMITL PCC	DRAWING NAME: Thanyakorn Pitakpirakorn	TITLE: compressed block				ANGLE PRO:
	ENGINEER NAME: Thanyakorn Pitakpirakorn	NO: 1	MATERAL: Steel	UNIT: mm.	SCALE: 1:20	DRAWING NO: 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายธัญกร พิทักษ์พิระกร
วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 23 มีนาคม พ.ศ.2541
ภูมิลำเนา จังหวัดตรัง
ที่อยู่ 99/330 หมู่ที่5 ตำบลนาตาล่วง อำเภอเมืองตรัง จังหวัดตรัง 92000
E-mail 60512063@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนสภาราชินี 2
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2564 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม
- ฝึกงานด้านวิศวกรรมเครื่องกล ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้