การจัดการวัสดุเหลือทิ้งเป็นศูนย์และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จุฬา สินไพบูลย์

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

การจัดการวัสดุเหลือทิ้งเป็นศูนย์และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จุฬา สินไพบูลย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การจัดการวัสดุเหลือทิ้งเป็นศูนย์และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จุฬา สินไพบูลย์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.ภคมน ปินตานา)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รจพรรณ นิรัญศิลป์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง การจัดการวัสดุเหลือทิ้งเป็นศูนย์และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
ชื่อผู้เขียน นางสาวจุฬา สินไพบูลย์
ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันสถานการณ์พลังงานประเทศไทยได้มีเป้าหมายการผลิตพลังงาน และการจัดการวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงมีจุดประสงค์ในการประเมินปริมาณวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้น และปริมาณที่มีการจัดการอย่างไม่ถูกวิธี วิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และหาแนวทางในการลดปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจก โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน ได้แก่ การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากนั้นนำมาทดสอบการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ การวิเคราะห์เชิงปริมาณ การหาคุณสมบัติเชิงกล และค่าความร้อน โดยทำการเก็บข้อมูล พบว่าพื้นที่ทำการเกษตรภาคเหนือ 12 จังหวัด ประกอบไปด้วย จังหวัด สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิษณุโลก ตาก ลำพูน น่าน ลำปาง แม่ฮ่องสอน พะเยา เชียงใหม่ เชียงราย และแพร่ มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 3,120,044 rai จากพื้นที่โรงสี (ซังเปลือก) และพื้นที่เพาะปลูก (ต้น ใบ) จากนั้นเกษตรกรจะดำเนินการจัดการกับเศษวัสดุเหลือทิ้งเหล่านั้นด้วยวิธีการต่าง ๆ จากนั้นจะพิจารณาการจัดการที่ไม่ถูกวิธี พื้นที่โรงสี ปริมาณที่ยังไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ประกอบไปด้วย เป็นสัดส่วนร้อยละ 19.29 ในพื้นที่เพาะปลูก เป็นสัดส่วนร้อยละ 80 เมื่อนำเศษวัสดุเหลือทิ้งมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง พบว่าผลการทดลองค่าที่ดีที่สุดในพื้นที่โรงสี ตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วน 20% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 996.52 kg/m^3 มีค่าความร้อน 14.10 MJ/kg และผลการทดลองค่าที่ดีที่สุดในพื้นที่เพาะปลูก ตัวประสานกลีเซอรีน ที่อัตราส่วน 30% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 1,011.22 kg/m^3 มีค่าความร้อน 14.45 MJ/kg ดังนั้นเมื่อนำศักยภาพทั้งหมดภาคเหนือ 12 จังหวัด พบว่าพื้นที่โรงสีมีชีวมวลที่ยังไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ 28.46 kg/rai มีศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 106,560.67 ton/year มีศักยภาพพลังงาน 1,502.51 TJ/year มีกำลังการผลิตไฟฟ้า 7.89 MW/year พื้นที่เพาะปลูก มีชีวมวลที่ยังไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ 413.57 kg/rai มีศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 1,677,457.41 ton/year มีศักยภาพพลังงาน 24,239.26 TJ/year มีกำลังการผลิตไฟฟ้า 127.08 MW/year พบว่าจากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas emission) ของชีวมวลจากพื้นที่โรงสี และพื้นที่เพาะปลูก จากการนำชีวมวลมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าแทนการใช้ ถ่านหินสามารถลดการปล่อย

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas emission) เท่ากับ 131,734.12 $kgCO_{2eq}$/year ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าหากมีการลงทุนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จะมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 2-2.14 year

คำสำคัญ : วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร, ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, เชื้อเพลิงอัดแท่ง, ก๊าซเรือนกระจก, ศักยภาพพลังงาน

Title ZERO WASTE MANAGEMENT AND REDUCING GREENHOUSE GASEMISSIONS FROM ELECTRICAL PRODUCTIONBY USING MAIZE RESIDUEBRIQUETTE FUEL

Author Miss Chula Sinpiboon

Degree Master of Engineering in Renewable Energy Engineering

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Tanate Chaichana

ABSTRACT

The current energy situation in Thailand have targeted energy production and management of maize waste material that pollutes the environment. Therefore, the researcher aims to assess the amount of waste material generated and the amount that has been improperly managed and analysis of greenhouse gas emissions and find ways to reduce the amount of greenhouse gas emissions by using them to produce renewable energy, including fuel briquette production. Then used to test the proximate analysis, ultimate analysis, density, and heating value by collecting data. It was found that the northern agricultural areas in 12 provinces, comprising Sukhothai, Uttaradit, Phitsanulok, Tak, Lamphun, Nan, Lampang, Mae Hong Son, Phayao, Chiang Mai, Chiang Rai and Phrae, had a harvest area of 3,120,044 rai from the mill area (cob, husk) and the planting area (trunk, leaf). Then, farmers will deal with the waste in various ways and considers mismanagement. The mill area, the amount that has not yet been exploited, accounted for 19.29% and the planting area, accounted for 80%. When the waste material was pressed into fuel rods, it was found that the best value in the mill area the cassava starch binder at the ratio of 20% wt. had an average density of 996.52 kg/m^3 and a heating value of 14.10 MJ/kg. and the best value in the planting area the glycerin binder at a ratio of 30% wt. has an average density of 1,011.22 kg/m^3 and heating value of 14.45 MJ/kg. Therefore, when taking the total potential of the northern 12 provinces, it was found that the

mill area It has unutilized biomass 28.46 kg/rai with a production potential of briquettes of 106,560.67 ton/year and an energy potential of 1,502.51 TJ/year with a generating capacity of 7.89 MW/year. The planting area It has unutilized biomass 413.57 kg/rai with a production potential of briquettes of 1,677,457.41 ton/year and an energy potential of 24,239.26 TJ/year with a generating capacity of 127.08 MW/year. It was found that from the assessment of greenhouse gas emissions of biomass from the mill area and the planting area by using biomass to produce electricity instead of using coal can be reduced greenhouse gas emissions by 131,734.12 $kgCO_{2eq}$/year. The results of economic analysis It was found that if investment in the production of fuel briquettes from agricultural waste It will have a payback period of 2-2.14 years.

Keywords : Agricultural waste, Maize, Fuel Briquette, Greenhouse gas, Energy potential

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธเนศ ไชยชนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล และอาจารย์ ดร.ภคมน ปินตานา ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ แนวทางวิธีการแก้ไขกับปัญหา ทั้งทางด้านวิชาการ และการทำงาน

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทนที่สนับสนุนทุนการวิจัย “โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา 2562.”

สุดท้ายขอบคุณครอบครัว "SEAT-LAB" เพื่อนป.โท เพื่อนป.ตรี เจ้าของโรงสีทุกท่านที่เมตาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย และบุคคลอื่นๆ ที่มีส่วนร่วมทุกท่าน

จุฬา สินไพบูลย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 15

ความสำคัญและที่มา 15

วัตถุประสงค์ 17

ขอบเขตการศึกษา 18

บทที่ 2 ทฤษฎีและการตรวจสอบเอกสาร 19

ชีวมวล (Biomass) 19

คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของชีวมวลอัดแท่ง 19

1. ค่าความร้อน (Calorimetric value or heating value) 19

2. ปริมาณความชื้น (Moisture content) 20

3. ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile matters) 20

4. เถ้า (Ash) 21

5. ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) 21

6. การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) 21

7. การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate analysis) 22

8. การหาคุณสมบัติเชิงกล 23

เกณฑ์คุณสมบัติของเสียที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง 23
ลักษณะของชีวมวลที่ใช้ในการศึกษา 24
เชื้อเพลิงอัดแท่ง (Briquetted fuel) 25
1. เชื้อเพลิงเขียว (Green fuel) 25
2. ข้อดีของการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล 26
3. การเพิ่มความหนาแน่นชีวมวล 26
4. การอัดแบบใช้ความร้อน 26
5. การอัดแบบไม่ใช้ความร้อน 26
6. คุณสมบัติตัวประสาน 27
การใช้ชีวมวลในประเทศไทย 30
ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) 33
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 34
การตรวจสอบเอกสาร 35
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 40
บทที่ 3 วิธีการวิจัย วัสดุ และอุปกรณ์ 41
วิธีการวิจัย 41
วัสดุและอุปกรณ์ 47
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย 60
ผลการศึกษาการจัดการชีวมวล 60
1. การจัดการชีวมวลในพื้นที่โรงสี 60
2. การจัดการชีวมวลในพื้นที่เพาะปลูก 61
ผลการประเมินปริมาณวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 63
ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิง 64
ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 67

1. การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate analysis) 67
2. การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) 68
3. การวิเคราะห์ค่าความร้อนแท่งเชื้อเพลิง 69
สัดส่วนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 70
ศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 71
ศักยภาพการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงอัดแท่ง 72
ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงอัดแท่ง 73
ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 74
การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 75
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 78
บรรณานุกรม 80
ภาคผนวก 83
ภาคผนวก ก แบบสอบถาม 84
ภาคผนวก ข รูปภาพการทำงาน 86
ภาคผนวก ค ผลทดสอบองค์ประกอบทางกายภาพและธาตุเคมี 92
ภาคผนวก ง ผลงานทางวิชาการ 95
ประวัติผู้วิจัย 103

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สถานภาพและเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิง 17

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีแบบละเอียดของวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 22

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางเคมีแบบประมาณของวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 22

ตารางที่ 4 แสดงค่าความร้อนวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 23

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของเสียที่สามารถแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง 24

ตารางที่ 6 สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 30

ตารางที่ 7 ค่าความร้อนและความชื้นของเชื้อเพลิงที่ใช้ประเมินศักยภาพในแต่ละชนิด 32

ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก 34

ตารางที่ 9 การจัดการชีวมวลในพื้นที่โรงสี (ซัง เปลือก) 60

ตารางที่ 10 การจัดการชีวมวลในพื้นที่เพาะปลูก (ต้น ใบ) 62

ตารางที่ 11 สัดส่วนชีวมวลต่อมวลผลผลิต 63

ตารางที่ 12 สัดส่วนชีวมวลคงเหลือในพื้นที่ 64

ตารางที่ 13 ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่โรงสี (ซัง เปลือก) 65

ตารางที่ 14 ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่เพาะปลูก (ต้น ใบ) .. 66

ตารางที่ 15 คุณสมบัติทางเคมีแบบละเอียดของแท่งเชื้อเพลิง (ซัง เปลือก) 68

ตารางที่ 16 คุณสมบัติทางเคมีแบบละเอียดของแท่งเชื้อเพลิง (ต้น ใบ) 68

ตารางที่ 17 องค์ประกอบทางเคมีแบบประมาณ (ร้อยละ) แท่งเชื้อเพลิง 69

ตารางที่ 18 ค่าความร้อนแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 70

ตารางที่ 19 สัดส่วนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 70

ตารางที่ 20 ศักยภาพปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 71

ตารางที่ 21 ผลการประเมินศักยภาพชีวมวลแต่ละชนิด 72

ตารางที่ 22 ศักยภาพพลังงานชีวมวลเชิงพื้นที่..... 72
ตารางที่ 23 อัตราการบริโภคชีวมวลในการผลิตไฟฟ้าขนาด 1 MW 73
ตารางที่ 24 กำลังการผลิต ระบบผลิตไฟฟ้า (ไอน้ำ) 73
ตารางที่ 25 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าภาคเหนือ..... 74
ตารางที่ 26 วิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ 75

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 สัดส่วนการนำเข้าและผลิตเองภายในประเทศไทยของแหล่งเชื้อเพลิง 15

ภาพที่ 2 ประโยชน์ของมันสำปะหลัง 27

ภาพที่ 3 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน 41

ภาพที่ 4 แผนที่ทำการเก็บข้อมูล 12 จังหวัดภาคเหนือ 42

ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบสอบถามผู้ประกอบการโรงสี 43

ภาพที่ 6 ลงพื้นที่สอบถามจากผู้ประกอบการโรงสีโดยตรง 44

ภาพที่ 7 ดำเนินการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 45

ภาพที่ 8 ตัวอย่างชีวมวล 46

ภาพที่ 9 เครื่องบดลดขนาดของวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 47

ภาพที่ 10 ตาข่ายที่ใช้ในการลดขนาดของชีวมวล 48

ภาพที่ 11 เครื่องอัดไฮดรอลิก 48

ภาพที่ 12 แม่พิมพ์ขึ้นรูปชีวมวล 49

ภาพที่ 13 เครื่องชั่งน้ำหนัก 49

ภาพที่ 14 เครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ 50

ภาพที่ 15 เตาสำหรับอบชิ้นงาน 51

ภาพที่ 16 เตาเผาอุณหภูมิสูง 51

ภาพที่ 17 เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง 52

ภาพที่ 18 ถุงมือเชื่อม 52

ภาพที่ 19 ถุงมือไนไตร 53

ภาพที่ 20 ไม้พาย 53

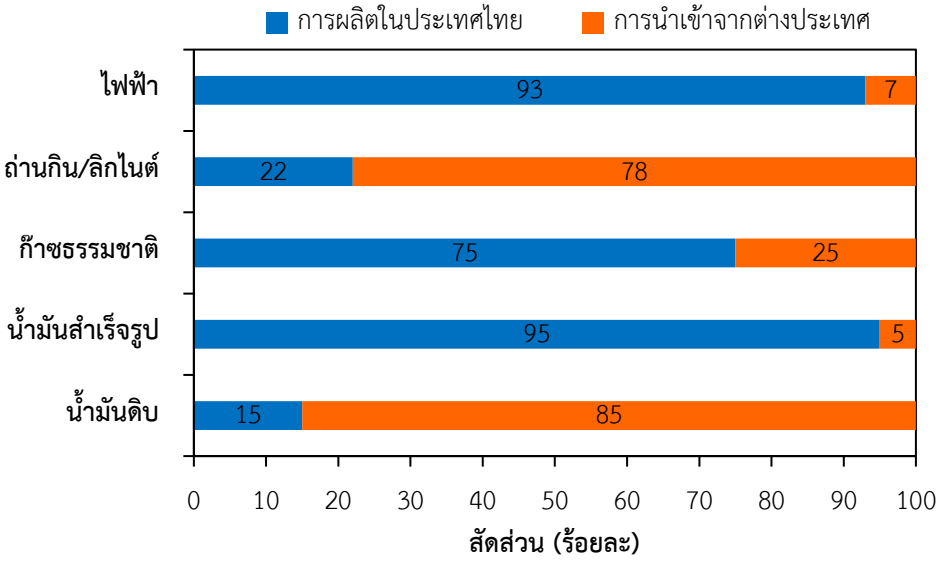
ภาพที่ 21 เหยือกน้ำพลาสติก 54

ภาพที่ 22 กะละมังพลาสติกกลม 54
ภาพที่ 23 ขวดฟ๊อกกี้ 55
ภาพที่ 24 ถ้วยคูซิเบิล (Crucible) 55
ภาพที่ 25 โถดูดความชื้น (Desiccator) 56
ภาพที่ 26 เครื่องอัดสกรู 56
ภาพที่ 27 แป้งมันสำปะหลัง 57
ภาพที่ 28 ปูนขาว 57
ภาพที่ 29 กลีเซอรีน 58
ภาพที่ 30 ซังและเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 58
ภาพที่ 31 ต้นและใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 59
ภาพที่ 32 ข้อมูลวิเคราะห์สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่โรงสี 61
ภาพที่ 33 สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่โรงสี 61
ภาพที่ 34 ข้อมูลวิเคราะห์สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูก 62
ภาพที่ 35 สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูก 63

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์จากต่างประเทศหลายประเภท ทั้งน้ำมันดิบ น้ำมันสำเร็จรูป ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน/ลิกไนต์ และไฟฟ้า จากข้อมูลการผลิต และนำเข้าพลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 พบว่า สัดส่วนการนำเข้าพลังงานหลายประเภท โดยเฉพาะน้ำมันดิบ และถ่านหิน/ลิกไนต์ มีสัดส่วนการนำเข้าสูงถึงร้อยละ 85 และ 78 ตามลำดับ ดังนั้น การพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจังจะช่วยลดการพึ่งพา และการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้ รวมทั้งจะช่วยกระจายความเสี่ยงในการจัดหาพลังงานเพื่อใช้ในประเทศ ซึ่งถือเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาด้านพลังงานอย่างยั่งยืน



ภาพที่ 1 สัดส่วนการนำเข้าและผลิตเองภายในประเทศไทยของแหล่งเชื้อเพลิง
ที่มา : (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2561)

เนื่องจากปัญหาภาวะโลกร้อนที่เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นปัญหาที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจ และเร่งหามาตรการเพื่อควบคุม โดยมาตรการกีดกันทางการค้าเป็นมาตรการหนึ่งที่มีแนวโน้มจะนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอนาคต และถึงแม้ว่าประเทศไทยยังไม่ถูกบังคับใช้ตามมาตรการ

ดังกล่าวในปัจจุบันแต่ก็ควรต้องดำเนินการพัฒนา และส่งเสริมพลังงานทดแทน ซึ่งเป็นหนึ่งในแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยได้มีการตั้งเป้าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 7-20% ในปี พ.ศ. 2563 ซึ่งจะเป็นจุดเริ่มต้นให้ประเทศไทยเริ่มก้าวสู่เส้นทางของการเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ (Low carbon society) และแสดงจุดยืนในการผลักดันพลังงานทดแทน โดยมีเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิงตามแผน AEDP2018 มีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนในภาพรวมของทั้งประเทศ ที่ร้อยละ 20 ของปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Energy) รวมสุทธิ ซึ่งสอดคล้องตามกรอบการกำหนดสัดส่วนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 (PDP2018) ที่ระบุว่าจะให้มีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอยู่ในช่วงร้อยละ 15-20 ภายในปี 2579 เป็นสัดส่วนที่สำคัญในความต้องการพลังงานของประเทศ ซึ่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และแปรผันตรงกับสถานการณ์ทางเศรษฐกิจ เช่น การขยายตัวทางเศรษฐกิจอุตสาหกรรม การขยายตัวของเมืองและชุมชน อุตสาหกรรมการท่องเที่ยว รวมถึงภาคการเกษตรที่มีการปรับตัวเป็นภาคอุตสาหกรรมเกษตร

นอกจากนี้ ประเทศไทยยังมีผลผลิตทางการเกษตรที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบผลิตพลังงานทั้งชีวมวล ก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน ไบโอดีเซล และเอทานอล อีกทั้งของเสียหรือน้ำเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานได้อีกด้วย นอกจากนี้ ประเทศไทยยังมีศักยภาพด้านพลังงานธรรมชาติ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy) พลังงานลม (Wind energy) ชีวมวล (Biomass) พลังงานแก๊สชีวภาพ (Biogas) และพลังงานจากขยะ (Waste to energy) ในอนาคตพลังงานทดแทนที่ควรถูกนำมาพัฒนามากที่สุดคือ พลังงานชีวมวล เป็นพลังงานที่ได้จากพืชที่ต้องอาศัยแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์ และเจริญเติบโต จากนั้นได้แปรเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งหรือแปรสภาพเป็นของเหลวที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนจากฟอสซิลได้จัดเป็นพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) ที่สำคัญชนิดหนึ่ง ชีวมวลที่นำมาใช้เป็นพลังงานมีแหล่งที่มาได้ 2 แหล่งคือ เศษวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวหรือจากการแปรรูปสินค้าทางการเกษตรที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานได้ และจากการปลูกพืชเพื่อนำมาใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานโดยเฉพาะชีวมวล เป็นสิ่งที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิต เช่น ต้นไม้ อ้อย มันสำปะหลัง ถ่านฟืน แกลบ ซังข้าวโพด วัชพืชต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งขยะ และมูลสัตว์ ประเทศไทยมีแหล่งพลังงานอยู่มากหากนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพจะสามารถลดการใช้พลังงานด้านอื่น ๆ อาทิ พลังงานจากน้ำมัน ไฟฟ้า แก๊ส ถ่านหิน เป็นต้น และพลังงานชีวมวลยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นต้น จึงทำให้ประเทศไทยมีศักยภาพด้านพลังงานทดแทนอยู่ในระดับดี และมีโอกาสที่จะส่งเสริมพลังงานทดแทนให้มีส่วนในการสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศได้ในอนาคต ดังนั้น รัฐบาลจึงมอบหมายให้กระทรวงพลังงานจัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 เพื่อกำหนดกรอบ และทิศทางการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศ

ตารางที่ 1 สถานภาพและเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิง

ประเภทของเชื้อเพลิง	ปี 2557 (MW)	เป้าหมาย ปี 2579 (MW)
ขยะชุมชน	65.72	500.00
ขยะอุตสาหกรรม	-	50.00
ชีวมวล	2,451.82	5,570.00
ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย)	311.50	600.00
ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)	-	680.00
พลังงานน้ำขนาดเล็ก	142.01	376.00
พลังงานขนาดใหญ่	-	2,906.40
พลังงานลม	224.47	3,002.00
พลังงานแสงอาทิตย์	1,298.51	6,000.00
รวมกำลังติดตั้ง	4,494.03	19,684.40
สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน (ร้อยละ)	9.87	20.11

ที่มา : (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2561)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีความสนใจการปรับปรุง และพัฒนาถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยงานวิจัยนี้จะทำการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ จะนำไปเปรียบเทียบกับการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้ง ในพื้นที่ทำการเกษตร ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยนี้จะช่วยลดการเกิดภาวะโลกร้อนจากการปล่อยก๊าซต่าง ๆ ช่วยสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร จากเศษวัสดุเหลือทิ้งที่ไม่มีราคา เผาทิ้งกันโดยเปล่าประโยชน์ โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นพลังงานทดแทนที่สะอาด และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินศักยภาพเชิงปริมาณ และพลังงานของวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ยังไม่ใช้ประโยชน์ในพื้นที่โรงสี และพื้นที่เพาะปลูก
2. เพื่อผลิตและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และความร้อน ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ยังไม่ใช้ประโยชน์
3. เพื่อประเมินการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง และพลังงานไฟฟ้า

ขอบเขตการศึกษา

1. ชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พิจารณาจาก 2 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูก ประกอบด้วย ต้นและใบข้าวโพด และพื้นที่โรงสี ประกอบด้วย ซังและเปลือกข้าวโพด

2. สัดส่วนของวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะใช้ตามวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นจริงของทั้ง 2 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูก และพื้นที่โรงสี

3. ความหนาแน่นในการอัดแท่งเชื้อเพลิง ประกอบไปด้วย 3 ค่า คือ 600 700 และ 800 kg/m^3 ตามลำดับ

4. ใช้ตัวประสาน 3 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง ปูนขาว และกลีเซอรีน ในอัตราส่วน 10% wt. 20% wt. และ 30% wt. ตามลำดับ

5. ใช้กระบวนการอัดเย็น มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 5.5 cm และความยาว ขนาด 10 cm ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง

6. การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงอัดแท่งจะใช้วิธีการประเมินหรือเปรียบเทียบทางความร้อน โดยใช้โรงไฟฟ้าตัวอย่าง (Stream turbine power plant) ในการประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงอัดแท่ง

7. วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้ค่า Emission factor ในการพิจารณา

8. ทดสอบค่าคุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิง ประกอบด้วย Density Proximate analysis Ultimate analysis และ Heating value

บทที่ 2
ทฤษฎีและการตรวจสอบเอกสาร

ชีวมวล (Biomass)

ชีวมวล (Biomass) เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานของพืชที่ต้องอาศัยแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์แสง และเจริญเติบโต จากนั้นแปรเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งหรือแปรสภาพเป็นของเหลวที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน แทนพลังงานจากฟอสซิลได้จัดเป็นพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) ที่สำคัญชนิดหนึ่งชีวมวลที่นำมาใช้เป็นพลังงาน มีแหล่งที่มาได้ 2 แหล่งคือ

แหล่งที่ 1 เศษวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยว หรือจากการแปรรูปสินค้าทางการเกษตรที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานได้

แหล่งที่ 2 จากการปลูกพืชเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานโดยเฉพาะ

ดังนั้น ถ้านำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาทำการจัดการใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ย่อมที่จะสามารถสร้างประโยชน์เกิดขึ้นได้อย่างแน่นอน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2561)

คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของชีวมวลอัดแท่ง

1. ค่าความร้อน (Calorimetric value or heating value)

ค่าความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อของเสียถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ หรือเรียกว่าความร้อนของการเผาไหม้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ค่าความร้อนสูง และค่าความร้อนต่ำ มีหน่วยเป็นกิโลจูล (kJ) หรือ กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมของเสีย (kcal/kg)

1. ค่าความร้อนสูง (High heating value, HHV) เป็นปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเสีย ซึ่งรวมถึงปริมาณความร้อนแฝงที่ถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อไอน้ำที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำที่เป็นองค์ประกอบของของเสียเกิดการควบแน่น

2. ค่าความร้อนต่ำ (Low heating value, LHV) เป็นค่าของความร้อนจากการเผาไหม้ของเสียไม่มีการรวมค่าความร้อนแฝง คือค่าความร้อนสูง และค่าความร้อนต่ำที่ตรวจวัดได้ในของเสียชนิดหนึ่งจะแตกต่างกันเสมอ ซึ่งค่าความแตกต่างมีผลมาจากปริมาณน้ำหรือความชื้นที่อยู่ในของเสีย ดังนั้น ถ้ามีความชื้นมากในของเสีย จะใช้วิธีการตากแดดหรือผึ่งลม เพื่อลดความชื้นในของเสีย และจึงทำการตรวจเฉพาะค่าความร้อนสูงก็ได้ ในกระบวนการอัด และการตากแห้งแท่งเชื้อเพลิงก่อนนำไปใช้

ในระหว่างการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งนั้น ๆ จะทำให้น้ำในของเสียถูกกำจัดออกไป และคงเหลือบางส่วนในแท่งเชื้อเพลิง

2. ปริมาณความชื้น (Moisture content)

ปริมาณความชื้น คือ ปริมาณน้ำที่คงเหลืออยู่หลังจากที่ตากแห้งของเสีย ความชื้นของของเสียมีผลต่อค่าความร้อนโดยตรง โดยหากของเสียมีความชื้นมากจะทำให้มีการสูญเสียความร้อนไปกับการระเหยความชื้นในระหว่างการเผาไหม้ ทำให้ค่าความร้อนที่ได้ต่ำลง

การหาปริมาณความชื้น (Moisture) ASTM D 3173

$$M = (W_1 - W_2) / W_1 \times 100 \qquad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ M คือ ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 คือ น้ำหนักถ้วย และตัวอย่างก่อนอบ (g)

W_2 คือ น้ำหนักถ้วย และตัวอย่างหลังอบ (g)

3. ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile matters)

ปริมาณสารที่ระเหยได้ คือ องค์ประกอบที่สามารถระเหยได้ในของเสีย เมื่อได้รับความร้อนของเสียจะมีปริมาณสารระเหยสูง และมีแนวโน้มที่ของค่าความร้อนจะสูงตามอีกด้วย และสารที่ระเหยบางชนิดอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อวัสดุ หรืออุปกรณ์ที่นำวัสดุเชื้อเพลิงไปใช้งาน เช่น สารอัลคาไลน์ในทะลายปาล์ม จะกลายเป็นยางเหนียวเกาะติดท่อน้ำในห้องเผาไหม้ ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำลดลง

สารระเหย (Volatile matter) ASTM D 3175

$$V = (W_3 - W_4) / W_3 \times 100 - M \qquad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ V คือ ร้อยละของปริมาณสารระเหย

M คือ ร้อยละปริมาณความชื้น

W_3 คือ น้ำหนักอบแห้งของเชื้อเพลิงก่อนอบ (g)

W_4 คือ น้ำหนักอบแห้งของเชื้อเพลิงหลังอบ (g)

4. เถ้า (Ash)

เถ้าเป็นส่วนหนึ่งของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาป ภายในเตาเผาที่มีอุณหภูมิ 950 ℃ ซึ่งเป็นเวลานานถึง 6 ชั่วโมง ประกอบไปด้วย ซิลิกาแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ หรือเป็นส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้นั่นเอง ดังนั้น หากของเสียมีขี้เถ้าปริมาณมากจะเป็นปัญหาในการเผาไหม้ และเพิ่มความยุ่งยากในการกำจัดเถ้าที่เกิดขึ้น

<u>การหาปริมาณเถ้า (Ash) ASTM D 3174</u>

$M = (W_5 / W_6) \times 100$ สมการที่ 3

เมื่อ M คือ ร้อยละของปริมาณเถ้า

W_5 คือ น้ำหนักของเชื้อเพลิงหลังอบ (g)

W_6 คือ น้ำหนักของเชื้อเพลิงก่อนอบ (g)

5. ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon)

ปริมาณคาร์บอนคงตัว คือ ปริมาณสารประกอบคาร์บอนซึ่งระเหยได้ยาก โดยของเสียจะคงเหลืออยู่หลังจากที่เผาสารระเหยออกไปแล้วในที่อุณหภูมิ 750 ℃ ของเสียช่วงเวลาในการลุกไหม้นานแสดงให้เห็นถึงปริมาณคาร์บอนคงตัวสูง (นฤภัทร, 2557)

<u>หาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ASTM D3172</u>

ร้อยละคาร์บอนคงตัว = 100 – (ร้อยละของปริมาณความชื้น)
– (ร้อยละของปริมาณสารระเหย) – (ร้อยละของปริมาณเถ้า)

สมการที่ 4

6. การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis)

การวิเคราะห์แบบประมาณ ตามมาตรฐาน ASTM D3172 เชื้อเพลิงชีวมวลจะถูกบดเป็นผงและนำไปอบแห้งในเตาอบภายใต้อุณหภูมิประมาณ 105-110 ^{O}C จนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักส่วนที่หายไปเมื่อเทียบกับน้ำหนักเดิม คือ ปริมาณความชื้น จากนั้นเชื้อเพลิงที่แห้งแล้วจะถูกทำให้ร้อนในภาชนะปิด เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชัน ภายใต้อุณหภูมิ 900 ^{O}C เพื่อไล่สารระเหยที่เผาไหม้ได้จนกระทั่งน้ำหนักคงที่น้ำหนักที่หายไป คือ ปริมาณสารระเหยที่เผาไหม้ได้นั่นเอง จากนั้นนำเชื้อเพลิงที่ได้ไปอบในภาชนะเปิดภายใต้อุณหภูมิ 750 ^{O}C เพื่อให้เกิดการเผาไหม้จนได้น้ำหนักที่เหลือคงที่และเป็นน้ำหนักของเถ้า ในขณะที่น้ำหนักส่วนที่หายไป คือ ปริมาณของคาร์บอนคงตัว

7. การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate analysis)

การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ ตามมาตรฐาน ASTM D3176 เป็นการวิเคราะห์ที่ให้ผลระบุถึงปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเชื้อเพลิงนั้น โดยระบุในลักษณะหลักอ้างอิงแห้งและไม่คิดขี้เถ้า ปริมาณคาร์บอน และปริมาณไฮโดรเจนทั้งหมดที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงถูกกำหนดโดยการเผาเชื้อเพลิงตัวอย่างในภาชนะปิดที่บรรจุออกซิเจนไว้อย่างเพียงพอแล้ว วัดองค์ประกอบของไอเสียเพื่อคำนวณย้อนกลับไปหาปริมาณคาร์บอน และปริมาณไฮโดรเจนที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงนั้น ไนโตรเจนและกำมะถันจะถูกกำหนดโดยอาศัยวิธีการทางเคมี ในขณะที่ออกซิเจนจะถูกระบุ โดยค่า 100 ลบด้วยปริมาณของธาตุ C H N และ S ตามลำดับ (นคร, 2558)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีแบบละเอียดของวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	องค์ประกอบทางเคมีแบบละเอียด (ร้อยละ)				
	C	H	N	O	S
ซังข้าวโพด	43.163	6.033	0.523	44.62	<0.01
เปลือกข้าวโพด	41.85	6.053	0.218	45.566	<0.01
ต้นข้าวโพด	42.827	5.917	0.34	43.654	<0.01
ใบข้าวโพด	37.843	5.655	1.473	41.365	0.083

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางเคมีแบบประมาณของวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	องค์ประกอบทางเคมีแบบประมาณ (ร้อยละ)			
	Volatile matters	Fixed carbon	Ash	Moisture content
ซังข้าวโพด	73.16	16.04	1.57	9.24
เปลือกข้าวโพด	70.93	13.7	2.59	12.78
ต้นข้าวโพด	72.92	15.77	1.48	9.83
ใบข้าวโพด	67.23	11.89	8.62	12.26

ตารางที่ 4 แสดงค่าความร้อนวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	ค่าความร้อน (MJ/kg)
ลำต้นข้าวโพด	17.51
ใบข้าวโพด	15.83
ซังข้าวโพด	17.71
เปลือกข้าวโพด	17.34

8. การหาคุณสมบัติเชิงกล

การทดสอบค่าความหนาแน่น (Density)

$\rho = M / V$ สมการที่ 5

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง (g/m^3)

M คือ มวลของถ่านอัด (g)

V คือ ปริมาตรของถ่านอัดแท่ง (m^3)

เกณฑ์คุณสมบัติของเสียที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง

ของเสียที่เมื่อนำมาผ่านกระบวนการอัดแท่งแล้วกลายเป็นแท่งเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติสูง นอกจากจะมีค่าความร้อนสูงแล้ว ยังจะต้องมีองค์ประกอบที่เป็นส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance) โดยเฉพาะคาร์บอนคงตัวในปริมาณสูง แต่มีองค์ประกอบที่เผาไหม้ไม่ได้หรือเถ้าในปริมาณน้อย เนื่องจากเป็นของเสียที่ต้องกำจัดออกจากห้องเผาไหม้ นอกจากนี้ยังจะต้องมีกำมะถันรวมในปริมาณน้อย เพื่อไม่ให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพอากาศ สำหรับความชื้นในของเสีย แม้ว่าการตากแดดหรืออบแห้งสามารถลดความชื้นในของเสียได้ แต่ก็จะเป็นการเพิ่มขั้นตอนและความยุ่งยากในการดำเนินงานและอาจเพิ่มต้นทุนการผลิต หากต้องใช้วิธีลด ความชื้นด้วยการอบแห้ง โดยสรุป คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของของเสียที่เหมาะสมสำหรับนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงแท่ง ซึ่งค่าความร้อน ไม่ควรต่ำกว่า 12.56 MJ/kg คาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ไม่ควรต่ำกว่า 15% เถ้า (Ash) ไม่ควรเกิน 20% และกำมะถันรวม (Total sulfur) ไม่ควรเกิน 2% ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของเสียที่สามารถแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง

ประเภท	ปริมาณ
ค่าความร้อน (Heating value)	สูง
คาร์บอนคงตัว (Fixed carbon)	สูง
ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile matters)	สูง
เถ้า (Ash)	ต่ำ
ความชื้น (Moisture content)	ต่ำ
กำมะถันรวม (Total sulfur)	ต่ำ

ที่มา : (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)

ลักษณะของชีวมวลที่ใช้ในการศึกษา

สำหรับชีวมวลที่ใช้ในการศึกษาของงานวิจัยนี้ คือ วัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งส่วนประกอบของวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ลำต้นข้าวโพด

ลำต้นข้าวโพดประกอบด้วยข้อ (Node) และปล้อง (Internode) ในส่วนของข้อประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ วงเจริญ (Growth ring) ปุ่มกำเนิดราก (Root primodia) ตา (Bud) และรอบกาบใบ (Leaf car) ตาในส่วนล่าง ๆ ของลำต้นสามารถเจริญหน่อ (tiller) ได้ ลำต้นของข้าวโพดเรียกว่า Culm หรือมีความสูงตั้งแต่ 30 cm จนถึง 7.5 m เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 - 5.0 cm รูปร่างของลำต้นตรงและค่อนข้างกลมแต่จะเรียกเล็กขึ้นไปที่ยอด ปล้องที่อยู่ส่วนล่าง ๆ ของลำต้นบริเวณเหนือตามักพบร่อง (Bud groove) ที่มุมใบที่อยู่ใต้ดินสามารถเจริญเติบโตเป็นหน่อ แต่โดยทั่วไปข้าวโพดจะไม่แตกหน่อ และตาของข้อที่ 7 หรือ 8 บนลำต้นนับจากใบลงมาจะเจริญเป็นฝัก (Ear shoot)

2. ใบข้าวโพด

ใบข้าวโพดประกอบด้วย กาบใบ (Leaf sheath) และแผ่นใบ (Leaf blade) โดยกาบใบจะหุ้มลำต้นไว้ กาบใบที่อยู่ส่วนล่างของลำต้นมีความยาวประมาณครึ่งหนึ่งของปล้อง ในขณะที่กาบใบที่อยู่ส่วนบนของลำต้นจะหุ้มกาบใบอ่อนไว้ กาบใบมีลักษณะค่อนข้างหนาและแข็งแรงกว่าแผ่นใบ แผ่นใบมีเส้นกลางใบเรียกว่า Midrib และมีเส้นใบขนานไปกับเส้นกลางใบมีลักษณะเป็นแผ่นเรียวยาวประมาณ 80 cm กว้าง 9 - 10 cm ผิวใบด้านบนมีขนกระจายทั่วไป และมีปากใบขนาดใหญ่ ส่วนผิวใบด้านล่างไม่มีขน มีปากใบเล็ก แต่มีจำนวนมากกว่าผิวใบด้านบน

3. เปลือกข้าวโพด

ฝักข้าวโพดเกิดจากดอกตัวเมียที่เจริญเติบโตแล้ว ข้าวโพดต้นหนึ่งอาจให้ฝักมากกว่าหนึ่งฝักก็ได้ ฝักข้าวโพดหุ้มด้วยกาบใบบางหลายชั้น ฝักอ่อนจะมีสีเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีนวล เรียกว่า เปลือกข้าวโพด

4. ซังข้าวโพด

ซังข้าวโพดได้จากการสีข้าวโพดเพื่อนำเมล็ดมาใช้งาน ส่วนใหญ่เป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในปัจจุบันการสีข้าวโพดจะใช้เครื่องจักรที่สามารถเคลื่อนที่ในไร่ข้าวโพด ดังนั้นจะสามารถหาซังข้าวโพดและต้นข้าวโพดได้ตามไร่ข้าวโพดทั่วไป

ดังนั้นข้าวโพดมีประโยชน์หลายอย่าง นำไปเป็นวัตถุดิบผลิตแอลกอฮอล์ เป็นเชื้อเพลิงผสมกับโมลาสเพื่อเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น ส่วนลำต้น นำไปเลี้ยงสัตว์ได้เช่นกัน (รัชนีวรรณ, 2562)

เชื้อเพลิงอัดแท่ง (Briquetted fuel)

เชื้อเพลิงอัดแท่ง (Briquetted fuel) คือ เชื้อเพลิงชนิดหนึ่ง ที่ได้จากวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ และทำให้เป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง เช่น วัสดุจากการเกษตรต่าง ๆ โดยกระบวนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงทั้งแบบที่ใช้ความร้อน (อัดร้อน) และแบบไม่ใช้ความร้อน (อัดเย็น) จากนั้นนำวัสดุมาอัดแท่งเชื้อเพลิง จะได้เชื้อเพลิงที่สะดวกสำหรับการนำไปใช้งาน และสามารถนำเศษวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ มาอัดแท่งเชื้อเพลิงได้

1. เชื้อเพลิงเขียว (Green fuel)

เชื้อเพลิงเขียว (Green fuel) คือ เชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดแท่ง (Briquetting) จากวัสดุชีวมวลต่าง ๆ ที่ผ่านการสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และอัดเป็นแท่งในกระบอกเหล็ก การอัดจะกระทำในขณะที่วัสดุมีความชื้นสูง (40-60%) เพื่อลดแรงอัด และช่วยในการจับตัวกันเป็นแท่งให้ง่ายขึ้น การอัดมีทั้งการอัดสดโดยใช้พืชชนิดเดียวกันอัด ซึ่งจะมีสารเหนียว ๆ ของพืชเอง เช่น เพคติน เยลลาติน กัม เป็นตัวประสาน เพราะตัวมันเองไม่มีน้ำ และยางเหนียวที่เพียงพอหรือน้อยมาก แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดโดยไม่ใช้ความร้อนหรือที่เรียกว่า แท่งเชื้อเพลิงเขียว ก่อนนำไปใช้งานจะต้องมีการนำไปตากแดดหรือนำไปไล่ความชื้นด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้แห้งเสียก่อน โดยเชื้อเพลิงเขียวเมื่อแห้งจะมีรูพรุนทำให้ติดไฟง่าย หรืออาจนำมาเผาเป็นถ่านก่อนได้

2. ข้อดีของการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล

1. เชื้อเพลิงมีปริมาณกำมะถันต่ำ

2. ราคาเชื้อเพลิงถูกกว่าพลังงานเชิงพาณิชย์อื่น ๆ ต่อหน่วยความร้อนที่เท่ากัน

3. มีแหล่งผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอยู่ในประเทศมาก

4. พลังงานชีวมวลจะไม่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก และจะไม่ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศหรืออากาศเป็นพิษ ในกรณีมีการปลูกทดแทน (ณิชชา, 2559)

3. การเพิ่มความหนาแน่นชีวมวล

การอัดแท่งเชื้อเพลิง เป็นกระบวนการในการเปลี่ยนสภาพวัตถุดิบให้เป็นแท่ง โดยใช้เครื่องอัดแท่ง ด้วยวิธีการอัดแท่งเชื้อเพลิงสามารถทำได้ 2 วิธี

4. การอัดแบบใช้ความร้อน

เป็นวิธีการอัดแท่งที่ใช้ความร้อนและแรงอัดสูงในการผลิตเชื้อเพลิงแข็ง โดยความร้อนจะไปทำให้สารพวกลิกโนเซลลูโลส ในวัสดุชีวมวลถูกสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกลายเป็นตัวประสานให้วัสดุสามารถจับตัวกันเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ วิธีนี้สามารถใช้กับวัสดุทั่วไปได้ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย เศษไม้ วัสดุนี้จะนำมาทำการลดความชื้นให้เหลือไม่เกินร้อยละ 5 หากวัสดุมีขนาดใหญ่ต้องทำให้มีขนาดเล็กก่อน จากนั้นนำไปเข้าเครื่องอัดต่อไป การอัดแบบใช้ความร้อนเรียกอีกอย่างว่า การผลิตเชื้อเพลิงแข็ง เนื่องจากแท่งเชื้อเพลิงที่มีความแข็งและแน่นมาก ซึ่งต้องใช้ความร้อนและแรงอัดที่สูงมาก จึงจะสามารถหลอมวัสดุได้ การอัดแท่งยังมีปัจจัยที่มีผลต่อการจับตัวเป็นแท่ง เช่น ปริมาณความชื้น แรงดัน อุณหภูมิและขนาดวัตถุดิบ เป็นต้น

5. การอัดแบบไม่ใช้ความร้อน

วิธีการอัดแท่งแบบนี้จะใช้แรงอัด และอุณหภูมิระหว่างอัดต่ำ โดยอาศัยความสามารถของวัสดุชีวมวล ในการจับตัวกันเป็นแท่งหรือประสาน วัสดุที่ใช้อัดจะมีเส้นใย และความเหนียวที่สามารถทำให้วัสดุเกาะติดกันได้ เช่น เพกติน เยลลานิน และกัม ซึ่งรูปแบบของการอัดแท่งมีกระบวนการแบ่งได้ 2 แบบคือ

– แบบไม่ใช้ตัวประสาน จะใช้วัสดุชนิดเดียวอัดตัวมันเองให้เป็นแท่ง โดยวัสดุนี้จะสามารถจับติดกัน หรือประสานตัวมันเองได้ เช่น การอัดผักตบชวา เป็นต้น

– แบบใช้ตัวประสาน เป็นการอัดที่ใช้วัสดุชนิดอื่นเป็นตัวประสาน เรียกว่า ตัวเชื่อมประสาน (Binder) เพราะตัวมันเองไม่มีเส้นใยหรือยางเหนียวเพียงพอที่จะจับตัวได้ เช่น การอัดฟางข้าวผสมกับ

ตะกอนน้ำเสีย การอัดเปลือกทุเรียนผสมกับผักตบชวา ซึ่งตัวประสานที่ผสมมีทั้งที่สามารถให้ความร้อน และที่ผสมเพื่อให้การจับตัวดีขึ้น เช่น ซีเมนต์ ดินเหนียว แป้งเปียก

6. คุณสมบัติตัวประสาน

จากการศึกษาได้ทำการเลือกตัวประสาน 3 ชนิด ประกอบไปด้วย แป้งมันสำปะหลัง ปูนขาว และกลีเซอรีน มาทำการผสมกับวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อทำการการอัดขึ้นรูปเป็นแท่ง จากคุณสมบัติทั้ง 3 ชนิดของตัวประสาน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ดังต่อไปนี้

แป้งมันสำปะหลัง

ภาพที่ 2 ประโยชน์ของมันสำปะหลัง

อุตสาหกรรมสิ่งทอ

อุตสาหกรรมสิ่งทอนั้นจะต้องใช้แป้งมันสำปะหลังด้วย โดยด้ายที่จะใช้ทอผ้านั้น จะต้องผ่านการชุบแป้งเสียก่อน ด้ายจึงจะลื่น เรียบไม่มีขน และเป็นตัวหล่อลื่นไม่ให้เส้นด้ายติดกันระหว่างการเคลื่อนที่ของหูกทอผ้า นอกจากนี้ในขั้นตอนการพิมพ์ลายผ้า แป้งจะช่วยทำให้พิมพ์ลายได้สม่ำเสมอ การใช้แป้งมันสำปะหลังในการทอผ้านั้น บางโรงงานยังใช้แป้งเคมี (Modified starch) ที่สั่งเข้ามาจากต่างประเทศ เพราะคุณสมบัติเหมาะสมกว่า แต่อย่างไรก็ตามมีโรงงานในประเทศที่เริ่มผลิตแป้งเคมีจากแป้งมันสำปะหลังขึ้นแล้ว

อุตสาหกรรมไม้อัด

แป้งมันสำปะหลังถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมไม้อัด เนื่องจากลักษณะการผลิตไม้อัด คือ การนำไม้มาประกบติดกันโดยใช้กาว ซึ่งแป้งมันก็ถูกนำมาเป็นส่วนผสมในการทำกาว เพราะแป้งมันมีคุณสมบัติเป็นกาวอยู่แล้ว เพื่อให้ไม้อัดติดกันเป็นแผ่นหนาแข็งแรง และทนทาน นอกจากนี้การใช้แป้งเป็นส่วนผสมยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตกาว เพราะกาวที่ผลิตได้นั้น ใช้แป้งเป็นส่วนผสมถึง 50 % และแป้งมันสำปะหลังยังมีคุณสมบัติพิเศษกว่าแป้งประเภทอื่น ๆ คือ เนื้อแป้งมีความละเอียด ทำให้ไม่มีการตกตะกอน เมื่อนำมาใช้ผสมทำกาว นอกจากนี้ราคายังถูกกว่าด้วย

อุตสาหกรรมกระดาษ

การทำกระดาษนั้นต้องใช้เยื่อกระดาษที่ทำจากไม้ต่าง ๆ เช่น ไม้สน ไม้ไผ่ ไม้ยูคาลิปตัน เป็นตัน ทำให้เป็นเยื่อเล็ก ๆ แล้วนำเยื่อกระดาษเหล่านั้นมาเรียงเป็นแผ่น อย่างไรก็ตามแผ่นกระดาษจะไม่เรียบ จะต้องมีการฉาบผิวด้วยแป้งทำให้กระดาษเรียบ และยังเข้าไปอยู่ตามรูของใยกระดาษช่วยทำให้กระดาษไม่ซึมหมึก เวลาเขียนด้วยน้ำหมึก หรือพิมพ์สี นอกจากนั้นกาวจากแป้งยังช่วยทำให้กระดาษเหนียวยิ่งขึ้น

อุตสาหกรรมกาว

แป้งมันมีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อถูกความร้อน หรือถูกสารเคมีจะมีความเหนียว และมีคุณสมบัติสามารถรักษาสภาพความเหนียวได้เหมือนเดิมไม่มีการคืนตัว แป้งมันที่จะใช้ทำกาว จะต้องเป็นแป้งบริสุทธิ์ มีความเป็นกรดต่ำ ซึ่งก็คือแป้งประเภทเด็กซทริน กาวเหล่านี้ส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการผลิตซองจดหมาย สติ๊กเกอร์ gummed paper และ gummed tape

อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม

คุณสมบัติสำคัญของแป้ง คือ เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต แต่ยังมีคุณสมบัติอื่นที่ทำให้แป้งมันสำปะหลังเข้ามามีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารนั้น คือเป็นตัวช่วยทำให้เกิดความข้น (Thickmer) ในอาหาร ช่วยให้อาหารเกิดความคงตัว (Stabilizer) ช่วยให้อาหารเกาะตัวกันดีขึ้น (Binder) และช่วยในการเสริมแต่ง (Filler) นอกจากนั้น แป้งยังเป็นสิ่งที่หาได้ง่าย และราคาค่อนข้างถูก (Glucose) เด็กซ์โตรส (Dextrose) อาหารเด็ก ผลิตภัณฑ์ขนมปัง ขนมหวานสำเร็จรูปไส้ขนมพาย อาหารกระป๋อง บะหมี่ เครื่องดื่ม ไอศกรีม แยม ผลไม้กระป๋อง นมเปรี้ยว ไส้กรอก กุนเชียง ซอส และโซดาทำขนม เป็นต้น

ซอสต่างๆ เช่น ซอสมะเขือเทศ อาหารกระป๋อง ใช้แป้งเพื่อเพิ่มความเข้มข้น ไม่ให้อาหารหรือซอสตกตะกอน โดยจะใช้แป้งเป็นส่วนผสมประมาณร้อยละ 3 - 4 ของน้ำหนักอาหารแป้งที่ใช้เป็นแป้งแปรรูปประเภท Cross - linked starch และ Hydroxypropylated starch

ลูกกวาด ใช้แป้งแปรรูปประเภท Hydroxypropylated starch เพื่อให้ลูกกวาดมีความแข็ง

ไอศกรีม ลักษณะของไอศกรีม คือ การตีแป้งให้ฟอง และไม่ต้องการให้ฟองยุบ ดังนั้น จึงต้องเติมแป้งประเภท Gum ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้อาหารคงสภาพที่ต้องการ

วัสดุภัณฑ์ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ

นำแป้งมันสำปะหลังมาแปรสภาพคล้ายพลาสติก ซึ่งเมื่อเติมสารโพลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ก็จะทำให้เกิดเป็นสารผสม ที่สามารถนำไปทำเป็นวัสดุภัณฑ์เพื่อใช้ทดแทนพลาสติก

อุตสาหกรรมสารความหวาน

ทำน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส แดร็กโตส ซอลบิทอล และใช้แทนน้ำตาลซูโครสในผลไม้กระป๋อง แยม และอื่น ๆ

อุตสาหกรรมกรดมะนาว

ใช้ผลิตกรดมะนาวซึ่งเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ได้แก่ น้ำอัดลม น้ำผลไม้กระป๋อง เครื่องดื่มชูกำลัง และใช้ในอุตสาหกรรมยา

อุตสาหกรรมผงชูรส

เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตผงชูรส ซึ่งนิยมบริโภคกันทั่วไป

ยารักษาโรค

ใช้เป็นตัวเจือจางในยาประเภทแคปซูล และยาเม็ด

(มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย)

ปูนขาว

ด้านการก่อสร้าง

ใช้เป็นส่วนผสมของปูนฉาบ การปรับปรุงคุณภาพของดินกระจายตัว (Dispersive Soil) และใช้เป็นสารตัวเติมในยางแอสฟัลต์สำหรับราดถนน

ด้านการเกษตร

ใช้ปรับสภาพของดินและน้ำที่เป็นกรด และใช้แก้น้ำกระด้าง

ด้านอุตสาหกรรม

ใช้ดึงสารเจือปนในการผลิตเหล็กคุณภาพสูง สารเติมในอุตสาหกรรมยาง เซรามิกส์ กระดาษ ฯลฯ และใช้ผลิตโซดาไฟ สารฟอกขาว ฯลฯ (วิกิพีเดีย)

กลีเซอรีน

กลีเซอรีนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งก็คือ เป็นสารที่ไม่เป็นพิษ ไม่มีสี และไม่มีกลิ่น มีการใช้กลีเซอรีนใน อุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ใช้กลีเซอรีนเป็นสารรักษาความชื้น เป็นตัวเพิ่มสภาพพลาสติกชนิดที่ช่วย เก็บรักษาความอ่อนนุ่ม และความหนืด เป็นสารอิมัลชั่น และสารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์ประเภท มาการีน น้ำสลัด และลูกกวาด ใช้กลีเซอรีนรักษาความชื้นให้กับยาสูบ และเป็นส่วนผสมในไส้กรอง ทำให้บุหรี่ติดไฟช้า

ใช้เป็นส่วนผสมของยาหลายชนิด สารละลายกลีเซอรอลฟีนอล (Glycerolphenol) ใช้ในการล้างหู ใช้ผสมในเครื่องสำอางประเภทครีม และโลชั่นเพื่อทำให้ผิวนุ่ม และชุ่มชื้น ใช้เพื่อป้องกันไม่ให้ยาสีฟันแห้งแข็งตัวในหลอด ใช้ห่อเนื้อ และทำกระดาษชนิดพิเศษ ใช้เป็นสารหล่อลื่น เนื่องจากมีความหนืดสูง และไม่เป็นของแข็งที่อุณหภูมิต่ำ ใช้กลีเซอรีนเป็นสารประกอบซีเมน สารอิมัลซิไฟเออร์ในยางราดถนน เซรามิก และกาว เป็นต้น (ณฐมน ดีปะติ, 2551)

การใช้ชีวมวลในประเทศไทย

สำหรับสัดส่วนเหลือทิ้งชีวมวลภายในประเทศไทย จะแสดงรายละเอียดแต่ละชนิดของชีวมวล ดังแสดงในตารางที่ 6 และค่าความชื้น ความร้อนของชีวมวลในแต่ละประเภท ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 6 สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร		**มวล (g)**	**สัดส่วนโดยมวล ต่อมวลรวม (ร้อยละ)**	**สัดส่วนโดยมวล ต่อมวลผลผลิต (ร้อยละ)**
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น	129.84	18.06	43.52
	ใบ	92.41	12.85	30.97
	ซังข้าวโพด	63.44	8.82	21.26
	อื่น ๆ (ราก/เหง้า/เปลือก)	134.95	18.77	45.23
	เมล็ดข้าวโพด (ผลผลิต)	298.34	41.49	
	รวม	717.98		

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร		มวล (g)	สัดส่วนโดยมวล ต่อมวลรวม (ร้อยละ)	สัดส่วนโดยมวล ต่อมวลผลผลิต (ร้อยละ)
มันสำปะหลังโรงงาน	ลำต้น+ใบ	868.29	19.81	28.93
	เหง้า	513.82	11.72	17.12
	หัวมันสำปะหลัง (ผลผลิต)	3,000.88	68.47	
	มวลรวม	4,382.99		
อ้อยโรงงาน	ใบและยอดอ้อย	672.11	26.29	39.51
	กากใบแห้ง	183.41	7.17	10.78
	ลำต้นอ้อย (ผลผลิต)	1,700.92	66.53	
	มวลรวม	2,556.44		
ข้าว	ฟางข้าว	137.70	20.61	29.37
	ตอซัง	61.70	9.23	13.16
	ข้าวเปลือก (ผลผลิต)	468.80	70.61	
	มวลรวม	668.20		
ปาล์มน้ำมัน	ทางใบ	2,057.16	59.02	260.40
	ทะลายปาล์ม	338.12	9.70	42.80
	ใยปาล์ม	116.13	3.33	14.70
	ทะลายตัวผู้	184.07	5.28	23.30
	ผลปาล์ม (ผลผลิต)	790.00	22.67	
	มวลรวม	3,485.48		

ที่มา : (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2558)

ตารางที่ 7 ค่าความร้อนและความชื้นของเชื้อเพลิงที่ใช้ประเมินศักยภาพในแต่ละชนิด

ชนิดชีวมวล	ค่าความชื้น (ร้อยละ)	ค่าความร้อน (MJ/kg)
ฟางข้าว	10.00	12.33
แกลบ	12.00	13.52
ใบ และยอดอ้อย	9.20	15.48
ชานอ้อย	50.73	7.37
ยอด ใบ และลำต้นข้าวโพด	42.00	9.83
ซังข้าวโพด	40.00	9.62
เหง้ามันสำปะหลัง	40.00	5.49
กากมันสำปะหลัง	59.40	1.47
เปลือกมันสำปะหลัง	59.40	1.49
ลำต้นปาล์มน้ำมัน	48.40	7.54
ใบ และทางปาล์ม	78.00	1.76
ทะลายปาล์มเปล่า	58.60	7.24
เส้นใยปาล์ม	38.50	11.40
กะลาปาล์ม	12.00	16.90
ถั่วเขียว ถั่วลิสง	10.93	16.23
ตอ ราก และกิ่งก้านไม้ยางพารา	55.00	6.57
ปลายไม้ยางพารา	55.00	6.57
ปีกไม้ยางพารา	55.00	6.57
ขี้เลื่อย และเศษไม้ยางพารา	55.00	6.57
จั่น และทะลายมะพร้าว	12.00	15.4
เปลือก และกาบมะพร้าว	12.00	16.23
กะลามะพร้าว	12.00	17.93
เปลือกมะม่วงหิมพานต์	6.60	5.49

ที่มา : (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2561)

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas)

เนื่องจากการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของทุกประเทศในภาคีอนุสัญญา ต้องดำเนินการภายใต้มาตรฐานเดียวกัน ดังนั้นคู่มือการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงต้องมีความยืดหยุ่นเพื่อให้ประเทศในภาคีที่มีความแตกต่างกันในด้านการการจัดหาข้อมูล สามารถดำเนินการได้เหมือนกัน วิธีการคำนวณจึงเป็นวิธีการง่าย ๆ โดยแสดงสมการที่ 6

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สมการที่ 6

ข้อมูลกิจกรรม (Activity data) เป็นค่าที่ใช้ในคำนวณ ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของการเกิดก๊าซเรือนกระจกประเภทต่าง ๆ เช่น ปริมาณน้ำมัน ปริมาณถ่านหินที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า หรือพื้นที่ที่ใช้ปลูกข้าว เป็นต้น ข้อมูลกิจกรรม (Activity data) นี้อาจมีหน่วยที่แตกต่างกันไปในแต่ละภาคและสาขาของการคำนวณ ดังนั้นในการนำค่าต่าง ๆ มาใช้ ต้องระมัดระวังให้หน่วยที่นำมามีความถูกต้องและต้องสัมพันธ์กับหน่วยของค่าการปล่อย (Emission factor) ด้วย ในบางครั้งข้อมูลกิจกรรม (Activity data) ที่มีอยู่ ไม่สามารถใช้ได้โดยตรงต้องนำมาปรับหรือคำนวณเพิ่มเติม เพื่อให้เป็นค่าที่สามารถนำมาใช้ได้ เช่น ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น คำนวณได้จากจำนวนประชากรคูณกับอัตราการเกิดขยะ เป็นต้น โดยทั่วไปในแต่ละประเทศมีข้อมูลกิจกรรม (Activity data) ของตัวเองเป็นส่วนใหญ่ ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลโดยตรง อาจใช้ข้อมูลจากหน่วยงานระหว่างประเทศ หรือข้อมูลจากประเทศหรือกลุ่มประเทศที่มีลักษณะทางเศรษฐกิจใกล้เคียงกันแทน

ค่าการปล่อย (Emission factor) เป็นค่าที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย เช่น ค่าการปล่อย (Emission factor) ของการผลิตซีเมนต์เท่ากับ 0.6 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันซีเมนต์ ($tonCO_{2\ eq}$/ton cement) เป็นต้น ค่าการปล่อย (Emission factor) นี้ขึ้นกับกิจกรรมและเทคโนโลยีของแหล่งปล่อย ในแต่ละประเทศ อาจมีค่าการปล่อย (Emission factor) ตามเงื่อนไขเฉพาะของกิจกรรมนั้น ๆ เรียกว่าค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (Country specific emission factor) ซึ่งได้มาจากการวัดจริงหรือการทดลอง ในกรณีที่บางประเทศไม่มีค่าการปล่อย (Emission factor) เฉพาะคู่มือการคำนวณฯ ได้เสนอค่าการปล่อยแนะนำ (Default value of emission factor) ไว้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคำนวณได้ ค่าการปล่อย (Emission factor) อ้างอิงนี้ส่วนใหญ่ได้มาจากการรวบรวมจากเอกสารอ้างอิงในหลายพื้นที่ โดยบางประเภทมีการจำแนกค่าการปล่อย (Emission factor) อ้างอิงตามพื้นที่ ตามเทคโนโลยีหรือตามกิจกรรม ดังนั้นในการเลือกใช้ค่าการปล่อย (Emission factor) อ้างอิงต้องระมัดระวังในการใช้เช่นกัน (บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี, 2553) ค่าสัมประสิทธิ์การ

ปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะอ้างอิงจาก National Renewable Energy Laboratory, USA (Margaret และ Pamela, 2009) ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ชนิดเชื้อเพลิงที่นำมาผลิตไฟฟ้า	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_{2eq}$/kWh)
ชีวมวล	0.046
ถ่านหิน	1.022

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างรายได้และรายจ่ายว่ารายได้สูงกว่ารายจ่ายหรือไม่ หากรายได้สูงกว่ารายจ่าย แสดงว่าการลงทุนนั้นคุ้มค่า และหากมีอัตราตอบแทนในระดับสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยของการนำเงินลงทุนนั้นไปลงทุนอย่างอื่น หรือสูงกว่าดอกเบี้ยเงินกู้ก็จะหมายความว่า การลงทุนนั้นให้ผลตอบแทนในอัตราที่จูงใจตัวชี้วัดในประเด็นที่กล่าวข้างต้นที่ใช้กันทั่วไปมีดังนี้

1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการคือมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการทำส่วนลดกระแสผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน ซึ่งการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิคือหากค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ ≥0 แสดงว่าเป็นโครงการที่สมควรจะดำเนินการเนื่องจากมีผลตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบ ณ ปัจจุบันมากกว่าค่าใช้จ่ายแต่ในทางตรงกันข้ามหากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่าศูนย์แสดงว่าเป็นโครงการที่ไม่น่าจะลงทุนเนื่องจากมีผลตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบ ณ ปัจจุบันน้อยกว่าค่าใช้จ่าย

2) อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return, IRR)

อัตราผลตอบแทนของโครงการคืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ทำให้ค่า NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นอัตราผลตอบแทนของโครงการจึงได้แก่อัตราดอกเบี้ยหรือ i ที่ทำให้ NPV=0 ซึ่งหากว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ณ สถานการณ์ปัจจุบันสูงกว่าค่าอัตราผลตอบแทนของโครงการที่คำนวณได้ก็ไม่สมควรที่จะลงทุนโครงการดังกล่าวในทางตรงกันข้ามหากอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ณ สถานการณ์ปัจจุบันยิ่งต่ำกว่าค่าอัตราผลตอบแทนของโครงการที่คำนวณได้มากเท่าไรแสดงเป็นโครงการที่ให้ผลตอบแทนมากขึ้นตามลำดับ

3) ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost Ratio, B/C)

ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนคืออัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนหรือมูลค่าผลตอบแทนของโครงการเทียบกับมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุนหรือต้นทุนรวมของโครงการ ซึ่งรวมทั้ง ค่าอุปกรณ์ เครื่องจักร ค่าที่ดิน ค่าติดตั้ง ค่าดำเนินการ ค่าซ่อมบำรุงรักษา ค่าการบำบัดน้ำเสีย ถ้าอัตราส่วนที่ได้มากกว่า 1 แสดงว่าควรตัดสินใจเลือกโครงการนั้น แต่ถ้าอัตราส่วนที่ได้น้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการนั้นไม่น่าสนใจลงทุน แต่ถ้าเท่ากับ 1 แสดงว่าโครงการคุ้มทุน

การตรวจสอบเอกสาร

สำหรับการตรวจเอกสารในส่วนนี้เป็นการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ผู้จัดทำได้ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้น จากการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ทางภาคเหนือ จึงได้มีการศึกษาค้นคว้างานวิจัยเพิ่มเติมเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(Sasujit และคณะ, 2558) ได้ทำการศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ ซังข้าวโพด และเปลือกข้าวโพดมาผ่านกระบวนการอัดรีดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง ใช้ตัวประสานแป้งมันผสมปูนขาวในอัตราส่วน 2:1 1:1 และ 1:2 ที่อัตราส่วนผสมวัสดุเหลือทิ้ง ร้อยละ 20 30 และ 40 โดยน้ำหนัก อีกทั้งแปรเปลี่ยนอัตราส่วนผสมซังต่อเปลือกข้าวโพด 20:80 50:50 และ 80:20 โดยน้ำหนัก ผลการศึกษาพบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่เหมาะสม คืออัตราส่วนผสมวัสดุเหลือทิ้ง 20:80 ตัวประสานเชื้อเพลิง 1:2 อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ให้ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง 12.77 MJ/kg และความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง 940 kg/m^3 ประสิทธิภาพความร้อนเตาชีวมวล ร้อยละ 16.31 โดยมีเงินลงทุนเริ่มต้นของระบบ 203,000 บาท ค่าใช้จ่ายรายปีเท่ากับ 361,061 บาท/ปี ให้ผลตอบแทนสุทธิ 58,984 บาท/ปี และคืนทุนภายใน 3.44 ปี จะเห็นได้ว่าวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดมีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

(ณัฏฐ์กิตต์ และคณะ, 2560) ได้ทำการวิจัยนี้เพื่อศึกษาคุณลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน ผลการวิเคราะห์แบบประมาณ แสดงให้เห็นว่าแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนที่อัตราส่วนแกลบต่อกลีเซอรีน 3 kg : 500 mL มีค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่ในช่วง 13-16.8% ปริมาณสารระเหยมีค่าอยู่ในช่วง ร้อยละ 57.8-64.5 เถ้ามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 18.1-19.4 และความชื้นมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 4.2-6.2 ผลการวิเคราะห์แบบแยกธาตุของแท่งเชื้อเพลิงผสมกลีเซอรีนที่อัตราส่วนแกลบผสมกลีเซอรีน 3 kg : 0-500 mL มีค่าดังนี้ คาร์บอนมีค่าอยู่ในช่วง 39.5-41.8% ไฮโดรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 5.3-5.8% ออกซิเจนมีค่าอยู่ในช่วง 34.2-35.6% ไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 0.25-0.37% และซัลเฟอร์มีค่าเท่ากับ 0.04% โดยมีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 3.585-3.916 kcal/kg ค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1,098.78-1,167.17 kg/m^3 ค่าความต้านแรงกด

อยู่ในช่วง 6.35-26.4 MPa โดยที่สูตรเคมีของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดที่อัตราส่วนแกลบต่อกลีเซอรีน 3 kg : 500 mL คือ $CH_{1.67}O_{0.61}$

(พัชรี และคณะ, 2562) งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิคาร์บอไนซ์ในช่วง 300-500 °C และปริมาณกลีเซอรีนในอัตราส่วนระหว่างร้อยละ 0 20 40 และ 60 โดยน้ำหนัก ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางความร้อนของเชื้อเพลิงแท่งจากกากปาล์มสาคู จากการศึกษาพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงแท่งในรูปของดัชนีการแตกร่วน และความทนทานดีขึ้น เมื่ออุณหภูมิคาร์บอไนซ์ และปริมาณกลีเซอรีนสูงขึ้น อีกทั้งอุณหภูมิคาร์บอไนซ์ และปริมาณกลีเซอรีนยังมีการแปรผันแบบโดยตรงต่อปริมาณคาร์บอนของเชื้อเพลิงแท่งอีกด้วย และปริมาณคาร์บอน ที่เพิ่มขึ้นยังส่งผลต่อคุณสมบัติทางความร้อนของเชื้อเพลิงแท่งในรูปของค่าความร้อน โดยปริมาณคาร์บอนมากขึ้นทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแท่งสูงขึ้น เนื่องจากคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ที่สามารถเผาไหม้ และให้พลังงานออกมาได้ ดังนั้นอุณหภูมิคาร์บอไนซ์ที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยน กากปาล์มสาคูเป็นเชื้อเพลิงแท่ง คือ อุณหภูมิคาร์บอไนซ์ที่ 400 °C ในขณะที่ปริมาณกลีเซอรีนที่เหมาะสมต่อการผลิตเชื้อเพลิงแท่งให้มีคุณสมบัติทางกายภาพ และทางความร้อนสูงสุด คือ ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก

(วีระ, 2018) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเทคนิคทางด้านเศรษฐศาสตร์ และประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนประกอบของถ่านซังข้าวโพด และถ่านหินลิกไนต์เหลือทิ้งคุณภาพต่ำ โดยทำการศึกษาอัตราส่วนถ่านซังข้าวโพดต่อถ่านหินลิกไนต์เหลือทิ้งคุณภาพต่ำ ที่อัตราส่วน 9:1 8:2 7:3 6:4 และอัตราส่วน 5:5 ร้อยละโดยน้ำหนัก ตามลำดับ วิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้ ค่าความร้อนตามมาตรฐาน (ASTM D 240) ค่าความชื้นตามมาตรฐาน (ASTM E 3173) ปริมาณเถ้าตามมาตรฐาน (ASTM E 3174) และค่าความหนาแน่นตามมาตรฐาน (ASTM E 75) จากนั้นวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยใช้เครื่องมือทางการเงินคือ ระยะเวลาคืนทุน และประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้โปรแกรม SimaPro Version 7.2 ผลการศึกษาพบว่ามีความเป็นไปได้ที่นำถ่านซังข้าวโพดและถ่านหินลิกไนต์เหลือทิ้งคุณภาพต่ำที่อัตราส่วน 6:4 ร้อยละโดยน้ำหนัก มาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง เนื่องจากมีค่าความร้อนสูง 9,877 kcal/kg ค่าความชื้นร้อยละ 5.93 ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1,006 kg/m^3 (ค่าความร้อนมาตรฐานของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ 5,000 kcal/kg ความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 และค่าความหนาแน่นมากกว่าหรือเท่ากับ 600 kg/m^3 และปริมาณเถ้าร้อยละ 9.74 ตามลำดับ ผลประเมินทางเศรษฐศาสตร์พบว่าระยะเวลาคืนทุนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่อัตราส่วน 6:4 ร้อยละโดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 2.47 ปี ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญจากการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงอัดแท่งอัตราส่วนที่ 6:4 ร้อยละโดยน้ำหนัก คือผลกระทบจาก Greenhouse effect เท่ากับ 2,997 Pt รองลงมาคือ Summer smog เท่ากับ 759 Pt, Ozone layer เท่ากับ 347 Pt และ Acidification

เท่ากับ 260 Pt ตามลำดับ ดังนั้น เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากถ่านซังข้าวโพดผสมถ่านหินลิกไนต์เหลือทิ้งคุณภาพต่ำที่อัตราส่วน 6:4 ร้อยละโดยน้ำหนัก มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตไฟฟ้าหรือความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรม

(วัชราภรณ และคณะ, 2017) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้ โดยใช้แป้งมันสำปะหลัง และน้ำยางพาราเป็นตัวประสาน อัดก้อนเชื้อเพลิงด้วยการอัดด้วยเครื่อง และอัดด้วยมือ ศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) และถ่านไม้หุงต้ม (มผช.657/2547) ประเมินความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในชุมชน โดยทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเศษใบไม้ และตัวประสาน 5 อัตราส่วน ที่ 1:1 1:1.1 1:1.2 1:1.3 และ 1:1.4 (kg/L) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิง พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการอัดด้วยมือมีคุณลักษณะทางกายภาพที่แข็งแรง ไม่เปราะและไม่แตกหักง่าย เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐานเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสานผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานจะมีค่าความร้อนต่ำกว่ามาตรฐาน เมื่อศึกษาความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนไม้ในชุมชน พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานจากการอัดด้วยมือมีความเหมาะสมที่สุดที่อัตราส่วนใบไม้ 1 kg ต่อตัวประสาน 1.4 L มีค่าความร้อน 3,975.47 cal/g ค่าความชื้นร้อยละ 4.24 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 3.31 ปริมาณเถ้าร้อยละ 7.47 ทดสอบความเหมาะสมจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงมีระยะเวลาการติดไฟนานถึง 27.48 min จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับปริมาณอัตราส่วนของตัวประสานที่เพิ่มขึ้น R2 มีค่า 0.9456 มีความสัมพันธ์กันในทางสถิติ

(Curtis และคณะ, 2014**)** ได้ทำการศึกษาความหนาแน่นของซังข้าวโพด ที่มีศักยภาพเป็นวัตถุดิบชีวมวล มีความหนาแน่น 50 kg/m^3 สามารถสร้างต้นทุนให้เหมาะสมกับผลผลิตจากซังข้าวโพดได้ และในระหว่างการเก็บเกี่ยวจะช่วยลดค่าขนส่งเมื่อนำซังข้าวโพดมาเป็นวัตถุดิบของชีวมวล งานวิจัยนี้ทดสอบผลของตัวแปรจากกระบวนการที่แตกต่างกัน (การอัดแรงดัน ปริมาณความชื้นขนาดอนุภาค และองค์ประกอบของวัสดุ) ในวิธีการที่ผลิต เชื้อเพลิงอัดแท่งจากซังข้าวโพด การปรับแต่งขนาดที่กำหนดเอง ระบบถูกออกแบบมาเพื่อประเมินปัจจัยการป้อนที่แตกต่างกัน การผลิตที่มีคุณภาพเป็นไปได้โดยใช้ขนาดอนุภาคที่ไม่ลดลง และการอัดแรงดันต่ำ ระบบการผลิตสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ในการตั้งค่าที่เหมาะสมของซังข้าวโพด ความหนาแน่น มีค่าเท่ากับ 190 kg/m^3 ปริมาณความชื้น 25% wb ไม่เหมาะสำหรับวิธีการนี้ และปริมาณซังมากขึ้นมีผลกระทบในเชิงบวกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

(Aransiola และคณะ, 2019) คุณสมบัติเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นทางเลือกทางการเกษตรที่จะนำมาใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งสำหรับอุตสาหกรรม และการใช้งานในประเทศ การบดอัดวัสดุ

เหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับคุณสมบัติเชื้อเพลิงชีวมวล รวมไปถึงการเก็บรักษาแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลในลักษณะที่เหมาะสม การศึกษานี้จะพิจารณาถึงผลกระทบของตัวประสานต่าง ๆ ความเข้มข้นและความดันที่แตกต่างกัน ที่ใช้กับคุณสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดก้อนซังข้าวโพดแป้งมันสำปะหลังแป้งข้าวโพด และเจลาตินที่ความเข้มข้นต่างกันสามระดับ คือ 10 20 และ 30% wt/wt ถูกใช้เป็นตัวประสานในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ที่ระดับความดัน 50 100 และ 150 kPa โดยใช้ Hydraulic press สำหรับการทำให้เป็นคาร์บอน และการอำนวยความสะดวกในการบดอัดของซังข้าวโพด ถ่านอัดก้อนจะถูกพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความชื้น ความหนาแน่น และแรงอัด ผลการศึกษาพบว่าปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 4.43 และ 7.62% (db) ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้มีค่าอยู่ในช่วง 729 ถึง 987 kg/m^3 และมีค่าแรงอัด 1.02 และ 8.32 MPa สำหรับปัจจัยทั้งสามที่ทดสอบตัวแปรที่มีตัวประสานมันสำปะหลังที่ความเข้มข้น 30% และความดันในการอัด 150 kPa แสดงคุณสมบัติที่ดีที่สุดมากกว่าตัวแปรอื่น ๆ ความเข้มข้นของตัวประสาน และความดันในการอัดที่สูงขึ้นส่งผลให้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณภาพสูง สำหรับทั้งการจัดเก็บและการขนส่ง โดยสรุปแล้วถ่านอัดแท่งคุณภาพสูงสามารถเก็บรักษาและผลิตได้จากการผสมผสานของถ่าน แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพดและเจลาติน เป็นเพราะความหนาแน่นและความดันในการอัดของเชื้อเพลิงอัดแท่ง นอกจากนี้ระยะเวลาหรืออายุการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่จัดเก็บได้พิสูจน์แล้วว่ามีเสถียรภาพที่ยอมรับได้หลังจากเก็บรักษาไปหลายเดือน

(กิตติศักดิ์ และคณะ, 2562) การศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากโรงไฟฟ้าแก๊สชีวมวลจากเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนขนาด 100 kW_e ซึ่งทำการศึกษาตามแนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment) โดยศึกษาใน 3 กระบวนการที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การขนส่งวัตถุดิบ การผลิตแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีน และการผลิตไฟฟ้าจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น จากการศึกษาพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงไฟฟ้าแก๊สชีวมวลจากเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนผ่านกระบวนการก๊าซซิฟิเคชั่นต่อ 1 kWh คิดเป็นปริมาณเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2-eq) เท่ากับ 0.276 kg ในจำนวนนี้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการขนส่งวัตถุดิบ 0.002 kg ขั้นตอนการผลิตแท่งเชื้อเพลิง 0.159 kg และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าแก๊สซิฟิเคชั่นอีก 0.115 kg โดยผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปกำหนดเป็นแนวทางในการนำไปสู่การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนประเภทอื่น ๆ ได้

(ธนาพล และคณะ, 2558) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเหมาะสมในการจัดการเปลือกสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยวิธีอัดเย็นโดยใช้น้ำแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนในชุมชน การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) การศึกษาความเหมาะสมทางเทคนิคซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์สมบัติด้านเชื้อเพลิงของแท่งเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM และการวิเคราะห์ผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมในรูปของการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ (2) การศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อประเมินความเป็นได้ในการบริหารจัดการโดยชุมชนในทางปฏิบัติ ผลการศึกษาพบว่า แท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 3,235-3,389 kcal/kg และมีค่าความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า และคาร์บอนคงตัวอยู่ในช่วง 12.7-20.5, 56.0-68.9, 3.1-3.6 และ 9.9-20.7 % ตามลำดับ การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแทนฟืนไม้สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 13.13 $kgCO_{2eq}$/kg เปลือกสับปะรดแห้งที่ใช้ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 9.4 % มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 12,551 บาท และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 6 ปี 6 เดือน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการลงทุน โดยปัจจัยที่เป็นความเสี่ยงในการบริหารจัดการและมีผลต่อผลตอบแทนของโครงการมากที่สุดคือจำนวนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ต่อวัน รองลงมาคือค่าแรงคนงาน จำนวนวันที่ผลิต และราคาเครื่องจักร ตามลำดับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบอัตราส่วนผสมของตัวประสานต่อเศษวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่ได้นำไปใช้แล้วอย่างอื่นที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงอัดแท่ง

2. ได้ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas emission) ที่ลดลงออกสู่บรรยากาศ

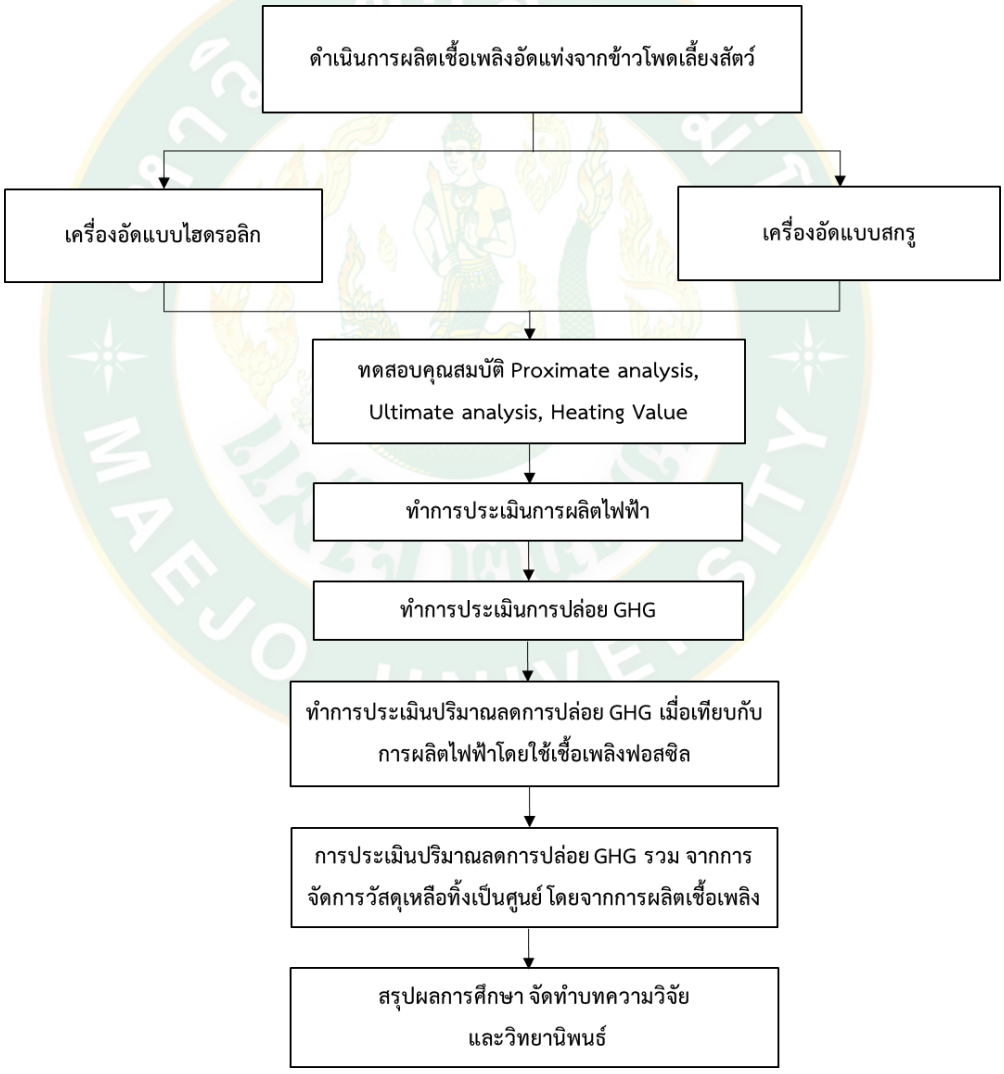
3. ได้กำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังจากนำไปใช้ประโยชน์แล้วหมด

4. ได้แนวทางในการจัดการวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เหลือใช้แล้วของชีวมวลเป็นศูนย์และลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

บทที่ 3
วิธีการวิจัย วัสดุ และอุปกรณ์

วิธีการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยของการจัดการวัสดุเหลือทิ้งเป็นศูนย์ และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยมีขั้นตอนดำเนินงาน แบ่งเป็น 2 ส่วน แสดงดังภาพที่ 3



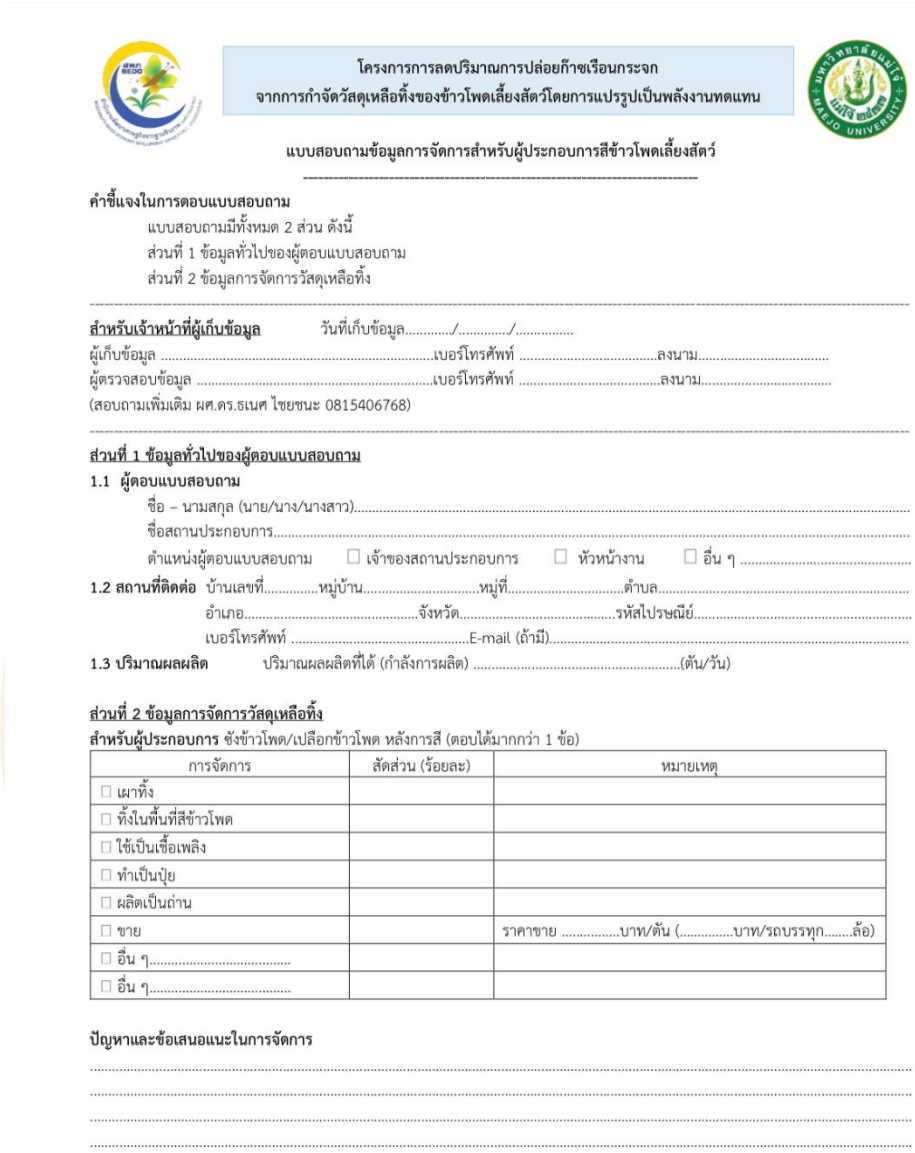
ภาพที่ 3 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

สำหรับขั้นตอนของวิธีที่จะใช้ในการดำเนินการทำวิจัย สามารถอธิบายได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 รวบรวมข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย 12 จังหวัด ประกอบด้วย สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิษณุโลก ตาก ลำพูน น่าน ลำปาง แม่ฮ่องสอน พะเยา เชียงใหม่ เชียงราย และแพร่ จากข้อมูลพื้นที่ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร จะแสดงข้อมูลพื้นที่ทั้งหมดดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 แผนที่ทำการเก็บข้อมูล 12 จังหวัดภาคเหนือ

ขั้นตอนที่ 2 แบบสอบถามสำหรับการเก็บข้อมูลการจัดการวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตัวอย่างแบบสอบถามผู้ประกอบการสีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แสดงดังภาพที่ 5



โครงการการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน

แบบสอบถามข้อมูลการจัดการสำหรับผู้ประกอบการสีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามมีทั้งหมด 2 ส่วน ดังนี้
ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
ส่วนที่ 2 ข้อมูลการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง

สำหรับเจ้าหน้าที่ผู้เก็บข้อมูล วันที่เก็บข้อมูล...../...../.....
ผู้เก็บข้อมูล .....เบอร์โทรศัพท์ .....ลงนาม.....
ผู้ตรวจสอบข้อมูล .....เบอร์โทรศัพท์ .....ลงนาม.....
(สอบถามเพิ่มเติม ผศ.ดร.ธเนศ ไชยชนะ 0815406768)

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1.1 ผู้ตอบแบบสอบถาม
ชื่อ – นามสกุล (นาย/นาง/นางสาว).....
ชื่อสถานประกอบการ.....
ตำแหน่งผู้ตอบแบบสอบถาม ☐ เจ้าของสถานประกอบการ ☐ หัวหน้างาน ☐ อื่น ๆ .....

1.2 สถานที่ติดต่อ บ้านเลขที่.....หมู่บ้าน.....หมู่ที่.....ตำบล.....
อำเภอ.....จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....
เบอร์โทรศัพท์ .....E-mail (ถ้ามี).....

1.3 ปริมาณผลผลิต ปริมาณผลผลิตที่ได้ (กำลังการผลิต) .....(ตัน/วัน)

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง

สำหรับผู้ประกอบการ ซังข้าวโพด/เปลือกข้าวโพด หลังการสี (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

การจัดการ	สัดส่วน (ร้อยละ)	หมายเหตุ
☐ เผาทิ้ง		
☐ ทิ้งในพื้นที่สีข้าวโพด		
☐ ใช้เป็นเชื้อเพลิง		
☐ ทำเป็นปุ๋ย		
☐ ผลิตเป็นถ่าน		
☐ ขาย		ราคาขาย .....บาท/ตัน (.....บาท/รถบรรทุก.....ล้อ)
☐ อื่น ๆ.....		
☐ อื่น ๆ.....		

ปัญหาและข้อเสนอแนะในการจัดการ
.....
.....
.....
.....

ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบสอบถามผู้ประกอบการโรงสี

ที่มา : โครงการการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน

พื้นที่ที่มีการลงสำรวจเพื่อสอบถามผู้ประกอบการโรงสี ถึงปริมาณการรับซื้อที่เกิดขึ้นในแต่ละฤดูการรับซื้อ ในแต่ละจังหวัด และพื้นที่ ดังต่อไปนี้

สุโขทัย ได้แก่ อำเภอศรีสัชนาลัย อำเภอบ้านด่านลานหอย และอำเภอทุ่งเสลี่ยม

อุตรดิตถ์ ได้แก่ อำเภอบ้านโคก อำเภอเมือง อำเภอฟากท่า และอำเภอน้ำปาด

พิษณุโลก ได้แก่ อำเภอวัดโบสถ์ อำเภอชาติตระการ อำเภอนครไทย และอำเภอวังทอง

ตาก ได้แก่ อำเภอพบพระ อำเภอแม่สอด และอำเภอแม่ระมาด

ลำพูน ได้แก่ อำเภอทุ่งหัวช้าง และอำเภอลี้

น่าน ได้แก่ อำเภอปัว อำเภอนาหมื่น อำเภอเวียงจ่า อำเภอทุ่งช้าง อำเภอบ้านหลวง และอำเภอนาน้อย

ลำปาง ได้แก่ อำเภอแจ้ห่ม อำเภอวังเหนือ อำเภองาว และอำเภอเมือง

แม่ฮ่องสอน ได้แก่ อำเภอปาย อำเภอเมือง อำเภอขุนยวม และอำเภอแม่ลาน้อย

พะเยา ได้แก่ อำเภอเชียงม่วน และอำเภอปง

เชียงใหม่ ได้แก่ อำเภอแม่แจ่ม

เชียงราย ได้แก่ อำเภอแม่สรวย อำเภอเวียงป่าเป้า และอำเภอแม่สาย

แพร่ ได้แก่ อำเภอร้องกวาง และอำเภอสอง

ขั้นตอนที่ 3 ลงพื้นที่เพื่อทำการเก็บข้อมูล ปริมาณ และวิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากการลงพื้นที่สอบถามจากผู้ประกอบการโรงสีโดยตรง ทำให้พบว่า มีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยวิธีการต่าง ๆ ประกอบด้วย เผาทิ้ง ทิ้งในพื้นที่ลานกะเทาะเมล็ด ใช้เป็นเชื้อเพลิง ทำเป็นปุ๋ย ขาย และอื่น ๆ

ภาพที่ 6 ลงพื้นที่สอบถามจากผู้ประกอบการโรงสีโดยตรง

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ปริมาณ และการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประกอบด้วยการจัดการที่เกิดประโยชน์ไม่ก่อให้เกิดการปล่อย GHG การจัดการที่ไม่เกิดประโยชน์ก่อให้เกิดการปล่อย GHG และประเมินปริมาณการปล่อย GHG จากการจัดการวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่เกิดประโยชน์

ขั้นตอนที่ 5 ดำเนินการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์แล้วด้วยเครื่องอัดแท่งไฮดรอลิก และเครื่องอัดสกรู ที่ก่อให้เกิดการปล่อย GHG

ภาพที่ 7 ดำเนินการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

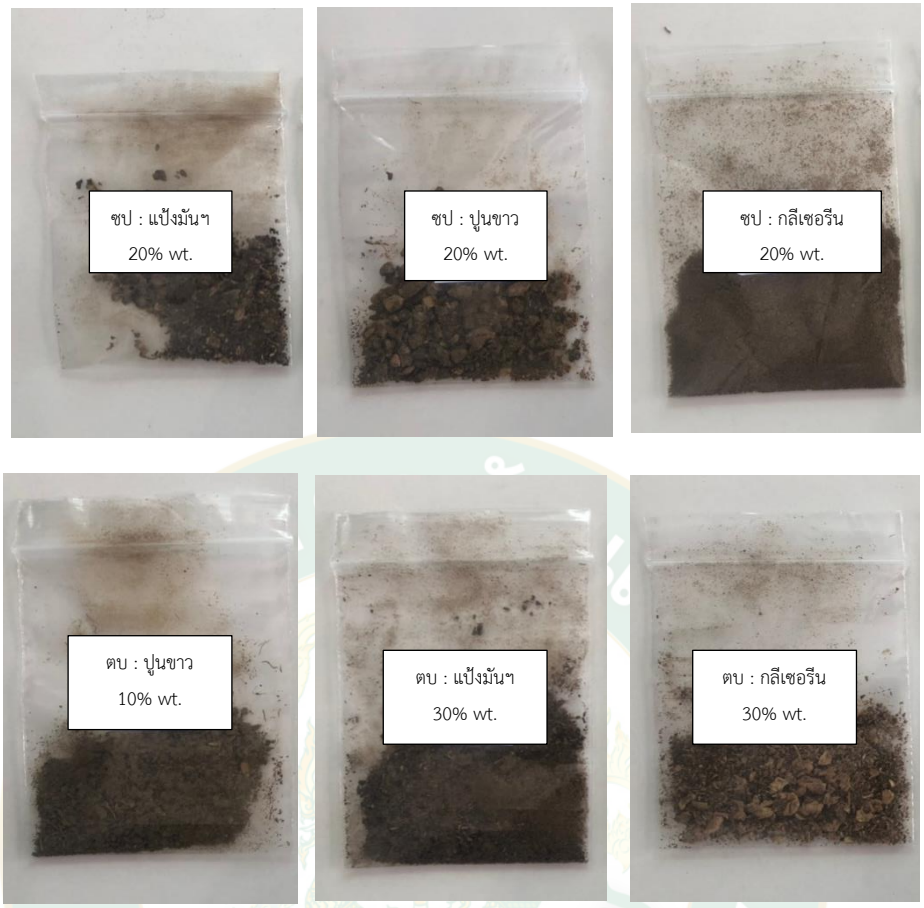
ขั้นตอนที่ 6 สัดส่วนผสมของวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามที่เหลือจริง เพื่อให้สามารถกำจัดวัสดุเหลือทิ้งได้ทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 7 ความหนาแน่นที่จะทำการอัดของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 3 ค่า ประกอบไปด้วย 600 700 และ 800 kg/m^3

ขั้นตอนที่ 8 ใช้ตัวประสาน 3 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลัง ปูนขาว และกลีเซอรีน ในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 และ 30 โดยมวล

ขั้นตอนที่ 9 ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้การอัดเย็นแบบกระบอกสูบ

ขั้นตอนที่ 10 ทำการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตได้ ประกอบด้วยค่า Density Proximate analysis Ultimate analysis และ Heating value



ภาพที่ 8 ตัวอย่างชีวมวล

ขั้นตอนที่ 11 ทำการประเมินปริมาณการผลิตไฟฟ้า โดยใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยเลือกเทคโนโลยีโรงไฟฟ้าความร้อนที่มีหม้อต้มน้ำ

ขั้นตอนที่ 12 ประเมินปริมาณการปล่อย GHG จากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ขั้นตอนที่ 13 ปริมาณลดการปล่อย GHG จากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เทียบกับการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

ขั้นตอนที่ 14 ปริมาณลดการปล่อย GHG รวมจากการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นศูนย์ (Zero waste) โดยการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง และนำไปผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 15 เผยแพร่ผลการวิจัยในการประชุมวิชาการ

ขั้นตอนที่ 16 จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

วัสดุและอุปกรณ์

ในการดำเนินงานวิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยการทดลองโดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก และเครื่องอัดแบบสกรู มีการนำอุปกรณ์ต่าง ๆ มาใช้ดำเนินงานกับการทดลองกับเครื่องอัดชีวมวล ดังต่อไปนี้

อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

เครื่องบด ใช้เพื่อเป็นการลดขนาดของชีวมวล โดยเป็นของบริษัท HASCON Electric Motor มีขนาดมอเตอร์ 3 HP หรือ 2.2 kW แสดงดังภาพที่ 9

ภาพที่ 9 เครื่องบดลดขนาดของวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ตาข่ายเมื่อทำการลดขนาดของวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยตาข่ายมีหน้าที่ลดขนาดของชีวมวล แสดงดังภาพที่ 10

ภาพที่ 10 ตาข่ายที่ใช้ในการลดขนาดของชีวมวล

เครื่องอัดไฮดรอลิก ขนาด 60 Ton ลักษณะการใช้งานเป็นการใช้ประโยชน์จากแรงกดแรงอัด โดยทำการอัดขึ้นรูปเป็นแท่ง ตามความหนาแน่นที่จะทำการทดสอบไว้ คือ 600 700 และ 800 kg/m^3 แสดงในภาพที่ 11

ภาพที่ 11 เครื่องอัดไฮดรอลิก

แม่พิมพ์ขึ้นรูป ที่ใช้ในการขึ้นรูปแท่งชีวมวล ซึ่งได้กำหนดให้มีขนาดของกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 cm แสดงดังภาพที่ 12

ภาพที่ 12 แม่พิมพ์ขึ้นรูปชีวมวล

เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง เป็นการชั่งน้ำหนักตัวอย่างระหว่างซังผสมเปลือก และต้นผสมใบ ด้วยตัวประสานที่แยกกันทั้ง 3 ชนิด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาความหนาแน่นของชีวมวลอัดแท่งต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 13

ภาพที่ 13 เครื่องชั่งน้ำหนัก

เครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ CHNS/O Analyzer, Flash 2000, Thermoscientific, Italy ใช้สำหรับวิเคราะห์ธาตุ C H N S และ O ในตัวอย่างทั้งของแข็งและของเหลว โดยอาศัยหลักการเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิสูงให้กลายเป็นแก๊สผสม แล้วเข้าคอลัมน์เพื่อทำการแยกและตรวจวัดปริมาณธาตุต่างๆ ในตัวอย่าง ชนิดตัวอย่างจะต้องเป็นเนื้อเดียวกัน ตัวอย่างที่วิเคราะห์ เช่น สารเคมี สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ยาง พอลิเมอร์ ดินตะกอน เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 14

ภาพที่ 14 เครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ
ที่มา : (ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

เตาสำหรับอบชิ้นงาน รุ่น T44/250A มีขนาดภายนอกกว้าง 550 mm. ลึก 550 mm. สูง 750 mm. ขนาดภายในเตากว้าง 400 mm. ลึก 400 mm. สูง 400 mm. อุณหภูมิสูงสุด 300 ^{O}C ขนาดไฟป้อน 220 VAC 2.0 kW 1 Phase มีลักษณะการทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิ ของการให้ความร้อนที่ติดตั้งในเตาอบชุดเล็กนี้เป็นแบบ LT700 ขนาด 76x76 mm. ซึ่งสามารถตั้งค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ รวมถึงอัตราการเพิ่มความร้อน และระยะเวลาในการแช่ที่อุณหภูมิที่ต้องการได้สูงสุดถึง 99.59 ชั่วโมง โดยจ่ายไฟฟ้าเข้าแบบ 110-220 V. และควบคุมความเที่ยงตรงของอุณหภูมิไม่ให้เกิด Overshoot โดยการควบคุมการจ่ายไฟฟ้าแบบ PID ทำให้ความเที่ยงตรงของอุณหภูมิสามารถตั้งได้ถึง 0.1 ^{O}C ผ่านการตั้งค่าของชุดควบคุมอุณหภูมิ และควบคุมการจ่ายไฟฟ้าโดยไม่ให้เกิดการกระชาก โดยชุดควบคุมการจ่ายไฟด้วย Solid state relay แสดงดังภาพที่ 15

ภาพที่ 15 เตาสำหรับอบชิ้นงาน

เตาเผาอุณหภูมิสูง เตานี้ถูกออกแบบโดยใช้การให้ความร้อนด้วยขดลวดความร้อนเกรดพิเศษ ซึ่งสามารถทนอุณหภูมิได้สูงสุดถึง 1,400 ^{O}C โดยใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิชนิดบันทึกได้ 2 โปรแกรม แต่ละโปรแกรม 8 Step ปรับความเที่ยงตรงของเตาแบบ SSR control ทำให้ไม่เกิด Overheat และป้องกันการทำงานผิดพลาดโดยใช้แมกเนติกส์ ทำหน้าที่เป็นระบบความปลอดภัยเมื่ออุณหภูมิของเตาเกินกว่าค่าที่ได้ตั้งไว้ 10 องศาแมกเนติกส์ จะตัดการจ่ายไฟ และจะต่อให้ใหม่เมื่ออุณหภูมิปกติ ดังแสดงภาพที่ 16

ภาพที่ 16 เตาเผาอุณหภูมิสูง

ที่มา : (คู่มือการใช้งาน เตาเผาอุณหภูมิสูง และเตาสำหรับอบชิ้นงาน)

เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น PR224 ใช้ชั่งน้ำหนักตัวอย่างชีวมวลบดละเอียด เพื่อทำการทดสอบค่า Proximate analysis ดังแสดงภาพที่ 17

ภาพที่ 17 เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง

ถุงมือเชื่อม สามารถป้องกันความร้อน และไม่ระคายเคืองผิวหนัง นำมาใช้ระหว่างที่ทำการถอดกระบอกอัดออก เนื่องจากกระบอกอัดมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังแสดงภาพที่ 18

ภาพที่ 18 ถุงมือเชื่อม

ถุงมือไนไตร ป้องกันสารเคมี สารละลาย น้ำมัน กรดด่างได้ดี นำมาใช้ในขั้นตอนการผสมชีวมวลกับตัวประสาน ดังแสดงภาพที่ 19

ภาพที่ 19 ถุงมือไนไตร

ไม้พาย วัสดุผลิตจากไม้ ใช้ในกระบวนการอัดชีวมวลจากเครื่องอัดแบบสกรู เพื่อช่วยในการอัดวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลงไปในช่องใส่วัสดุ ดังแสดงภาพที่ 20

ภาพที่ 20 ไม้พาย

เหยือกน้ำพลาสติก ขนาด 1,000 ml. นำมาใช้สำหรับผสมตัวประสานกับน้ำเปล่าให้เข้ากัน ก่อนนำมาคลุกเคล้าเข้ากับวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดังแสดงภาพที่ 21

ภาพที่ 21 เหยือกน้ำพลาสติก

กะละมังพลาสติกกลม นำมาใช้คลุกวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กับตัวประสานแต่ละชนิด ให้เข้ากัน ก่อนทำการอัดแท่งเชื้อเพลิง ดังแสดงภาพที่ 22

ภาพที่ 22 กะละมังพลาสติกกลม

ขวดฟ๊อกกี้ นำมาใช้ใส่น้ำเปล่า ใช้ฉีดในระหว่างที่กระบอกอัดเครื่องอัดแบบสกรู มีอุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อลดความร้อน และยังช่วยให้ผิวของแท่งเชื้อเพลิงเรียบเนียนขึ้น ดังแสดงภาพที่ 23

ภาพที่ 23 ขวดฟ๊อกกี้

ถ้วยคูซิเบิล (Crucible) เป็นอุปกรณ์ทางงานวิเคราะห์วิทยาศาสตร์ ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารด้วยวิธีการเผาด้วยอุณหภูมิสูง มีหลายขนาดตั้งแต่ 2-250 ml. จะใช้งานร่วมกับเตาเผาอุณหภูมิสูง (Furnace) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารด้วยวิธีการเผาหรือเตาอบ ดังแสดงภาพที่ 24

ภาพที่ 24 ถ้วยคูซิเบิล (Crucible)

โถดูดความชื้น (Desiccator) ใช้สำหรับเก็บรักษาตัวอย่างชีวมวลที่ต้องการรักษาความชื้น ประกอบไปด้วย ตัวหม้อ ฝาปิด และจานเคลือบเซรามิกเจาะรู พร้อมใช้งาน โดยใช้งานร่วมกับซิลิก้าเจล เพื่อใช้ดูดความชื้น ดังแสดงภาพที่ 25

ภาพที่ 25 โถดูดความชื้น (Desiccator)

เครื่องอัดสกรู ลักษณะการใช้งานเป็นการใช้ประโยชน์จากแรงอัดเกรียว มีมอเตอร์ขนาด 5 Hp 1,100 W โดยทำการอัดขึ้นรูปเป็นแท่งชีวมวล ดังแสดงภาพที่ 26

ภาพที่ 26 เครื่องอัดสกรู

วัสดุสำหรับการทดลอง

แป้งมันสำปะหลัง นำมาใช้เป็นตัวประสานสำหรับการอัดแท่งเชื้อเพลิง ดังแสดงภาพที่ 27

ภาพที่ 27 แป้งมันสำปะหลัง

ปูนขาว นำมาใช้เป็นตัวประสานสำหรับการอัดแท่งเชื้อเพลิง ดังแสดงภาพที่ 28

ภาพที่ 28 ปูนขาว

กลีเซอรีน นำมาใช้เป็นตัวประสานสำหรับการอัดแท่งเชื้อเพลิง ดังแสดงภาพที่ 29

ภาพที่ 29 กลีเซอรีน

ซังและเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากพื้นที่ปลูกข้าวโพด นำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการอัดแท่งเชื้อเพลิง ดังแสดงภาพที่ 30

ภาพที่ 30 ซังและเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ต้นและใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากพื้นที่โรงสี นำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการอัดแท่งเชื้อเพลิง ดังแสดงภาพที่ 31

ภาพที่ 31 ต้นและใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยได้แบ่งงานวิจัยที่ศึกษาเป็น 4 การทดสอบ ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ การวิเคราะห์เชิงปริมาณ การหาคุณสมบัติเชิงกล และค่าความร้อน ในการทดลองด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก พบว่าไม่สามารถอัดแท่งเชื้อเพลิงได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ จึงได้ทำการนำวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาทำการอัดแท่งเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่องอัดแบบสกรูเพิ่มเติมโดยยังอยู่ในขอบเขตของงานวิจัย คือการอัดแบบเย็น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลการศึกษาการจัดการชีวมวล

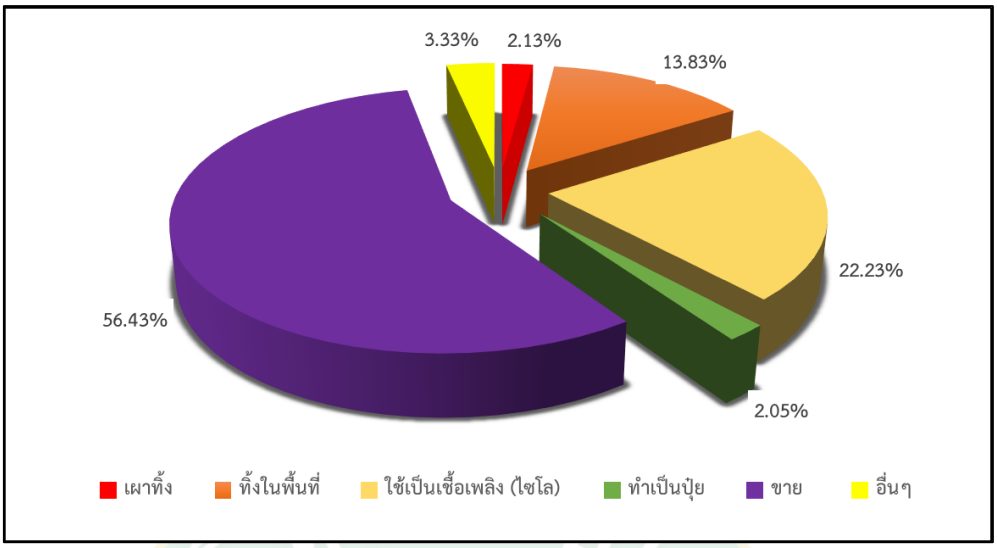
1. การจัดการชีวมวลในพื้นที่โรงสี

จากการลงพื้นที่โรงสี 12 จังหวัดภาคเหนือ จำนวน 120 แห่ง พบว่าเมื่อเกษตรกรทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แล้ว จะมีเศษวัสดุเหลือทิ้งซังและเปลือกเกิดขึ้นในพื้นที่โรงสี จากนั้นเกษตรกรจะดำเนินการจัดการกับวัสดุเหลือทิ้งจากชีวมวลด้วยวิธีการต่าง ๆ ประกอบด้วย การเผาทิ้ง ทิ้งในพื้นที่ การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย การนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง การขาย และอื่น ๆ ในสัดส่วนต่าง ๆ พบว่ามีการจัดการที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ 19.29% ดังแสดงในตารางที่ 9

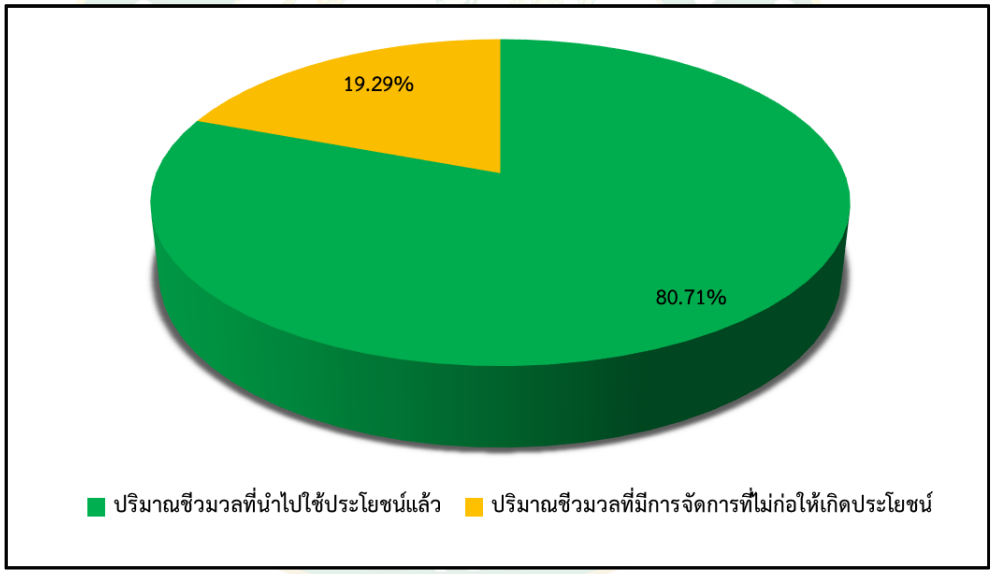
ตารางที่ 9 การจัดการชีวมวลในพื้นที่โรงสี (ซัง เปลือก)

ประเภทการจัดการ	วิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง	สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้ง (%)	รวม (%)
ปริมาณชีวมวลที่มีการจัดการที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์	การเผาทิ้ง	2.13	19.29
	ทิ้งในพื้นที่	13.83	
	อื่น ๆ	3.33	
ปริมาณชีวมวลที่นำไปใช้ประโยชน์แล้ว	ผลิตเป็นปุ๋ย	2.05	80.71
	ใช้เป็นเชื้อเพลิง	22.23	
	การขาย	56.43	

จากการลงพื้นที่โรงสี และวิเคราะห์สัดส่วน พบว่ายังมีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อย่างไม่ถูกวิธี จึงได้ทำการจำแนกตามประเภทการจัดการต่าง ๆ ประกอบไปด้วย การจัดการอย่างไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ และการนำไปใช้ประโยชน์แล้วของเศษวัสดุเหลือทิ้งตามสัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นจริง ดังแสดงในภาพที่ 32-33



ภาพที่ 32 ข้อมูลวิเคราะห์สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่โรงสี



ภาพที่ 33 สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่โรงสี

2. การจัดการชีวมวลในพื้นที่เพาะปลูก

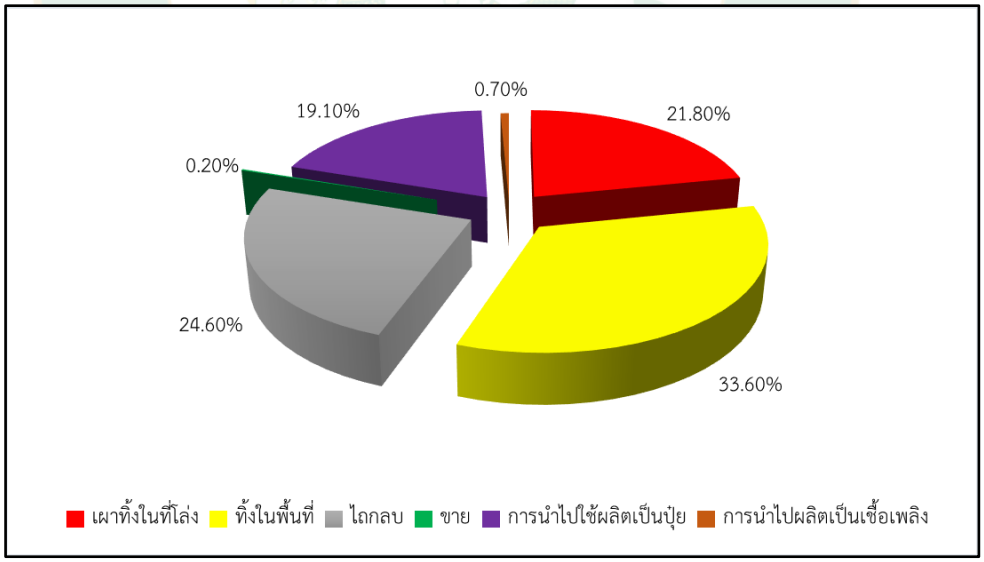
พบว่าเมื่อเกษตรกรทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้ว จะมีเศษวัสดุเหลือทิ้งต้นและใบเกิดขึ้นในพื้นที่เพาะปลูก หลังจากนั้นเกษตรกรจะดำเนินการจัดการกับวัสดุชีวมวลเหล่านั้นในวิธีการต่าง ๆ ประกอบด้วย การเผาทิ้งในที่โล่ง ทิ้งในพื้นที่ ไถกลบ การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง และการขาย ในสัดส่วนต่าง ๆ พบว่ามีการจัดการที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ 80% ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การจัดการชีวมวลในพื้นที่เพาะปลูก (ต้น ใบ)

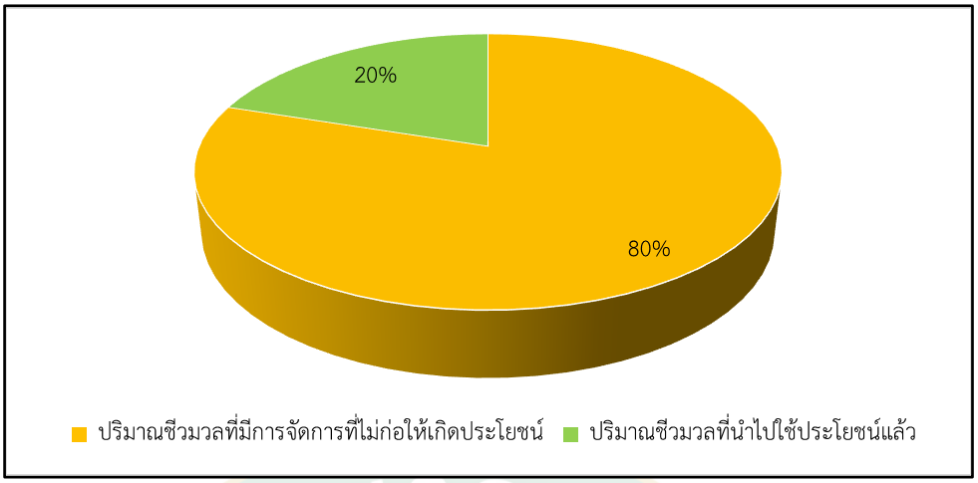
ประเภทการจัดการ	วิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง[*1]	สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้ง (%)[*1]	รวม (%)
ปริมาณชีวมวลที่มีการจัดการที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์	เผาทิ้งในที่โล่ง	21.80	80
	ทิ้งในพื้นที่	33.60	
	ไถกลบ	24.60	
ปริมาณชีวมวลที่นำไปใช้ประโยชน์แล้ว	การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย	19.10	20
	การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง	0.70	
	ขาย	0.20	

[*1](ยินนิตรา, 2563)

และเมื่อวิเคราะห์สัดส่วน พบว่ายังมีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างไม่ถูกวิธี จึงได้ทำการจำแนกตามประเภทการจัดการต่าง ๆ ประกอบไปด้วยการจัดการอย่างไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ และการนำไปใช้ประโยชน์แล้วของเศษวัสดุเหลือทิ้งตามสัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นจริง ดังแสดงในภาพที่ 34-35



ภาพที่ 34 ข้อมูลวิเคราะห์สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูก



ภาพที่ 35 สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูก

ผลการประเมินปริมาณวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการเกิดชีวมวล จากพื้นที่โรงสี และพื้นที่เพาะปลูก พบว่ามีการนำไปใช้ประโยชน์ และปริมาณคงเหลือของชีวมวลที่ยังมีการจัดการอย่างไม่ถูกวิธี ดังนั้นจากปริมาณผลผลิตที่เกิดขึ้น จะมีสัดส่วนของชีวมวลในพื้นที่โรงสี (ซัง เปลือก) ในพื้นที่เพาะปลูก (ต้น ใบ) ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 สัดส่วนชีวมวลต่อมวลผลผลิต

พื้นที่	วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	สัดส่วนชีวมวลที่เกิด (%)
โรงสี	ซัง เปลือก	21.26
เพาะปลูก	ต้น ใบ	74.49

หมายเหตุ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2558) *ผลผลิตเฉลี่ยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภาคเหนือ 694 kg/rai

ดังนั้นเมื่อนำปริมาณที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากการจัดการที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ทั้งในพื้นที่โรงสี และพื้นที่เพาะปลูก มาวิเคราะห์สัดส่วนชีวมวลจากปริมาณผลผลิตที่เกิดขึ้น จะมีปริมาณชีวมวลคงเหลือพื้นที่โรงสี 28.46 kg/rai และพื้นที่เพาะปลูก 413.57 kg/rai ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 สัดส่วนชีวมวลคงเหลือในพื้นที่

พื้นที่	วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ชีวมวลคงเหลือ (kg/rai)
โรงสี	ซัง เปลือก	28.46
เพาะปลูก	ต้น ใบ	413.57

ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิง

การอัดแท่งเชื้อเพลิงวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เกิดขึ้นจริงจากพื้นที่เพาะปลูก และพื้นที่โรงสี จากการอัดแท่งเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก พบว่าการอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ค่าความหนาแน่น 800 kg/m^3 อัตราส่วน 30 % wt. มีการใช้ปริมาณชีวมวลที่มากสุด ในการอัดจึงทำให้สามารถอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ ในการใช้ตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง และปูนขาว แต่ยังพบปัญหาว่าแท่งเชื้อเพลิงที่อัดได้ มีความไม่สมบูรณ์ เนื่องจากเมื่อแท่งเชื้อเพลิงถูกอัดออกมาจากกระบอกอัด มีรอยแตกร้าว และมีความแน่นไม่สม่ำเสมอในแท่งเดียวกัน ส่วนในกรณีตัวประสาน กลีเซอรีน พบว่าแท่งเชื้อเพลิงไม่จับตัวกันแน่น เนื่องจากกลีเซอรีนมีสถานะเป็นของเหลวใส และในขั้นตอนการอัดแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องไฮดรอลิก กลีเซอรีนที่มีสถานะเป็นของเหลวใส ไม่มีการระเหยออกมา จึงทำให้ชีวมวลมีความชื้นมากขึ้น และส่งผลให้ชีวมวลไม่จับตัวกันเป็นแท่ง จากการพิจารณาแล้วแท่งเชื้อเพลิงยังมีความสมบูรณ์ไม่เพียงพอที่จะนำไปทำการทดสอบค่า Density Proximate analysis Ultimate analysis Density และ Heating value ต่อไป ดังแสดงภาคผนวก ข ดังนั้นจึงทำการเปลี่ยนมาอัดแท่งเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่องอัดสกรูมาทำการอัดแท่งเชื้อเพลิง และยังคงอยู่ภายใต้ขอบเขต แบบอัดเย็น โดยผลการอัดแท่งเชื้อเพลิง ประกอบไปด้วย ตัวประสาน 3 ชนิด แป้งมันสำปะหลัง ปูนขาว และกลีเซอรีน ในอัตราส่วนร้อยละ 10% wt. 20% wt. และ 30% wt. ผลการทดลองทำให้ทราบว่าค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ในแต่ละตัวประสาน แต่ละร้อยละอัตราส่วนที่ใช้ ได้ค่าความหนาแน่นเกินค่ามาตรฐาน ในผลการทดลองนี้ จะเป็นการใช้เศษวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากพื้นที่โรงสี ซึ่งประกอบไปด้วย ซังและเปลือกที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 13 และการใช้เศษวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งประกอบไปด้วยต้นและใบที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 13 ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่โรงสี (ซัง เปลือก)

ครั้งที่	ตัวประสาน	อัตราส่วนตัวประสาน (% wt.)	น้ำหนักแท่งเชื้อเพลิง (g)	ความหนาแน่น (kg/m^3)	หมายเหตุ
1	แป้งมันสำปะหลัง	10	204.36	1,040.80	
2		10	205.57	1,046.96	
1		20	197.15	1,004.08	
2		20	215.72	1,098.65	
1		30	222.54	1,133.39	
2		30	198.31	1,009.98	
1	ปูนขาว	10	209.29	1,065.91	
2		10	230.67	1,174.80	
1		20	217.61	1,108.28	
2		20	236.98	1,206.93	
1		30	159.44	812.02	
2		30	174.48	888.62	
1	กลีเซอรีน*[1]	10	126.71	717.03	h = 9 cm
2		10	55.55	707.28	h = 4 cm
1		20	120.43	721.58	h = 8.5 cm
2		20	101.79	740.59	h = 7 cm
1		30	171.13	670.43	h = 13 cm
2		30	58.85	599.44	h = 5 cm

หมายเหตุ : ขนาดแท่งเชื้อเพลิง ความยาว 10 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm

*[1] ในระหว่างการอัดเชื้อเพลิงแท่งด้วยตัวประสานกลีเซอรีนมีการประทุออกมา จึงทำให้แท่งเชื้อเพลิงไม่สามารถอัดตัวเป็นแท่งออกมาได้อย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 14 ผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่เพาะปลูก (ต้น ใบ)

ครั้งที่	ตัวประสาน	อัตราส่วนตัวประสาน (% wt.)	น้ำหนักแท่งเชื้อเพลิง (g)	ความหนาแน่น (kg/m^3)	หมายเหตุ
1		10	267.55	1,362.62	
2		10	247.05	1,258.22	
1	แป้งมัน	20	224.29	1,142.30	
2	สำปะหลัง	20	231.85	1,180.80	
1		30	224.11	1,141.38	
2		30	235.91	1,201.48	
1		10	242.36	1,234.33	
2		10	250.85	1,277.57	
1	ปูนขาว	20	252.10	1,283.93	
2		20	234.56	1,194.60	
1		30	172.33	877.67	
2		30	180.27	918.11	
1		10	116.32	987.35	h = 6 cm
2		10	198.25	917.89	h = 11 cm
1		20	176.02	896.46	h = 10 cm
2	กลีเซอรีน*[1]	20	129.11	876.74	h = 7.5 cm
1		30	182.84	931.20	h = 10 cm
2		30	229.62	974.54	h = 12 cm

หมายเหตุ : ขนาดแท่งเชื้อเพลิง ความยาว 10 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm

*[1] ในระหว่างการอัดเชื้อเพลิงแท่งด้วยตัวประสานกลีเซอรีนมีการประทุออกมา จึงทำให้แท่งเชื้อเพลิงไม่สามารถอัดตัวเป็นแท่งออกมาได้อย่างต่อเนื่อง

จากการทดลองการอัดแท่งเชื้อเพลิงด้วยวัสดุเหลือเหลือทิ้งทางการเกษตรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เกิดขึ้นจริงจากพื้นที่โรงสี และพื้นที่เพาะปลูก มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

พื้นที่โรงสี พบว่าในอัตราส่วนที่ให้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่ดีที่สุดของ โดยใช้ตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วน 30% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 1,071.68 kg/m^3 ที่อัตราส่วน 20% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 1,051.36 kg/m^3 และที่อัตราส่วน 10% wt. มีค่าความ

หนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 1,043.88 kg/m^3 ตามลำดับ ตัวประสานปูนขาว ที่อัตราส่วน 20% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 1,157.60 kg/m^3 ที่อัตราส่วน 10% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 1,120.35 kg/m^3 และที่อัตราส่วน 30% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 850.32 kg/m^3 ตามลำดับ ตัวประสานกลีเซอรีน ที่อัตราส่วน 20% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 731.80 kg/m^3 ที่อัตราส่วน 10% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 712.15 kg/m^3 และที่อัตราส่วน 30% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 634.93 kg/m^3 ตามลำดับ

พื้นที่เพาะปลูก พบว่าในอัตราส่วนที่ให้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยที่ดีที่สุด โดยการใช้ตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วน 10% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 1,310.42 kg/m^3 ที่อัตราส่วน 30% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 1,171.43 kg/m^3 และที่อัตราส่วน 20% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 1,161.55 kg/m^3 ตามลำดับ ตัวประสานปูนขาว ที่อัตราส่วน 20% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 1,239.26 kg/m^3 ที่อัตราส่วน 10% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 1,255.95 kg/m^3 และที่อัตราส่วน 30% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 897.89 kg/m^3 ตามลำดับ ตัวประสานกลีเซอรีน ที่อัตราส่วน 30% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 952.87 kg/m^3 ที่อัตราส่วน 10% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 952.62 kg/m^3 และที่อัตราส่วน 20% wt. มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 886.60 kg/m^3 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1. การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate analysis)

การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate analysis) จากการทดลอง พบว่าค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ค่าที่เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่ดี จึงได้ทำการเลือกค่าความหนาแน่นสูงสุดจากพื้นที่โรงสี และพื้นที่เพาะปลูกจากการทดลองทั้งหมด 57 ค่าการทดลองไปทำการทดสอบการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ จากพื้นที่โรงสีเป็นจำนวน 3 ตัวอย่าง และพื้นที่เพาะปลูก 3 ตัวอย่าง รวมเป็นจำนวน 6 ตัวอย่าง โดยพื้นที่โรงสี พบว่าแท่งเชื้อเพลิง (ซังผสมเปลือก) ที่ใช้ตัวประสานกลีเซอรีน พบว่าธาตุซัลเฟอร์ (Sulfur : S) มีปริมาณมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.046±0.002% wt. ขณะที่มีปริมาณธาตุซัลเฟอร์ในตัวประสานชนิดอื่น ๆ มีปริมาณน้อยมาก และในพื้นที่เพาะปลูก พบว่าแท่งเชื้อเพลิง (ต้นผสมใบ) ที่ใช้ตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง พบว่าธาตุซัลเฟอร์ (Sulfur : S) มีปริมาณมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.058±0.002% wt. ขณะที่มีปริมาณธาตุซัลเฟอร์ในตัวประสานชนิดอื่น ๆ มีปริมาณน้อยมาก โดยค่ามาตรฐานที่ควรจะมีค่าซัลเฟอร์ (Sulfur : S) ไม่เกิน 2% ได้จากการทดสอบด้วยวิธีการ In-house method refer to WI-RES-CHNS/O-002 ดังแสดงในตารางที่ 15-16

ตารางที่ 15 คุณสมบัติทางเคมีแบบละเอียดของแท่งเชื้อเพลิง (ซัง เปลือก)

ตัวประสาน	ผลการทดสอบ ± SD				
	ไนโตรเจน (% wt.)	คาร์บอน (% wt.)	ไฮโดรเจน (% wt.)	ซัลเฟอร์ (% wt.)	ออกซิเจน (% wt.)
แป้งมันสำปะหลัง*[1]	0.413±0.010	43.459±0.248	5.997±0.026	0.024±0.001	45.455±0.221
ปูนขาว*[2]	0.275±0.005	36.616±0.021	5.314±0.021	0.019±0.000	40.404±0.625
กลีเซอรีน*[3]	0.499±0.025	38.131±0.107	6.129±0.087	0.046±0.002	41.718±0.790

*SD = Standard deviation *[1]20% wt. *[2]20% wt. *[3]10% wt.

ตารางที่ 16 คุณสมบัติทางเคมีแบบละเอียดของแท่งเชื้อเพลิง (ต้น ใบ)

ตัวประสาน	ผลการทดสอบ ± SD				
	ไนโตรเจน (% wt.)	คาร์บอน (% wt.)	ไฮโดรเจน (% wt.)	ซัลเฟอร์ (% wt.)	ออกซิเจน (% wt.)
แป้งมันสำปะหลัง*[1]	0.681±0.013	40.236±0.084	5.790±0.054	0.058±0.002	41.826±0.394
ปูนขาว*[2]	0.639±0.008	34.004±0.053	4.900±0.033	0.052±0.002	38.404±0.765
กลีเซอรีน*[3]	0.385±0.010	42.791±0.064	6.106±0.021	0.024±0.001	42.991±0.381

*SD = Standard deviation *[1]30% wt. *[2]10% wt. *[3]30% wt.

2. การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis)

การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) ของแท่งเชื้อเพลิงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากการทดลอง พบว่าค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ค่าที่เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่ดี จึงได้ทำการเลือกค่าความหนาแน่นที่ดีที่สุดจากพื้นที่โรงสี และพื้นที่เพาะปลูกจากการทดลองทั้งหมด 57 ค่าการทดลองไปทำการทดสอบการวิเคราะห์แบบประมาณ จากพื้นที่โรงสี เป็นจำนวน

3 ตัวอย่าง และพื้นที่เพาะปลูก 3 ตัวอย่าง รวมเป็นจำนวน 6 ตัวอย่าง พบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ทำการเลือกไปวิเคราะห์แบบประมาณ ตามมาตรฐาน ASTM D3172 พบว่าค่าสาระเหยของแท่งเชื้อเพลิงสามารถระเหยได้ในของเสีย เมื่อได้รับความร้อนของเสียจะมีปริมาณสารระเหยสูง และมีแนวโน้มที่ของค่าความร้อนจะสูงตามอีกด้วย ในพื้นที่โรงสี และพื้นที่เพาะปลูกมีค่าสาระเหยที่สูง ซึ่งค่าที่สูงที่สุดได้แก่ แท่งเชื้อเพลิง (ซังผสมเปลือก) โดยใช้ตัวประสานปูนขาว มีปริมาณสาระเหยถึงร้อยละ 79.82 คาร์บอนคงตัวควรมีค่าสูง ซึ่งแท่งเชื้อเพลิง (ต้นผสมใบ) โดยใช้ตัวประสานกลีเซอรีน ให้ค่าคาร์บอนคงตัวอยู่ที่ร้อยละ 26.12 เถ้า ควรมีปริมาณต่ำ ซึ่งแท่งเชื้อเพลิง (ซังผสมเปลือก) โดยใช้ตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง ให้ปริมาณต่ำที่สุดร้อยละ 1.16 และความชื้นควรมีปริมาณต่ำเช่นกัน ซึ่งแท่งเชื้อเพลิง (ซังผสมเปลือก) โดยใช้ตัวประสานปูนขาว ให้ปริมาณที่ต่ำที่สุดที่ร้อยละ 3.01 ดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 องค์ประกอบทางเคมีแบบประมาณ (ร้อยละ) แท่งเชื้อเพลิง

พื้นที่	ตัวประสาน	อัตราส่วนตัวประสาน (% wt.)	องค์ประกอบทางเคมีแบบประมาณ (ร้อยละ)			
			สาระเหย	คาร์บอนคงตัว	เถ้า	ความชื้น
โรงสี[*1]	แป้งมันสำปะหลัง	20	76.57	16.23	1.16	6.04
	ปูนขาว	20	79.82	3.20	13.98	3.01
	กลีเซอรีน	10	73.76	16.27	3.69	6.28
เพาะปลูก[*2]	แป้งมันสำปะหลัง	30	58.53	24.18	8.65	8.65
	ปูนขาว	10	66.82	5.73	22.30	5.15
	กลีเซอรีน	30	64.92	26.12	3.44	5.52

[*1]ซังผสมเปลือก [*2]ต้นผสมใบ

3. การวิเคราะห์ค่าความร้อนแท่งเชื้อเพลิง

ค่าความร้อนแท่งเชื้อเพลิง (Heating value) จากการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ แล้วได้ทดสอบค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงผสมกับตัวประสานแต่ละชนิด เป็นจำนวน 6 ตัวอย่าง จากแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่โรงสีมีค่าความร้อนที่สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ และมีค่าความร้อนสูงสุด โดยจาการใช้ตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนร้อยละ 20 โดยมวล มีปริมาณ 14.10 MJ/kg และพื้นที่เพาะปลูกค่าความร้อนที่สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ และมีค่าความร้อน

สูงสุด โดยจากการใช้ตัวประสานกลีเซอรีน ในอัตราส่วนร้อยละ 20 โดยมวล มีปริมาณ 14.45 MJ/kg ดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ค่าความร้อนแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

พื้นที่	ตัวประสาน	อัตราส่วนตัวประสาน (% wt.)	ค่าความร้อน ± SD[*1] (MJ/kg)	
			ความร้อนสูง	ความร้อนต่ำ
โรงสี[*2]	แป้งมันสำปะหลัง	20	15.39	14.10
	ปูนขาว	20	12.96	11.82
	กลีเซอรีน	10	14.42	13.11
เพาะปลูก[*3]	แป้งมันสำปะหลัง	30	14.64	13.39
	ปูนขาว	10	11.83	10.78
	กลีเซอรีน	30	15.76	14.45

[*1]SD = Standard deviation [*2]ซังผสมเปลือก [*3]ต้นผสมใบ

สัดส่วนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากการวิเคราะห์สัดส่วน และทราบวัสดุเหลือทิ้งจากวิธีการกำจัดอย่างไม่ถูกวิธีแล้ว ได้นำมาทำการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ด้วยตัวประสานทั้ง 3 ชนิด ประกอบไปด้วย แป้งมันสำปะหลัง ปูนขาว และกลีเซอรีน จากผลการทดลองจึงได้ทำการเลือกสัดส่วนที่มีค่าความร้อนแท่งเชื้อเพลิงที่สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ที่สูงที่สุด พบว่าแท่งเชื้อเพลิง (ซังผสมเปลือก) มีค่าความร้อนสูงที่สุดในอัตราส่วน 20% wt. จากการใช้ตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง และแท่งเชื้อเพลิง (ต้นผสมใบ) มีค่าความร้อนสูงที่สุด ในอัตราส่วน 30% wt. จากการใช้ตัวประสานกลีเซอรีน ดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 สัดส่วนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

พื้นที่	ชนิดชีวมวล	ชีวมวล (kg) : เชื้อเพลิงอัดแท่ง (kg)
โรงสี	ซัง เปลือก	1 : 1.2
เพาะปลูก	ต้น ใบ	1 : 1.3

ศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากผลการวิเคราะห์สัดส่วนที่ให้ค่าความหนาแน่นดี และให้ค่าความร้อนสูง จากนั้นจึงนำสัดส่วนที่ได้มาวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่าในพื้นที่ภาคเหนือมีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 649 kg/rai โดยแบ่งเป็น 2 พื้นที่ ประกอบด้วย พื้นที่โรงสี มีสัดส่วนการเกิด ซัง และเปลือก 21.26% มีปริมาณชีวมวลที่มีการจัดการที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ 19.29% จากนั้นนำมาผลิตแท่งเชื้อเพลิงในสัดส่วนชีวมวลต่อเชื้อเพลิงอัดแท่ง 1 kg : 1.2 kg พบว่าชีวมวลคงเหลือมีศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 106,560.67 ton และพื้นที่เพาะปลูก มีสัดส่วนการเกิด ต้น และใบ 74.49% มีปริมาณชีวมวลที่มีการจัดการที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ 80% จากนั้นนำมาผลิตแท่งเชื้อเพลิงในสัดส่วนชีวมวลต่อเชื้อเพลิงอัดแท่ง 1 kg : 1.3 kg พบว่าชีวมวลคงเหลือมีศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 1,677,457.41 ton ดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ศักยภาพปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จังหวัด	พื้นที่เก็บเกี่ยว 2561/62 (rai)*[1]	ศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง (ton)	
		พื้นที่โรงสี	พื้นที่เพาะปลูก
สุโขทัย	61,777	2,109.91	33,213.73
อุตรดิตถ์	200,746	6,856.19	107,928.88
พิษณุโลก	301,682	10,303.52	162,196.02
ตาก	588,059	20,084.32	316,163.47
ลำพูน	75,521	2,579.31	40,603.04
น่าน	628,322	21,459.44	337,810.43
ลำปาง	212,843	7,269.35	114,432.70
แม่ฮ่องสอน	99,171	3,387.04	53,318.20
พะเยา	143,443	4,899.09	77,120.55
เชียงใหม่	226,302	7,729.02	121,668.79
เชียงราย	327,119	11,172.28	175,871.94
แพร่	255,059	8,711.18	137,129.67
รวม	**3,120,044**	**106,560.67**	**1,677,457.41**

*[1]สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ศักยภาพการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากการประเมินศักยภาพของการผลิตชีวมวลในประเทศไทย พบว่ามีศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือทิ้งที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์แล้ว แสดงดังตารางที่ 21 และในภาคเหนือ พบว่าปริมาณชีวมวลอัดแท่งทั้งหมดจากเศษวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่โรงสี มีศักยภาพพลังงานปริมาณ 1,502.51 TJ และพื้นที่เพาะปลูก มีศักยภาพพลังงานปริมาณ 24,239.26 TJ ดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 21 ผลการประเมินศักยภาพชีวมวลแต่ละชนิด

ชนิดชีวมวล	ศักยภาพพลังงาน (TJ)
ซัง	10,545.09
ลำต้น	49,768.34

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน)

ตารางที่ 22 ศักยภาพพลังงานชีวมวลเชิงพื้นที่

จังหวัด	**พื้นที่เก็บเกี่ยว 2561/62 (rai)*[1]**	**ศักยภาพพลังงาน (TJ)**	
		พื้นที่โรงสี*[2]	**พื้นที่เพาะปลูก*[3]**
สุโขทัย	61,777	29.75	479.94
อุตรดิตถ์	200,746	96.67	1,559.57
พิษณุโลก	301,682	145.28	2,343.73
ตาก	588,059	283.19	4,568.56
ลำพูน	75,521	36.37	586.71
น่าน	628,322	302.58	4,881.36
ลำปาง	212,843	102.50	1,653.55
แม่ฮ่องสอน	99,171	47.76	770.45
พะเยา	143,443	69.08	1,114.39
เชียงใหม่	226,302	108.98	1,758.11
เชียงราย	327,119	157.53	2,541.35
แพร่	255,059	122.83	1,981.52
รวม	**3,120,044**	**1,502.51**	**24,239.26**

*[1]สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร *[2]ค่าความร้อน 14.10 MJ/kg *[3]ค่าความร้อน 14.45 MJ/kg

ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากศักยภาพการผลิตวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และนำไปใช้ประโยชน์ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงแล้ว จากนั้นนำมาทำการเปรียบเทียบอัตราการบริโภคชีวมวลในการผลิตไฟฟ้าขนาด 1 MW ดังแสดงในตารางที่ 23 โดยปริมาณเชื้อเพลิงอัดแท่งจากพื้นที่โรงสี จำนวน 106,560.67 ton/year และเชื้อเพลิงอัดแท่งจากพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 1,677,457.41 ton/year รวมเป็นจำนวน 1,784,018.08 ton/year สามารถนำไปผลิตเป็นไฟฟ้าได้ปริมาณ 134.97 MW/year จากทั้ง 2 พื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 23 อัตราการบริโภคชีวมวลในการผลิตไฟฟ้าขนาด 1 MW

ประเภทชีวมวล	Ton/year/MW
แกลบ	9,600
ลำต้นข้าวโพด	13,200
ชานอ้อย	17,600
เศษไม้ยางพารา	19,700
ฟางข้าว	10,500
เหง้ามันสำปะหลัง (สด)	23,600
ซังข้าวโพด	13,500

หมายเหตุ : คิดค่าประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ 20%
(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน)

ตารางที่ 24 กำลังการผลิต ระบบผลิตไฟฟ้า (ไอน้ำ)

พื้นที่	เชื้อเพลิงอัดแท่ง (ton)	อัตราการใช้เชื้อเพลิง (ton/MW)	กำลังการผลิตไฟฟ้า (MW/year)
โรงสี	106,560.67	13,500	7.89
เพาะปลูก	1,677,457.41	13,200	127.08
รวม	**1,784,018.08**	**26,700**	**134.97**

ผู้วิจัยจึงได้นำปริมาณการเกิดวัสดุเหลือทิ้งที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ และยังเป็นสาเหตุของมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม มาพิจารณาให้เป็นศักยภาพทางพลังงานทดแทนด้านต่าง ๆ ตามขอบเขตของงานวิจัยที่ได้กำหนดไว้ เพื่อเป็นแนวทางลดการเกิดก๊าซเรือนกระจก และเป็นแนวทางในการเพิ่มอาชีพ รายได้ ให้กับเกษตรกรในพื้นที่

ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลพื้นที่ 12 จังหวัดภาคเหนือ ประกอบไปด้วย พื้นที่โรงสี และพื้นที่เพาะปลูก พบว่าศักยภาพพลังงานความร้อนจากการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ดังนั้นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิงชีวมวล และถ่านหิน เพื่อให้ทราบถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้น จะทำการพิจารณาจาก ปริมาณของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด ในปริมาณที่เท่ากัน โดยหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำ CO_2 factor ของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก 0.046 $kgCO_{2eq}$/kWh และการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1.022 $kgCO_{2eq}$/kWh พบว่าจากการใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวลมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่น้อยกว่าการใช้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน คิดเป็นปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 131,734.12 $kgCO_{2eq}$ ดังแสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าภาคเหนือ

พื้นที่	GHG EF ($kgCO_{2eq}$/kWh)		ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($kgCO_{2eq}$/year)
	ชีวมวล	ถ่านหิน	
โรงสี	363.10	8,067.04	7,703.94
เพาะปลูก	5,845.68	129,875.87	124,030.18
รวม			**131,734.12**

หมายเหตุ : พิจารณาที่ปริมาณการผลิตไฟฟ้าเท่ากัน 134.97 MW

จากการวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าเมื่อนำวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประกอบด้วยพื้นที่โรงสีพื้นที่เพาะปลูกมาทำการจัดการแบบถูกวิธี เช่น การอัดแท่งเชื้อเพลิงและนำไปต่อยอดด้วยการส่งเสริมใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า จะสามารถช่วยลดการเกิดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์ถึงความคุ้มค่าในการลงทุน โดยเป็นการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่าย และรายรับผลประโยชน์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบการลงทุน จะก่อให้เกิดผลประโยชน์ที่มีความคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ ซึ่งการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะเน้นถึงประโยชน์สูงสุดจากการใช้เศษวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จะทำการวิเคราะห์เฉพาะเงื่อนไขของการทดลองที่ให้ค่าความร้อนแท่งเชื้อเพลิงดีที่สุด จากนั้นนำสัดส่วนที่ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงมาวิเคราะห์ปริมาณตัวประสาน วัตถุดิบที่ต้องใช้ เพื่อหาต้นทุน และผลกำไร จากนั้นจะนำมาวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 26

ตารางที่ 26 วิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

รายการ	จำนวน	รายการ	จำนวน	หน่วย
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในพื้นที่เพาะปลูก (ต้น ใบ)		**การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในพื้นที่โรงสี (ซัง เปลือก)**		
ข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณา		**ข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณา**		
กำลังการผลิต	800	กำลังการผลิต	800	kg/day
จำนวนวันในการดำเนินงาน	240	จำนวนวันในการดำเนินงาน	240	day/year
แรงงาน	2	แรงงาน	2	person/day
ปริมาณวัตถุดิบ (ต้น ใบ)	640	ปริมาณวัตถุดิบ (ซัง เปลือก)	640	kg/day
แป้งมันสำปะหลัง	160	แป้งมันสำปะหลัง	160	kg/day
ราคาแป้งมันสำปะหลัง	20	ราคาแป้งมันสำปะหลัง	20	baht/kg
ราคาชีวมวล	0.65	ราคาชีวมวล	0.60	baht/kg
ราคาขายเชื้อเพลิงชีวมวล	6	ราคาขายเชื้อเพลิงชีวมวล	6	baht/kg
ค่าแรง	325	ค่าแรง	325	baht/person
ค่าไฟเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง	8.80	ค่าไฟเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง	8.80	baht/day
ค่าไฟเครื่องบดย่อย	17.60	ค่าไฟเครื่องบดย่อย	17.60	baht/day
ค่าบำรุงรักษา 5% ของเงินลงทุน	49.06	ค่าบำรุงรักษา 5% ของเงินลงทุน	49.06	baht/day

รายการ	จำนวน	รายการ	จำนวน	หน่วย
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในพื้นที่เพาะปลูก (ต้น ใบ)		**การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในพื้นที่โรงสี (ซัง เปลือก)**		
ราคาเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง	200,000	ราคาเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง	200,000	baht/piece
ราคาเครื่องบดย่อย	35,500	ราคาเครื่องบดย่อย	35,500	baht/piece
ค่าใช้จ่ายคงที่		**ค่าใช้จ่ายคงที่**		
ราคาเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง	200,000	ราคาเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง	200,000	baht/piece
ราคาเครื่องบดย่อย	35,500	ราคาเครื่องบดย่อย	35,500	baht/piece
รวม	235,500	รวม	235,500	baht
ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อปี		**ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อปี**		
แรงงาน	156,000	แรงงาน	156,000	baht/year
ปริมาณวัตถุดิบ (ต้น ใบ)	99,840	ปริมาณวัตถุดิบ (ซัง เปลือก)	92,160	baht/year
แป้งมันสำปะหลัง	768,000	แป้งมันสำปะหลัง	768,000	baht/year
ค่าไฟเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง (หน่วยละ 3.25 baht)	2,112	ค่าไฟเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง	2,112	baht/year
ค่าไฟเครื่องบดย่อย (หน่วยละ 3.25 baht)	4,224	ค่าไฟเครื่องบดย่อย	4,224	baht/year
ค่าบำรุงรักษา 5% ของเงินลงทุน	11,775	ค่าบำรุงรักษา 5% ของเงินลงทุน	11,775	baht/year
รวม	1,041,951	รวม	1,034,271	baht/year
รายรับต่อปี		**รายรับต่อปี**		
เชื้อเพลิงชีวมวล	1,152,000	เชื้อเพลิงชีวมวล	1,152,000	baht/year
ผลกำไรต่อปี		**ผลกำไรต่อปี**		
รายรับต่อปี – ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อปี	110,049	รายรับต่อปี – ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อปี	117,729	baht/year

รายการ	จำนวน	รายการ	จำนวน	หน่วย
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในพื้นที่เพาะปลูก (ต้น ใบ)		**การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในพื้นที่โรงสี (ซัง เปลือก)**		
ระยะเวลาคืนทุน		**ระยะเวลาคืนทุน**		
ผลกำไรต่อปี / ค่าใช้จ่ายคงที่	2.14	ผลกำไรต่อปี / ค่าใช้จ่ายคงที่	2.00	year

จากการวิเคราะห์ต้นทุนวัตถุดิบ และตัวประสาน พบว่าวัตถุดิบต้น และใบ มีค่าใช้จ่ายผันแปรต่อปี 1,041,951 baht/year และวัตถุดิบซัง และเปลือก มีค่าใช้จ่ายผันแปรต่อปีน้อยกว่าอยู่ที่ 1,034,271 baht/year ผลกำไรต่อปีของวัตถุดิบต้น และใบอยู่ที่ 110,049 baht/year ซึ่งวัตถุดิบซัง และเปลือกมีผลกำไรมากกว่าอยู่ที่ 117,729 baht/year ดังนั้นจากการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน พบว่า มีระยะเวลา 2.14 year และ 2 year ตามลำดับ ซึ่งสรุปได้ว่าวัตถุดิบที่ใช้เศษวัสดุเหลือทิ้งจากซัง และเปลือก มีค่าใช้จ่ายผันแปรที่ต่ำกว่า และมีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่าจึงเหมาะแก่การลงทุนต่อไป

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการประเมินการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่ง จากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน ซึ่งสามารถสรุปผลงานวิจัยได้ดังต่อไปนี้

จากการลงพื้นที่ภาคเหนือ 12 จังหวัด พบว่ามีปริมาณของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ในพื้นที่โรงสี 19.29% และในส่วนของพื้นที่เพาะปลูก 80% จากการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เกิดขึ้นภาคเหนือ 694 kg/rai พบว่าในพื้นที่โรงสีมีชีวมวลคงเหลือที่ยังไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ 28.46 kg/rai จากผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงซังผสมเปลือก ผลการทดลองที่ดีที่สุดด้วยตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง อัตราส่วน 20% มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 996 kg/m^3 มีค่าความร้อน 14.10 MJ/kg ดังนั้นในพื้นที่โรงสีมีศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 106,560.57 ton/year มีศักยภาพพลังงาน 1,502.51 TJ/year และมีกำลังการผลิตไฟฟ้า 7.89 MW/year ยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 7,703.94 $kgCO_{2eq}$/year และในส่วนของพื้นที่เพาะปลูกมีชีวมวลคงเหลือที่ยังไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ 413.57 kg/rai จากผลการอัดแท่งเชื้อเพลิงต้นผสมใบ ผลการทดลองที่ดีที่สุดด้วยตัวประสานกลีเซอรีน อัตราส่วน 30% มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1,011.22 kg/m^3 มีค่าความร้อน 14.45 MJ/kg ดังนั้นในพื้นที่เพาะปลูกมีศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 1,677,457.41 ton/year มีศักยภาพพลังงาน 24,239.26 TJ/year และมีกำลังการผลิตไฟฟ้า 127.08 MW/year ยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 124,030.18 $kgCO_{2eq}$/year ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าหากมีการลงทุนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จะมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 2-2.14 year

ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัย และพัฒนาที่ผ่านมา เกี่ยวกับศักยภาพเชิงปริมาณ และเชิงพลังงานของวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในส่วนของการวิเคราะห์ทางทฤษฎี การทดลองอัดแท่งเชื้อเพลิง การพัฒนาอัตราส่วนที่มีความเหมาะสม พบประเด็นความน่าสนใจในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม ดังตัวอย่าง

1. การศึกษาผลกระทบจากกระบวนการอัดแท่งเชื้อเพลิง (อุณหภูมิ ความดัน เวลา อัตราการผลิต)

2. การสำรวจศักยภาพ และปริมาณชีวมวล นอกเหนือจากแหล่งหลัก ที่เหลือใช้ เพื่อนำมาสาธิตเป็นพลังงานใช้ในระดับชุมชน และครัวเรือน ที่สามารถทำใช้เองได้จริง รวมถึงพัฒนาองค์ความรู้ในด้านเทคโนโลยีพลังงาน จากวัสดุเหลือใช้ ในระดับชุมชนที่สามารถเข้าถึงได้

บรรณานุกรม

Aransiola, EF, Oyewusi, TF, Osunbitan, JA และ Ogunjimi, LAO. 2019. Effect of binder type, binder concentration and compacting pressure on some physical properties of carbonized corncob briquette. **Energy Reports**,5(1), 909-918.

New Thai. 2560. **กระทรวงพลังงานส่งเสริมพลังงานทดแทนจากชีวมวลเตรียมพัฒนาใช้มากขึ้นในประเทศไทย.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://news-thai.com/2017/04/07/ (10 ธันวาคม 2562)

Sasujit, K., Sanpinit, W., Wongrin, N. & Dussadee, N. 2015. Study of Process Densification of Corn Cob and Corn Husk Briquettes by Cold Extrusion Technique Using Starch with Lime Mixed as Binder. **Thaksin University Journal**, 18(1), 5-14.

Thoreson, C.P., Webster, K.E., Darr, M.J. & Kapler, E.J. 2014. Investigation of Process Variables in the Densification of Corn Stover Briquettes. **Journal of Energies,** 7, 4019-4032.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2561. **แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558–2579.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dede.go.th/download/Files/AEDP2015_Final_version.pdfr

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2561. **คู่มือพลังงานชีวมวล การถ่ายทอดสด และเผยแพร่การใช้พลังงานชีวมวล.** ครั้งที่ 1 ม.ป.ท.: ส.พ.พ.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555. **แนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน.** แหล่งที่มา http://webintra.diw.go.th/

กฤติย์ภรณ์ ตรังคประสิทธิ์. 2553. **โครงการการเพิ่มค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากทางใบและเปลือกนอกต้นปาล์มน้ำมัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กิตติศักดิ์ ศรีวงค์ษา, ไพโรจน์ ผาสุวรรณ์, สุนันทศักดิ์ ระวังวงศ์, และวราภรณ์ นิสสภา. 2562. **การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงไฟฟ้าแก๊สชีวมวลจากเชื้อเพลิงแกลบผสมกับ กลีเซอรีนขนาด 100 kW_e,** 16(2), 41-48.

จอมภพ แววศักดิ์, พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร, ยุทธนา ฎิระวณิชย์กุล, และกำพล ประทีปชัยกูร. 2555. **คุณลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีน,** 15(1), 24-32.

ณัฏฐ์กิตต์ ก้อยผ่านกิจ, นิกราน หอมดวง, เจนจิรา อุตเรือน, เสริมสุข บัวเจริญ, และณัฐวุฒิ ดุษฎี.

2560. **การศึกษากระบวนการผลิตและการวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากถั่วแระ,** 13(1), 292-298.

ณิชชา บูรณสิงห์. 2562. ซังข้าวโพด : **เชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อสิ่งแวดล้อม.** เอกสารวิชาการอิเล็กทรอนิกส์. สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร.

ณฐมน ดีปะติ. 2551. **การผลิตและการพัฒนากระบวนการทำให้บริสุทธิ์ของกลีเซอรีนที่ได้จากกากของเสียโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ธนาพล ตันติสัตยกุล, กะชามาศ สายดำ, สุจิตรา ภูส่งสี, และศิวพร เงินเรืองโรจน์. 2558. **การศึกษาความเหมาะสมการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด,** 23(5), 754-773.

นคร ทิพยาวงศ์. 2558. **เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม.** พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นริศ ชุดสว่าง. 2556. **การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ตำบลเกวียนหัก อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกูล. 2557**. การผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตรและครัวเรือน,** 6(11), 66-77.

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี. 2553. **การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย.** น. 34-35. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. รายงานฉบับสมบูรณ์การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

บริษัท ชวโชติ จำกัด. 2562. **คู่มือการใช้งาน.** [เอกสารอัดสำเนา]. ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

พัชรี อินธนู, สิรินยา ใสเอ้ย, และพิชญพร กลับกลาย. 2562. **ผลของอุณหภูมิคาร์บอไนซ์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนของเชื้อเพลิงแท่งจากกากปาล์มสาคูที่มี กลีเซอรีนเป็นตัวเชื่อมประสาน,** 12(2), 25-35.

ภานุวัฒน์ ไถ้บ้านกวย. 2551. **โครงการปัญหาพิเศษการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากมะพร้าว สาขาอุตสาหกรรมและวิศวกรรม.** มหาวิทยาลัยมหิดล.

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2564. **แป้งมันสำปะหลัง.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://tapiocathai.org/Mainpage.html (27 สิงหาคม 2564).

รัชนีวรรณ กลิ่นเกษร. 2562. **การผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากชีวมวลผสานด้วยตะกอนน้ำมันดิบที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ.** วิทยาศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

รองศาสตราจารย์ ดร. นคร วรสุวรรณรักษ์. 2558. **การอบรมเชิงปฏิบัติการ "เทคโนโลยีการผลิต**

เชื้อเพลิงจากชีวมวลสำหรับภาคอุตสาหกรรม" ครั้งที่1. คณะบัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม.

รองศาสตราจารย์ ดร. สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และคณะ 2553. **โครงการการลดหมอกปัญหาหมอกควันและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกษตรแบบครบวงจรพื้นที่สูง** กระทรวงวิทยาศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 24(1),51

วารสารเครื่องกดไฮดรอลิกส์. 2556. **เครื่องกดไฮดรอลิกส์.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.wellonmachinery.en.made-in-china.com (17 ธันวาคม 2562)

วิกิพีเดีย. 2564. **ปูนขาว.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://th.wikipedia.org/wiki/ปูนขาว

วีระ พันอินทร์. 2561. **การพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากการผลิตร่วมถ่านซังข้าวโพดกับถ่านหินลิกไนต์เหลือทิ้งคุณภาพต่ำ.** วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 23(1), 146-163.

วีรนุช วีระวงศ์. 2559. **การศึกษาค่าความร้อนสำหรับเคราฤษีเพื่อเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วัชราภรณ์ ยุบลเขต และ ดร.ดาริวรรณ เศรษฐีธรรม. 2017. **เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากขยะเศษใบไม้ที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องอัด และอัดด้วยมือ,** 17(4), 85-96.

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2532. **เครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://osit.psu.ac.th/th/ (13 มีนาคม 2564)

มูลนิธิเกษตรรักษ์สิ่งแวดล้อม (ประเทศไทย). 2560. **สถานการณ์การเผาและแนวทางจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร.** พิมพ์ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ม.ป.พ.

ยินนิตรา คำนึงผล. 2563. **การประเมินการกักเก็บและลดการปลดปล่อยคาร์บอนจากการจัดการวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2558. **โครงการการประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในภาคเหนือ**, 18(2)5-6.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. พื้นที่เก็บเกี่ยว. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.oae.go.th/ (10 พฤษภาคม 2564)

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2562. **การคำนวณปริมาณการก๊าซเรือนกระจก.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.tgo.or.th/2015/thai/content.php?s1=10&s2=171 (21 ธันวาคม 2562).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสอบถาม

โครงการการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน

แบบสอบถามข้อมูลการจัดการสำหรับผู้ประกอบการสีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามมีทั้งหมด 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง

<u>สำหรับเจ้าหน้าที่ผู้เก็บข้อมูล</u> วันที่เก็บข้อมูล...../...../.....

ผู้เก็บข้อมูล .....เบอร์โทรศัพท์ .....ลงนาม.....

ผู้ตรวจสอบข้อมูล .....เบอร์โทรศัพท์ .....ลงนาม.....

(สอบถามเพิ่มเติม ผศ.ดร.ธเนศ ไชยชนะ 0815406768)

<u>ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม</u>

1.1 ผู้ตอบแบบสอบถาม

ชื่อ – นามสกุล (นาย/นาง/นางสาว).....

ชื่อสถานประกอบการ.....

ตำแหน่งผู้ตอบแบบสอบถาม ☐ เจ้าของสถานประกอบการ ☐ หัวหน้างาน ☐ อื่น ๆ ....

1.2 สถานที่ติดต่อ บ้านเลขที่.....หมู่บ้าน.....หมู่ที่.....ตำบล.....

อำเภอ.....จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์..... .....

เบอร์โทรศัพท์ ..... E-mail (ถ้ามี).....

1.3 ปริมาณผลผลิต ปริมาณผลผลิตที่ได้ (กำลังการผลิต) .....(ตัน/วัน)

<u>ส่วนที่ 2 ข้อมูลการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง</u>

สำหรับผู้ประกอบการ ซังข้าวโพด/เปลือกข้าวโพด หลังการสี (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

การจัดการ	สัดส่วน (ร้อยละ)	หมายเหตุ
☐ เผาทิ้ง		
☐ ทิ้งในพื้นที่สีข้าวโพด		
☐ ใช้เป็นเชื้อเพลิง		
☐ ทำเป็นปุ๋ย		
☐ ผลิตเป็นถ่าน		
☐ ขาย		ราคาขาย .....บาท/ตัน (.....บาท/รถบรรทุก.....ล้อ)
☐ อื่น ๆ.....		
☐ อื่น ๆ.....		

ปัญหาและข้อเสนอแนะในการจัดการ

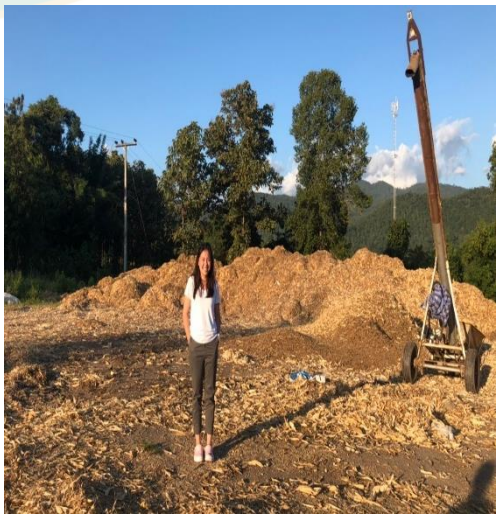
.....

.....

ภาคผนวก ข

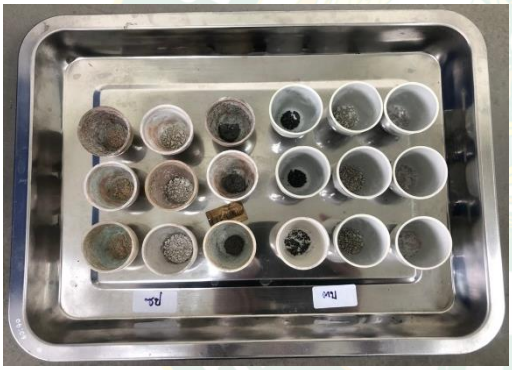
รูปภาพการทำงาน

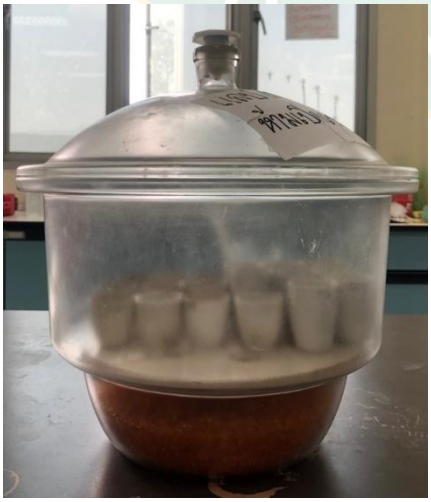
วัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

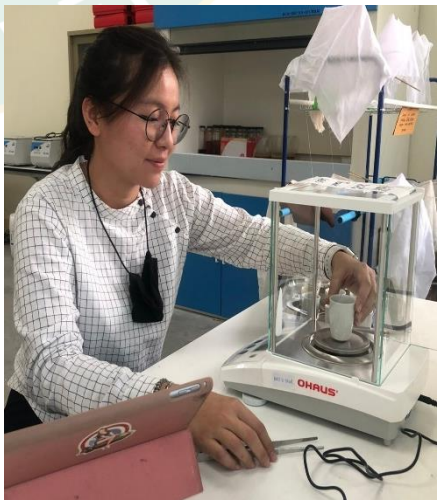


การทดลองอัดแท่งเชื้อเพลิง

การทดสอบค่า Proximate analysis







ผลการทดลองด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก

ภาคผนวก ค

ผลทดสอบองค์ประกอบทางกายภาพและธาตุเคมี

สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110
โทรศัพท์ 07428 6904-7, 07428 6910, 089734 2482, 084407 1732
อีเมล osit@group.psu.ac.th เว็บไซต์ http://osit.psu.ac.th

F-RES-T-003 ฉบับที่ 0 บังคับใช้ 02/01/63

รายงานผลการทดสอบ

เลขที่รายงาน:	R2034/64	**หน้า:**	1 / 2
วันที่ออกรายงาน:	19 เมษายน 2564	**วันที่รับตัวอย่าง:**	9 เมษายน 2564
เลขที่ใบขอใช้บริการฯ:	2715/64		
ชื่อและที่อยู่ลูกค้า:	นางสาวจุฬา สินไพบูลย์ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 ม.4 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290		
ผู้ทดสอบ:	นางสาวทรงสุดา พรหมทอง		
วันที่ทำการทดสอบ:	13-15 เมษายน 2564		
วิธีการทดสอบ:	In-house method refer to WI-RES-CHNS/O-002		
เครื่องมือทดสอบ:	CHNS/O Analyzer, Flash 2000, ThermoScientific, Italy		
เทคนิคการทดสอบ:	Dynamic Flash Combustion		
สภาพตัวอย่าง:	ของแข็ง		
รายละเอียดตัวอย่าง:	ชีวมวล	**จำนวน:**	6 ตัวอย่าง

ผลการทดสอบ: ดังแสดงหน้าถัดไป

(นางรุสนี กูลวิจิตร)
หัวหน้าฝ่ายบริการเครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์
21 เมษายน 2564

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางสำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ

สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110
โทรศัพท์ 07428 6904-7, 07428 6910, 089734 2482, 084407 1732
อีเมล osit@group.psu.ac.th เว็บไซต์ http://osit.psu.ac.th

F-RES-T-003 ฉบับที่ 0 บังคับใช้ 02/01/63

เลขที่รายงาน: R2034/64 **หน้า:** 2 / 2

ผลการทดสอบ:

ชื่อตัวอย่าง	หน่วย	ผลการทดสอบ ± SD					Heating value ± SD (kcal/kg)	
		ไนโตรเจน	คาร์บอน	ไฮโดรเจน	ซัลเฟอร์	ออกซิเจน	G.H.V.	N.H.V.
1.ข้างผสมเปลือก (แป้งมันสำปะหลัง)	% wt.	0.413±0.010	43.459±0.248	5.997±0.026	0.024±0.001	45.455±0.221	3672.537±28.529	3364.842±27.275
2. ข้างผสมเปลือก (ปุ๋นขาว)	% wt.	0.275±0.005	36.616±0.021	5.314±0.021	0.019±0.000	40.404±0.625	3093.598±5.627	2820.940±4.550
3. ข้างผสมเปลือก (กลีเซอรีน)	% wt.	0.499±0.025	38.131±0.107	6.129±0.087	0.046±0.002	41.718±0.790	3442.372±33.794	3127.896±29.474
4. ต้นผสมใบ (แป้งมันสำปะหลัง)	% wt.	0.681±0.013	40.236±0.084	5.790±0.054	0.058±0.002	41.826±0.394	3493.883±11.636	3196.823±8.881
5. ต้นผสมใบ (ปุ๋นขาว)	% wt.	0.639±0.008	34.004±0.053	4.900±0.033	0.052±0.002	38.404±0.765	2823.813±9.782	2572.398±8.229
6. ต้นผสมใบ (กลีเซอรีน)	% wt.	0.385±0.010	42.791±0.064	6.106±0.021	0.024±0.001	42.991±0.381	3761.411±12.429	3448.091±11.348

- อ้างอิงข้อมูลดิบ \\server2\raw data\CHNSO_2000\ Rawdata\Data_2564\2715-64\ PDF, SD= Standard deviation, ขีดจำกัดการทดสอบเครื่องมือเท่ากับ 0.01%wt.
- ตัวอย่างไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ต้องบดตัวอย่างก่อนทดสอบ, ทดสอบแบบ As received

.....สิ้นสุดรายงานผลการทดสอบ.....

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางสำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ

ภาคผนวก ง
ผลงานทางวิชาการ

จัดประชุมโดย
การประชุมสัมมนาวิชาการ
รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชน
แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13
13th Thailand Renewable Energy
for Community Conference
5-7 พฤศจิกายน 2563
ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
#TREC13
#TREC
13
พลังงานชุมชน
บนฐานวิถีชีวิตใหม่
กำหนดการสำคัญ
• เปิดรับสมัครบทความ : 20 ก.ค.-20 ก.ย. 63
• ประกาศผลการพิจารณาบทความ : 1 ต.ค. 63
• ส่งบทความฉบับสมบูรณ์ : 10 ต.ค. 63
• ติดต่อและส่งบทความทางอีเมล์ : trec132020@gmail.com
• ประกาศผลการพิจารณา : www.reca.or.th
และ https://www.facebook.com/ThailandRECA/
หัวข้อวิจัยและบทความ
1 นวัตกรรมด้านพลังงาน
2 พลังงานเพื่อการเกษตร
3 สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน
4 เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน
5 ไฟฟ้าชุมชน
6 การบริหารจัดการพลังงานชุมชนด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล
ptt
FT ENERGY
https://www.facebook.com/ThailandRECA/

การวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
A potential analysis of briquettes fuel from agricultural wastes in sheller fields

จุฬำ สินไพบูลย์[1] ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล[1] ภคมน ปินตานา[1] และธเนศ ไชยชนะ[1]*
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง และศักยภาพด้านพลังงาน จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ดในพื้นที่ภาคเหนือการดำเนินการศึกษารวบรวมประเมินและสำรวจปริมาณการเกิดการนำไปใช้ประโยชน์จากการออกแบบสอบถามเจ้าของพื้นที่ ลานกระเทาะเมล็ดจำนวน 120 แห่ง และทำการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูล จะประกอบไปด้วย เปลือก และซังข้าวโพด ผลการศึกษาพบว่า มีปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 259,949.1 ton/year ที่นำไปใช้ประโยชน์แล้ว คิดเป็น 80.71% และที่ยังไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์19.29%ของปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทั้งหมดในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ดทั้งหมด เมื่อเทียบกับปริมาณการเกิดชีวมวล (ซัง เปลือก ต้น และใบข้าวโพด) ทั้งหมดภาคเหนือ จำนวน 10,530,682.24 ton/year คิดเป็นสัดส่วนจากปริมาณที่เกิดขึ้น 2.02% 50,144.18 ton/year โดยมวลต่อมวลผลผลิต (ซังและเปลือกข้าวโพด) ทั้งนี้จากการสอบถามในพื้นที่ดังกล่าว พบว่ายังมีการจัดการที่ไม่ถูกวิธี และก่อให้เกิดมลพิษ เป็นเหตุให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมากจากการเผาทิ้งและไถกลบในพื้นที่ทำการเกษตรซึ่งเมื่อทำการประเมินศักยภาพการอัดแท่งพบว่ามีปริมาณการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 50,144,180 kg/year และมีศักยภาพด้านพลังงานเท่ากับ 489.55 TJ

คำสำคัญ: ศักยภาพการอัดแท่ง ศักยภาพพลังงาน วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

บทนำ

เนื่องจากปัญหาภาวะโลกร้อนที่เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นปัญหาที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจ และเร่งหามาตรการเพื่อควบคุม โดยมาตรการหนึ่งที่มีแนวโน้มจะนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอนาคต และถึงแม้ว่าประเทศไทยยังไม่ถูกบังคับใช้ตามมาตรการดังกล่าวในปัจจุบันแต่ก็ควรต้องดำเนินการพัฒนา และส่งเสริมพลังงานทดแทนซึ่งเป็นหนึ่งในแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยได้มีการตั้งเป้าการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในปี พ.ศ. 2563 ซึ่งจะเป็นจุดเริ่มต้นให้ประเทศไทยเริ่มก้าวสู่เส้นทางของการเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ (Low carbon society) และแสดงจุดยืนในการผลักดันพลังงานทดแทน

โดยมีเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิงตามแผน AEDP2015 มีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนในภาพรวมของทั้งประเทศที่ร้อยละ20ของปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Energy) รวมลูกชิ้ ซึ่งลอดคล้องตามกรอบการกำหนดสัดส่วนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 (PDP2015) ที่ระบุ

ว่าจะให้มีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอยู่ในช่วงร้อยละ 15-20 ภายในปี 2579 เป็นสัดส่วนที่สำคัญในความต้องการพลังงานของประเทศ ซึ่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และแปรผันตรงกับสถานการณ์ทางเศรษฐกิจ รวมถึงภาคการเกษตรที่มีการปรับตัวเป็นภาคอุตสาหกรรมเกษตร นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีผลผลิตทางการเกษตรที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบผลิตพลังงานทั้งชีวมวลก๊าซชีวภาพ จากพืชพลังงาน ไบโอดีเซลและเอทานอลอีกทั้งของเสียหรือน้ำเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานได้อีกด้วย ในอนาคตพลังงานทดแทนที่ควรถูกนำมาพัฒนามากที่สุด คือ พลังงานชีวมวล เป็นพลังงานที่ได้จากพืชที่ต้องอาศัยแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์ และเจริญเติบโต จากนั้นได้แปรเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งหรือแปรสภาพเป็นของเหลวและจากการปลูกพืชเพื่อนำมาใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานโดยเฉพาะชีวมวล เป็นสิ่งที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิต เช่น ต้นไม้ อ้อย มันสำปะหลัง ถ่านฟืนแกลบ ซังข้าวโพด วัชพืชต่าง ๆ [1]

กิตติกร และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้แก่ ซังข้าวโพด และเปลือกข้าวโพดมาผ่านกระบวนการอัดรีดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง ใช้ตัวประสานแป้งมันผสมปูนขาวในอัตราส่วน 1:2 ที่อัตราส่วนผสมวัสดุเหลือทิ้ง ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนผสมซังต่อเปลือกข้าวโพด 20:80 โดยน้ำหนัก ผลการศึกษาพบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่เหมาะสม ตามอัตราส่วน ให้ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง 12.77 MJ/kg และความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง 940 kg/m3 ประสิทธิภาพความร้อนเตาชีวมวล ร้อยละ 16.31 จะเห็นได้ว่าวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดมีศักยภาพสูง ในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง [2]

จากปัญหาที่ยังมีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรไม่เหมาะสม อาทิ การเผา หรือไม่ว่าจะเป็นการทิ้งในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ดดังนั้นได้มีการวิเคราะห์การแก้ไขปัญหาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาศักยภาพชีวมวล เชิงพื้นที่ และศักยภาพการอัดแท่ง จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์แล้ว เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม

วิธีการวิจัย

1. จัดทำแบบสอบถาม (Questionnaire) สำหรับผู้ประกอบการ ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลได้จากแหล่งที่มาโดยตรง โดยได้จากการสังเกต สัมภาษณ์ และประเมินจากพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ด นำมาใช้ในการเก็บข้อมูลในพื้นที่สุ่มตัวอย่าง เพื่อทำการการเก็บข้อมูลการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
2. สุ่มพื้นที่ตัวอย่างสำหรับการเก็บข้อมูลพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ด 12 จังหวัด จำนวน 120 แห่ง ในเขตภาคเหนือ ประกอบด้วย สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิษณุโลก ตาก ลำพูน น่าน ลำปาง แม่ฮ่องสอน พะเยา เชียงใหม่ เชียงราย และแพร่
3. ลงพื้นที่เพื่อทำการเก็บข้อมูล ปริมาณ และวิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และนำข้อมูลที่ได้มาทำการประเมินศักยภาพด้านพลังงาน และความสามารถในการอัดแท่งเชื้อเพลิง

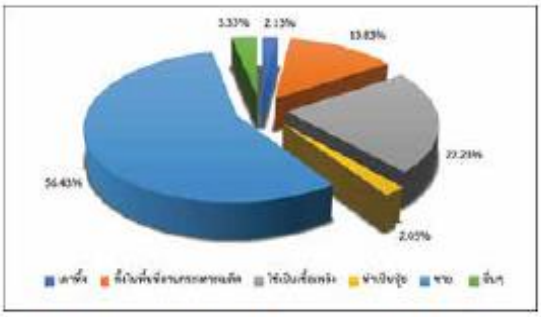
ภาพที่ 1 ทำการสอบถามจากผู้ประกอบการ

4. ทำการวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (เปลือก และซังข้าวโพด) ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ด รวมถึงวิธีการจัดการสัดส่วนของชีวมวลในวิธีการต่าง ๆ และสัดส่วนที่ถูกจัดการอย่างไม่ถูกวิธี

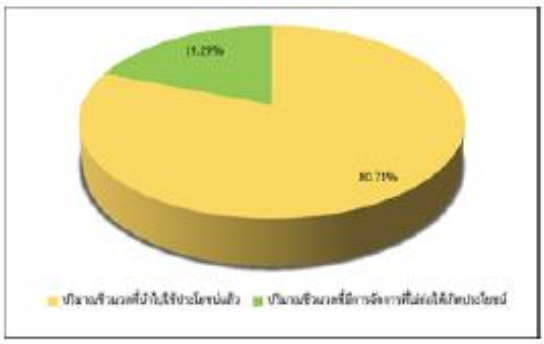
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และวิธีการจัดการ

จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ดภาคเหนือ 12 จังหวัด เป็นจำนวน 120 แห่ง พบว่ามีปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประเภทเปลือกและซังข้าวโพดอยู่ที่ 259,949.10 ton/year ดังแสดงในตารางที่ 1.1 เมื่อพิจารณาถึงวิธีการในการจัดการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่ามีความสามารถในการนำมาทำให้เกิดประโยชน์และเพิ่มมูลค่าได้ โดยการนำมาทำเป็นปุ๋ย การขาย และการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 1 แต่ยังพบว่ามีส่วนที่มีการจัดการที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ เช่น การเผาทิ้ง การทิ้งในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ด และอื่น ๆ ถึงร้อยละ 19.29 ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ข้อมูลวิเคราะห์สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์



ภาพที่ 3 ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ตารางที่ 1.1 ปริมาณที่เกิดขึ้นของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
ในพื้นที่ตัวอย่างลานกระเทาะเมล็ด 12 แห่ง จังหวัดภาคเหนือ

ลำดับ	จังหวัด	ปริมาณเปลือกข้าวโพด (ton/year)	ปริมาณซังข้าวโพด (ton/year)
1	อุไรธานี	2,367.69	2,222.31
2	อุตรดิตถ์	13,618.10	12,781.90
3	พิษณุโลก	13,690.52	12,849.88
4	ตาก	29,766.53	27,938.77
5	สำพูน	9,726.11	9,128.89
6	น่าน	18,013.03	16,906.97
7	สำปาง	11,327.78	10,632.22
8	แม่ฮ่องสอน	965.65	906.35
9	พะเยา	7,304.25	6,855.75
10	เชียงใหม่	20,427.15	19,172.85
11	เชียงราย	570.72	535.68
12	แพร่	6,313.85	5,926.15
รวม		**259,949.10**	

* หมายเหตุ มี 2 ช่วงระยะเวลาการรับซื้อผลผลิต 90 วัน และ 120 วัน
ข้าวโพดฤดูฝนช่วงการปลูกรวมเก็บเกี่ยว เดือน พ.ย.-พ.ค. หรือ พ.ค.-ส.ค. รับซื้อ เดือน ส.ค.-ต.ค.
หรือ ก.ย.-พ.ย. ข้าวโพดหลังนาช่วงการปลูกรวมเก็บเกี่ยว เดือน ธ.ค.-มี.ค. หรือ ม.ค.-เม.ย. รับซื้อ เดือน เม.ย. หรือ พ.ค.

เมื่อทำการวิเคราะห์การประเมินศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (เปลือก และซังข้าวโพด) โดยพิจารณาจากปริมาณของวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในเขตพื้นที่ตัวอย่างภาคเหนือ 120 แห่ง พบว่ายังมีส่วนที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดรวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 50,144.18 ton/year ซึ่งมีศักยภาพ การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 50,144,180 kg/year และมีศักยภาพทางด้านพลังงานเท่ากับ 489.55 TJ ดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวล

ปริมาณที่มีอยู่ (ton/year)	ชีวมวล	ปริมาณชีวมวลที่นำไปใช้แล้ว (ton/year)	ปริมาณชีวมวลที่เหลือใช้ (ton/year)	ค่าความร้อน*[1] (MJ/kg)	ปริมาณชีวมวลอัดแท่ง (kg/year)	ศักยภาพด้านพลังงาน (TJ/year)
259,949.10	เปลือก	142,734.26	34,114.04	9.83	34,114,040	335.34
	ซัง	67,070.66	16,030.14	9.62	16,030,140	154.21
		209,804.92	50,144.18		50,144,180	489.55

หมายเหตุ *[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [3]

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในลานกระเทาะเมล็ดภาคเหนือ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง และศักยภาพด้านพลังงานจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ดผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า มีปริมาณชีวมวลที่เกิดขึ้น 10,530,682.24 ton/year ชีวมวลที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์แล้ว50,144.18ton/year คิดเป็นสัดส่วนจากปริมาณที่เกิดขึ้น 2.02% สามารถผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ 50,144,180 kg/year และมีศักยภาพด้านพลังงาน 489.55 TJ/year จึงสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี อีกทางเลือกหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ประกอบการลานกระเทาะเมล็ดที่ได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย
ขอขอบคุณ โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา 2562
ขอขอบคุณ Sustainable Energy Technology Research Laboratory, SRE, MJU (SETR-Lab)
ขอขอบคุณ ทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานประสานโครงการวิจัยการพัฒนาเศรษฐกิจจากรากฐานความหลากหลายทางชีวภาพปีงบประมาณ2562 (การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน)

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2558). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2558-2579 (AEDP2015).
[2] กิตติกร สาลุจิตต์ วราพงศ์ แสนพินิจ ณัฐพงษ์ วงศ์รินทร์ และณัฐวุฒิ ดุษฎี. (2558). การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งขิงและเปลือกข้าวโพดด้วยเทคนิคการอัดรีดขึ้นรูปโดยใช้ตัวประสานแป้งมันผสมปูนขาว.วารสารมหาวิทยาลัยหัวหิน. 18(1), 5-14.
[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. ศักยภาพชีวมวล. สืบค้นเมื่อ19 สิงหาคม 2563, จาก http://www.dede.go.th.
[4] ผนคไขยชนะ.(2562).การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน. สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ.

#TREC 13 พลังงานชุมชน บนฐานวิถีชีวิตใหม่

ขอมอบเกียรติบัตรนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

จุฬา สินไพบูลย์, ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล, ภคมน ปินตานา, และธเนศ ไชยชนะ

บทความเรื่อง

"การวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่ลานกระเทาะเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์"

ได้เข้าร่วมการนำเสนอบทความ
ประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13
วันที่ 5-7 พฤศจิกายน 2563 ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

(ดร.อำพล อาภาธนากร)
นายกสมาคมพลังงานทดแทน
สู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวกร อ่างทอง)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวจุฬา สินไพบูลย์

เกิดเมื่อ 4 มิถุนายน 2539

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2554 สำเร็จการศึกษามัธยมต้นโรงเรียนตากฟ้าวิชาประสิทธิ์

พ.ศ. 2557 สำเร็จการศึกษามัธยมปลายโรงเรียนตากฟ้าวิชาประสิทธิ์

พ.ศ. 2561 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ประวัติการทำงาน -