

การประเมินการกักเก็บและลดการปลดปล่อยคาร์บอนจากการจัดการวัสดุ
เหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน



ยินนิตรา คำนึ่งผล

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2563

การประเมินการกักเก็บและลดการปลดปล่อยคาร์บอนจากการจัดการวัสดุ
เหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน



ยิณนิตรา คำนึ่งผล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน

สำนักบริหารและพัฒนานิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การประเมินการกักเก็บและลดการปลดปล่อยคาร์บอนจากการจัดการวัสดุ
เหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน

ยินนิตรา คำนึ่งผล

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน

พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ ดร.ณัฐธินิชา สุขเกษม)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูรัตน์ ธารารักษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)

รักษาการแทนรองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ชื่อเรื่อง	การประเมินการกักเก็บและลดการปลดปล่อยคาร์บอนจากการจัดการ วัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน
ชื่อผู้เขียน	นางสาวยิณนิตรา คำนึ่งผล
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ

บทคัดย่อ

สถานการณ์พลังงานในปัจจุบันมีเป้าหมายในการผลิตพลังงานของประเทศไทยปริมาณ และการจัดการกับวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัย จึงมีจุดประสงค์ในการประเมินปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการเพาะปลูก วิเคราะห์การกักเก็บ คาร์บอนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และหาแนวทางในการลดปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจก โดยการ นำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน ได้แก่ เชื้อเพลิงอัดแท่ง ก๊าซชีวภาพ ถ่าน เอทานอล และก๊าซชีวมวล โดยทำการเก็บข้อมูลจากพื้นที่ปลูกเกษตร และพื้นที่โรงสี จากการเก็บข้อมูลเกษตรกรจำนวน 1,205 แปลงเพาะปลูก คิดเป็นพื้นที่รวม 13,884.7 ไร่ และเก็บข้อมูลจากพื้นที่โรงสีจำนวน 120 แห่ง พบว่า เมื่อเกษตรกรทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้วจะมีวัสดุชีวมวลที่เป็นต้นและใบเกิดขึ้นในพื้นที่ 729.03 kg/ไร่ และพื้นที่โรงสีที่เกษตรกรนำผลผลิตมาขายจะสืวัสดุชีวมวลที่เป็น ชังและเปลือกเกิดขึ้นในพื้นที่ 245 kg/ไร่ หลังจากนั้นเกษตรกรจะดำเนินการในการจัดการกับวัสดุชีวมวลเหล่านั้นในวิธีการต่าง ๆ ประกอบด้วย การเผาทิ้งในที่โล่ง ทิ้งในพื้นที่ ไกลกลบ การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย การนำไปผลิตเป็น เชื้อเพลิง การขาย และในสัดส่วนต่าง ๆ กัน จากการพิจารณาการจัดการที่ไม่ถูกวิธีคือ การเผาทิ้งใน พื้นที่ ทิ้งในพื้นที่ และการไกลกลบนั้นเป็นการจัดการที่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยคิดจากใน พื้นที่เพาะปลูกประกอบด้วยต้นและใบ เท่ากับ 582.9 kg/ไร่ และในพื้นที่โรงสีประกอบด้วย ชังและ เปลือก เท่ากับ 126.95 kg/ไร่ พบว่า ศักยภาพพลังงานจากการผลิตชีวมวลอัดแท่ง ถ่านชีวมวล ก๊าซ ชีวภาพ เอทานอล และก๊าซชีวมวล จะสามารถผลิตได้เท่ากับ 701.85 kg/ไร่ 141.97 kg/ไร่ 564.58 m³/ไร่ 300.17 l/ไร่ และ 3,830.87 m³/ไร่ ตามลำดับ คิดเป็นศักยภาพพลังงานเท่ากับ 9,967.62 MJ/ไร่ 1,812.96 MJ/ไร่ 11,856.06 MJ/ไร่ 6,393.57 MJ/ไร่ และ 13,791.14 MJ/ไร่ ตามลำดับ จะ สามารถผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 2,768 kWh/ไร่ 503.60 kWh/ไร่ 677.49 kWh/ไร่ 1,775.99 kWh/ไร่ และ 3,830.87 kWh/ไร่ ตามลำดับ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอน (CO₂ emission) ดังต่อไปนี้ 127.36, 23.17, 31.16, 81.70 และ 176.22 kgCO₂-eq/ไร่ ตามลำดับ ดังนั้นแนวทางที่เหมาะสม ที่สุดสำหรับการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำชีวมวลมาทดแทนถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า

คือ ก๊าซชีวมวล เนื่องจากมีศักยภาพทางพลังงานที่สูงเมื่อเทียบกับศักยภาพพลังงานด้านอื่น ๆ จึงเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลทดแทนเชื้อเพลิงถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า เมื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนพื้นที่ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ภาคเหนือ 3,582,486 ไร่ สามารถกักเก็บคาร์บอนได้เท่ากับ 8,287,782.08 tonesCO₂-eq และจะสามารถในการผลิตออกซิเจนภาคเหนือ เท่ากับ 6,023,360.75 tonesO₂-eq ดังนั้นจะเห็นได้ว่าภาคเหนือของประเทศไทยมีศักยภาพที่เหมาะสมในการนำวัสดุเหลือทิ้งจากพื้นที่ปลูกจากวิธีการจัดการที่ไม่เหมาะสมนำมาผลิตเป็นพลังงานทางด้านต่าง ๆ ทดแทนพลังงานฟอสซิล ลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทิ้ง การไถกลบ และการทิ้งไว้ในพื้นที่ และยังสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง

คำสำคัญ : ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, ศักยภาพพลังงาน, การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอน, วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร



Title	ASSESSMENT OF CARBON STORAGE AND CARBON EMISSIONS REDUCTION FROM MAIZE RESIDUES DISPOSAL BY PROCESSING TO RENEWABLE ENERGY
Author	Miss Yinnittra Khamnuengphon
Degree	Master of Engineering in Renewable Energy Engineering
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Tanate Chaichana

ABSTRACT

The current energy situation aims to produce Thailand's energy volume and deal with excess materials from maize residues disposal by processing as renewable energy. The purposes of the research are to estimate the amount of waste from the cultivation process, analyzing carbon sequestration of maize, and discovering ways to reduce greenhouse gas emission (GHG emission) by producing alternative energies such as wood pellets, biogas, charcoal, ethanol, and biofuel. The data from agricultural activities was collected from 1,205 farms which is 13,884.7 rai in total, and 120 mills. The data shows that after the maize harvesting season, biomass materials such as stalks and leaves were left in the land about 729.03 kg/rai. In the researching mill areas, biomass materials such as cob and husk were produced for 245 kg/rai. Therefore, those undesirable products will proceed in various ways such as burning in the open area, leaving and plowing in the area, turning into fertilizer, using in fuel production as well as a direct sale as raw material. The consideration was raised from the incorrect management such as burning, leaving, and plowing in the land that causes environmental pollution equivalent to 582.9 kg/rai in framing areas and 126.95 kg/rai in the mill area. Consequently those wasted materials were found as potential sources of alternative energy equivalently to 701.85 kg/rai 141.97 kg/rai 564.58 m³/rai 300.17 litter/rai and 3,830.87 m³/rai for wood pellets, charcoal, biomass, biogas, ethanol, and biofuel

respectively. The energy potentials from the alternative energies equals to 9,967.62 MJ/rai 1,812.96 MJ/rai 11,856.06 MJ/rai 6,393.57 MJ/rai and 13,791.14 MJ/rai which will be able to produce electricity for 2,768 kWh/rai 503.60 kWh/rai 677.49 kWh/rai 1,775.99 kWh/rai and 3,830.87 kWh/rai respectively. However, there is carbon dioxide emission (CO₂ emission) from alternative management as 127.36, 23.17, 31.16, 81.70, and 176.22 kgCO₂-eq /rai. Thus, the most appropriate approach for reducing carbon emissions from the biomass to replace coal in electricity production is to produce gas since the energy potential is high compared to other energy potentials. Moreover, it is suitable to produce gas instead of coal fuel for electricity generation. By evaluating carbon sequestration in the northern region of 3,582,486 rai, carbon sequestration is equal to 8,287,782.08 tonesCO₂-eq and will be able to produce oxygen equals 6,023,360.75 tonesO₂-eq. Therefore the northern region of Thailand has an appropriate potential to apply the waste from the planting area from improper managing methods to produce various energy sources in order to replace the fossil energy, reduce the amount of greenhouse gas emissions from open burning leaving and plow in the area, and additionally provide the income for farmers.

Keywords : GHG, Emission, Biomass, Residues, Energy potential

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูรัตน์ ธารารักษ์ และอาจารย์ ดร.ณัฐต์ธินา สุขเกษม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์และงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ขอขอบพระคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์อุปการะในการทดสอบต่าง ๆ ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานประสานโครงการวิจัยการพัฒนาเศรษฐกิจจากรากฐานความหลากหลายทางชีวภาพ ปีงบประมาณ 2562 (การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน และโครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา 2560 ตลอดจนเกษตร ผู้ประกอบการโรงสีต่าง ๆ ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อนึ่ง ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าคณาจารย์ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาจนทำให้ผลงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องและขอมอบความกตัญญูทเวทิตาคุณ แต่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่านสำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษาเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

ยินนิตรา คำนึ่งผล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ.....	ซ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร.....	5
2.1 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.....	5
2.2 ขั้นตอนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.....	6
2.2.1 คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.....	8
2.3 ชีวมวล (Biomass).....	9
2.4 ชีวมวลแห้ง (Dry Biomass)	10
2.5 คุณสมบัติทางกายภาพ.....	11
2.5.1 องค์ประกอบแยกธาตุ (Ultimate analysis)	11
2.5.2 องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate analysis).....	12
2.5.3 ค่าความร้อน (Heating Value)	12

2.6 เชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass Fuel).....	13
2.6.1 การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง (wood pellet)	13
2.6.2 การผลิตถ่าน (Charcoal).....	15
2.6.3 การผลิตก๊าซชีวมวล (Produce gas)	17
2.6.4 การผลิตก๊าซชีวภาพ (biogas).....	19
2.6.5 การผลิตเอทานอล (Bioethanol).....	20
2.7 การกักเก็บคาร์บอน (Carbon Sequestration)	25
2.8 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	33
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	39
4.1 การรวบรวมข้อมูลแนวทางการจัดการ.....	39
4.1.1 พื้นที่เพาะปลูกเกษตร.....	39
4.1.2 พื้นที่โรงสี.....	40
4.1.3 ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากการจัดการที่ผิดวิธี	41
4.2 การประเมินการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Sequestration).....	42
4.3 ศักยภาพพลังงานของวัสดุเหลือทิ้งจากโพลีเอทิลีน.....	44
4.4 ศักยภาพพลังงานการผลิตชีวมวลอัดแท่ง.....	45
4.5 ศักยภาพพลังงานจากการผลิตถ่าน.....	47
4.6 ศักยภาพพลังงานจากการผลิตก๊าซชีวภาพ	48
4.7 ศักยภาพพลังงานความร้อนจากการผลิตเอทานอล	50
4.8 ศักยภาพพลังงานความร้อนจากการผลิตก๊าซชีวมวล.....	52
4.9 ศักยภาพพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	53
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม.....	57

ภาคผนวก.....	60
ภาคผนวก ก แบบสอบถาม	61
ภาคผนวก ข รูปภาพการทำงาน.....	72
ภาคผนวก ค การคำนวณอัตราการเกิดก๊าซชีววมวล	76
ภาคผนวก ง ผลทดสอบองค์ประกอบทางกายภาพและธาตุเคมี.....	78
ภาคผนวก จ ผลงานทางวิชาการ.....	84
ประวัติผู้วิจัย.....	99



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	2
ตารางที่ 2 การจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	2
ตารางที่ 3 ค่าองค์ประกอบธาตุ (Ultimate analysis) จากกวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	11
ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางกายภาพ (Proximate analysis) ของวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ..	12
ตารางที่ 5 ปริมาณเอทานอลที่สามารถผลิตได้จากวัตถุดิบต่าง ๆ	21
ตารางที่ 6 องค์ประกอบของลิกโนเซลลูโลสในชีวมวลต่าง ๆ	22
ตารางที่ 7 มวลรวมแห้งของต้นข้าวโพด	26
ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	29
ตารางที่ 9 การจัดการวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูก (ต้น ใบ)	40
ตารางที่ 10 วิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่โรงสี (ซัง เปลือก)	41
ตารางที่ 11 ปริมาณการจัดการที่ไม่ถูกวิธีในพื้นที่ปลูก และโรงสี	41
ตารางที่ 12 ปริมาณ GHG Emission จากการจัดการวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	42
ตารางที่ 13 ศักยภาพการเกิดแก๊สเชิงพิษเนื่องจากจัดการวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดย การทิ้งในที่โล่ง	42
ตารางที่ 14 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและความสามารถผลิตออกซิเจน ภาคเหนือ	44
ตารางที่ 15 แสดงสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	45
ตารางที่ 16 ศักยภาพการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งของวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	46
ตารางที่ 17 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า	46
ตารางที่ 18 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าภาคเหนือของประเทศไทยจาก วัสดุชีวมวลอัดแท่ง	47
ตารางที่ 19 ศักยภาพการผลิตถ่านชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพลังงาน ไฟฟ้าที่ผลิตได้	47

ตารางที่ 20 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า	48
ตารางที่ 21 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าภาคเหนือของประเทศไทยจากถ่านชีวมวล.....	48
ตารางที่ 22 สัดส่วนการผลิตก๊าซชีวภาพตามทฤษฎีของวัสดุข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.....	49
ตารางที่ 23 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	49
ตารางที่ 24 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า	50
ตารางที่ 25 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าภาคเหนือของประเทศไทยจากก๊าซชีวภาพ.....	50
ตารางที่ 26 ศักยภาพการผลิตเอทานอลจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพลังงานไฟฟ้า	51
ตารางที่ 27 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า	51
ตารางที่ 28 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าภาคเหนือของประเทศไทยจากเอทานอล	52
ตารางที่ 29 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีววมวลจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	52
ตารางที่ 30 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า	53
ตารางที่ 31 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าภาคเหนือของประเทศไทยจากถ่านชีวมวล.....	53
ตารางที่ 32 ศักยภาพพลังงานทดแทนทางด้านต่าง ๆ จากวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	54

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย.....	4
รูปที่ 2 เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.....	5
รูปที่ 3 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	5
รูปที่ 4 การเตรียมดินปลูกโดยใช้รถไถตะ ไถแปร	6
รูปที่ 5 ปลูกโดยใช้เครื่องงานหยอดรู (ซ้าย) ใช้แรงงานคนปลูก (ขวา).....	6
รูปที่ 6 การบำรุงรักษาต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.....	8
รูปที่ 7 การเก็บเกี่ยวข้าวโพดโดยใช้แรงคน (ซ้าย) ใช้เครื่องนวดข้าวโพด (ขวา).....	8
รูปที่ 8 วัสดุชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.....	9
รูปที่ 9 วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และเศษไม้	9
รูปที่ 10 วัฏจักรคาร์บอนแบบปิดของเชื้อเพลิงชีวมวล.....	10
รูปที่ 11 เชื้อเพลิงอัดแท่ง	14
รูปที่ 12 กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด	14
รูปที่ 13 ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	16
รูปที่ 14 รูปแบบของเตาแก๊สชีวมวลรูปแบบต่าง ๆ.....	18
รูปที่ 15 เตาแก๊สชีวมวลแบบ Drown-draft Gasifier	19
รูปที่ 16 ส่วนประกอบภายในชีวมวล	22
รูปที่ 17 การผลิตเอทานอลจากเซลลูโลสในเชิงข้าวโพด	25
รูปที่ 18 แผนภาพแสดงวัฏจักรการกักเก็บคาร์บอน (C cycling).....	26
รูปที่ 19 ผังการทดลอง.....	27
รูปที่ 20 แผนผังแสดงกระบวนการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	29
รูปที่ 21 การประเมินวัฏจักรชีวิตของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	30

รูปที่ 22	ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ $\text{kgCO}_2\text{eq} / \text{kg}$ ข้าวโพด.....	31
รูปที่ 23	กรอบแนวคิดงานวิจัย	33
รูปที่ 24	แผนที่ทำการเก็บข้อมูล 12 จังหวัด ภาคเหนือ.....	34
รูปที่ 25	เมตริกพันธุ์ ปุ๋ย และพื้นที่ลงเก็บข้อมูล	35
รูปที่ 26	ลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากแบบสอบถามจากเกษตรกรโดยตรง	36
รูปที่ 27	ลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากโรงสี หรือ สหกรณ์การเกษตร	37
รูปที่ 28	ขั้นตอนการดำเนินการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	37
รูปที่ 29	วัสดุชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	37
รูปที่ 30	ส่วนต่าง ๆ ของวัสดุชีวมวล.....	38
รูปที่ 31	แสดงปริมาณเนื้อที่เก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 12 จังหวัดภาคเหนือ.....	39
รูปที่ 32	แสดงปริมาณผลผลิตในพื้นที่ของผู้ประกอบการโรงสี 12 จังหวัด ภาคเหนือ	40
รูปที่ 33	แผนภูมิแสดงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและความสามารถผลิตออกซิเจนภาคเหนือ	43

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันเนื่องจากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกที่ทวีความรุนแรง อันมีสาเหตุมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี ปัจจุบันอุณหภูมิของโลกได้เพิ่มสูงขึ้น จากปี ค.ศ. 1880 ประมาณ 0.85 องศาเซลเซียส และมีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกใน ชั้นบรรยากาศโลก อยู่ที่ประมาณ 401 PPM (อ้างอิงจากรายงาน AR 5 ของ IPCC 2014) อุณหภูมิ ของโลกจะเพิ่มสูงขึ้นจนไม่สามารถหยุดยั้งการเปลี่ยนแปลงได้ และจะเกิดผลกระทบต่อ การดำรงอยู่ ของมนุษยชาติ (ประมาณการณ์ว่าความเข้มข้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ จะมีความ เข้มข้นประมาณ 478 ppm) ทำให้ทุกประเทศต้องร่วมกันในการควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน กระจกของประเทศตัวเอง (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2559) ในทั้งนี้ประเทศไทยได้ ตระหนักถึงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงได้มีการจัดทำแผนพัฒนาประเทศจำนวน 5 แผน คือ แผนการพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า (PDP-2015) แผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงาน ทางเลือก (AEDP-2015) แผนการอนุรักษ์พลังงาน (EEP-2015) แผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง (Oil Plan - 2015) และแผนการบริหารจัดการก๊าซธรรมชาติ (Gas Plan - 2015) ทั้ง 5 แผนมี เป้าหมายสูงสุดร่วมกันคือ ระบบพลังงานของประเทศจะต้องมีความมั่นคง (Security) ราคาของ พลังงานต้องมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ (Economy) และต้องไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมเป็นมิตรต่อระบบนิเวศ (Ecology) (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558)

จากข้อมูลของศูนย์สารสนเทศการเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตร และสหกรณ์ พบว่า ในปี 2558/59 มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 6,516,387 ไร่ เก็บเกี่ยวได้ 6,203,039 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 4,058,186 ตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 654 กิโลกรัม/ไร่ (สำนักงาน เศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ซึ่งผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปีเพาะปลูก 2559/60 เพิ่มขึ้นจากปี เพาะปลูก 2558/59 เนื่องจากมีปริมาณน้ำ เพียงพอต่อการเจริญเติบโต ทั้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รุ่น 1 และรุ่น 2 ส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่ ทั้ง 2 รุ่นเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าภาพรวมเนื้อที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ลดลง จากเมื่อต้นปี 2559 ฝนมาล่าช้าทำให้เกษตรกรเลื่อนการปลูก และบางพื้นที่ปรับเปลี่ยนไปปลูก มันสำปะหลังโรงงาน และอ้อยโรงงานแทน (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และวิทยาลัยพลังงานทดแทนมหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2558)

จากข้อมูลในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าหลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แล้วจะเกิด วัสดุเหลือทิ้งต่าง ๆ ประกอบด้วย ลำต้น ใบ ราก เปลือก ใบ และซังข้าวโพด โดยส่วนของ ลำต้น ใบ

และราก จะเป็นชีวมวลที่เหลือในพื้นที่เพาะปลูก ส่วน ชั่งข้าวโพด โย และเปลือก จะเหลืออยู่ในพื้นที่ สีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเทียบกับผลผลิตจะเกิดชั่งข้าวโพดในสัดส่วน 21.26 % และส่วน อื่น ๆ จากข้อมูลสัดส่วนของวัสดุเหลือทิ้งทางจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในตารางที่ 2 และข้อมูล ปริมาณผลผลิตเฉลี่ย (654 กิโลกรัม/ไร่) ก็จะพบว่ามีปริมาณชีวมวลที่เกิดจากวัสดุเหลือทิ้งจากการ ผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 922.01 กิโลกรัม/ไร่ หรือคิดเป็นปริมาณ 5,719,259,025.96 กิโลกรัม ใน ปีเพาะปลูก 2558/59 โดยประมาณครึ่งหนึ่งจะอยู่ในแปลงปลูกส่วนอีกครั้งหนึ่งจะอยู่ในพื้นที่สี ข้าวโพด

ตารางที่ 1 สัดส่วนวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ส่วนประกอบ	สัดส่วนโดยมวล ต่อ มวลรวม (%)	สัดส่วนโดยมวล ต่อ มวลผลผลิต (%)
ลำต้น	18.06	43.52
ใบ	12.85	30.97
ชั่งข้าวโพด	8.82	21.26
อื่น ๆ (ราก/เปลือก)	18.77	45.23
เมล็ดข้าวโพด (ผลผลิต)	41.49	

(สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และวิทยาลัยพลังงานทดแทนมหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2558)

ในปี พ.ศ. 2552 ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการกับ วัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในโครงการการศึกษาการใช้ชีวมวลในภาคเศรษฐกิจต่าง ๆ และชีวมวลที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ (ภาคเหนือ) ซึ่งพบว่าในส่วนของ ต้น/ใบ และ ชั่งข้าวโพด มีการ จัดการที่ยังไม่เป็นประโยชน์และก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมในอัตราส่วนที่สูง โดยประกอบไปด้วย การเผาทิ้งเฉลี่ยสูงถึง 37.98 % ของปริมาณวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นทั้งหมด รองลงมาคือการไถกลบมี อัตราส่วน 32.98 % และการปล่อยทิ้งในพื้นที่ 26.10 % และการจัดการโดยวิธีการอื่น ๆ แสดงดัง ตารางที่ 2 (ศูนย์วิจัยพลังงาน, 2552)

ตารางที่ 2 การจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การจัดการ	สัดส่วน (%)		
	ต้น/ใบ	ชั่งข้าวโพด	เฉลี่ย
เผาทิ้ง	24.56	51.39	37.98
ไถกลบ	47.88	18.07	32.98
เลี้ยงสัตว์	18.58	16.26	17.42
ทำปุ๋ย	16.33	16.51	16.42

การจัดการ	สัดส่วน (%)		
	ตัน/ใบ	ซังข้าวโพด	เฉลี่ย
ปล่อยทิ้งในพื้นที่	15.93	36.26	26.10
โรงสีข้าวโพดนำไปใช้ประโยชน์	-	5.42	5.42
ใช้เป็นเชื้อเพลิง	-	2.99	2.99

ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่มีการเพาะปลูกทางการเกษตรเป็นอันดับต้นๆของโลกและการเผาพื้นที่ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรนั้น เร่งการปลดปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จาก C pool source จากพื้นดินสู่บรรยากาศ ผลกระทบจากการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งหมดในที่โล่งแจ้ง จะก่อให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์และฝุ่น รวมเท่ากับ 441,745, 17,580, 9,111,966 และ 57,035 ตัน/ปี ตามลำดับ (วีรชัย อัจหาญ, 2554)

จากปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวถึงข้างต้น ในสถานการณ์พลังงาน เป้าหมายในการผลิตพลังงานของประเทศไทยปริมาณและการจัดการกับวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ผู้จัดทำมีเป้าหมายในการประเมินปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการเพาะปลูก วิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และหาแนวทางในการลดปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจก โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน อาทิเช่น การผลิตเป็นถ่าน การผลิตเป็นก๊าซชีววมวล การผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ การผลิตเป็นเอทานอล เป็นต้น และประเมินปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน รวมถึงการประเมินปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากการใช้พลังงานเหล่านี้ไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบัน เพื่อสอดคล้องกับความมั่นคงของประเทศตามแผนการพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า (PDP-2015)

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์และการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร
2. เพื่อประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานจากวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
3. เพื่อประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
4. เพื่อประเมินศักยภาพปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. พื้นที่ทำการศึกษาในการเก็บข้อมูล คือ ภาคเหนือ
2. ทำการเก็บข้อมูลการใช้ประโยชน์ การจัดการ และการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยตรงจากเกษตรกร โรงสี ในพื้นที่ ผ่านแบบสอบถามและรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
3. ไม่พิจารณาสายพันธุ์ข้าวโพดที่เกษตรกรนำมาปลูก
4. การเปรียบเทียบความร้อนผลิตเป็นไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าผ่านหม้อไอน้ำ (Boiler) ในการประเมินงานวิจัย
5. Greenhouse gases (GHG Emission) หรือการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะพิจารณาเฉพาะในส่วน การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอน (CO₂ Emission)
6. ศักยภาพในการผลิตพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ประกอบด้วย
 - ศักยภาพในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง
 - ศักยภาพในการผลิตถ่าน
 - ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีววมวล
 - ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ
 - ศักยภาพในการผลิตเอทานอล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบการใช้ประโยชน์และการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
2. ทราบแนวทางการผลิตพลังงานจากวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
3. ทราบค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ทำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน
4. ทราบค่าปริมาณที่ลดได้จากการปล่อยคาร์บอนของชีววมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
5. ในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานทดแทนสามารถลดรายจ่าย เพิ่มรายได้ของเกษตรกรอีกทางหนึ่งและรู้จักวิธีการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาให้เกิดประโยชน์

บทที่ 2

ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร

2.1 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ประมาณ 94% ของผลผลิตข้าวโพดที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของประเทศ และมีความต้องการเพิ่มขึ้นทุกปี บางปีต้องมีการนำเข้า ปัจจุบันประมาณ 90% ของพื้นที่ปลูกเป็นข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมซึ่งให้ผลผลิตที่สูง ทนแล้ง และทนจากพวกแมลง วัชพืชต่าง ๆ เกษตรกรสามารถหาซื้อได้ง่ายทั่วไป

พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่นิยมปลูก ประกอบด้วย พันธุ์ ซีพีดีเค 888 พันธุ์ไพโอเนียร์ 3013 พันธุ์แปซิฟิก 983 เทพีวินัส 495 และลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 72 (ศุภชัย เพชรธาวาดี และคณะ, 2560)



รูปที่ 2 เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ฤดูปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมของประเทศไทย จะแบ่งออกเป็น 3 ฤดู ดังต่อไปนี้

- ต้นฤดูฝน ปลูกได้ตั้งแต่ปลายเดือนมีนาคม-ต้นเดือนมิถุนายน ตามสภาพฝนแต่ละพื้นที่
- ปลายฤดูฝน ปลูกได้ตั้งแต่กลางเดือนกรกฎาคม-กลางเดือนสิงหาคม
- ฤดูแล้ง ปลูกได้ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-เดือนกุมภาพันธ์



รูปที่ 3 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2.2 ขั้นตอนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ในขั้นตอนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

1. การเตรียมดิน สำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อให้ผิวดินอ่อนตัว และห่อหุ้มเมล็ดข้าวโพดให้ขึ้นอยู่เสมอ และให้ดินมีอากาศถ่ายเทสะดวก และทำลายหญ้าวัชพืชให้แห้งตายและฝังกลบซากวัชพืชเดิมให้จมดิน การไถพรวนควรไถอย่างน้อย 2 ครั้ง ภายได้หลักการ ไถตะให้ลึก ไถแปรให้ดินแตกละเอียด



รูปที่ 4 การเตรียมดินปลูกโดยใช้รถไถตะ ไถแปร

2. การปลูกและระยะปลูกทำได้ 2 วิธี ดังนี้

- ใช้เครื่องปลูก เลือกจุงานหยอดให้เหมาะกับขนาดของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งจะระบุไว้ที่ถุง โดยทั่วไปจะใช้ระยะห่างระหว่างแถว 75 cm ระยะระหว่างหลุมประมาณ 20-25 cm โดยปริมาณเมล็ดที่ใช้จะประมาณ 3-3.5 kg/ไร่ และ จะมีจำนวนต้นข้าวโพด ประมาณ 8,533-10,600 ต้น/ไร่ ควรหยอดเมล็ดข้าวโพดให้ลึก 8-10 cm

- ใช้คนปลูก ในหลายพื้นที่โดยเฉพาะทางภาคเหนือ จะใช้เชือกในการกำหนดระยะให้มีระยะห่างระหว่างร่องประมาณ 70 cm แล้วใช้จอบขุด หยอดเมล็ด 1-2 เมล็ด แล้วกลบ โดยจำนวนเมล็ดที่หยอดและระยะห่างระหว่างหลุม ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์



รูปที่ 5 ปลูกโดยใช้เครื่องงานหยอด (ซ้าย) ใช้แรงงานคนปลูก (ขวา)

3. การใส่ปุ๋ยและการบำรุงรักษา แบ่งได้ 2 ครั้ง เพื่อให้มีธาตุอาหารเพียงพอและกำจัดวัชพืชต่าง ๆ กับการสร้างผลผลิตได้เต็มที่ ดังนี้

- ปุ๋ยรองพื้น ควรใส่รองกันหลุม หรือโรยเป็นแถวแล้วกลบพร้อมปลูก ใช้ปุ๋ยสูตร 16-20-0 หรือ 15-15-15 ในปริมาณ 20 kg/ไร่

- ปุ๋ยยูเรีย เมื่อข้าวโพดมีอายุ 25-30 วัน ควรมีการใส่ปุ๋ยอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ปุ๋ยยูเรีย 46-0-0 ในปริมาณ 20-25 kg/ไร่

- การกำจัดวัชพืช ช่วงวิกฤตที่ข้าวโพดอ่อนแ่ต่อวัชพืชที่สุด คือระยะ 13-25 วัน หลังออกระยะนี้ถ้ามีวัชพืชรบกวนจะทำให้ผลผลิต ข้าวโพดเสียหายสูงสุด ดังนั้นการปลูกข้าวโพดให้ได้ผลผลิตสูง จึงต้องให้แปลงปลอดวัชพืช ตลอดช่วง 1 เดือนแรกตั้งแต่ปลูก โดยเลือกวิธีการกำจัดวัชพืชที่เหมาะสมกับสภาพการณ์ ดังนี้

- การไถและพรวนดินก่อนการปลูกข้าวโพด จะต้องไถและพรวนดินหลังมีวัชพืชงอก จะช่วยทำลายวัชพืชให้ตาย ในส่วนวัชพืชที่ตายยาก ควรปล่อยดินให้ตากแดดไว้นานประมาณ 10-15 วัน เพื่อให้วัชพืชตายก่อนทำการปลูกข้าวโพด

- การทำร่น คือการพรวนดินร่วมกับการดายหญ้า หลังข้าวโพดงอก แต่ก่อนจะถึง ระยะวิกฤต โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น จอบ ไถ และรถไถ ฯลฯ การใช้ไถระหว่างโคนมักมีวัชพืชยังคงหลงเหลืออยู่ ในแถวจึงต้องใช้ขอบดายตามอีกครั้ง

- การใช้สารเคมี อาจใช้ทันทีหลังปลูกข้าวโพดหรือพ่นกำจัดวัชพืชหลังข้าวโพดและวัชพืชงอกแล้ว การใช้สารเคมีเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัด แต่ต้องระมัดระวังเพราะอาจเป็นอันตรายต่อคน พืชอื่น ๆ และสิ่งแวดล้อม ควรฉีดพ่นขณะที่ดินยังมีความชื้นอยู่

- การให้น้ำ ข้าวโพดมีความต้องการใช้น้ำตลอดฤดูปลูก ประมาณ 350-600 mm

- การให้น้ำครั้งแรกเมื่อปลูก หลังจากไถพรวนเตรียมแปลงเสร็จ ให้น้ำประมาณ 30-40 mm เพื่อให้ดินมีความชื้นพองอก

- การให้น้ำในช่วงระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพด ควรให้สัปดาห์ละประมาณ 40-50 mm ไม่ควรให้น้ำท่วมขังเป็นเวลานาน เพราะจะทำให้ข้าวโพดเหลืองแคระแกร็น ผลผลิตลด และอาจตายได้ ถ้าให้น้ำมากเกินไปควรระบายน้ำออกจากแปลงทันที



รูปที่ 6 การบำรุงรักษาต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

4. การเก็บเกี่ยวข้าวโพดควรเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดแก่จัดและเก็บในช่วงที่อากาศแห้ง

- เก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคน สามารถดำเนินการได้ 2 วิธี คือ 1) วิธีการเก็บใช้ไม้ปลายแหลมแทงเปลือกบริเวณปลายฝัก 2) เก็บเกี่ยวโดยหักข้าวโพดทั้งเปลือกแล้วจึงมาแกะเปลือกภายหลัง หรือเก็บไว้ทั้งเปลือก

- เก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องมือ การเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องมือ ได้แก่ เครื่องปลิดฝักข้าวโพด (corn snapper) เครื่องปลิดและรูดเปลือกหุ้มฝักข้าวโพด (corn picker-husker) และเครื่องเกี่ยวนวดข้าวโพด (corn picker-Sheller หรือ corn combine harvester)



รูปที่ 7 การเก็บเกี่ยวข้าวโพดโดยใช้แรงงานคน (ซ้าย) ใช้เครื่องนวดข้าวโพด (ขวา)

2.2.1 คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือทิ้งจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่จะนำมาพิจารณา ศักยภาพด้านต่าง ๆ ในการเป็นเชื้อเพลิงทางด้านความร้อนหรือไฟฟ้า คือ วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ วิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณ และค่าความร้อน (วีรชัย อัจฉาญา, 2554) วัสดุเหลือทิ้งที่สามารถแบ่งออกได้หลากหลายส่วน อาทิเช่น เปลือกข้าวโพด ชังข้าวโพด ลำต้น ใบ และไยไหม แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 วัสดุชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2.3 ชีวมวล (Biomass)

วัสดุชีวมวล (biomass) คือ วัสดุหรือสารอินทรีย์ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานได้ชีวมวลนี้รวมถึงวัสดุทั้งทางการเกษตร เศษไม้ และจากอุตสาหกรรมไม้ มูลสัตว์ ของเสียจากโรงงานมาแปรรูปทางการเกษตรและของเสียจากชุมชนหรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร



รูปที่ 9 วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และเศษไม้

ชีวมวลนั้นยังนับเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่งด้วยเนื่องจากเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถหาได้และเกิดทดแทนขึ้นในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จากการใช้งานและเกิดขึ้นเป็นวัฏจักรของเชื้อเพลิงชีวมวลนั้นทำให้วัฏจักรการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาความร้อนเนื่องจากการใช้ เชื้อเพลิงชีวมวลนั้นเป็นระบบปิด (Closed Carbon Cycle or Zero Carbon Emission Cycle) ดังแสดงในรูปที่ 10

จุดเด่นของการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล คือ เป็นเชื้อเพลิงที่สามารถหาได้ง่ายโดยมีอยู่ทั่วไปในท้องถิ่นนั้น ๆ และ การแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลมาเป็นพลังงานมีต้นทุนที่ไม่สูง เช่น ในพื้นที่ชนบทบางพื้นที่ได้นำไม้ฟืนมาใช้เพื่อเป็นแหล่งความร้อนสำหรับประกอบอาหาร หรือ ในพื้นที่ที่ต้องการใช้ไฟฟ้าก็สามารถนำเชื้อเพลิงชีวมวลที่สามารถหาได้รอบ ๆ พื้นที่นั้นมาเป็นเชื้อเพลิงขั้นต้นสำหรับ

กระบวนการผลิตไฟฟ้าได้เช่นกัน นอกจากนี้การเพาะปลูกพืชชีวมวลยังสามารถสร้างรายได้ให้แก่ประชาชนได้ในท้องถิ่นนั้นได้ และชีวมวลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้คือ วัสดุชีวมวลที่เกิดจากแหล่งกำเนิด ชีวมวลที่เกิดขึ้นจากของเสียทางการเกษตร ชีวมวลประเภทนี้จะเกิดขึ้นระหว่างการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปพืชผลทางการเกษตร เช่น แกลบ, ฟางข้าว, ชังข้าวโพด เปลือกข้าวโพด กะลาปาล์มและ กาบ (Hoogwijk et al., 2003)



2.4 ชีวมวลแห้ง (Dry Biomass)

ปริมาณชีวมวลจากเซลลูโลสดังกล่าวสามารถนำมาเปลี่ยนเป็นพลังงาน และเมื่อนำไปรวมกับเชื้อเพลิงชีวภาพที่ได้มาจากแป้ง และน้ำตาลจากพืช ทั้งหมดนี้สามารถนำไปทดแทนการใช้ น้ำมันปิโตรเลียมได้ แต่การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากวัตถุดิบประเภทเซลลูโลสจะต้องใช้การแตกย่อยสลาย วัสดุลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose) ที่มาจากพืชพลังงานชีวภาพ (Bioenergy crop) หรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยการทำลายผนังเซลล์ที่เป็นโพลีเมอร์ (Biopolymers) ไปเป็นน้ำตาลก่อน และการทราบค่า การย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง Dry matter digestibility (DMD) ของข้าวโพดนั้นสามารถบ่งบอกถึงศักยภาพของการย่อยสลายลิกโนเซลลูโลสได้ ดังนั้น การศึกษาอิทธิพลของความหนาแน่นของต้นข้าวโพดต่อพื้นที่พันธุ์และอายุการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งและองค์ประกอบทางเคมีของตอชังข้าวโพด จึงเป็นประโยชน์ในการจัดการพืชได้อย่างเหมาะสมทั้งทางด้านผลผลิตเมล็ดเพื่อใช้ในภาคอุตสาหกรรมอาหารและสามารถนำเศษตอชังที่เหลือทิ้งหลังจากเก็บเกี่ยวไปใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบชีวมวลสำหรับใช้ผลิตพลังงานทดแทนและผลิตภัณฑ์ชีวภาพประเภทต่าง ๆ ต่อไป (ตรีอินทอง และคณะวารามิตร และคณะรุ่งเมฆารัตน์ และคณะแก้วตระกูลพงษ์ และคณะรั่มแก้วทองจุ, 2556)

2.5 คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพ (ขนาด ความชื้นและความหนาแน่น)ข้อมูลวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บางชนิดหรือสายพันธุ์มีขนาดที่ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับ ชนิดสายพันธุ์ วิธีการเก็บเกี่ยว และการแปรรูปของวัสดุ เช่น เก็บเกี่ยวด้วยคน เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักร ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลให้เชื้อเพลิงวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีขนาดที่ไม่แน่นอน จึงทำให้มีความหนาแน่นต่ำ (Bulk density) ทำให้ไม่คุ้มค่าในการขนส่ง

2.5.1 องค์ประกอบธาตุ (Ultimate analysis)

เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงธาตุองค์ประกอบของเชื้อเพลิงวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร อันประกอบไปด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจนและซัลเฟอร์ สามารถทำการวิเคราะห์ได้โดยใช้เครื่อง Carbon, Hydrogen, Nitrogen and Sulfur analyzers; CHNS/O analyzer ในแต่ละองค์ประกอบของธาตุจะแตกต่างกันไปโดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน และมีผลต่อค่าความร้อน คือคาร์บอนและไฮโดรเจน เนื่องจากคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂) น้ำ และกระบวนการเผาไหม้โดยสมบูรณ์ แต่หากในการเผาไหม้มีปริมาณไฮโดรเจนมากสำหรับการเผาไหม้ก็จะเกิดน้ำมากเช่นกัน ซึ่งส่งผลให้น้ำในส่วนนี้ดูดซับพลังงานไว้บางส่วนและพลังงานที่ระบบปลดปล่อยออกมาจะลดลงตามลำดับ (วีรชัย อาจหาญ, 2554)

ตารางที่ 3 ค่าองค์ประกอบธาตุ (Ultimate analysis) จากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วัสดุทางการเกษตร*	C (%wt)	H (%wt)	N (%wt)	O (%wt)	S (%wt)
ลำต้น	42.827±0.016	5.917±0.040	0.340±0.007	43.654±0.08	<0.01
ซังข้าวโพด	43.163±0.194	6.033±0.037	0.523±0.018	44.620±0.353	<0.01
ใบข้าวโพด	37.843±0.047	5.655±0.022	1.473±0.018	41.365±0.257	0.083±0.006
ใยไหม	42.242±0.110	5.888±0.018	2.722±0.010	40.132±0.665	0.156±0.004
เปลือก	41.850±0.184	6.053±0.007	0.218±0.007	45.566±0.204	<0.01
ราก	43.058±0.105	5.808±0.134	0.783±0.006	41.400±0.094	<0.01

*วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ได้จากการลงพื้นที่ของเกษตรกร

2.5.2 องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate analysis)

เป็นองค์ประกอบเฉพาะของเชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือทิ้ง ที่ไว้แสดงสัดส่วนของปริมาณความชื้น (Moisture Content) ปริมาณการระเหยได้ (Volatile Matter) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) และปริมาณเถ้า (Ash Content) ใช้วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D7582 เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการพิจารณาในการเลือกใช้เชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

2.5.3 ค่าความร้อน (Heating Value)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง แสดงถึงปริมาณพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาขณะที่ทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนักในรูปแบบของความร้อน ซึ่งค่าความร้อนของแต่ละเชื้อเพลิงจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสมบัติและองค์ประกอบของเชื้อเพลิง

ค่าความร้อนสูง (High heating value ; HHV) หมายถึงปริมาณความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Gross Calorific Value) รวมถึงพลังงานความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (Latent Heat of Vaporization)

ค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value; LHV) หมายถึงพลังงานความร้อนสุทธิที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ของเชื้อเพลิง (Net Calorific Value) ได้จากการควบแน่น (Condensate) ไอน้ำมาใช้งาน โดยปกติค่าความร้อนใช้งานของเชื้อเพลิง จะไม่รวมถึงพลังงานที่ได้จากการควบแน่น

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางกายภาพ (Proximate analysis) ของวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วัสดุทางการเกษตร	Moist (%wt.)	Volatile (%wt.)	Fixed carbon (%wt.)	As received (%wt.)	N.H.V. (kcal/kg)	G.H.V. (kcal/kg)
ลำต้น	9.83±0.02	72.92±0.11	15.77±0.17	1.48±0.06	3366.521±12.30	3,670.124±14.32
ซังข้าวโพด	9.24±0.01	73.16±0.36	16.04±0.42	1.57±0.06	3696.081±18.60	3386.522±17.643
ใบข้าวโพด	12.26±0.04	67.23±0.03	11.89±0.21	8.62±0.13	3271.937±9.39	2981.762±8.384
ใยไหม	13.09±0.03	64.85±0.42	18.76±0.38	2.20±0.01	3767.562±14.43	3465.449±13.599
เปลือก	12.78±0.02	70.93±0.40	13.70±0.37	2.59±0.03	3748.375±53.57	3450.386±46.728
ราก	11.02±0.02	73.72±0.23	13.90±0.30	1.36±0.06	3554.656±26.36	3244.063±22.934

*วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ได้จากการลงพื้นที่ของเกษตรกร

2.6 เชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass Fuel)

เชื้อเพลิงชีวมวล หมายถึงเชื้อเพลิงที่ได้มาจากจากมวลต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ นับว่าเป็นแหล่งพลังงานให้ความร้อนและแสงสว่างที่สำคัญตั้งแต่อดีต ทั้งยังถือได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในปัจจุบัน โดยเฉพาะกับประเทศที่กำลังพัฒนา การใช้ประโยชน์จากชีวมวลแบบง่าย ๆ โดยการนำมาเผาในการหุงต้มอาหาร แสงสว่าง เพื่อความปลอดภัย และความอบอุ่น เป็นต้น การนำชีวมวลมาแปรรูปผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูงขึ้น เช่น การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง การผลิตถ่าน การผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตเอทานอล หรือการผลิตเป็นไบโอดีเซล เป็นต้น ประเทศไทยยังมีการใช้ชีวมวลอยู่โดยทั่วไป โดยเฉพาะในพื้นที่ชนบท หรือการใช้ในการผลิตไฟฟ้า ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ อาทิเช่น โรงงานอบผลผลิตทางการเกษตร โรงงานผลิตสี โรงงานผลิตเครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิก เป็นต้น

การใช้พลังงานจากชีวมวลจึงเป็นการใช้พลังงานโดยผ่านกระบวนการทางเคมีความร้อน (Thermochemical process) และ กระบวนการทางชีวเคมี (Biochemical process) ทั้งนี้แหล่งที่มาของชีวมวลที่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้เป็นชีวมวลจำพวกวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น แกลบ ชังข้าวโพด ฟางข้าว น้ำมันสำปะหลัง ชานอ้อย และชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งของอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ชี้อ้อย แกลบ ชานอ้อย ชังข้าวโพด น้ำเสีย เป็นต้น

2.6.1 การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง (wood pellet)

เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง (Wood Pellet) เป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากโรงงานอุตสาหกรรมมาสับบดให้เป็นผงฝุ่นขนาดเล็ก ผ่านกระบวนการอบแห้งเพื่อลดความชื้น แล้วนำมาเข้าเครื่องบดอัดแรงดันสูง ให้อัดแน่นเป็นแท่งขนาดเล็ก เครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิง (Biomass Fuel Machine) ที่มีกำลังการผลิต 150-200 kg/hr ก่อนจะนำไปลดอุณหภูมิแล้วจัดเก็บเข้าไซโล ซึ่งสามารถรักษาความชื้นของเชื้อเพลิงอัดเม็ดให้อยู่ในระหว่าง 10-15% ทำให้ได้เชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้และให้ค่าความร้อนสูงช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งให้ค่าพลังงานความร้อนถึง 3500-4200 kcal/kg ซึ่งเทียบเท่าและใกล้เคียงกับถ่านหินบิทูมินัส สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์เครื่องจักรของโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ หรือเตาเผาของโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า หรือการผลิตปูนซีเมนต์ การใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอัดแท่ง สร้างมลพิษอากาศน้อยกว่าเชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน หรือน้ำมันเตาที่ทำให้เกิด

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาไหม้เกิดขึ้นในปริมาณมาก ดังนั้น ชุมชนในพื้นที่เขตภาคเหนือ ที่ทำการปลูกข้าวโพดในปริมาณที่มาก สามารถนำซังข้าวโพดมาสร้างประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อสร้างรายได้และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่อชุมชน ซึ่งจะเป็นการสร้างชุมชนและธุรกิจสีเขียวอย่างยั่งยืน (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2018)



รูปที่ 11 เชื้อเพลิงอัดแท่ง

กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด มีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 12 กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ด

- กระบวนการย่อย (Crushing process) เป็นกระบวนการที่ทำการบดย่อยวัตถุดิบที่ยังมีขนาดใหญ่ให้เหมาะสม โดยใช้เครื่องจักรหลายประเภท เช่น shredder, crusher, hammer mill เป็นต้น
- กระบวนการลดความชื้น (Drying process) เป็นกระบวนการในการลดความชื้นออกจากวัตถุดิบเพื่อให้มีความชื้นที่เหมาะสมกับกระบวนการอัด
- กระบวนการผสม (Mixing process) เป็นกระบวนการในการผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน

- กระบวนการอัด (Pelleting process) เป็นกระบวนการขึ้นรูปวัตถุดิบให้เป็นเม็ด ให้มีความต้องการในรูปแบบต่าง ๆ โดยเครื่องจักรที่ใช้มีหลายประเภท เช่น flat die pellet mill, ring die pelleting mill, vertical ring die pellet mill เป็นต้น
- กระบวนการระบายความร้อน (cooling process) เป็นกระบวนการระบายความร้อนให้กับเชื้อเพลิงชีวมวลที่ขึ้นรูปให้เย็นตัวลง
- กระบวนการบรรจุ (packing process) เป็นกระบวนการบรรจุชีวมวลอัดเม็ดในถุงตามที่ต้องการ

ข้อดีของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

- 1) สะดวก ประหยัดค่าขนส่ง เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวลชนิดอื่นเนื่องจากมีความหนาแน่นสูง
- 2) สามารถควบคุมปริมาณการใช้ได้ง่ายเพราะมีขนาดเท่า ๆ กัน มีน้ำหนักค่อนข้างแน่นอน ประสิทธิภาพของอัตราการเผาไหม้มากกว่า 80% ของเตาเผา ทำให้มีอัตราการเผาไหม้ที่สม่ำเสมอ สามารถนำระบบการป้อนเชื้อเพลิงอัตโนมัติมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์
- 3) The U.S. Environmental Protection Agency (EPA) ยอมรับว่าเชื้อเพลิงอัดเม็ด (Wood pellet) เป็นพลังงานการเผาไหม้ที่สะอาด และเป็นพลังงานที่น่ากลับมาใช้ใหม่ได้
- 4) สามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดขี้เถ้าส่วนเกิน เนื่องจากมีปริมาณขี้เถ้าน้อยกว่าเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทอื่น
- 5) ให้ความร้อน (High heating value) มากกว่าเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทอื่น โดยมีค่า net calorific value มากกว่า 16.5 MJ/kg เนื่องจากมีความชื้นต่ำกว่า 10% และถือว่าเป็นแหล่งพลังงานที่มีค่าพลังงานสูง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซิน พบว่าเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดน้ำหนัก 2 kg จะเท่ากับน้ำมันเบนซิน 1 l ในขณะที่เชื้อเพลิงชีวมวลประเภทอื่นมีค่าพลังงานอยู่ที่ประมาณ 10.9 MJ/kg
- 6) เป็นการลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) หนึ่งในก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) ซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน (Global warming) เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาชีวมวลจะถูกหมุนเวียนกลับไปใช้โดยพืชเพื่อสังเคราะห์แสง (Carbon offset)

2.6.2 การผลิตถ่าน (Charcoal)

การผลิตถ่านเป็นกระบวนการทางเคมีความร้อน หรือไพโรไลซิส (Slow pyrolysis or Conventional pyrolysis) ชีวมวลจะถูกทำให้ร้อนอย่างช้า ๆ โดยใช้เชื้อเพลิงจากภายนอกจนน้ำในชีวมวลระเหยออกจากตัวของชีวมวลจนหมดหลังจากนั้นชีวมวลบางส่วนจะติดไฟ และสร้างความร้อนให้กับกระบวนการได้เองโดยไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงจากภายนอก ส่วนผลผลิตที่ได้ออกมาคือ ถ่าน

คุณสมบัติของถ่านจะเหมือนกับชีวมวลทั่ว ๆ ไป คือ มีความชื้น คาร์บอนคงตัว ปริมาณสารระเหย ซี้เถ้า และองค์ประกอบต่าง ๆ ของธาตุ แต่สมบัติเหล่านั้น จะมีค่าที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับชีวมวลธรรมดา เช่น ค่าความร้อนมีค่าสูงขึ้นเป็นประมาณ 25-30 MJ/kg จากเดิมที่มีค่าประมาณ 15-20 MJ/kg

วัสดุที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง

วัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่ง มีหลากหลายชนิด เช่น ชังข้าวโพด กะลามะพร้าว แกลบ ซี้เถ้า ฟางข้าว ชานอ้อย ต้นมันสำปะหลัง เหง้ามันสำปะหลัง ใบจามจุรี กะลาปาล์ม ต้นฝ้าย ต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กากทานตะวัน เปลือกทุเรียน เศษถ่านหุงต้มที่เหลือใช้จากการใช้แล้ว เป็นต้น

หลักการผลิตถ่านอัดแท่งมี 2 วิธี คือ

- การอัดร้อน เป็นการอัดวัสดุโดยที่วัสดุไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านมาก่อน เมื่ออัดเป็นแท่งเสร็จแล้ว ค่อยนำเข้าเตาให้เป็นถ่านอีกครั้งหนึ่ง วัสดุที่สามารถผลิตโดยวิธีการอัดร้อน ขณะนี้มี 2 ชนิด คือ แกลบ และซี้เถ้า เพราะวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้เมื่อโดนอัดด้วยความร้อน จะมีสารในเนื้อของวัสดุยึดตัวมันเอง จึงทำให้สามารถยึดเกาะเป็นแท่งได้ โดยที่ไม่ต้องใช้ตัวประสาน โดยที่เครื่องอัดต้องเป็นเครื่องอัดชนิดอัดร้อน ซึ่งราคาค่อนข้างสูง

- การอัดเย็น เป็นการอัดวัสดุที่เผาถ่านมาแล้ว แล้วนำมาผสมกับแป้งมันหรือวัสดุประสานอื่น ๆ โดยทั่วไปจะเป็นแป้งมัน ถ้าวัสดุใดมีขนาดใหญ่ เช่น กะลามะพร้าว เมื่อผ่านการเผาแล้ว ต้องมีเครื่องบดให้ละเอียดก่อน แล้วค่อยนำมาผสมกับแป้งมันและนำไปอัดเป็นส่วนตามที่ต้องการ



รูปที่ 13 ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของของเสียที่เหมาะสมสำหรับนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงแท่ง ได้แก่ การปนเปื้อนสารอันตราย ไม่ปนเปื้อนสารอันตรายต่อไปนี้ - สารออกซิไดเซอร์ (Oxidizer) - สารที่ก่อให้เกิดการระเบิดเมื่อถูกทำให้ร้อน - สารกัดกร่อนที่เป็น Strong Oxidizer

ค่าความร้อน ไม่ควรต่ำกว่า 3,000 kcal/kg

คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) ไม่ควรต่ำกว่า 15%

เถ้า (Ash) ไม่ควรเกิน 20%

กำมะถันรวม (Total Sulfur) ไม่ควรเกิน 2%

วิธีการผลิตถ่านอัดแท่ง

- นำวัสดุเหลือทิ้ง เช่น ชังข้าวโพด ไปเผาในเตาเผาถ่านแบบไร้ควัน ที่ทำจากถังน้ำมัน 200 l โดยบรรจุชังข้าวโพด 35-40 kg ต่อการเผาแต่ละครั้ง และใช้เวลาเผาประมาณ 1 hr จะได้ถ่านซีแมว 20% (ประมาณ 8 kg)
- นำถ่านซีแมวเข้าเครื่องตีป่นไม้ให้ละเอียดเป็นผง
- นำผงถ่านเข้าเครื่องผสม อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำ (10 : 1 : 7 kg)
- นำส่วนผสมเข้าเครื่องอัดแท่งและตัดตามขนาดที่เครื่องผลิตถ่าน
- นำถ่านอัดแท่งตากให้แห้งในโรงอบ 3-4 วัน จะได้ถ่านอัดแท่งชังข้าวโพด

2.6.3 การผลิตก๊าซชีววมวล (Produce gas)

กระบวนการก๊าซซิฟิเคชัน (Gasification) เป็นการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Producer gas) จากชีววมวลแห้งโดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันบางส่วน (Partial oxidation) ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 800-1,800 °C โดยก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จะมีค่าความร้อนประมาณ 3-10 MJ/m³ ก๊าซที่ผลิตได้จะประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ คือ CO₂ 12-14%, CO 18-20%, CH₄ 1-2%, H₂ 18-20%, N₂ 45-48%, O₂ 1-2%

เตาที่ใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง เรียกว่าเตาก๊าซซิไฟเออร์ (Gasifier) ทั้งนี้ก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งการเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนโดยตรงในการประกอบอาหาร ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ได้

อัตราการเกิดเชื้อสามารถคำนวณได้จากพื้นที่หน้าตัดท่อแก๊ส และความเร็วของลมจากปลายท่อ ความร้อน จากนั้นนำมาคำนวณหาอัตราการเกิดแก๊สโดยใช้นิยาม ที่สภาวะปกติที่อุณหภูมิ 32 °C (สุธิณี, 2557)

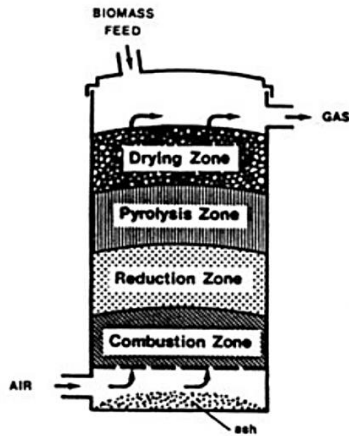
$$\dot{Q} = Q_{\text{gas}} \times \frac{T_1}{T_2} \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ	\dot{Q}	คือ	อัตราการเกิดแก๊สเชื้อเพลิงที่ 32 °C
	Q_{gas}	คือ	อัตราการเกิดแก๊สเชื้อเพลิงความร้อน Nm ³ /hr.
	T_1	คือ	อุณหภูมิที่ 32 °C
	T_2	คือ	อุณหภูมิแก๊สร้อนออกจากปลายท่อ °C

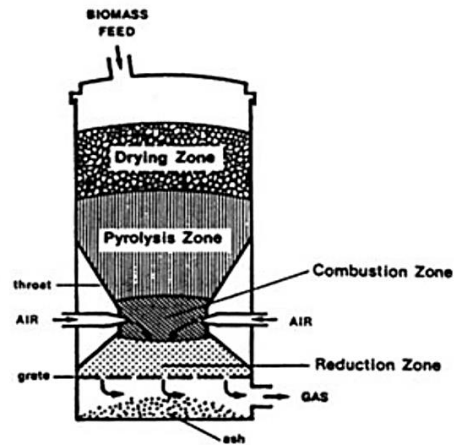
เทคโนโลยีแก๊สชีววมวล

เทคโนโลยีเตาแก๊สชีววมวล จะเป็นเทคโนโลยีที่ใช้เชื้อเพลิงชีววมวลในการนำมาเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ ได้แก่ แกลบ ชังข้าวโพด เศษไม้ ฟืน เป็นต้น โดยเตาแก๊สชีววมวลประกอบ

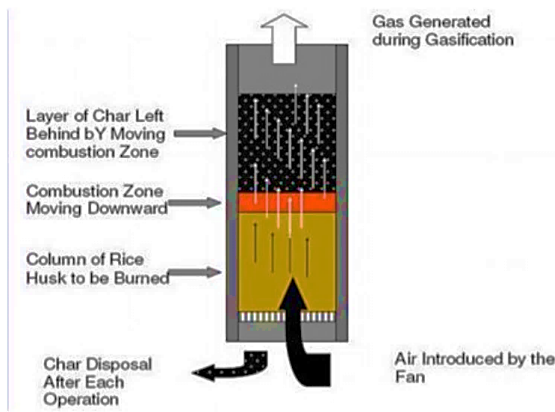
ไปด้วย 4 รูปแบบเตาชีวมวล ได้แก่ Up-draft Gasifier แบบ Cross-draft Gasifier แบบ Inverted downdraft และแบบ Down-draft Gasifier (มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2554)



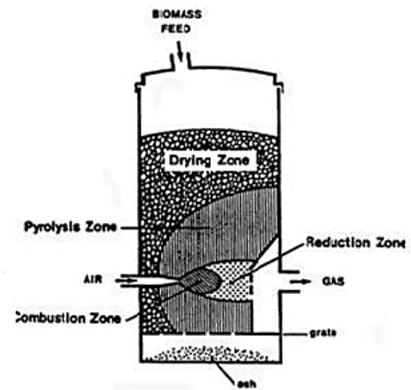
เตาผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สแบบไหลขึ้น (Up-draft Gasifier)



เตาผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สแบบไหลลง (Down-draft Gasifier)



เตาผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สแบบ Inverted downdraft



เตาผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สแบบไหลขวาง (Cross-draft)

รูปที่ 14 รูปแบบของเตาแก๊สชีวมวลรูปแบบต่าง ๆ

Drown Draft Gasifier

Drown Draft Gasifier แบ่งโซนเชื้อเพลิงออกเป็น 3 โซน เรียงจากด้านบนลงมาด้านล่าง คือ Distillation Zone, Combustion Zone และ Reduction Zone โดยอากาศจะไหลเข้าทางด้านบน และก๊าซที่ผลิตได้จะไหลออกมาทางด้านล่างซึ่งข้อดีของเครื่องผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สประเภทนี้คือ บริเวณ Combustion Zone จะไม่ติดกับบริเวณส่วนที่เป็นซีไธ้า ดังนั้นในกรณีที่อุณหภูมิของ Gasifier ชนิดนี้ยังไม่สามารถนำความชื้นที่ได้จากการอบเชื้อเพลิงที่บริเวณ Distillation Zone มาใช้ในการทำปฏิกิริยาที่ Reduction Zone (ภูนิทัศน์, 2562)

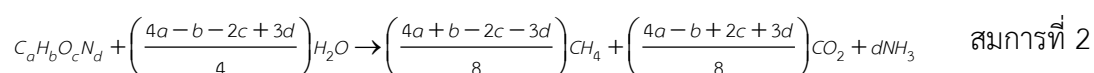
ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกได้เลือกวิธีการทดสอบจากเตาแก๊สชีวมวลแบบ down-draft Gasifier แสดงดังรูปที่ 15 ในการทดสอบหาอัตราการเกิดแก๊สชีวมวลของวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และ คำนวณจากสมการข้างต้น



รูปที่ 15 เตาก๊าซชีวมวลแบบ Drown-draft Gasifier

2.6.4 การผลิตก๊าซชีวภาพ (biogas)

การผลิตก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) โดยแบคทีเรีย ทั้งนี้การย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การย่อยสลายแบบแห้ง (Dry Digestion) และการย่อยสลายแบบเปียก (Wet Digestion) ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ จะมีองค์ประกอบของก๊าซต่าง ๆ ประกอบด้วย ก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 60-70 % คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-40% ที่เหลือจะเป็นก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) ซึ่งก๊าซมีเทนมีคุณสมบัติติดไฟได้ จึงสามารถนำมาเป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงต่าง ๆ เช่น การหุงต้ม เชื้อเพลิงรถยนต์ เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม เป็นต้น ก๊าซชีวภาพ จะมีค่าความร้อนประมาณ 21 MJ/m^3 ซึ่งมีค่าเทียบเท่ากับก๊าซหุงต้มประมาณ 0.46 kg ซึ่งในการประเมินศักยภาพทางทฤษฎีของการผลิตก๊าซชีวภาพ ของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ในหน่วย V/kg และสัดส่วนการผลิตก๊าซมีเทน ได้จากสมการที่ 2 (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ,2558)



ในการประเมินจากสมการดังกล่าวจะนำค่าจากการส่งทดสอบทางกายภาพและเคมีวัตถุ เพื่อให้ทราบค่า CO_2 CH_4 NH_3 ในหน่วยของร้อยละ และจะทราบปริมาณที่เกิดขึ้นของก๊าซชีวภาพทางทฤษฎีและยังมีการศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยวิธี Biochemical Methane Potential (BMP) การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากตัวอย่างเศษ

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้ทำการศึกษาภายใต้วิธีการประยุกต์วิธีมาตรฐาน VDI 4630 ศักยภาพในการย่อยสลายเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนมีค่าอยู่ในช่วง 8-31% และ 4-27% เมื่อเทียบกับค่าทฤษฎีตามลำดับ โดยพบว่า เมื่อเทียบกับค่าปริมาณก๊าซมีเทนในทางทฤษฎีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยมีศักยภาพจะเท่ากับ 25% ของค่าทางทฤษฎี วิธี BMP เป็นที่นิยมซึ่งมีความแม่นยำและสามารถนำผลการศึกษาไปพัฒนาต่อยอดได้ ดังนั้นจึงได้ใช้วิธี BMP เป็นการประเมินศักยภาพก๊าซชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งในงานวิจัยนี้

การนำวัสดุชีวมวลต่าง ๆ มาทำการผลิตเป็นก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาผลิตเป็นพลังงาน แต่ประโยชน์ที่เกิดขึ้นนั้นไม่ใช่เฉพาะทางพลังงาน ยังเป็นการแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ด้านสังคม และยังสามารถเพิ่มรายได้และผลผลิตต่าง ๆ ด้วย ทั้งนี้ประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการผลิตก๊าซชีวภาพประกอบด้วย

- เชื้อเพลิงในครัวเรือนทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG)
- เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงาน หรือใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย
- สามารถลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานของครัวเรือน หรือลดต้นทุนในการผลิต
- ลดปัญหาของกลิ่นและก๊าซพิษสู่บรรยากาศ
- ลดการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศ ซึ่งก๊าซมีเทนมีความรุนแรงในการก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกสูงกว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 25 เท่า

2.6.5 การผลิตเอทานอล (Bioethanol)

เอทานอล (Ethanol หรือ Ethyl alcohol) เป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง ที่ไม่มีสี ติดไฟได้ มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ หรือ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวที่ 78 และ 114 °C ตามลำดับ ประโยชน์ของเอทานอลมีมากมาย เช่น ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อ เป็นตัวกลางในการนำความร้อน ส่วนผสมในการผลิตเครื่องสำอางค์ หรือใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร สำหรับการบริโภคเอทานอลด้านพลังงานประกอบด้วย

- การนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง เพื่อทดแทนน้ำมัน
- การนำมาผสมกับน้ำมันเบนซิน เรียกว่า ก๊าซโซฮอล์ (Gasohol) หรือผสมกับน้ำมันดีเซล เรียกว่า ดีโซฮอล์ (Desohol)
- ใช้เป็นสารเพิ่มค่าออกเทนของน้ำมันสำหรับเครื่องยนต์

สำหรับการผลิตเอทานอล สามารถดำเนินการผลิตได้จาก 2 กระบวนการ คือ การสังเคราะห์ทางเคมี ซึ่งเป็นการผลิตเอทานอลจากปิโตรเลียม ด้วยปฏิกิริยา Ethylene hydration หรือจาก

ปฏิกิริยา Esterification เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า “เอทานอลสังเคราะห์ (synthetic ethanol)” ส่วนอีกกระบวนการหนึ่ง คือกระบวนการหมัก ซึ่งใช้กับวัสดุชีวมวลโดยการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลและเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอล โดยอาศัยยีสต์และกระบวนการ Glycolysis ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า ไบโอเอทานอล (bio-ethanol) ด้านวัตถุดิบชีวมวลที่นำมาใช้เพื่อผลิตเอทานอลมี 3 ประเภทคือ

- ชีวมวลจำพวกแป้ง เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด
- ชีวมวลจำพวกน้ำตาล เช่น น้ำตาล กากน้ำตาล ข้าวฟ่างหวาน
- ชีวมวลจำพวกเซลลูโลส เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย หญ้าเนเปียร์ และไม้ต่าง ๆ

วัตถุดิบที่สามารถใช้ในการผลิตเอทานอลในปัจจุบันมีด้วยกันหลากหลายชนิด ได้แก่ อ้อย กากน้ำตาล มันสำปะหลัง มันเทศ มันฝรั่ง ข้าวโพด ข้าว ข้าวสาลี เป็นต้น โดนมปริมาณเอทานอลที่สามารถผลิตได้จากวัตถุดิบแต่ละประเภท (ลิตร/ตัน) ดังนี้

ตารางที่ 5 ปริมาณเอทานอลที่สามารถผลิตได้จากวัตถุดิบต่าง ๆ

วัตถุดิบ (1 ton)	ปริมาณเอทานอลที่สามารถผลิตได้ (litter)
กากน้ำตาล (molasses)	260
อ้อย (sugar cane)	70
หัวมันสำปะหลังสด (potato)	180
ข้าวฟ่าง (sorghum)	70
ธัญพืช ข้าวโพด ข้าว (rice, corn)	375
น้ำมันมะพร้าว (coconut juice)	83

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (<https://www.riclib.nrct.go.th/index.php?/nrctfund/00003.html>)

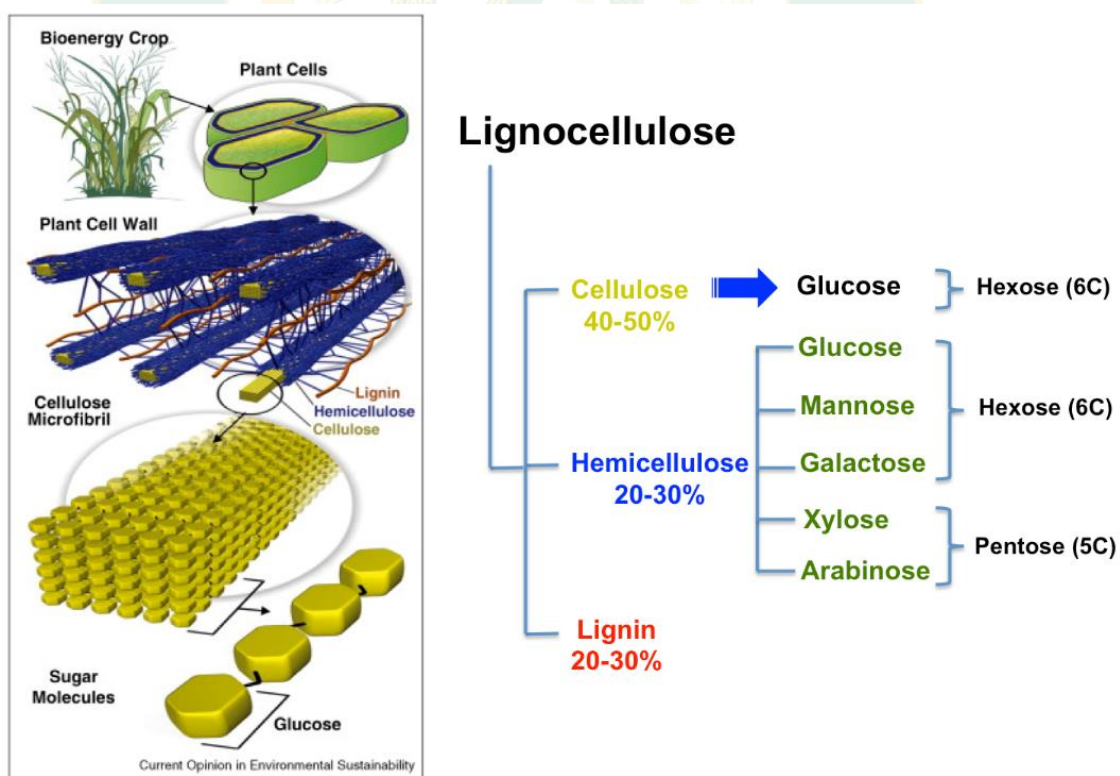
สำหรับเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลในอดีตจะจำกัดอยู่ที่น้ำตาล แป้ง ข้าวโพดซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตเอทานอล การนำมาผลิตเอทานอลจะทำให้พืชเหล่านี้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น ส่วนเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่ใช้ได้แก่ การผลิตเอทานอลจาก Lignocellulosic biomass ซึ่งได้แก่ซากต้นไม้ เศษไม้ กระจดาช ฟางข้าว เศษหญ้า ซึ่งใช้กรรมวิธีเปลี่ยน Lignocellulosic biomass ให้กลายเป็นน้ำตาล จากนั้นหมักน้ำตาลที่ได้ให้กลายเป็นเอทานอลโดย ส่วนประกอบหลักของ Lignocellulosic - biomass ได้แก่ พวกลูเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน โดยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสจะประกอบด้วย กลูโคสสายโมเลกุลยาว และยังมีส่วนประกอบรองของพืชอื่น ๆ อีก ได้แก่ ลิกนิน ซึ่งเป็นส่วนที่สร้างความแข็งแรงให้แก่ต้นไม้ ลิกนินมีความคล้ายกันกับถ่านหิน จะสามารถให้พลังงานระดับเดียวกันกับถ่านหิน แต่การเผาไหม้ลิกนินดีกว่าเพราะไม่มีซัลเฟอร์ ลิกนิน สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานในการ

ผลิตเอทานอลได้ แต่ในปริมาณเซลลูโลส ลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส จะมีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ดังแสดงในตารางที่ 6 (พรรณวิไล, 2545)

ตารางที่ 6 องค์ประกอบของลิกโนเซลลูโลสในชีวมวลต่าง ๆ

Biomass	The complement in plant cell (%)		
	Cellulose	Hemicellulose	Lignin
ฟางข้าว	32.1	24	12.5
ฟางข้าวสาลี	30.5	28.4	18
ชานอ้อย	33.4	30	18.9
ซังข้าวโพด	45	35	15
ต้นปาล์ม	37.14	30.59	22.32
ต้นมันสำปะหลัง	32.2	13.85	26.96

วัสดุลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulosic material) มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และลิกนิน (Lignin) ดังแสดงในรูปที่ 16



รูปที่ 16 ส่วนประกอบภายในชีวมวล

ที่มา : www.omnimicrobes.wordpress.com

การศึกษากระบวนการผลิตเอทานอลจากเซลลูโลสที่เหมาะสม

Cellulolysis คือการย่อยสลายเซลลูโลสให้กลายเป็นน้ำตาลกลูโคสแล้วหมักน้ำตาลกลูโคสด้วยจุลินทรีย์กลายเป็นแอลกอฮอล์ผ่านการกลั่น และแยกน้ำจนเป็นเอทานอล ข้อดีของการผลิต Cellulosic Ethanol มีดังนี้

- วัตถุดิบสามารถหาได้ง่ายเนื่องจากเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลักของพืชหลายประเภท และสามารถนำส่วนของพืชที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ อาทิ ฟางข้าว ชังข้าวโพด และกากอ้อย

- การผลิตและใช้เอทานอลจากเซลลูโลสช่วยลดก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 85% ของการผลิตและใช้น้ำมันเบนซินขณะที่การผลิตและใช้เอทานอลที่ผลิตจากแป้งช่วยลดก๊าซเรือนกระจก 29%

- ช่วยลดปัญหาการนำพืชอาหารที่ใช้บริโภคไปผลิตเอทานอลเพราะเซลลูโลสเป็นส่วนหนึ่งของพืชที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้วัตถุดิบที่นำมาผลิตจึงไม่ใช่อาหารที่มนุษย์บริโภค

- ทำให้มีปริมาณวัตถุดิบใช้ผลิตเอทานอลได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากสามารถนำส่วนต่าง ๆ ของพืชมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น อาทิ น้ำอ้อยนำมาผลิตเอทานอลด้วยวิธีการเดิมขณะที่กากอ้อยนำมาผลิต Cellulosic Ethanol จากวิธีการผลิตเอทานอลจากลิกโนเซลลูโลส 2 วิธีหลักได้แก่ Gasification และ Cellulolysis โดยในการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเอทานอลจากเซลลูโลสเชิงพาณิชย์ เนื่องจากวิธี Gasification เป็นวิธีที่ใช้อุปกรณ์ในการเผาไหม้ค่อนข้างซับซ้อนอีกทั้งการเดินระบบยุ่งยากและจะต้องมีผู้ควบคุมดูแลที่มีความชำนาญ ดังนั้นการใช้วิธีนี้จึงมีการลงทุนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Cellulolysis ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนต่ำ โดยจะใช้วัตถุดิบจากสิ่งเหลือใช้จากการเกษตรที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก หาได้ง่ายตามท้องถิ่นที่ทำการเกษตรกรรม ดังนั้นวิธี Cellulolysis จึงเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมมากกว่าทั้งด้านทฤษฎีในการคิดวิเคราะห์และการปฏิบัติ

กระบวนการย่อยแบบ ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

การย่อยสลาย คือการย่อยสลายเซลลูโลสให้กลายเป็นน้ำตาลกลูโคส และการย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสซึ่งเป็นโคพอลิเมอร์ของน้ำตาลคาร์บอน 5 และ 6 อะตอม จะได้น้ำตาลไซโลส แมนโนส อาราบิโนส และกลูโคส ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช (Bosch et al., 2010) ซึ่งการย่อยสลายจะทำให้สายพอลิเมอร์ทั้งเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสถูกทำให้สั้นลงกลายเป็นน้ำตาลอิสระก่อนที่จะนำไปหมักเป็นเอทานอล ซึ่งในการย่อยสลาย มี 2 กระบวนการหลักๆ ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาเคมีและการย่อยด้วยเอนไซม์ (ชัชชนันท์ แลคณะ, 2555)

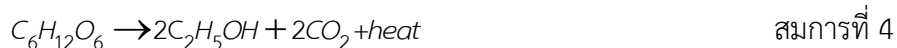
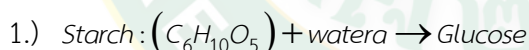
- การย่อยสลายด้วยกรด (Acid hydrolysis) เป็นการย่อยด้วยกรดเจือจางภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง และสามารถเพิ่มความเข้มข้นของกรดได้เพื่อลดอุณหภูมิและความดันต่ำลง

- การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ (enzyme hydrolysis) เป็นการใช้อิโชนไซม์ในการย่อยสลายของเซลลูโลส ปกติปฏิกิริยานี้จะเกิดในอุณหภูมิในร่างการ ในการย่อยสลายเอนไซม์นั้นมีความจำเพาะเจาะจงในการทำปฏิกิริยาสูง เช่น เอนไซม์ endocellulase จะย่อยเซลลูโลสโครงสร้างผลึกให้เป็นเซลลูโลสสายโซ่ ส่วนเอนไซม์ exocellulase จะย่อยเซลลูโลสสายโซ่ให้เป็นเซลลูบิโอส และ β -glucosidase จะย่อยเซลลูบิโอสให้เป็นกลูโคส และขั้นตอนการทำปฏิกิริยาต้องอยู่ภายใต้สภาวะที่ไม่รุนแรง การย่อยสลายแบบนี้เป็นวิธีนิยมกันมาก เนื่องจากปริมาณน้ำตาลสูงจึงเหมาะแก่การหมักเอทานอล เช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ทางทฤษฎีจากวิธีการย่อยสลายด้วยเอนไซม์

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอลจากซังข้าวโพดคือ สภาวะที่ซังข้าวโพดผ่านการปรับสภาพด้วยวิธีทางเคมีร่วมกับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปย่อยเพื่อให้ได้น้ำตาลรีดิคซ์ภายใต้สภาวะความเข้มข้นเอนไซม์เซลลูเลส 10 FPU/g ในสารละลายซิงเตรตบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรดต่าง 5 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ทำการหมักด้วยเชื้อ *Zymomonas mobilis* ที่มีค่าความเป็นกรดต่าง 5 จะทำให้ได้ร้อยละการผลิตเอทานอลเทียบกับค่าทางทฤษฎีสูงที่สุดคือ ร้อยละ 35.81 หรือเท่ากับปริมาณเอทานอลที่ผลิตได้ 1.79 กรัมต่อลิตร (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555)

ในส่วนการผลิตเอทานอลจากการศึกษาทางทฤษฎีจะสามารถคำนวณได้จากทางทฤษฎีดังต่อไปนี้

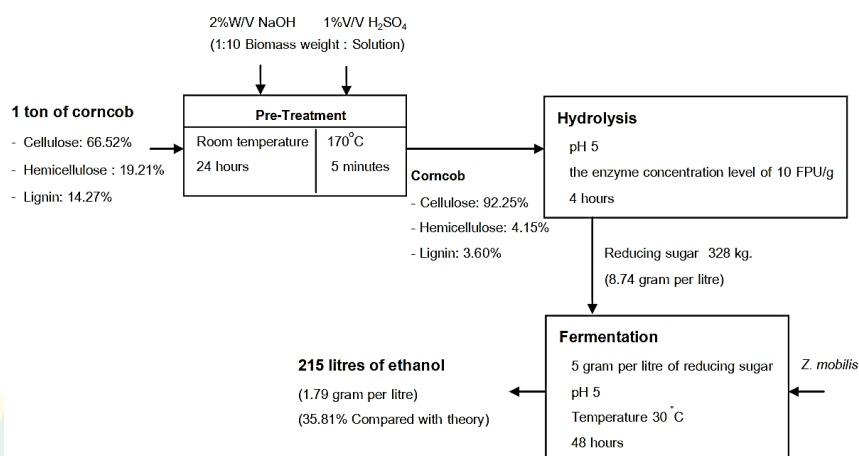
Hydrolysis



ข้อดีของเอทานอลพลังงานทดแทนจากวัสดุทางการเกษตร

- ชาวไร่มีแหล่งขายวัตถุดิบเพิ่มขึ้น
- ชาวไร่สามารถสร้างโรงงานผลิตในแหล่งวัตถุดิบกระจายออกไปทั่วประเทศ
- สามารถผลิตใช้เองโดยไม่มีวันหมด
- สร้างงานให้เกษตรกรเพิ่มขึ้น ลดปัญหาการว่างงาน และกระจายแหล่งงานสู่ชนบท
- ช่วยประหยัดเงินตราต่างประเทศ
- ช่วยให้ประเทศชาติมีแหล่งพลังงานเพิ่มขึ้น

- ยกระดับราคาพืชไร่และสร้างเสถียรภาพด้านราคา
- ลดมลพิษในอากาศจากสารเพิ่มออกเทนที่ใช้สาร MTBE โดยใช้เอทานอลผสมแทน
- ตัดค่าขนส่งและค่าประกันทั้งในการส่งออกผลผลิตจากพืชไร่ไปยังตลาดต่างประเทศ และการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิง
- ด้านเศรษฐกิจ ทำให้มีเงินหมุนเวียนเพิ่มขึ้น

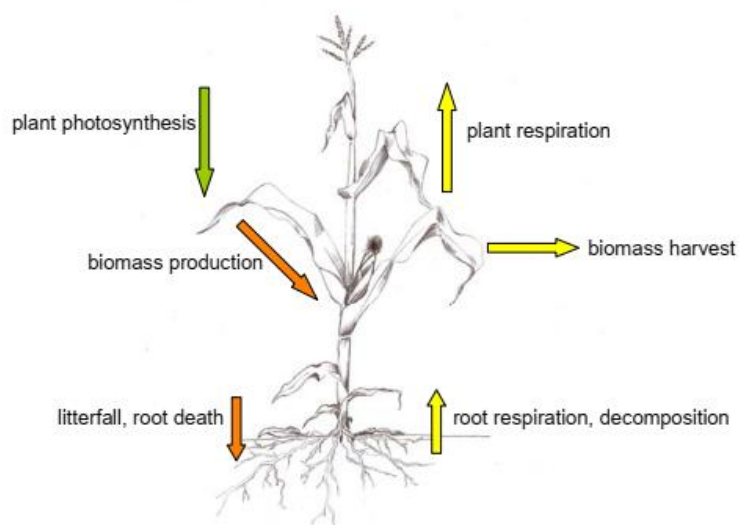


รูปที่ 17 การผลิตเอทานอลจากเซลลูโลสในซังข้าวโพด

2.7 การกักเก็บคาร์บอน (Carbon Sequestration)

วัฏจักรคาร์บอน หมายถึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่หมุนเวียนในชั้นบรรยากาศ เกิดจากการที่พืชดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ เพื่อสร้างอินทรีย์สารที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของใบ (photosynthesis) และในเวลาเดียวกันก็ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศด้วยเช่นเดียวกันหรือเรียกว่ากระบวนการหายใจ (respiration) ในทั้งพืชและสิ่งมีชีวิต และเมื่อพืชและสิ่งมีชีวิตตายลงไปสารประกอบจะถูกย่อยสลายตามธรรมชาติทำให้กลายเป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการเผาไหม้คาร์บอนที่สะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืชหรือสิ่งมีชีวิต ดังนั้นธาตุคาร์บอนจึงหมุนเวียนอยู่ในระบบนิเวศอย่างสมดุล (Sarmiento and Gruber, 2002)

การกักเก็บคาร์บอน คือการดึงคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศอย่างถาวรหรือกึ่งถาวร ในโลกมีระบบกักและเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งบนบกและในมหาสมุทรผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) เพื่อเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตของทั้งพืชและสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ คาร์บอนจะถูกกักเก็บในราก ลำต้น กิ่งก้าน และใบ โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและดึงคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศเข้าไปเก็บในมวลของชีวภาพ (ชมพูนุช, 2554)



รูปที่ 18 แผนภาพแสดงวัฏจักรการกักเก็บคาร์บอน (C cycling)

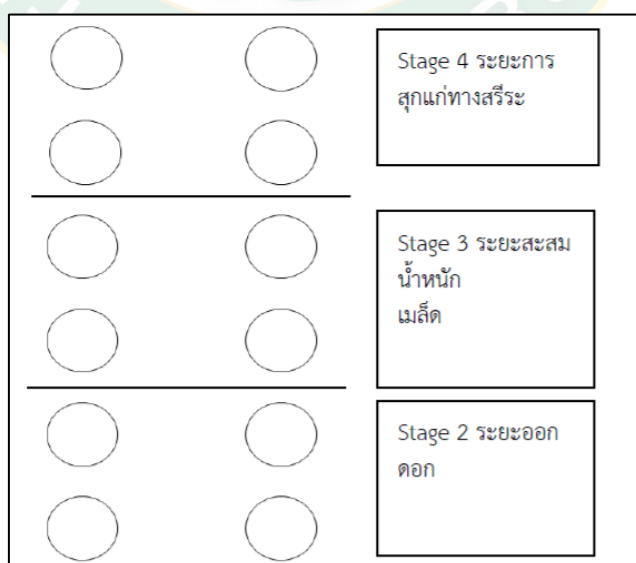
ลูกศรสีเขียว คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่กระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ลูกศรสีส้ม คือ การรวมกันของ คาร์บอน (C) ลงในมวลชีวภาพและปัจจัยการผลิตต่าง ๆ รวมถึง เศษซากต่าง ๆ ลูกศรสีเหลือง คือ คาร์บอน (C) กลับสู่บรรยากาศผ่านการหายใจของพืชหรือผ่านการสลายตัวของเศษพืชต่าง ๆ ในดิน รวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ (Anderson et al., 2008)

ในส่วนของการวิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอน จะนำน้ำหนักมวลแห้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาทำการวิเคราะห์ เพื่อหาการกักเก็บและความสามารถในการผลิตออกซิเจนของต้นข้าวโพด (ประชา, 2556)

ตารางที่ 7 มวลรวมแห้งของต้นข้าวโพด

ส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าวโพด	มวลรวม แห้งต้นข้าวโพด (kg/ไร่)	สัดส่วน (%)
leaf	192.042	15
Stem	482.84	38
Husk	164.48	13
Tassel	24.58	2
Ear	200.11	16
Seed	88.92	7
Cob	111.19	9
รวม	1,264.16	100

ปริมาณคาร์บอนการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ความสามารถในการผลิตออกซิเจน(O₂) ตามสูตรข้างบนต่อไป และคำนวณรวมของทุกแปลงและพื้นที่ทั้งหมดของพื้นที่ป่าจะเห็นว่าเราสามารถคำนวณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ความสามารถในการผลิตออกซิเจน(O₂) ของไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า อรอนงค์ กงออน และคณะ ได้ศึกษาการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของข้าวโพด ใน วังบ่อ อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน พบว่า ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติดินก่อนและหลังปลูกข้าวโพด ศึกษาจำนวน 6 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย ปฏิกริยาความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (OC) และติดตามการเจริญเติบโตของข้าวโพดและเก็บน้ำหนักมวลชีวภาพในส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าวโพด เพื่อวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในต้นข้าวโพดโดยทำการทดลองวางแผนการทดลองแบบสังเกตการณ์ (Observation trial) มีจำนวน 4 ระยะตาม Stage ของข้าวโพดโดยศึกษาสรีระวิทยาของข้าวโพดดังแสดงในรูปที่ 1 เพื่อศึกษาปริมาณคาร์บอนในต้นข้าวโพด ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณธาตุอาหาร OM, N, P, K และ OC พบว่าในดินก่อนปลูกข้าวโพดมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.45, 2.21%, 0.18%, 3.69 ppm, 318.13 ppm และ 1.28% ทั้งยังพบค่าที่มีอยู่ในดินหลังปลูกข้าวโพดเฉลี่ยเท่ากับ 4.60, 2.64%, 0.10%, 11 ppm, 64 ppm และ 1.30% ตามลำดับ และในส่วนปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในต้นข้าวโพด พบว่า ระยะสุกแก่ทางสรีระ (150 วัน) ต้นข้าวโพดมีศักยภาพในการกักเก็บอินทรีย์คาร์บอน ส่วนบนดิน และรากเฉลี่ย 44.15%, 41.91% เมื่อดูการกักเก็บอินทรีย์คาร์บอน ส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าวโพด ในระยะ (150 วัน) ส่วนฝักมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมากที่สุดเฉลี่ย 46.13% ส่วนใบ น้อยสุดเฉลี่ย 41.43% (อรอนงค์ และคณะ, 2559)



รูปที่ 19 ผังการทดลอง

(ศูนย์วิจัยพลังงานมหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2556) ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเปียร์และต้นข้าวโพดโดยใช้เทคโนโลยีการหมักในสภาพไร้อากาศแบบแห้งที่มีการหมุนเวียนน้ำชะ ประสิทธิภาพการที่ต้นแบบขนาด 1,000 ลิตร มีการหมุนเวียนน้ำชะเป็นช่วง ๆ ที่ระยะเวลาการกักเก็บ 60 วัน พบว่า ระบบสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 48.2 litter/kg และ 31.7 48.2 litter/kg หรือ 427.9 litter/kgVS และ 301.2 litter/kgVS ในข้าวโพดและหญ้าเนเปียร์ ตามลำดับ โดยวัดค่ามีเทนสูงสุดได้ 50-51% และระบบมีประสิทธิภาพในการลดค่า COD , TS, VS เท่ากับ 60.4%, 87.2% และ 85.9% ในข้าวโพด และ 79.4%, 88.1% และ 82.9% ในหญ้า ตามลำดับ

(บุญมี และคณะ, 2550) ได้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุขานอ้อยผสมขุมมะพร้าวในอัตราส่วน 1 : 1, 1 : 2 และ 1 : 3 โดยใช้แป้งมันเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 5 กิโลกรัมต่อแป้งมัน 1 กิโลกรัม เครื่องที่ใช้อัดแท่งเชื้อเพลิงเป็นแบบเกลียวอัด ผลการทดสอบที่ได้ พบว่าขานอ้อยผสมขุมมะพร้าวในอัตราส่วน 1 : 2 เหมาะสมที่สุดในการนำมาเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยใช้เวลาในการอัด 1.5 นาทีต่อความยาว 1 เมตร เวลาเฉลี่ยในการต้มน้ำเดือด 23 นาที ค่าความหนาแน่นแท่งเชื้อเพลิง $0.5\text{g}/\text{m}^3$ และให้ค่าความร้อน $3,506.21\text{ kcal}/\text{kg}$

2.8 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สมการทั่วไปในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจะแสดงในสมการที่ 5 ดังต่อไปนี้

$$GHG\ emission = Activity\ data \times Emission\ factor \quad \text{สมการที่ 5}$$

โดยที่ข้อมูลกิจกรรม (Activity data) คือ ค่าที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของการเกิดก๊าซเรือนกระจกประเภทต่าง ๆ เช่น ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณถ่านหินที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ข้อมูลกิจกรรมอาจมีหน่วยที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับประเภทของสาขาหรือภาคส่วนของการคำนวณและต้องมีความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor)

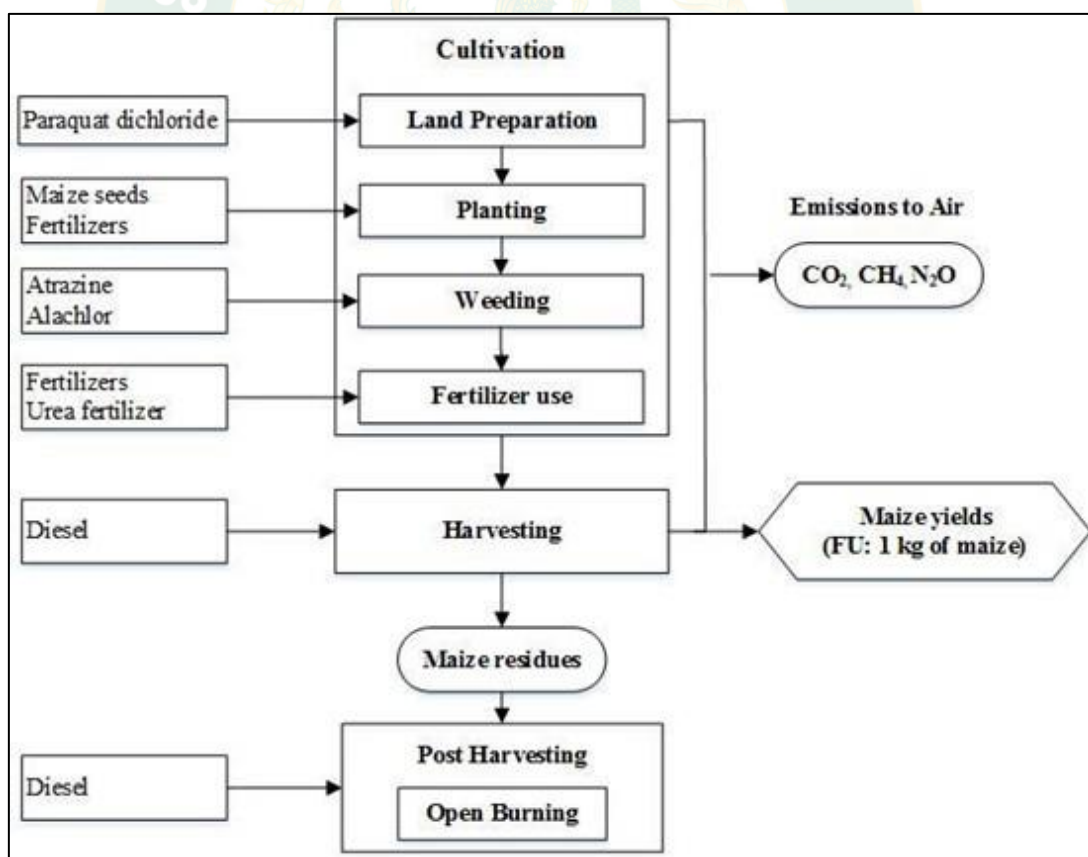
ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) คือ ค่าที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย เช่น ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.6 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันปูนซีเมนต์ ($\text{ton CO}_2/\text{ton cement}$) เป็นต้น ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นอยู่กับกิจกรรมและเทคโนโลยีของการปล่อยในแต่ละประเทศอาจมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเงื่อนไขเฉพาะกิจกรรมนั้น ๆ เรียกว่าค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (Country specific emission factor) ซึ่งได้มาจากการวัดจริงหรือการศึกษา สำหรับในกรณีที่บางประเทศไม่มีค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศสามารถใช้ค่าแนะนำ (Default value of

emission factor) ซึ่งอยู่ในคู่มือแนวทางการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของ IPCC ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะอ้างอิงจาก National Renewable Energy Laboratory, USA แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

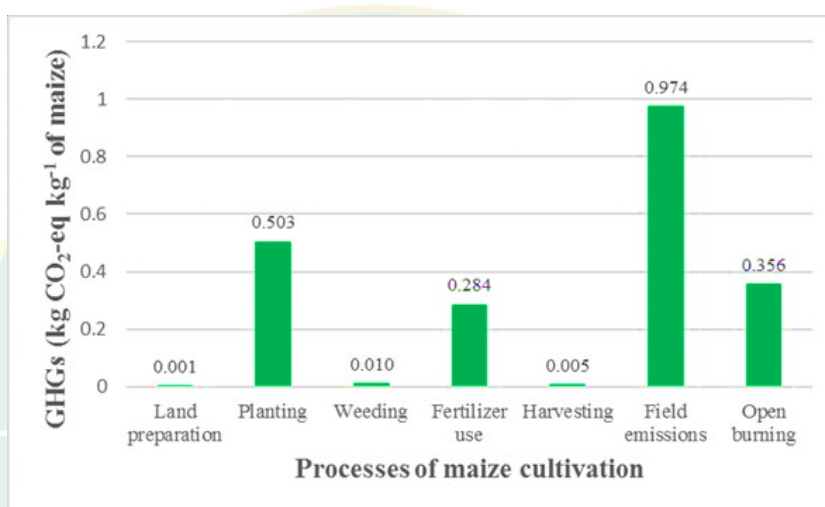
ชนิดของเชื้อเพลิงที่นำมาผลิตไฟฟ้า	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ -eq)
วัสดุชีวมวล	0.046
ถ่านหิน	1.022

ฐิฎฎฎฎ และคณะ (2561) ศึกษาประเมินวัฏจักรชีวิตของการเกิดก๊าซเรือนกระจกและการปล่อยมลพิษฝุ่นละอองของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของการเกิดก๊าซเรือนกระจกของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (LCA) แบบ candle to farm gate ดังแสดงข้อมูลในแผนผังรูปที่ 21 และได้ประเมินมลพิษฝุ่นละอองจากกระบวนการด้วยเช่นเดียวกัน



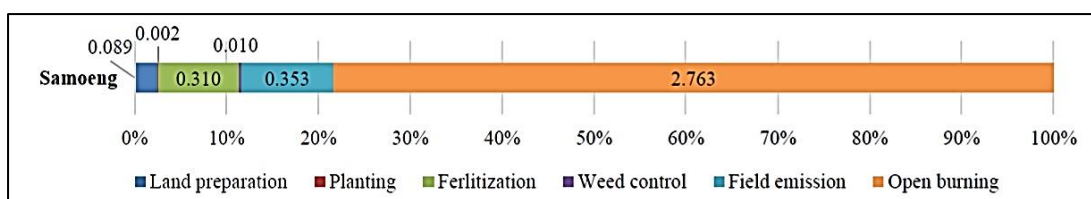
รูปที่ 20 แผนผังแสดงกระบวนการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ผลการศึกษาพบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการผลิตข้าวโพดในอำเภอเชียงดาว เท่ากับ 9,621.397 tones CO₂eq ในขณะที่ปล่อยมลพิษอยู่ที่ 85.877 tones PM10-eq จะเห็นว่า แหล่งที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใหญ่ที่สุดจะอยู่ที่กระบวนการเตรียมดินและเพาะปลูก ประมาณ 45.64% รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยอยู่ที่ 23.60% ตามมาด้วยการเผาไหม้ในที่โล่งแจ้ง และการใช้ปุ๋ย เป็น 16.68% และ 13.30 % ตามลำดับ การปล่อยฝุ่นละอองที่พบในระหว่างขั้นตอนการเพาะปลูกที่ ประมาณ 69% และในการเผาไหม้ในที่โล่งแจ้งและกระบวนการเก็บเกี่ยวที่ประมาณ 31% และ 0.18% ตามลำดับ (Titaphorn et al., 2016)



รูปที่ 21 การประเมินวัฏจักรชีวิตของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เศรษฐ์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวทางการประเมินความยั่งยืนด้านเกษตรและอาหารเชิงพื้นที่การเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยทำการวิเคราะห์ปัญหาชี้รายการและต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไปจนถึงการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ในพื้นที่ศึกษา เพื่อพัฒนาตัวชี้วัดความยั่งยืนของการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไปจนถึงการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และการปลูกพืชทางเลือกในพื้นที่ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน ตามกรอบการประเมินความยั่งยืนของ Sustainability Assessment of Food and Agricultural System (SAFA) ผลการศึกษา พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสะเมิง แสดงในรูปที่ 20 รวม 3.53 kgCO₂-eq ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตลอดกระบวนการเพาะปลูกทั้งนี้หลังจากการเก็บเกี่ยวและการใช้รถแทรกเตอร์ในการเตรียมดิน หรือการเผาไหม้ข้าวโพดใบและต้น เกิดปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่ 78.4 % ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (N₂) ที่ 10 % ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (Sarunnoud et al., 2018)



รูปที่ 22 ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ kgCO₂eq / kgข้าวโพด

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas: GHG) เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน หรือรังสีอินฟราเรดได้ดี ก๊าซเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ ซึ่งหากบรรยากาศโลกไม่มีก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ ดังเช่นดาวเคราะห์ ดวงอื่น ๆ ในระบบสุริยะแล้วจะส่งผลให้อุณหภูมิในตอนกลางวันนั้นร้อนจัด และในตอนกลางคืนนั้นหนาว เนื่องจากก๊าซเหล่านี้ดูดซับคลื่นรังสีความร้อนในเวลากลางวัน แล้วค่อยๆแผ่รังสีความร้อนออกมาในเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกไม่ได้เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันมีก๊าซจำนวนมากที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน และถูกจัดอยู่ในกลุ่มก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีทั้งก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โอโซน มีเทนและไนตรัสออกไซด์ สารซีเอฟซี เป็นต้น แต่ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต มีเพียง 6 ชนิด โดยจะต้องเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (anthropogenic greenhouse gas emission) เท่านั้น ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) ทั้งนี้ ยังมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือ สารซีเอฟซี (CFC หรือ Chlorofluorocarbon) ซึ่งใช้เป็นสารทำความเย็นและใช้ในการผลิตโฟม แต่ไม่ถูกกำหนดในพิธีสารเกียวโต เนื่องจากเป็นสารที่ถูกจำกัดการใช้ในพิธีสารมอนทรีออลแล้ว

ปรากฏการณ์เรือนกระจก(Greenhouse Effect) เป็นปรากฏการณ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับสภาพที่เกิดขึ้นภายในเรือนกระจกที่ใช้สำหรับปลูกพืชในประเทศเขตร้อน โดยแสงแดดสามารถส่องผ่านให้ความอบอุ่นภายในเรือนกระจกได้ แต่กระจกสามารถสะท้อนไม่ให้ความร้อนออกไปจากเรือนกระจกได้ จึงสามารถคงอุณหภูมิภายในเรือนกระจกไม่ให้นานเย็นเหมือนภายนอกได้

การกักเก็บคาร์บอน (Carbon sequestration) กระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้เองธรรมชาติ เช่น ต้นไม้จะเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ในการเจริญเติบโตไปเป็นชีวมวล

การดูดซับคาร์บอน (Carbon Sink) เป็นแหล่งดูดซับที่ส่งผลให้ก๊าซเรือนกระจกที่มีอยู่ในชั้นบรรยากาศถูกดูดซับไปเก็บไว้ เช่น การปลูกป่าเพื่อดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ

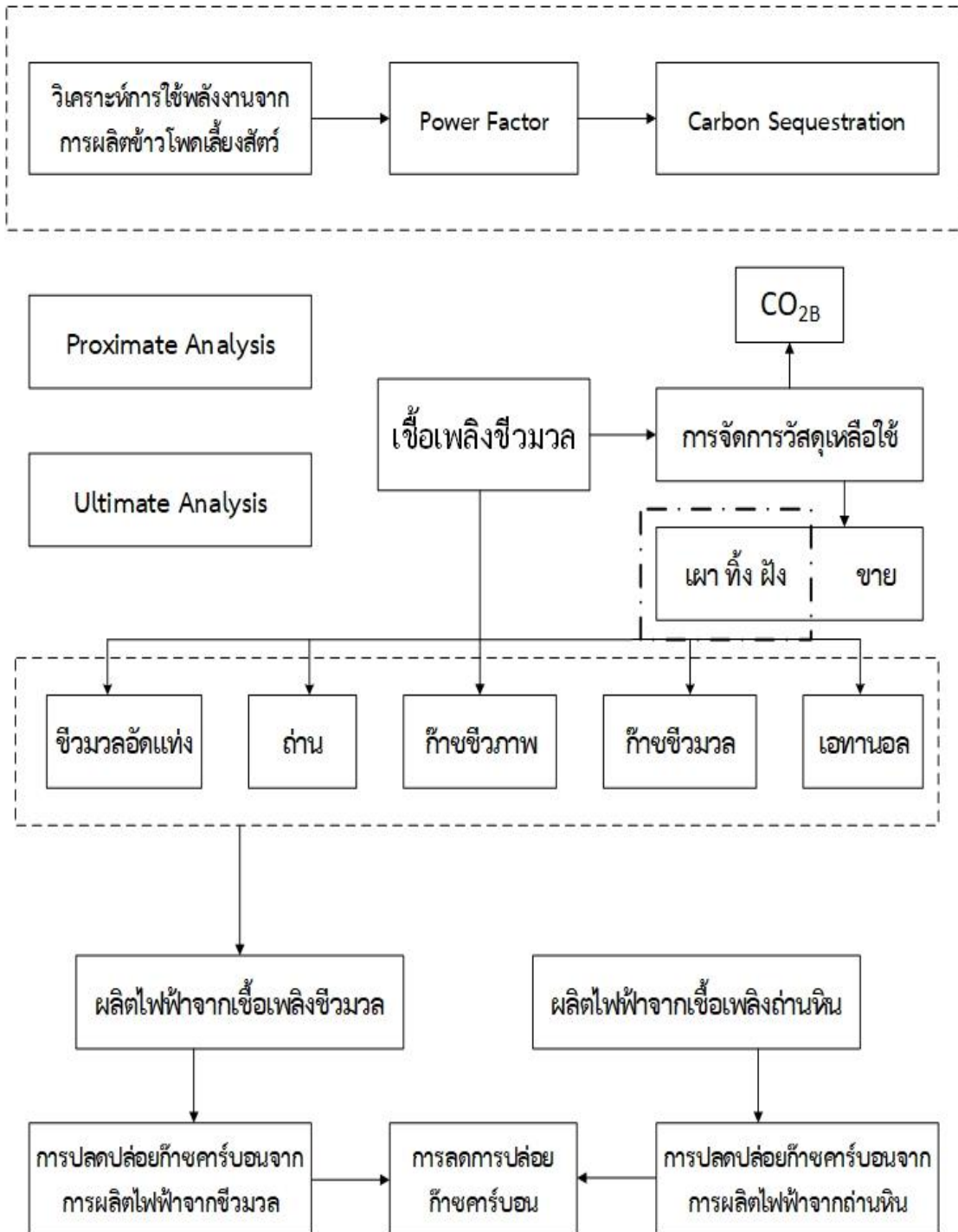
แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก (Carbon Source) โดยพิจารณาแหล่งกำเนิดคาร์บอนจากกิจกรรมมนุษย์เป็นหลัก เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเชื้อเพลิงฟอสซิลในโรงไฟฟ้า

การดักเก็บและการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CCS : Carbon Capture and Storage) เป็นเทคโนโลยีทางวิศวกรรมในแหล่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดใหญ่ เช่น การดักเก็บและการส่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้มข้น จากโรงไฟฟ้าถ่านหิน โดยก๊าซจะถูกฉีดลงไปลึกในดินเพื่อกักเก็บไว้



บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยได้ทำการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักดังภาพที่ 23



รูปที่ 23 กรอบแนวคิดงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การรวบรวมข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภาคเหนือ 12 จังหวัด ประกอบด้วย แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ น่าน สุโขทัย พิษณุโลก และตาก จากข้อมูลของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ทั้งนี้พื้นที่ทำการรวบรวมข้อมูลจะ แสดงในรูปที่ 24



รูปที่ 24 แผนที่ทำการเก็บข้อมูล 12 จังหวัด ภาคเหนือ

พื้นที่ที่มีการรวบรวมข้อมูลลงพื้นที่เกษตรกร จะคัดเลือกพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกสูง ๆ เป็นพื้นที่ ตัวอย่างในการลงเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม ในแต่ละจังหวัด ดังต่อไปนี้

- จังหวัดเชียงใหม่ คือ อำเภอเวียงแหง พร้าวก แม่แจ่ม และอำเภอดอยสะเก็ด
- จังหวัดเชียงราย คือ อำเภอเวียงแก่น และเวียงป่าเป้า
- จังหวัดแม่ฮ่องสอน คือ อำเภอแม่สะเรียง
- จังหวัดลำพูน คือ อำเภอลี้ และแม่ทา
- จังหวัดลำปาง คือ อำเภองาว และวังเหนือ

- จังหวัดน่าน คือ อำเภอเวียงสา นานะมื่น และเฉลิมพระเกียรติ
- จังหวัดพะเยา คือ อำเภอดอกคำใต้ และอำเภอปง
- จังหวัดแพร่ คือ อำเภอร้องกวาง
- จังหวัดตาก คือ อำเภอแม่สอด และอำเภอพบพระ
- จังหวัดสุโขทัย คือ อำเภอศรีมาศ และอำเภอไกรกงลาด
- จังหวัดพิษณุโลก คือ อำเภอวัดโบสถ์ และอำเภอวังทอง

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเก็บข้อมูลด้านการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากการโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ พร้อมทำการเก็บข้อมูล จะเก็บจากการดำเนินงานจริงของเกษตรกร และผู้ประกอบการสีข้าวโพด เลี้ยงสัตว์



รูปที่ 25 เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย และพื้นที่ลงเก็บข้อมูล

ขั้นตอนที่ 3 ทำการเก็บข้อมูลด้านการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากการโพดเลี้ยงสัตว์ โดยการสอบถามโดยตรงจากเกษตรกร และผู้ประกอบการสีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วิธีคำนวณ ปริมาณคาร์บอน(tonsC) การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (tonsCO₂) ความสามารถในการผลิตออกซิเจน(O₂) (tonsO₂)

คำนวณ ปริมาณคาร์บอน จะหาได้จากสมการด้านล่าง

$$C \text{ Sequestration} = \text{น้ำหนักแห้ง} \times 0.5$$

สมการที่ 6

โดย C Sequestration คือ ปริมาณคาร์บอน (kgCO₂-eq)

น้ำหนักแห้ง คือ มวลของต้นข้าวโพด (kg)

0.5 คือ เศษส่วนคาร์บอน

จากนั้นนำปริมาณคาร์บอนที่คำนวณได้มาหาค่า การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (kg) โดยที่ การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ จะเท่ากับ $3.66 \text{ kgCO}_2\text{-eq}$ จาก

$$\text{CO}_2 = \frac{44}{12} \rightarrow 3.66 \quad \text{สมการที่ 7}$$

การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นข้าวโพดหาได้จากสมการที่ 8

$$\text{CO}_2 \text{ Sequestration} = \text{C Sequestration} \times 3.66 \quad \text{สมการที่ 8}$$

โดย $\text{CO}_2 \text{ Sequestration}$ คือ ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ($\text{kgCO}_2\text{-eq}$)

C Sequestration คือ ปริมาณคาร์บอน ($\text{kgCO}_2\text{-eq}$)

3.66 คือ เศษส่วนคาร์บอน

ความสามารถในการผลิตออกซิเจน (O_2) โดยที่การผลิตออกซิเจนจะเท่ากับ $2.66 \text{ kgO}_2\text{-eq}$ จากสมการดังนี้

$$\text{O}_2 = \frac{32}{12} \rightarrow 2.66 \quad \text{สมการที่ 9}$$

$$\text{O}_2 = \text{CO}_2 \text{ Sequestration} \times 2.66 \quad \text{สมการที่ 10}$$

โดย $\text{CO}_2 \text{ Sequestration}$ คือ ดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ($\text{kgCO}_2\text{-eq}$)

O_2 คือ ความสามารถในการผลิตออกซิเจน

2.66 คือ เศษส่วนออกซิเจน

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ปริมาณ สัดส่วนของการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากการโพดเลี้ยงสัตว์ โดยแบ่งเป็น 2 พื้นที่คือ

- พื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร (สอบถามโดยตรงจากเกษตรกร)



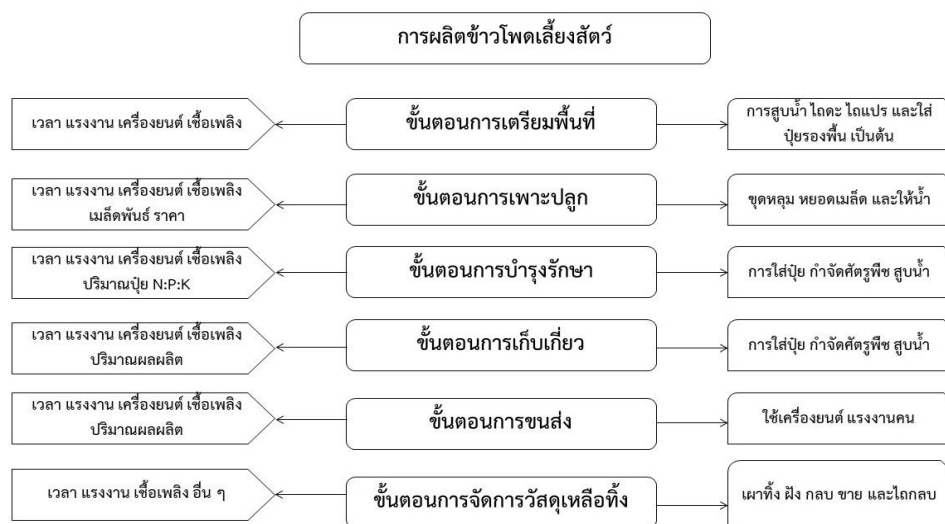
รูปที่ 26 ลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากแบบสอบถามจากเกษตรกรโดยตรง

- พื้นที่สีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สอบถามโดยตรงจากผู้ประกอบการสีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์



รูปที่ 27 ลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากโรงสี หรือ สหกรณ์การเกษตร

จากการรวบรวมข้อมูลของเกษตรกร และโรงสีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะพบว่า มีขั้นตอนการดำเนินงานโดยจะแสดงดังรูปที่ 28 เพื่อให้เห็นว่ามีการใช้ปัจจัยการผลิตและกิจกรรมการผลิตต่าง



รูปที่ 28 ขั้นตอนการดำเนินการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนในผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากการปลูกในพื้นที่ของเกษตรกร โดยพิจารณาในส่วนของ ลำต้น ใบ ราก และฝักข้าวโพด



รูปที่ 29 วัสดุชีวมวลจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ขั้นตอนที่ 6 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อย GHG จากการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากการโพดเลี้ยงสัตว์โดยเกษตรกรและผู้ประกอบการเลี้ยงสัตว์ โดยพิจารณาใน 2 องค์ประกอบหลัก คือ ปริมาณของ CO_2 และ N_2 ที่เกิดขึ้นจากการเผาในที่โล่ง โดยการทดลองเผาจริงและเก็บ คาร์บอนที่ติดจากการเผาไปทำการตรวจสอบค่าองค์ประกอบของธาตุต่าง ๆ ปริมาณการเกิด CH_4 เนื่องจากการไถกลบและเกิดการหมักในที่โล่ง โดยพิจารณาจากการ ตรวจสอบองค์ประกอบของธาตุและคำนวณ ปริมาณของ CH_4

ขั้นตอนที่ 7 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ (Ultimate Analysis) สมบัติทางเคมี (Proximate Analysis) และสมบัติทางด้านความร้อน (Heating Value) จากวัสดุเหลือทิ้งจาก ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยทำการเก็บวัสดุชีวมวลจากพื้นที่เกษตรกรมาแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ เพื่อส่งทดสอบ คุณสมบัติทางการภาพ และคุณสมบัติทางเคมี แบ่งออกเป็น เปลือก ลำต้น ใบ ชัง ไยใหม่ และราก แสดงดังรูปที่ 30 เพื่อจะนำผลที่ได้ไปทำการประเมินทางทฤษฎีของพลังงานทดแทน



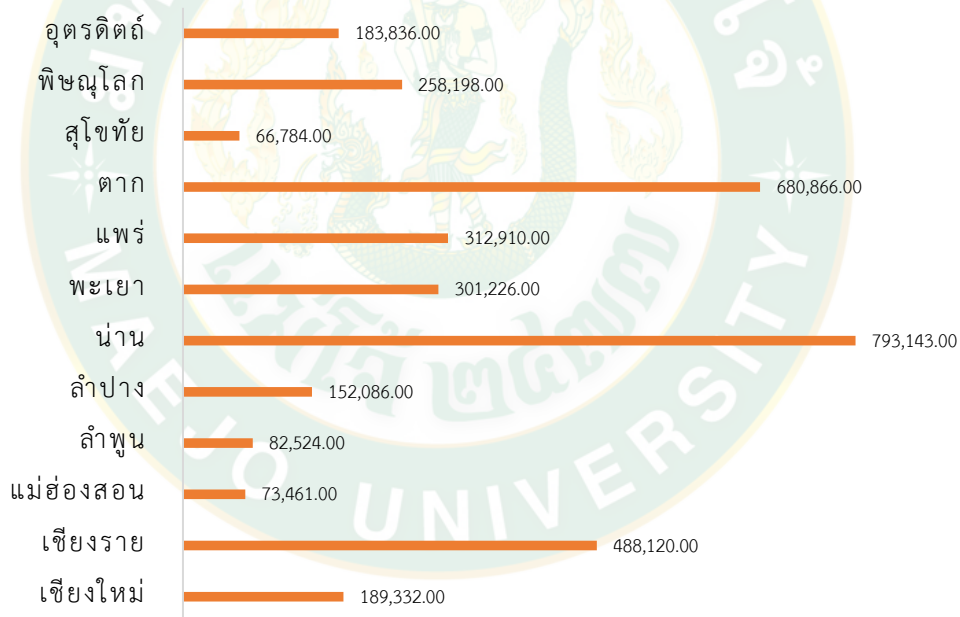
รูปที่ 30 ส่วนต่าง ๆ ของวัสดุชีวมวล

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

4.1 การรวบรวมข้อมูลแนวทางการจัดการ

4.1.1 พื้นที่เพาะปลูกเกษตร

จากการเก็บข้อมูลเกษตรกรจำนวน 1,205 แปลงเพาะปลูก คิดเป็นพื้นที่รวม 13,884.7 ไร่ พบว่าเมื่อเกษตรกรทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้วจะมีวัสดุชีวมวลที่เป็นต้นและใบเกิดขึ้นในพื้นที่ 729.03 kg/ไร่ การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 12 จังหวัด ภาคเหนือมีพื้นที่เก็บเกี่ยวรวม 3,582,486 ไร่ โดยพิจารณาเป็นรายจังหวัดจะเห็นได้ว่า จังหวัดน่านเป็นจังหวัดที่มีการเพาะปลูกสูงที่สุดมีปริมาณ 793,143 ไร่ รองลงมาคือจังหวัดตากและจังหวัดเชียงรายมีปริมาณ 680,866 ไร่ และ 488,120 ไร่ ตามลำดับจะแสดงในรูปที่ 31



ปริมาณพื้นที่การเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ไร่)

รูปที่ 31 แสดงปริมาณเนื้อที่เก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 12 จังหวัดภาคเหนือ

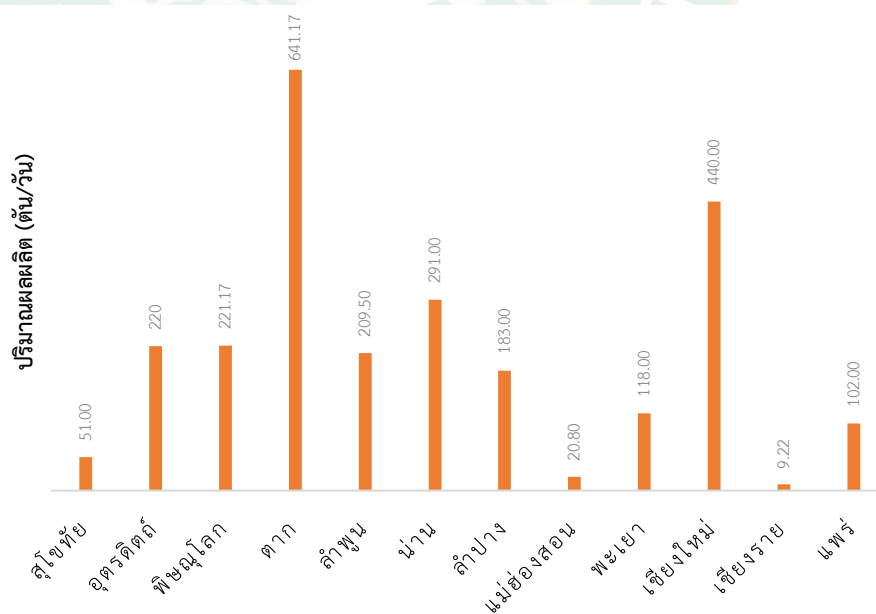
พบว่าเมื่อเกษตรกรทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้วจะมีวัสดุชีวมวลที่เป็นต้นและใบเกิดขึ้นในพื้นที่ 729.03 กิโลกรัม/ไร่ หลังจากนั้นเกษตรกรจะดำเนินการในการจัดการกับวัสดุชีวมวลเหล่านั้นในวิธีการต่าง ๆ ประกอบด้วย การเผาทิ้งในที่โล่ง ทิ้งในพื้นที่ ไถกลบ การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง และการขาย ในสัดส่วนต่าง ๆ กันดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 9 การจัดการวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูก (ตัน ใบ)

วิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง ของเกษตรกร	วัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูก (ตัน ใบ)	
	สัดส่วน (%)	ปริมาณที่เกิด (kg/ไร่)
เผาทิ้งในที่โล่ง	21.8	159.0
ทิ้งในพื้นที่	33.6	244.8
ไถกลบ	24.6	179.1
การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย	19.1	139.5
การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง	0.7	5.4
ขาย	0.2	1.3
รวม	100	729.03

4.1.2 พื้นที่โรงสี

ในส่วนของพื้นที่โรงสีจะมีการเก็บข้อมูลทั้งหมด 12 จังหวัด จำนวนแบบสอบถาม 120 ชุด จังหวัดละ 10 โรงสีและพื้นที่รับซื้อผลิตผลทางการเกษตร โดยพิจารณาเป็นรายจังหวัดพบว่า จังหวัดโรงสีในจังหวัดตากมีปริมาณผลผลิตที่สูงมีปริมาณ 641.17 ตัน/วัน รองลงมาคือจังหวัดเชียงใหม่และน่านมีปริมาณ 440 ตัน/วัน และ 291 ตัน/วัน ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 32



รูปที่ 32 แสดงปริมาณผลผลิตในพื้นที่ของผู้ประกอบการโรงสี 12 จังหวัด ภาคเหนือ

วัสดุชีวมวลที่เป็นซังและเปลือกเป็นส่วนมาก และเกิดขึ้นในพื้นที่ 243.22 kg/ไร่ และมีการดำเนินการในการจัดการกับวัสดุชีวมวลเหล่านั้นในวิธีการต่าง ๆ ประกอบด้วย การเผาทิ้งในที่โล่ง ทิ้งในพื้นที่ ไถกลบ การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง และการขาย ในสัดส่วนต่าง ๆ กันดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 วิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่โรงสี (ซัง เปลือก)

วิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งของเกษตรกร	วัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูก (ซัง เปลือก)	
	สัดส่วน (%)	ปริมาณที่เกิด (kg/ไร่)
เผาทิ้งในที่โล่ง	10.76	26.39
ทิ้งในพื้นที่	41.01	100.56
ไถกลบ	0	0.00
การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย	4.65	11.40
การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง	12.07	29.60
ขาย	31.51	77.27
รวม	100	245.22

4.1.3 ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากการจัดการที่ผิดวิธี

จากการจัดการกับวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรพบว่า มีวิธีการจัดการที่ผิดวิธีอยู่ 3 วิธีการคือ การเผาทิ้งในที่โล่ง ทิ้งในพื้นที่ ไถกลบ ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้ง 3 วิธีการนี้แล้วจะมีวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เท่ากับ 582.9 kg/ไร่ และพื้นที่โรงสีจะมีวัสดุเหลือทิ้งเท่ากับ 126.95 kg/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ปริมาณการจัดการที่ไม่ถูกวิธีในพื้นที่ปลูก และโรงสี

วิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งของเกษตรกร	วัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูก (ต้น ใบ)		วัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่โรงสี (ซัง เปลือก)	
	สัดส่วน (%)	ปริมาณ (kg/ไร่)	สัดส่วน (%)	ปริมาณ (kg/ไร่)
เผาทิ้งในที่โล่ง	21.8	159	10.76	26.39
ทิ้งในพื้นที่	33.6	244.8	41.01	100.56
ไถกลบ	24.6	179.1	0	0.00
รวม	80	582.9	51.77	126.95

จากการจัดการที่ไม่ถูกวิธีจากตารางข้างต้นจะมีแนวทางในการนำการจัดการดังกล่าวมาประเมินศักยภาพพลังงานทดแทนด้านต่าง ๆ คือ ชีวมวลอัดแท่ง ก๊าซชีวภาพ เอทานอล ก๊าซชีววมวล และถ่าน เพื่อเป็นแนวทางในลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน จากแนวทางที่ผิดวิธีดังกล่าว ซึ่งจะสามารถเกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยจะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การเผาในที่โล่งแจ้ง ในรูปที่ และการปล่อยทิ้ง ไถกลบ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ปริมาณ GHG Emission จากการจัดการวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

พื้นที่	GHG Emission (kgCO ₂ -eq/ไร่)		รวม
	เผา	ทิ้งและไถกลบ	
พื้นที่ปลูก	9.92	887.85	897.77
พื้นที่โรงสี	4.84	437.2	442.04

การทิ้งในที่โล่งและการไถกลบก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอน จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุและองค์ประกอบวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้อมูลในตารางที่ 3 ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาทำการวิเคราะห์ศักยภาพการเกิดแก๊สเชิงทฤษฎีพบได้ผลดังแสดงในตารางที่ 14 โดยพบว่ามีส่วนของ CH₄ ในสัดส่วนเฉลี่ย 50.40 % CO₂ ในสัดส่วนเฉลี่ย 48.26 % และ NH₃ ในสัดส่วนเฉลี่ย 1.34 %

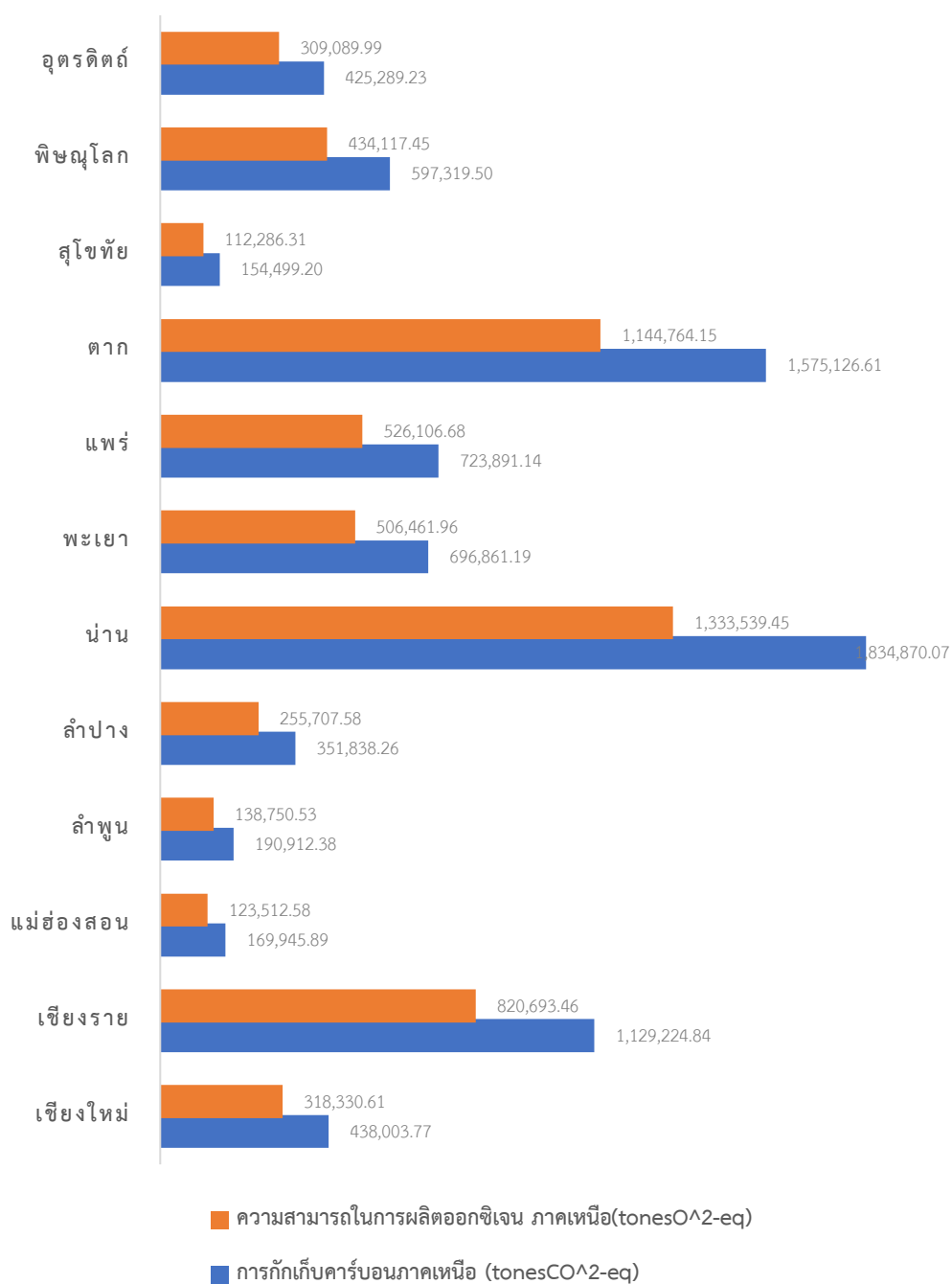
ตารางที่ 13 ศักยภาพการเกิดแก๊สเชิงทฤษฎีเนื่องจากการจัดการวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยการทิ้งในที่โล่ง

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	NH ₃ (%)
ลำต้น	51.01	48.31	0.68
ใบข้าวโพด	49.03	47.74	3.23
ซังข้าวโพด	50.67	48.30	1.03
เปลือก	50.89	48.67	0.44
รวม	50.40	48.26	1.34

4.2 การประเมินการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Sequestration)

จากการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นข้าวโพดประเมินได้จาก น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่ามีปริมาณน้ำหนักเท่ากับ 1,264.16 kg/ไร่ พบว่าปริมาณ C Sequestration มีค่าเท่ากับ 632.08 kgCO₂-eq/ไร่ สามารถกักเก็บคาร์บอนได้เท่ากับ 2,313.42 kgCO₂-eq/ไร่ และมี

ความสามารถในการผลิตออกซิเจนเท่ากับ 1,681.34 kgCO₂-eq/ไร่ เมื่อพิจารณารายจังหวัดพบว่า จังหวัดน่านมีศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนและความสามารถในการผลิตออกซิเจนได้เท่ากับ 1,834,870.07 tonesCO₂-eq และ 1,333,539.45 tonesO₂-eq รอบลงมาคือจังหวัดตาก จะเท่ากับ 1,575,126.61 tonesCO₂-eq และ 1,144,764.15 tonesO₂-eq และจังหวัดเชียงรายจะเท่ากับ 1,129,224.84 tonesCO₂-eq และ 820,693.46 tonesO₂-eq ดังแสดงในรูปที่ 33



รูปที่ 33 แผนภูมิแสดงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและความสามารถผลิตออกซิเจนภาคเหนือ

และเมื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนพื้นที่ภาคเหนือ 3,582,486 ไร่ กักเก็บคาร์บอนได้เท่ากับ 8,287,782.08 tonesCO₂-eq และจะสามารถในการผลิตออกซิเจนภาคเหนือ เท่ากับ 6,023,360.75 tonesO₂-eq ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและความสามารถผลิตออกซิเจน ภาคเหนือ

12 จังหวัด ภาคเหนือ	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	การกักเก็บคาร์บอน ภาคเหนือ (tonesCO ₂ -eq)	ความสามารถในการ ผลิตออกซิเจน ภาคเหนือ (tonesO ₂ -eq)
	3,582,486	8,287,782.08	6,023,360.75
เชียงใหม่	189,332	438,003.77	318,330.61
เชียงราย	488,120	1,129,224.84	820,693.46
แม่ฮ่องสอน	73,461	169,945.89	123,512.58
ลำพูน	82,524	190,912.38	138,750.53
ลำปาง	152,086	351,838.26	255,707.58
น่าน	793,143	1,834,870.07	1,333,539.45
พะเยา	301,226	696,861.19	506,461.96
แพร่	312,910	723,891.14	526,106.68
ตาก	680,866	1,575,126.61	1,144,764.15
สุโขทัย	66,784	154,499.20	112,286.31
พิษณุโลก	258,198	597,319.50	434,117.45
อุตรดิตถ์	183,836	425,289.23	309,089.99

4.3 ศักยภาพพลังงานของวัสดุเหลือทิ้งจากโพดเลี้ยงสัตว์

จากการจัดการกับวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร และโรงสี พบว่า มีวิธีการจัดการที่ผิดวิธีอยู่ 3 วิธีการคือ การเผาทิ้งในที่โล่ง ทิ้งในพื้นที่ ไถกลบ ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้ง 3 วิธีการนี้แล้วจะมีวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูก โรงสีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เท่ากับ 582.9 kg/ไร่ 126.95 kg/ไร่ ตามลำดับ และสามารถคิดเป็นพลังงานรวม พื้นที่ปลูกเท่ากับ 9,510.56 MJ/ไร่ พื้นที่โรงสีเท่ากับ 2,071.32 MJ/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง ของเกษตรกร	ความชื้น*	ความร้อน*	ปริมาณการเกิด	ศักยภาพพลังงาน
	(%)	(MJ/kg)	(kg/ไร่)	(MJ/ไร่)
เผาทิ้งในที่โล่ง* ¹	10.65	16.32	159	2,594.20
ทิ้งในพื้นที่* ¹	10.65	16.32	244.8	3,994.16
ไถกลบ* ¹	10.65	16.32	179.1	2,922.20
รวม	-		582.90	9,510.56
เผาทิ้งในที่โล่ง* ²	10.65	16.32	26.39	430.51
ทิ้งในพื้นที่* ²	10.65	16.32	100.56	1,640.81
ไถกลบ* ²	10.65	16.32	-	-
รวม	-		126.95	2,071.32

หมายเหตุ *กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2553)

*¹ พื้นที่เพาะปลูก

*² พื้นที่โรงสี

ผู้วิจัยจึงได้นำปริมาณการเกิดวัสดุเหลือทิ้งที่ก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม มาพิจารณาให้เป็นศักยภาพทางพลังงานทดแทนด้านต่าง ๆ ตามขอบเขตงานวิจัยที่ได้กำหนดไว้ เพื่อเป็นแนวทางการเกิดก๊าซเรือนกระจก และเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิต รายได้ ให้กับเกษตรกร

4.4 ศักยภาพพลังงานการผลิตชีวมวลอัดแท่ง

ในการพิจารณาศักยภาพพลังงานด้านการผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง จากพื้นที่ปลูกและพื้นที่โรงสีพบว่า จะสามารถผลิตเป็นชีวมวลอัดแท่ง พื้นที่ปลูกเกษตรเท่ากับ 582.90 kg/ไร่ ศักยภาพพลังงาน เท่ากับ 9,510.60 MJ/ไร่ และสามารถผลิตเป็นไฟฟ้าได้เท่ากับ 2,641.83 kWh/ไร่ และพื้นที่โรงสีพบว่าจะสามารถผลิตเป็นปริมาณชีวมวลอัดแท่ง เท่ากับ 126.95 kg/ไร่ ศักยภาพพลังงานเท่ากับ 457.02 MJ/ไร่ จะสามารถผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 126.95 kWh/ไร่ และเมื่อรวมการผลิตไฟฟ้าจากการนำปริมาณชีวมวลอัดแท่งมาเป็นเชื้อเพลิง พบว่า จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 2,768.78 kWh/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ศักยภาพการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งของวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

พื้นที่	ปริมาณวัสดุเหลือทิ้ง (kg/ไร่)	ปริมาณชีวมวลอัด แท่ง (kg/ไร่)	ศักยภาพพลังงาน (MJ/ไร่)	ผลิตไฟฟ้า (kWh/ไร่)
พื้นที่ปลูก	582.90	582.90	9,510.60	2,641.83
โรงสี	126.95	126.95	457.02	126.95
รวม	709.85	709.85	9,967.62	2,768.78

การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าในส่วนของเชื้อเพลิงชีวมวลและถ่านหิน เพื่อให้ทราบถึงการปล่อยคาร์บอนนั้นจะพิจารณาจากการนำ ปริมาณของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดใน ปริมาณที่เท่ากัน โดยหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือน กระจก ของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล และการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน จะเห็นว่าเชื้อเพลิงจาก ถ่านหินจะมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 2,829.70 kgCO₂-eq และเชื้อเพลิงชีวมวลจะมีการ ปล่อยก๊าซคาร์บอนเท่ากับ 127.36 kgCO₂-eq แสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า

พื้นที่	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจาก การใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า (kgCO ₂ -eq/kWh)*	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการ ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า (kgCO ₂ -eq/kWh)*
พื้นที่เกษตร	121.52	2,699.95
พื้นที่โรงสี	5.84	129.74
รวม	127.36	2,829.70

หมายเหตุ *พิจารณาที่ปริมาณการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 2,768.78kWh/ไร่

เมื่อพิจารณาทั่วภาคเหนือที่มีพื้นที่เก็บเกี่ยวรวม 3,582,486 ไร่ พบว่าศักยภาพพลังงานไฟฟ้าที่ ได้จากการนำเชื้อเพลิงอัดแท่ง สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 9,919,125,357.71 kWh มีปริมาณการ ปล่อยก๊าซคาร์บอน(CO₂ emission) โดยการนำมาผลิตเป็นไฟฟ้า เท่ากับ 456,279.77 tonsCO₂-eq และเมื่อนำมาเทียบกับพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหินในปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่เท่ากันพบว่า มีปริมาณ การปล่อยก๊าซคาร์บอน เท่ากับ 9,938,963.61 tonsCO₂-eq ดังนั้นจะเห็นว่า การปล่อยก๊าซคาร์บอน จากการผลิตไฟฟ้าโดยการนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงจะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน จากการนำถ่านหินมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงได้เท่ากับ 9,482,683.84 tonsCO₂-eq ดังแสดงใน ตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าภาคเหนือของประเทศไทยจาก วัสดุชีวมวลอัดแท่ง

เชื้อเพลิง	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า (tCO ₂ -eq)
ชีวมวล	9,919,125,357.71	456,279.77
ถ่านหิน	9,919,125,357.71	9,938,963.61
ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน		9,482,683.84

4.5 ศักยภาพพลังงานจากการผลิตถ่าน

ศักยภาพพลังงานด้านการผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง จากพื้นที่ปลูกและพื้นที่โรงสีพบว่า จะสามารถผลิตเป็นชีวมวลอัดแท่ง พื้นที่ปลูกเกษตรเท่ากับ 116.58 กิโลกรัม/ไร่ ศักยภาพพลังงานเท่ากับ 1,488.73 MJ/ไร่ และสามารถผลิตเป็นไฟฟ้าได้เท่ากับ 413.54 kWh/ไร่ และพื้นที่โรงสีพบว่า จะสามารถผลิตเป็นปริมาณชีวมวลอัดแท่ง เท่ากับ 25.39 กิโลกรัม/ไร่ ศักยภาพพลังงานเท่ากับ 324.23 MJ/ไร่ จะสามารถผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 90.06 kWh/ไร่ และเมื่อรวมการผลิตไฟฟ้าจากการนำปริมาณถ่านชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิง พบว่า จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 503.60 kWh/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 19 ศักยภาพการผลิตถ่านชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

พื้นที่	ปริมาณวัสดุเหลือทิ้ง (kg/ไร่)	ปริมาณถ่าน (kg/ไร่)	ศักยภาพพลังงาน (MJ/ไร่)	ผลิตไฟฟ้าได้ (kWh/ไร่)
พื้นที่ปลูก	582.90	116.58	1,488.73	413.54
โรงสี	126.95	25.39	324.23	90.06
รวม	709.85	141.97	1,812.96	503.60

การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าในส่วนของเชื้อเพลิงชีวมวลและถ่านหิน เพื่อให้ทราบถึงการปล่อยคาร์บอนนั้นจะพิจารณาจากการนำ ปริมาณของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดใน ปริมาณที่เท่ากัน โดยหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ เรือนกระจก ของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล และการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน จะเห็นว่า เชื้อเพลิงจากถ่านหินจะมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 2,829.70 kgCO₂-eq และเชื้อเพลิงชีวมวลจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนเท่ากับ 251.27 kgCO₂-eq แสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า

พื้นที่	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า (kgCO ₂ -eq/kWh)*	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า (kgCO ₂ -eq/kWh)*
พื้นที่เกษตร	19.02	422.63
พื้นที่โรงสี	4.14	92.05
รวม	23.17	514.68

หมายเหตุ *พิจารณาที่ปริมาณการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 503.60 kWh

เมื่อพิจารณาทั่วภาคเหนือที่มีพื้นที่เก็บเกี่ยวรวม 3,582,486 ไร่ พบว่าศักยภาพพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการนำเชื้อเพลิงอัดแท่ง สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1,804,137,866.06 kWh มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน (CO₂ emission) โดยการนำมาผลิตเป็นไฟฟ้าจะได้เท่ากับ 82,990.34 tonsCO₂-eq และเมื่อนำมาเทียบกับพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหินในปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่เท่ากันพบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน เท่ากับ 1,807,746.14 tonsCO₂-eq ดังนั้นจะเห็นว่า การปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าโดยการนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงจะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำถ่านหินมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงได้เท่ากับ 91,724,755.80 tonsCO₂-eq ดังแสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าภาคเหนือของประเทศไทยจากถ่านชีวมวล

เชื้อเพลิง	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า (tCO ₂ -eq)
ชีวมวล	1,804,137,866.06	82,990.34
ถ่านหิน	1,804,137,866.06	1,807,746.14
ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน		1,724,755.80

4.6 ศักยภาพพลังงานจากการผลิตก๊าซชีวภาพ

จากประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพทางทฤษฎีของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยนำข้อมูลจากผลทดสอบทางกายภาพและเคมีวัตถุดิบพิจารณาจากสมการที่ 1 ในหน่วยลิตรต่อกิโลกรัม และสัดส่วนการผลิตก๊าซมีเทน ที่สภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (standard condition for temperature and pressure, STP) และ n = 1 เพื่อนำไปประเมินเป็นศักยภาพพลังงานความร้อนจากการผลิตก๊าซชีวภาพของวัสดุชีวมวลของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 สัดส่วนการผลิตก๊าซชีวภาพตามทฤษฎีของวัสดุข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	NH ₃ (%)	biogas (L/kg)
ลำต้น	51.01	48.31	0.68	863.46
ใบข้าวโพด	49.03	47.74	3.23	840.98
ราก	50.83	47.64	1.53	891.87
ซังข้าวโพด	50.67	48.30	1.03	858.48
ใยไหม	48.35	46.41	5.23	909.49
เปลือก	50.89	48.67	0.44	833.28

จากการประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยวิธี BMP เป็นวิธีที่นิยมในการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยทั่วไปจะเกิดก๊าซ 25 % เมื่อพิจารณารวมทั้งพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย จะพบว่าปริมาณวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร โดยพิจารณาเฉพาะที่มีการจัดการที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม ก็พบว่า จากวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถนำมาทำการผลิตเป็นก๊าซชีวภาพได้ 564.57 m³/ปี มีศักยภาพการผลิตพลังงานความร้อนเท่ากับ 11,856.06 MJ/ปี และคิดเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 677.49 kWh ดังแสดงในตาราง 23

ตารางที่ 23 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

พื้นที่	ปริมาณที่เกิดก๊าซชีวภาพ (m ³ /ไร่)	ศักยภาพการผลิตพลังงานความร้อน (MJ)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)
พื้นที่เกษตรกร	378.35	7,945.28	454.02
พื้นที่โรงสี	186.23	3,910.78	223.47
รวม	564.57	11,856.06	677.49

ในส่วนของการประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าในส่วนของการเชื่อมเพลิงชีวมวลและถ่านหินเพื่อให้ทราบถึงการปล่อยคาร์บอนนั้นจะพิจารณาจากการนำ ปริมาณของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดในปริมาณที่เท่ากัน โดยหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล และการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน จะเห็นว่าเชื้อเพลิงจากถ่านหินจะมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 692.39 kgCO₂-eq และ เชื้อเพลิงชีวมวลจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนเท่ากับ 31.16 kgCO₂-eq แสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า

พื้นที่	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า (kgCO ₂ -eq/kWh)*	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า (kgCO ₂ -eq/kWh)*
พื้นที่เกษตร	20.88	464.00
พื้นที่โรงสี	10.28	228.39
รวม	31.16	692.39

หมายเหตุ *พิจารณาที่ปริมาณการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 677.49 kWh

เมื่อพิจารณาทั่วภาคเหนือที่มีพื้นที่เก็บเกี่ยวรวม 3,582,486 ไร่ พบว่าศักยภาพพลังงานความร้อนจากการผลิตก๊าซชีวภาพโดยวิธีการศึกษา BMP สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 2,427,096,062.06 kWh มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน(CO₂ emission) โดยการนำมาผลิตเป็นไฟฟ้า เท่ากับ 111,646.42 tonsCO₂-eq และเมื่อนำมาเทียบกับพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหินในปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่เท่ากันพบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน เท่ากับ 2,431,950.25 tonsCO₂-eq ดังนั้นจะเห็นว่า การปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าโดยการนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงจะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซจากการนำถ่านหินมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงได้เท่ากับ 2,320,303.84 tonsCO₂-eq ดังแสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าภาคเหนือของประเทศไทยจากก๊าซชีวภาพ

เชื้อเพลิง	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า (tCO ₂ -eq)
ชีวมวล	2,427,096,062.06	111,646.42
ถ่านหิน	2,427,096,062.06	2,431,950.25
ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน		2,320,303.84

4.7 ศักยภาพพลังงานความร้อนจากการผลิตเอทานอล

ในส่วนของกรณีวิเคราะห์ศักยภาพเอทานอลจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือจะนำมาพิจารณาจากพื้นที่ปลูกและพื้นที่โรงสี โดยจะแยกส่วนของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็น ต้นและใบ ในพื้นที่ปลูก และส่วนของ ลำต้นซึ่งและเปลือกในพื้นที่โรงสี พบว่าปริมาณเอทานอลในพื้นที่ปลูกเท่ากับ 0.16 V/kg และปริมาณเอทานอลพื้นที่โรงสีเท่ากับ 0.59 V/kg

ดังนั้นในพื้นที่ปลูกจะมีศักยภาพพลังงานเอทานอล 146.57 ลิ/ไร่ และคิดเป็นศักยภาพทางพลังงานเท่ากับ 3,122.04 MJ/ไร่ และในพื้นที่โรงสีเท่ากับ 153.59 ลิ/ไร่ และคิดเป็นศักยภาพทางพลังงานเท่ากับ 3,271.53 MJ/ไร่ 3,581.90 MJ จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้เท่ากับ 867.23 kWh/ไร่ และ 908.76 kWh/ไร่ ตาลำดับ ดังแสดงตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ศักยภาพการผลิตเอทานอลจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพลังงานไฟฟ้า

พื้นที่	ปริมาณวัสดุเหลือทิ้ง (kg/ไร่)	ปริมาณเอทานอล (ลิ/ไร่)	ศักยภาพพลังงาน (MJ/ไร่)	ผลิตไฟฟ้าได้ (kWh/ไร่)
พื้นที่ปลูก	582.90	146.57	3,122.04	867.23
โรงสี	126.95	153.59	3,271.53	908.76
รวม	709.85	300.17	6,393.57	1,775.99

ในส่วนของกระบวนการประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าในส่วนของเชื้อเพลิงชีวมวลและถ่านหินเพื่อให้ทราบถึงการปล่อยคาร์บอนนั้นจะพิจารณาจากการนำ ปริมาณของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดในปริมาณที่เท่ากัน โดยหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล และการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน จะเห็นว่าเชื้อเพลิงจากถ่านหินจะมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 1,815.06 kgCO₂-eq และ เชื้อเพลิงชีวมวลจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนเท่ากับ 81.70 kgCO₂-eq แสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 27 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า

พื้นที่	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า (kgCO ₂ -eq/kWh)*	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า (kgCO ₂ -eq/kWh)*
พื้นที่เกษตร	39.89	886.31
พื้นที่โรงสี	41.80	928.75
รวม	81.70	1,815.06

หมายเหตุ *พิจารณาที่ปริมาณการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 1,775.99 kWh

เมื่อพิจารณาทั่วภาคเหนือที่มีพื้นที่เก็บเกี่ยวรวม 3,582,486 ไร่ พบว่าศักยภาพพลังงานจากการประเมินเอทานอลจะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 6,362,466,065.19 kWh มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน(CO₂ emission) โดยการนำมาผลิตเป็นไฟฟ้า เท่ากับ 292,673.44 tonsCO₂-eq และเมื่อนำมาเทียบกับพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหินในปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่เท่ากันพบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน เท่ากับ 6,375,191.00 tonsCO₂-eq ดังนั้นจะเห็นว่า การปล่อยก๊าซคาร์บอนจาก

การผลิตไฟฟ้าโดยการนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงจะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซจากการนำถ่านหินมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงได้เท่ากับ 6,082,517.56 tonsCO₂-eq ดังแสดงในตารางที่ 28 ตารางที่ 28 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าภาคเหนือของประเทศไทยจากเอทานอล

เชื้อเพลิง	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า (tCO ₂ -eq)
ชีวมวล	6,362,466,065.19	292,673.44
ถ่านหิน	6,362,466,065.19	6,375,191.00
ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน		6,082,517.56

4.8 ศักยภาพพลังงานความร้อนจากการผลิตก๊าซชีวมวล

ศักยภาพพลังงานด้านการผลิตเป็นเชื้อเพลิงก๊าซชีวมวล จากพื้นที่ปลูกและพื้นที่โรงสีพบว่า สามารถผลิตเป็นก๊าซชีวมวล พื้นที่ปลูกเกษตรเท่ากับ 3,145.75 m³/ไร่ ศักยภาพพลังงาน เท่ากับ 11,324.72 MJ/ไร่ และสามารถผลิตเป็นไฟฟ้าได้เท่ากับ 3,145.75 kWh/ไร่ และพื้นที่โรงสีพบว่าสามารถผลิตเป็นปริมาณชีวมวลอัดแท่ง เท่ากับ 685.12 m³/ไร่ ศักยภาพพลังงานเท่ากับ 2,466.42 MJ/ไร่ จะสามารถผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 685.12 kWh/ไร่ และเมื่อรวมการผลิตไฟฟ้าจากการนำปริมาณก๊าซชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิง พบว่าจะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 3,830.87 kWh/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

พื้นที่	ปริมาณวัสดุเหลือทิ้ง (kg/ไร่)	ปริมาณก๊าซชีวมวล (m ³ /ไร่)	ศักยภาพพลังงาน (MJ/ไร่)	ผลิตไฟฟ้าได้ (kWh/ไร่)
พื้นที่ปลูก	582.90	3,145.75	11,324.72	3,145.75
โรงสี	126.95	685.12	2,466.42	685.12
รวม	709.85	3,830.87	13,791.14	3,830.87

ในส่วนของ การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าในส่วนของก๊าซชีวมวลและถ่านหินเพื่อให้ทราบถึงการปล่อยคาร์บอนนั้นจะพิจารณาจากการนำ ปริมาณของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด ในปริมาณที่เท่ากัน โดยหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล และการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน จะเห็นว่า

เชื้อเพลิงจากถ่านหินจะมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 3,915.15 kgCO₂-eq และ เชื้อเพลิงชีวมวลจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนเท่ากับ 176.22 kgCO₂-eq แสดงในตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า

พื้นที่	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า(kgCO ₂ -eq/kWh)*	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า(kgCO ₂ -eq/kWh)*
พื้นที่เกษตร	144.70	3,214.96
พื้นที่โรงสี	31.52	700.19
รวม	176.22	3,915.15

หมายเหตุ *พิจารณาที่ปริมาณการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 3,830.87 kWh

เมื่อพิจารณาทั่วภาคเหนือที่มีพื้นที่เก็บเกี่ยวรวม 3,582,486 ไร่ พบว่าศักยภาพพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการนำก๊าซชีวมวล สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 13,724,044,938.94 kWh มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน (CO₂ emission) โดยการนำมาผลิตเป็นไฟฟ้า เท่ากับ 631,306.07 tonsCO₂-eq และเมื่อนำมาเทียบกับพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหินในปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่เท่ากันพบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน เท่ากับ 14,025,973.93 tonsCO₂-eq ดังนั้นจะเห็นว่า การปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าโดยการนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงจะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำถ่านหินมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงได้เท่ากับ 13,394,667,860.40 tonsCO₂-eq ดังแสดงในตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าภาคเหนือของประเทศไทยจากก๊าซชีวมวล

เชื้อเพลิง	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า (tCO ₂ -eq)
ชีวมวล	13,724,044,938.94	631,306.07
ถ่านหิน	13,724,044,938.94	14,025,973.93
ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน		13,394,667,860.40

4.9 ศักยภาพพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การประเมินศักยภาพพลังงานทดแทนจะพิจารณาเฉพาะในส่วนของพลังงานชีวมวล หรือพลังงานที่ได้จากวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในพื้นที่ปลูก

เกษตรกรและพื้นที่รับซื้อ โรงสี โดยจะไม่พิจารณาการนำวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นไปผ่านการผลิตพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ จะแสดงในตารางที่ 33

ตารางที่ 32 ศักยภาพพลังงานทดแทนทางด้านต่าง ๆ จากวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

พื้นที่ปลูก/ พื้นที่โรงสี	ปริมาณที่ เกิด	ศักยภาพ พลังงาน (MJ/ไร่)	เทียบเท่าไฟฟ้า (kWh/ไร่)	การปลดปล่อยก๊าซ คาร์บอน (kgCO ₂ -eq/kWh)
ชีวมวลอัดแท่ง (kg/ไร่)	709.85	9,967.62	2,768.78	127.36
ชีวมวล (m ³ /ไร่)	564.58	11,856.06	677.49	31.16
ถ่าน (kg/ไร่)	141.97	1,812.96	503.60	23.17
เอทานอล (l/ไร่)	300.17	6,393.57	1,775.99	81.70
ก๊าซชีวมวล (m ³ /ไร่)	3,830.87	13,791.14	3,830.87	176.22

จะพบว่าศักยภาพพลังงานที่มีแนวทางเหมาะสม ในการผลิตเป็นไฟฟ้าจากความร้อนผ่านหม้อไอน้ำที่นำวัสดุชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิง คือ ก๊าซชีวมวล จะเท่ากับ 13,791.14 MJ/ไร่ รองลงมา คือ ก๊าซชีวมวล เท่ากับ 11,856.06 MJ/ไร่ และ ชีวมวลอัดแท่ง เท่ากับ 9,967.62 MJ/ไร่ ตามลำดับ และมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอน จากการนำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 176.22, 31.16 และ 127.36 kgCO₂-eq/ไร่ ตามลำดับ ดังนั้นจากแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการนำก๊าซชีวมวลมาผลิตนั้น เนื่องจากมีศักยภาพสูง ถึงแม้ว่าจะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนออกมามากที่สุดเช่นกัน แต่เนื่องจากการปลดปล่อยนั้น เมื่อเทียบตากับการที่ต้นข้าวโพดจะมีการดูดซับคาร์บอนเช่นกัน หรือ Carbon balance เพราะฉะนั้นแนวทางดังกล่าวจะเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงในงานวิจัยนี้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการประเมินการกักเก็บและลดการปลดปล่อยคาร์บอนจากการจัดการวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนสามารถสรุปผลงานวิจัยได้ดังนี้

ปริมาณวัสดุชีวมวลที่เหลือทิ้งในพื้นที่เพาะปลูกประกอบด้วยต้น ใบและราก และพื้นที่โรงสีประกอบด้วย ชัง เปลือกและใยไหม มีปริมาณวัสดุเหลือทิ้งเท่ากับ 729.03 kg/ไร่ พื้นที่โรงสีเท่ากับ 245.22 kg/ไร่ และมีการจัดการที่ผิดวิธี คือ การเผาทิ้งในที่โล่ง การปล่อยทิ้งไว้ในพื้นที่ และการไถกลบ จากพื้นที่ปลูกและพื้นที่โรงสี เท่ากับ 582.9 kg/ไร่ และ 126.9 kg/ไร่ ตามลำดับ

ประเมินศักยภาพด้านพลังงานทดแทนต่างๆ ได้ดังนี้

1.) ศักยภาพพลังงานจากการผลิตชีวมวลอัดแท่ง จะสามารถผลิตได้เท่ากับ 701.85 kg/ไร่ คิดเป็นศักยภาพพลังงานเท่ากับ 9,967.62 MJ/ไร่ เทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 2,768 kWh/ไร่ และการประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าพิจารณาที่ปริมาณการผลิตไฟฟ้าเท่ากัน พบว่าเชื้อเพลิงจากถ่านหินจะมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 2,829.70 kgCO₂-eq และเชื้อเพลิงชีวมวลจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนเท่ากับ 251.27 kgCO₂-eq

2.) ศักยภาพพลังงานจากการผลิตถ่านชีวมวล จะสามารถผลิตได้เท่ากับ 141.97 kg/ไร่ คิดเป็นศักยภาพพลังงานเท่ากับ 1,812.96 MJ/ไร่ เทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 503.60 kWh/ไร่ และการประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าพิจารณาที่ปริมาณการผลิตไฟฟ้าเท่ากัน พบว่าเชื้อเพลิงจากถ่านหินจะมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 2,829.70 kgCO₂-eq และเชื้อเพลิงชีวมวลจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนเท่ากับ 251.27 kgCO₂-eq

3.) ศักยภาพพลังงานจากการผลิตก๊าซชีวภาพ จะสามารถผลิตได้เท่ากับ 564.57 m³/ไร่ คิดเป็นศักยภาพพลังงานเท่ากับ 11,856.06 MJ/ไร่ เทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 677.49 kWh/ไร่ และการประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าพิจารณาที่ปริมาณการผลิตไฟฟ้าเท่ากัน พบว่าเชื้อเพลิงจากถ่านหินจะมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 692.39 kgCO₂-eq และเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนเท่ากับ 31.16 kgCO₂-eq

4.) ศักยภาพพลังงานจากการผลิตเอทานอล จะสามารถผลิตได้เท่ากับ 300.17 U/ไร่ คิดเป็นศักยภาพพลังงานเท่ากับ 6,393.57 MJ/ไร่ เทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 1,775.99 kWh/ไร่ และการประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าพิจารณาที่ปริมาณการผลิตไฟฟ้าเท่ากัน พบว่า

เชื้อเพลิงจากถ่านหินจะมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 1,815.06 kgCO₂-eq และเชื้อเพลิงเอทานอลจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนเท่ากับ 81.70 kgCO₂-eq

5.) ศักยภาพพลังงานจากการผลิตก๊าซชีววมวล จะสามารถผลิตได้เท่ากับ 3,830.87 m³/ไร่ คิดเป็นศักยภาพพลังงานเท่ากับ 6,393.57 MJ/ไร่ เทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 1,775.99 kWh/ไร่ และการประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าพิจารณาที่ปริมาณการผลิตไฟฟ้าเท่ากันจะเห็นว่าเชื้อเพลิงจากถ่านหินจะมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 3,915.15 kgCO₂-eq และเชื้อเพลิงก๊าซชีววมวลจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนเท่ากับ 844.89 kgCO₂-eq

6.) แนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการลดการปล่อยปล่อยก๊าซคาร์บอน (CO₂ emission) ได้แก่ ศักยภาพการผลิตก๊าซชีววมวล เนื่องจากมีค่าศักยภาพพลังงานสูงสุด เท่ากับ 13,791.14 m³/ไร่ และเทียบเท่าไฟฟ้า 3,830.87 kWh/ไร่ จึงเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีววมวลทดแทนเชื้อเพลิงถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า

7.) ประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ภาคเหนือ 3,582,486 ไร่ กักเก็บคาร์บอนได้เท่ากับ 8,287,782.08 tonesCO₂-eq และจะสามารถผลิตออกซิเจนจากพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ภาคเหนือ เท่ากับ 6,023,360.75 tonesO₂-eq ดังนั้นจะเห็นได้ว่าภาคเหนือของประเทศไทยมีศักยภาพที่เหมาะสมในการนำวัสดุเหลือทิ้งจากพื้นที่ปลูกจากวิธีการจัดการที่ไม่เหมาะสมนำมาผลิตเป็นพลังงานทางด้านต่าง ๆ ทดแทนพลังงานฟอสซิล ลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทิ้ง การไถกลบ และการทิ้งไว้ในพื้นที่และยังสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทาง

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานทดแทนด้านต่าง ๆ จากการนำวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยทำการวิเคราะห์จากพื้นที่ภาคเหนือ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีข้อเสนอแนะ

1) ในการวิเคราะห์ได้ทำการดำเนินการวิเคราะห์จากทฤษฎี จึงอาจจะทำให้ศักยภาพทางด้านพลังงานด้านต่าง ๆ มีค่าสูง ดังนั้น จึงควรมีการทดสอบศักยภาพพลังงานในแต่ละชนิด เพื่อเปรียบเทียบจากการวิเคราะห์ทางทฤษฎี

2) การลงพื้นที่ เนื่องจากเป็นการลงพื้นที่บริเวณภาคเหนือ ทั้งหมด 12 จังหวัด ซึ่งพื้นที่ที่ทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในแต่ละจังหวัด อาจจะมีข้อมูลที่ไม่เพียงพอ ดังนั้นควรมีการเก็บข้อมูลและลงพื้นที่เพิ่มขึ้น

ประชา ตริอินทอง, นรุตม์ วรามิตร, สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์, เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์, จุฑามาศ ร่มแก้ว และ ชัยสิทธิ์ทองจุ. (2556.) การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ซันนันท์ นิवासวงษ์, และเฉลิม เรื่องวิริยะชัย. (2555.) วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ,40(4), 1073-1088.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์. (2018.) เปลี่ยนขังข้าวโพดเป็นพลังงาน . [ะ บ บ อ อ น ไ ล น์] . แห ล่ ง ที่ มา http://www.erd.cmu.ac.th/index_main.php/article/1917?category=14 (20 กุมภาพันธ์).

วีรชัย อัจหาญ, สมรัฐ เกิดสุวรรณ, และวิรัช อยู่ชูา. (2554.) โครงการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ศุภชัย เพชรธาวดี, ณัฐวุฒิ ดุษฎี, ชูรัตน์ ธารักษ์, ประกิตต์ โกะสูงเนิน และธเนศ ไชยชนะ. (2560.) การวิเคราะห์พลังงานในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ.การประชุมวิชาการและประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 1.

ศูนย์วิจัยพลังงาน. (2552.) การศึกษาการใช้ชีวมวลในภาคเศรษฐกิจต่างๆและชีวมวลที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ (ภาคเหนือ). มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ศูนย์วิจัยพลังงานมหาวิทยาลัยแม่โจ้. (2556.) โครงการศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงานโดยใช้เทคโนโลยีการหมักไร้อากาศแบบแห้งที่มีการหมุนเวียนน้ำชะ . สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และวิทยาลัยพลังงานทดแทนมหาวิทยาลัยแม่โจ้. (2558.) การประเมินศักยภาพก๊าซชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในภาคเหนือ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และมหาวิทยาลัยแม่โจ้

สามารถ บุญมี, สามล ดิษดัด, ประทีป ท้วมเทศ และศักดิ์ชัย พิระพันธ์. (2550.) เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2558.) แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-พ.ศ. 2579 (PDP 2015).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559.) สถิติการเกษตรของประเทศไทย.

อรอนงค์ กงออน ปวีณา ไกรวิจิตร และเสวียน เปรมประสิทธิ์. (2559.) การกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของข้าวโพด ในวงบ่ออำเภอยางสีสุราช จังหวัดน่าน. นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 12: วิจัยและนวัตกรรมกับการพัฒนาประเทศ 84-98.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
แบบสอบถาม

บันทึกอื่นๆ

.....

.....

.....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการใช้ปัจจัยการผลิตและการจัดการชีวมวล

1. การเตรียมพื้นที่

1.1 การไถ

การไถครั้งที่ 1

แรงงาน/เวลา เวลาในการไถ ชั่วโมง

จำนวนแรงงาน คน

ค่าจ้างแรงงาน บาท/ไร่ (หรือ บาท/คน/วัน)

เครื่องยนต์ รถไถนาแบบเดินตาม รถไถนาแบบนั่งขับ อื่นๆ ระบุ.....

กำลัง.....แรงม้า ยี่ห้อ.....รุ่น.....

เชื้อเพลิงที่ใช้กับรถไถนา ดีเซล เบนซิน

ปริมาณน้ำมันที่ใช้ ลิตร (..... ลิตร/ไร่) (..... บาท)

ราคาน้ำมันในพื้นที่..... บาท/ลิตร

ระยะทางจากพื้นที่ปลูกไปยังปั้มน้ำมันที่ใกล้ที่สุด..... km

ยานพาหนะที่ใช้ในการไปซื้อเชื้อเพลิงสำหรับรถไถนา

รถไถนา รถกระบะ 4 ล้อ

รถเครื่อง 2/3 ล้อ รถ 6 ล้อ อื่น ๆ ระบุ.....

การไถครั้งที่ 2

แรงงาน/เวลา เวลาในการไถ ชั่วโมง

จำนวนแรงงาน คน

ค่าจ้างแรงงาน บาท/ไร่ (หรือ บาท/คน/วัน)

เครื่องยนต์ รถไถนาแบบเดินตาม รถไถนาแบบนั่งขับ อื่น ๆ ระบุ.....

กำลัง.....แรงม้า ยี่ห้อ.....รุ่น.....

เชื้อเพลิงที่ใช้กับรถไถนา ดีเซล เบนซิน

ปริมาณน้ำมันที่ใช้ ลิตร (..... ลิตร/ไร่) (..... บาท)

การไถครั้งที่ 3

แรงงาน/เวลา เวลาในการไถ ชั่วโมง
 จำนวนแรงงาน คน
 ค่าจ้างแรงงาน บาท/ไร่ (หรือ บาท/คน/วัน)
 เครื่องยนต์ รถไถนาแบบเดินตาม รถไถนาแบบนั่งขับ อื่นๆ ระบุ.....
 กำลัง.....แรงม้า ยี่ห้อม.....รุ่น.....
 เชื้อเพลิงที่ใช้กับรถไถนา ดีเซล เบนซิน
 ปริมาณน้ำมันที่ใช้ ลิตร (..... ลิตร/ไร่) (..... บาท)
 บันทึกอื่น ๆ

1.2 การขุดหลุม

เวลาในการขุดหลุม ชั่วโมง
 จำนวนแรงงาน คน
 ค่าจ้างแรงงาน บาท/ไร่ (หรือ บาท/
 คน/วัน)
 เครื่องยนต์ (ถ้ามี) กำลัง.....แรงม้า ยี่ห้อม.....รุ่น.....
 เชื้อเพลิง ดีเซล เบนซิน
 ปริมาณน้ำมันที่ใช้ ลิตร (หรือ..... ลิตร/ไร่) (หรือ..... บาท)

1.3 อื่นๆ (เช่น สูบน้ำ ถอนหญ้า เป็นต้น) ระบุ.....

เวลาในการขุดหลุม ชั่วโมง
 จำนวนแรงงาน คน
 ค่าจ้างแรงงาน บาท/ไร่ (หรือ บาท/คน/วัน)
 เครื่องยนต์ (ถ้ามี) กำลัง.....แรงม้า ยี่ห้อม.....รุ่น.....
 เชื้อเพลิง ดีเซล เบนซิน
 ปริมาณน้ำมันที่ใช้ ลิตร (หรือ..... ลิตร/ไร่) (หรือ..... บาท)

บันทึกอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

การปลูก

สายพันธุ์

พื้นที่ปลูก ไร่

จำนวนเมล็ดพันธุ์ กก./ไร่

ขนาดของถุงเมล็ดพันธุ์ กก./กระสอบ (ถุง)

ระยะการปลูก ต้น..... เมตร แถว..... เมตร

จำนวนแรงงาน คน

ค่าจ้างแรงงาน บาท/ไร่ (หรือ บาท/คน/วัน)

เวลาในการปลูก ชม

ระยะทางในการเดินทางเพื่อไปซื้อเมล็ดพันธุ์..... km

ยานพาหนะที่ใช้ในการไปซื้อเมล็ดพันธุ์

รถกระบะ 4 ล้อ รถเครื่อง 2/3 ล้อ รถ 6 ล้อ อื่นๆ ระบุ.....

ชนิดน้ำมัน ดีเซล เบนซิน

ปริมาณน้ำมันที่ใช้ ลิตร (หรือ..... ลิตร/ไร่) (หรือ..... บาท)

บันทึกอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

การใส่ปุ๋ย

ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ช่วงของการใส่ปุ๋ยเมื่อข้าวโพดมีอายุ.....วัน (หรือปุ๋ยรองหลุม)
สูตรปุ๋ย (N-P-K)-.....-..... ปริมาณ.....กก. (หรือ.....กก./
ไร่)

ขนาดกระสอบปุ๋ย กก./กระสอบ

แรงงาน จำนวนแรงงาน คน

ค่าจ้างแรงงานบาท/ไร่ (หรือ

.....บาท/คน/วัน)

เวลาที่ใช้ในการใส่ปุ๋ยชม/วัน (หรือ.....ชม/ไร่) (หรือ
.....ชม)

ยานพาหนะที่ใช้ในการไปซื้อปุ๋ย

รถกระบะ 4 ล้อ รถเครื่อง 2 ล้อ รถ 6 ล้อ อื่นๆ ระบุ.....

ระยะทางในการไปซื้อปุ๋ย km

กรณีการใช้เครื่องพ่นปุ๋ย ขนาดเครื่องยนต์พ่นปุ๋ย.....hp

ชนิดน้ำมันที่ใช้ ดีเซล เบนซิน

ปริมาณน้ำมันที่ใช้ลิตร (หรือ.....ลิตร/ไร่) (หรือ.....บาท)

ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ช่วงของการใส่ปุ๋ยเมื่อข้าวโพดมีอายุ.....วัน

สูตรปุ๋ย (N-P-K)-.....-..... ปริมาณ.....กก. (หรือ.....กก./
ไร่)

ขนาดกระสอบปุ๋ย กก./กระสอบ

แรงงาน จำนวนแรงงาน คน

ค่าจ้างแรงงานบาท/ไร่ (หรือบาท/คน/วัน)

เวลาที่ใช้ในการใส่ปุ๋ยชม/วัน (หรือ.....ชม/ไร่) (หรือ.....ชม)

กรณีการใช้เครื่องพ่นปุ๋ย ขนาดเครื่องยนต์พ่นปุ๋ย.....hp

ชนิดน้ำมันที่ใช้ ดีเซล เบนซิน

ปริมาณน้ำมันที่ใช้ลิตร (หรือ.....ลิตร/ไร่) (หรือ.....บาท)

ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 ช่วงของการใส่ปุ๋ยเมื่อข้าวโพดมีอายุ.....วัน

สูตรปุ๋ย (N-P-K)-.....-..... ปริมาณ.....กก. (หรือ.....กก./ไร่)

ขนาดกระสอบปุ๋ย กก./กระสอบ
 แรงงาน จำนวนแรงงาน คน
 ค่าจ้างแรงงาน บาท/ไร่ (หรือ บาท/คน/วัน)
 เวลาที่ใช้ในการใส่ปุ๋ย ชม/วัน (หรือ..... ชม/ไร่) (หรือ..... ชม)
 กรณีการใช้เครื่องพ่นปุ๋ย ขนาดเครื่องยนต์พ่นปุ๋ย.....hp
 ชนิดน้ำมันที่ใช้ ดีเซล เบนซิน
 ปริมาณน้ำมันที่ใช้ ลิตร (หรือ..... ลิตร/ไร่) (หรือ..... บาท)
 บันทึกอื่น ๆ

4. ยา/สารเคมี

ครั้งที่ 1 ชนิด กำจัดศัตรูพืช บำรุงพืช
 ช่วงของการใช้ ยา/สารเคมี เมื่อข้าวโพดมีอายุ.....วัน
 ปริมาณ ลิตร
 ขนาดขวดของสารเคมี ลิตร/ขวด (หรือ.....
 ลิตร/.....)
 แรงงาน จำนวนแรงงาน คน
 ค่าจ้างแรงงาน บาท/ไร่ (หรือ บาท/คน/วัน)
 เวลาที่ใช้ในการทำงาน ชม/วัน (หรือ..... ชม/ไร่) (หรือ..... ชม)
 กรณีใช้เครื่องยนต์พ่น ขนาดเครื่องยนต์พ่นปุ๋ย.....hp
 ชนิดน้ำมันที่ใช้ ดีเซล เบนซิน
 ปริมาณน้ำมันที่ใช้ ลิตร (หรือ..... ลิตร/ไร่) (หรือ..... บาท)
 ยานพาหนะที่ใช้ในการไปซื้อยา/สารเคมี
 รถกระบะ 4 ล้อ รถเครื่อง 2/3 ล้อ รถ 6 ล้อ
 อื่นๆ ระบุ.....
 ระยะทางในการไปซื้อยา/สารเคมี km
 ครั้งที่ 2 ชนิด กำจัดศัตรูพืช บำรุงพืช
 ช่วงของการใช้ ยา/สารเคมี เมื่อข้าวโพดมีอายุ.....วัน

ปริมาณ ลิตร
 ขนาดขวดของสารเคมี ลิตร/ขวด (หรือ.....ลิตร/.....)
 แรงงาน จำนวนแรงงาน คน
 ค่าจ้างแรงงาน บาท/ไร่ (หรือบาท/คน/วัน)
 เวลาที่ใช้ในการทำงานชม/วัน (หรือ.....ชม/ไร่) (หรือ.....ชม)
 กรณีใช้เครื่องยนต์พ่น ปริมาณน้ำมันที่ใช้ลิตร (หรือ.....ลิตร/ไร่)
 (หรือ.....บาท)
 ครั้งที่ 3 ชนิด กำจัดศัตรูพืช บำรุงพืช
 ช่วงของการใช้ ยา/สารเคมี เมื่อข้าวโพดมีอายุ.....วัน
 ปริมาณ ลิตร
 ขนาดขวดของสารเคมี ลิตร/ขวด (หรือ.....ลิตร/.....)
 แรงงาน จำนวนแรงงาน คน
 ค่าจ้างแรงงาน บาท/ไร่ (หรือบาท/คน/วัน)
 เวลาที่ใช้ในการทำงานชม/วัน (หรือ.....ชม/ไร่) (หรือ
ชม)
 กรณีใช้เครื่องยนต์พ่น ปริมาณน้ำมันที่ใช้ลิตร (หรือ.....ลิตร/ไร่)
 (หรือ.....บาท)
 บันทึกอื่น ๆ

5. การเก็บผลผลิต

พื้นที่เก็บเกี่ยว ไร่
 จำนวนแรงงานในการเก็บเกี่ยว คน
 เวลาที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว ชม/วัน (หรือ.....ชม/ไร่) (หรือ.....
 ชม)
 ค่าจ้างแรงงาน (กรณีจ้างเหมา) บาท/ไร่ (หรือบาท/คน/
 วัน)
 ผลผลิตที่ได้ กก. (หรือกก./ไร่)
 ราคาผลผลิต บาท/กก. (ฝัก) (หรือบาท/กก.
 (เมล็ด)

การบรรจุผลผลิต

ใส่กระสอบปุ๋ยก่อนการบรรจุทุก ใส่ในรถบรรทุกโดยไม่ใส่กระสอบ อื่น ๆ ระบุ

.....

การขนส่งในพื้นที่ปลูก (หมายถึงการขนส่งจากจุดต่าง ๆ ในพื้นที่ปลูกมายังจุดรวบรวมผลผลิตเพื่อขนส่งไปยังโรงสี)

ใช้แรงงานคนที่เก็บเกี่ยว

ขนส่งโดยใช้ยานพาหนะ

ชนิดของยานพาหนะ

รถกระบะ 4 ล้อ รถเครื่อง 2/3 ล้อ รถ 6 ล้อ อื่นๆ ระบุ.....

ระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง km (หรือ..... เมตร)

เวลาในการขนส่ง ชั่วโมง (หรือ..... นาที)

6. การขนส่ง (หมายถึงการขนส่งจากพื้นที่ปลูกไปยังโรงสีหรือพื้นที่รับซื้อ)

ระยะทางในการขนส่งkm

ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง

รถกระบะ 4 ล้อ รถเครื่อง 2/3 ล้อ รถ 6 ล้อ อื่นๆ ระบุ.....

จำนวนแรงงานในการขนส่ง คน

เวลาในการขนส่ง ชั่วโมง (หรือ..... นาที)

การจัดการวัสดุเหลือทิ้ง (สามารถเลือกได้หลายวิธี)

แกนข้าวโพด/เปลือกข้าวโพด (ส่วนอื่นๆ ที่เกิดในพื้นที่สีข้าวโพด)

เผาทิ้ง ทิ้งในพื้นที่สีข้าวโพด ไถกลบ

ทำเป็นปุ๋ย เมาถ่าน

ขาย ราคาขายบาท/กระสอบ (หรือ.....บาท/รถกระบะ) (หรือ.....บาท/

รถ 6 ล้อ) อื่นๆ.....

ต้น,ใบ (ส่วนอื่นๆ ที่เกิดในพื้นที่ปลูก)

เผาทิ้ง ทิ้งในแปลงปลูก ไถกลบ

ทำเป็นปุ๋ย เมาถ่าน

ขาย ราคาขายบาท/กระสอบ (หรือ.....บาท/รถกระบะ) (หรือ.....บาท/

รถ 6 ล้อ) อื่นๆ.....

แบบสอบถามข้อมูล สำหรับผู้ประกอบการโรงสีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เรื่อง การประเมินการกักเก็บและลดการปลดปล่อยคาร์บอนจากการจัดการวัสดุเหลือทิ้งของ
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อ – นามสกุล (นาย/นาง/นางสาว).....

สถานที่ติดต่อ บ้านเลขที่..... หมู่บ้าน..... หมู่ที่.....

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

.....

เบอร์โทรศัพท์E-mail(ถ้ามี).....

อายุของผู้ให้ข้อมูล น้อยกว่า 20 ปี 21-30 ปี 31-40 ปี

41-50 ปี 51-60 ปี มากกว่า 60 ปี

ตำแหน่ง

โรงสี

หน่วยงานของรัฐ รับซื้อโดยพ่อค้าคนกลาง (เอกชน) อื่นๆ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการรับซื้อผลผลิตทางการเกษตร

1. การรับซื้อผลผลิต

รับซื้อทั้งฝักและซัง รับซื้อเฉพาะเมล็ด

รับซื้อทั้งกระสอบ อื่นๆ

ราคาผลผลิต ทั้งฝักและซังบาท/กก.

เฉพาะเมล็ดบาท/กก.

ทั้งกระสอบบาท/กก.

อื่นๆบาท/กก.

มาตรฐานการรับซื้อเมล็ดข้าวโพด

ความชื้นโดยเฉลี่ย%

อัตราหักน้ำหนักกก./ตัน

สีของเมล็ด

คุณภาพตามเกรดระดับ

บันทึก.....

.....

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง

การจัดการหลังการสี

- ทิ้งซังและเปลือกรวมกันในพื้นที่โรงสี แยกซังและเปลือกในพื้นที่โรงสี
- ทิ้งซังและเปลือกก่อนเข้าพื้นที่โรงสี อื่นๆ

บันทึก

.....

.....

.....

ขายวัสดุเหลือทิ้ง

- ขายทั้งหมด (ซัง เปลือกรวมกัน) ขายแยกเฉพาะ (ระบุ).....

ราคาขาย (ระบุ)

.....

.....

.....

บันทึก

.....

.....

.....

วัสดุเหลือทิ้งที่ยังไม่ได้จัดการ

เปลือกตัน

ซังข้าวโพด.....ตัน

บันทึก

.....

.....

การรับซื้อวัสดุเหลือทิ้ง

- โรงไฟฟ้า เอกชนรับซื้อ(พ่อค้าคนกลาง)
- หน่วยงานของรัฐ อื่น ๆ.....

บันทึก

.....

.....

.....



ภาคผนวก ข
รูปภาพการทำงาน

การลงพื้นที่เก็บข้อมูล





การทดสอบเตาเผาชีวมวล





ภาคผนวก ค

การคำนวณอัตราการเกิดก๊าซชีววมวล

คำนวณ อัตราการเกิดแก๊สเชื้อเพลิงความร้อน

$$Q_{\text{gas}} = A \times V$$

โดย A คือ พื้นที่หน้าตัดท่อแก๊ส πR^2 (m²)

V คือ อัตราการไหลของแก๊สเฉลี่ย (m/s)

วิธีคำนวณ

จากการทดสอบการเกิดแก๊สท่อขนาด (A) 2 นิ้ว โดยมีอัตราการไหลของแก๊สเฉลี่ยเท่ากับ 2.135 m/s ที่อุณหภูมิปลายท่อเท่ากับ 57 °C ทำการทดสอบเป็นเวลา 1.30 hr และใช้เชื้อเพลิง 4 kg

$$\begin{aligned} Q_{\text{gas}} &= (3.14 \times 0.02542) \times 2.135 \\ &= 0.0043 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

โดยทำการทดสอบ 1.30 hr เปลี่ยนให้เป็นวินาที = 5,400 s

อัตราการเกิดเชื้อสามารถคำนวณได้จากพื้นที่หน้าตัดท่อแก๊ส และความเร็วของลมจากปลายท่อความร้อน จากนั้นนำมาคำนวณหาอัตราการเกิดแก๊สโดยใช้นิยาม ที่สภาวะปกติที่อุณหภูมิ 32 °C (สุธีณี, 2557)

$$\dot{Q} = Q_{\text{gas}} \times \frac{T_1}{T_2}$$

เมื่อ \dot{Q} คือ อัตราการเกิดแก๊สเชื้อเพลิงที่ 32 °C

Q_{gas} คือ อัตราการเกิดแก๊สเชื้อเพลิงความร้อน Nm³/hr.

T_1 คือ อุณหภูมิที่ 32 °C

T_2 คือ อุณหภูมิแก๊สร้อนออกจากปลาท่อ °C

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= 23.22 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \times \frac{(32 + 273.15)^\circ\text{C}}{(57 + 273.15)} \\ &= 21.46 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด 4 kg} &= \frac{21.46 \text{ m}^3 / \text{hr}}{4 \text{ kg} / \text{hr}} \\ &= 5.36 \text{ m}^3/\text{kg} \end{aligned}$$

∴ อัตราการเกิดแก๊สเชื้อเพลิงจะเท่ากับ 5.36 m³/kg



ภาคผนวก ง

ผลทดสอบองค์ประกอบทางกายภาพและธาตุเคมี



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

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

F-RES-033 ฉบับที่ 6 บังคับใช้ 03/04/62

เลขที่รายงาน: R2719/62_1

หน้า: 2/2

ผลการทดสอบ:

ลำดับที่	พารามิเตอร์	หน่วย	เครื่องมือ/วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ \pm SD
1.	ความชื้น (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	9.83 \pm 0.02
2.	Volatile (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	72.92 \pm 0.11
3.	Fixed Carbon (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	15.77 \pm 0.17
4.	เถ้า (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	1.48 \pm 0.06
5.	คาร์บอน (C) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	42.827 \pm 0.016
6.	ไฮโดรเจน (H) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	5.917 \pm 0.040
7.	ไนโตรเจน (N) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	0.340 \pm 0.007
8.	ซัลเฟอร์ (S) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	< 0.01
9.	ออกซิเจน (O) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	43.654 \pm 0.085
10.	Net Heating Value (N.H.V.) (As received basis)	kcal/kg	CHNS/O Analyzer	3,366.521 \pm 12.303
11.	Gross Heating Value (G.H.V.) (As received basis)	kcal/kg	CHNS/O Analyzer	3,670.124 \pm 14.329

- ผลการทดสอบอ้างอิงไปขอใช้บริการ (F-ASO-054) เลขที่ 3506/62

- ขีดจำกัดของการวัดปริมาณ (LOQ): S = 0.01 % wt.

- ตัวอย่าง ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

- บดตัวอย่างก่อนการทดสอบ

- SD = Standard Deviation

..... ผู้ตรวจรายงานผลการทดสอบ.....

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน
ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

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

F-RES-033 ฉบับที่ 6 บังคับใช้ 03/04/62

เลขที่รายงาน: R2719/62_2

หน้า: 2/2

ผลการทดสอบ:

ลำดับที่	พารามิเตอร์	หน่วย	เครื่องมือ/วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ \pm SD
1.	ความชื้น (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	9.24 \pm 0.01
2.	Volatile (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	73.16 \pm 0.46
3.	Fixed Carbon (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	16.04 \pm 0.42
4.	เถ้า (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	1.57 \pm 0.06
5.	คาร์บอน (C) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	43.163 \pm 0.194
6.	ไฮโดรเจน (H) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	6.033 \pm 0.037
7.	ไนโตรเจน (N) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	0.523 \pm 0.018
8.	Gross Heating Value (G.H.V.) (As received basis)	kcal/kg	CHNS/O Analyzer	3,696.081 \pm 18.602
9.	Net Heating Value (N.H.V.) (As received basis)	kcal/kg	CHNS/O Analyzer	3,386.522 \pm 17.643
10.	ซัลเฟอร์ (S) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	< 0.01
11.	ออกซิเจน (O) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	44.620 \pm 0.3536

- ผลการทดสอบอ้างอิงในขอใช้บริการ (F-ASO-054) เลขที่ 3506/62

- จุดจำกัดของการวัดปริมาณ (LOQ): S = 0.01 % wt.

- ตัวอย่าง ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

- วัสดุตัวอย่างก่อนการทดสอบ

- SD = Standard Deviation

.....^๕สิ้นสุดรายงานผลการทดสอบ.....

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้จะไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน
ออกวันที่ทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

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

F-RES-033 ฉบับที่ 6 บังคับใช้ 03/04/62

เลขที่รายงาน: R2719/62_3

หน้า: 2/2

ผลการทดสอบ:

ลำดับที่	พารามิเตอร์	หน่วย	เครื่องมือ/วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ \pm SD
1.	ความชื้น (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	12.26 \pm 0.04
2.	Volatile (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	67.23 \pm 0.30
3.	Fixed Carbon (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	11.89 \pm 0.21
4.	เถ้า (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	8.62 \pm 0.13
5.	คาร์บอน (C) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	37.843 \pm 0.047
6.	ไฮโดรเจน (H) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	5.655 \pm 0.022
7.	ไนโตรเจน (N) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	1.473 \pm 0.018
8.	ซัลเฟอร์ (S) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	0.083 \pm 0.006
9.	Gross Heating Value (G.H.V.) (As received basis)	kcal/kg	CHNS/O Analyzer	3,271.937 \pm 9.395
10.	Net Heating Value (N.H.V.) (As received basis)	kcal/kg	CHNS/O Analyzer	2,981.762 \pm 8.384
11.	ออกซิเจน (O) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	41.365 \pm 0.257

- ผลการทดสอบอ้างอิงใช้วิธีการ (F-ASO-054) เลขที่ 3306/62

- ตัวอย่างไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

- บดตัวอย่างก่อนการทดสอบ

- SD = Standard Deviation

.....สิ้นสุดรายงานผลการทดสอบ.....

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่มาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน
ยกเว้นทำทั้งหมด โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

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

F-RES-033 ฉบับที่ 6 บังคับใช้ 03/04/62

เลขที่รายงาน: R2719/62_4

หน้า: 2/2

ผลการทดสอบ:

ลำดับที่	พารามิเตอร์	หน่วย	เครื่องมือ/วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ \pm SD
1.	ความชื้น (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	13.09 \pm 0.03
2.	Volatile (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	64.85 \pm 0.42
3.	Fixed Carbon (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	18.76 \pm 0.38
4.	เถ้า (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	3.30 \pm 0.01
5.	คาร์บอน (C) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	42.242 \pm 0.110
6.	ไฮโดรเจน (H) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	5.888 \pm 0.018
7.	ไนโตรเจน (N) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	2.722 \pm 0.010
8.	ซัลเฟอร์ (S) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	0.156 \pm 0.004
9.	Gross Heating Value (G.H.V.) (As received basis)	kcal/kg	CHNS/O Analyzer	3,767.562 \pm 14.438
10.	Net Heating Value (N.H.V.) (As received basis)	kcal/kg	CHNS/O Analyzer	3,465.449 \pm 13.599
11.	ออกซิเจน (O) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	40.132 \pm 0.665

- ผลการทดสอบอ้างอิงโดยขอใช้บริการ (F-ASO-054) เลขที่ 3506/62

- ตัวอย่างไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

- บดตัวอย่างก่อนการทดสอบ

- SD = Standard Deviation

.....สิ้นสุดรายงานผลการทดสอบ.....

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้จะไม่ถูกทำสำเนาเพื่อบางส่วน
ยกเว้นที่แจ้งไว้ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

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

F-RES-033 ฉบับที่ 6 บังคับใช้ 03/04/62

เลขที่รายงาน: R2719/62_5

หน้า: 2/2

ผลการทดสอบ:

ลำดับที่	พารามิเตอร์	หน่วย	เครื่องมือ/วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ \pm SD
1.	ความชื้น (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	12.78 \pm 0.02
2.	Volatile (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	70.93 \pm 0.40
3.	Fixed Carbon (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	13.70 \pm 0.37
4.	เถ้า (As received basis)	% wt.	In-house method based on ASTM D7582	2.59 \pm 0.03
5.	คาร์บอน (C) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	43.058 \pm 0.105
6.	ไฮโดรเจน (H) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	5.808 \pm 0.134
7.	ไนโตรเจน (N) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	0.783 \pm 0.006
8.	ซัลเฟอร์ (S) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	< 0.01
9.	Gross Heating Value (G.H.V.) (As received basis)	kcal/kg	CHNS/O Analyzer	3,748.375 \pm 53.572
10.	Net Heating Value (N.H.V.) (As received basis)	kcal/kg	CHNS/O Analyzer	3,450.386 \pm 46.728
11.	ออกซิเจน (O) (As received basis)	% wt.	CHNS/O Analyzer	41.400 \pm 0.094

- ผลการทดสอบอ้างอิงในขอใช้บริการ (F-ASO-054) เลขที่ 3506/62

- จุดจำกัดของการวัดปริมาณ (LOQ): S = 0.01 % wt.

- ตัวอย่างไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

- บดตัวอย่างก่อนการทดสอบ

- SD = Standard Deviation

.....สิ้นสุดรายงานผลการทดสอบ.....

หมายเหตุ รายงานผลการทดสอบนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และรายงานผลการทดสอบนี้ต้องไม่ถูกทำสำเนาเพียงบางส่วน
ขงเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์



ภาคผนวก จ
ผลงานทางวิชาการ

#TREC12

“นวัตกรรมนวัตกรรมเพื่อ
เพื่อ
ชุมชนแห่งอนาคต”

The 12th
Thailand Renewable Energy
for Community Conference

การประชุมสัมมนาวิชาการ
รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 12

CONFERENCE PROCEEDINGS

จัดโดย



6-8 พฤศจิกายน 2562

ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิจิตร

1 เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน

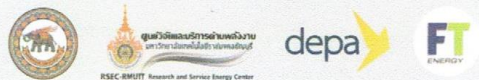
2 สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน

3 การจัดการพลังงานชุมชน

4 การจัดการพลังงานชุมชน

5 การออกแบบและจำลอง
การทำงานด้านพลังงาน

หัวข้อวิจัย
และ
บทความ



การประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ปลูก
กรณีศึกษาภาคเหนือของประเทศไทย

Briquette fuel potential evolution from maize residual in plantation area : case
study in northern part of Thailand

ยีนนิตรา คำนิ่มผล^{1*} ธนศ ไชยชนะ¹ ณัฐต์ณิชา สุขเกษม¹ และชูรัตน์ ธารารักษ์¹

¹ สาขาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยทำการสำรวจข้อมูลพื้นที่การเพาะปลูก และปริมาณเศษวัสดุเหลือทิ้งที่มีผลต่อการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากแบบสอบถามของพื้นที่เกษตรกร เพื่อประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งในพื้นที่ปลูก โดยมีพื้นที่ในการศึกษาคือพื้นที่ 12 จังหวัดในภาคเหนือของประเทศไทย ทำการเก็บข้อมูลจำนวน จำนวน 1,205 แปลงเพาะปลูก คิดเป็นพื้นที่รวม 13,884.7 ไร่ ผลการศึกษาพบว่าวัสดุชีวมวลเกิดขึ้นในพื้นที่ปลูกที่ประกอบด้วยต้นและใบของข้าวโพด เฉลี่ย 729.03 kg/ไร่/ครั้งของการเพาะปลูก ทั้งนี้ เกษตรกรมีการจัดการวัสดุชีวมวลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูก (ต้น และใบ) โดยการ เผาทิ้งในที่โล่ง ทั้งในพื้นที่ ใกล้เคียง การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง และการขาย จากการจัดการดังกล่าวพบว่าเป็นการจัดการที่ไม่ถูกวิธีและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ การเผาทิ้งในที่โล่ง การฝังกลบ และทิ้งในพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งจากปริมาณของวัสดุชีวมวลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูกและมีการจัดการที่ผิดวิธีสามารถทำการประเมินเป็นศักยภาพการผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้เท่ากับ 2,088,231.09 ตัน และคิดเป็นศักยภาพทางพลังงานเท่ากับ 34,071.58 เทระจูล

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดแท่ง วัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ศักยภาพทางพลังงานชีวมวล

บทนำ

พลังงานทดแทนในประเทศไทยมีการพัฒนาและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นผลมาจากนโยบายส่งเสริมการผลิตการใช้พลังงานทดแทน โดยการใช้งานจะอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยในปี 2557 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนทั้งสิ้น 9,025 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 9.6 หรือคิดเป็นร้อยละ 11.9 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย การพัฒนาเศรษฐกิจ และความมั่นคงของประเทศ โดยเฉพาะในภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม ที่มีการใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก ทำให้ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานในภาคครัวเรือนทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น เพื่อให้เกิดการลดการใช้พลังงานในภาคครัวเรือน ควรสรรหาแหล่งพลังงานทดแทนอื่น ๆ อาทิเช่น พลังงานชีวมวล และพลังงานหมุนเวียนในรูปอื่น ๆ ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนใหม่ ๆ ที่มีความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในภาคครัวเรือน อาทิเช่น เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง เตาแก๊สชีวมวล เตาเผาถ่าน เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นประโยชน์มากสำหรับการลดการใช้พลังงานในภาคครัวเรือน โดยนำเอาวัสดุเหลือทิ้งที่มีอยู่ในชุมชนมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด [1,2,3]

*Corresponding author: Tel.: 090-0534442, E-mail address : paiyinny@gmail.com

ประเทศไทยพื้นที่ส่วนใหญ่จะทำการเกษตร อาทิเช่น ข้าว ข้าวโพด และไม้ผลต่าง ๆ เป็นต้น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดน่าน เชียงรายและตาก โดยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปี 2562 ของภาคเหนือเท่ากับ 3,582,486 ไร่ คิดเป็นผลผลิตเท่ากับ 663 กิโลกรัม/ไร่/เก็บเกี่ยว โดยผลผลิตที่ได้จะนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปทำอาหารสัตว์ รวมไปถึงส่งออกต่างประเทศ ทั้งนี้ในขั้นตอนการแปรรูป หรือในช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะมีวัสดุเหลือทิ้ง ได้แก่ ต้น ใบ เปลือก และซังข้าวโพด ซึ่งไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่เกษตรกรจะปล่อยทิ้งไว้และเผาทิ้ง ในพื้นที่เพาะปลูกจะยังคงเหลือ ต้น และใบ ส่วนในพื้นที่โรงสีที่ทำการแปรรูปเอาเฉพาะเมล็ด จะเหลือเศษวัสดุเหลือทิ้ง ได้แก่ ซัง และเปลือกข้าวโพด ซึ่งก่อให้เกิดควั่นจากการเผาไหม้ทำลายชั้นบรรยากาศของโลก และสุขภาพประชากรในชุมชนที่อาศัยในพื้นที่ใกล้เคียง ดังนั้นหากมีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพด ก็จะช่วยลดการเผาไหม้ของเกษตรกร และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การเผา การฝังกลบ หรือการปล่อยทิ้งในพื้นที่ หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตในพื้นที่เพาะปลูกนั้นเป็นการเร่งการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากพื้นดินสู่บรรยากาศอย่างรวดเร็ว ผลกระทบจากการจัดการที่ผิดวิธีของเศษวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งหมดในพื้นที่ปลูกที่โล่ง จะก่อให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์และฝุ่น รวมเท่ากับ 441,745, 17,580, 9,111,966 และ 57,035 ตันต่อปี [2]

ในปี พ.ศ. 2552 ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการกับวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในโครงการการศึกษาการใช้ชีวมวลในภาคเศรษฐกิจต่างๆ และชีวมวลที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ (ภาคเหนือ) ซึ่งพบว่าในส่วนของ ต้น/ใบ และ ซังข้าวโพด มีการจัดการที่ยังไม่เป็นประโยชน์และก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมในอัตราส่วนที่สูง โดยประกอบไปด้วย การเผาทิ้งเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 37.98 ของปริมาณวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นทั้งหมด รองลงมาคือการไถกลบร้อยละ 32.98 และการปล่อยทิ้งในพื้นที่ร้อยละ 26 [3] ส่วนของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง กิตติกรและคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรซังและเปลือกข้าวโพดผ่านกระบวนการอัดรีดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคืออัตราส่วนผสมซังต่อเปลือกเท่ากับ 20:80 โดยใช้ตัวประสานแป้งมันผสมปูนขาวโดยน้ำหนักวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จะให้ค่าความร้อนแท่งเชื้อเพลิง และความหนาแน่นของเชื้อเพลิง 12.77 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และ 940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ขณะเดียวกันเมื่อนำมาทดสอบเผาไหม้โดยใช้เชื้อชีวมวลพบว่าให้ประสิทธิภาพความร้อนเท่ากับร้อยละ 16.31 เมื่อทำการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ของระบบพบว่าระบบจะคืนทุนภายใน 3.44 ปีหรือทำผลผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากซังและเปลือกข้าวโพดจำนวน 206.4 ตัน [4]

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพของวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร ประกอบด้วย ต้นและใบ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูล ปริมาณ และการจัดการวัสดุเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภาคเหนือของประเทศไทย

วิธีการวิจัย

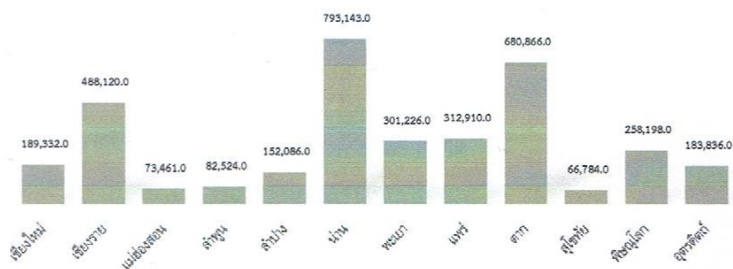
- จัดทำแบบสอบถามสำหรับเก็บข้อมูล
- คัดเลือกเกษตรกรและพื้นที่สำหรับการเก็บข้อมูลโดยเลือกพื้นที่จากปริมาณของพื้นที่ปลูกสูงๆ
- รวบรวมข้อมูลพื้นที่การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อประเมินศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภาคเหนือได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลปฐมภูมิ โดยที่ข้อมูลจะเก็บรวบรวมจากแหล่งที่มาของเกษตรกร โดยจากการสัมภาษณ์ และประเมิน ข้อมูลส่วนที่ 2 ข้อมูลทุติยภูมิ คือข้อมูลจากหน่วยงานหรือองค์กรที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลงานวิจัย วารสาร หรือบทความทางวิชาการต่างๆ กับงานด้านพลังงานทดแทน

- เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม โดยการเก็บข้อมูล 12 จังหวัด ภาคเหนือ ประกอบด้วย เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง พะเยา น่าน แพร่ ตาก พิจิตร โลก อุดรดิตต์ สุโขทัย
- ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ประกอบด้วย ปริมาณวัสดุชีวมวลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูก วิธีการในการจัดการชีวมวล สัดส่วนของการจัดการชีวมวลในวิธีการต่างๆ สัดส่วนและปริมาณชีวมวลที่มีการจัดการไม่ถูกวิธี และศักยภาพเชิงปริมาณและพลังงานของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 12 จังหวัด ภาคเหนือมีพื้นที่เก็บเกี่ยวรวม 3,582,486 ไร่ โดยพิจารณาเป็นรายจังหวัดจะเห็นได้ว่า จังหวัดน่านเป็นจังหวัดที่มีการเพาะปลูกสูงที่สุดมีปริมาณ 793,143 ไร่ รองลงมาคือจังหวัดตากและจังหวัดตากมีปริมาณ 680,866 ไร่ และ 488,120 ไร่ ตามลำดับจะแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงปริมาณเนื้อที่เก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 12 จังหวัดภาคเหนือ

2. ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกและการจัดการ

จากการเก็บข้อมูลเกษตรกรจำนวน 1,205 แปลงเพาะปลูก คิดเป็นพื้นที่รวม 13,884.7 ไร่ พบว่าเมื่อเกษตรกรทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้วจะมีวัสดุชีวมวลที่เป็นต้นและใบเกิดขึ้นในพื้นที่ 729.03 kg/ไร่ หลังจากนั้นเกษตรกรจะดำเนินการในการจัดการกับวัสดุชีวมวลเหล่านั้นในวิธีการต่างๆ ประกอบด้วย การเผาทิ้งในไร่ ไถในพื้นที่ ไถกลบ การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง และการขาย ในสัดส่วนต่างๆ กันดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 6 การจัดการวัสดุเหลือทิ้งของเกษตรกร

วิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งของเกษตรกร	วัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูก (ตัน ใบ)	
	สัดส่วน (ร้อยละ)	ปริมาณที่เกิด (kg/ไร่)
เผาทิ้งในไร่	21.8	159.0
ทิ้งในพื้นที่	33.6	244.8
ไถกลบ	24.6	179.1
การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย	19.1	139.5
การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง	0.7	5.4
ขาย	0.2	1.3
รวม	100	729.03

3. ศักยภาพพลังงานของวัสดุเหลือทิ้งจากโพลีเอทิลีนสัตว์

จากการจัดการกับวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรพบว่า มีวิธีการจัดการที่ผิดวิธีอยู่ 3 วิธีคือการเผาทิ้งในที่โล่ง ทิ้งในพื้นที่ โกลบ ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้ง 3 วิธีการนี้แล้วจะมีวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เท่ากับ 582.9 kg/ไร่ คิดเป็นพลังงานรวมเท่ากับ 9,510.56 MJ/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 7 แสดงสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งของเกษตรกร	ความชื้น* (%)	ความร้อน* (MJ/kg)	ปริมาณการเกิด (kg/ไร่)	ศักยภาพพลังงาน (MJ/ไร่)
เผาทิ้งในที่โล่ง	10.65	16.316	159	2,594.2
ทิ้งในพื้นที่	10.65	16.316	244.8	3,994.16
โกลบ	10.65	16.316	179.1	2,922.2

หมายเหตุ *กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2553)

เมื่อพิจารณารวมทั้งพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย จะพบว่าปริมาณวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร โดยพิจารณาเฉพาะที่มีการจัดการที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม ก็พบว่า จากวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถนำมาทำการผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ 2,088,231.09 ตัน/ปี คิดเป็นศักยภาพการผลิตพลังงานเท่ากับ 34,071.58 TJ/ปี ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณที่สามารถผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งและศักยภาพทางพลังงานจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง	ปริมาณที่สามารถผลิตชีวมวล	ปริมาณที่สามารถผลิตชีวมวล	ศักยภาพพลังงาน (MJ)	ศักยภาพพลังงาน (TJ)
	อัดแท่ง (kg)	อัดแท่ง (ton)		
เผาทิ้งในที่โล่ง	569,615,274.00	569,615.27	9,293,842,810.58	9,293.84
ทิ้งไว้ในพื้นที่	876,992,572.80	876,992.57	14,309,010,817.80	14,309.01
โกลบ	641,623,242.60	641,623.24	10,468,724,826.26	10,468.72
รวม	2,088,231,089.40	2,088,231.09	34,071,578,454.65	34,071.58

สรุปผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ปลูกกรณีศึกษาภาคเหนือของประเทศไทยสามารถสรุปผลงานวิจัยได้ดังนี้ ปริมาณวัสดุชีวมวลที่เหลือทิ้งในพื้นที่เพาะปลูกประกอบด้วยต้นและใบที่สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเท่ากับ 2,088,231.09 ตัน/ปี ตันและคิดเป็นศักยภาพทางพลังงานอยู่ที่ 34,071.58 เทระจูล ดังนั้นจะเห็นได้ว่าภาคเหนือของประเทศไทยมีศักยภาพที่เหมาะสมในการนำวัสดุเหลือทิ้งจากพื้นที่ปลูกจากวิธีการจัดการที่ไม่เหมาะสมนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ทดแทนพลังงานฟอสซิล ลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทิ้ง การโกลบ และการทิ้งไว้ในพื้นที่ และยังสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ	ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานประสานโครงการวิจัยการพัฒนาเศรษฐกิจจากรากฐานความหลากหลายทางชีวภาพ ปีงบประมาณ 2562 (การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน
ขอขอบคุณ	เกษตรกรที่ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย
ขอขอบคุณ	โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาาระดับบัณฑิตศึกษาของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา 2560
ขอขอบคุณ	Sustainable Energy Technology Research Laboratory, SRE, MJU (SETR-Lab)

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2558). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2558-2579 (AEDP2015).
- [2] วีรชัย อางหาญ, สมรัฐ เกิดสุวรรณ, และวีรัช อยู่ชา. 2554. โครงการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [3] ศูนย์วิจัยพลังงานมหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2556. โครงการศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงานโดยใช้เทคโนโลยีการหมักไร้สภาพอากาศแบบแห้งที่มีการหมุนเวียนน้ำชะ. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.
- [4] กิตติกร สาสุจิตต์ และละกะณะ. 2558. การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งซึ่งและเปลือกข้าวโพดด้วยเทคนิคการอัดรีดขึ้นรูปโดยใช้ตัวประสานแป้งมันผสมปูนขาว Study of Process Densification of Corn Cob and Corn Husk Briquettes by Cold Extrusion Technique Using Starch with Lime Mixed as Binder. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 18(1).





ประชุมวิชาการเรื่อง
การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวล
 ในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 19
 ระหว่างวันที่ 12-13 มีนาคม 2563
 ณ เจ้าหลาว คาบาน่า รีสอร์ท
 จังหวัดจันทบุรี

การประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานความร้อนจากก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้ง
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (กรณีศึกษาภาคเหนือของประเทศไทย)

THE POTENTIAL OF THERMAL ENERGY PRODUCTION FROM BIOGAS
PRODUCED FROM MAIZE RESIDUAL (CASE STUDY OF NORTERN THAILAND)

ยีนนิตรา คำนิ้งผล*

ณัฐดีนิชา สุขเกษม

ชูรัตน์ ธารารักษ์

เสริมสุข บัวเจริญ

ธเนศ ไชยชนะ

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

จังหวัดเชียงใหม่ 50290

โทรศัพท์ 0-533-3194

โทรสาร 0-533-3194

*Email: paiyinny@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินศักยภาพพลังงานความร้อนจากก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่เกิดจากการจัดการที่ไม่ถูกต้องก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยทำการสำรวจข้อมูลพื้นที่การเพาะปลูก พื้นที่โรงสี และปริมาณเศษวัสดุเหลือทิ้งจากแบบสอบถามของพื้นที่เกษตรกร และโรงสี โดยมีพื้นที่ในการศึกษาคือพื้นที่ 12 จังหวัดในภาคเหนือของประเทศไทย ทำการเก็บข้อมูลจำนวน 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือพื้นที่เพาะปลูก จำนวน 1,205 แปลงเพาะปลูก คิดเป็นพื้นที่รวม 13,884.7 ไร่ ส่วนที่ 2 คือส่วนจากพื้นที่โรงสีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 120 แห่ง ผลการศึกษาพบว่าวัสดุชีวมวลเกิดขึ้นในพื้นที่ปลูกที่ประกอบด้วยต้นและใบของข้าวโพด เฉลี่ย 729.03 kg/ไร่/ครั้งของการเพาะปลูก ในโรงสีประกอบด้วยชังเปลือก และใยไหมเฉลี่ย 242.22 kg/ไร่/ฤดูกาล ทั้งนี้จากการจัดการดังกล่าวพบว่าเป็นการจัดการที่ไม่ถูกวิธีและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ การเผาทิ้งในท้อง การฝังกลบ และทิ้งในพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่โรงสี ซึ่งจากปริมาณของวัสดุชีวมวลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูกและมีการจัดการที่ผิดวิธีสามารถหากจากปริมาณของวัสดุชีวมวลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูกและมีการจัดการที่ผิดวิธีสามารถหากการประเมินเป็นศักยภาพก๊าซชีวภาพที่ผลิตเท่ากับ 564.57 ลบ.ม ซึ่งมีศักยภาพทางพลังงานความร้อนเท่ากับ 11,856.06 เมกะจูล คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 677.49 kWh และเมื่อพิจารณาทั่วภาคเหนือพบว่าสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 2,427,096,062.06 kWh ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิงชีวมวลจะสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากเชื้อเพลิงถ่านหิน เท่ากับ 2,320,303.84 tonsCO₂-eq

คำสำคัญ: วัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ศักยภาพความร้อน ก๊าซชีวภาพ

Abstract

The aim of this study to assesses the potential of heat energy production from biogas produced from maize residual. From the management of maize residual that causes pollution to the environment by surveying the planting area, mill area and amount of agricultural residual from the questionnaires of farmers and mills, with the study area of 12 provinces in the north of Thailand. Data were collected in 2 parts, Part 1 is consisting of 1,205 cultivated area, comprising 13,884.7 rai. The second part was from the area of 120 maize mills. The results showed that biomass materials occurred in the area planting consisting of stalk and leaves of maize, an average of 729.03 kg/rai/time of cultivation and in the maize mill consisting of bark cob and silk average 242.22 kg/rai/season. So that, from the said management, it was found that the management was incorrect and caused environmental impact which is open burning, landfills and discarded in cultivated areas and mill areas So, from the amount of biomass material produced in the planting area and managed, can be evaluated as a potential biogas produced equal to 564.57 m³, which has a thermal energy potential of 11,856.06 MJ, equal to electrical energy is 677.49 kWh and considering in northern of Thailand can produced to electrical energy is 2,427,096,062.06 kWh reduce carbon emissions of heat energy from biogas to generate electricity instead of fossil energy by 2,320,303.84 tonsCO₂-eq.

Keywords: Maize residue, Potential, Thermal energy, Biogas

1. บทนำ

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีการจัดการไม่ถูกวิธี จะส่งผลให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปแล้ว ชีวมวลที่มีความชื้นสูง อาทิ เช่น อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เหมาะสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยกระบวนการที่เรียกว่า การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) โดยทั่วไปก๊าซชีวภาพจะมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทน (CH₄) อยู่ร้อยละ 40 – 60 ปริมาณก๊าซมีเทนที่สูงนี้ทำให้ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่เหมาะสมเพื่อทดแทนก๊าซธรรมชาติและเชื้อเพลิงฟอสซิลอื่น ๆ โดยปกติแล้วก๊าซชีวภาพจะใช้ในหม้อไอน้ำในโรงงานและในชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและพลังงานความร้อน

จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนในประเทศไทยมีการพัฒนาและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นผลมาจากนโยบายส่งเสริมการผลิตการใช้พลังงานทดแทน โดยการใช้งานจะอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยในปี 2557 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนทั้งสิ้น 9,025 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 9.6 หรือคิดเป็นร้อยละ 11.9 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย การพัฒนาเศรษฐกิจ และความมั่นคงของประเทศ ทำให้ส่งผลต่อการใช้พลังงานในภาคครัวเรือน ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น ดังนั้นเพื่อให้เกิดการลดการใช้พลังงานในภาคครัวเรือน ควรสรรหาแหล่งพลังงานทดแทนอื่น ๆ อาทิเช่น พลังงานชีวมวล และพลังงานหมุนเวียนในรูปอื่น ๆ ที่มีในประเทศ ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่มีความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในภาคครัวเรือน อาทิเช่น เตาแก๊สชีวมวล นำก๊าซชีวภาพผลิตเป็นความร้อนผลิตไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีต่าง ๆ เหล่านี้เป็นประโยชน์มากสำหรับการลดการใช้พลังงานในภาคครัวเรือน โดยนำเอาวัสดุเหลือทิ้งที่มีอยู่ในชุมชนมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด [1-3] การนำวัสดุชีวมวลมาทำการผลิตเป็นก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาผลิตเป็นพลังงาน แต่ประโยชน์ที่เกิดขึ้นนั้นไม่ใช่เฉพาะทางพลังงาน ยังเป็นการแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ด้านสังคม และยังสามารถเพิ่มรายได้และผลผลิตต่าง ๆ ด้วย

ในปี พ.ศ. 2552 ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการกับวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในโครงการการศึกษาการใช้ชีวมวลในภาคเศรษฐกิจต่าง ๆ และชีวมวลที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ (ภาคเหนือ) ซึ่งพบว่าในส่วนของต้น/ใบ และ ชังข้าวโพด มีการจัดการที่ยังไม่เป็นประโยชน์และก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมในอัตราส่วนที่สูง โดยประกอบไปด้วย การเผาทิ้งเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 37.98 ของปริมาณวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นทั้งหมด รองลงมาคือการใช้ถนอมร้อยละ 32.98 และการปล่อยทิ้งในพื้นที่ร้อยละ 26 [2]

ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์และต้นข้าวโพดโดยใช้เทคโนโลยีการหมักในสภาพไร้อากาศแบบแห้งที่มีการหมุนเวียนน้ำชะ ประสิทธิภาพการที่ต้นแบบขนาด 1,000 ลิตร มีการหมุนเวียนน้ำชะเป็นช่วง ๆ ระยะเวลาการกักเก็บ 60 วัน พบว่า ระบบสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 48.2 L/kg ต้นสด และ 31.7 48.2 L/kg ต้นสด หรือ 427.9 L/kgVS และ 301.2 L/kgVS ในข้าวโพดและหญ้าเนเปียร์ ตามลำดับ โดยวัดค่าที่เม้นสูงสุด

ได้ 50-51% และระบบมีประสิทธิภาพในการลดค่า COD , TS, VS เท่ากับ 60.4%, 87.2% และ 85.9% ในข้าวโพด และ 79.4%, 88.1% และ 82.9% ในหญ้า ตามลำดับ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดประเมินศักยภาพพลังงานความร้อนจากก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (กรณีศึกษาภาคเหนือของประเทศไทย) เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในแนวทางการจัดการวัสดุเหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ก๊าซชีวภาพ (Biogas หรือ Digester gas) หรือไบโอแก๊ส คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจนโดยทั่วไปจะหมายถึงก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมัก (Fermentation) ของอินทรีย์วัตถุซึ่งประกอบด้วยปุ๋ยคอกโคลนจากน้ำเสียขยะประเภทของแข็งจากเมืองหรือของเสียชีวภาพจากอาหารสัตว์ภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน (Anaerobic) องค์ประกอบส่วนใหญ่คือก๊าซมีเทน (CH₄) ประมาณ 50-70% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ประมาณ 30-50% ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจน (H₂), ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S), ไนโตรเจน (N₂) และไอน้ำ [4]

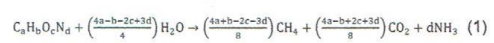
2.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) ตามมาตรฐาน ASTM D 7582 โดยการวิเคราะห์ปริมาณ โดยทำการวิเคราะห์ดังนี้ ความชื้น, volatile matter, เถ้า และ อินทรีย์วัตถุ (Organic matter) และวิเคราะห์ปริมาณธาตุ (Ultimate analysis) ได้แก่ ธาตุ C, H, O และ N โดยเครื่องที่ใช้ทดสอบคือ CHNS-O Analyzer รุ่น Flash EA 1112 ซึ่งเครื่อง CHNS/O Analyzer เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์/ออกซิเจนในตัวอย่างโดยใช้เทคนิค Combustion

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีวัสดุเพื่อนำค่าจากการทดสอบมาทำการประเมินการผลิตก๊าซชีวภาพ

2.1 ประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพทางทฤษฎี

ประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพทางทฤษฎีของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ในหน่วยลิตรต่อกิโลกรัม และสัดส่วนการผลิตก๊าซมีเทน ได้จากสมการที่ 1 [5]



ในการประเมินจากสมการดังกล่าวจะนำค่าจากการส่งทดสอบทางกายภาพและเคมีวัสดุ เพื่อให้ทราบค่า CO₂ CH₄ NH₃ ในหน่วยของร้อยละ และจะทราบปริมาณที่เกิดขึ้นของก๊าซชีวภาพทางทฤษฎี

2.2 การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยวิธี Biochemical Methane Potential (BMP)

การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากตัวอย่างเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้ทำการศึกษากายได้วิธีการประยุกต์วิธีมาตรฐาน VDI 4630 ศักยภาพในการย่อยสลายเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ

และก๊าซมีเทนมีค่าอยู่ในช่วง 8-31% และ 4-27% เมื่อเทียบกับค่า
 ทฤษฎีตามลำดับ โดยพบว่า เมื่อเทียบกับค่าปริมาณก๊าซมีเทนในทาง
 ทฤษฎีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยมีศักยภาพร้อยละ 25 ของค่าทางทฤษฎี
 [5] วิธี BMP เป็นที่นิยมซึ่งมีความแม่นยำและสามารถนำผลการศึกษา
 ไปพัฒนาต่อยอดได้ ดังนั้นจึงได้ใช้วิธี BMP เป็นการประเมินศักยภาพ
 ก๊าซชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งในงานวิจัยนี้

2.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สมการทั่วไปในการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจะแสดง
 ลงในสมการที่ 2 ดังต่อไปนี้

$$GHG\ emission = Activity\ data \times Emission\ factor \quad (2)$$

โดยที่ ข้อมูลกิจกรรม (Activity data) คือ ค่าที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งเกิด
 จากกิจกรรมของการเกิดก๊าซเรือนกระจกประเภทต่าง ๆ เช่น ปริมาณ
 น้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณถ่านหินที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น
 ข้อมูลกิจกรรมอาจมีหน่วยที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับประเภทของ
 สาขาหรือภาคส่วนของกรคำนวณและต้องมีความสัมพันธ์กับค่า
 สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor)

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor)
 คือ ค่าที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย เช่น ค่าการ
 ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.6 ตัน
 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันปูนซีเมนต์ (ton CO₂/ton cement)
 เป็นต้น ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นอยู่กับกิจกรรม
 และเทคโนโลยีของการปล่อยในแต่ละประเทศอาจมีค่าสัมประสิทธิ์การ
 ปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเงื่อนไขเฉพาะกิจกรรมนั้นๆ เรียกว่าค่าการ
 ปล่อยเฉพาะของประเทศ (Country specific emission factor)ซึ่งได้มา
 จากการวิจัยหรือการศึกษา สำหรับในกรณีที่ยังขาดค่าการ
 ปล่อยเฉพาะของประเทศสามารถใช้ค่าแนะนำ (default value of
 emission factor) ซึ่งอยู่ในคู่มือแนวทางการจัดทำบัญชีก๊าซเรือน
 กระจกของ IPCC [6] ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ใน
 งานวิจัยนี้ จะอ้างอิงจาก National Renewable Energy
 Laboratory,USA [7] แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก [7]

ชนิดของเชื้อเพลิงที่นำมาผลิต ไฟฟ้า	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ เรือนกระจก (kgCO ₂ eq)
วัสดุชีวมวล	0.046
ถ่านหิน	1.022

3. วิธีการศึกษา

- จัดทำแบบสอบถามสำหรับเก็บข้อมูล (Questionnaire)
 โดยแบบสอบถามจะมี 2 แบบ คือ แบบสอบถามเกษตรกร และแบบ
 สอบถามผู้ประกอบการโรงสีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
- คัดเลือกเกษตรกร โรงสี และพื้นที่สำหรับการเก็บข้อมูล
- รวบรวมข้อมูลพื้นที่การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อประเมิน
 ศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภาคเหนือ
 ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลปฐมภูมิ โดยที่ข้อมูลจะ

เก็บรวบรวมจากการสัมภาษณ์ และประเมิน ข้อมูลส่วนที่ 2 ข้อมูลทุติย
 ภูมิ คือข้อมูลจากหน่วยงานหรือองค์กรที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลงานวิจัย
 วารสาร หรือบทความทางวิชาการต่างๆ กับงานด้านพลังงานทดแทน

- เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม โดยการเก็บข้อมูล 12
 จังหวัด ภาคเหนือ ประกอบด้วย เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน
 ลำพูน ลำปาง พะเยา น่าน แพร่ ตาก พะเยา อุดรดิษฐ์ สุโขทัย

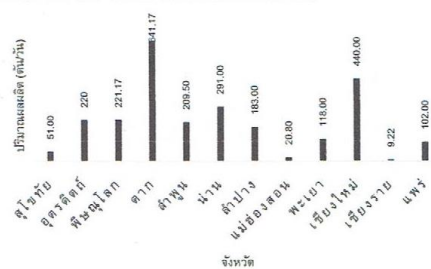
- ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ประกอบด้วย ปริมาณวัสดุชี
 มวลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูก วิธีการในการจัดการชีวมวล สัดส่วนของการ
 จัดการชีวมวลในวิธีการต่างๆ สัดส่วนและปริมาณชีวมวลที่มีการ
 จัดการไม่ถูกวิธี ศักยภาพเชิงปริมาณและพลังงานความร้อนจากก๊าซ
 ชีวมวล และปริมาณการลดการปล่อยคาร์บอนจากการนำพลังงาน
 ความร้อนจากก๊าซชีวภาพไปผลิตเป็นไฟฟ้าแทนฟอสซิล

4. ผลการทดลอง

**4.1 พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และพื้นที่ปลูกของผู้ประกอบการ
 โรงสี**

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้ทำวิเคราะห์การเก็บรวบรวม
 ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 12 จังหวัด ภาคเหนือมีพื้นที่
 เก็บเกี่ยวรวม 3,582,486 ไร่ โดยพิจารณาเป็นรายจังหวัดจะเห็นได้ว่า
 จังหวัดน่านเป็นจังหวัดที่มีการเพาะปลูกสูงที่สุดมีปริมาณ 793,143 ไร่
 รองลงมาคือจังหวัดตากและจังหวัดเชียงใหม่มีปริมาณ 680,866 ไร่
 และ 488,120 ไร่

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากพื้นที่ของผู้ประกอบการโรงสี
 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 120 โรงสี จังหวัดละ 10 โรงสี โดยพิจารณา
 เป็นรายจังหวัดพบว่า จังหวัดโรงสีในจังหวัดตากมีปริมาณผลผลิตที่สูง
 มีปริมาณ 641.17 ตัน/วัน รองลงมาคือจังหวัดเชียงใหม่และน่านมี
 ปริมาณ 440 ตัน/วัน และ 291 ตัน/วัน ตามลำดับ



รูปที่ 1 แสดงปริมาณผลผลิตในพื้นที่ของผู้ประกอบการโรงสี 12
 จังหวัด ภาคเหนือ

4.2 ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกและการจัดการ

จากการเก็บข้อมูลเกษตรกรจำนวน 1,205 แปลงเพาะปลูก
 คิดเป็นพื้นที่รวม 13,884.7 ไร่ และเก็บข้อมูลจากพื้นที่โรงสีจำนวน
 120 แห่ง พบว่าเมื่อเกษตรกรทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้วจะมีวัสดุชี
 มวลที่เป็นต้นและใบเกิดขึ้นในพื้นที่ 729.03 kg/ไร่ และพื้นที่โรงสีที่
 เกษตรกรนำผลผลิตมาขายจะส่ววัสดุชีวมวลที่เป็น ชังและเปลือกเกิดขึ้น
 ในพื้นที่ 245 kg/ไร่ หลังจากนั้นเกษตรกรจะดำเนินการในการจัดการกับ
 วัสดุชีวมวลเหล่านั้นในวิธีการต่างๆ ประกอบด้วย การเผาในที่โล่ง

ทั้งในพื้นที่ โลกจบ การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง การขาย และในสัดส่วนต่างๆ กัน

จากการพิจารณาการจัดการที่ไม่ถูกวิธีคือ การเผาทั้งในพื้นที่ ทั้งในพื้นที่ และการไถกลบนั้นเป็นการจัดการที่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยคิดจากในพื้นที่เพาะปลูกประกอบด้วยต้นและใบ เท่ากับ 582.9 kg/ไร่ และในพื้นที่โรงสีประกอบด้วย ชังและเปลือก เท่ากับ 126.95 kg/ไร่ ดังนั้นจะนำปริมาณจากการจัดการดังกล่าวไปประเมินเป็นศักยภาพพลังงานความร้อนจากการผลิตก๊าซชีวภาพ ประเมินหาการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำวัสดุเหลือทิ้งที่จัดการไม่ถูกวิธีไปผลิตเป็นไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูก โรงสี และการจัดการ

วิธีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งของเกษตรกร	วัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูก (ต้น ใบ)		วัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่โรงสี (ชัง เปลือก)	
	สัดส่วน (ร้อยละ)	ปริมาณ (kg/ไร่)	สัดส่วน (ร้อยละ)	ปริมาณ (kg/ไร่)
เผาทั้งในที่โล่ง	21.8	159	10.76	26.39
ทิ้งในพื้นที่	33.6	244.8	41.01	100.56
ไถกลบ	24.6	179.1	0	0.00
การนำไปใช้ผลิตเป็นปุ๋ย	19.1	139.5	4.65	11.40
การนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง	0.7	5.4	12.07	29.60
ขาย	0.2	1.3	31.51	77.27
รวม	100	729.03	100	245.22
การจัดการไม่ถูกวิธี		582.9		126.95

4.2 ศักยภาพพลังงานความร้อนจากการผลิตก๊าซชีวภาพ

จากประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพทางทฤษฎีของวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตร โดยนำข้อมูลจากผลทดสอบทางกายภาพ และเคมีวัตถุดิบพิจารณาจากสมการที่ 1 ในหน่วยลิตรต่อกรัม และสัดส่วนการผลิตก๊าซมีเทน เพื่อนำไปประเมินเป็นศักยภาพพลังงานความร้อนจากการผลิตก๊าซชีวภาพของวัสดุชีวมวลของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สัดส่วนการผลิตก๊าซชีวภาพตามทฤษฎี

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	NH ₃ (%)	biogas (L/kg)
ลำต้น	51.01	48.31	0.68	863.46
ใบข้าวโพด	49.03	47.74	3.23	840.98
ราก	50.83	47.64	1.53	891.87
ชังข้าวโพด	50.67	48.30	1.03	858.48
โยใหม่	48.35	46.41	5.23	909.49
เปลือก	50.89	48.67	0.44	833.28

จากการประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยวิธี BMP เป็นวิธีที่นิยมในการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยทั่วไปจะเกิดก๊าซ

ร้อยละ 25 เมื่อพิจารณารวมทั้งพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย จะพบว่าปริมาณวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร โดยพิจารณาเฉพาะที่มีการจัดการที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม ก็พบว่า จากวัสดุเหลือทิ้งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถนำมาทำการผลิตเป็นก๊าซชีวภาพได้ 564.57 ลบ.ม/ปี มีศักยภาพการผลิตพลังงานความร้อนเท่ากับ 11,856.06 MJ/ปี และคิดเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 677.49 กิโลวัตต์/ชั่วโมงปี ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ศักยภาพพลังงานความร้อนที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยวิธีการศึกษาแบบ BMP

พื้นที่	ปริมาณที่เกิดก๊าซชีวภาพ (ลบ.ม./ไร่)	ศักยภาพการผลิตพลังงานความร้อน (MJ)	พลังงานไฟฟ้า (kwh)
พื้นที่เกษตรกร	378.35	7,945.28	454.02
พื้นที่โรงสี	186.23	3,910.78	223.47
รวม	564.57	11,856.06	677.49

4.2 การปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า

ในส่วนของการประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าในส่วนของการปล่อยเชื้อเพลิงชีวมวลและถ่านหินเพื่อให้ทราบถึงการปล่อยคาร์บอนนั้นจะพิจารณาจากการนำ ปริมาณของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดในปริมาณที่เท่ากัน โดยหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการนำ CO₂ factor ของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล และการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหิน จะเห็นว่าเชื้อเพลิงจากถ่านหินจะมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 692.39 kgCO₂eq และ เชื้อเพลิงชีวมวลจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนเท่ากับ 31.16 kgCO₂eq แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า

พื้นที่	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า (kgCO ₂ eq)*	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า (kgCO ₂ eq)*
พื้นที่เกษตรกร	20.88	464.00
พื้นที่โรงสี	10.28	228.39
รวม	31.16	692.39

*พิจารณาที่ปริมาณการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 677.49 kWh

เมื่อพิจารณาทั่วภาคเหนือที่มีพื้นที่เก็บเกี่ยวรวม 3,582,486 ไร่ พบว่าศักยภาพพลังงานความร้อนจากการผลิตก๊าซชีวภาพโดยวิธีการศึกษา BMP สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 2,427,096,062.06 kWh มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน(CO₂ emission) โดยการนำมาผลิตเป็นไฟฟ้า เท่ากับ 111,646.42 tonsCO₂-eq และเมื่อนำมาเทียบ กับพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหินในปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่เท่ากันพบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน เท่ากับ 2,431,950.25 tonsCO₂-eq ดังนั้นจะเห็นว่า การปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าโดยการนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงจะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซจากการนำ

ถ่านหินมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงได้เท่ากับ 2,320,303.84 tonsCO₂-eq ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าภาคเหนือของประเทศไทย

เชื้อเพลิง	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า (tCO ₂ -eq)
ชีวมวล	2,427,096,062.06	111,646.42
ถ่านหิน	2,427,096,062.06	2,431,950.25
ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน		2,320,303.84

5. สรุปผลการศึกษา

จากการประเมินศักยภาพพลังงานความร้อนจากก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กรณีศึกษาภาคเหนือของประเทศไทยสามารถสรุปผลงานวิจัยได้ดังนี้ ปริมาณวัสดุชีวมวลที่เหลือทิ้งในพื้นที่เพาะปลูกประกอบด้วยต้น ใบและราก และพื้นที่โรงสีประกอบด้วย ชัง เปลือกและใยใหม่ จากปริมาณของวัสดุชีวมวลที่เกิดขึ้นในพื้นที่ปลูกและมีการจัดการที่ผิดวิธีสามารถทำการประเมินเป็นศักยภาพก๊าซชีวภาพที่ผลิตเท่ากับ 564.57 ลบ.ม ซึ่งมีศักยภาพทางพลังงานความร้อนเท่ากับ 11,856.06 เมกะจูล คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 677.49 kWh โดยที่เชื้อเพลิงจากถ่านหินจะมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 692.39 kgCO₂eq และ เชื้อเพลิงชีวมวลจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนเท่ากับ 31.16 kgCO₂eq และเมื่อพิจารณาหัวภาคเหนือพบว่าสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 2,427,096,062.06 kWh ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิงชีวมวลจะสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากเชื้อเพลิงถ่านหิน เท่ากับ 2,320,303.84 tonsCO₂-eq ดังนั้นจะเห็นว่าภาคเหนือของประเทศไทยมีศักยภาพที่เหมาะสมในการนำวัสดุเหลือทิ้งจากพื้นที่ปลูกจากวิธีการจัดการที่ไม่เหมาะสมนำมาผลิตเป็นพลังงานความร้อนจากก๊าซชีวภาพทดแทนพลังงานฟอสซิล ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ การไถกลบ และการทิ้งไว้ในพื้นที่ และยังสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานประสานโครงการวิจัยการพัฒนาเศรษฐกิจจากรากฐานความหลากหลายทางชีวภาพ ปีงบประมาณ 2562 (การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน
ขอขอบคุณ เกษตรกรและผู้ประกอบการโรงสีที่ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย
ขอขอบคุณ โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของวิทยาลัย

พลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา 2560

ขอขอบคุณ Sustainable Energy Technology Research Laboratory, SRE, MJU (SETR-Lab)

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2558). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2558-2579 (AEDP2015).
- [2] ศูนย์วิจัยพลังงาน. (2552). การศึกษาการใช้ชีวมวลในภาคเศรษฐกิจต่างๆและชีวมวลที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ (ภาคเหนือ). มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- [3] ศูนย์วิจัยพลังงานมหาวิทยาลัยแม่โจ้. (2556). โครงการศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงานโดยใช้เทคโนโลยีการหมักไรสฟาอากาศแบบแห้งที่มีการหมุนเวียนน้ำชะ: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.
- [4] มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.(2559). โครงการศึกษามาตรการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนสถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน.
- [5] สถาบันวิจัย และ พัฒนา พลังงาน นคร พิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2559). โครงการ “การประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในภาคเหนือ” สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- [6] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.(2553). การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย.
- [7] Margaret K. Mann and Pamela L. Spath.(2009). The Net CO₂ Emissions and Energy Balances of Biomass and Coal-Fired Power Systems. National Renewable Energy Laboratory,USA.



ขอมอบเกียรติบัตรนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

ยีนิตรา คำนึ่งผล ธเนศ ไชยชนะ ญัฐต์นิชา สุขเกษม และ ชูรัตน์ ธารารักษ์

บทความเรื่อง

“การประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งชาวโพตเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ปลูก
กรณีศึกษาภาคเหนือของประเทศไทย”

ได้เข้าร่วมการนำเสนอบทความ

งานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12

ระหว่างวันที่ 6 – 8 พฤศจิกายน 2562

ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร

รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์พงษ์ รักบัวชัย

ผู้อำนวยการวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย ไสยมรินทร์

นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย



ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประกาศนียบัตรฉบับนี้มอบไว้เพื่อแสดงว่า

ยีนนิตรา คำนึ่งผล, ญัฐติณิชา สุขเกษม, ชูรัตน์ ชารารักษ์, เสริมสุข บัวเจริญ, ธเนศ ไชยชนะ

ได้เสนอบทความ เรื่อง การประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานความร้อนจากก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งชาวโพดเลี้ยงสัตว์

(กรณีศึกษาภาคเหนือของประเทศไทย)

ในการประชุมวิชาการเรื่อง การถ่ายทอดผลงานความรู้และนวัตกรรมสู่ผู้ประกอบการและกระบวนกร (ครั้งที่ 19)

จัดขึ้นระหว่างวันที่ 12-13 มีนาคม 2563

ณ เจ้าหอหลวง ตาปาน่า ไร่สวรรค์ จังหวัดจันทบุรี

ให้ไว้ ณ วันที่ 13 มีนาคม 2563


(ศาสตราจารย์ ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์)

ประธานการจัดประชุมวิชาการ

เรื่อง การถ่ายทอดผลงานความรู้และนวัตกรรมสู่ผู้ประกอบการและกระบวนกร (ครั้งที่ 19)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	ยินนิตรา คำนึ่งผล
เกิดเมื่อ	23 พฤศจิกายน 2537
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2556 มัธยมศึกษาตอนปลาย(วิทย์-คณิต-คอม) โรงเรียนภูเขียว อำเภอกุฉีชุมภู จังหวัดชัยภูมิ พ.ศ. 2560 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

