“การออกแบบและพัฒนาเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวลสำหรับชุมชน”

โดย
วิลาวัณย์ นวลศรี

สนับสนุนงบประมาณโดย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ประจำปีงบประมาณ 2561

Design and development of biomass gasification reactor for the community

By

Wiawan Naunsri

Granted by
Rajamangala University of Technology Rattanakosin
Fiscal year 2018

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวลสำหรับชุมชน สำเร็จได้เนื่องจากบุคคลหลายท่าน และหน่วยงานที่ได้กรุณาช่วยเหลือให้ข้อมูล ข้อเสนอแนะ คำปรึกษา ให้ความคิดเห็น และกำลังใจ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ท่านอธิการบดี ท่านรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย ท่านผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ท่านคณบดี ท่านรองคณบดี และท่านอาจารย์ภายในคณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ที่มอบความไว้ว่างใจ และเชื่อมั่นในตัวผู้วิจัย ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย ให้ความอนุเคราะห์ด้านการติดต่อประสานงาน ให้ความอนุเคราะห์ด้านคำปรึกษา ตลอดจนการให้กำลังใจแก่ผู้ทำวิจัยมาโดยตลอด ทำให้ดำเนินการทำวิจัยประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้อง กลุ่มชุมชนบ้านบางเค็ม อำเภอเขาย้อย จังหวัดราชบุรี ที่ให้ข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับพื้นที่ และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินการทำวิจัยเผยแพร่ให้กับชุมชนทำให้การศึกษาในงานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอขอบพระคุณพี่ ที่ได้ช่วยส่งเสริมสนับสนุนและเป็นกำลังใจทำให้ผู้ทำวิจัยได้ดำเนินการวิจัยจนสำเร็จได้ดี

วิลาวัณย์ นวลศรี
กันยายน 2561

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : SOC17/2561
ชื่อโครงการ : การออกแบบและพัฒนาเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวลสำหรับชุมชน
ชื่อนักวิจัย : นางวิลาวัณย์ นวลศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กชศร หัสโรค์

ชีวมวล (Biomass) เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานของพืชที่ต้องอาศัยแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์แสงและเจริญเติบโต และเปลี่ยนเป็นของแข็งหรือเป็นของเหลวที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนพลังงานจากฟอสซิลได้ จัดเป็นพลังงานหมุนเวียน ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาการออกแบบและพัฒนาเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวลสำหรับชุมชนเพื่อการนำประโยชน์จากชีวมวลมาผลิตความร้อนและนำความร้อนทิ้งที่ได้จากการเผาชีวมวลมาเป็นแหล่งให้พลังงานแก่เทอร์โมอิเล็กทริก

ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบพัฒนาเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวลและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ผลการวิจัยพบว่า บริเวณรอบเตามีอุณหภูมิสูงถึง 300 °C จึงออกแบบกล่องเหล็กเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมเพื่อเพิ่มช่องว่างอากาศระหว่างเตาและกล่องเหล็ก ทำให้ลดค่าการถ่ายเทความร้อน โดยอาศัยการแผ่ความร้อนที่ผนังของเตาไปยังกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม กล่องเหล็กสี่เหลี่ยมจะรับความร้อนจากเตาชีวมวลโดยมีอุณหภูมิสูงไม่เกิน 160 °C ความแตกต่างอุณหภูมิที่ได้ในการผลิตไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 70 °C และติดตั้งชุดผลิตไฟฟ้าเข้ากับกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม และผลการถ่ายทอดองค์ความรู้ พบว่ามีค่าความพอใจที่ดีมากถึงมากที่สุด

คำสำคัญ : เตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวล เทอร์โมอิเล็กทริก พลังงานทดแทน

E-mail Address : wilawan.t@rmutr.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : เดือนตุลาคม 2560 - กันยายน 2561

Abstract

Code of project : SOC 17/2561

Project name : Design and development of biomass gasification reactor for the community

Researcher name : Mrs. Wilawan Naunsri Asst. Prof. Dr. Kodchasorn Hussaro

Biomass is a source of energy for plants that require sunlight to grow. It turns into a solid or liquid that can be used as an alternative energy from fossil energy. Biomass is classified as renewable energy. In this research to study of the design and development of biomass gasification for the community to bring benefits from biomass to produce heat and the waste heat obtained from burning biogas into the energy source for thermoelectric

Design and development of biomass gasification reactor and install the electricity generation system from the thermoelectric plate, it found that the area around the stove is high temperature to 300 °C, therefore ther were designed a rectangular steel box to increase the air gap between the stove and the iron box. The rectangular stell box will receive heat from the biomass stove with a temperature less than 160 °C. the result shown that the temterature difference was obtained in the production of electricity is not more that 70 °C and there were install power generation kits with rectangular stell boxes. The results of the satisfaction evaluation for the technology transfer shown that the participants were mostly satisfied.

Keywords: Gasification reactor, thermoelectric, and renewable energy

---

E-mail Address : wilawan.t@rmutr.ac.th

Period of project : October 2017 - September 2018

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ก
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญภาพ		ฉ
สารบัญตาราง		ช
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	1. ความเป็นมาและความสำคัญของปั0ญหา	1
	2. วัตถุประสงค์การวิจัย	1
	3. สมมติฐานการวิจัย	2
	4. ขอบเขตการวิจัย	2
	5. นิยามศัพท์	2
	6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2	**ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**	3
	1. เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน	3
	2. ชีวมวล	9
	3. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3	**ระเบียบวิธีการวิจัย**	14
	1. การสำรวจปัญหาและความต้องการของชุมชน	14
	2. การออกแบบและพัฒนาเตาปฏิกรณ์ชีวมวล	16
	3. การทดสอบเตาปฏิกรณ์ชีวมวล	18
	4. วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	19
	5. การออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	23

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 4	**ผลการวิจัย**	28
	1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิง	28
	2. ผลการออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	30
	3. ผลการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจากเตาชีวมวล	33
	4. การเผยแพร่องค์ความรู้ให้ชุมชน	34
บทที่ 5	**สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ**	40
	1. สรุปผลการวิจัย	40
	2. ข้อเสนอแนะ	40
บรรณานุกรม		41
ภาคผนวก	แบบประเมินผลโครงการถ่ายทอดความรู้ด้านการผลิตก๊าซชีวภาพ	42
ประวัติผู้วิจัย		44

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันจากชีวมวล	3
ภาพที่ 2 ชนิดของเตาแก๊สซิฟายเออร์	5
ภาพที่ 3 แบบเตาชีวมวล CG-40	16
ภาพที่ 5 ห้องเผาไหม้ส่วนที่ 1	17
ภาพที่ 6 ห้องเผาไหม้ส่วนที่ 2	17
ภาพที่ 7 กล่องเหล็กสี่เหลี่ยม	18
ภาพที่ 8 จุดวัดอุณหภูมิของเตาชีวมวล	18
ภาพที่ 9 ไม้โกงกาง	19
ภาพที่ 10 แผ่นระบายความร้อน	19
ภาพที่ 11 แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก แบบ SP1848 27145 SA	19
ภาพที่ 12 พัดลมระบายอากาศ สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง	20
ภาพที่ 13 แบตเตอรี 12 V ยี่ห้อ NEW POWER รุ่น NS12-7.5	20
ภาพที่ 14 หลอดไฟ LED	20
ภาพที่ 15 ซิลิโคนระบายความร้อน (Heatsink compounds) รุ่น ZP-340	21
ภาพที่ 16 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 5 ตำแหน่ง	21
ภาพที่ 17 โถดูดความชื้น	21
ภาพที่ 18 เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์	22
ภาพที่ 19 เครื่องวัดดิจิตอลมัลติมิเตอร์	22
ภาพที่ 20 เครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ	22
ภาพที่ 21 เตาเผาความร้อนสูง (Muffle Furnace)	23
ภาพที่ 22 ตู้อบไฟฟ้า	23
ภาพที่ 23 วงจรเทอร์โมอิเล็กทริก	24
ภาพที่ 24 จุดวัดอุณหภูมิเตาและกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม	28
ภาพที่ 25 ค่าอุณหภูมิเตาและกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมครั้งที่ 1	29
ภาพที่ 26 ค่าอุณหภูมิเตาและกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมครั้งที่ 2	30
ภาพที่ 27 ค่ากำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 1	31
ภาพที่ 28 ค่ากำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 2	31
ภาพที่ 29 ค่ากำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดกับกับชีวมวลครั้งที่ 1	32
ภาพที่ 30 ค่ากำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดกับกับชีวมวล	33
การเผยแพร่องค์ความรู้ให้ชุมชน	34
สรุปผลการดำเนินโครงการ	38

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ข้อจำกัดและคุณภาพก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบฟิกซ์เบด 6
ตารางที่ 2 ลักษณะสมบัติแนะนาในการเผาในเตาแก๊สซิฟายเออร์ของเศษไม้ 7
ตารางที่ 3 พื้นที่ทำการเกษตร ปี 2558 15
ตารางที่ 4 แสดงศักยภาพพลังงานทดแทนประจำปี 2558 ของจังหวัดเพชรบุรี จากแหล่งพลังงาน ข้าว มะพร้าว อ้อย และตาลโตนด 15
ตารางที่ 5 ปริมาณความชื้นของไม้โกงกาง 25
ตารางที่ 6 ปริมาณสารระเหยของไม้โกงกาง 26
ตารางที่ 7 ปริมาณเถ้าของไม้โกงกาง 27
ตารางที่ 8 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของไม้โกงกาง 27
ตารางที่ 9 ค่าความร้อนของไม้โกงกาง 28

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ส่งผลให้มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมากที่ยังไม่ได้ถูกนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ที่สำคัญในหลายพื้นที่ยังนิยมวิธีกำจัดโดยการนำไปเผาทำลาย ทั้งที่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านั้น สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตความร้อนหรือเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี ในเมื่อประเทศไทยมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกระจายอยู่ทั่วภูมิภาคของประเทศ หากรวบรวมและนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์แทนการเผาเพื่อทำลาย ซึ่งส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมโดยตรง หากส่งเสริมให้เกิดขึ้นทั่วประเทศ นอกจากจะช่วยให้สามารถลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้แล้วและยังเป็นการสร้างความมั่นคงด้านพลังงานให้กับท้องถิ่นและประเทศชาติได้อีกด้วย การใช้ประโยชน์จากพลังงานชีวมวลสามารถใช้ได้ ในรูปแบบของพลังงานความร้อน ไอน้ำ หรือผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า โดยจะใช้เชื้อเพลิงชีวมวลชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดรวมกันก็ได้ ชีวมวลเป็นแหล่งเชื้อเพลิงที่สามารถหาได้ภายในประเทศมีกระจายตัวอยู่ทั่วไปตามภาคต่าง ๆ ในประเทศ มีต้นทุนถูกกว่าเชื้อเพลิงประเภทอื่น เนื่องจากประเทศทำการเกษตรเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากการใช้ประโยชน์ในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งทำการเกษตร เพราะทำให้ต้นทุนการขนส่งไม่สูงมาก

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำประโยชน์จากชีวมวลมาผลิตความร้อนโดยการออกแบบและพัฒนาเตาปฏิกรณ์ชีวมวลสำหรับชุมชนที่สามารถนำพลังงานความร้อนไปใช้ประโยชน์ได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาวิธีการนำชีวมวลซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาประสิทธิภาพของเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวล เพื่อลดปริมาณการใช้ก๊าซหุงต้ม
3. เพื่อศึกษาศักยภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวล
4. เพื่อเป็นการสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาชุมชน การจัดการสิ่งแวดล้อมและการแปรรูปของเหลือทิ้งแบบยั่งยืน
5. เพื่อเผยแพร่และถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ชุมชนและทุกภาคส่วนเห็นถึงการประยุกต์ใช้ชีวมวลที่เหลือทิ้งให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น

3. สมมติฐานการวิจัย

ระบบเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวลเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการผลิตก๊าซชีวภาพและลดการใช้ก๊าซหุ้งต้มได้

4. ขอบเขตการวิจัย

1. เชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ในการทดสอบเป็น ชีวมวลที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น
2. เตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวลที่ใช้ในการทดสอบเป็นแบบไหลลง
3. การหาประสิทธิภาพของเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวล เพื่อให้ระบบเกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้า

5. นิยามศัพท์

1. ชีวมวล (Biomass) คือ สารอินทรีย์ทั่วๆ ไปจากธรรมชาติ ที่จะสะสมพลังงานเก็บเอาไว้และสามารถนำพลังงานมาใช้ประโยชน์ได้

2. เทคโนโลยีแก๊สเชื้อเพลิง (Gasification technology) คือ กระบวนการทางเคมี โดยใช้อากาศในการทำปฏิกิริยาทางเคมีกับชีวมวล กระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส (Gasification process) เป็นการเปลี่ยนรูปพลังงานจากชีวมวลซึ่งเป็นเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊ส

3. เทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric) คือ วัสดุที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยใช้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของจุดสองจุด ทำให้เกิดขั้วไฟฟ้าและความต่างศักย์ ซึ่งสามารถนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาใช้ประโยชน์ได้

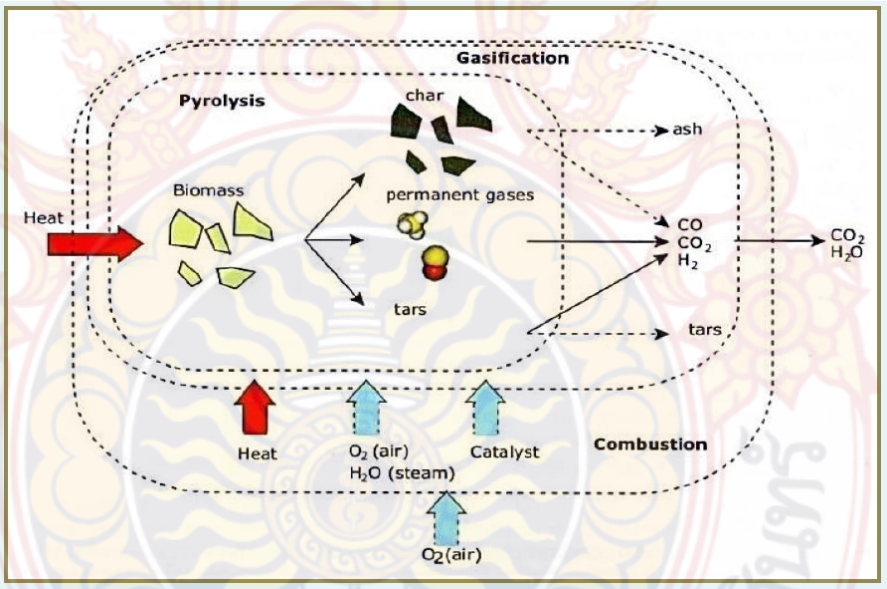
6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เทคโนโลยีสู่ชุมชนในการประยุกต์ใช้ชีวมวลในการใช้งานทางความร้อนและทางไฟฟ้าและสามารถพัฒนานำไปสู่การวิจัยต่อยอดได้
2. นำผลการวิจัยที่ได้ไปเป็นแนวทางเลือกในการใช้พลังงานทางเลือกให้กับชุมชน และเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนให้เป็นที่รู้จักแพร่หลาย
3. หน่วยงานที่นำผลไปใช้ประโยชน์สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน เช่น ก๊าซหุงต้ม ไฟฟ้า
4. มีสื่อที่สามารถอธิบายวิธีการสร้างและใช้งานของเทคโนโลยีฯ สำหรับผู้ที่สนใจให้นำไปใช้งานได้จริง
5. เป็นฐานข้อมูลงานวิจัยในการศึกษาในแง่การเพิ่มมูลค่าให้กับชีวมวล
6. ได้แนวทางในการใช้พลังงานทางเลือกให้กับชุมชน ได้แก่ ศูนย์ข้าวชุมชน ตำบลไร่มะขาม อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี หรือบ้านบางเค็ม อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน

กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันเป็นการเปลี่ยนเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งอยู่ในสถานะของแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊สซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในที่จำกัดอากาศโดยความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะเร่งปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องกลายเป็นโปรดิวเซอร์แก๊สหรือเชื้อเพลิงแก๊ส (Fuel Gas) มีองค์ประกอบหลักคือ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ แก๊สมีเทน และแก๊สไฮโดรเจน กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันจากชีวมวลเป็นกระบวนการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ ดังนั้นปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นจะมี ความซับซ้อนและสามารถเกิดผลิตภัณฑ์หรือก๊าซหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะของ ชีวมวลและเทคนิคในการจำกัดปัจจัยต่างๆ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้ไม่ได้มีเพียงแต่ก๊าซเชื้อเพลิงเท่านั้น ยังมีของแข็งและสิ่งเจือปนที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้หมด ได้แก่ ถ่านชาร์ (Char) เถ้า (Ash) น้ำมันดิน (Tar) และไอน้ำ เป็นต้น (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันจากชีวมวล [1]

1.1 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันในเตาแก๊สซิฟายเออร์

ภายในเตาแก๊สซิฟายเออร์ โดยเฉพาะที่เป็นชนิดที่วัตถุดิบไหลขณะทำการผลิต แบ่งเป็นโซนต่างๆ 4 ประเภทคือ โซนอบแห้ง (Drying Zone) โซนกลั่นตัว (Devotalization Zone) หรือโซนไพโรไลซิส (Pyrolysis Zone) โซนเผาไหม้ (Combustion Zone) และ โซนรีดักชัน (Reduction Zone)

1.1.1 โซนอบแห้ง

โซนที่อยู่ด้านบนสุด มีหน้าที่อบแห้งและระเหยน้ำออกจากวัตถุดิบด้วยความร้อนในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ประมาณ 40 – 200 องศาเซลเซียส การนำมาใช้งานควรมีค่าร้อนต่ำกว่าร้อยละ 30 เพื่อให้วัตถุดิบเชื้อเพลิงมีความแห้งและง่ายต่อการติดไฟ จะเห็นได้ว่าวัตถุดิบที่นำมาใช้ควรมีความชื้นต่ำเนื่องจากปริมาณความชื้นในวัตถุดิบมีผลต่อความเสถียรต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิง

1.1.2 โซนกลั่นตัว หรือ โซนไพโรไลซิส

โซนที่ติดอยู่กับโซนเผาไหม้และได้รับความร้อนโดยตรงจากโซนเผาไหม้ โดยกระบวนการกลั่นตัวหรือไพโรไลซิส เป็นกระบวนการแปรรูปวัตถุดิบด้วยความร้อนได้ผลิตภัณฑ์ คือ ก้อนถ่านและก๊าซ และได้ผลิตภัณฑ์ข้างเคียง คือ อนุมูลของกรด (หรือน้ำส้มควันไม้) และน้ำมันดิน โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิประมาณ 500 – 600 องศาเซลเซียส โดยในช่วงนี้ออกซิเจนที่มีอยู่ในระบบจะไม่มีส่วนร่วม

1.1.3 โซนเผาไหม้

โซนที่ผลิตความร้อนเพื่อส่งความร้อนไปสู่โซนอื่นในเตาแก๊สซิฟายเออร์ ในโซนนี้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้หรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน วัตถุดิบหรือถ่านคาร์บอนที่เกิดจากโซนไพโรไลซิสถูกเผาไหม้ เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความร้อน ความร้อนที่เกิดขึ้นถูกถ่ายเทโดยตรงให้กับโซนรีดักชันและโซนไพโรไลซิส และถ่ายเทให้กับโซนอบแห้ง

1.1.4 โซนรีดักชัน

โซนที่ผลิตก๊าซสังเคราะห์ ซึ่งประกอบไปด้วยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน เป็นผลิตภัณฑ์หลัก โดยกระบวนการแปรรูปถ่านคาร์บอนให้เป็นก๊าซสังเคราะห์ ปฏิกิริยาเกิดในช่วงอุณหภูมิประมาณ 800 – 1,000 องศาเซลเซียส ของการเผาไหม้ภายใต้สภาวะการจำกัดปริมาณอากาศ ซึ่งจะทำให้ถ่านคาร์บอนและน้ำมันดินแตกตัวเป็นก๊าซสังเคราะห์ โดยปฏิกิริยาในกระบวนการนี้สามารถเกิดได้หลายรูปแบบ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน

1.2 เตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟายเออร์ (Gasifier)

ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีเตาแก๊สซิฟายเออร์มีให้เลือกหลากหลายชนิดด้วยกัน ทั้งในด้านประสิทธิภาพการทำงาน คุณภาพก๊าซที่ต้องการ รูปแบบของเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ การควบคุมและการบำรุงรักษา ระบบที่มีการใช้งานอย่างง่ายและเป็นที่นิยมสำหรับระบบขนาดเล็กที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบหลักๆ คือ

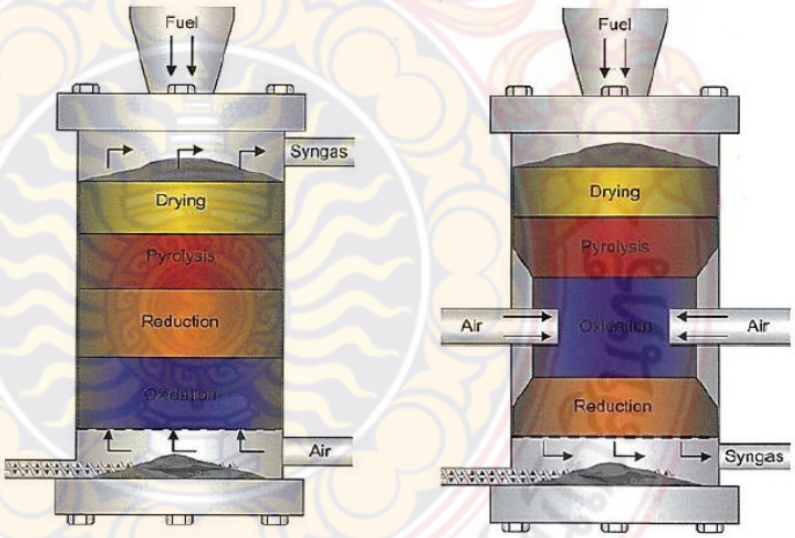
1.2.1 ระบบฟิกซ์เบด หรือ ระบบเบดเคลื่อนที่

ระบบเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบฟิกซ์เบด มีหลักการ ทำงานคือชีวมวลจะถูกป้อนจากด้านบนของเตาและเกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องเสมือนชีวมวลหรือเบดอยู่นิ่ง จึงเรียกว่าระบบฟิกซ์เบดหรือระบบเบดนิ่ง หรือเบดมีการเคลื่อนที่แทนส่วนที่เกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง ระบบนี้จึงเรียกว่าระบบเบดเคลื่อนที่ อุณหภูมิในการเดินระบบจะอยู่ในช่วง 800-1,000 องศาเซลเซียส และมี

ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาที่แบ่งแยกระบบฟิกซ์เบดสามารถแบ่งออกตามทิศทางการไหลของอากาศได้หลายรูปแบบ คือระบบเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบไหลขึ้น (Updraft Gasifier) และระบบเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบไหลลง (Downdraft Gasifier)

1) ระบบเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบไหลขึ้น (Updraft Gasifier)

มีหลักการทำงานคือ ชีวมวลจะเคลื่อนที่ลงสู่ด้านล่าง ส่วนก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะเคลื่อนที่สู่ด้านบน หรืออีกนัยหนึ่งคือเป็นระบบที่ทิศทางของก๊าซและอากาศร้อนไหลสวนทางกับชีวมวล (Counter Current) การทำงานของระบบเริ่มจากเชื้อเพลิงหรือชีวมวลจะถูกป้อนเข้าสู่เตาจากด้านบนลงสู่ด้านล่างในทิศทางสวนกับก๊าซหรืออากาศร้อน ในขณะเดียวกันก๊าซและอากาศร้อนจะเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนจึงเป็นการอบแห้งเชื้อเพลิง (Drying) ที่อยู่ด้านบนของเตา เมื่อชีวมวลเริ่มมีการเผาไหม้ (Combustion Zone) บริเวณด้านล่างของเตาจะเกิดพลังงานความร้อน และถูกพาขึ้นสู่ด้านบนในรูปอากาศร้อนไปยังบริเวณการผลิตก๊าซจากปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันหรือรีดักชัน (Reduction Zone) หลังจากนั้นก๊าซและอากาศร้อนจะเคลื่อนที่ต่อเนื่องไปยังบริเวณที่เกิดกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis Zone) และบริเวณทำให้เชื้อเพลิงแห้ง (Drying Zone) ที่ด้านบนสุดของเตาตามลำดับ (ภาพที่ 2 (ก)) ซึ่งระบบนี้สามารถรองรับเชื้อเพลิงที่มีค่าความชื้นสูงถึงประมาณร้อยละ 40 แต่ข้อเสียคือก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีสิ่งเจือปนค่อนข้างสูง เนื่องจากก๊าซเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่เกิดสารระเหยและน้ำมันดินในบริเวณด้านบนก่อนออกจากเตา นอกจากนี้ การที่ก๊าซร้อนเคลื่อนที่ผ่านบริเวณชั้นของชีวมวลทางด้านบนที่มีความร้อนต่ำกว่าทำให้ก๊าซที่ออกจากเตามีอุณหภูมิต่ำกว่าระบบไหลลง



(ก) เตาแก๊สซิฟายเออร์แบบไหลขึ้น (ข) เตาแก๊สซิฟายเออร์แบบไหลลง

ภาพที่ 2 ชนิดของเตาแก๊สซิฟายเออร์ [1]

2) ระบบเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบไหลลง (Downdraft Gasifier)

มีหลักการทำงานคือ มีหลักการทำงานคือ ชีวมวลและก๊าซเชื้อเพลิงจะเคลื่อนที่จากด้านบนลงสู่ด้านล่างในทิศทางเดียวกัน (Co-Current) จึงเรียกระบบนี้ว่าระบบไหลลง เนื่องจากชีวมวล ก๊าซ และอากาศร้อน เคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน คือ ด้านบนลงสู่ด้านล่าง อากาศจะถูกป้อนเข้าสู่ระบบใกล้กับตำแหน่งการเกิดการสันดาป (Combustion Zone) ที่ตาแหน่งนี้จะมีการออกแบบให้เป็นคอคอด (Throat) เพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างรุนแรงเกิดเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง (Hot Zone) ทาให้ทั้งของแข็ง สารระเหย และน้ามันดิน ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไพโรไลซิสแตกตัวเปลี่ยนเป็นก๊าซเมื่อเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง (รูปที่ 2 (ข)) วิธีการนี้จะช่วยลดปัญหาสิ่งเจือปนในก๊าซ เช่น กรดระเหย (Volatile Acid Compound) และน้ามันดิน ที่เกิดขึ้นในระบบได้เป็นอย่างดี

เตาแก๊สซิฟายเออร์แบบไหลลง มีการออกแบบให้มีความเร็วของอากาศไหลผ่านต่ำและก้อนถ่านที่ยังติดไฟจะถูกดักอยู่บนตะแกรงทำให้ระบบนี้มีเถ้าและฝุ่นละอองเจือปนออกมาน้อยมาก และสามารถนำไปใช้กับระบบที่ต้องการก๊าซที่มีคุณภาพ เช่น การผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์ แต่มีข้อจำกัดคือ การขยายขนาดเตาแก๊สซิฟายเออร์ให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่ควรเกิน 1 MW

3) การทำงานและประสิทธิภาพทั่วไปของระบบฟิกซ์เบด

เป็นระบบที่มีการทำงานที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ในกรณีระบบทั่วไปที่ใช้อากาศในการทำปฏิกิริยา ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีค่าพลังงานต่ำ (LCV) อยู่ระหว่าง 4-6 MJ/Nm^3 โดยส่วนใหญ่คุณภาพก๊าซที่ได้จะมีองค์ประกอบของธาตุต่างๆ ดังนี้ N_2 ร้อยละ 40–50 H_2 ร้อยละ 15–20 CO ร้อยละ 10–15 CO_2 ร้อยละ 10–15 และ CH_4 ร้อยละ 3–5 สำหรับปัญหาสิ่งเจือปนในก๊าซ เช่น สารระเหยและเขม่าถ่าน จะเป็นพารามิเตอร์ที่สามารถบ่งบอกถึงศักยภาพของระบบได้

ตารางที่ 1 ข้อจำกัดและคุณภาพก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบฟิกซ์เบด [1]

ตัวแปร	อุณหภูมิก๊าซขาออก (°C)	น้ำมันดิน (Tar) (g/Nm^3)	ขนาดและรูปร่างเชื้อเพลิง	ค่าความร้อนก๊าซ, LHV (MJ/Nm^3)
Downdraft*	700	0.015 - 0.5	มีผลกระทบ	4.5-5.0
Updraft**	200-400	30-150	ไม่มีผลกระทบ	5.0-6.0

*Downdraft คือ ระบบเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบไหลลง

**Updraft คือ ระบบเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบไหลขึ้น

1.2.2 ระบบฟลูอิไดซ์เบด

ระบบเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบฟลูอิไดซ์เบด มีส่วนประกอบและโครงสร้างคล้ายคลึงกับเตาเผาเชื้อเพลิงโดยตรงแบบฟลูอิไดซ์เบด นิยมใช้สำหรับโรงงานขนาดใหญ่เพื่อผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหิน หลักการทำงานของระบบคือ การกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเตาจะอาศัยตัวกลาง เช่น ทราย กรวด เซรามิก ซึ่งตัวกลางที่อยู่บริเวณด้านล่างของเตาปฏิกรณ์จะถูกทำให้ร้อนและเป่าให้ลอยขึ้นสู่ด้านบน เมื่อป้อนชีวมวลเข้าไปในระบบ ชีวมวลจะเคลื่อนตัวชนกับตัวกลางที่ร้อนและเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนจนเกิดการเผาไหม้และกลายเป็นก๊าซอย่างรวดเร็ว ซึ่งบริเวณการ

เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ ไพโรไลซิส และแก๊สซิฟิเคชัน จะเกิดในช่วงเดียวกันไม่มีการแบ่งแยกอย่างชัดเจน ทำให้มีน้ำมันดินเจือปนอยู่ในก๊าซเช่นเดียวกับระบบฟิกซ์เบดแบบไหลขึ้น

ข้อดีของระบบคือ สามารถควบคุมอุณหภูมิภายใน เตาปฏิกรณ์ให้สม่ำเสมอทั่วกันได้ง่ายกว่าระบบฟิกซ์เบด อุณหภูมิการทำงานของระบบอยู่ที่ประมาณ 800-850 องศาเซลเซียส ระบบฟลูอิไดซ์เบดเป็นระบบที่มีศักยภาพสูงในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง หากเทียบกับระบบฟิกซ์เบดคือ อัตราการเกิดความร้อนการแลกเปลี่ยนมวลสาร และกระจายความร้อนให้กับเชื้อเพลิงทำได้อย่างทั่วถึง จึงทำให้ระบบเกิดปฏิกิริยาได้อย่าง รวดเร็วและมีความเสถียรมากกว่าระบบฟิกซ์เบด ข้อได้เปรียบอีกประการหนึ่งคือการขยายขนาดเตาสามารถทำได้ตามความเหมาะสม ประเภทของระบบเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบฟลูอิไดซ์เบดได้มีการพัฒนาในหลายแบบ

1.3 ชีวมวลและการเตรียมวัตถุดิบ

เศษไม้หรือวัตถุดิบที่ใช้มีที่มาจากหลายแหล่ง เศษไม้เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานเฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน และอุปกรณ์ที่ทำจากไม้ชิ้นต่างๆ ลักษณะที่สำคัญของเศษไม้ที่ควรคำนึงในการนำไปเผาใน เตาแก๊สซิฟายเออร์ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะสมบัติแนะนาในการเผาในเตาแก๊สซิฟายเออร์ของเศษไม้ [1]

ตัวแปร	ความชื้น (% น้ำหนักเปียก)	เถ้า (% น้ำหนักแห้ง)	ขนาด (เซนติเมตร)
Downdraft*	12 (สูงสุดไม่เกิน 25)	0.5 (สูงสุดไม่เกิน 6)	2 - 10
Updraft**	43 (สูงสุดไม่เกิน 60)	14 (สูงสุดไม่เกิน 25)	0.5 - 10

*Downdraft คือ ระบบเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบไหลลง

**Updraft คือ ระบบเตาแก๊สซิฟายเออร์แบบไหลขึ้น

1.3.1 การเก็บรักษาเชื้อเพลิงชีวมวล

การเก็บรักษาเชื้อเพลิงที่เหมาะสมควรเก็บแยกจากบริเวณที่ติดตั้งเตาแก๊สซิฟายเออร์ เนื่องจากชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงอย่างดีและสามารถสะสมความร้อนและเกิดการลุกติดไฟได้เอง พื้นที่กองเก็บ ชีวมวลควรมีหลังคาและเป็นพื้นที่ปิดเพื่อป้องกันความชื้นและฝุ่นละอองที่อาจฟุ้งกระจายรวมทั้งกลิ่นเหม็นที่ก่อให้ความรำคาญหรืออันตรายต่อการทำงานโดยรอบ และควรรองรับปริมาณเชื้อเพลิงได้เพียงพอต่อการดำเนินงานอย่างน้อย 2-3 วัน

1.3.2 การเตรียมเชื้อเพลิงชีวมวล

เชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในระบบแก๊สซิฟิเคชันจะมีความเฉพาะตัวอย่างมากเมื่อเทียบกับระบบเผาไหม้โดยตรง และในแต่ละระบบของเตาแก๊สซิฟายเออร์จะมีการออกแบบให้สามารถรองรับเชื้อเพลิงที่ต่างกัน ดังนั้น ปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีที่เป็นพารามิเตอร์ในการกำหนดความเหมาะสมของชีวมวลจึงมีความสำคัญ ได้แก่ ขนาดรูปร่าง การกระจายตัว ความหนาแน่น ความชื้น ปริมาณความร้อน สารระเหย องค์ประกอบทางเคมี เป็นต้น หลักการเตรียมชีวมวลให้เหมาะสมสาหรับเตาแก๊สซิฟายเออร์มีดังนี้

1) การลดขนาด การบดหรือสับเพื่อให้ชีวมวลได้ขนาดตามต้องการ เช่น ไม้ฟืน
2) การอัดแท่งหรืออัดก้อนชีวมวล ใช้สำหรับกรณีที่ชีวมวลมีความหนาแน่นต่ำ เช่น ขี้เลื่อย ชานอ้อย ฟางข้าว ตะกอนสลัดจ์ เป็นต้น

3) การทำให้แห้งหรือการลดความชื้น เพื่อให้ชีวมวลมีค่าความชื้นอยู่ในระดับเหมาะสมต่อการใช้งาน โดยทั่วไปค่าความชื้นที่เหมาะสมควรมีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 20-30

4) การคัดแยกสิ่งเจือปน การคัดแยกเศษหิน ดิน ทราย ที่ปะปนมากับวัสดุทางการเกษตร

1.3.3 หลักการออกแบบเตาผลิตก๊าซชีวมวล

โดยกระบวนการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊ส เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี
โดยเปลี่ยนเชื้อเพลิงชีวมวลให้กลายเป็นโปรดิวเซอร์แก๊ส ซึ่งปฏิกิริยาทางความร้อนแบบต่อเนื่อง ในกระบวนการจะเริ่มต้นจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงกับออกซิเจน ผลผลิตจากการเผาไหม้นี้จะถูกบังคับ ให้ไหลผ่านชั้นของคาร์บอนร้อน และเกิดการรีดิวซ์ กลายเป็นโปรดิวเซอร์แก๊ส โดย Alexis T.Belonio (2005) คู่มือเตาแก๊สแกลบข้าว (Rice Husk Gas Stove) หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องเผาไหม้ทรงกลมดังนี้ [8]

$$D = \left(\frac{1.27FCR}{SGR} \right)^{0.5} \quad (1)$$

โดย FCR (Fuel Consumption Rate) คือ อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
SGR (Specific Gasification Rate of Rice Husk) คือ อัตราแก๊สซิฟิเคชั่นของแกลบ (กิโลกรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง)

หาความสูงของห้องเผาไหม้ทรงกลมดังนี้

$$H = \frac{SGRxT}{\rho_{rh}} \quad (2)$$

โดย T (Time) คือ เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)
ρ_{rh} (Rice Husk Density) คือ ความหนาแน่นของแกลบ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

1.3.4 การทดสอบคุณสมบัติเชื้อเพลิง

บอมบ์แคลอรีมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้สาหรับทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง โดยอาศัยหลักการทำงานด้วยกระบวนการตามมาตรฐาน ASTM เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการสันดาปแล้วจะให้พลังงานความร้อนออกมาซึ่งจะกำหนดให้อยู่ในรูปของค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนัก เช่น กิโลจูล/กิโลกรัม หรือ บีทียู/ปอนด์ หรือ กิโลแคลอรี/กิโลกรัม [9]

ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจากเชื้อเพลิง เนื่องจากการสันดาปที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ การหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงโดยใช้บอมบ์แคลอรีมิเตอร์โดยการนำเอาเชื้อเพลิงที่จะทดสอบไปชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดมาเผาไหม้กับออกซิเจนบริสุทธิ์ภายใต้ความดันภายในบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะถ่ายเทให้กับตัวบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ น้ำหล่อเย็นรอบตัวบอมบ์แคลอรีมิเตอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ โดยรอบ ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิของน้ำโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์และปริมาณความร้อนสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$W\Delta t = Q \times g$$

(3)

โดย W คือ ความร้อนจำเพาะของ Calorimeter (เมกะจูล/องศาเซลเซียส)
Δt คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (องศาเซลเซียส)
Q คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (เมกะจูล/กรัม)
g คือ ปริมาณของเชื้อเพลิง (กรัม)

2. ชีวมวล

แหล่งกำเนิดชีวมวล (บุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน์ และคณะ, 2555)

1) ชีวมวลที่ได้จากการแปรรูปสินค้าทางการเกษตร ส่วนใหญ่มีการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลและเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรม เนื่องจากเก็บรวบรวมได้ง่าย

2) ชีวมวลที่ได้จากไร่สวนและนาข้าว มีการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในสัดส่วนที่น้อยมาก ส่วนใหญ่จะถูกปล่อยทิ้งไว้ในพื้นที่การเกษตร หรือถูกเผาทิ้ง เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรวบรวมและจัดเก็บ

3) ชีวมวลที่ปลูกใหม่เพื่อเป็นพลังงานโดยเฉพาะ เป็นการปลูกพืชโตเร็วเพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลโดยเฉพาะ แต่ยังไม่เป็นที่นิยมมากเนื่องจากยังไม่คุ้มค่าในการลงทุน

คุณลักษณะโดยทั่วไปของชีวมวล

1) การกระจายตัวของแหล่งชีวมวล รูปแบบการกระจายตัวของแหล่งชีวมวล มี 2 ลักษณะคือ อยู่รวมเป็นกลุ่มและอยู่กระจัดกระจาย

- ชีวมวลที่อยู่รวมเป็นกลุ่ม คือ เศษชีวมวลจากกระบวนการแปรรูป ณ ที่ใดที่หนึ่ง เช่น โรงสีข้าว โรงงานผลิตน้ำตาลทราย โรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงงานสกัดน้ำปาล์มและโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา เป็นต้น

- ชีวมวลที่อยู่กระจัดกระจาย คือ เศษวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้ตามพื้นที่เพาะปลูกต่าง ๆ และไม่มีการรวบรวม เช่น เศษไม้จากสวนป่ายางพารา เป็นต้น โดยการนำชีวมวลที่อยู่กระจัดกระจายมาใช้งานจะมีข้อเสียเปรียบคือ มีค่าใช้จ่ายในการรวบรวมเพิ่มขึ้น

2) ขนาดของชีวมวลเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญชีวมวลที่มีขนาดใหญ่ เช่น เศษไม้จากสวนยางพารา ปีกไม้ที่ได้จากโรงเลื่อยไม้ยางพาราไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง เพราะประสิทธิภาพการเผาไหม้จะต่ำ ควรจะนำมาตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ จะทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น แต่ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการลดขนาดชีวมวลเพิ่มขึ้น

3) ความชื้นของชีวมวลเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอย่างมาก สำหรับการนามาใช้เป็นเชื้อเพลิง ถ้าชีวมวลมีความชื้นสูงมาก เช่น กากมันสำปะหลัง ซึ่งมีความชื้นประมาณ 80 ถึง 90% ไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้โดยตรง แต่อาจจะนำมาผ่านกระบวนบีบอัด (Dewatering) เพื่อลดความชื้นก่อนนำไปเผา หรือนำมาผ่านกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพแทน ในกรณีของเศษไม้มีความชื้นประมาณ 50 ถึง 60% ถ้านำมาเก็บไว้ช่วงระยะหนึ่งความชื้นจะลดลงโดยตามธรรมชาติ แต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บและถ้าเก็บไว้นานเกินไปก็มีโอกาสผุได้

4) สิ่งเจือปน สิ่งเจือปนในชีวมวลมีหลายอย่าง เช่น คราบน้ำมันปาล์ม เศษดิน หิน กรวด ทราย เป็นต้น สิ่งเจือปนที่ต้องระมัดระวังให้มากคือ คราบน้ำมันปาล์มที่ติดอยู่ในทะลายและกะลาปาล์ม เพราะเมื่อคราบน้ำมันปาล์มถูกความร้อนจะกลายเป็นยางเหนียวเกาะติดในห้องเผาไหม้ ดังนั้นในการออกแบบห้องเผาไหม้ต้องพิจารณาจุดนี้เป็นพิเศษ

5) ปริมาณขี้เถ้า ปริมาณขี้เถ้าของชีวมวลมีผลต่อการเผาไหม้ เช่น แกลบจะมีปริมาณขี้เถ้า 16% โดยน้ำหนัก ดังนั้นการออกแบบห้องเผาไหม้จะต้องพิจารณาถึงการรวบรวมขี้เถ้าออกจากห้องเผาไหม้อย่างมีประสิทธิภาพ

รูปแบบการใช้ประโยชน์ชีวมวลเชิงพลังงาน

การนำชีวมวลไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเป็นการเปลี่ยนรูปชีวมวลซึ่งเป็นพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานความร้อน วิธีการในการเปลี่ยนชีวมวลให้เป็นพลังงานความร้อนมีรูปแบบต่างๆ ดังนี้

1) การเผาไหม้โดยตรง (Direct combustion) ใช้กับเชื้อเพลิงชีวมวลที่เป็นเชื้อเพลิงแข็ง มีขั้นตอนคือ เผาเชื้อเพลิงชีวมวลโดยตรงในเตาเผาความร้อนที่ได้จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตต่างๆ หรือผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง

2) การผลิตก๊าซ (Gasification) กระบวนการผลิตก๊าซจากการเผาไหม้เป็นการเปลี่ยนเชื้อเพลิงชีวมวลแข็งให้เป็นก๊าซ โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งในบริเวณที่มีอากาศจำกัด ความร้อนที่

เกิดขึ้นนี้จะเร่งปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องให้กลายเป็นก๊าซ ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก คือ ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซมีเทน ซึ่งก๊าซที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ทั้งระบบกังหันก๊าซ (Gas turbine) และเครื่องยนต์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า (Gas engine) และการผลิตต่างๆ สามารถใช้ได้ทั้งรูปของพลังงานความร้อนไอน้ำหรือผลิตกระแสไฟฟ้า โดยจะใช้เชื้อเพลิงชีวมวลชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดรวมกันก็ได้

องค์ประกอบของชีวมวล (ศุภกร กตาธิการกุล และคณะ, 2558)

องค์ประกอบของชีวมวลหรือสสารทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ

1) ความชื้น (Moisture) หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ชีวมวล ส่วนมากจะมีความชื้นค่อนข้างสูงเพราะเป็นผลผลิตทางการเกษตร ถ้าต้องการนำชีวมวลไปใช้เป็นพลังงานโดยการเผาไหม้ควรมีความชื้นไม่เกิน 50% วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 3173-73 ดังสมการที่ (2.1)

$$\text{ปริมาณความชื้น}(\%) = \left(\frac{A - B}{A}\right) \times 100 \qquad (2.1)$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักก่อนอบแห้ง (Air-dry weight) (g)

B คือ น้ำหนักหลังอบแห้ง (Oven-dry weight) (g)

2) ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- สารระเหย (Volatiles matter) คือ ส่วนประกอบที่ลุกเผาไหม้ได้ง่าย ซึ่งถ้าชีวมวลมีค่า Volatiles Matter สูงแสดงว่าติดไฟได้ง่าย วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 3175-77 ดังสมการที่ (2.2)

$$\text{ปริมาณสารระเหย}(\%) = \left(\frac{B - C}{B}\right) \times 100 \qquad (2.2)$$

เมื่อ B คือ น้ำหนักหลังอบแห้ง (Oven-dry weight) (g)

C คือ น้ำหนักของเชื้อเพลิงหลังอบที่อุณหภูมิ 950 °C (g)

- คาร์บอนคงที่ (Fixed carbon) คือ ส่วนประกอบที่ให้ความร้อน ยิ่งคาร์บอนคงที่มีค่ามาก ค่าความร้อนจะยิ่งสูง ซึ่งเป็นส่วนที่เสถียรของโครงสร้างโมเลกุลของชีวมวล ดังนั้นชีวมวลที่มีค่า Volatiles matter สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.3)

$$FC = 100\% - MC\% - VM\% - AC\% \quad (2.3)$$

เมื่อ FC คือ ปริมาณคาร์บอนเสถียร (Fixed carbon) (%)

MC คือ ปริมาณความชื้น (Moisture content) (%)

VM คือ สารระเหย (Volatile Matters) (%)

AC คือ ปริมาณเถ้า (Ash content) (%)

3) ปริมาณเถ้า (Ash) ชีวมวลส่วนใหญ่จะมีเถ้าประมาณ 1-3% ยกเว้นแกลบและฟางข้าว มีสัดส่วนขี้เถ้าประมาณ 10-20% ซึ่งมีปัญหาในการเผาไหม้และกำจัดพอสมควรปริมาณเถ้า คือ กากสารอินทรีย์ที่เหลือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในอากาศจนมีน้ำหนักคงที่ ภายใต้สภาวะที่มีการควบคุมอุณหภูมิ เวลา และสภาวะบรรยากาศ วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 3173-73 ดังสมการที่ (2.4)

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \left(\frac{D}{B}\right) \times 100 \quad (2.4)$$

เมื่อ B คือ น้ำหนักหลังอบแห้ง (Oven-dry weight) (g)

D คือ น้ำหนักหลังอบที่อุณหภูมิ 750 ^{o}C (g)

การวัดค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล

ชีวมวลแต่ละประเภทจะให้พลังงานจากการเผาไหม้แตกต่างกันตามลักษณะองค์ประกอบต่างๆ ของชีวมวลแต่ละชนิดและสัดส่วนความชื้นที่สะสมอยู่ในชีวมวลโดยค่าความร้อนหรือพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ชีวมวลจะแสดงได้เป็นค่าความร้อน

1) ค่าความร้อนต่ำ (Low heating value, LHV) เป็นค่าพลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้จริงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งได้หักพลังงานส่วนหนึ่งที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำที่สะสมอยู่ในชีวมวลออกไประหว่างการเผาไหม้ โดยทั่วไปจะมีหน่วยเป็น kJ/kg หรือ kcal/kg

ค่าความร้อนสูง (High Heating Value, HHV) เป็นค่าพลังงานทั้งหมดที่ได้จากการเผาไหม้ชีวมวล มีหน่วยเป็น kJ/kg หรือ kcal/kg

3. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

จิระพงษ์ กวนกระโทกและคณะ (2557) การศึกษาการผลิตแก๊สจากเศษชีวมวลโดยใช้เตาผลิตแก๊สชนิดไหลลงขนาดเล็ก การผลิตแก๊สชีวมวลจากเศษชีวมวล 3 ชนิด ได้แก่ กะลามะพร้าว ไม้กระถินยักษ์ และไม้ยูคาลิปตัส เพื่อศึกษากลไกการผลิตแก๊สชีวมวล อุณหภูมิของเตาผลิตแก๊สชีวมวล และองค์ประกอบของแก๊ส ชีวมวล ซึ่งระบบการผลิตแก๊สชีวมวลขนาดเล็กประกอบด้วย ชุดเตาผลิตแก๊สชีวมวลแบบไหลลง (Downdraft gasifier) ความจุ 0.01 m^3 แบบขยายห้องพักแก๊ส

กฤษฎา กิ้งเส้ง และ พิชัย อัมระนันท์ (2552) ได้ทำการศึกษาระบบผลิตกำเนิดกระแสไฟฟ้าและร้อนร่วมจากเครื่องยนต์ใช้ก๊าซชีวภาพ โดยใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาด 2,800 ซีซี กำเนิดกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วรอบ 1,750 , 2,000 , 2,250 , 2,500 และ 2,750 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าถ้าไม่ใช้ไอเสียมาทำน้ำร้อนประสิทธิภาพรวมจะอยู่ระหว่าง 20-39 % แต่ถ้ามีการนำไอเสียมาใช้ผลิตน้ำร้อนด้วยประสิทธิภาพรวมจะอยู่ระหว่าง 24-43 %

ฐกฤต ปานขลิบ (2557) ศึกษาเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าชีวมวลแบบแก๊สซิฟิเคชัน ขนาดเล็กสำหรับชุมชนต้นแบบขนาด 200 kW ใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่เป็นเชื้อเพลิง เช่น ซังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง เปลือกไม้ยูคาลิปตัส และเศษไม้

นฤเบศร์ หนูใสเพ็ชร และคณะ (2553) ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเตาแก๊สซิไฟเออร์ขนาดเล็กสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง โดยมีการออกแบบให้เตาผลิตแก๊สมีลักษณะเป็นถัง 2 ชั้น ที่ป้อนอากาศจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน ในขณะที่แก๊สที่ได้ไหลกลับทางไปออกทางท่อด้านล่างของถัง โดยแก๊สที่ได้ทำการผ่านถังกรอง 2 ชั้น คือ ผ่านน้ำ และกรองอากาศที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวเพื่อกำจัดฝุ่นและน้ำมันดิน จากผลการทดสอบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาด 5 แรงม้า

เพชรดา เวณุนันท์ และคณะ (2552) ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยชุมชน ภาวะวิกฤติพลังงานของโลกในปัจจุบัน ทำให้ประเทศไทยซึ่งมีแหล่งทรัพยากรด้านพลังงานน้อยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งนอกจากทำให้สูญเสียเงินตราออกนอกประเทศแล้ว ยังทำให้เกิดวิกฤติด้านสิ่งแวดล้อมจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ที่เป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน

สมิต อิทรุศิริพงษ์ (2552) ได้ศึกษาการออกแบบ และสร้างเตาเผาถ่านไม้น้ำหนักเบาขนาดเล็กสำหรับครัวเรือน โดยเตามีโครงสร้างเป็นโลหะสองชั้น โดยระหว่างชั้นโลหะแทรกด้วยดินเหนียว จุดติดไฟเริ่มต้นด้วยแก๊สหุงต้ม ผลการศึกษาพบว่าเตาเผาถ่านไม้ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในอาคารบ้านเรือนควรมีขนาดความจุไม่เกิน 0.1 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาในการเผาด้วยแก๊สหุงต้มประมาณ 5-6 ชั่วโมง ขึ้นกับปริมาณไม้ฟืน และลักษณะเฉพาะของฟืน โดยมีประสิทธิภาพการเกิดถ่านประมาณ 25% เมื่อเทียบกับน้ำหนักไม้ฟืน

บทที่ 3
ระเบียบวิธีการวิจัย

การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับออกแบบและพัฒนาระบบเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวล มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

- ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับการเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมกับการประสิทธิภาพของก๊าซชีวมวลจากของเหลือทิ้งจากการเกษตร ในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี อาทิเช่นทลายตาลโตนด ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพก๊าซชีวมวลที่ได้
- ออกแบบโครงสร้างเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวล และกำหนดตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
- เลือกและจัดหาวัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้างเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวล โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดเพื่อความสะดวกในการจัดหาและเพื่อความประหยัด
- ดำเนินการสร้างโครงสร้างตามแผนที่วางไว้ โดยสร้างเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวลตามที่ได้ออกแบบและติดเครื่องมือวัด
- ปรับปรุงแก้ไข ปรับปรุงแก้ไขระบบที่ไม่เป็นไปตามที่ต้องการ
- ศึกษาตัวแปร ศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวล และเก็บข้อมูลผลการศึกษางานวิจัย
- วิเคราะห์ผลและสรุปผลที่ได้จากการศึกษาประสิทธิภาพของเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวล
- ถ่ายทอดผลงานวิจัยสู่ชุมชน โดยการถ่ายทอดให้ชุมชนสามารถใช้งานระบบได้ เพื่อการใช้งานที่ยั่งยืน
- ประเมินผลการใช้งานวิจัยในชุมชน ทั้งด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผล

1. การสำรวจปัญหาและความต้องการของชุมชน

ทำการศึกษาและเก็บข้อมูล รวบรวมข้อมูล สภาพการเกษตรของจังหวัดเพชรบุรี เพื่อทำการออกแบบและพัฒนาระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากตาลโตนดสำหรับชุมชนที่เหมาะสมต่อไป ในปีการเพาะปลูกจังหวัดเพชรบุรีมีพื้นที่ถือครองเพื่อการเกษตรและพื้นที่ทำการเกษตรปี 2558 ทั้งสิ้น 876,095.75 ไร่ โดยมีพื้นที่ทำนาคือ 333,662 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกข้าว มีพื้นที่ปลูกตาลโตนด 336,027 ไร่ พื้นที่ปลูกมะพร้าว 8,668 ไร่ มีพื้นที่ปลูกอ้อย 34,113 ไร่ และพืชอื่น ๆ อีก 163,625 ไร่ ซึ่งพื้นที่ทำการเกษตรปี 2558 แสดงดังนี้

ตารางที่ 3 พื้นที่ทำการเกษตร ปี 2558

ลำดับ	ชื่อพืช	พื้นที่ปลูก (ไร่)	เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
1.	ตาลโตนด	336,027	296,125	101,156
2.	ข้าวนาปี	333,662	332,182	254,180
3.	มะพร้าว	8,668	8,439	7,910
4.	อ้อย	34,113	32,946	167,210

ศักยภาพพลังงานทดแทนประจำปี 2558 ของจังหวัดเพชรบุรี จากแหล่งพลังงาน ข้าว มะพร้าว อ้อย และตาลโตนด ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงศักยภาพพลังงานทดแทนประจำปี 2558 ของจังหวัดเพชรบุรี จากแหล่งพลังงาน ข้าว มะพร้าว อ้อย และตาลโตนด

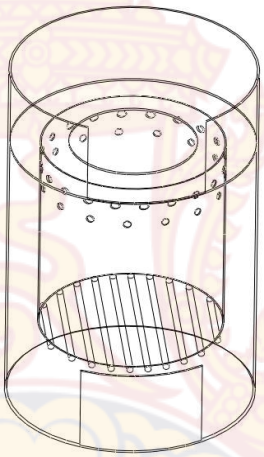
แหล่งพลังงาน	แหล่งพลังงานย่อย	ศักยภาพพลังงานทดแทน (ตัน)
ข้าว	ฟางข้าว	57,267.21
	แกลบ	21,238.17
มะพร้าว	กะลามะพร้าว	338.44
	ทางมะพร้าว	1,018.61
	เปลือกมะพร้าว	1,205.32
อ้อย	ใบอ้อย	106,144.40
ตาลโตนด	กะลาตาล	9,843.86
	งวงตาล	857.32
	ทางตาล	4,143.21
	เศษไม้ตาล	6,281.32

ที่มา http://www.thaienergydata.in.th/output_potential.php

ผลิตผลจากตาลโตนดส่วนใหญ่จะเป็นลูกตาลแก่ลูกตาล ทางตาล และใบตาล ในส่วนของลูกตาลส่วนใหญ่จะถูกนำไปแปรรูปทำอาหาร ในส่วนสิ่งที่เหลือใช้จากการผลิตจากกระบวนการแปรรูปตาลโตนด จะมีส่วนน้ำและกากที่เหลือจากกระบวนการแปรรูปอาหาร ไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ เมื่อถูกทิ้งสู่ธรรมชาติจะเกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้ต้องการให้มีการสิ่งที่เหลือใช้จากการผลิตจากกระบวนการแปรรูปตาลโตนดไปใช้ประโยชน์ต่อไป

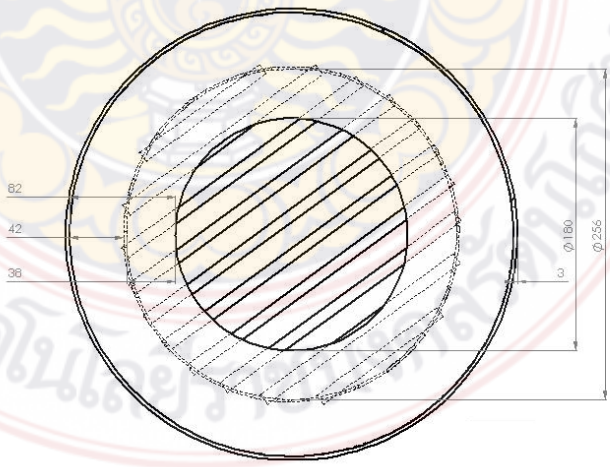
2. การออกแบบและพัฒนาเตาปฏิกรณ์ชีวมวล

รูปแบบของเตาชีวมวลแบบไหลขึ้น มีขนาด 15 ลิตร



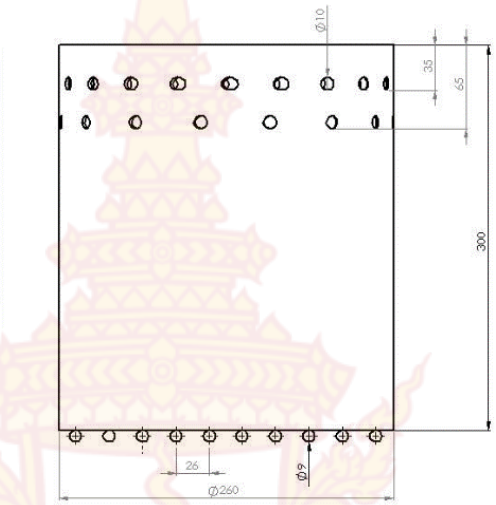
ภาพที่ 3 แบบเตาชีวมวล CG-40

แผ่นปิดด้านบนห้องเผาไหม้ มีหน้าที่ปิดไม่ให้ก๊าซชีวมวลลอยออกและบังคับทิศทางการไหลของก๊าซชีวมวลเข้าห้องเผาไหม้ส่วนที่ 2 มีขนาดดังภาพที่ 4



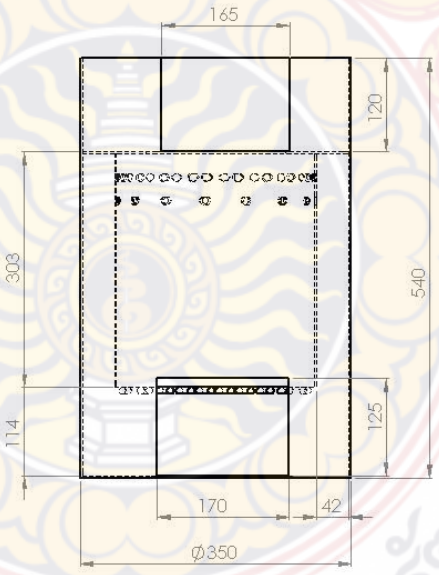
ภาพที่ 4 แผ่นปิดห้องเผาไหม้

ห้องเผาไหม้ส่วนที่ 1 มีหน้าที่เผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลและผลิตก๊าซชีวมวล ซึ่งก๊าซชีวมวลที่ผลิตได้จะถูกเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ส่วนที่ 1 มีขนาดดังภาพที่ 5



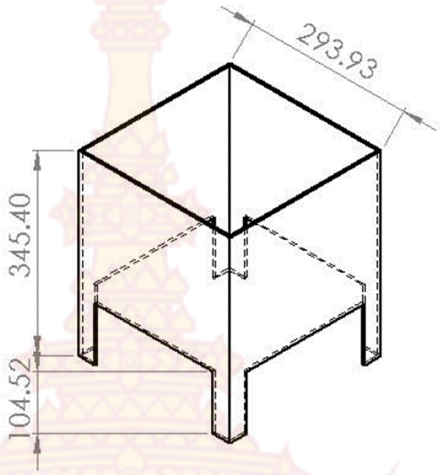
ภาพที่ 5 ห้องเผาไหม้ส่วนที่ 1

ห้องเผาไหม้ส่วนที่ 2 มีหน้าที่เป็นตัวส่งก๊าซชีวมวล ที่ผลิตได้ให้ไหลเข้าห้องเผาไหม้ส่วนที่ 2 ตามที่มีรูเจาะไว้ เพื่อไปเผาไหม้ต่อไปมีขนาดดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ห้องเผาไหม้ส่วนที่ 2

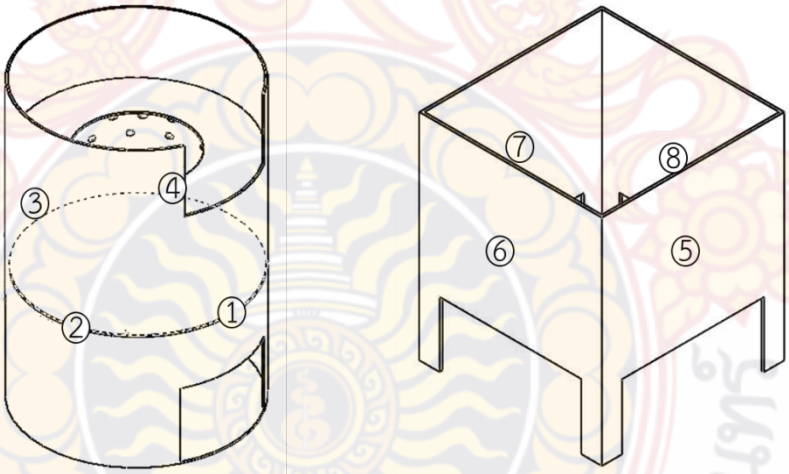
กล่องเหล็กสี่เหลี่ยม สำหรับติดตั้งชุดผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กล่องเหล็กสี่เหลี่ยม

3. การทดสอบเตาปฏิกรณ์ชีวมวล

การทดสอบความร้อนของเตาชีวมวล ซึ่งได้กำหนดจุดวัดอุณหภูมิทั้งหมด 8 จุด ดังภาพที่ 8 เพื่อวัดหาค่าอุณหภูมิแต่ละด้านของเตาชีวมวล และวัดหาค่าอุณหภูมิของกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม โดยจุดที่ 5 คือ จุดด้านหน้าของกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม เป็นจุดที่ติดตั้งชุดผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก



ภาพที่ 8 จุดวัดอุณหภูมิของเตาชีวมวล

เมื่อ จุด1 คือ อุณหภูมิเตาด้านหน้า (^{o}C)

จุด2 คือ อุณหภูมิเตาข้างซ้าย (^{o}C)

จุด3 คือ อุณหภูมิเตาด้านหลัง (^{o}C)

จุด4 คือ อุณหภูมิเตาข้างขวา (^{o}C)

จุด5 คือ อุณหภูมิกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมด้านหน้า (^{o}C)

จุด6 คือ อุณหภูมิกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมข้างซ้าย (^{o}C)

จุด7 คือ อุณหภูมิกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมด้านหลัง (^{o}C)

จุด8 คือ อุณหภูมิกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมข้างขวา (^{o}C)

4. วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัยมีรายละเอียด ดังนี้

(1) ไม้โกงกาง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 cm

ภาพที่ 9 ไม้โกงกาง

(2) แผ่นระบายความร้อน ทำจากอลูมิเนียม ขนาด $7.5 \times 15 \times 4\,\text{cm}$ ค่าสัมประสิทธิ์การระบายความร้อน 237 W/(m·K)

ภาพที่ 10 แผ่นระบายความร้อน

(3) แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก แบบ SP1848 27145 SA ผลิตจากวัสดุ ceramic และ Bismuth telluride ขนาด $4 \times 4 \times 3.4\,\text{cm}$ น้ำหนัก 26 g

ภาพที่ 11 แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก แบบ SP1848 27145 SA

(4) พัดลมระบายอากาศ สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง DC 12 V ยี่ห้อ HI รุ่น DC8025BJ

ภาพที่ 12 พัดลมระบายอากาศ สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง

(5) แบตเตอรี 12 V ยี่ห้อ NEW POWER รุ่น NS12-7.5

ภาพที่ 13 แบตเตอรี 12 V ยี่ห้อ NEW POWER รุ่น NS12-7.5

(6) หลอดไฟ LED

ภาพที่ 14 หลอดไฟ LED

(7) ลิโคนระบายความร้อน (Heatsink compounds) รุ่น ZP-340

ภาพที่ 15 ซิลิโคนระบายความร้อน (Heatsink compounds) รุ่น ZP-340

4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

(1) เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 5 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น DV215CD

ภาพที่ 16 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 5 ตำแหน่ง

(2) โถดูดความชื้น

ภาพที่ 17 โถดูดความชื้น

(3) เครื่องชั่งแบบเข็ม ขนาด 7 กิโลกรัม ยี่ห้อ สิงห์คู่สมอ รุ่น สิงห์คู่สมอ

4.3 เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บค่าพารามิเตอร์ มีดังนี้

(1) เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb calorimeter) ยี่ห้อ รุ่น Calak-1 ใช้ในการหาค่าความร้อนของชีวมวล

ภาพที่ 18 เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์

(2) เครื่องวัดดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital multimeter) ยี่ห้อ KYORITSU รุ่น KEW 1051 ใช้วัดแรงดัน (V) และกระแส (I)

ภาพที่ 19 เครื่องวัดดิจิตอลมัลติมิเตอร์

(3) เครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ (Data logger) ยี่ห้อ OMRON รุ่น ZR-RX25

ภาพที่ 20 เครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ

(4) เตาเผาความร้อนสูง (Muffle Furnace) ยี่ห้อ Lenton รุ่น AWF 12/12

ภาพที่ 21 เตาเผาความร้อนสูง (Muffle Furnace)

(5) ตู้อบไฟฟ้า ยี่ห้อ Memmert รุ่น UF100

ภาพที่ 22 ตู้อบไฟฟ้า

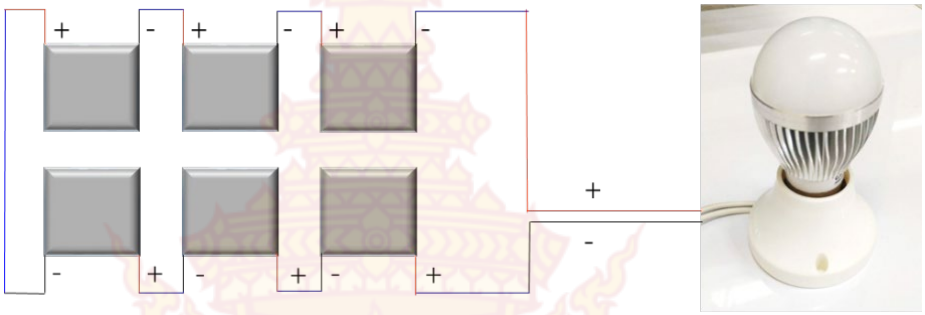
5. การออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

(1) การทดสอบการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก

กำหนดให้เตาไฟฟ้า (hot plate) เป็นแหล่งให้ความร้อน ให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อผลิตไฟ โดยชุดผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ประกอบด้วยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 6 แผ่น มาต่อวงจรอนุกรม และนำไปติดเข้าด้านหลังของแผ่นระบายความร้อน โดยใช้ซิลิโคนระบายความร้อนเป็นตัวยึดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกให้ติดกับแผ่นระบายความร้อน และนำพัดลมจำนวน 2 ตัว ไปติดที่บริเวณครีบด้านหน้าของแผ่นระบายความร้อน โดยใช้แบตเตอรีเป็นตัวจ่ายไฟให้กับพัดลม จากนั้นทำการทดลองโดยการนำชุดผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกวางบนเตาไฟฟ้า (Hot plate) และปรับอุณหภูมิที่เตาไฟฟ้า (Hot plate) ให้สูงตามที่ต้องการ จากนั้นจ่ายไฟจากแบตเตอรีให้กับพัดลม เพื่อให้พัดลมระบายอากาศร้อนที่ครีบของแผ่นระบายความร้อน จากนั้นมีการบันทึกค่าอุณหภูมิด้านร้อน ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริก

(2) การออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

1) นำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 6 แผ่น ขนาด 4 x 4 cm มาต่อวงจรแบบอนุกรม จากนั้นนำวงจรที่ต่อแล้ว นำไปต่อเข้ากับเข้ากับหลอดไฟฟ้า LED ขนาด 3 W DC 12 V



ภาพที่ 23 วงจรเทอร์โมอิเล็กทริก

2) นำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 1 ชุด ที่ต่อวงจรแบบอนุกรมแล้ว นำด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกติดเข้ากับตัวระบายความร้อน 1 ตัว โดยนำซิลิโคนนำความร้อนเป็นตัวยึดติด

3) นำแผ่นระบายความร้อนที่ประกอบเข้ากับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกครบ 6 แผ่นแล้ว มาติดเข้ากับพัดลม DC ขนาด 12 V จำนวน 2 ตัว นำพัดลมติดด้านข้างทั้งสองด้าน โดยพัดลมด้านหนึ่งจะทำหน้าที่ดูดอากาศ และอีกด้านหนึ่งจะทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากแผ่นระบายความร้อน จากนั้นนำพัดลมต่อเข้ากับแบตเตอรี DC 12 V

4) นำแผ่นระบายความร้อนที่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศและแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกแล้วมาติดเข้ากับโครงเหล็กสี่เหลี่ยม โดยนำด้านที่ติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกซึ่งเป็นด้านร้อนมาประกอบติดกับกล่องเหล็กสี่เหลียมโดยใช้น็อตเป็นตัวยึด

(3) การทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

การทดลองนี้กำหนดให้มีการถ่ายเทความร้อนที่ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก โดยทำการติดแผ่นระบายความร้อน และติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ที่ด้านข้างของแผ่นระบายความร้อนทั้งสองข้าง เพื่อช่วยในการระบายความร้อนของแผ่นระบายความร้อน กำหนดให้การถ่ายเทความร้อนด้านร้อนผ่านกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม ได้รับความร้อนจากนำความร้อนของผนังเตาชีวมวล สำหรับการทดลองจะนำไม้โกงกาง 3 kg มาเผาไหม้จนหมด และมีการเก็บอุณหภูมิแต่ละจุดในระหว่างการเผาไหม้ จากนั้นวัดค่าและบันทึกพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริก

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การศึกษาการออกแบบและพัฒนาเตาปฏิกรณ์ชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนสำหรับชุมชน ผู้วิจัยได้ดำเนินการทำวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ครบทุกด้าน ประกอบไปด้วย ศึกษาหาวิธีการนำชีวมวลซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์ ออกแบบและพัฒนาประสิทธิภาพของเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวล เพื่อลดปริมาณการใช้ก๊าซหุงต้ม เป็นการสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาชุมชน ในด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและการแปรรูปของเหลือทิ้งแบบยั่งยืน และเพื่อเผยแพร่ให้ชุมชนและทุกภาคส่วนเห็นถึงประยุกต์ใช้เตาปฏิกรณ์ชีวมวลทางด้านพลังงานทดแทนอีกช่องทางหนึ่ง โดยผลการวิจัยเป็นดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิง

ผลการทดลองสมบัติของวัสดุที่จะนำมาเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อน

1.1 ปริมาณความชื้น (Moisture content) ของไม้โกงกาง

ผลการทดสอบเพื่อหาปริมาณความชื้น ตามมาตรฐาน ASTM D3173-73 ของไม้โกงกางซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้แสดงในตารางที่ 5 แสดงปริมาณความชื้นของไม้โกงกาง จากผลการทดลองพบว่าค่าปริมาณความชื้นของไม้โกงกางมีค่าเฉลี่ยคือ 5.356 % ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน จึงเหมาะที่จะนำมาเป็นเชื้อเพลิง

ตารางที่ 5 ปริมาณความชื้นของไม้โกงกาง

วัสดุ	**ไม้โกงกาง**		
ตัวอย่าง	A (กรัม)	B (กรัม)	ปริมาณความชื้น (%)
1	1.002	0.952	4.990
2	1.001	0.945	5.594
3	1.003	0.948	5.484
เฉลี่ย			5.356

1.2 ปริมาณสารระเหย (Volatile Matters) ของไม้โกงกาง

ผลการทดสอบเพื่อหาปริมาณสารระเหย ตามมาตรฐาน ASTM D3175-77 ของไม้โกงกาง ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้แสดงในตารางที่ 6 แสดงการหาค่าปริมาณสารระเหยของผงถ่านไม้โกงกาง จากการทดลองพบว่าค่าปริมาณสารระเหยของผงถ่านไม้โกงกาง มีค่าเฉลี่ยคือ 61.717% ซึ่งมีค่ามากกว่ามาตรฐาน พบว่า ค่าปริมาณสารระเหยส่งผลต่อสมบัติไม้โกงกางคือถ้าปริมาณสารระเหยมากส่งผลให้เชื้อเพลิงติดง่าย ได้ค่าความร้อนสูง

ตารางที่ 6 ปริมาณสารระเหยของไม้โกงกาง

วัสดุ	ไม้โกงกาง		
ตัวอย่าง	B (กรัม)	C (กรัม)	ปริมาณสารระเหย (%)
1	1.000	0.397	60.273
2	1.000	0.374	62.622
3	1.003	0.379	62.256
เฉลี่ย			61.717

1.3 ปริมาณเถ้า (Ash) ของไม้โกงกาง

ผลการทดสอบเพื่อหาปริมาณเถ้า ตามมาตรฐาน ASTM D3173-73 ของไม้โกงกาง ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้แสดงในตารางที่ 7 แสดงการหาค่าปริมาณเถ้าของไม้โกงกาง จากการทดลองพบว่าค่าปริมาณเถ้าของไม้โกงกางเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 26.104 %

ตารางที่ 7 ปริมาณเถ้าของไม้โกงกาง

วัสดุ	ไม้โกงกาง		
ตัวอย่าง	B (กรัม)	D (กรัม)	ปริมาณเถ้า (%)
1	1.001	0.273	27.243
2	1.000	0.208	20.800
3	1.001	0.303	30.270
เฉลี่ย			26.104

1.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ของไม้โกงกาง

ผลการทดสอบเพื่อหาปริมาณคาร์บอนคงตัวของไม้โกงกาง ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้แสดงในตารางที่ 8 แสดงการหาค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวของไม้โกงกาง จากการทดลองพบว่าค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวเฉลี่ยเท่ากับ 6.822%

ตารางที่ 8 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของไม้โกงกาง

วัสดุ	ไม้โกงกาง			
ตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณสารระเหย (%)	ปริมาณเถ้า (%)	ปริมาณคาร์บอนคงตัว (%)
1	4.990	60.273	27.243	7.494
2	5.594	62.622	20.800	10.984
3	5.484	62.256	30.270	1.990
เฉลี่ย				6.822

1.5 การหาค่าความร้อน (Calorific value) ของไม้โกงกาง

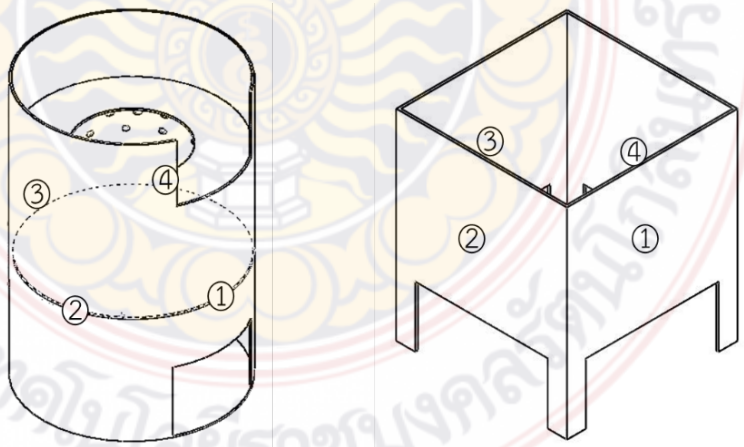
ทำการทดลองด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) ตามมาตรฐาน ASTM D 2015-66 โดยทำการทดลองหาค่าความร้อนของไม้โกงกางแสดงในตารางที่ 9 แสดงค่าความร้อนของไม้โกงกาง จากการทดลองพบว่าค่าความร้อนของไม้โกงกาง คือ 13.231 MJ/kg

ตารางที่ 9 ค่าความร้อนของไม้โกงกาง

ตัวอย่าง	1	2	3	เฉลี่ย
ค่าความร้อน (MJ/kg)	13.380	12.719	13.594	13.231

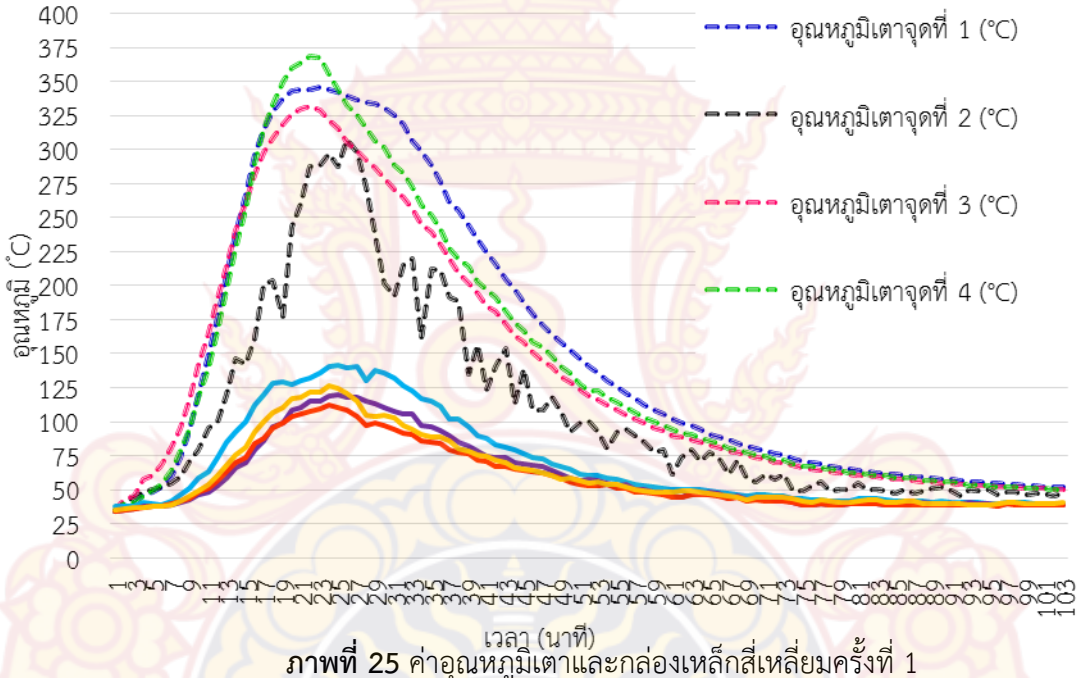
2. ผลการออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

ผลการออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เนื่องจากบริเวณรอบเตามีอุณหภูมิสูงถึง 300 ºC ทำให้พัดลมไม่สามารถระบายความร้อนได้ทัน จึงออกแบบกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมมาครอบ โดยอาศัยการแผ่ความร้อนที่ผนังของเตาไปยังกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม กล่องเหล็กสี่เหล็กจะรับความร้อนจากเตาโดยมีอุณหภูมิสูงไม่เกิน 200 ºC และติดตั้งชุดผลิตไฟฟ้าเข้ากับกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม ดังภาพที่ 24



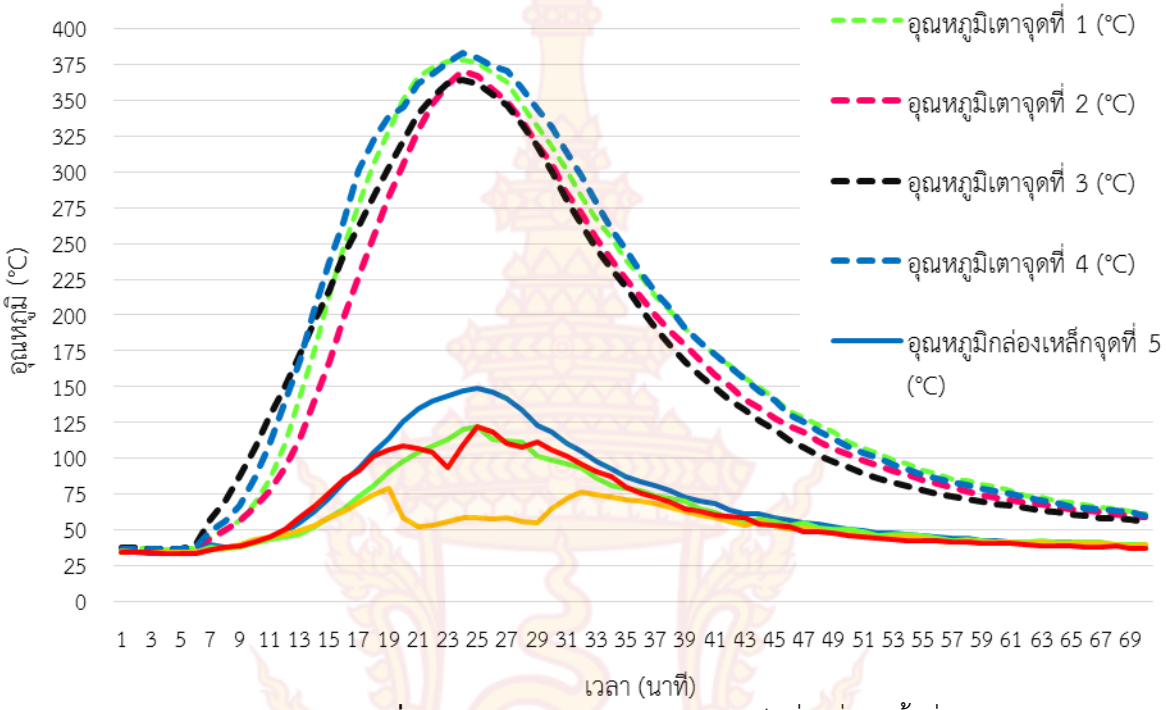
ภาพที่ 24 จุดวัดอุณหภูมิเตาและกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม

จากภาพที่ 25 แสดงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิบริเวณผนังเตา และบริเวณผนังรอบกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม โดยบริเวณของผนังเตาทั้ง 4 จุด มีค่าอุณหภูมิสูงเกิน 300 ℃ แต่เมื่อมีกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมมาครอบบริเวณผนังของกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมมีอุณหภูมิไม่เกิน 200 ℃ จึงเลือกออกแบบให้มีกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมครอบเตาชีวมวล เพื่อให้พัดลมสามารถระบายความร้อนได้ดี



ภาพที่ 25 ค่าอุณหภูมิเตาและกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมครั้งที่ 1

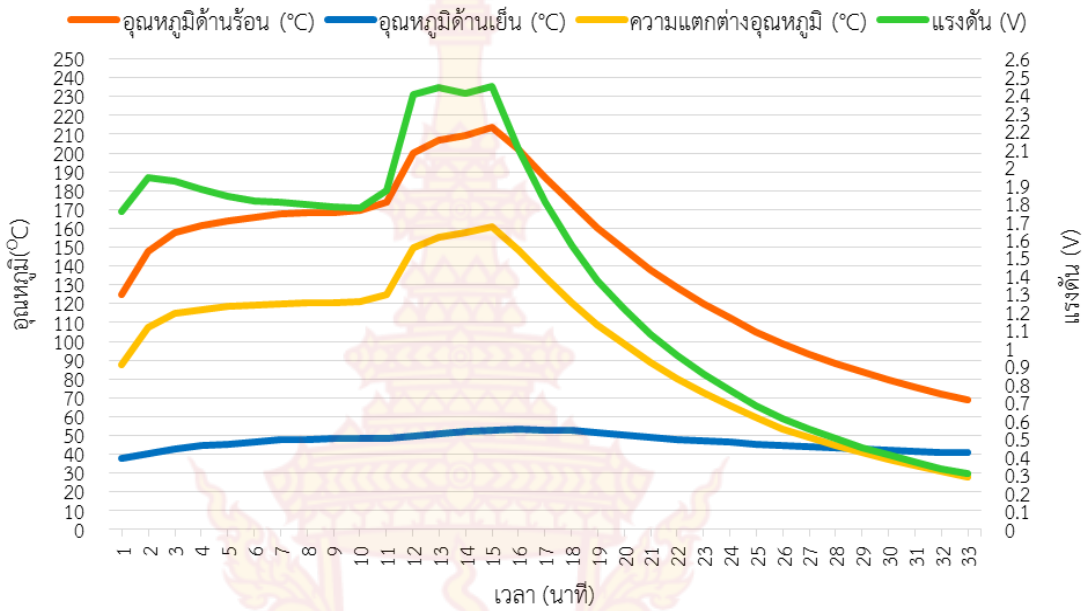
จากภาพที่ 26 แสดงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิบริเวณผนังเตา และบริเวณผนังรอบกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมครั้งที่ 2 โดยบริเวณของผนังเตาทั้ง 4 จุด มีค่าอุณหภูมิสูงเกิน 300 ℃ แต่เมื่อมีกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมมาครอบบริเวณผนังของกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมมีอุณหภูมิไม่เกิน 200 ℃ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิกล่องเหล็กจุดที่ 5 มีอุณหภูมิต่ำ อันเนื่องมาจากมีฝนตกลงมาทำให้น้ำกระทบใส่จึงทำให้อุณหภูมิลดลง



ภาพที่ 26 ค่าอุณหภูมิเตาและกล่องเหล็กสี่เหลี่ยมครั้งที่ 2

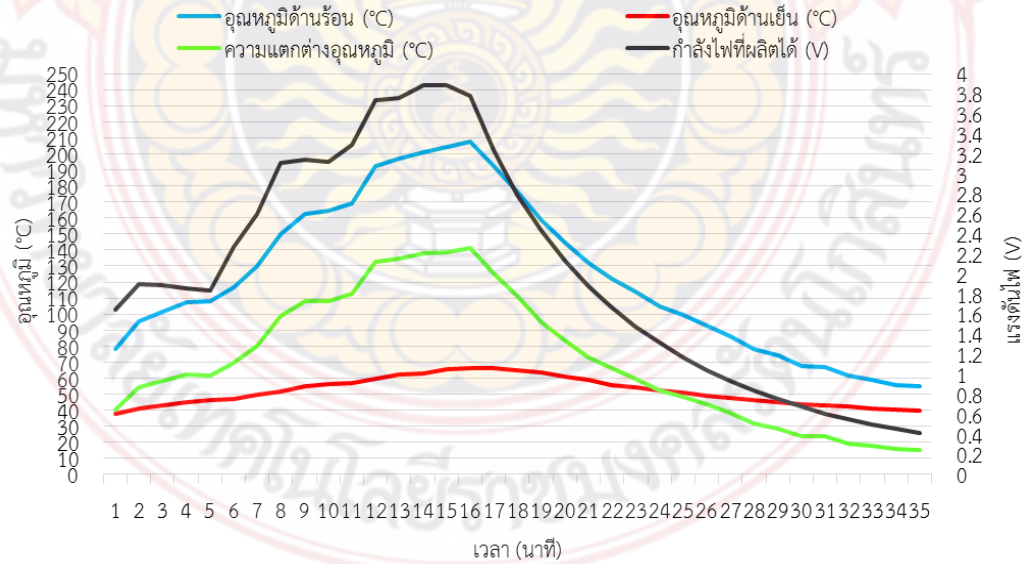
3. ผลการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจากเตาชีวมวล

จากภาพที่ 27 แสดงหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 1 พบว่าเมื่อความแตกต่างอุณหภูมิที่ระหว่าด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกมีความแตกต่างกันมากขึ้น กำลังไฟฟ้าที่จะได้มากขึ้นเช่นเดียวกัน จากการทดลองพบว่าความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดคือ 161.1 ºC ได้แรงดันไฟฟ้า 2.447 V



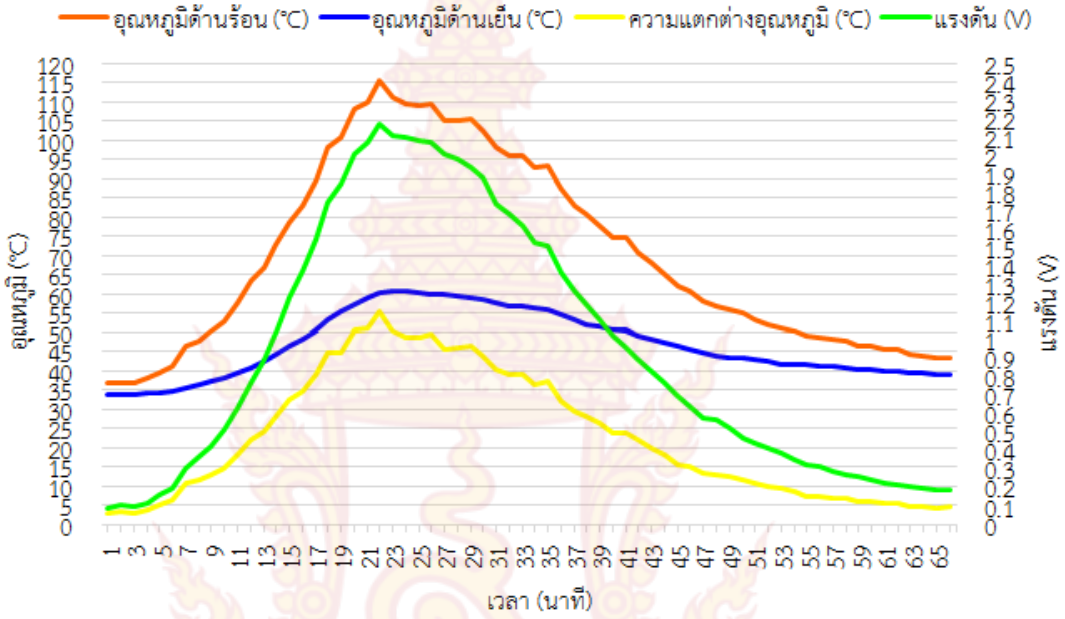
ภาพที่ 27 ค่ากำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 1

จากภาพที่ 28 แสดงหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 2 พบว่าเมื่อความแตกต่างอุณหภูมิที่ระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกคือ 137.8 ℃ ได้แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 3.888 V พบว่าได้แรงดันมากกว่าการหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 2 อันเนื่องมาจากได้ทำการทดลองซ้ำทำให้เทอร์โมอิเล็กทริกเกิดความร้อนสะสมจึงทำให้ได้แรงดันที่มากขึ้น



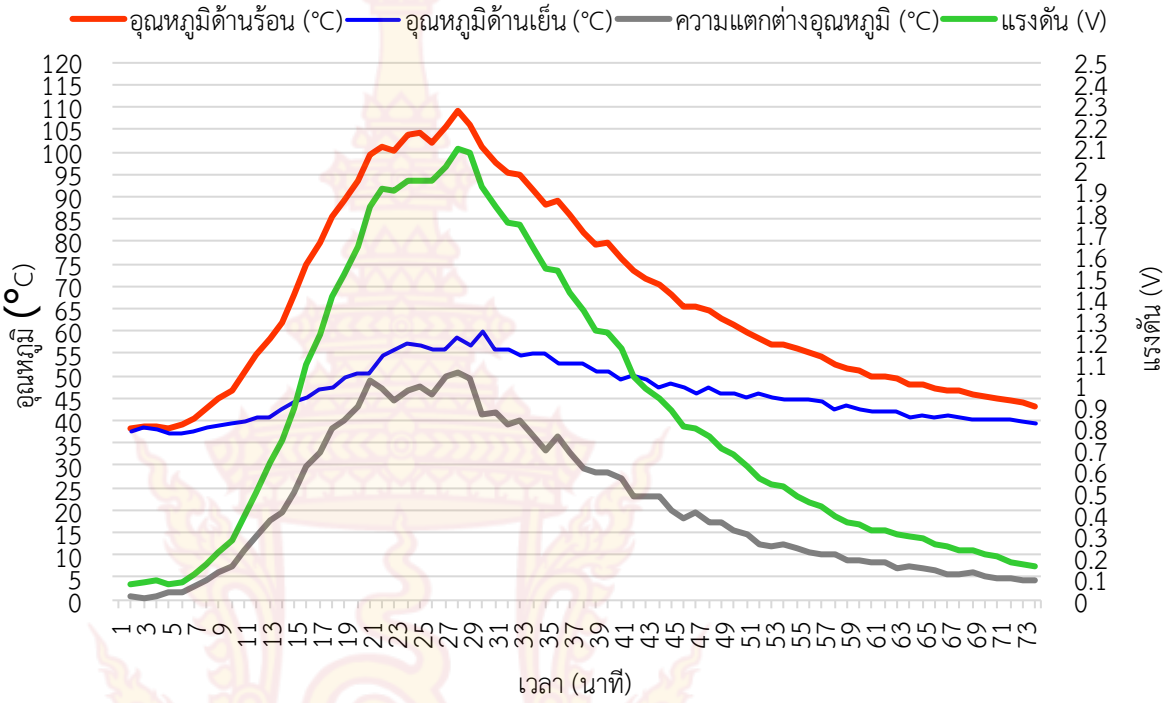
ภาพที่ 28 ค่ากำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 2

จากภาพที่ 29 แสดงการหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดกับกับชีวมวลครั้งที่ 1 พบว่าเมื่อความแตกต่างอุณหภูมิที่ระหว่าด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกมีความแตกต่าง



ภาพที่ 29 ค่ากำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดกับกับชีวมวลครั้งที่ 1

จากภาพที่ 30 แสดงหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดกับกับชีวมวลครั้งที่ 2 พบว่าเมื่อความแตกต่างอุณหภูมิที่ระหว่าด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกมีความแตกต่างกันมากขึ้น กำลังไฟฟ้าที่จะได้มากขึ้นเช่นเดียวกัน จากการทดลองพบว่าความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดคือ 50.7 ℃ ได้แรงดันไฟฟ้า 2.1 V



ภาพที่ 30 ค่ากำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดกับกับชีวมวล

4. การเผยแพร่องค์ความรู้ให้ชุมชน

การวิจัยการออกแบบและพัฒนาเตาปฏิกรณ์ชีวมวล โดยอาศัยเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับคุณสมบัติและองค์ประกอบของวัตถุดิบในชุมชน คือ ชุมชนบ้านบางเค็ม อ.เขาย้อย จ.เพชรบุรี มีการจัดการน้อยไม่ยุ่งยากต่อการดำเนินงานและการผลิตก๊าซชีวภาพให้กับชุมชนที่ชุมชนสามารถดำเนินการได้เอง โดยมีการเผยแพร่องค์ความรู้ให้ชุมชน ชุมชนบ้านบางเค็ม อ.เขาย้อย จ.เพชรบุรี จ.เพชรบุรี วันที่ 4 เมษายน 2562 ดังแสดงในภาพด้านล่าง

การเผยแพร่องค์ความรู้ให้ชุมชน

วช.
NRCT

การออกแบบและพัฒนาเตาปฏิกรณ์ก๊าซชีวมวลสำหรับชุมชน
ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ประจำปีงบประมาณ 2561

สรุปผลการดำเนินโครงการ
โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการออกแบบและพัฒนาเตาปฏิกรณ์ชีวมวลเพื่อชุมชน
ณ บ้านบางเค็ม อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี วันที่ 4 เมษายน 2562
โดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

เพศชาย 55% เพศหญิง 45%

อายุเฉลี่ย 35 ปี

จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 50 คน

อาชีพ แม่บ้าน รับจ้าง เกษตรกร ค้าขาย

ตอนที่ 2 ผลการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดกิจกรรม

หัวข้อ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล	ร้อยละ	ลำดับ
1. การถ่ายทอดเทคโนโลยีตรงกับความสนใจของท่าน	4.19	0.45	มากที่สุด	93.76	4
2. วิทยากรบรรยายทำให้ท่านเกิดความเข้าใจในเนื้อหา	4.45	0.35	มากที่สุด	95.56	2
3. ความเหมาะสมของวันและระยะเวลาการถ่ายทอดเทคโนโลยีครั้งนี้	4.24	0.60	มากที่สุด	94.10	3
4. ความเหมาะสมของสถานที่ถ่ายทอดเทคโนโลยีในครั้งนี้	4.33	0.42	มากที่สุด	92.50	5
5. ท่านได้รับความรู้จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีในครั้งนี้	4.63	0.57	มาก	90.83	8
6. ท่านสามารถนำความรู้ที่ได้ไปปฏิบัติได้จริง	4.58	0.57	มากที่สุด	92.45	6
7. ท่านคิดว่าการถ่ายทอดเทคโนโลยีครั้งนี้มีประโยชน์	4.48	0.47	มาก	89.00	10
8. ท่านคิดว่าควรจัดให้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบนี้อีกในครั้งต่อไป	4.15	0.45	มาก	91.43	7

หัวข้อ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล	ร้อยละ	ลำดับ
9. ท่านสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการอบรมไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้	4.71	0.35	มาก	90.15	9
10.ท่านมีความพึงพอใจโดยภาพรวมการถ่ายทอดเทคโนโลยีในครั้งนี้	4.38	0.49	มากที่สุด	95.89	1
เฉลี่ยรวม	**4.41**			**92.57**	

ตอนที่ 3 เรื่องที่ต้องการให้บริการวิชาการในครั้งต่อไป

1. การใช้พลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงในการบริการวิชาการในครั้งต่อไป

1. ควรมีระยะเวลาการอบรมนานกว่านี้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาทดลองสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของไม้โกงกาง พบว่าไม้โกงกางมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 5.36% ซึ่งมีปริมาณความชื้นน้อยจะเผาไหม้ได้ดี ค่าปริมาณสารระเหย จากการทดลองพบว่า ปริมาณสารระเหยของไม้โกงกางมีค่าเฉลี่ยคือ 61.72% ปริมาณเถ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.1% มีปริมาณคาร์บอนคงตัวเฉลี่ยเท่ากับ 6.82% และมีค่าความร้อนของไม้โกงกางเฉลี่ยเท่ากับ 13.23 MJ/kg ซึ่งเป็นการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials)

ผลการออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เนื่องจากบริเวณรอบเตามีอุณหภูมิสูงถึง 300 °C จึงออกแบบกล่องเหล็กเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมเพื่อเพิ่มช่องว่างอากาศระหว่างเตาและกล่องเหล็ก ทำให้ลดค่าการถ่ายเทความร้อน โดยอาศัยการแผ่ความร้อนที่ผนังของเตาไปยังกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม กล่องเหล็กสี่เหลี่ยมจะรับความร้อนจากเตาชีวมวลโดยมีอุณหภูมิสูงไม่เกิน 160 °C ผลความแตกต่างอุณหภูมิที่ได้ในการผลิตไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 70 °C และติดตั้งชุดผลิตไฟฟ้าเข้ากับกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม

ผลการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยกำหนดการใช้เชื้อเพลิงของไม้โกงกางที่นำมาเผาไหม้ในเตาชีวมวลจำนวน 3 kg พบว่าความแตกต่างอุณหภูมิที่ด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีอุณหภูมิสูงสุดไม่เกิน 130 °C และด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกมีอุณหภูมิสูงสุดไม่เกิน 70 °C จากการทดลองพบว่าความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดคือ 55.4 °C ได้กำลังไฟฟ้า 2.171 V ซึ่งยังผลิตกระแสไฟฟ้าได้ยังไม่มากพอกับการนำไปต่อใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าไม่สามารถควบคุมความแตกต่างของอุณหภูมิให้คงที่ได้ จึงได้กำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้อย่างไม่สม่ำเสมอ

2. ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการระบายความร้อนที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ที่สามารถระบายความร้อนได้ดีขึ้น เช่น การใช้น้ำในการระบายความร้อน

2. ควรมีการศึกษาข้อมูลและพัฒนาระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

บรรณานุกรม

[1] เอกสารเผยแพร่ “โครงการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีการนำวัสดุเหลือใช้และกากของเสียมาใช้ประโยชน์” กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, กระทรวงอุตสาหกรรม

[2] ฐกฤต ปานขลิบ. (2557). โรงไฟฟ้าชีวมวลแบบแก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กสำหรับชุมชน. วารสารนเรศวรพะเยา, 57, 252-258.

[3] สถาบันพลาสติก. (2557). เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันเศษไม้. กรุงเทพฯ : ผู้แต่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทน.

[4] กฤษฎา กิ้งเส้ง และ พิชัย อัมระนันท์,ทำการศึกษาระบบผลิตกำเนิดกระแสไฟฟ้าและร้อนร่วมจากเครื่องยนต์ใช้แก๊สชีวภาพ, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,มหาลัยเชียงใหม่, 2552

[5] จิระพงษ์ กวนกระโทก และคณะ. การศึกษาการผลิตแก๊สจากเศษชีวมวลโดยใช้เตาผลิตแก๊สชนิดไหลลงขนาดเล็ก. ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย.99-104. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราช มงคลอีสาน, 2557.

[6] นฤเบศร์ หนูใสเพ็ชรและสิทธิชัย วงศ์หน่อ. (2553). รายงานวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเตาแก๊สซิไฟเออร์ขนาดเล็กสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่.

[7] เพชรดา เวณุนันท์ และคณะ. การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยชุมชน. วารสารสิ่งแวดล้อม, 2552, 26-34.

[8] Alexis T. B. Rice Husk Gas Stove Handbook, Appropriate Technology Center. Department of Agricultural Engineering and Environmental Management, College of Agriculture, Central Philippine University; 2005.

[9] วรวิทย์ ดอนดาไพร,ยงยุทธ มาตรวิเศษ.กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์การเผาไหม้.ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี; 2553.

[10] สมิต อินทร์ศิริพงษ์. การศึกษาออกแบบและสร้างเตาเผาถ่านไม้น้ำหนักเบาประจาบ้าน. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง; 2552.

ภาคผนวก

แบบประเมินผลโครงการถ่ายทอดความรู้ด้านการผลิตก๊าซชีวภาพ

แบบประเมินโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพจากตาลโตนดเพื่อใช้สำหรับชุมชน ณ บ้านบางเค็ม อ.เขาย้อย จ.เพชรบุรี

วันที่ 4 เมษายน พ.ศ.2562

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

****

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

อายุ _____ ปี

ตอนที่ 2 ผลการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดกิจกรรม

หัวข้อ	ระดับความพึงพอใจ				
	1	2	3	4	5
1. การถ่ายทอดเทคโนโลยีตรงกับความสนใจของท่าน					
2. วิทยากรบรรยายทำให้ท่านเกิดความเข้าใจในเนื้อหา					
3. ความเหมาะสมของวันและระยะเวลาการถ่ายทอดเทคโนโลยีครั้งนี้					
4. ความเหมาะสมของสถานที่ถ่ายทอดเทคโนโลยีในครั้งนี้					
5. ท่านได้รับความรู้จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีในครั้งนี้					
6. ท่านสามารถนำความรู้ที่ได้ไปปฏิบัติได้จริง					
7. ท่านคิดว่าการถ่ายทอดเทคโนโลยีครั้งนี้มีประโยชน์					
8. ท่านคิดว่าควรจัดให้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบนี้อีกในครั้งต่อไป					
9. ท่านสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการอบรมไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้					
10.ท่านมีความพึงพอใจโดยภาพรวมการถ่ายทอดเทคโนโลยีในครั้งนี้					

ตอนที่ 3 ท่านต้องการให้ถ่ายทอดเทคโนโลยีในเรื่องใด

.....

.....

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุง ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีในครั้งต่อไป

.....

.....

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย): นางวิลาวัณย์ นวลศรี
   ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ): Mrs. Wilawan Naunsri
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 9305 00181 574
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ที่ทำงาน โทรศัพท์มือถือ
   โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
   - สาขาวิชาศึกษาทั่วไป-วิทยาศาสตร์ (เคมี) คณะศิลปศาสตร์ พื้นที่ศาลายา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170 โทร. 02-8894585 ต่อ 2922 มือถือโทร 0817707503
   โทรสาร. 02-8894585 ต่อ 2921
   E-mail: wilawan.t@rmutr.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

สาขาที่จบการศึกษา	สถาบัน	ปีที่จบการศึกษา
วท.บ. (เคมี) คณะศึกษาศาสตร์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2548
วท.ม. (ปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์) คณะวิทยาศาสตร์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2551

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
   - วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ (พอลิเมอร์ชีวภาพ)

Research Experience:

1. Bachelor Degree: Degradation of Natural Rubber using Cobalt Acetylacetonate., Prince of Songkla University, Pattani Campus., **2005**.
2. Master Degree: Preparation of Chitosan Particles Using Ultrasonic Atomization for Controlled Drug Release, *Chulalongkorn University, Bangkok*., **2008**.
3. Thongkong W., Siralertmukul K., Chandrkrachang S.,Lertsutthiwong P. and Tangpasuthadol V. “Preparation of Chitosan Submicroparticles using Ultrasonic Atomization for Controlled

Drug Release"*3RD Mathematics and physical sciences graduate congress on Faculty of Science, University of Malaya,* Kuala Lumpur, Malaysia, **2007** December 12-14, A040.

4. Thongkong W., Siralertmukul K., Chandrkrachang S.,Lertsutthiwong P. and Tangpasuthadol V. "Preparation of Chitosan Submicroparticles using Ultrasonic Atomization Technique" *33rd congress on Science and Technology of Thailand, Walailakl University,* Nakhon Si Thammarat, Thailand., **2007** October 18-20, 227.
5. Thongkong W., Siralertmukul K., Chandrkrachang S.,Lertsutthiwong P. and Tangpasuthadol V. "Preparation of Chitosan Submicroparticles using Ultrasonic Atomization for Controlled Drug Release"*1st Polymer Graduate Conference of Thailand on Faculty of Science, Mahidol University,* Salaya, Nakhonpathom., **2007** May 10-11, O-PN01.
6. Thongkong W., Siralertmukul K., Chandrkrachang S.,Lertsutthiwong P. and Tangpasuthadol V. "Controlled Drug Release from Chitosan nanoparticles prepared by Ultrasonic Atomization Technique"*The Science Forum2008 on Faculty of Science, Chulalongkorn University,Bangkok*, **2008** March 13-14, 93.
7. Thongkong W., "Preparation and characterization of chitosan-poly(vinyl alcohol) membrane for electrolyte base battery application" Rajamangala University Of Technology Rattanakosin., **2011**.
8. Thongkong W. "Charged Derivatives of Chitosan Film for Anti-Gram-Positive Bacteria" Rajamangala University Of Technology Rattanakosin., **2013**.
9. Naunsri W. "The use of chitosan as mordants for an enhancing dyeability of yang leaves for Community" Rajamangala University Of Technology Rattanakosin., **2015**.
10. Naunsri W. "The Using of the Chitosan Solution in precipitating of Skim Natural Rubber Latex Waste of the Community" Rajamangala University Of Technology Rattanakosin., **2016**.

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ผศ.ดร.กชศร หัสโรค์ (ชื่อเดิม นางสาวกนกอร หัสโรค์)
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Asst. Prof. Dr. Kodchasorn Hussaro
   (or Asst. Prof. Dr. Kanokorn Hussaro)
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3409700314830
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
   เงินเดือน (บาท) -
   เวลาที่ใช้ทำวิจัย (30 ชั่วโมง : สัปดาห์)
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
   คณะ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
   ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ (วิทยาเขตศาลายา)
   96 หมู่ 3 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170
   โทรศัพท์ 02-441-6000 ต่อ 2127
   E-mail hussarokanokorn@gmail.com มือถือ 084-757-7653 หรือ 089-110-0246
5. ประวัติการศึกษา

- ปริญญาเอก (PhD.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มิถุนายน 2545-มิถุนายน2551บัณฑิตร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม (PhD. Environment Technology (2008), The Joint Graduate School of Energy and Environment, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand.)
- ปริญญาโท (วศ.ม) มหาวิทยาลัยขอนแก่น พฤษภาคม 2541- เมษายน 2543 วิศวกรรมเคมี (MS. Chemical Engineering. (1999), Khon Kean University, Thailand.)
- ปริญญาตรี (วศ.บ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พฤษภาคม 2537- เมษายน 2541 วิศวกรรมเคมี (BS. ENG. (1997), Suranaree University of Technology, Thailand.)

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- วัสดุนาโน เช่น ผงถ่านกัมมันต์เพื่อดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ การผลิตซีโอไลต์เพื่อแลกเปลี่ยนประจุ
- พลังงานทดแทนจากชีวมวล เช่น การผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวล การผลิตชีวมวลไปเป็นเชื้อเพลิงเหลว (Biomass to liquid, BtL)
- การจัดการของเสียอุตสาหกรรม

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย :

7.1.1 การพัฒนาซีโอไลต์เพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนไอออน (ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานเทคโนโลยี SME มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

7.1.2 Factors Affecting the Ion Exchange Capacity of Zeolite Granule (ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานเคโนโลยี SME มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระหว่าง พฤศจิกายน 2549 ถึง ธันวาคม 2550)

7.1.3 Development of Zeolite Granule for Gas Molecular Sieving (ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานเคโนโลยี SME มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระหว่าง กุมภาพันธ์ 2550 ถึง มกราคม 2551)

7.1.4 Synthesis of Zeolite A from By-Product from Aluminium Etching Process: Effects of Reaction Temperature and Reaction Time on Pore Volume

7.1.5 คณะกรรมการจัดทำแนวทางการปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best Practice) โครงการพัฒนาส่งเสริมการใช้ทรัพยากรแร่และโลหะหมุนเวียนเพื่อการพัฒนาอย่างมีดุลยภาพ ระหว่างสถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย กับ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ (กพร.) โดยมีขอบเขตการดำเนินงานดังนี้

- ศึกษา รวบรวม และวิเคราะห์ศักยภาพของเสียหรือวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมพื้นฐานอุตสาหกรรมเหมืองแร่ ซึ่งมีความเป็นไปได้ทางด้านเทคโนโลยี และความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ ในการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่หรือนำไปเป็นวัตถุดิบตลอดจนปัจจัยการผลิตสำหรับภาคอุตสาหกรรมอื่น

- สำรวจ เก็บข้อมูล ของเสียหรือวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมพื้นฐานและอุตสาหกรรมเหมืองแร่ ที่ได้รับการศึกษาวิเคราะห์และคัดเลือกตามปัจจัยชี้วัดที่กำหนดแล้วว่ามีศักยภาพสูงสุด จำนวน 4 ชนิด ข้อมูลดังกล่าว ได้แก่ แหล่งที่มา ปริมาณ คุณสมบัติ วิธีการจัดการ ค่าใช้จ่ายในการจัดการ ปัญหาอุปสรรค และความต้องการความช่วยเหลือในการจัดการ เป็นต้น
- จัดทำแนวทางการปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best Practices) สำหรับการบริหารจัดการของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ ตามหลักการ 3Rs จำนวน 4 ชนิด
- วิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเทคโนโลยี และความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อการลงทุนก่อตั้งสถานประกอบการในการหมุนเวียนของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวกลับมาใช้ใหม่

7.1.6 ทำวิจัยร่วมกับ The Institute of Industrial Production (IIP), Universität Karlsruhe (TH) เรื่อง Biomass potential analyses and identification of suitable utilization ระหว่าง 1พฤศจิกายน 2552 – 31 ธันวาคม 2552 ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงาน

นวัตกรรมแห่งชาติ (สนช.) NationalInnovation Agency (NIA) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

งานวิจัยที่ผ่านมา

หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

(1) โครงการยกระดับและจัดทำฐานข้อมูลการพัฒนาโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ 8 จังกวัด ในพื้นที่เป้าหมาย (ระยอง สมุทรปราการ สมุทรสาคร ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ชลบุรี นครปฐม และปทุมธานี) (ได้รับการสนับสนุนงบวิจัย จากสถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ประจำปีงบประมาณ 2561)

(2) โครงการยกระดับและจัดทำฐานข้อมูลการพัฒนาโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ 8 จังหวัด ในพื้นที่เป้าหมาย (ระยอง สมุทรปราการ สมุทรสาคร ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ชลบุรี นครปฐม และปทุมธานี) (ได้รับการสนับสนุนงบวิจัย จากสถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ประจำปีงบประมาณ 2560)

(3) การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพสู่ชุมชนเพื่อแก้ปัญหาการกำจัดผักตบชวาอย่างยั่งยืน (ได้รับการสนับสนุนงบวิจัย**“การจัดการความรู้การวิจัยเพื่อการใช้ประโยชน์เชิงนโยบาสาธารณะ (Public Policy)” ภายใต้โครงการจัดการความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผลงานวิจัยและนวัตกรรม ประจำปี 2560** จาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560)

(4) ผลกระทบของโรงไฟฟ้าชีวมวลแก๊สซิฟิเคชั่นขนาดเล็กมาก ต่อระบบไฟฟ้ากำลัง (ได้รับการสนับสนุนงบวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560)

(5) การผลิตก๊าซชีวภาพด้วยระบบหมุนวนจากตาลโตนดเพื่อใช้สำหรับชุมชน (ได้รับการสนับสนุนงบวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560)

(6) โครงการจัดทำมาตรฐานคุณวุฒิวิชาชีพ สาขาอาชีพธุรกิจจัดการพื้นที่สีเขียว (ได้รับการสนับสนุนงบวิจัยจาก สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2560)

(7) การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหารและเศษผักเพื่อใช้สำหรับชุมชนวัดสระแก้ว จังหวัดอ่างทอง (ได้รับการสนับสนุนงบวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559)

(8) การพัฒนาซีโอไลต์เพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนไอออน (ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานเทคโนโลยี SME มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

(9) Factors Affecting the Ion Exchange Capacity of Zeolite Granule (ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานเคโนโลยี SME มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระหว่าง พฤศจิกายน 2549 ถึง ธันวาคม 2550)

(10)Development of Zeolite Granule for Gas Molecular Sieving (ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานเคโนโลยี SME มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระหว่าง กุมภาพันธ์ 2550 ถึง มกราคม 2551)

(11)Synthesis of Zeolite A from By-Product from Aluminium Etching Process: Effects of Reaction Temperature and Reaction Time on Pore Volume

(12) คณะกรรมการจัดทำแนวทางการปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best Practice) โครงการพัฒนาส่งเสริมการใช้ทรัพยากรแร่และโลหะหมุนเวียนเพื่อการพัฒนาอย่างมีดุลยภาพ ระหว่าง สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย กับ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ (กพร.) โดยมีขอบเขตการดำเนินงานดังนี้

- ศึกษารวบรวมและวิเคราะห์ศักยภาพของเสียหรือวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมพื้นฐานอุตสาหกรรมเหมืองแร่ ซึ่งมีความเป็นไปได้ทางด้านเทคโนโลยี และความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ ในการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่หรือนำไปเป็นวัตถุดิบตลอดจนปัจจัยการผลิตสำหรับภาคอุตสาหกรรมอื่น
- สำรวจ เก็บข้อมูล ของเสียหรือวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมพื้นฐานและอุตสาหกรรมเหมืองแร่ ที่ได้รับการศึกษาวิเคราะห์และคัดเลือกตามปัจจัยชี้วัดที่กำหนดแล้วว่ามีศักยภาพสูงสุด จำนวน 4 ชนิด ข้อมูลดังกล่าว ได้แก่ แหล่งที่มา ปริมาณ คุณสมบัติ วิธีการจัดการ ค่าใช้จ่ายในการจัดการ ปัญหาอุปสรรค และความต้องการความช่วยเหลือในการจัดการ เป็นต้น
- จัดทำแนวทางการปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best Practices) สำหรับการบริหารจัดการของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ ตามหลักการ 3Rs จำนวน 4 ชนิด
- วิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเทคโนโลยี และความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อการลงทุนก่อตั้งสถานประกอบการในการหมุนเวียนของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวกลับมาใช้ใหม่
- ทำวิจัยร่วมกับ The Institute of Industrial Production (IIP), Universität Karlsruhe (TH) เรื่อง Biomass potential analyses and identification of suitable utilization ระหว่าง 1พฤศจิกายน 2552 – 31 ธันวาคม 2552 ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (สนช.) NationalInnovation Agency (NIA) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผลงานวิจัยตีพิมพ์วารสารวิชาการระดับนานาชาติ

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

Year	Publications
2018 (TCI Group 1/ACI/SCOPUS)	**ชื่อเจ้าของผลงาน K. Hussaro,** J. Intanin, and S. Teekasap **ชื่อผลงาน** *Biogas Production of Animal Manure with Wastewater from Toddy Palm Process with Circulate System for the Community: Case Study Phetchaburi Province.* **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** GMSARN International Journal, Vol. 12 No. 1 March 2018. (Published by the GREATER MEKONG SUBREGION ACADEMIC AND RESEARCH NETWORK)
2017 (TCI Group 1/ACI/SCOPUS)	**ชื่อเจ้าของผลงาน K. Hussaro,** J. Intanin, and S. Teekasap **ชื่อผลงาน** *Biogas Production from Food Waste and Vegetable Waste for the Sakaew Temple Community Angthong Province Thailand.* **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** GMSARN International Journal, Vol. 11 No. 2 June 2017. (Published by the GREATER MEKONG SUBREGION ACADEMIC AND RESEARCH NETWORK)
2017	**ชื่อเจ้าของผลงาน Hussaro, K.**, Intanin, J., Chaisawang, M., Sorndech, W. **ชื่อผลงาน** *Municipal waste management from toddy palm processing for biogas production to community; evidence phetchaburi province.* **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** The 8th Rajamangala University of Technology International Conference, Creative RMUT and Sustainable Innovation for Thialand 4.0, 2-4 August 2017 IMPACT Muang Thong Thani, Thailand.
2017	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Sorndech, W., Tongta, S., **Hussaro, K.**, Chaisawang, M., Sripywan, A., & Worawut, Y. **ชื่อผลงาน** *Structural, pasting property and digestibility changes of cassava starch by α-amylase and branching enzyme treatment.* **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** The 8th Rajamangala University of Technology International Conference, Creative RMUT and Sustainable Innovation for Thialand 4.0, 2-4 August 2017 IMPACT Muang Thong Thani, Thailand.
2017	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Chaisawang, M., Sripywan, A., Worawut, Y., **Hussaro, K.**, & Sorndech, W. **ชื่อผลงาน** *Influence of reduced-fat replacement on rheological and physical properties of butter cookie with selected hydrocolloids.* **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** The 8th Rajamangala University of Technology International Conference, Creative RMUT and Sustainable Innovation for

	Thialand 4.0, 2-4 August 2017 IMPACT Muang Thong Thani, Thailand.
2016	**ชื่อเจ้าของผลงาน Hussaro, K.**, Jantree, C., Intanin, J. & Teekasap S. **ชื่อผลงาน** *Biogas production from food waste and vegetable waste for the sakaew temple community Angthong Province Thailand* **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** The 11th GMSARN International Conference "Innovative Energy, Enviroment and Development in GMS", 16-18 Novenber 2016, Uchoice Hotel Kunming, China.
2015	**ชื่อเจ้าของผลงาน Hussaro**, K., Saitawee, L., Keanoi, N., & Teekasap, S **ชื่อผลงาน** *Optimizing experimental condition of biogas production from elephant manure and rice straw with chicken dung as inoculum in a mesophilic lab scale* **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** The 10th GMSARN International Conference on Smart Energy, Environment, and Community Development in GMS, 16-18 December , Hotel Cambodiana Phnom Penh, Cambodia.
2015	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Wiryaprakob, P., **Hussaro, K.**, Hunsacharooroj, I. & S. Teekasap **ชื่อผลงาน** *Influence of pyrolysis temperature on products yield and bio-oil product from leucaena leucocephala branches, cassava root and eucalyptus branches via fast pyrolysis* **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** The 10th GMSARN International Conference on Smart Energy, Environment, and Community Development in GMS, 16-18 December , Hotel Cambodiana Phnom Penh, Cambodia.
2015	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Kum-iam, P., Prommas, R., Bunnag, T. & **Hussaro, K.** **ชื่อผลงาน** *Analysis of specific energy comsumption for chiller using chiller optimizer: case study centrara hotel Hat Yai* **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** The 10th GMSARN International Conference on Smart Energy, Environment, and Community Development in GMS, 16-18 December , Hotel Cambodiana Phnom Penh, Cambodia.
2014 Database Scopus	**ชื่อเจ้าของผลงาน Kanokorn Hussaro** **ชื่อผลงาน** Preparation of Activation Carbon from Palm Oil Shell by Chemical Activation with Na_2CO_3 and $ZnCl_2$ as Impregnated Agents for H_2S Adsorption **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** *American Journal of Environmental Science* 10*(*4*):* 336-346
2014 Database	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Wasan Phooratsamee, **Kanokorn Hussaro**, Sombat Teekasap and Jongjit Hirunlabh

Scopus	**ชื่อผลงาน** Increasing Adsorption of Activated Carbon from Palm Oil Shell for Adsorb H_2S from Biogas Production by Impregnation **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** *American Journal of Environmental Science* 10*(*5*):*431-445
2014 Database Scopus	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Lertluck Saitawee, **Kanokorn Hussaro**, Sombat teekasap, and Noppadon Cheamsawat **ชื่อผลงาน** Biogas Production from Anaerobic Co-digestion of Cow Dung and Organic Wastes (Napier Pak Chong I and Food Waste) in Thailand: Temperature Effect on Biogas Product **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** *American Journal of Environmental Science* 10*(*2*):* 129-139
2014 Database Scopus	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Napon Keanoi, **Kanokorn Hussaro**, and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน** Effect of with/without Agitation of Agricultural Waste on Biogas Production from Anaerobic Co-digestion- A Small Scale **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** *American Journal of Environmental Science* 10*(*1*):* 74-85
2013 Database Scopus	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Napon Keanoi, **Kanokorn Hussaro**, and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน** The Effect of Natural Water with Cow Dung and Agricultural Waste Ratio on Biogas Production from Anaerobic Co-Digestion **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** *American Journal of Environmental Science* 9*(*6*):* 529-536
2013	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Leartluck Saitawee, **Kanokorn Hussaro**, Sombat Teekasap, and Noppadon Cheamsawat **ชื่อผลงาน** Design Biogas Production from Mixed Napier Pak Chong I/Food Waste at Thermophilic Temperature by Anaerobic Digestion in Cow Dung and Chicken Dung **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** 8th GMSAN International Conference on Green Growth in GMS: Energy, Environmental and Social Issues, 18-20 December 2013 at Mandalay, Myanmar.
2013	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Jakaphong Kongpanya, **Kanokorn Hussaro**, and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน** Comparative Studies of Biochar Produced from Oil Palm Residues by Hydrothermal Carbonization **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** 3rd International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS), 7-9 November 2013 at Osaka, Japan
2013	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Leartluck Saitawee, **Kanokorn Hussaro**, Sombat Teekasap,

	and Noppadon Cheamsawat **ชื่อผลงาน** The Effect of Age of Napier Pakchong I on Biogas Yield from the Anaerobic Co-digestion with Cow Dung **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** 3rd International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS), 7-9 November 2013 at Osaka, Japan
2013 Database Scopus	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Prateep Pattanapunt, **Kanokorn Hussaro**, Tika Bunnak and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน** Waste Heat Recovery from Boiler of Large-Scale Textile Industry **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** *American Journal of Environmental Science* 9(3): 231-239
2013	**ชื่อเจ้าของผลงาน** W. Phooratsamee, **K. Hussaro**, S. Teekasap and J. Khedari **ชื่อผลงาน** Alternative Biomass Residues from Palm Oil Mill for Synthesis Activated Carbon by Zinc Chloride Activation **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** *GMSARN Interantional Journal* 7: 91-94
2012	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Pramarnsak Soatou, **Kanokorn Hussaro**, Joseph Khedari, and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน** Potential Study of Biogas Production from Animals Manure with Rice Straw in Thailand **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** 3rd International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture (SEGA-03), 14-16 March 2012 at Bangkok, Thailand.
2012	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Narawut Pluembumrer, **Kanokorn Hussaro**, Joseph Khedari, and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน** Potential Study of Bio-Oil Production from Agriculture Residues by Mean of Induction Pyrolysis **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** 3rd International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture (SEGA-03), 14-16 March 2012 at Bangkok, Thailand.
2012	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Naphon Keanoi, **Kanokorn Hussaro**, Joseaph Khedsri, and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน** Anaerobic Co-digestion of Cow Dung and Biomass Residues for Rural house Hold **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** 3rd International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture (SEGA-03), 14-16 March 2012 at Bangkok, Thailand.
2011	**ชื่อเจ้าของผลงาน Kanokorn Hussaro**, Magnus Frohling, Frederik Trippe

	ชื่อผลงาน Analysis of Costs Estimation for Biomass to Liquid (BtL) Production in Southern Thailand **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** 6th International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies. 25-28 May 2011 at Hat Yai, Thailand.
2011 Database Scopus	**ชื่อเจ้าของผลงาน** **Dr. Kanokorn Hussaro**, Assc. Dr. Sombat Teekasap, Nisakorn Somsuk **ชื่อผลงาน** Synthesis of Zeolite A from By-Product of Aluminum Etching Process: Effects of Reaction Temperature and Reaction Time on Pore Volume **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** *American Journal of Environmental Science* 7(1): 35-42
2010	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Magnus Frohling, Frederik Trippe, **Kanokorn Hussaro**, Frank Schultmann **ชื่อผลงาน** A Techno-Economic Assessment of a Second Generation Biofuel Concept for Southern Thailand **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** 5th GMSARN International Conference on Sustainable Development and Climate Change: Challenges and Opportunity in GMS, 17-19 November 2010, Luang Prabang, Laos
2009	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Nisakorn Somsuk, Teerapot Wessapan, Seksan Sutthisong, **Kanokorn Hussaro**, Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน** Development of a Heat Exchanger Used with Pyrolysis Oven in Wood Vineger Production
	แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน The Sixth International New Exploratory Technologies Conference (NEXT 2009) October 12-14 2009 in Shanghai, China
2009	**ชื่อเจ้าของผลงาน** S. Teekasap, K. Hussaro, N. Somsuk, T. Wessapan **ชื่อผลงาน** Hydrothermal of Sludge Wastes with Formation of Zeolite A Molecular Sieves **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** The Sixth International New Exploratory Technologies Conference (NEXT 2009) October 12-14 2009 in Shanghai, China

2009	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Teerapot Wessapan, Seksan Sutthisong, Nisakorn Somsuk, Kanokorn Hussaro and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน** A Development of Pyrolysis Oven for Wood Vinegar Production **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** The GMSARN International Conference 2008, 12-14 November 2008 at Uchoice Hotel, Kunming, China
2008	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Kanokorn Hussaro and Noppadon Cheamsawat **ชื่อผลงาน** Development of Zeolite Granule from Aluminium Etching By-Product for Ion Exchange **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** Commemorative International Conference On The Occasion of The 4th CYCLE CELEBARION OF KMUTT, Sustainable Development to Save The Earth Tecnologies and Strategies Vision 2050, 7-9 April 2009, Millennium Hilton Bangkok Hotel, Bangkok, Thailand
2008	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Nisakorn Somsuk, **Kanokorn Hussaro** **ชื่อผลงาน** "Factors Affecting the Ion Exchange Capacity of Zeolite Granule **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** The GMSARN International Conference 2008, 12-14 November 2008 at Uchoice Hotel, Kunming, China
2008	**ชื่อเจ้าของผลงาน Kanokorn Hussaro**, Teerapot Wessapan, Noppadon Cheamsawat **ชื่อผลงาน** Development of Zeolite Granule for Gas Molecular Sieving **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** The GMSARN International Conference 2008, 12-14 November 2008 at Uchoice Hotel, Kunming, China
2008	**ชื่อ Houssaro เจ้าของผลงาน Kanokorn**, Anirut Taikhao, Sirinuch Chindaruksa, Jompob Waewsak **ชื่อผลงาน** Development of Solar Dryer for Mulberry Paper **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** The 1st International Conference of the Council of Deans of Architecture School of Thailand **(**CDAST2008**):** May 23rd-25th, 2008, Phitsanulok, Thailand

Year	Publications
2016	**ชื่อเจ้าของผลงาน Kodchasorn,** Chanida Jantree, Jutiporn Intanin, and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน** Biogas Production from Food Waste and Vegetable Waste for the Sakaew Temple Community Angthong Province Thailand **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน The 11th GMSARN International Conference 2016** On "Innovative Energy, Environment and Development in GMS" 16 – 18 November 2016 Uchoice Hotel Kunming, China
2015	**ชื่อเจ้าของผลงาน** P. Wiriyaprakob**, K. Hussaro**, I. Hunsacharooroj and S. Teekasap **ชื่อผลงาน Influence of Pyrolysis Temperature on Products Yield and Bio-Oil Product from Leucaena Leucocephala, Cassava Root and Eucalyptus Branches Via Fast Pyrolysis** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** 10th *GMSARN Int. Conf. on Smart Energy, Environment, and Community Development in GMS, 16-18 December 2015, at Phnom Penh, Cambodia*
2015	**ชื่อเจ้าของผลงาน Kodchasorn Hussaro**, Leartluck Saitawee, Naphon Keanoi and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน** Optimizing Experimental Condition of Biogas Production from Elephant Manure and Rice Straw with Chicken Dung as Inoculum in a Mesophilic Lab-Scale **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** 10th *GMSARN Int. Conf. on Smart Energy, Environment, and Community Development in GMS, 16-18 December 2015, at Phnom Penh, Cambodia*
2014 Database Scopus	**ชื่อเจ้าของผลงาน Kanokorn Hussaro** **ชื่อผลงาน** Preparation of Activation Carbon from Palm Oil Shell by Chemical Activation with Na_2CO_3 and $ZnCl_2$ as Impregnated Agents for H_2S Adsorption **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** *American Journal of Environmental Science* 10(4): 336-346

2014 Database Scopus	**ชื่อเจ้าของผลงาน** Wasan Phooratsamee, **Kanokorn Hussaro**, Sombat Teekasap and Jongjit Hirunlabh **ชื่อผลงาน** Increasing Adsorption of Activated Carbon from Palm Oil Shell for Adsorb H_2S from Biogas Production by Impregnation **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** *American Journal of Environmental Science* 10(5):431-445
2014 Database Scopus	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** Lertluck Saitawee**, Kanokorn Hussaro, S**ombat teekasap, and Noppadon Cheamsawat **ชื่อผลงาน Biogas Production from Anaerobic Co-digestion of Cow Dung and Organic Wastes (Napier Pak Chong I and Food Waste) in Thailand: Temperature Effect on Biogas Product** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** ***American Journal of Environmental Science*** **10(2): 129-139**
2014 Database Scopus	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** Napon Keanoi**, Kanokorn Hussaro,** and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน Effect of with/without Agitation of Agricultural Waste on Biogas Production from Anaerobic Co-digestion- A Small Scale** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** ***American Journal of Environmental Science*** **10(1): 74-85**
2013 Database Scopus	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** Napon Keanoi**, Kanokorn Hussaro,** and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน The Effect of Natural Water with Cow Dung and Agricultural Waste Ratio on Biogas Production from Anaerobic Co-Digestion** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** ***American Journal of Environmental Science*** **9(6): 529-536**
2013	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** Leartluck Saitawee, **Kanokorn Hussaro,** Sombat Teekasap, and Noppadon Cheamsawat **ชื่อผลงาน Design Biogas Production from Mixed Napier Pak Chong I/Food Waste at Thermophilic Temperature by Anaerobic Digestion in Cow Dung and Chicken Dung** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน 8th GMSAN International Conference on Green Growth in GMS: Energy, Environmental and Social Issues, 18-20 December 2013 at Mandalay, Myanmar.**
2013	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** Jakaphong Kongpanya**, Kanokorn Hussaro**, and Sombat Teekasap

	ชื่อผลงาน Comparative Studies of Biochar Produced from Oil Palm Residues by Hydrothermal Carbonization **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน 3rd International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS), 7-9 November 2013 at Osaka, Japan**
2013	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** Leartluck Saitawee, **Kanokorn Hussaro,** Sombat Teekasap, and Noppadon Cheamsawat **ชื่อผลงาน The Effect of Age of Napier Pakchong I on Biogas Yield from the Anaerobic Co-digestion with Cow Dung** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน 3rd International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS), 7-9 November 2013 at Osaka, Japan**
2013 Database Scopus	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** Prateep Pattanapunt, **Kanokorn Hussaro, T**ika Bunnak and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน Waste Heat Recovery from Boiler of Large-Scale Textile Industry** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน *American Journal of Environmental Science* 9(3): 231-239**
2013 **TCI กลุ่ม 1**	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** W. Phooratsamee, **K. Hussaro, S.** Teekasap and J. Khedari **ชื่อผลงาน Alternative Biomass Residues from Palm Oil Mill for Synthesis Activated Carbon by Zinc Chloride Activation** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน *GMSARN Interantional Journal* 7: 91-94**
2012	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** Pramarnsak Soatou, **Kanokorn Hussaro,** Joseph Khedari, and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน Potential Study of Biogas Production from Animals Manure with Rice Straw in Thailand** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน 3rd International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture (SEGA-03), 14-16 March 2012 at Bangkok, Thailand.**
2012	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** Narawut Pluembumrer**, Kanokorn Hussaro,** Joseph Khedari, and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน Potential Study of Bio-Oil Production from Agriculture Residues by Mean of Induction Pyrolysis** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน 3rd International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture (SEGA-03), 14-16 March 2012 at Bangkok, Thailand.**

2012	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** Naphon Keanoi, **Kanokorn Hussaro,** Joseaph Khedsri, and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน Anaerobic Co-digestion of Cow Dung and Biomass Residues for Rural house Hold** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** 3rd **International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture (SEGA-03), 14-16 March 2012 at Bangkok, Thailand.**
2011	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน Kanokorn Hussaro,** Magnus Frohling, Frederik Trippe **ชื่อผลงาน Analysis of Costs Estimation for Biomass to Liquid (BtL) Production in Southern Thailand** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน 6th International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies. 25-28 May 2011 at Hat Yai, Thailand.**
2011 Database Scopus	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน Dr. Kanokorn Hussaro,** Assc. Dr. Sombat Teekasapม Nisakorn Somsuk **ชื่อผลงาน Synthesis of Zeolite A from By-Product of Aluminum Etching Process: Effects of Reaction Temperature and Reaction Time on Pore Volume** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน** *American Journal of Environmental Science* **7(1): 35-42**
2010	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** Magnus Frohling, Frederik Trippe, **Kanokorn Hussaro,** Frank Schultmann **ชื่อผลงาน A Techno-Economic Assessment of a Second Generation Biofuel Concept for Southern Thailand** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน 5th GMSARN International Conference on Sustainable Development and Climate Change: Challenges and Opportunity in GMS, 17-19 November 2010, Luang Prabang, Laos**
2009	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** Nisakorn Somsuk, Teerapot Wessapan, Seksan Sutthisong, **Kanokorn Hussaro,** Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน Development of a Heat Exchanger Used with Pyrolysis Oven in Wood Vineger Production** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน The Sixth International New Exploratory Technologies Conference (NEXT 2009) October 12-14 2009 in Shanghai, China**
2009	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** S. Teekasap, **K. Hussaro,** N. Somsuk, T. Wessapan **ชื่อผลงาน Hydrothermal of Sludge Wastes with Formation of Zeolite A**

	Molecular Sieves **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน The Sixth International New Exploratory Technologies Conference (NEXT 2009) October 12-14 2009 in Shanghai, China**
2008	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** Teerapot Wessapan, Seksan Sutthisong, Nisakorn Somsuk, **Kanokorn Hussaro** and Sombat Teekasap **ชื่อผลงาน A Development of Pyrolysis Oven for Wood Vinegar Production** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน The GMSARN International Conference 2008, 12-14 November 2008 at Uchoice Hotel, Kunming, China**
2008	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน Kanokorn Hussaro** and Noppadon Cheamsawat **ชื่อผลงาน Development of Zeolite Granule from Aluminium Etching By-Product for Ion Exchange** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน Commemorative International Conference On The Occasion of The 4th CYCLE CELEBARION OF KMUTT, Sustainable Development to Save The Earth Tecnologies and Strategies Vision 2050, 7-9 April 2009, Millennium Hilton Bangkok Hotel, Bangkok, Thailand**
2008	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน** Nisakorn Somsuk, **Kanokorn Hussaro** **ชื่อผลงาน "Factors Affecting the Ion Exchange Capacity of Zeolite Granule** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน The GMSARN International Conference 2008, 12-14 November 2008 at Uchoice Hotel, Kunming, China**
2008	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน Kanokorn Hussaro,** Teerapot Wessapan, Noppadon Cheamsawat **ชื่อผลงาน Development of Zeolite Granule for Gas Molecular Sieving** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน The GMSARN International Conference 2008, 12-14 November 2008 at Uchoice Hotel, Kunming, China**
2008	**ระบุชื่อเจ้าของผลงาน Kanokorn Houssaro,** Anirut Taikhao, Sirinuch Chindaruksa, Jompob Waewsak **ชื่อผลงาน Development of Solar Dryer for Mulberry Paper** **แหล่งที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน The 1st International Conference of the Council of Deans of Architecture School of Thailand (CDAST2008): May 23rd-25th, 2008, Phitsanulok, Thailand**