รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
การพัฒนาเตาไพโรไลซีสเพื่อการผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติก ทั่วไปต้นทุนต่ำ
ภายใต้แผนงานวิจัย การพัฒนาระบบบริหารจัดการขยะเพื่อสุขภาวะ และเศรษฐกิจสร้างสรรค์

ธันยบูรณ์ ถาวรวรรณ์
และคณะ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุน
การสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ประจำปีงบประมาณ 2560

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ พ.ศ. 2561

การพัฒนาเตาไพโรไลซีสเพื่อการผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติกทั่วไปต้นทุนต่ำ

The Development of Low Cost Pyrolysis Plant for Oil Refinery Produced from Plastic wastes

ธันยบูรณ์ ถาวรวรรณ์
พุทธดี อุบลศุข
เชาวฤทธิ์ วันเสาร์
นพดล บุณยรัตพันธุ์

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ประจำปีงบประมาณ 2560

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ พ.ศ. 2561

บทสรุปผู้บริหาร

ในการดำรงชีวิตในปัจจุบันที่ประกอบพร้อมไปด้วยสิ่งอำนวยความสะดวกสบายในรูปแบบต่างๆ อยู่รอบตัวเราอย่างมากมาย ประกอบกับการเพิ่มจำนวนของประชากรในประเทศต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณ และสิ่งที่เกิดขึ้นตามมานั่นก็คือปัญหาของประมาณขยะที่เกิดจากการบริโภคอุปโภคผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่มีเพิ่มตามจำนวนประชากร และจากผลการวิจัยในวารสาร Science Advances ระบุว่ามีผลการสำรวจในปี พ.ศ. 2558 มนุษย์เราได้สร้างพลาสติกขึ้นมาประมาณ 8.3 พันล้านตัน และมี 6.3 พันล้านตันที่ได้กลายมาเป็นขยะ โดยมีร้อยละ 9 ที่ถูกนำไปรีไซเคิลได้ ร้อยละ 12 ถูกนำไปกำจัดโดยการเผา และร้อยละ 79 ถูกนำไปกำจัดโดยการนำไปฝังกลบ ดังนั้นแนวทางในการกำจัดขยะพลาสติกเพื่อการแปรรูปเป็นพลังงาน ผู้วิจัยได้เลือกกระบวนการไพโรไลซิส ซึ่งเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนก๊าซให้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำมัน มาใช้ในกระบวนการกำจัดขยะพลาสติก และผลจากกระบวนการดังกล่าวจะได้น้ำมันเชื้อเพลิงและลดปริมาณขยะพลาสติกลง โดยในการผลิตน้ำมันดิบจากขยะพลาสติก ด้วยกระบวนการไพโรไลซิส ในงานวิจัยนี้ จะพิจารณาเลือกพลาสติกประเภทพอลิโพพีลีน (Polypropylene: PP) และพลาสติกประเภทโฟม (Polystyrene : PS)

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปริมาณและประเภทของขยะชนิดต่างๆ ในภาพรวมของระดับจังหวัด ได้แก่ จังหวัดน่าน จังหวัดเชียงราย และจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์ประมาณการถึงปริมาณการผลิตขยะประเภทต่างๆ ของชุมชนที่เกิดขึ้นในเขตพื้นที่จังหวัดที่เป็นที่ตั้งของเขตพื้นที่เป้าหมายซึ่งเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ของ อบต.ป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน, อบต.แม่พริก อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย และ อบต.บ่อแก้ว อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่

เมื่อทำการสกัดน้ำมันดิบไพโรไลซิสจากกระบวนการการทดลองผลิตที่ได้ ก็จะนำมาวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของน้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติก ชนิด PP และ น้ำมันไพโรไลซิสจากโฟม ชนิด PS พบว่า น้ำมันไพโรไลซิสที่สกัดได้จากพลาสติกชนิด PP จะมีจุดวาบไฟที่ 14 $^{\circ}$C มีค่าความร้อนจากการเผาไหม้ที่ 46.134 MJ/kg และน้ำมันไพโรไลซิสที่สกัดได้จากโฟม ชนิด PS มีจุดวาบไฟที่ 35 $^{\circ}$C มีค่าความร้อนจากการเผาไหม้ที่ 41.436 MJ/kg และสามารถนำไปเปรียบเทียบกับค่าจุดวาบไฟของน้ำมันก๊าดอยู่ระหว่าง 35 $^{\circ}$C ถึง 65 $^{\circ}$C ค่าความร้อนจากการเผาไหม้แบบกรอส (High Heating Value) ของน้ำมันก๊าดอยู่ที่ 46.2 MJ/kg แต่อย่างไรก็ตาม ณ ปัจจุบันนี้การนำกระบวนการผลิตน้ำมันดิบด้วยวิธีการไพโรไลซิสจากพลาสติกเหลือทิ้งนี้ อาจจะยังไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในการนำไปผลิตน้ำมันดิบเพื่อเป็นพลังงานทดแทนในชุมชนเชิงพาณิชย์ได้ เนื่องมาจากราคาเฉพาะค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตต่อหน่วยยังมีราคาค่อนข้างสูงอยู่ และอาจจะต้องรอเทคโนโลยีที่ที่สามารถทำให้ต้นทุนเชื้อเพลิงการผลิตที่มีมูลค่าที่น้อยกว่าราคาขายเชื้อเพลิงในท้องตลาดต่อไป

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	**(1)**
สารบัญ	(2)
สารบัญภาพ	(4)
สารบัญตาราง	(6)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ระยะเวลาในการดำเนินงาน	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 การบททวนวรรณกรรม	5
2.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 กรอบแนวคิดและวิธีการศึกษา	16
3.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
3.2 ขั้นตอนในการศึกษาวิจัย	17
3.3 การออกแบบไพโรไลซิสอย่างง่าย	21
3.4 วิธีการทดลอง	23
3.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง	24
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย	26
4.1 อัตราการผลิตขยะของชุมชน	26

	หน้า
4.2 ผลการทดสอบการใช้งานเตาไพโรไลซีส	30
4.3 ผลการทดลองสกัดน้ำมันดิบจากเตาไพโรไลซิส	32
4.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	35
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง	36
5.1 สรุปผลการวิจัย	36
5.2 อภิปรายผล	37
5.3 ข้อเสนอแนะ	37
บรรณานุกรม	39
ภาคผนวก	42

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 ผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทพอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE) 6
ภาพที่ 2.2 ผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทพอลิสไตรีน (Polystyrene: PS 6
ภาพที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์พลาสติกประเภทพอลิโพรไพลีน (Polypropylene: PP) 6
ภาพที่ 2.4 แผนผังกระบวนการเทคโนโลยีไพโรไลซิส 8
ภาพที่ 2.5 ระบบเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่ (Fixed-Bed Reactors 9
ภาพที่ 2.6 เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่แสดงในระบบแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-Batch) 9
ภาพที่ 2.7 ระบบเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิไดซ์ (Fluidized Bed Reactors) 10
ภาพที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการดาเนินการ 17
ภาพที่ 3.2 ท่องทองแดงขนาด 5/8 นิ้ว 18
ภาพที่ 3.2 เครื่องบันทึกข้อมูล DATA Logger 10 ช่อง ยี่ฮ่อ Graphtec รุ่น MT100 19
ภาพที่ 3.3 สายวัดอุณหภูมิ Thermocouple ชนิด K 19
ภาพที่ 3.4 หัววัดอุณหภูมิ ชนิด K 19
ภาพที่ 3.5 ถังแก๊ส LPG ขนาด 4 kg 20
ภาพที่ 3.6 ปฏิกรณ์ไพโรไลซิสที่ดัดแปลงจากหม้อสแตนเลส เส้นผ่านศูนย์กลาง 32 cm 20
ภาพที่ 3.7 โครงสร้างของระบบไพโรไลซิสอย่างง่าย ที่ใช้ระบบควบแน่นก๊าซด้วยระบบควบแน่นแบบสัมผัส 21
ภาพที่ 3.8 ระบบไพโรไลซิสอย่างง่าย ที่ต่อสายวัดอุณหภูมิและเก็บผลข้อมูลด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล data logger รุ่น MT100 22
ภาพที่ 3.9 (a) แบบจำลองระบบควบแน่นพื้นผิว (Surface condenser) และ (b) ระบบควบแน่นแบบสัมผัส (contact condenser) 23
ภาพที่ 3.10 จุดวัดอุณหภูมิเพื่อวิเคราะห์ผลการทดสอบสกัดน้ำมันจากเตาไพโรไลซีส เมื่อ T1 คือ อุณหภูมิเฉลี่ยเตาปฏิกรณ์ ($^{\circ}$C), T2 คือ อุณหภูมิเฉลี่ยน้ำหล่อเย็นของระบบความแน่นแบบสัมผัส ($^{\circ}$C), T water คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำหล่อเย็นเริ่มต้นที่ 29.8 $^{\circ}$C และ Tambient คือ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม ($^{\circ}$C) 25
ภาพที่ 4.1 ร้อยละปริมาณขยะมูลฝอยจากชุมชนเฉลี่ยต่อวันของจังหวัดน่าน ข้อมูลในปี พ.ศ. 2559 27

ภาพที่ 4.2 ร้อยละปริมาณขยะมูลฝอยจากชุมชนเฉลี่ยต่อวันของจังหวัดเชียงราย ข้อมูลในปี พ.ศ. 2555 28
ภาพที่ 4.3 อัตราการเกิดมูลฝอยในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ข้อมูลในปี พ.ศ. 2554 29
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์ (T1) อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น (T2) และอุณหภูมิห้อง (T ambient) 30
ภาพที่ 4.5 สัดส่วนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกสัดน้ำมันจากเตาไพโรไลซีสอย่างง่ายที่น้ำหนักพลาสติกชนิด PP ขนาด 0.5 kg 31
ภาพที่ 4.6 ผลของอัตราการถ่ายเทพลังงานให้กับน้ำหล่อเย็นในส่วนควบแน่น ที่มีอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเริ่มต้น 29 °C และมีมวลน้ำหล่อเย็น 25 kg 32
ภาพที่ 4.7 ลักษณะของสีของน้ำมันไพโรไลซิส (a) น้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติก ชนิด PP (b) น้ำมันไพโรไลซิสจากโฟม ชนิด PS และ (c) น้ำมันก๊าด 33
ภาพที่ 4.8 ลักษณะของเปลวไฟของน้ำมันไพโรไลซิส (a) น้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติก ชนิด PP (b) น้ำมันไพโรไลซิสจากโฟม ชนิด PS และ (c) น้ำมันก๊าด 33

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการการทดลอง 31