บทที่ 4
ผลการศึกษาวิจัย

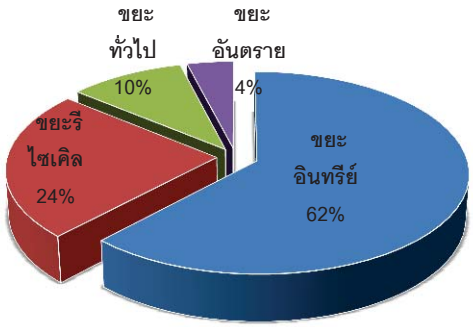
ในบทที่ 4 ได้มีการแสดงผลของการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาปริมาณและประเภทของขยะชนิดต่างๆ ในภาพรวมของชุมชนในเขตพื้นที่จังหวัดซึ่งเป็นที่ตั้งเขตพื้นที่ที่ศึกษาวิจัย ได้แก่ จังหวัดน่าน จังหวัดเชียงราย และจังหวัดเชียงใหม่ และได้ศึกษาผลของน้ำมันดิบที่สามารถสกัดได้จากพลาสติกชนิด PP และโฟมชนิด PS จากระบบไพโรไลซิสอย่างง่ายต้นทุนต่ำในรูปแบบของการวิเคราะห์ในเชิงฟิสิกส์และเคมี ซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 อัตราการผลิตขยะของชุมชน

จากการศึกษาปริมาณและประเภทของขยะชนิดต่างๆ ในภาพรวมเพื่อเป็นการประมาณการของปริมาณการผลิตขยะประเภทต่างๆ ของชุมชนในเขตพื้นที่จังหวัดซึ่งเป็นที่ตั้งเขตพื้นที่ที่ศึกษาวิจัย ได้แก่ จังหวัดน่าน จังหวัดเชียงราย และจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นจังหวัดที่ตังอยู่ของ อบต.ป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน, อบต.แม่พริก อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย และ อบต.บ่อแก้ว อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ และได้นำเสนอข้อมูลสถิติสถานการณ์ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในภาพรวมของจังหวัดได้ดังนี้

4.1.1 อัตราการผลิตขยะเฉลี่ยของชุมชนในเขตจังหวัดน่าน

จากการศึกษาจากแผนปฏิบัติการขยะมูลฝอยจังหวัดน่าน พ.ศ. 2560 ซึ่งเป็นข้อมูลในปี พ.ศ. 2559 พบว่า จังหวัดน่าน มีปริมาณขยะมูลฝอยจากชุมชนเฉลี่ยประมาณ 456.03 ตัน/วัน โดยมีขยะมูลฝอยที่มาจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีจัดเก็บ ขนส่ง และกำจัดอย่างเป็นระบบ ทั้งสิ้น 45 แห่ง เป็นจำนวน 250.79 ตัน/วัน และเป็นขยะมูลฝอยที่มาจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ไม่มีระบบจัดเก็บ ขนส่ง และกำจัด จำนวน 54 แห่ง ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ยประมาณ 205.25 ตัน/วัน และสามารถแบ่งเป็นประเภทของขยะได้ 4 ประเภท ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ประกอบด้วยประเภทที่ 1 ขยะอินทรีย์ ประกอบด้วย เศษผัก เศษผลไม้ เศษอาหาร และใบไม้ เฉลี่ยร้อยละ 62, ประเภทที่ 2 ขยะรีไซเคิล ประกอบด้วย กระดาษ พลาสติก แก้ว โลหะ และกล่องนม เฉลี่ยร้อยละ 24, ประเภทที่ 3 ขยะทั่วไป ประกอบด้วย ซองบะหมี่สำเร็จรูป ถุงพลาสติก เฉลี่ยร้อยละ 10 และถุงบรรจุขนม และประเภทที่ 4 ขยะอันตราย ประกอบด้วย แบตเตอร์รี่ ถ่านไฟฉาย และกระป๋องสเปรย์ เฉลี่ยร้อยละ 4



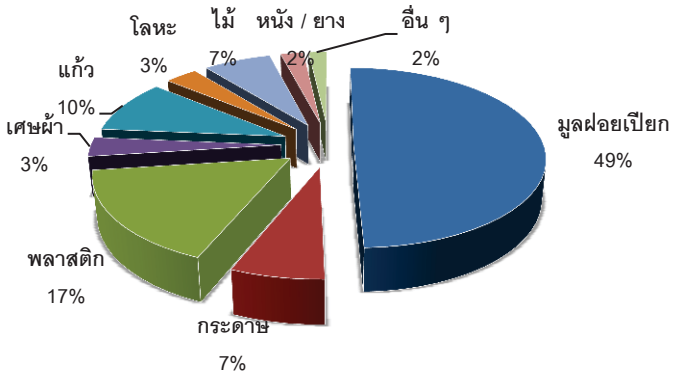
ภาพที่ 4.1 ร้อยละปริมาณขยะมูลฝอยจากชุมชนเฉลี่ยต่อวันของจังหวัดน่าน ข้อมูลในปี พ.ศ. 2559 (สำนักงานส่งเสริมการปกครองท้องถิ่นจังหวัดน่าน และ สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมน่าน, 2559)

จากภาพที่ 4.1 กลุ่มขยะประเภทที่ 2 ขยะรีไซเคิลนี้จะถูกผลิตขึ้นโดยชุมชนในเขตจังหวัดน่าน ซึ่งประกอบด้วย กระดาษ พลาสติก แก้ว โลหะ และกล่องนม จะมีปริมาณเฉลี่ยร้อยละ 24 ดังนั้นผู้วิจัยจะสามารถสันนิฐานและตั้งข้อสรุปได้ว่าขยะประเภทพลาสติกจะมีอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงและคาดการณ์ว่าจะมีปริมาณมากกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณกลุ่มขยะประเภทที่ 2

4.1.2 อัตราการผลิตขยะเฉลี่ยของชุมชนในเขตจังหวัดเชียงราย

จากการสำรวจการจัดเก็บขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ จังหวัดเชียงราย พบว่า ปริมาณขยะในจังหวัดเชียงรายรวม 727 ตัน/วัน ซึ่งมีองค์ประกอบของขยะมูลฝอยประเภทมูลฝอยเปียกมีปริมาณมากที่สุด คือ มีค่าร้อยละ 49.55 ที่เหลือถือเป็นขยะประเภทอื่นๆ ได้แก่ พลาสติกมีปริมาณค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ 16.78 ขยะประเภทแก้วมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 9.57 ขยะประเภทไม้มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 6.74 ขยะประเภทกระดาษมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 6.64 ขยะประเภทเศษผ้ามีค่าเฉลี่ยร้อยละ 3.39 ขยะประเภทโลหะมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 3.25 ขยะประเภทยาง/หนังมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 2.3 และขยะประเภทอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 1.78 ดังแสดงในภาพที่ 4.2

จากภาพที่ 4.2 กลุ่มขยะประเภทพลาสติกที่ถูกผลิตจากชุมชนในเขตจังหวัดเชียงรายจะมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 17 และผู้วิจัยคาดการณ์ว่าจะมีปริมาณที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามจำนวนโครงสร้างประชากรของจังหวัดเชียงราย

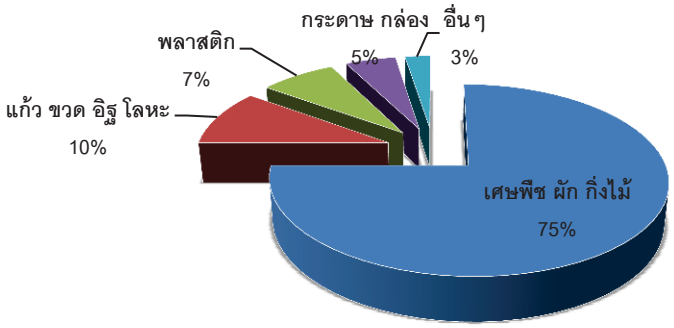


ภาพที่ 4.2 ร้อยละปริมาณขยะมูลฝอยจากชุมชนเฉลี่ยต่อวันของจังหวัดเชียงราย ข้อมูลในปี พ.ศ. 2555 (คณะกรรมการบริหารงานจังหวัดแบบบูรณาการจังหวัดเชียงราย, 2557)

4.1.3 อัตราการผลิตขยะเฉลี่ยของชุมชนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่ใหญ่เป็นอันดับสองรองจากกรุงเทพมหานคร เป็นศูนย์กลางของการท่องเที่ยว การศึกษา อุตสาหกรรม การขนส่ง ค้าขายและที่อยู่อาศัย จำนวนประชากรนับถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน 2553 มีจำนวน 1,673,930 คน ไม่นับรวมผู้ที่เข้ามาอาศัยอยู่ชั่วคราวและนักท่องเที่ยวอีกวันละนับแสนคน ดังนั้นในแต่ละวันจึงมีขยะเกิดขึ้นมากมาย เฉพาะขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ซึ่งมีประชากร ณ เดือนมกราคม พ.ศ. 2554 จำนวนทั้งสิ้น 141,361 คน มีปริมาณขยะเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณถึง 284 ตันต่อวัน ลักษณะทางกายภาพของมูลฝอยในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ซึ่งทำการศึกษาโดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติและงานรักษาความสะอาด กองสาธารณสุขในปี พ.ศ. 2529 พบว่าส่วนใหญ่เป็นเศษพืช ใบไม้ ผ้า ซึ่งย่อยสลายได้รวมกันคิดเป็นร้อยละ 78.3 และมีลักษณะอื่นๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.3 และสามารถคาดการณ์ปริมาณขยะจากจำนวนประชากรที่ก่อให้เกิดขยะที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่าอัตราการเกิดมูลฝอยในเขตเทศบาลมีประมาณ 0.835 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน จึงสามารถคาดการณ์ปริมาณขยะในแต่ละวันได้

จากอัตราการเกิดมูลฝอยในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ซึ่งมีประมาณ 0.835 กก./คน/วัน สามารถแยกเป็นแหล่งต่างๆ ได้คือ บ้านเรือน จำนวน 132 ตัน/วัน, ตลาดจำนวน 18 ตัน/วัน, โรงแรม จำนวน 8 ตัน/วัน และ โรงพยาบาลจำนวน 1 ตัน/วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเทศบาลเมืองลำพูน พบว่ามีขยะประมาณ 2.5–3.0 ตันต่อวัน และจากปริมาณขยะดังกล่าวสามารถแยกประเภทออกได้เป็น เศษพืช ผัก กิ่งไม้ ร้อยละ 75, แก้ว ขวด อิฐ โลหะ ร้อยละ 10, พลาสติก ร้อยละ 7.5, กระดาษ กล่อง ร้อยละ 5 และอื่นๆ ร้อยละ 2.5



ภาพที่ 4.3 อัตราการเกิดมูลฝอยในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ข้อมูลในปี พ.ศ. 2554
(ศูนย์วิจัยและจัดการคุณภาพอากาศ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2554)

จากภาพที่ 4.3 กลุ่มขยะประเภทพลาสติกที่ถูกผลิตจากชุมชนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่มีปริมาณร้อยละ 7 ซึ่งดูแล้วอาจจะน้อยกว่าของปริมาณขยะพลาสติกของจังหวัดน่านและเชียงราย เพราะว่าผู้วิจัยสามารถสืบค้นข้อมูลได้เฉพาะในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่เท่านั้น และอีกเหตุผลหนึ่งซึ่งผู้วิจัยก็คาดการณ์ว่าน่าจะเกิดจากระบบบริหารจัดการระบบการจัดเก็บและทำรายขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพสูง

4.1.4 การผลิตขยะพลาสติกของชุมชนในพื้นที่เป้าหมาย

จากการสำรวจอัตราการผลิตขยะเฉลี่ยของชุมชนในพื้นที่เป้าหมายเบื้องต้นจากการสังเกตในถังขยะในชุมชน (พื้นที่ อบต.ป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน, อบต.แม่พริก อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย และ อบต.บ่อแก้ว อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่) ซึ่งได้พบว่าในชุมชนเหล่านี้จะมีอัตราการการผลิตขยะที่มีความคล้ายกัน คือ มีขยะพลาสติกชนิด PP เป็นส่วนมาก ซึ่งจะเป็นขยะประเภทถุงพลาสติกในอาหาร รองลงมาเป็นขยะพลาสติกชนิด PET ซึ่งเป็นขยะประเภทขวดพลาสติกใส่น้ำและเครื่องดื่มต่างๆ และในลำดับสุดท้ายเป็นขยะพลาสติกชนิดโฟม PS ซึ่งเป็นขยะประเภทภาชนะโฟมใส่อาหาร

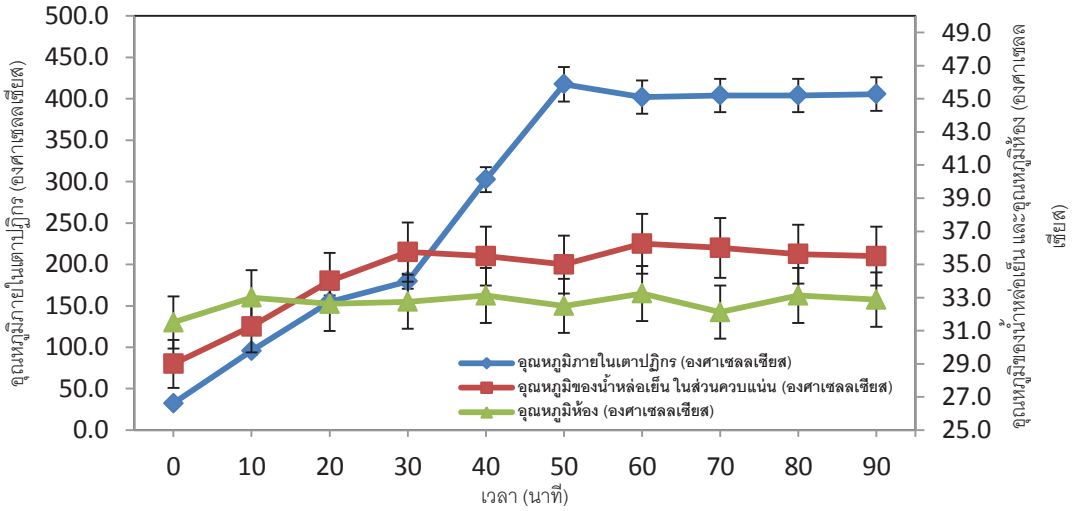
ในการสำรวจชนิดของขยะพลาสติกในเบื้องต้นนี้ สามารถระบุข้อสรุปได้ คือ ปริมาณขยะพลาสติกชนิด PP ประเภทขยะถุงพลาสติกใส่อาหารมีความเหมาะสมในการนำมาสกัดเป็นน้ำมันไพโรไลซิส มากที่สุด และรองลงมาเป็นขยะพลาสติกชนิดโฟม PS มีความเหมาะสมในการนำไปสกัดเป็นน้ำมันไพโรไลซิสเป็นอันดับถัดไป แต่ขยะพลาสติกประเภท PET ที่เป็นขยะพลาสติกที่เป็นภาชนะใส่น้ำและเครื่องดื่มมีความไม่เหมาะสมในการนำมาสกัดน้ำมันไพโรไลซิส เนื่องมาจากมีความสามารถที่จะนำไปจำหน่ายต่อหรือแปรรูปเพื่อการนำกลับไปใช้ใหม่ด้วนวิธีการรียูส (Reuse) หรือการนำไปรีไซเคิล (Recycle) โดยจะได้มูลค่าที่มากกว่าการนำไปสกัดน้ำมันไพโรไลซิส

4.2 ผลการทดสอบการใช้งานเตาไพโรไลซีส

ผลการทดสอบการพัฒนาเตาไพโรไลซีสอย่างง่าย ซึ่งได้ทำการออกแบบและจัดสร้างแล้วทำการทดสอบการใช้งานของระบบ โดยทดสอบสกัดน้ำมันดิบจากพลาสติก ชนิด PP (ถุงพลาสติก) น้ำหนัก 0.5 kg จำนวนการสอดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง เพื่อศึกษาถึงผลผลิตที่ได้จากระบวนการไพโรไลซีสอย่างง่าย โดยมีรายละเอียดดังในหัวข้อต่อไปนี้

4.2.1 ค่าความร้อนในเตาปฏิกรณ์และในส่วนควบแน่นแบบสัมผัส

ในการทดสอบเตาไพโรไลซีสอย่างง่าย ในห้องปฏิบัติการมีค่าอุณหภูมิห้องเฉลี่ย (T ambient) ที่ประมาณ 31.5 °C และในการดำเนินการทดลองได้มีการวัดค่าความร้อนภายในเตาปฏิกรณ์ (T1) นั้น ผู้วิจัยได้ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลทั้งหมดเป็นเวลา 90 นาที และจะเก็บข้อมูลอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที พบว่าเตาไพโรไลซิสจะมีค่าความร้อนจากอุณหภูมิเริ่มต้นเฉลี่ยที่ 31.5 °C และจะเพิ่มขึ้นเป็น 421.5 °C ในช่วงเวลา 50 นาที และนาทีที่ 60 ถึงนาทีที่ 90 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเตาปฏิกรณ์จะมีค่าของความร้อนที่คงที่ประมาณ 420 °C และในส่วนของอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นของส่วนควบแน่นแบบสัมผัสนั้น จะมีการเติมน้ำสะอาดจำนวน 25 kg และมีอุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มต้นที่ 29.5 °C และหลังจากดำเนินการระบบพบว่าในช่วงเวลาเริ่มต้นถึงนาทีที่ 20 อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นจาก 29.5 °C ถึง 34.5 °C และนาทีที่ 30 ถึง 90 จะมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำหล่อเย็นที่คงตัวที่ 35.5 °C ซึ่งได้แสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในเตาปฏิกรณ์ (T1) อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น (T2) และอุณหภูมิห้อง (T ambient)

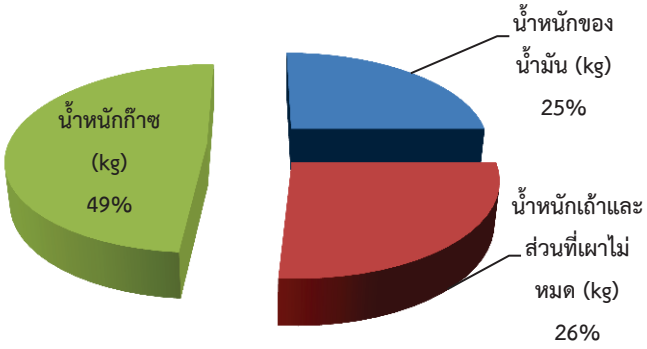
4.2.2 ปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดได้และสัดส่วนของผลิตภัณฑ์

จากการดำเนินการทดลองสกัดน้ำมันจากพลาสติกชนิด PP ด้วยขนาด 0.5 kg เป็นจำนวน 4 ครั้ง และปริมาณน้ำมันดิบที่สกัดได้จากกระบวนการไพโรไลซิสอย่างง่ายมีปริมาณเฉลี่ยที่ 0.125 kg มีค่า

เบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 2.94 โดยสามารถคิดเป็นร้อยละโดยมวลที่ 25% ในส่วนที่เป็นขี้เถ้าและส่วนที่เผาไหม้ไม่หมดรวมมีปริมาณเฉลี่ย 0.132 kg มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.29 โดยสามารถคิดเป็นร้อนละโดยมวลที่ 26% และในส่วนที่เป็นก๊าซและเกิดการระเหยไปมีปริมาณเฉลี่ยที่ 0.244 kg มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 3.87 โดยสามารถคิดเป็นร้อยละโดยมวลที่ 49% ซึ่งได้แสดงรายละเอียดดังในตารางที่ 4.1 และในภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการการทดลอง

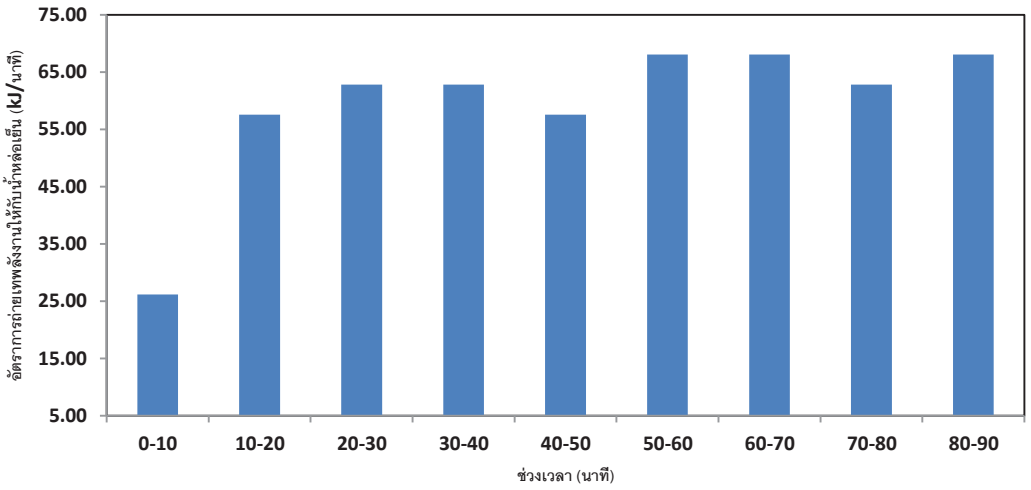
การทดลองครั้งที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**เฉลี่ย**	**SD**
น้ำหนักพลาสติก (kg)	0.5	0.5	0.5	0.5		
น้ำหนักของน้ำมัน (kg)	0.125	0.126	0.128	0.121	0.125	2.94
น้ำหนักเถ้าและส่วนที่เผาไม่หมด (kg)	0.130	0.132	0.133	0.131	0.132	1.29
น้ำหนักก๊าซ (kg)	0.245	0.242	0.239	0.248	0.244	3.87



ภาพที่ 4.5 สัดส่วนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกสัดน้ำมันจากเตาไพโรไลซีสอย่างง่าย ที่น้ำหนักพลาสติกชนิด PP ขนาด 0.5 kg

4.2.3 การวิเคราะห์การถ่ายเทพลังงาน

การวิเคราะห์การถ่ายเทพลังงานของส่วนควบแน่น ซึ่งเป็นระบบการควบแน่นแบบสัมผัส คือไอของก๊าซไพโรไลซิสที่ได้จากเตาปฏิกรณ์จะถูกควบแน่นในส่วนควบแน่นโดยอาศัยหลักการของการถ่ายเทความร้อนในกับน้ำหล่อเย็นโดยตรงและจะส่งผลทำให้น้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นดังแสดงในภาพที่ 4.4 และผลของอัตราการถ่ายเทพลังงานให้กับน้ำหล่อเย็นในส่วนควบแน่น ซึ่งใช้น้ำหล่อเย็นจำนวน 25 kg โดยในช่วงแรกนาทีที่ 0 ถึง 10 มีอัตราการถ่ายเทพลังงานให้กับน้ำที่ 26.17 kJ/นาที และจะเพิ่มขึ้นเป็น 57.57 kJ/นาที ในช่วงนาทีที่ 10 ถึง 20 และหลังจากนั้นอัตราการถ่ายเทพลังงานให้กับน้ำหล่อเย็นจะค่อนข้างคงตัวที่ประมาณ 64.54 kJ/นาที ซึ่งได้แสดงในภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 ผลของอัตราการถ่ายเทพลังงานให้กับน้ำหล่อเย็นในส่วนควบแน่น ที่มีอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเริ่มต้น 29 $^{\circ}$C และมีมวลน้ำหล่อเย็น 25 kg

4.3 ผลการทดลองสกัดน้ำมันดิบจากเตาไพโรไลซิส

การทดลองสกัดน้ำมันดิบจากเตาไพโรไลซิส ด้วยวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือพลาสติก ชนิด PP ที่ปริมาณ 6 kg ซึ่งผลิตน้ำมันดิบจากเตาไพโรไลซิสได้ 820 cc และโฟม ชนิด PS ที่ปริมาณ 7 kg ซึ่งผลิตน้ำมันดิบจากเตาไพโรไลซิสได้ 550 cc และมีการวิเคราะห์ลักษณะองค์ประกอบทางฟิสิกส์และเคมีในห้องปฏิบัติการของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและห้องปฏิบัติการของกรมวิทยาศาสตร์บริการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.3.1 ปริมาณน้ำและตะกอน

จากการทดลองในงานวิจัยนี้ได้มีการนำตัวอย่างของน้ำมันไพโรไลซิสที่สกัดได้จากพลาสติกชนิด PP และโฟม ชนิด PS ส่งไปตรวจหาปริมาณน้ำและตะกอนเจือปน ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยที่น้ำมันไพโรไลซิสที่สกัดได้จากพลาสติกชนิด PP ใช้วิธีวิเคราะห์หาน้ำและตะกอนแบบ ASTM D 2709-16 พบว่ามีค่าปริมาณน้ำและตะกอนที่น้อยกว่า 0.01 ร้อยละโดยปริมาตร และน้ำมันไพโรไลซิสที่สกัดได้จากโฟม ชนิด PS ใช้วิธีวิเคราะห์หาน้ำและตะกอนแบบ ASTM D 1796-11 พบว่ามีค่าปริมาณน้ำและตะกอนที่น้อยกว่า 0.05 ร้อยละโดยปริมาตร

4.3.2 ลักษณะสี ปริมาณความหนาแน่น และค่า pH

ลักษณะของสีที่ได้จากน้ำมันไพโรไลซิสที่ได้จะแสดงในภาพที่ 4.7 โดยที่สีของน้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติก ชนิด PP จะมีสีเหลืองอำพัน มีค่าความหนาแน่นที่ 0.74 g/cm^3 และมีค่า pH ที่ประมาณ

5.5 และสีของน้ำมันไพโรไลซิสจากโฟม ชนิด PS จะมีสีน้ำตาลเข้ม มีค่าความหนาแน่นที่ 0.93 g/cm^3 และมีค่า pH ที่ประมาณ 5.7 และนำไปเปรียบเทียบกับสีของน้ำมันก๊าดที่มีลักษณะสีเหลืองอ่อนที่มีค่าความหนาแน่นที่ 0.80 g/cm^3

(a) (b) (c)

ภาพที่ 4.7 ลักษณะของสีของน้ำมันไพโรไลซิส (a) น้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติก ชนิด PP (b) น้ำมันไพโรไลซิสจากโฟม ชนิด PS และ (c) น้ำมันก๊าด

4.3.3 การจุดติดไฟ

ในการทดลองการจุดติดไฟของผลิตภัณฑ์น้ำมันดิบจากกระบวนการไพโรไลซิสที่ได้ ได้นำมาเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ได้จาก พลาสติก ชนิด PP โฟม ชนิด PS และน้ำมันก๊าด ซึ่งแสดงในภาพที่ 4.8 โดยน้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติก ชนิด PP จะใช้เวลาในการจุดติดไฟประมาณ 2 วินาที และจะให้ลักษณะของเปลวไฟที่สะอาดมีเขม่าน้อย ส่วนน้ำมันไพโรไลซิสจากโฟม ชนิด PS จะใช้เวลาในการจุดติดไฟประมาณ 3 วินาที และจะให้ลักษณะของเปลวไฟที่ไม่สะอาดมีเขม่ามาก และลักษณะของเปลวไฟที่ได้จากน้ำมันก๊าดจะใช้เวลาในการจุดติดไปประมาณ 6 วินาที และจะได้เปลวไฟที่มีเขม่าน้อยกว่าเปลวไฟจากน้ำมันไพโรไลซิสจากโฟม ชนิด PS แต่จะมีเขม่ามากกว่าน้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติก ชนิด PP

(a) (b) (c)

ภาพที่ 4.8 ลักษณะของเปลวไฟของน้ำมันไพโรไลซิส (a) น้ำมันไพโรไลซิสจากพลาสติก ชนิด PP (b) น้ำมันไพโรไลซิสจากโฟม ชนิด PS และ (c) น้ำมันก๊าด

4.3.4 จุดวาบไฟ

จุดวาบไฟ (Flash point) เป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่สารจะให้ไอระเหยออกมาได้มากพอ และสามารถลุกติดไฟได้เมื่อมีแหล่งกำเนิดไฟ และเมื่อไอระเหยของสารหมดไป ไฟก็จะดับ แต่หากอุณหภูมิของสารสูงขึ้นเกินกว่าจุดวาบไฟ ทำให้สารให้ไอระเหยออกมาได้อีก ก็จะเกิดการลุกติดไฟต่อเนื่องไปเรื่อยๆ ที่อุณหภูมินี้ จะเรียกว่า จุดไหม้ไฟ (Fire point) มักจะสูงกว่าจุดวาบไฟประมาณ 10-20 $^{\circ}$C และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเลยจุดไหม้ไฟไปอีก ก็จะถึง จุดลุกติดไฟได้เอง (Auto-ignition temperature) ซึ่งที่อุณหภูมินี้ สารนั้นจะสามารถลุกติดไฟได้เองโดยไม่ต้องมีแหล่งกำเนิดไฟ (ผู้จัดการออนไลน์, 2560) และการหาจุดวาบไฟนี้ ทำได้จากการการทดลอง โดยเอาสารที่ต้องการหาจุดวาบไฟใส่ในถ้วยโลหะ แล้วค่อยๆ เพิ่มความร้อนให้สูงขึ้น พร้อมกับจุดไฟในช่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้นแต่ละช่วง จนได้แสงวาบขึ้นเป็นครั้งแรก ซึ่งสารแต่ละชนิดจะมีจุดวาบไฟแตกต่างกันไป จุดวาบไฟจะมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}$C) หรือ องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}$F)

จากการทดลองในงานวิจัยนี้ได้มีการนำตัวอย่างของน้ำมันไพโรไลซิสที่สกัดได้จากพลาสติกชนิด PP และโฟม ชนิด PS ส่งไปตรวจค่าจุดวาบไฟ ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้วยวิธีการตามมาตรฐาน ASTM D 56-16a และ ASTM D 240-17 ซึ่งเป็นการหาค่าจุดวาบไฟแบบถ้วยปิดแทก ซึ่งผลที่ได้คือน้ำมันไพโรไลซิสที่สกัดได้จากพลาสติกชนิด PP จะมีจุดวาบไฟที่ 14 $^{\circ}$C และน้ำมันไพโรไลซิสที่สกัดได้จากโฟม ชนิด PS มีจุดวาบไฟที่ 35 $^{\circ}$C และเปรียบเทียบกับค่าจุดวาบไฟของน้ำมันก๊าดอยู่ระหว่าง 35 $^{\circ}$C ถึง 65 $^{\circ}$C

4.3.5 ค่าความร้อนการเผาไหม้แบบกรอส

การวิเคราะห์ค่าความร้อนการเผาไหม้เป็นการวิเคราะห์ปริมาณความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาต่อหน่วยน้ำหนักเมื่อถ่านหินถูกนำไปเผา เราสามารถวิเคราะห์ได้โดยนำถ่านหินไปเผาในเครื่อง Bomb Calorimeter และบันทึกอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้น ค่าความร้อนอาจรายงานเป็นหน่วยต่างๆกัน แล้วแต่ประเทศที่ใช้เช่น MJ/kg, BTU/Lb, Cal/g หรือ kcal/kg (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560) เราสามารถแบ่งค่าความร้อนออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. Gross Calorific Value (High Heating Value)

หมายถึง ค่าความร้อนที่ได้ทั้งหมดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยปรกติแล้วในเชื้อเพลิงจะมีน้ำปนอยู่ด้วย และเมื่อเผาไหม้ น้ำส่วนนี้จะรวมกับ น้ำที่เกิดจากการเผาไหม้ของ Hydrogen ซึ่งจะมีความร้อนส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้ในรูปความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ความร้อนแฝงส่วนนี้ ไม่สามารถนำมาใช้ในทางปฏิบัติได้ สำหรับค่า Gross Calorific Value นี้ไม่ได้หักค่าความร้อนแฝงส่วนนี้ออก

2. Net Calorific Value (Low Heating Value)

หมายถึง ค่าความร้อนที่สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ ซึ่งจะเท่ากับค่า Gross Calorific Value ลบด้วย (ค่าความร้อนแฝงของไอน้ำ X น้ำหนักน้ำทั้งหมดต่อหน่วยน้ำหนักเชื้อเพลิง) ซึ่งค่าความแตกต่างระหว่างค่า Gross Calorific Value และ Net Calorific Value สำหรับถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำ จะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้น และปริมาณไฮโดรเจนที่เกิดจากสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในถ่านหิน ค่าความร้อนของถ่านหินจะมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณขี้เถ้าในถ่านหิน ถ่านหินที่มีค่าความร้อนต่ำ จะมีปริมาณขี้เถ้าสูง ถ่านหินที่มีค่าความร้อน สูง จะมีปริมาณขี้เถ้าต่ำ

ในงานวิจัยนี้ได้มีการนำตัวอย่างของน้ำมันไพโรไลซิสที่สกัดได้จากพลาสติกชนิด PP และโฟมชนิด PS ส่งไปตรวจค่าความร้อนจากการเผาไหม้ ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้วยวิธีการตามมาตรฐาน ASTM D 56-16a และ ASTM D 240-17 ซึ่งเป็นการหาค่าความร้อนจากการเผาไหม้แบบกรอส (Gross Calorific Value) ซึ่งผลที่ได้คือน้ำมันไพโรไลซิสที่สกัดได้จากพลาสติกชนิด PP จะมีค่าความร้อนจากการเผาไหม้ที่ 46.134 MJ/kg และน้ำมันไพโรไลซิสที่สกัดได้จากโฟม ชนิด PS มีค่าความร้อนจากการเผาไหม้ที่ 41.436 MJ/kg และเปรียบเทียบกับค่าความร้อนจากการเผาไหม้แบบกรอส (High Heating Value) ของน้ำมันก๊าดอยู่ที่ 46.2 MJ/kg

4.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

ในการผลิตน้ำมัน 0.5 ลิตร จะต้องใช้ปริมาณก๊าซหุงต้ม (LPG) เฉลี่ย 0.85 กิโลกรัม ซึ่งสามารถคิดเป็นเงินเท่ากับ 17.98 บาท โดยไม่รวมค่าเครื่องมือ ค่าสาธารณูปโภคและค่าแรงในกระบวนการนี้ ซึ่งอ้างอิงราคาก๊าซหุงต้ม กิโลกรัมละ 21.15 บาท จากเวป https://www.thairath.co.th/content /1061297 (ไทยรัฐออนไลน์) เมื่อวันที่ 6 ก.ย. 2560

การวิเคราะห์ราคาต้นทุนของเตาไพโรไลซิสอย่างง่ายสามารถคำนวณได้ โดยไม่รวมค่าเครื่องมือวัดทางฟิสิกส์และค่าทดสอบทางวัสดุศาสตร์ และอุปกรณ์แต่ละชนิดที่ใช้ทดลองสร้างระบบไพโรไลซิสนี้อาจจะมีราคาไม่คงที่ขึ้นอยู่กับสถานที่จำหน่าย ซึ่งมูลค่าของอุปกรณ์หลัก ๆ สามารถแสดงได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ระบบควบแน่นด้วยท่อทองแดงขนาด 5/8 นิ้ว	ราคา 811	บาท
2. อุปกรณ์ให้ความร้อนปฏิกรณ์ด้วยเตาแก๊สขนาด 4 kg	ราคา 1,100	บาท
3. เตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิส หม้อสแตนเลสขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 32 cm และสูง 15 cm	ราคา 529	บาท
4. ระบบหล่อเย็นเพื่อควบแน่น ถังน้ำ 20 ลิตร	ราคา 179	บาท
5. อุปกรณ์เบ็ดเตล็ด	ราคา 750	บาท
รวมราคาอุปกรณ์ระบบ	3,369	บาท