

การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันจากขยะพลาสติกให้ได้มาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

นางสาวรัตน์ยาภรณ์ ฉายศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

UPGRADING OF WASTE PLASTIC OIL TO STANDARD COMMUNITY BIODIESEL

MISS RATTAYAPORN CHAISRI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันจากขยะพลาสติกให้ได้
มาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

โดย

นางสาวรัตนยาภรณ์ ฉายศรี

สาขาวิชา

เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป สามารทด)

รัตน์ยาภรณ์ นายศรี: การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันจากขยะพลาสติกให้ได้มาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน.(UPGRADING OF WASTE PLASTIC OIL TO STANDARD COMMUNITY BIODIESEL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ, 137 หน้า.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสมบัติของน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกและแนวทางการปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน โดยการนำมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนมาใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ เพื่อให้ได้น้ำมันมีคุณภาพเหมาะแก่การใช้ประโยชน์เป็นน้ำมันให้แก่ชุมชนและเกษตรกร โดยนำตัวอย่างน้ำมันที่ได้จากขยะพลาสติกมาวิเคราะห์คุณภาพ และทำการปรับปรุงคุณภาพเมื่อพบว่าค่าที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจากผลการทดสอบพบว่าค่าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประกอบด้วย ค่าความหนืด จำนวนซีเทน ปริมาณแถ้า ซัลเฟต ปริมาณน้ำและตะกอน ค่าการกักความร้อนของแฉก และค่าความเป็นกรด ส่วนค่าที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประกอบด้วย จุดวาบไฟ ค่าความหนาแน่น และปริมาณกำมะถัน โดยพบว่าค่าจุดวาบไฟ เท่ากับ $98.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ต่ำกว่าข้อกำหนด ที่กำหนดให้ไม่ต่ำกว่า $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ค่าความหนาแน่น เท่ากับ 812.9 kg/m^3 ต่ำกว่าข้อกำหนดที่กำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 860 และไม่สูงกว่า 900 kg/m^3 และปริมาณกำมะถัน เท่ากับ 0.08 \%wt สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ว่าไม่สูงกว่า 0.0015 \%wt จึงทำการปรับปรุงค่าความหนาแน่นและจุดวาบไฟด้วยวิธีแยกน้ำมันเบาออกด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนที่อุณหภูมิ $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าจุดวาบไฟเพิ่มขึ้นจาก 98.5 เป็น $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ค่าความหนาแน่น แม้จะเพิ่มขึ้นจาก 812.9 เป็น 818.4 kg/m^3 แต่ยังไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยอาจมีสาเหตุจากสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันไบโอดีเซลที่แตกต่างจากน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก การปรับปรุงค่าความหนาแน่นในขั้นปลายจึงกระทำได้ยาก ดังนั้นจึงควรปรับปรุงในขั้นตอนการผลิตให้เหมาะสม ส่วนการกำจัดกำมะถันแบ่งเป็น 2 ชุดทดลอง คือ ชุดที่ 1 ใช้ถ่านไม้ และชุดที่ 2 ใช้ถ่านกัมมันต์ เป็นตัวดูดซับ ที่อัตราส่วนของน้ำมันต่อตัวดูดซับเป็น $10 : 3$ โดยน้ำหนัก ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าถ่านทั้ง 2 นี้ มีประสิทธิภาพในการดูดซับกำมะถันในน้ำมันได้ 100% แม้ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าความหนาแน่นจะไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แต่จากการวิเคราะห์พบว่าน้ำมันจากขยะพลาสติกนั้นมีศักยภาพที่จะสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ได้แก่ เครื่องยนต์ทางการเกษตร เครื่องจักรกลที่เป็นเครื่องยนต์ดีเซล หรือ เครื่องยนต์ดีเซลชนิดที่มีรอบต่ำ นอกจากนี้ยังสามารถใช้กับ รถกระบะ รถบรรทุก รถแทรกเตอร์ เรือประมง รถชุดและเก็บขนขยะ และเครื่องจักรกลที่ใช้ในเทศบาลได้ และยังมีราคาถูกกว่าน้ำมันดีเซล จึงเหมาะที่จะใช้เป็นพลังงานทางเลือก และจะเป็นทางออกอีกทางหนึ่งของประเทศไทยในการก้าวสู่การใช้พลังงานจากขยะที่ยั่งยืน

สาขาวิชา_เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต.....

ปีการศึกษา 2555..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

5387559620: MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

KEYWORDS: WASTE PLASTIC OIL/ PYROLYSIS/ RENEWABLE ENERGY

RATTAYAPORN CHAISRI: UPGRADING OF WASTE PLASTIC OIL TO STANDARD
COMMUNITY BIODIESEL. ADVISOR: ASST. PROF. PRASERT
REUBROYCHAROEN, Ph.D., 137 pp.

The objective of this research was to study the quality of diesel from waste plastic and the methods for upgrading the quality of oil by comparing with the community biodiesel standard. According to the experiment, The oil sample from waste plastic was used. The research showed that perfect parameters that waste plastic can be the biodiesel were viscosity at 40 °C, cetane number, sulphated ash, water and sediment, copper strip corrosion and acid number, contrast with flash point standard, density at 15 °C and sulfur contents. Those parameters which their values were less than the biodiesel standard were upgraded by separating light oil using rotary evaporator at 170 °C for 2 hours. This method worked with flash point only. To remove the sulfur, there were 2 experiments which were 1.) charcoal and 2.) activated carbon to adsorb fuel 24 hour at adsorption rate between fuel and adsorbent at 10:3. Both experiments showed that charcoal and activated carbon effectively adsorbed 100% of sulfur in fuel. However, There was no experiment to let the density meet the standard of biodiesel because of the differences of physical and chemical property of biodiesel and diesel from waste plastic. Thus, it should be upgraded in the production process by choosing suitable temperature then the diesel can effectively be separated from light oil.

The research found that diesel from waste plastic can be use with diesel engines ,for instance agricultural engines, and diesel engines with low revolution. In addition, it can be use with diesel-engine cars, trucks, tractors, boats and garbage trucks. Furthermore, This kind of oil costs lower than diesel so it is one of an important renewable energy.

Field of Study: Energy Technology and Management Student's Signature.....

Academic Year: 2012..... Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่มีส่วนสำคัญอย่างมากในการทำให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยคอยให้คำปรึกษา แนะนำ และชี้แนะแนวทางตลอดระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ กราบขอบพระคุณคณาจารย์ของหลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ต่างๆให้แก่ฉันสิต กราบขอบพระคุณ คุณวลัยรัตน์ อุตมะปรากรม นักวิจัยสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยให้ข้อมูล ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการดำเนินงานวิจัยนี้ กราบขอบพระคุณ นายกเทศมนตรี เทศบาลนครระยอง ที่อนุญาตให้สามารถเข้าไปศึกษาดูงานและเก็บตัวอย่างน้ำมันในโรงงานแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน กราบขอบพระคุณ คุณสุชาติ เจ้าหน้าที่ดูแลโรงงานแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน เทศบาลนครระยอง จังหวัดระยอง ที่ให้ข้อมูลและตัวอย่างน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน ขอขอบพระคุณ คุณสุวรรณรัตน์ สิมหลวง เจ้าหน้าที่ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงานที่อำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงานระหว่างการศึกษาเป็นอย่างดี ขอขอบคุณนิสิตภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีส่วนแนะนำและติดต่อประสานงานระหว่างการทำทดลองในห้องปฏิบัติการ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา ญาติสนิท และมิตรสหายทุกท่าน ที่คอยสนับสนุน ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ช่วยเหลือและคอยให้กำลังใจเป็นอย่างดีมาตลอด จนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จเสร็จสิ้นเป็นอย่างดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิง.....	4
2.2 สถานการณ์น้ำมันในตลาดโลก.....	4
2.3 สถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชน.....	5
2.4 ประเภทของพลาสติก.....	10
2.5 เทคโนโลยีการกำจัดขยะมูลฝอย.....	12
2.6 นโยบายด้านการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงาน.....	15
2.7 เทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงาน.....	16
2.8 กระบวนการเปลี่ยนขยะให้เป็นแหล่งพลังงาน.....	18
2.9 กระบวนการไพโรไลซิส.....	20
2.10 ขั้นตอนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน.....	21
2.11 เทคโนโลยีการแปรรูปขยะเป็นน้ำมันในประเทศไทย.....	23
2.12 เทคโนโลยีในการแปรรูปขยะเป็นน้ำมันที่ใช้ในต่างประเทศ.....	27
2.13 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส.....	28
2.14 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำมัน.....	36
2.15 ปัญหาด้านคุณภาพน้ำมันที่ได้.....	37
2.16 ข้อดีของน้ำมันที่มาจากขยะพลาสติก.....	39

	หน้า
2.17 การใช้ประโยชน์จากน้ำมันที่ได้กระบวนการแปรรูปขยะเป็นน้ำมัน.....	39
2.18 ข้อกำหนดและทดสอบน้ำมัน.....	40
2.19 การปรับปรุงคุณภาพ.....	42
2.20 กระบวนการกำจัดกำมะถัน.....	51
2.21 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	63
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	68
3.1 วัตถุประสงค์ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาวิจัย.....	68
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	70
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล.....	76
4.1 ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติก.....	76
4.2 ผลการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติก.....	81
4.3 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกกับข้อกำหนด ลักษณะและคุณภาพน้ำมันดีเซล.....	87
4.4 วิเคราะห์ผลการทดสอบและประเมินการนำน้ำมันจากการแปรรูป ขยะพลาสติกไปใช้ประโยชน์.....	93
4.5 วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ของราคาน้ำมันจากขยะพลาสติก.....	95
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	100
รายการอ้างอิง.....	103
ภาคผนวก.....	108
ภาคผนวก ก.....	109
ภาคผนวก ข.....	112
ภาคผนวก ค.....	125
ภาคผนวก ง.....	129
ภาคผนวก จ.....	135
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	137

สารบัญญัตราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ราคา้ำมันดิบและน้ำมันสำเร็จรูปในตลาดโลก.....5
2.2	การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปี 2554.....5
2.3	ประเภทวัตถุดิบและผลผลิตที่ได้.....18
2.4	ผลการทดสอบคุณลักษณะของน้ำมันที่ได้จากระบบแปรรูปขยะเป็นน้ำมัน.....30
2.5	คุณลักษณะของน้ำมันที่ได้จากระบบแปรรูปเป็นน้ำมันเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันดีเซล.....32
2.6	คุณลักษณะของน้ำมันที่ได้จากระบบแปรรูปเป็นน้ำมันเปรียบเทียบกับมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน.....35
3.1	พารามิเตอร์ที่ศึกษาวิจัยตามข้อกำหนดไบโอดีเซลชุมชน.....71
4.1	ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติกเปรียบเทียบกับข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลชุมชน (พ.ศ. 2549).....78
4.2	ผลการทดสอบจุดวาบไฟและความหนาแน่นก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติกเปรียบเทียบกับข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพไบโอดีเซลชุมชน.....84
4.3	ผลการทดสอบปริมาณกำมะถันก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงคุณภาพเปรียบเทียบกับข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพไบโอดีเซลชุมชน.....85
4.4	ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติกกับข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล.....87
4.5	ราคาต้นทุนการปรับปรุงด้วยการระเหยกับใช้ถ่านดูดซับกำมะถัน.....96
4.6	กรณีที่ 1 คัดราคาของน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่ผ่านการปรับปรุงแล้วเท่ากับราคาไบโอดีเซลชุมชน.....97
4.7	กรณีที่ 2 คัดราคาของน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่ผ่านการปรับปรุงแล้วสูงกว่าราคาไบโอดีเซลชุมชน.....98
4.8	ราคาขายน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติกที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพกับราคาน้ำมันไบโอดีเซลชุมชนและราคาน้ำมันดีเซล.....99

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ปริมาณขยะมูลฝอยจำแนกตามพื้นที่ (พ.ศ.2552-2554).....	8
2.2 ปริมาณการใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอยชุมชน ปี 2546-2554.....	8
2.3 องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชน.....	9
2.4 หลุมฝังกลบขยะ.....	12
2.5 เตเผาขยะ.....	13
2.6 ห้องหมักปุ๋ยจากขยะ.....	14
2.7 เครื่องแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน.....	15
2.8 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้แก๊สชีวภาพ.....	15
2.9 น้ำมันจากขยะพลาสติกและเครื่องแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน.....	17
2.10 กระบวนการไพโรไลซิส.....	21
2.11 แผนผังการจัดเตรียมวัตถุดิบเพื่อแปรรูปพลาสติกเป็นน้ำมัน.....	22
2.12 แผนผังกระบวนการเผาไหม้เพื่อผลิตน้ำมัน.....	23
2.13 Polymer energy system.....	26
2.14 ปริมาณผลิตภัณฑ์จากกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน.....	29
2.15 หอกลิ้น.....	43
2.16 โครงสร้างของซีโอไลต์.....	57
2.17 ลักษณะการทำงานของซีโอไลต์.....	58
2.18 ภาพถ่ายพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยายสูง.....	60
2.19 ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด.....	61
2.20 ถ่านกัมมันต์แบบอัดแท่ง.....	62
2.21 แบบจำลองโครงสร้างภายในถ่านกัมมันต์.....	63
3.1 น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก.....	70
3.2 น้ำมันที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร.....	70
3.3 การระเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน.....	72
3.4 น้ำมันก่อน ขณะ หลังการดูดซับกัมมันต์ด้วยถ่านไม้และผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร.....	73

รูปที่	หน้า	
3.5	น้ำมันก่อน ขณะ หลังการดูดซับกัมมันต์ด้วยถ่านกัมมันต์และผ่านการกรองด้วย กระดาษกรองเบอร์ 42 เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร.....	74
4.1	น้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติก.....	76
4.2	ลักษณะน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกก่อนและหลังผ่านการกรอง.....	77
4.3	น้ำมันก่อนและหลังผ่านการระเหย.....	83
4.4	น้ำมันก่อน ขณะ หลังการดูดซับด้วยถ่านไม้และถ่านกัมมันต์ แล้วผ่านการกรอง ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร.....	86
4.5	ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส.....	87
4.6	องค์ประกอบของน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติก.....	88
4.7	องค์ประกอบของน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติกหลังผ่านการระเหย.....	88

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญและจำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์ตั้งแต่โลกได้เกิดการพัฒนาสู่ยุคของสังคมอุตสาหกรรม เพื่อผลักดันเศรษฐกิจให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานจากแหล่งทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้นเรื่อยๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ จนกระทั่งทำให้แหล่งพลังงานลดลงตามไปด้วย และการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลนี้ต้องผ่านกระบวนการต่างๆ เช่นกระบวนการเผาไหม้เพื่อให้ได้พลังงานออกมาใช้ ซึ่งกระบวนการเผาไหม้นี้ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซ ที่เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน จากการที่โลกได้มีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมมากขึ้นนั้นเป็นบ่อเกิดของภาวะโลกร้อนและวิกฤติพลังงานขึ้นในยุคปัจจุบันนี้ ซึ่งผลกระทบจากวิกฤติพลังงานนี้ทำให้น้ำมันมีราคาที่สูงขึ้น โดยสถานการณ์ราคาน้ำมันแก๊สเป็นปัญหาสำคัญระดับโลก ราคาน้ำมันจากบาร์เรลละประมาณ 40 เหรียญสหรัฐ เพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 139 เหรียญสหรัฐ และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สำหรับสถานการณ์ของประเทศไทย ราคาน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 35.6 จากปี 2553 หรือเพิ่มขึ้น 30.62 เหรียญสหรัฐต่อบาร์เรล จากราคาเฉลี่ยน้ำมันดิบนำเข้า 79.48 เหรียญสหรัฐต่อบาร์เรลในปี 2553 มาอยู่ที่ระดับ 110.10 เหรียญสหรัฐต่อบาร์เรลในปี 2554 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2554) จากราคาน้ำมันที่แพงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจทั้งระดับประเทศและระดับโลก ทำให้ราคาสินค้าและบริการต่างๆ ปรับตัวสูงขึ้นตามไปด้วย ประชาชนจึงแบกรับค่าใช้จ่ายมากขึ้น แต่แนวโน้มการใช้พลังงานของโลกจากการคาดการณ์ของกระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา คาดว่าน้ำมันยังมีสัดส่วนการใช้สูงเป็นอันดับหนึ่งอยู่ ทำให้ทุกประเทศทั่วโลกตระหนักถึงปัญหานี้ โดยหาแนวทางในการประหยัดพลังงานและหาแหล่งพลังงานทดแทนใหม่ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้พลังงานของมนุษย์

ประเทศไทยประสบกับปัญหาการสะสมของขยะมูลฝอยชุมชนเป็นจำนวนมาก ซึ่งประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นทุกปีจนมากถึง 40,000 กว่าตันต่อวัน โดยในปี 2554 มีปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศประมาณ 16 ล้านตัน หรือวันละ 43,800 ตัน เพิ่มขึ้น 0.84 ล้านตัน หรือร้อยละ 5.5 โดยกรุงเทพมหานคร มีขยะมูลฝอยประมาณวันละ 9,500 ตัน คิดเป็นร้อยละ 22 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน เขตเทศบาลและเมืองพัทยา มีขยะมูลฝอยประมาณวันละ 17,488 ตัน คิดเป็นร้อยละ 40 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นแต่ละวัน ขณะที่เขตองค์การบริหารส่วนตำบลมี

ขยะมูลฝอยประมาณวันละ 16,792 ตัน คิดเป็นร้อยละ 38 ของปริมาณมูลฝอยทั่วประเทศ การ
ใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอยในปี 2554 มีการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ประมาณ 4.10
ล้านตันหรือร้อยละ 26 ของปริมาณมูลฝอยทั่วประเทศ 16 ล้านตัน โดยเป็นการคัดแยกและนำ
กลับมารีไซเคิลประมาณ 3.39 ล้านตัน ส่วนที่เหลือนำขยะมูลฝอยอินทรีย์มาหมักทำปุ๋ยอินทรีย์
ปุ๋ยชีวภาพ และหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพประมาณ 0.59 ล้านตัน และเป็นการนำขยะมูลฝอยผลิต
พลังงานไฟฟ้า และเชื้อเพลิงทดแทนประมาณ 119,000 ตัน (กรมควบคุมมลพิษ 2554) ส่วนที่
เหลือจะถูกกำจัดอย่างไม่ถูกวิธี ไม่ว่าจะเป็นการเผากลางแจ้งและการฝังกลบอย่างไม่ถูกวิธี
ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซที่เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน และเกิดปัญหาด้านมลพิษ
สิ่งแวดล้อม ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วขยะที่นำไปฝังกลบจะเป็นขยะ
จำพวกที่ย่อยสลายยาก เช่น ถุงพลาสติก ขยะพลาสติกประเภทต่างๆ ซึ่งขยะพลาสติกใช้
ระยะเวลาในการย่อยสลายยาวนาน ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา โดยปัจจุบันมีการพัฒนา
เทคโนโลยีที่จะนำขยะกลับมาใช้หลายวิธี สำหรับการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันเป็นอีกวิธีหนึ่ง
ที่สามารถช่วยลดปัญหาการกำจัดขยะโดยนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของน้ำมัน
ทำให้ช่วยลดปัญหาวิกฤติพลังงาน ปัญหาการกำจัดขยะ ที่เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนลงได้ และ
ได้แหล่งพลังงานทดแทนแหล่งใหม่ให้กับประเทศอีกด้วย

ปัจจุบันกระทรวงพลังงานส่งเสริมให้มีการผลิตน้ำมันจากขยะ โดยให้การสนับสนุนกับ
เทศบาลต่างๆ ทำให้ช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม จากการจัดการขยะที่ไม่ถูกสุขลักษณะลงได้
และได้ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของน้ำมันจากกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกอีกด้วย ซึ่งเป็นการพัฒนา
พลังงานทดแทนจากขยะ โดยน้ำมันที่ได้จากระบบการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันนั้นส่วน
ใหญ่ มีลักษณะของเทคโนโลยีและวิธีการใกล้เคียงกัน ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการและควบคุมสภาวะ
ต่างๆ ในเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส คุณภาพน้ำมันเหลวประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่
มีหลายจุดเดือดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามคุณภาพของน้ำมัน จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุง
คุณภาพของน้ำมันเพื่อใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมต่อไป ซึ่งน้ำมันที่ได้จากขยะนั้นมี
องค์ประกอบที่หลากหลาย ได้แก่ ดีเซล เบนซิน น้ำมันเตาและอื่นๆ เป็นต้น โดยพบว่าส่วนใหญ่
แล้วดีเซลมีปริมาณมากกว่าองค์ประกอบส่วนอื่น ดังนั้นการนำน้ำมันจากขยะพลาสติกมาใช้
ประโยชน์ควรนำน้ำมันในรูปแบบของดีเซลมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามคุณสมบัติ
เบื้องต้นของน้ำมันจากขยะพลาสติกมีค่าบางค่าผ่านเกณฑ์ของไบโอดีเซลชุมชนและน้ำมันดีเซล
แต่มีค่าต่างๆ ที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอยู่ และยังมีค่าอื่นๆ ที่ยังไม่ได้ตรวจวิเคราะห์เพิ่มเติมอีก
หลายค่า ดังนั้นเพื่อให้ น้ำมันที่ได้จากกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกนั้นมีคุณภาพสามารถใช้

งานได้อย่างเป็นรูปธรรมและเหมาะสม จึงต้องมีการศึกษาและปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ให้ได้อย่างน้อยตามเกณฑ์มาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชน ดังนั้นเพื่อเป็นการทำให้น้ำมันจากขยะพลาสติกมีคุณภาพมากขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงดำเนินการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันที่ได้จากขยะพลาสติก และปรับปรุงคุณภาพน้ำมันที่ได้ให้เป็นไปตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน เพื่อให้ได้น้ำมันที่มีคุณภาพเหมาะแก่การใช้ประโยชน์แก่ชุมชนและเกษตรกร สำหรับเป็นทางเลือกในการใช้งานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อทราบถึงคุณสมบัติของน้ำมันที่ได้จากขยะพลาสติกและทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันให้ได้ตามมาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซลชุมชน

1.2.2 เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ของน้ำมันจากขยะพลาสติกที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันให้ได้มาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซลชุมชน

1.2.3 เพื่อศึกษาผลด้านเศรษฐศาสตร์ที่เกิดจากการใช้น้ำมันจากขยะพลาสติก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ปรับปรุงคุณภาพน้ำมันจากขยะพลาสติกในส่วนของดีเซลเพื่อให้ได้มาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

1.3.2 ศึกษาการนำน้ำมันจากขยะพลาสติกที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนแล้วไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้เกิดความเหมาะสม

1.3.3 วิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ในด้านมูลค่าราคา ของการนำน้ำมันจากขยะพลาสติกไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้คุณสมบัติของน้ำมันดีเซลที่ได้จากขยะพลาสติก

1.4.2 ทราบถึงวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันจากขยะพลาสติกให้ได้มาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

1.4.3 ทราบถึงสมบัติของน้ำมันที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้ว

1.4.4 ทราบถึงการนำน้ำมันที่ผ่านการปรับปรุงไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ อย่างเหมาะสม

1.4.5 ทราบถึงผลทางเศรษฐศาสตร์ด้านมูลค่าราคาที่ประหยัดลงเมื่อใช้น้ำมันจากขยะพลาสติกแทนน้ำมันดีเซลในรูปแบบของไบโอดีเซลชุมชน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิง

ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเป็นผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมที่มีปริมาณมากที่สุด ประมาณ 85% ของปิโตรเลียมที่ผลิตได้ ถูกนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เพื่อนำมาทำให้เกิดพลังงาน การเผาไหม้น้ำมันทำได้สะดวกมีประสิทธิภาพสูง ได้พลังงานต่อหน่วยมากกว่าเชื้อเพลิงอื่น เก็บรักษาง่าย ขนย้ายสะดวก จึงเป็นเชื้อเพลิงที่ได้รับความนิยม โดยมีการใช้น้ำมันในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ทั้งเรือ รถยนต์และอากาศยาน ให้ความร้อนสำหรับหม้อต้มน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมและการผลิตกระแสไฟฟ้า

น้ำมันเชื้อเพลิงแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มตามการใช้งาน ได้แก่ เชื้อเพลิงสำหรับขับเคลื่อนเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงสำหรับให้ความร้อน และเชื้อเพลิงสำหรับให้แสงสว่าง โดยเชื้อเพลิงสำหรับขับเคลื่อนเครื่องยนต์ได้แก่ น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน น้ำมันเตา เชื้อเพลิงสำหรับให้ความร้อนได้แก่ น้ำมันเตา น้ำมันก๊าด และเชื้อเพลิงสำหรับให้แสงสว่าง ได้แก่ น้ำมันก๊าด (ตติยา ใจบุญ, 2545)

2.2 สถานการณ์ราคาน้ำมันในตลาดโลก

ราคาน้ำมันดิบในปี 2554 ดังแสดงในตารางที่ 2.1 นั้น มีความผันผวนเนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง ทั้งปัญหาความไม่สงบทางการเมืองของประเทศในแถบแอฟริกาเหนือและตะวันออกกลาง ตั้งแต่ปลายปี 2553 ประกอบกับปัญหาภัยพิบัติทางธรรมชาติทั้งคลื่นสึนามิในประเทศญี่ปุ่น และพายุไต้ฝุ่นมหาสมุทรแอตแลนติกและสหรัฐอเมริกา ส่งผลให้ราคาน้ำมันดิบปรับตัวสูงขึ้นในช่วงต้นถึงกลางปีและในช่วงเดือนสิงหาคม นอกจากนั้นปัญหาวิกฤตินี้สาธารณะในยุโรป และปัญหาเศรษฐกิจของสหรัฐอเมริกา ทำให้ส่งผลต่อการปรับตัวลดลงของราคาน้ำมันดิบตั้งแต่ช่วงไตรมาส 3 ของปี 2554 ก่อนจะปรับตัวเพิ่มขึ้นอีกครั้งหลังจากนักลงทุนเริ่มมีความเชื่อมั่นในการแก้ปัญหาหนี้สาธารณะในยุโรปประกอบกับความต้องการเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเริ่มเข้าสู่ช่วงฤดูหนาว อย่างไรก็ตามในเดือนธันวาคม ดัชนีการผลิตภาคอุตสาหกรรม (Purchasing Manager Index - PMI) ของทวีปยุโรปและอังกฤษลดลงต่ำสุดในรอบ 2 ปี ซึ่งเป็นสัญญาณว่าปัญหาหนี้สินของยุโรปอาจยืดเยื้อและลุกลาม ประกอบกับ S&P ยังเตือนว่าจะปรับลดระดับความน่าเชื่อถือของสหภาพยุโรปลงอีก (กรมธุรกิจพลังงาน, 2554)

ตารางที่ 2.1 ราคาน้ำมันดิบและน้ำมันสำเร็จรูปในตลาดโลก (กรมธุรกิจพลังงาน, 2554)

ดอลลาร์/บาร์เรล	น้ำมันดิบดูไบ	เบนซิน 92	ดีเซล
เฉลี่ยปี 2553	78.03	86.23	89.48
เฉลี่ยปี 2554	106.28	117.56	124.68

ภาพรวมการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปี 2554 เพิ่มขึ้นจากปี 2553 ยกเว้นน้ำมันเบนซินมีการใช้ลดลง 1.6% มาอยู่ที่ 20.0 ล้านลิตร/วัน เนื่องจากปัญหาอุทกภัยในช่วงปลายปี ในขณะที่การใช้ น้ำมันดีเซลได้ปรับตัวสูงขึ้น 3.1% มาอยู่ที่ระดับ 51.1 ล้านลิตร/วัน โดยการใช้อยู่ในระดับสูงในช่วง ครั้งแรกของปีและปรับลดลงตามฤดูกาลในไตรมาส 3 ก่อนที่จะปรับตัวสูงขึ้นในช่วงไตรมาส สุดท้าย ส่วนการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวปรับสูงขึ้นจากปี 2553 18.9% มาอยู่ที่ 543 พันตัน/เดือน โดยเป็นการปรับตัวจากทุกภาคการใช้ยกเว้นภาคอุตสาหกรรมซึ่งมีการปรับราคาในไตรมาส 3 และ ไตรมาส 4 การใช้ NGV ในปี 2554 ยังคงปรับตัวสูงขึ้น โดยปรับเพิ่มจาก 5.0 ล้าน กก./วัน ในปี 2553 มาอยู่ที่ 6.4 ล้าน กก./วัน จากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปี 2554 พบว่าน้ำมันดีเซลเป็น เชื้อเพลิงที่มีปริมาณการใช้สูงกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซิน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปี 2554 (กรมธุรกิจพลังงาน, 2554)

ชนิดน้ำมัน	เบนซิน	ดีเซล	LPG	NGV
	ล้านลิตร/วัน	ล้านลิตร/วัน	พันตัน/เดือน	ล้าน กก./วัน
ปี 2554	20.0	51.1	543	6.4
ปี 2553	20.3	49.6	456	5.0
% เพิ่ม	-1.6	3.1	18.9	26.9

2.3 สถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชน

“ขยะมูลฝอย” หรือ “มูลฝอย” หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถูพลาสติก ภาชนะใส่อาหาร ถัง มูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจาก ถนน ตลาดที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น (พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 อ้างถึงใน กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

2.3.1 แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย

เขตที่พักอาศัย (Domestic area) เป็นขยะที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันในการดำรงชีวิตของประชาชนตามบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ส่วนใหญ่เป็นขยะมูลฝอยจากห้องครัว เช่น เศษอาหาร พลาสติก กระดาษ แก้ว โลหะ เป็นต้น

เขตธุรกิจการค้า ตลาดสด (Commercial area) เป็นขยะมูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมในส่วนธุรกิจการค้าขายของชุมชน ได้แก่ เศษสินค้าที่ไม่ต้องการ เช่น เศษอาหาร พลาสติก กระดาษ เศษผัก ผลไม้ เป็นต้น

เขตสถานที่ราชการ สถาบันการศึกษา (Institutional area) เป็นขยะมูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมบริการของทางราชการ การเรียนการสอน ส่วนใหญ่เป็นเศษกระดาษ พลาสติก และของเสียอันตรายในส่วนที่มาจาก อาคารที่มีการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ การแพทย์ หรือการเพาะเลี้ยงเชื้อ หรือมีสารเคมีประเภทอันตราย เช่น โลหะหนัก สารเคมี เป็นต้น

เขตอุตสาหกรรม (Industrial area) เกิดขึ้นบริเวณโรงงานอุตสาหกรรม จากกระบวนการผลิต องค์ประกอบของมูลฝอยจะมีทั้งขยะมูลฝอยทั่วไปและของเสียอันตราย โดยลักษณะของของเสียอันตรายขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรม

เขตเกษตรกรรม (Agricultural area) เกิดขึ้นในบริเวณเขตการเกษตรกรรมที่มีการเพาะปลูก หรือฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ขยะมูลฝอยส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ เช่น เศษผัก ผลไม้ ฟาง หญ้า สารเคมี เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

2.3.2 ประเภทของขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอย แบ่งตามลักษณะทางกายภาพเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1) ขยะย่อยสลาย (Compostable waste) คือ ขยะที่เน่าเสียและย่อยสลายได้ สามารถนำมาหมักทำปุ๋ยได้ เช่น เศษอาหาร เศษผักผลไม้ เศษเนื้อสัตว์ ใบไม้ เป็นต้น

2) ขยะรีไซเคิล (Recyclable waste) คือ ของเสียบรรจุภัณฑ์ หรือวัสดุเหลือใช้ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ เช่น พลาสติก แก้ว กระดาษ กระป๋องเครื่องดื่ม เศษโลหะ ยางรถยนต์ อะลูมิเนียม เป็นต้น

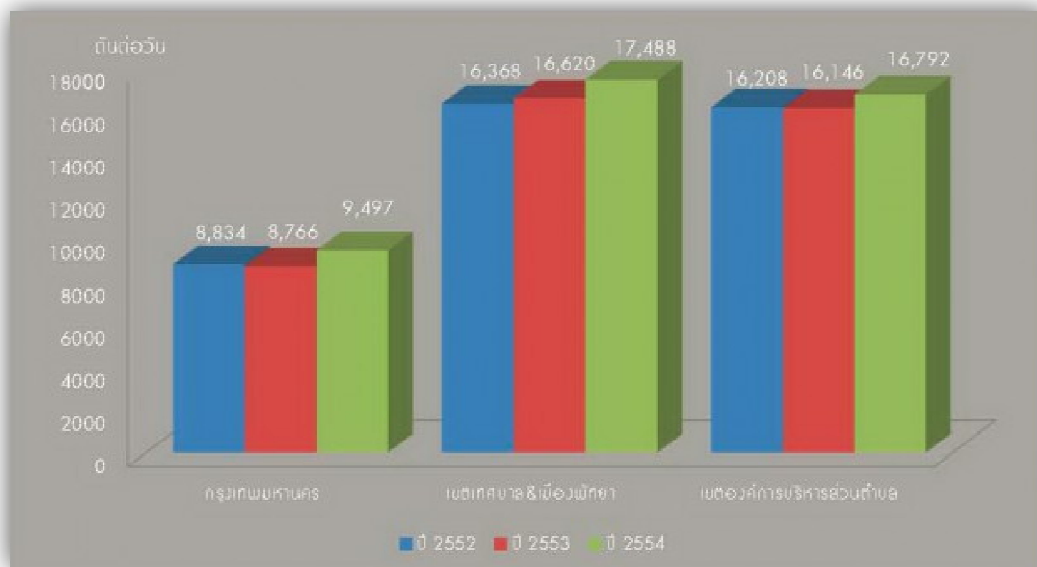
3) ขยะอันตราย (Hazardous waste) คือ ขยะที่มีองค์ประกอบหรือปนเปื้อนวัตถุอันตรายต่างๆ ได้แก่ วัตถุมีพิษ วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ วัตถุกำมันตรังสี วัตถุทำให้เกิดโรค วัตถุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุกัดกร่อน วัตถุที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง วัตถุที่เป็นเคมีภัณฑ์หรือสิ่งทีอาจทำให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช ทรัพย์สินหรือ

สิ่งแฉะล้น อิ่ม เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ ภาชนะบรรจุสารกำจัดศัตรูพืช กระป๋องสเปรย์บรรจุสีหรือสารเคมี เป็นต้น

4) ขยะทั่วไป (General waste) คือ ขยะประเภทอื่นนอกเหนือจากขยะย่อยสลาย ขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย มีลักษณะที่ย่อยสลายยากและไม่คุ้มค่าสำหรับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น ห่อพลาสติกใส่ขนม ถุงพลาสติกบรรจุผงซักฟอก ซองบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ถุงพลาสติกเบ็ดเตล็ดอาหาร โฟมเบ็ดเตล็ดอาหาร พอยล์เบ็ดเตล็ดอาหาร เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

2.3.3 ปริมาณขยะมูลฝอย

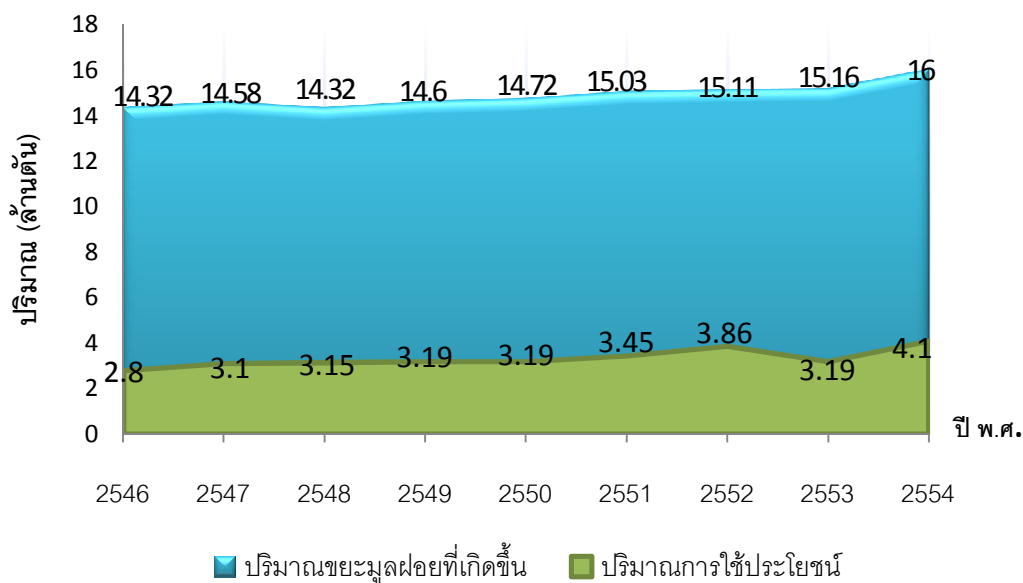
ปริมาณขยะมูลฝอยของประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปีจนมากถึง 40,000 กวาทันต่อวัน ปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ นี้ หากไม่มีการจัดการกำจัดอย่างถูกวิธีแล้วจะก่อให้เกิดมลพิษ ที่ส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญอีกปัญหาหนึ่งที่ต้องได้รับการจัดการ โดยในปี 2554 มีปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศประมาณ 16 ล้านตัน หรือ 43,800 ตันต่อวัน เพิ่มขึ้น 0.84 ล้านตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 5.5 โดยกรุงเทพมหานคร มีปริมาณขยะมูลฝอยประมาณวันละ 9,500 ตัน คิดเป็นร้อยละ 22 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน เขตเทศบาลและเมืองพัทยา มีปริมาณขยะมูลฝอยประมาณวันละ 17,488 ตัน คิดเป็นร้อยละ 40 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นแต่ละวัน เขตองค์การบริหารส่วนตำบลมีปริมาณขยะมูลฝอยประมาณวันละ 16,792 ตัน คิดเป็นร้อยละ 38 ของปริมาณมูลฝอยทั่วประเทศ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งการใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอยในปี 2554 มีการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ประมาณ 4.10 ล้านตันหรือร้อยละ 26 ของปริมาณมูลฝอยทั่วประเทศ 16 ล้านตัน โดยเป็นการคัดแยกและนำกลับมารีไซเคิลประมาณ 3.39 ล้านตัน ส่วนที่เหลือนำขยะมูลฝอยอินทรีย์หมักทำปุ๋ยอินทรีย์ปุ๋ยชีวภาพ และหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพประมาณ 0.59 ล้านตัน และเป็นการนำขยะมูลฝอยผลิตพลังงานไฟฟ้า และเชื้อเพลิงทดแทนประมาณ 119,000 ตัน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ส่วนที่เหลือจะถูกกำจัดอย่างไม่ถูกวิธี โดยส่วนใหญ่ใช้วิธีการฝังกลบอย่างไม่ถูกวิธี หรือการเผาที่กลางแจ้ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)



(กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

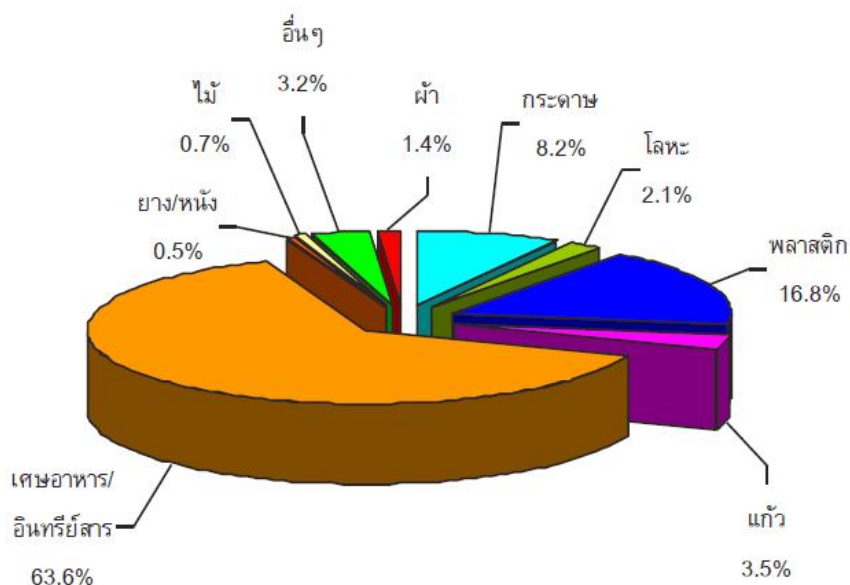
รูปที่ 2.1 ปริมาณขยะมูลฝอยจำแนกตามพื้นที่ (พ.ศ. 2552 - 2554)

2.3.4 ปริมาณการใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอยชุมชน ปี พ.ศ. 2546 – 2554



(กรมควบคุมมลพิษ, 2553-2554)

รูปที่ 2.2 ปริมาณการใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอยชุมชน ปี 2546 – 2554



(เขารีนกอยู่ กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

รูปที่ 2.3 องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชน

ขยะมูลฝอยชุมชน สามารถแยกองค์ประกอบออกมาได้หลายประเภท ได้แก่ เศษอาหารหรืออินทรีย์สาร พลาสติก กระดาษ แก้ว ผ้า โลหะ ไม้ ยางและหนัง และอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 พบว่าองค์ประกอบขยะประเภทพลาสติกมีปริมาณมากเป็นอันดับสองถึง ร้อยละ 16.8 รองจากเศษอาหารอินทรีย์สารที่สามารถย่อยสลายได้ แต่พลาสติกเป็นขยะที่ย่อยสลายยากใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายเป็นเวลานานทำให้มีขยะประเภทพลาสติกหลงเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก

สำหรับขยะที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการเปลี่ยนเป็นพลังงานได้นั้น โดยทั่วไปต้องเป็นขยะที่มีคาร์บอน และ/หรือ ไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบ เช่น ขยะชีวมวล ขยะพลาสติก หรือขยะที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีจากบ้านเรือน เมื่อจะเปลี่ยนขยะเหล่านี้เป็นพลังงาน ต้องคำนึงถึงชนิดของขยะเพื่อที่จะได้เลือกกระบวนการหรือเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเปลี่ยนขยะเหล่านี้ให้เป็นพลังงานหรือเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมได้ (ศิริรัตน์ จิตการคำ, 2554)

2.4 ประเภทของพลาสติก

พลาสติก เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้น โดยใช้แทนวัสดุธรรมชาติ โดยพลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เทอร์โมพลาสติก และ เทอร์โมเซตติงพลาสติก (พอร์รัตน์ เพชรภักดี และ กฤษฎา จันทระเสนา, 2551)

2.4.1 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) หรือเรซิน มีสมบัติพิเศษคือ เมื่อหลอมแล้วสามารถนำมาขึ้นรูปกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นพลาสติกที่ใช้กันแพร่หลายที่สุด มีหลายประเภท ได้แก่

- โพลีเอทิลีน (Polyethylene: PE) เป็นพลาสติกที่ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย มีลักษณะขุ่นและทนความร้อนได้ปานกลาง เป็นพลาสติกที่นำมาใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรม เช่น ท่อน้ำ ถัง ขวด ถัง แท่นรองรับสินค้า
- โพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP) เป็นพลาสติกที่ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย แข็งกว่าโพลีเอทิลีนทนต่อความร้อนสูงและสารไขมัน ใช้ทำแผ่นพลาสติก ถังพลาสติกบรรจุอาหารที่ทนร้อน หลอดดูดพลาสติก เป็นต้น
- โพลีสไตรีน (Polystyrene: PS) มีลักษณะเปราะ โปร่งใส ทนต่อการขีดและด่าง ไอน้ำและอากาศซึมผ่านได้ปานกลาง ใช้ทำชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องใช้สำนักงาน เป็นต้น
- SAN (styrene-acrylonitrile) เป็นพลาสติกโปร่งใส ใช้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น
- ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene) สมบัติคล้ายโพลีสไตรีน แต่มีความเหนียวและทนสารเคมีดีกว่า โปร่งแสง ใช้ผลิตถ้วย ถาด เป็นต้น
- โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride: PVC) ป้องกันไขมันได้ดีมีลักษณะใส ไอน้ำและอากาศซึมผ่านได้พอควร ใช้ทำขวดบรรจุน้ำมันและไขมันปรุงอาหาร ขวดบรรจุเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เช่น เบียร์ ไวน์ ใช้ทำแผ่นพลาสติก ห่อเนยแข็ง ทำแผ่นแลมินเนตชั้นในของถุงพลาสติก
- ไนลอน (Nylon) เป็นพลาสติกที่มีความเหนียวมาก คงทนต่อการเพิ่มอุณหภูมิ ทำแผ่นแลมินเนตสำหรับทำถุงพลาสติกบรรจุอาหารแบบสุญญากาศ
- โพลีเอทิลีน เทอร์ฟะธาเลต (Terylene: polyethylene terephthalate) มีความเหนียวมากและโปร่งใส แต่ราคาแพง ใช้ทำแผ่นฟิล์มบาง ๆ บรรจุอาหาร

- โพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate: PC) มีลักษณะแข็ง โปร่งใส ทนแรงยึดและแรงกระแทกได้ดี ทนความร้อนสูง ทนกรด แต่ไม่ทนด่าง เป็นรอยหรือคราบอาหารจับได้ยาก ใช้ทำถ้วย ชาม จาน ขวดนมเด็ก และขวดบรรจุอาหารเด็ก

2.4.2 เทอร์โมเซตติงพลาสติก (Thermosetting plastic) เป็นพลาสติกที่มีสมบัติพิเศษ ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปฏิกิริยาเคมีได้ดี เกิดรอยเปื้อนและคราบได้ยาก เมื่อหลอมตัวเป็นรูปแบบใด จะเป็นรูปแบบนั้นอย่างถาวรคือ จะเอามาหลอมใช้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ไม่ได้ หลังจาก พลาสติกเย็นจนแข็งตัวแล้ว จะไม่สามารถทำให้อ่อนได้อีกโดยใช้ความร้อน จะสลายตัวทันทีที่อุณหภูมิสูงถึงระดับ การทำพลาสติกชนิดนี้ให้เป็นรูปลักษณะต่าง ๆ ต้องใช้ความร้อนสูง และโดยมากต้องการแรงอัดด้วย เทอร์โมเซตติงพลาสติก ได้แก่

- เมลามีน ฟอรัมาลดีไฮด์ (melamine formaldehyde) มีสมบัติทางเคมีทนความร้อนได้ถึง 140 องศาเซลเซียส ทนแรงดันได้ 7,000-135,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทนแรงอัดได้ 25,000-50,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทนแรงกระแทกได้ 0.25-0.35 และทนปฏิกิริยาเคมีได้ดี เกิดคราบและรอยเปื้อนยาก เมลามีนใช้ทำภาชนะบรรจุอาหาร

- ฟีนอลฟอรัมาลดีไฮด์ (phenol-formaldehyde) มีความต้านทานต่อตัวทำละลาย สารละลายเกลือและน้ำมัน แต่พลาสติกอาจบวมได้เนื่องจากน้ำหรือแอลกอฮอล์ พลาสติกชนิดนี้ใช้ทำฝาจุขวดและหม้อ

- อีพ็อกซี (epoxy) ใช้เคลือบผิวของอุปกรณ์ภายในบ้านเรือน และท่อเก็บก๊าซ ใช้เชื่อมส่วนประกอบโลหะ เซรามิก และแก้ว ใช้หล่ออุปกรณ์ที่ทำจากโลหะและเคลือบผิว เส้นใยของท่อ และท่อความดัน ใช้เคลือบผิวของผนังและพื้น ใช้เป็นวัสดุของแผ่นกำบังนิวตรอน ซีเมนต์ และปูนขาว ใช้เคลือบผิวถนน เพื่อกันลื่น ใช้ทำโฟมแข็ง ใช้เป็นสารในการทำสีของแก้ว

- โพลีเอสเตอร์ (polyester) เป็นโพลิเมอร์ที่นำมาใช้งานได้หลากหลาย เช่น ใช้ทำพลาสติกสำหรับเคลือบผิว ขวดน้ำ เส้นใย พิล์มและยาง เป็นต้น ตัวอย่างโพลิเมอร์ในกลุ่มนี้ เช่น โพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลต โพลีบิวทิลีนเทเรฟทาเลต และโพลิเมอร์ฟลิกเหลวบางชนิด

- โพลียูรีเทน (polyurethane) โพลิเมอร์ประกอบด้วยหมู่ยูรีเทน ($-NH\cdot CO\cdot O-$) เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่างไดไอโซไซยาเนต (di-isocyanates) กับ ไดออล (diols) หรือ ไตรออล (triols) ที่เหมาะสม มักใช้เป็นกาว และน้ำมันชักเงา พลาสติกและยาง ชื่อย่อคือ PU

2.5 เทคโนโลยีการกำจัดขยะมูลฝอย

การกำจัดขยะมูลฝอยโดยทั่วไปจะใช้เทคโนโลยีเหล่านี้เป็นเทคโนโลยีหลักที่ใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอยในประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) ได้แก่

2.5.1 การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

เป็นวิธีการกำจัดขยะอย่างถูกสุขลักษณะ โดยการทำลายขยะมูลฝอยในหลุมหรือพื้นที่ที่เตรียมไว้โดยการบดอัดขยะมูลฝอยด้วยเครื่องจักรกล เพื่อให้ขยะมูลฝอยยุบตัวและมีความหนาแน่นมากขึ้นแล้วทำการปิดทับด้วยวัสดุถมกลบ เช่น ดิน หรือมีการใช้พลาสติกปิดคลุมมีระบบกันซึมที่กันหลุมเพื่อป้องกันน้ำชะขยะมูลฝอยไหลออกไปสู่ลำน้ำได้ดิน มีระบบรวบรวมน้ำชะขยะมูลฝอยไปบำบัด มีระบบระบายก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ มีการตรวจสอบการรั่วซึมของหลุมฝังกลบ และมีระบบการติดตามตรวจสอบสิ่งแวดล้อม เป็นต้น



(กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

รูปที่ 2.4 หลุมฝังกลบขยะ

2.5.2 การเผาในเตาเผา (Incineration)

การเผาเป็นการใช้หลักการการเผาไหม้ (Combustion) เพื่อทำลายหรือเปลี่ยนสภาพขยะมูลฝอยที่อยู่ในรูปของแข็งให้กลายเป็นก๊าซ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไอน้ำ (H_2O) และของแข็ง เช่น เถ้าหนัก เถ้าลอย เป็นต้น พร้อมการควบคุมมลพิษทางอากาศและสามารถนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ เช่น น้ำร้อน ไอน้ำ และกระแสไฟฟ้า



(กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

รูปที่ 2.5 เตาเผาขยะ

2.5.3 การหมักทำปุ๋ย (Composting)

การหมักทำปุ๋ยเป็นการกำจัดขยะมูลฝอยประเภทสารอินทรีย์ ด้วยกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน สามารถเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นปุ๋ยที่ไม่ย่อยสลายต่อไปอีก จนกระทั่งมีสีดำหรือสีน้ำตาล จากปฏิกิริยามีน้ำ (H_2O) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) รวมทั้งพลังงานความร้อนส่วนหนึ่งประกอบขยะมูลฝอยอื่นๆ ที่ไม่สามารถนำไปทำเป็นปุ๋ยได้เช่น เศษกระดาษ พลาสติก แก้ว โลหะ ต้องนำไปฝังกลบหรือคัดแยกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่



(กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

รูปที่ 2.6 ห้องหมักปุ๋ยจากขยะ

วิธีการกำจัดที่ใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอยที่ใช้กันมากที่สุดในประเทศไทย คือ การกำจัดขยะมูลฝอยโดยการฝังกลบกรมควบคุมมลพิษได้จำแนกวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยแบบการฝังกลบเป็น 4 แบบ คือ

- การเทกอง (Uncontrolled or Open Dump)
- การเทกองที่มีการควบคุม (Controlled Dump)
- การฝังกลบขยะมูลฝอยตามหลักทางวิศวกรรม (Engineered Landfill)
- การฝังกลบขยะมูลฝอยตามหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

การฝังกลบขยะเป็นวิธีที่ต้องใช้พื้นที่ในการฝังกลบซึ่งขยะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นการกำจัดขยะโดยวิธีฝังกลบจึงจำเป็นต้องใช้พื้นที่มากในการฝังกลบมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากการใช้พื้นที่ในการฝังกลบมากขึ้นแล้ว ถ้าหากมีการฝังกลบอย่างไม่ถูกวิธีก็จะก่อให้เกิดผลกระทบโดยเฉพาะปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม ตามมาด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวประกอบกับปัจจุบันทั่วโลกได้ประสบกับวิกฤตการณ์ด้านพลังงานจึงทำให้ภาครัฐตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว โดยจะเห็นได้จากนโยบายด้านการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงาน

2.6 นโยบายด้านการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงาน

2.6.1 นโยบายของรัฐบาล

จากการแถลงนโยบายของคณะรัฐมนตรีต่อรัฐสภา เมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2551 ในหมวด 4 นโยบายเศรษฐกิจ ด้านนโยบายพลังงานได้มีการระบุนโยบายที่จะสนับสนุนการผลิตและการใช้พลังงานทดแทน รวมทั้งพลังงานจากขยะมูลฝอย (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) ดังนี้



(กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

รูปที่ 2.7 เครื่องแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน



(กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

รูปที่ 2.8 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้แก๊สชีวภาพ(มีเทน)

2.6.2 นโยบายของกระทรวงพลังงาน

จากนโยบายของกระทรวงพลังงาน พบว่า มีส่วนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ นโยบายที่ 2: พลังงานทดแทน ดังนี้

- ส่งเสริมการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพแทนน้ำมัน เช่น เอทานอล ไบโอดีเซล
- ส่งเสริมการใช้ก๊าซธรรมชาติในภาคขนส่ง (Natural Gas Vehicles: NGV)

ภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจและภาคครัวเรือน

- ส่งเสริมพลังงานหมุนเวียนทุกรูปแบบ ทั้งลม พลังน้ำ แสงอาทิตย์ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ พลังงานจากขยะ

- วิจัยและพัฒนาพลังงานทางเลือกพลังงานทดแทนและพลังงานในรูปแบบใหม่
- ผลักดันให้พลังงานทดแทนเป็นวาระแห่งชาติ พร้อมกำหนดมาตรการจูงใจ
- สร้างเครือข่ายพลังงานหมุนเวียนให้มีความเข้มแข็งโดยสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมในชุมชนอำเภอและจังหวัด เพื่อสร้างความมั่นคงด้านพลังงานในระดับฐานราก

2.7 เทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงาน

เทคโนโลยีในการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นพลังงานนั้นมี 5 วิธี คือ(กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

2.7.1 การเผาในเตาเผา(Incineration) เป็นการใช้หลักการการเผาไหม้ (Combustion) ในการทำลายหรือเปลี่ยนแปลงสภาพขยะมูลฝอยที่อยู่ในรูปของแข็งให้กลายเป็นก๊าซ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ไอน้ำ (H₂O) และของแข็ง เช่น เถ้าหนัก(Bottom ash) เถ้าลอย (Fly ash) และพลังความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ขยะมูลฝอย การเผาในเตาเผาสามารถนำพลังงานความร้อนกลับไปใช้ประโยชน์ เช่น การผลิตน้ำร้อน ไอน้ำ หรือแม้แต่พลังงานไฟฟ้า

2.7.2 แท่งเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel, RDF) เป็นเชื้อเพลิงในรูปของแข็งที่ผลิตจากขยะมูลฝอยชุมชน โดยมีการคัดแยกขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ออกก่อน จากนั้นนำขยะมูลฝอยไปบดหรือหั่นและผสมด้วยตัวผสมแล้วทำให้แห้งและอัดเป็นก้อนหรือแท่ง วัสดุที่เหมาะสมนำมาใช้ทำเป็นแท่งเชื้อเพลิง ได้แก่ กระดาษ พลาสติก ไม้และผ้า เป็นต้น

2.7.3 การผลิตก๊าซชีวภาพโดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน (Biogas Production by Anaerobic Digestion) การผลิตแก๊สชีวภาพเป็นกระบวนการหมักขยะมูลฝอยประเภทสารอินทรีย์ ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนเพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซชีวภาพ ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อน

2.7.4 การแปรรูปขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกเป็นน้ำมัน ขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเหมือนกับน้ำมัน แต่น้ำมันมีจำนวนคาร์บอนน้อยกว่าพลาสติก เช่น ดีเซลจะมีคาร์บอน 12 - 20 ตัว เบนซิน 6 - 12 ตัว ส่วนพลาสติกเป็นโซ่ยาวมาก มีคาร์บอนเป็นจำนวนมาก โดยการที่จะเปลี่ยนให้เป็นน้ำมันนั้นต้องตัดโซ่ให้สั้นลง พลาสติกทั่วไปมีหลายประเภทที่สามารถนำมาผลิตน้ำมันได้ แต่อาจให้ผลผลิตและปริมาณที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.3 โดยน้ำมันที่ได้จากขวดใสและถุงอาหารทั่วไปจะให้ดีเซลสีขุ่นดำ แต่หากใช้วัตถุดิบประเภทถุงพลาสติกใหม่จะได้น้ำมันเหลืองใส ดังแสดงในรูปที่ 2.9



(กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

รูปที่ 2.9 น้ำมันและเครื่องแปรรูปขยะพลาสติก

ตารางที่ 2.3 ประเภทวัตถุดิบและผลผลิตที่ได้

ประเภทของพลาสติก	ผลผลิต
โพลีเอทิลีน (Polyethylene, PE)	ดีมาก
โพลีโพรไพลีน (Polypropylene, PP)	ดีมาก
โพลีสไตรีน (Polystyrene, PS)	ดีมาก
เอบีเอส เรซิน (ABS Resin)	ดี
โพลียูรีเทน (Polyurethane)	พอใช้
โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride, PVC)	ไม่เหมาะสม

ที่มา : <http://www.oknation.net/blog/energyclinic/2008/10/14/entry-1>

2.7.5 เทคโนโลยีพลาสมาอาร์ค (Plasma Arc) เป็นเทคโนโลยีด้านพลังงานขั้นสูงที่ใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอยได้หลายลักษณะ หลักการคือการป้อนขยะมูลฝอยเข้าไปใน plasma arc field อุณหภูมิประมาณ 5,000-15,000 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่สูงระดับนี้จะสามารถแยกอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของขยะมูลฝอยออกได้ ทำให้ขยะมูลฝอยถูกความร้อนเผาทำลายหมด ความร้อนที่ได้สามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยใช้เป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ และนำไอน้ำมาผลิตเป็นพลังงานกระแสไฟฟ้าต่อไป

สำหรับเทคโนโลยีในการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงานนั้นจะเห็นได้ว่ามีหลากหลายวิธีดังที่ได้กล่าวมา สำหรับในงานวิจัยนี้จะกล่าวต่อไปเฉพาะเทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกเป็นน้ำมัน ปัจจุบันเทคโนโลยีการเปลี่ยนขยะมูลฝอยพลาสติกจะใช้กระบวนการทางความร้อนเปลี่ยนให้เป็นพลังงาน กระบวนการเปลี่ยนพลาสติกให้เป็นน้ำมันโดยทั่วไปจะใช้กระบวนการไพโรไลซิสเพื่อสลายตัววัตถุดิบให้ได้ผลิตภัณฑ์หลักคือน้ำมันออกมา เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับพลังงานทดแทน

2.8 กระบวนการเปลี่ยนขยะให้เป็นพลังงาน

กระบวนการเปลี่ยนขยะให้เป็นพลังงาน แบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ กระบวนการทางความร้อน กระบวนการทางชีวเคมี และกระบวนการทางเคมี ซึ่งกระบวนการทางความร้อนนั้น แบ่งย่อยเป็นการเผาไหม้ (Combustion) กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) และกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) กระบวนการทางชีวเคมี เป็นการใช้อุณหภูมิในการย่อยขยะโดยผ่านปฏิกิริยา

เชิงชีวเคมี แบ่งได้เป็น กระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) และการหมัก (Fermentation) กระบวนการเชิงเคมี เป็นการเปลี่ยนขยะให้เป็นผลผลิตผ่านปฏิกิริยาเคมี คือ ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันใช้เปลี่ยนน้ำมันพืชให้เป็นไบโอดีเซล ซึ่งในการแปรรูปขยะให้เป็นพลังงานนั้น มีกระบวนการหลายแบบดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยการเลือกใช้กระบวนการที่เหมาะสมนั้นต้องพิจารณาถึงชนิดและลักษณะของขยะนั้นๆ สำหรับงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงการแปรรูปขยะให้เป็นพลังงานโดยให้ความร้อนเป็นหลัก (ศิริรัตน์ จิตการคำ, 2551)

กระบวนการทางความร้อนแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ

2.8.1 การเผาไหม้โดยตรง (Combustion/Incineration)

การเผาไหม้ เกิดจากการทำปฏิกิริยาของเชื้อเพลิงและออกซิเจน ทำให้เกิดความร้อนออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมกับน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ และเถ้า เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็งเหลืออยู่ โดยจะนำความร้อนไปใช้เป็นแหล่งพลังงานโดยตรง หรือใช้ผลิตพลังงานรูปแบบอื่นๆ เช่น ไอน้ำเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้าต่อไป

2.8.2 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification)

กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน คือ กระบวนการที่เปลี่ยนวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ภายใต้บรรยากาศที่มีออกซิเจนจำกัดเพื่อผลิตก๊าซสังเคราะห์ โดยทั่วไปใช้อุณหภูมิประมาณ 500 – 1,400 องศาเซลเซียส ก๊าซสังเคราะห์ที่ได้เป็นก๊าซผสมระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์กับไฮโดรเจน โดยมีก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ร่วม ซึ่งอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์กับไฮโดรเจนจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้ในการทำแก๊สซิฟิเคชัน กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันถือว่าเป็นปฏิกิริยาที่รุนแรงกว่าไพโรไลซิส ก๊าซสังเคราะห์และความร้อนที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง หรือเกิดปฏิกิริยากับไอน้ำเพื่อให้เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ (ศิริรัตน์ จิตการคำ, 2551)

2.8.3 กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis)

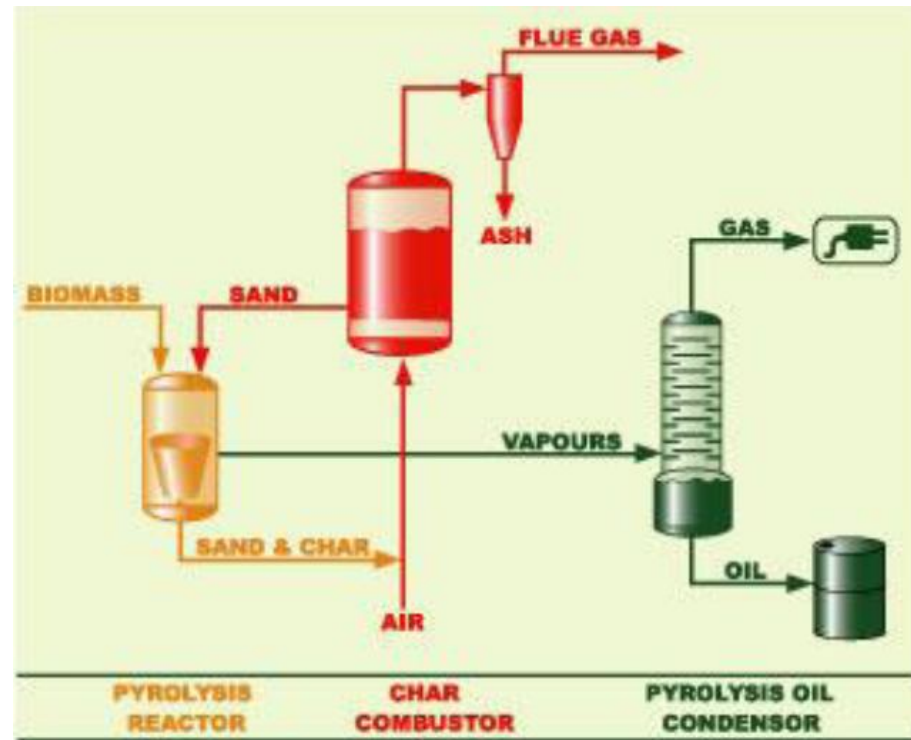
กระบวนการไพโรไลซิสเป็นการให้ความร้อนในภาวะไร้ออกซิเจน หรือ จำกัดให้น้อยที่สุดเป็นกระบวนการที่ไม่มีความซับซ้อน และแพร่หลายมากที่สุด สามารถเปลี่ยนรูปให้ได้พลังงานในหลายรูปแบบ เช่น ก๊าซเชื้อเพลิง น้ำมัน และถ่านชาร์ที่เกิดจากการสลายตัวขององค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยได้เป็นน้ำมัน (สถาบันวิจัยพลังงานจุฬาฯ, 2554)

2.9 กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis)

กระบวนการไพโรไลซิส คือ กระบวนการแตกตัว หรือสลายตัวของสารประกอบหรือวัสดุต่างๆ ด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิประมาณ 400 – 800 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจน หรือมีออกซิเจนในปริมาณน้อย ปฏิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการไพโรไลซิสประกอบด้วยขั้นแรก การสลายตัวของสารที่ระเหยง่ายออกจากวัตถุดิบ (Devolatilization) ขั้นที่สอง เป็นการแตกตัวของวัตถุดิบที่สามารถแตกตัวได้ จะแตกตัวออกมาเป็นโมเลกุลที่เล็กลงเรื่อยๆ ตามเวลา และอุณหภูมิที่กำหนด จนเกิดการแตกตัวที่สมบูรณ์ของวัตถุดิบ โดยอุณหภูมิในแต่ละขั้นแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ แต่ถ้ามีการให้ความร้อนและเวลายาวนานเกินไป สารที่ได้จากการแตกตัวของวัตถุดิบจะกลับมารวมตัวกัน เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ ดังนั้น สภาวะที่ใช่ในการไพโรไลซิสจะต้องขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพในปริมาณที่สูง และไม่ก่อให้เกิดผลผลิตที่ไม่ต้องการ

ในบางครั้ง อาจมีการเติมไฮโดรเจนหรือไอน้ำเข้าไปในกระบวนการไพโรไลซิส เพื่อเปลี่ยนการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำมันมีความเสถียรมากขึ้น เนื่องจากไฮโดรเจนจะเข้าไปรบกวนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยออกซิเจนที่มีอยู่ในเนื้อของวัตถุดิบ การเติมน้ำในปริมาณไม่มากเกินไป เข้าไปเป็นตัวกลางในกระบวนการไพโรไลซิส จะทำให้ไปเพิ่มความดันให้กับกระบวนการ ทำให้วัตถุดิบเกิดเป็นของไหลได้ง่าย และทำให้ถ่านที่ได้จากกระบวนการมีค่าพื้นที่ผิวสูงขึ้น (ในกรณีที่ต้องการผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ หรือถ่านดูดซับ) เป็นต้น (ศิริรัตน์ จิตการคำ, 2551)

ในการเปลี่ยนของเสียประเภทพลาสติกให้เป็นน้ำมันนิยมใช้วิธีการเผาในเตาเผาแบบไพโรไลซิส ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ด้วยการควบคุมอุณหภูมิและความดัน และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalysis) ทำให้เกิดการสลายตัวของโครงสร้างของพลาสติก (Depolymerization) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเชื้อเพลิงเหลวที่สามารถนำไปผ่านกระบวนการกลั่นเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวในเชิงพาณิชย์ได้ โดยหากต้องการผลิตภัณฑ์หลัก คือ ของเหลว ในรูปของน้ำมัน จะต้องทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสแบบเร็ว (Fast Pyrolysis) ซึ่งอัตราการให้ความร้อนสูงมากกว่า 1,000 องศาเซลเซียสต่อวินาที ทั้งมีอุณหภูมิปานกลางและระยะเวลาที่ทำปฏิกิริยา โดยเฉพาะของสารโอะระเหยจะต้องสั้นมาก แต่หากต้องการผลิตภัณฑ์หลักคือถ่านชาร์ จะต้องใช้อัตราการให้ความร้อนต่ำ อุณหภูมิปานกลางและระยะเวลาที่ทำปฏิกิริยานาน หรือที่เรียกว่า ปฏิกิริยาไพโรไลซิสแบบช้า (Slow Pyrolysis)



(เชาวน์ นกอยู่, 2554)

รูปที่ 2.10 กระบวนการไพโรไลซิส

2.10 ขั้นตอนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน

2.10.1 กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ

กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกให้เป็นน้ำมัน โดยทำการขุดและตัดขยะจากบ่อฝังกลบขึ้นมา เพื่อทำการคัดแยกองค์ประกอบของขยะมูลฝอย จากนั้นตัดขยะมูลฝอยจากบ่อเข้าเครื่องคัดแยกองค์ประกอบเฉพาะส่วนที่เป็นพลาสติก ทำความสะอาดเพื่อชะล้างสิ่งสกปรกและผึ่งให้แห้งรอเข้ากระบวนการในขั้นต่อไป ดังแสดงในรูปที่

2.11

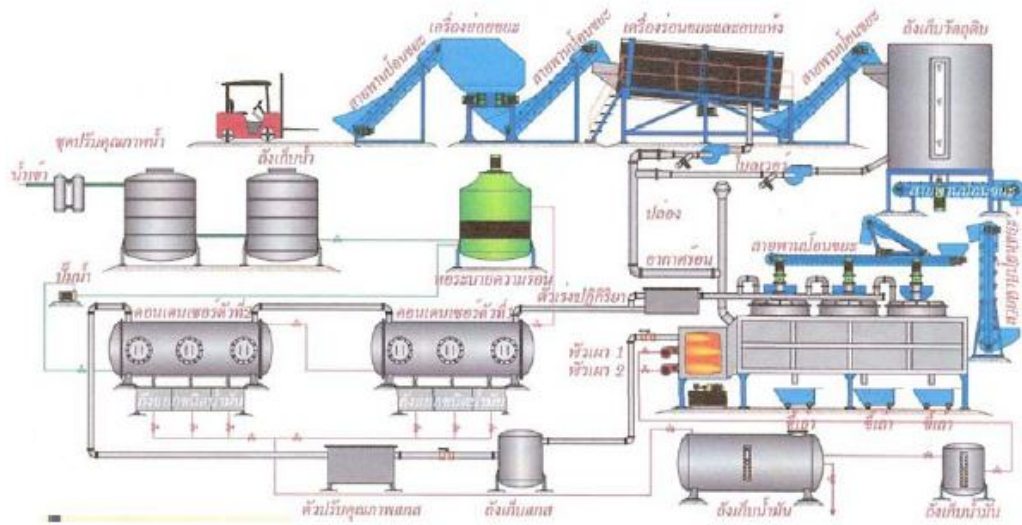


(พรรรัตน์ เพชรภักดีและกฤษฎา จันทโรสน, 2551)

รูปที่ 2.11 แผนผังการจัดเตรียมวัตถุดิบเพื่อแปรรูปพลาสติกเป็นน้ำมัน

2.10.2 กระบวนการเผาไหม้เพื่อผลิตน้ำมัน

กระบวนการเผาไหม้เป็นการเผาเพื่อให้ได้น้ำมัน โดยป้อนพลาสติกเพื่อเข้าสู่เตาเผาที่อุณหภูมิความร้อนเฉลี่ยประมาณ 420 องศาเซลเซียส ลักษณะการเผาเป็นการเผาที่อุณหภูมิสูง พลาสติกจากการเผาจะถูกหลอมละลายเป็นของเหลวและเปลี่ยนสภาพไปเป็นก๊าซ เมื่อก๊าซถูกทำให้เย็นลงจะมีแฉีก เกิดขึ้นจึงต้องมีการดักแฉีก พร้อมปรับสภาพของก๊าซและส่งไปควบแน่นด้วยระบบหล่อเย็นจนเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ส่วนก๊าซที่ไม่กลั่นตัวจะถูกนำไปให้ความร้อนแก่หัวเผาก๊าซเพื่อให้ความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 2.12



(พรวิรัตน์ เพชรภักดี และ กฤษฎา จันทระเสนา, 2551)

รูปที่ 2.12 แผนผังกระบวนการเผาไหม้เพื่อผลิตน้ำมัน

2.11 เทคโนโลยีการแปรรูปขยะเป็นน้ำมันในประเทศไทย

กระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันโดยส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสเป็นหลัก ยกตัวอย่าง เช่น เทคโนโลยีจากบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งได้นำเทคโนโลยี polymer energy technology ที่คิดค้นโดย Zbigniew Tokarz วิศวกรชาวโปแลนด์ ได้มีการพิสูจน์แล้วว่าสามารถใช้ได้จริงโดยองค์กร Environment Technology Action Plan (ETAP) ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้ EU Commission ได้ประกาศรับรองเทคโนโลยีแล้ว เทคโนโลยีนี้เครื่องจักรมีขนาดไม่ใหญ่มาก สามารถผลิตน้ำมันเหลวได้อย่างต่อเนื่องจากขยะพลาสติกและยางรถยนต์เก่า โดยเฉพาะพลาสติกที่มีการปนเปื้อนสูง จึงเหมาะกับการนำพลาสติกจากหลุมฝังกลบมาป้อนเข้าสู่ระบบ ขยะจากหลุมฝังกลบจะถูกคัดแยกเฉพาะส่วนที่เป็นพลาสติกมาอัดและส่งไปยังเตาหลอม pneumatic พร้อมกับกำเริบเติมตัวเร่งปฏิกิริยา และป้อนความร้อนเข้าสู่ระบบเพื่อให้พลาสติกเกิดการแตกตัว ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในวัฏภาคของแก๊ส และเกิดการควบแน่นด้วยระบบหล่อเย็นได้เป็นน้ำมันเหลวออกมา ส่วนแก๊สที่ไม่เกิดการควบแน่นจะถูกป้อนส่งไปยังระบบเผาไหม้เพื่อเป็นเชื้อเพลิง ร่วมกับแก๊สปิโตรเลียมเหลวที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ให้ความร้อนแก่เตาหลอมต่อไป สิ่งปนเปื้อนที่ตกค้างไม่หลอมเหลวหรือหลอมเหลวไม่หมดจะถูกกำจัดออกทางสายพานลำเลียง

ผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้มีองค์ประกอบเป็นน้ำมันเบนซินร้อยละ 20 น้ำมันดีเซลร้อยละ 40 – 60 ในประเทศไทยได้มีการจัดตั้งโรงงานแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันโดยเอกชนที่เทศบาลเมืองระยอง จังหวัดระยอง และเทศบาลหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นโรงงานที่ใช้เครื่องจักรผลิต

น้ำมันด้วยเทคโนโลยีโพลีโพลแลนด์ มีอัตราการบ่อนขยะพลาสติกประมาณ 3-5 กิโลกรัมต่อครั้ง หรือประมาณ 300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ภายใต้สมมติฐานที่มีการผลิต 25 วันต่อเดือน ซึ่งคิดเป็นปริมาณขยะพลาสติกที่ต้องการต่อเดือนคือ 180 ตันต่อเดือน หรือ 2,160 ตันต่อปี โดยเมื่อคำนวณจากปริมาณน้ำมันดิบที่สามารถผลิตได้ประมาณร้อยละ 60 ของน้ำหนักขยะพลาสติกหรืออาจกล่าวได้ว่า เมื่อมีการเดินเครื่องผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติกที่ต้องบ่อนขยะพลาสติกประมาณ 6 ตันต่อวัน จะสามารถน้ำมันได้ถึง 1,620 ล้านลิตรต่อปี (สถาบันวิจัยพลังงานจูปา, 2554)

ระบบรื้อและคัดแยกมูลฝอยเพื่อนำพลาสติกไปแปรรูปเป็นน้ำมัน (Landfill Mining System)

1. กระบวนการคัดแยก ขั้นที่ 1 (Preliminary Screening)

1.1 การขูด รื้อ และคัดแยกด้วยเครื่องร่อนคัดแยกขนาด (Trammel Screen)

เป็นกระบวนการขูดขยะเก่า และนำมาคัดแยกด้วยกระบวนการเชิงกล (Mechanical Sorting) โดยอาศัยหลักการเหวี่ยง (Centrifugal) และความแตกต่างของขนาด (Size Screening) ระหว่างขยะอินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้ว พลาสติก และอื่นๆ ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ ในกระบวนการนี้จะแยกวัสดุที่มีขนาดเล็ก กว่ารูตะแกรง (Odd Size) ประมาณ 50-60% และวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่ารูตะแกรง (Over Size) ประมาณ 40-50%

2. กระบวนการคัดแยก ขั้นที่ 2 (Secondary Screening)

2.1 การคัดแยกด้วยมือ (Hand Sorting) และการสลัดดิน (Removal of Soil Contamination) เป็นการคัดแยกและปรับปรุงคุณภาพของวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่ารูตะแกรง (Over size) ก่อนเข้ากระบวนการปรับปรุงคุณภาพขั้นต่อไป

2.2 การคัดแยกด้วยมือ (Hand Sorting) คัดเอาขยะรีไซเคิลออกจากขยะพลาสติกประเภท PE และ PP ได้แก่ เหล็ก แก้ว เศษไม้ อลูมิเนียม ยาง และพลาสติกประเภทอื่นๆ เป็นต้น โดยจะคัดแยกได้ประมาณ 10-15%

2.3 การสลัดดิน (Removal of Soil Contamination) เป็นกระบวนการขจัดดินที่ติดกับผิวพลาสติกออก เพื่อลดการปนเปื้อนในกระบวนการล้างต่อไป โดยจะคัดแยกได้ประมาณ 20-30%

3. กระบวนการปรับปรุงคุณภาพ ครั้งที่ 1 (Washing Line)

3.1 การปรับปรุงคุณภาพด้านการล้าง ครั้งที่ 1 (First Step Improvement) เป็นการล้างทำความสะอาด และคัดแยกด้วยการตกตะกอนดิน (Sedimentation Separation) สิ่งปนเปื้อนที่มีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่า น้ำจะตกตะกอนลงไป ทำให้พลาสติกสะอาดขึ้น สามารถ แยกได้ประมาณ 30%

3.2 การปรับปรุงคุณภาพด้านการล้าง ครั้งที่ 2 (Second Step Improvement) เป็นการล้างทำความสะอาดสะอาดครั้งที่ 2 และคัดแยกด้วยการลอย (Flotation Separation) พลาสติกจำพวก PP และ PE มีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ เมื่อไม่มีสิ่งปนเปื้อนเกาะติดผิว พลาสติกเหล่านั้นจะถูกแยกให้ลอยขึ้นสู่น้ำ และนำไปใช้ปรับปรุงคุณภาพขั้นต่อไป 20%

3.3 การสลัดแห้ง (Dewatering) เป็นการลดความชื้น (Dewatering) ด้วยแรงเหวี่ยง (Centrifugal) ให้น้ำแยกออกจากผิวพลาสติก ซึ่งสามารถลดความชื้นได้ประมาณ 60-75%

4. กระบวนการปรับปรุงคุณภาพ ครั้งที่ 2 (Drying System)

4.1 การอบแห้ง (Drying) โดยการใช้ความร้อนเหลือทิ้ง (Heat Waste Recovery) ความร้อนที่อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 300 องศาเซลเซียส ถูกนำจากห้องเก็บความร้อนส่งผ่านท่อไปยังเครื่องอบ โดยอุณหภูมิจะลดลงเฉลี่ยที่ 60-80 องศาเซลเซียส วัสดุพลาสติกที่มีน้ำปนอยู่ 20-25% (20-25% moisture content) จะถูกลดความชื้นลงด้วยลมร้อน ทำให้วัสดุมีความชื้นไม่เกิน 10% โดยทั่วไปกระบวนการแปรรูปนี้ มักเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 550 องศาเซลเซียส โดยจะขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพของพลาสติก รวมถึงตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในกระบวนการมีวัตถุประสงค์ให้กระบวนการ Depolymerization เกิดขึ้นในเวลาอันรวดเร็ว และช่วยลดอุณหภูมิในกระบวนการ ในปัจจุบันกระบวนการ Turn Plastic Waste into Oil ด้วย Pyrocatalytic Technology ได้พัฒนาขึ้นในเชิงพาณิชย์แล้วเป็นเวลากว่า 7 ปี โดยเป็นความร่วมมือระหว่างนักวิจัยจากโปแลนด์และสหรัฐอเมริกา และมีการนำ Polymer Energy Technology ไปใช้ในหลายประเทศ เช่น Poland, Germany, Russia และ India ซึ่งประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่ทำให้ความสนใจในการนำเทคโนโลยีนี้เข้ามาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาขยะพลาสติก โดยมีการติดตั้ง ณ เทศบาลนครระยอง และเทศบาลเมืองหัวหิน จุดเด่นและข้อได้เปรียบทางเทคโนโลยีมีดังนี้

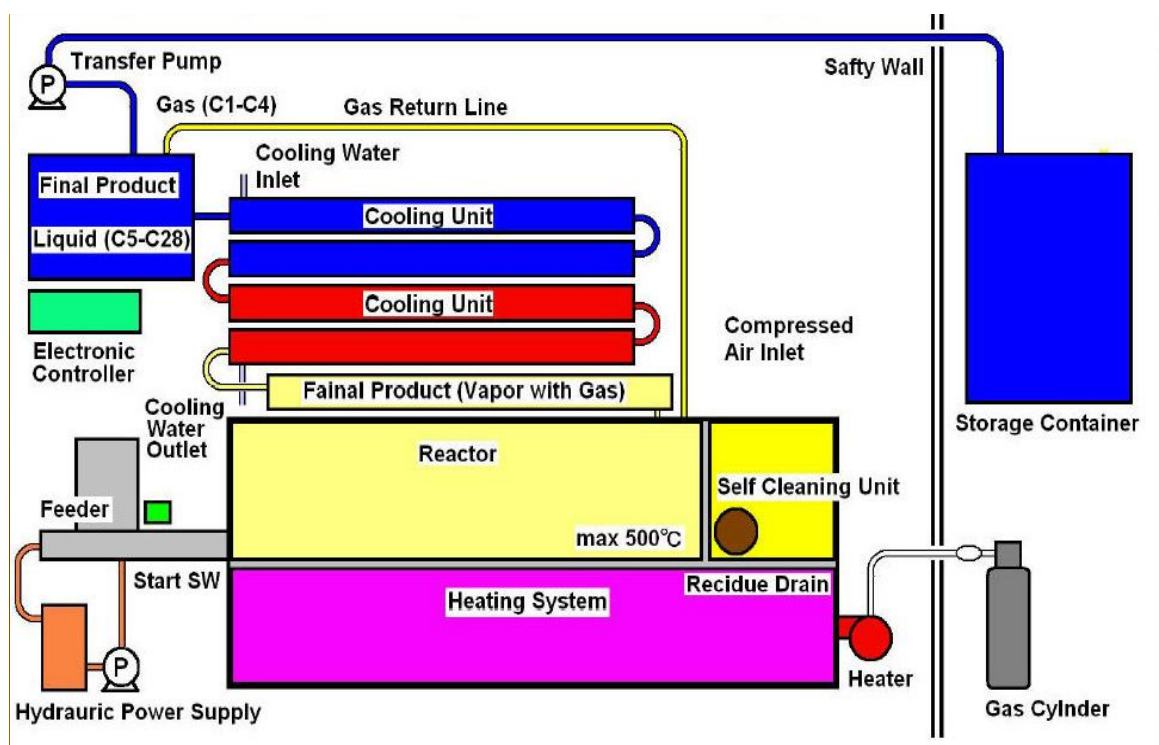
1. เทคโนโลยี Polymer Energy สามารถเป็นทางเลือกหนึ่งของการจัดการพลาสติกและเป็นส่วนขยายจากระบบกำจัด ขยะที่มีอยู่แล้ว เพื่อให้ระบบครบวงจรในการกำจัดขยะได้มากขึ้น โดยตัวระบบเองถูกออกแบบมาให้ สามารถติดตั้งดำเนินการและเพิ่มจำนวนเครื่องจักรได้โดยง่าย

2. ระบบออกแบบให้ดำเนินการผลิตได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยหัวใจหลักของเครื่องคือส่วนของเตาปฏิกรณ์ซึ่งใช้ระบบ การถ่ายเทความร้อนในการหลอมเหลวพลาสติกและมีตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) และการควบคุมอุณหภูมิ ความดัน และ อากาศภายในเครื่อง ทำให้ได้น้ำมันที่มีคุณภาพและปราศจากการเกิดสารพิษประเภท Dioxin

3. เครื่องจักรมีระบบทำความสะอาดตัวเองอัตโนมัติ (Self Cleaning) ที่จะทำความสะอาดในส่วนเตาหลอม (Reactor) 6 ชั่วโมงต่อการทำงาน 72 ชั่วโมง (3 วัน) โดยไม่ต้องปิดเครื่อง นอกจากนี้ การบำรุงรักษาจะทำเป็นประจำทุก 3 เดือน โดยผู้เชี่ยวชาญจาก SPEE จะหยุดเครื่องเป็นเวลา 5-7 วัน ขึ้นอยู่กับอายุการใช้งานของเครื่องจักร

4. Polymer Energy เป็นระบบที่อนุรักษ์พลังงานเนื่องจากได้นำก๊าซและความร้อนที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต กลับมาใช้ในระบบเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานเริ่มต้นของตัวเครื่อง

5. Polymer Energy มีอัตราการป้อนวัตถุดิบหรือขยะพลาสติกประมาณ 330 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ 216 ตันต่อเดือน โดยมี อัตราการผลิตเป็นน้ำมันดิบได้ปริมาณ 60% ของน้ำหนักพลาสติกหรือประมาณ 162,000 ลิตร ต่อเดือน โดยเทคโนโลยี สามารถรองรับการปนเปื้อนของพลาสติกและความชื้นรวม 20% (ซิงเกิ้ล พอยท์, 2549)



(ซิงเกิ้ล พอยท์, 2551)

รูปที่ 2.13 Polymer Energy System

2.12 เทคโนโลยีในการแปรรูปขยะเป็นน้ำมันที่ใช้ในต่างประเทศ

กระบวนการวีบา (VEBA process) เป็นกระบวนการบ้อนพลาสติกเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบหมุนที่ให้ความร้อนด้วยหัวเผาแก๊สที่มีความดัน 10 มิลลิบาร์ โดยใช้อุณหภูมิทำปฏิกิริยา 650 องศาเซลเซียส ผลผลิตที่เป็นน้ำมันเหลวที่ขึ้นกับความเร็วมุมและการเอียงตัวของเครื่องปฏิกรณ์ ไอของแก๊สไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นและน้ำมันถูกส่งไปควบแน่นที่ระบบควบแน่นแยกน้ำมันออกจากแก๊ส การควบแน่นเพื่อลดอุณหภูมิให้ไอแก๊สและน้ำมันมีอุณหภูมิที่ 300 องศาเซลเซียส จากนั้นไอแก๊สไฮโดรคาร์บอนจะถูกส่งมายังหน่วยควบแน่นที่ 2 เพื่อลดอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส จะสามารถควบแน่นแก๊สไฮโดรคาร์บอนให้เป็นน้ำมันเหลวได้ ส่วนแก๊สที่ไม่ควบแน่นจะถูกส่งกลับไปบ้อนเป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องปฏิกรณ์ต่อไป กระบวนการนี้สามารถใช้แปรรูปพลาสติกได้หลายประเภทรวมถึงพลาสติกพีวีซี ที่อาจต้องเพิ่มส่วนเตรียมวัตถุดิบให้ปราศจากคลอรีนที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียสเพื่อแยกคลอรีนออกไปก่อนที่จะเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบหมุนต่อไป

กระบวนการของบีพีเคมิคัล (BP Chemical process) เป็นกระบวนการเตรียมพลาสติกให้มีมลทินน้อยกว่า 5% แล้วบ้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์ชนิดฟองแก๊สที่มีไนโตรเจนเป็นแก๊สตัวพาและมีทรายเป็นอนุภาคของแข็ง จะเกิดกระบวนการถ่ายเทความร้อนแบบปั่นป่วนในเครื่องปฏิกรณ์ ทำให้พลาสติกหลอมเหลวอย่างรวดเร็ว และออกจากเครื่องปฏิกรณ์โดยแก๊สตัวพาเข้าสู่เครื่องปั่นแยกส่วนที่เป็นของแข็งออก ผ่านหน่วยกำจัดคลอรีน และคัดแยกตัวดูดซับที่เสื่อมสภาพผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นส่งไปยังหน่วยแยกองค์ประกอบโดยผ่านการแยกไซเพื่อนำไปผสมกับแนฟทาสำหรับบ้อนเป็นเชื้อเพลิงให้ระบบ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เหลือจะถูกควบแน่นให้เป็นแก๊สและน้ำมัน ซึ่งแก๊สที่ได้จะถูกอัดที่ความดัน 4 เท่าบรรยากาศเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนทั้งหมดของกระบวนการและใช้เป็นแก๊สตัวพาในเครื่องปฏิกรณ์ด้วย

กระบวนการ Thermofuel เป็นกระบวนการทำให้พลาสติกหลอมเหลวก่อนที่จะส่งเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 350-425 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศเฉื่อยและแก๊สไนโตรเจน ปฏิกิริยาแตกตัวของพลาสติกจะเกิดขึ้นในห้องเร่งปฏิกิริยาที่สร้างจากแผ่นโลหะผสมและวางเรียงให้เกิดการไหลแบบซับซ้อนเป็นการเพิ่มพื้นที่สัมผัสกับตัวเร่งและเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยา ทำให้ได้ไฮโดรคาร์บอนในช่วง C_8-C_{25} โดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ C_{16} เป็นช่วงของน้ำมันแก๊สโซลีน น้ำมันก๊าด และดีเซล ส่วนแก๊สไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปที่หน่วยควบแน่นเป็นน้ำมันเหลวและแก๊สสำหรับบ้อนเป็นเชื้อเพลิงให้กับกระบวนการต่อไป

กระบวนการสมุดา (SMUDA Process) เป็นกระบวนการที่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา nonzeolite metal silicate 10% ลงไปในถังปฏิกรณ์เพื่อลดระดับพลังงานในการแตกสลายพันธะคาร์บอนของพลาสติก และปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ในเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส ความดัน 4-5 บรรยากาศ โดยภายในเครื่องปฏิกรณ์มีใบกวนหมุนกวนด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาทีให้เกิดปฏิกิริยาการแตกตัวของพลาสติกได้อย่างทั่วถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกส่งไปที่หน่วยการกลั่นเพื่อกลั่นแยกแก๊สและน้ำมันแต่ละชนิดออกตามคาบจุดเดือด น้ำมันหนักจะถูกป้อนกลับมาทำให้แตกตัวที่เครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสอีกครั้ง กระบวนการนี้ไม่เหมาะสมกับพลาสติกที่เป็นไนลอน หรือเอบีเอส เนื่องจากของเสียที่เกิดขึ้นจะเป็นต่างและทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาเสื่อมสภาพ (สถาบันวิจัยพลังงานจูปา, 2554)

2.13 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส

ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดตามสภาวะคือ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นก๊าซ ของเหลว และของแข็ง (Char) เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นปฐมภูมิ (Primary Products) อัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้ เช่นอุณหภูมิ อัตราเร็วในการให้ความร้อน เป็นต้น แต่โดยตัวกระบวนการไพโรไลซิส ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการมากที่สุด คือ ของเหลวหรือน้ำมัน ส่วนก๊าซที่ได้นิยมนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการ ความร้อนที่ให้แก่กระบวนการไพโรไลซิส อุณหภูมิโดยทั่วไปของกระบวนการไพโรไลซิสคือประมาณ 400 – 800 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้เกิดผลิตภัณฑ์ 3 วัฏภาคคือ ก๊าซ ของเหลว และของแข็ง ที่เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นปฐมภูมิ เมื่อนำเอาผลิตภัณฑ์ขั้นปฐมภูมิมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น การนำเอาน้ำมันที่เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นปฐมภูมิมาผ่านกระบวนการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงเพื่อผลิตคาร์บอนแบล็ก คาร์บอนแบล็กนั้นก็เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นทุติยภูมิ (ศิริรัตน์ จิตการคำ, 2551)

สำหรับงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำมันคือ เมื่อขยะพลาสติกผ่านกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันแล้วจะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สหรือไอของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนออกมาที่อุณหภูมิ 350 – 500 องศาเซลเซียส โดยแก๊สนี้จะถูกส่งจากส่วนบนของเตาไปสู่หน่วยให้ความเย็น เพื่อทำหน้าที่ควบแน่นไอของแก๊สไฮโดรคาร์บอนให้เป็นน้ำมันเหลวที่มีขนาดโมเลกุลไฮโดรคาร์บอน $C_5 - C_{28}$ ออกมา โดยมีปริมาณน้ำมันเหลวที่ผลิตได้ประมาณร้อยละ 60 ของน้ำหนักขยะ ซึ่งน้ำมันเหลวนี้นี้ประกอบด้วยองค์ประกอบของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดตั้งแต่ $C_5 - C_{28}$ (สถาบันวิจัยพลังงานจูปา, 2554)

โดยทั่วไป ส่วนประกอบของน้ำมันที่ได้จากกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน มีดังนี้คือ ดีเซล 50% น้ำมันเตา 30% เบนซิน 20% ดังแสดงในรูปที่ 2.12

จากการแยกองค์ประกอบของน้ำมันออกมาแล้วนั้นจะเห็นได้ว่ามีปริมาณของดีเซลมากกว่าองค์ประกอบอื่นๆ ถึง 50% ดังนั้นการนำน้ำมันจากขยะพลาสติกมาใช้ประโยชน์ควรนำน้ำมันในรูปของดีเซลมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด คุณภาพน้ำมันที่ได้จากกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันนั้นส่วนใหญ่ มีลักษณะของเทคโนโลยีและวิธีการใกล้เคียงกัน ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการและควบคุมสภาวะต่างๆ ในเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิส คุณภาพน้ำมันเหลวประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีหลายจุดเดือดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามคุณภาพของน้ำมัน จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันเพื่อใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมต่อไป



(สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2551)

รูปที่ 2.14 ปริมาณผลิตภัณฑ์จากกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน

2.13.1 คุณลักษณะของน้ำมันที่ได้

น้ำมันที่ได้จากกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันนั้นโดยทั่วไปมีองค์ประกอบคล้ายน้ำมันดิบจากธรรมชาติ คือ มีน้ำมันในช่วงของน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล น้ำมันก๊าด และอื่นๆ ปนรวมกัน แต่โดยทั่วไปถ้าควบคุมกระบวนการอย่างดีแล้ว น้ำมันที่ได้จะไม่ค่อยมีส่วนหนัก เช่น ยางมะตอยผสมอยู่เหมือนน้ำมันดิบ

- องค์ประกอบของน้ำมันดิบที่ได้จะมีจำนวนคาร์บอนที่คล้ายกับน้ำมันดีเซล โดยอยู่ในช่วง $C_{12} - C_{18}$ และมีปริมาณในช่วงดีเซลมากกว่าดีโรซินและเบนซิน
- องค์ประกอบหลักที่เป็นน้ำมันเบนซินมีจำนวนคาร์บอนอยู่ในช่วง $C_6 - C_{12}$
- องค์ประกอบน้ำมันที่มาจากพลาสติก PE ส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบเป็นพวก normal alkenes

- องค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนชนิดอิ่มตัวมีลักษณะทั้งแบบห่วงโซ่เส้นตรงและแบบวงแหวนหรือแบบปิด ส่วนห่วงโซ่สารไฮโดรคาร์บอนแบบเส้นตรงทั้งแบบ normal paraffin or n – paraffin และแบบโซ่กิ่ง (ISO - paraffins) (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ของน้ำมันที่ได้จากระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกนั้นจะมีองค์ประกอบของน้ำมันดีเซลถึงร้อยละ 50 ดังนั้นเมื่อนำผลทดสอบคุณลักษณะของน้ำมันดิบจากการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันดีเซล และไบโอดีเซลชุมชน ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 2.5 - 2.6 พบว่าคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันจากขยะพลาสติกมีค่าบางค่าผ่านเกณฑ์ของไบโอดีเซลชุมชนและน้ำมันดีเซล แต่มีค่าต่างๆ ที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอยู่ และยังมีค่าอื่นๆ ที่ยังไม่ได้ตรวจวิเคราะห์เพิ่มเติมอีกหลายค่าโดยเฉพาะถ้าเทียบกับมาตรฐานดีเซล ดังนั้นเพื่อให้ น้ำมันที่ได้จากระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกนั้น มีคุณภาพสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีเป็นรูปธรรมและเหมาะสม จึงต้องมีการศึกษาและปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้ ให้ได้อย่างน้อยตามเกณฑ์มาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชน

ตารางที่ 2.4 ผลการทดสอบคุณลักษณะของน้ำมันที่ได้จากระบบแปรรูปขยะเป็นน้ำมัน

รายการทดสอบ	น้ำมันดิบ คูโบ ^{1/}	น้ำมัน ดิบ เบรันท ^{1/}	น้ำมันบ. เทอร์ม ^{2/}	น้ำมันเทศ บาล หัวหิน ^{3/}	น้ำมัน เทศบาล ขอนแก่น ^{4/}
ค่าความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 องศาเซลเซียส (Specific Gravity at 15.6/15.6 °C)	0.8348	0.867	0.7975	0.8475	0.7559
ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสกรีมต่อมิลลิเมตร (Density at 15 °C, g/ml)	0.8345	0.869	–	0.8469	–
ค่าความถ่วงเอพีไอ ณ อุณหภูมิ 60 องศาฟาเรนไฮท์ (API Gravity @ 60 °F)	38	31.25	45.97	35.5	55.68
กำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur, %wt)	0.44	2.07	–	0.0102	0.0362
จุดไหลเท องศาเซลเซียส (Pour Point, °C)	3	-30 °C	–	30	-

รายการทดสอบ	น้ำมันดิบ ดูไบ ^{1/}	น้ำมัน ดิบ เบรนท์ ^{1/}	น้ำมันบ. เทอร์ม ^{2/}	น้ำมัน เทศบาล หัวหิน ^{3/}	น้ำมันเทศบาล ขอนแก่น ^{4/}
ความหนืด เซนติสโตกส์ (Viscosity, cSt) ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (at 40 °C) ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (at 50 °C)	3.54	5.1	1.821	2.231	0.633
น้ำและตะกอน ร้อยละโดยปริมาตร (Water and Sediment, %wt)	0.05	<0.05	<0.005	<0.005	<0.05
ความเป็นกรด มิลลิลิตรัมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม (Acid Number, mgKOH/g)	0.05	0.01	–	2.92	–
จุดวาบไฟ องศาเซลเซียส (Flash Point, °C)	–	–	<20.6	<20	<25
ปริมาณเถ้า ร้อยละโดยน้ำหนัก (Carbon Residue, %wt)	–	–	0.00864	0.006	0.002
ค่าความร้อน (Gross Heat of Combustion, Calculated,Btu/lb)	–	–	20168	–	20167

หมายเหตุ 1/ ที่มาจาก เอกสารเผยแพร่ของบริษัทซิงเกิล พ้อยท์ เอ็นเนอร์ยีและเอ็นไวโรนเมนทอล จำกัด อ้างถึงใน (ศิริรัตน์ จิตการคำ, 2551)

2/ ที่มาจากเอกสารบริษัท เทอร์ม เอ็นจิเนียริง จำกัด

3/ ที่มาจากเอกสารเทศบาลหัวหิน

4/ ที่มาจากเอกสารเทศบาลนครขอนแก่น

ตารางที่ 2.5 คุณลักษณะของน้ำมันที่ได้จากระบบแปรรูปขยะเป็นน้ำมันเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันดีเซล

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูง ต่ำ	น้ำมันดีเซล		น้ำมัน	น้ำมัน	น้ำมัน
			หมุนเร็ว	หมุนช้า	บริษัท เทอร์ม	เทศบาล หัวหิน	เทศบาล ขอนแก่น
1	ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 องศาเซลเซียส (Specific Gravity at 15.6/15.6 °C)	ไม่ต่ำกว่า	0.81	-	0.7975	0.8475	0.7559
		และไม่สูง กว่า	0.87	0.92			
2	จำนวนซีเทน (Cetane Number) ก่อนวันที่ 1 ม.ค. 55 ตั้งแต่วันที่ 1 ม.ค. 55 เป็นต้นไป	ไม่ต่ำกว่า	47	45	-	-	-
		ไม่ต่ำกว่า	50	45			
3	ความหนืด เซนติสโตกส์ (Viscosity, cSt)				1.821	-	0.633
		3.1 ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (at 40 °C)	ไม่ต่ำกว่า และไม่สูง กว่า	1.8 4.1	8		
		3.2 ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (at 50 °C)	ไม่สูงกว่า	-	6		
4	จุดไหลเท องศา เซลเซียส (Pour Point, °C)	ไม่สูงกว่า	10	16	-	30	-
5	กำมะถัน ร้อยละโดย น้ำหนัก (Sulphur, %wt)				-	0.0102	0.0362
		ก่อน 1 ม.ค. 55	ไม่สูงกว่า	0.035	1.5		
		ตั้งแต่ 1 ม.ค. 55 เป็นต้นไป	ไม่สูงกว่า	0.005	1.5		

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูง ต่ำ	น้ำมันดีเซล		บ. เทอร์ม	หัวหิน	ขอนแก่น
			หมุนเร็ว	หมุนช้า			
6	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)	ไม่สูง กว่า	หมายเลข 1	-	-	-	-
7	เสถียรภาพต่อการ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน กรัม/ลูกบาศก์เมตร (Oxidation Stability, g/m ³)	ไม่สูง กว่า	25	-	-	-	-
8	กากถ่าน ร้อยละโดย น้ำหนัก (Carbon Residue, %wt)	ไม่สูง กว่า	0.05	-	-	-	-
9	น้ำและตะกอน ร้อยละโดย ปริมาตร (Water and Sediment, %wt)	ไม่สูง กว่า	0.05	0.3	<0.005	<0.005	<0.05
10	เถ้า ร้อยละโดยน้ำหนัก (Ash, %wt)	ไม่สูง กว่า	0.01	0.02	0.0086 4	0.006	0.002
11	จุดวาบไฟ องศาเซลเซียส (Flash Point, °C)	ไม่ต่ำ กว่า	52	52	<20.6	<20	<25
12	การกลั่น องศาเซลเซียส (Distillation, °C) อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้ โดยปริมาตรในอัตราร้อยละ เก้าสิบ(90% recovered)	ไม่สูง กว่า	357	-	-	-	-
13	โพลีไซคลิกอะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน ร้อยละโดย น้ำหนัก (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, %wt)						
	ก่อน 1 ม.ค. 2555	-	-	-	-	-	-
	ตั้งแต่ 1 ม.ค. 2555 เป็นต้น ไป	ไม่สูง กว่า	11	-	-	-	-

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูง ต่ำ	น้ำมันดีเซล		บ.เทอร์ม	หัวหิน	ขอนแก่น
			หมุนเร็ว	หมุนช้า			
	สี (Colour)						
	14.1 ชนิดของสี (Hue)	ไม่ต่ำ	เหลือง	น้ำตาล	น้ำตาลดำ	น้ำตาลดำ	น้ำตาลดำ
	14.2 ความเข้มของ สี (Intensity)	ไม่สูงกว่า	4	7.5			
15	ไบโอดีเซลประเภท เมทิลเอสเตอร์ของ กรดไขมัน ร้อยละ โดยปริมาตร (Methyl Ester of fatty Acid,%wt)	ไม่ต่ำกว่า และ	3	-	-	-	-
16	คุณสมบัติการหล่อ ลื่น รอยขีดข่วน ไมโครเมตร (Lubricity, Wear Scar, µm)	ไม่สูงกว่า	460	-	-	-	-
17	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความ เห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจ พลังงาน			-	-	-

ตารางที่ 2.6 คุณลักษณะของน้ำมันจากขยะพลาสติกเปรียบเทียบกับมาตรฐานไบโอดีเซล
ชุมชน

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	บ.ทอรัม	หัวหิน	ขอนแก่น	
1	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Density at 15 °C, kg/m ³)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	860 900	-	846.9	-
2	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เซลตีสโตกส์ (Viscosity at 40 °C, cSt)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	1.9 8.0	1.821	-	0.633
3	จุดวาบไฟ องศาเซลเซียส (Flash Point, °C)	ไม่ต่ำกว่า	120	<20.6	<20	<25
4	กำมะถัน ร้อยละโดย น้ำหนัก (Sulphur, %wt)	ไม่สูงกว่า	0.0015	-	0.010 2	0.0362
5	จำนวนซีเทน (Cetane Number)	ไม่ต่ำกว่า	47	-	-	-
6	เถ้าซัลเฟต ร้อยละโดย น้ำหนัก (Sulphated Ash,%wt)	ไม่สูงกว่า	0.02	-	-	-
7	น้ำและตะกอน ร้อยละโดย น้ำหนัก (Water and Sediment, % vol)	ไม่สูงกว่า	0.2	<0.005	<0.00 5	<0.05
8	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)	ไม่สูงกว่า	หมายเลข3	-	-	-
9	ค่าความเป็นกรด มิลลิกรัม โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อ กรัม (Acid Number, mgKOH/g)	ไม่สูงกว่า	0.8	-	-	-
10	กลีเซอรินอิสระ ร้อยละโดย น้ำหนัก (Free glycerin,%wt)	ไม่สูงกว่า	0.02	0	0	0

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด	บ.เท อรัม	หัวหิน	ขอนแก่น
11	กลีเซอรินทั้งหมด ร้อยละโดย น้ำหนัก (Total glycerin, %wt)	ไม่สูงกว่า 1.5	0	0	0
12	สี (Colour)	ม่วง	ดำ	ดำ	น้ำตาลดำ
13	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ตามได้รับความเห็นชอบ จากอธิบดีกรมธุรกิจ พลังงาน	-	-	-

2.14 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำมัน

ปริมาณสัดส่วนของน้ำมันสำเร็จรูปและคุณภาพของน้ำมันที่ได้จากกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันนั้น จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- ภาวะที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความเร็วในการให้ความร้อน อุณหภูมิสุดท้าย เวลาที่ใช้ในการเผา บรรยากาศในเตาปฏิกรณ์ และระบบการป้อนวัตถุดิบ เป็นต้น

- ชนิดของปฏิกรณ์ ส่งผลต่ออัตราเร็วในการให้ความร้อนและเวลาที่ใช้ในกระบวนการ

- วัตถุดิบที่ป้อนเข้า เช่น ขนาด ชนิด และส่วนผสมของพลาสติก เป็นต้น พลาสติกที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบผลิตน้ำมัน คือ โพลีเอทิลีน โพลีโพรพิลีน โพลิสไตรีน หรือพลาสติกจำพวกถุงหิ้ว เนื่องจากมีองค์ประกอบหลักคือ สารประกอบคาร์บอน ไฮโดรเจน โดยไม่มีคลอรีนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมหลังจากการเผาไหม้ น้ำมันที่ได้จากการไพโรไลซิสโพลีโพรพิลีน เป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดีกว่าน้ำมันจากการไพโรไลซิส โพลิสไตรีน และโพลีเอทิลีน ตามลำดับ ซึ่งในกระบวนการไพโรไลซิสจำเป็นต้องมีตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อให้กระบวนการสามารถเกิดขึ้นได้ในเวลาอันรวดเร็ว และช่วยลดอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาในกระบวนการด้วย (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2551)

2.15 ปัญหาด้านคุณภาพน้ำมันที่ได้

เนื่องจากน้ำมันที่ได้เป็นการนำขยะมาแปรรูปโดยกระบวนการทำให้เกิดการแตกตัวของ วัตถุประสงค์ประกอบหรือสารปนเปื้อนบางอย่าง ที่ส่งผลถึงคุณลักษณะและคุณภาพของ น้ำมันที่ได้ ดังนี้

2.15.1 การไม่อิมตัวของน้ำมัน

น้ำมันที่ได้ประกอบด้วย ส่วนของโมเลกุลที่ไม่อิมตัว โดยเฉพาะสารแอลฟา – โอลิฟินส์ เนื่องจากเกิดจากการแตกตัวด้วยความร้อน ถ้าสารที่ไม่อิมตัวอยู่ในช่วงของน้ำมันดีเซล จะทำให้น้ำมันดีเซลที่กลั่นได้ไม่มีความเสถียร เนื่องจากการรวมตัวของสารดังกล่าว กลายเป็นยางเหนียว ในเครื่องยนต์ได้

2.15.2 ปัญหาค่าความร้อนต่ำหรือปัญหาการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ

ขยะที่ใช้เป็นวัตถุดิบบางชนิด เช่น พลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (ขวดชุ่น) หรือพอลิโพรพิลีน จะให้น้ำมันที่มีไซ โดยไซอาจละลายหรือแขวนลอยอยู่ในน้ำมัน ไซหรือแว็ก เป็นสารประเภท พาราฟินส์ เป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีสายโซ่ตรง (n- Alkanes) ไม่มีกิ่งก้าน ถ้ามีความยาวไม่มากจะ ละลายหรือแขวนลอยอยู่ในน้ำมันที่ได้ แต่จะแข็งตัวเมื่อนำน้ำมันไปแช่เย็น ถ้ามีความยาวเพียงพอ สายโซ่โมเลกุลจะรวมตัวกันตามแนวยาวของสายโซ่เกิดการตกผลึกลงมาเป็นไขแข็งอยู่ด้านล่าง ของน้ำมัน ไซเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาค่าความร้อนต่ำ และถ้าไซอยู่ในช่วงของน้ำมันดีเซล จะ ทำให้น้ำมันดีเซลที่กลั่นได้ไม่สามารถใช้ในที่มีอากาศเย็นได้ เนื่องจากไซจะตกผลึกอุดตันในส่วน ต่างๆ ของเครื่องยนต์ เช่น หม้อกรอง เป็นต้น

2.15.3 ความไม่เสถียรหลังการผลิต

น้ำมันดีเซลที่กลั่นได้บางครั้งจะไม่เสถียร เกิดตะกอนหลังการผลิตเนื่องจากการรวมตัว ของโมเลกุลและการออกซิเดชันโดยอากาศ เกิดเป็นตะกอน หรือยางเหนียว ที่เป็นผลจากการ รวมตัวของสารประกอบที่ไม่อิมตัว และทำให้น้ำมันมีสีเข้มขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ ลดลง

น้ำมันที่มีสีดำเข้มขึ้นนั้น เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน แสดงถึงการเสื่อมสภาพของน้ำมัน และการที่มีความขุ่นขึ้นเพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวกันขององค์ประกอบน้ำมัน เกิดเป็น สารที่เรียกว่า แอสฟัลทีน (Asphaltene) หรือเรียกว่ากากตะกอนดีเซล ตกอยู่ที่ก้นถังน้ำมันทำให้น้ำมันนั้นมีสีดำขึ้นเรื่อยๆ และมีกลิ่นเหม็น เมื่อใช้ในเครื่องยนต์จะทำให้เกิดควันดำ เพราะกาก ตะกอนนี้มีลักษณะเล็กพอที่สามารถผ่านหม้อกรองน้ำมันเข้าสู่เครื่องยนต์ได้ และส่วนที่มีขนาดใหญ่จะอุดตันอยู่ในหม้อกรอง

วิธีที่ใช้ในการทำให้น้ำมันดีเซลที่กลั่นได้มีความเสถียรมากขึ้น คือ การเติมสารเติมแต่งลงไป
ไปในน้ำมัน เพื่อลดการเกิดออกซิเดชันและการรวมตัวกัน สารเติมแต่งที่ใช้คือ Octel FAO-6 และ
Octel FAO-3

2.15.4 การปนเปื้อนของผงคาร์บอน

การปนเปื้อนของผงคาร์บอนหรือฝุ่นผงจากตัวเร่งในน้ำมัน มักจะอยู่ในรูปของสาร
แขวนลอย ซึ่งวิธีการแยกออกนั้นจะใช้วิธีปั่นเหวี่ยง

2.15.5 การปนเปื้อนของโลหะหนักหรือสารประกอบของธาตุบางชนิด

เนื่องจากขยะที่นำมาเป็นวัตถุดิบ อาจปนเปื้อนโลหะหนักหรือธาตุชนิดต่างๆ เมื่อนำมาเข้า
กระบวนการผลิตน้ำมันที่ได้ก็อาจจะมีโลหะหนักหรือธาตุนั้นปนเปื้อนอยู่ได้ โลหะบางตัวเป็น
อันตรายเมื่อนำเอาน้ำมันไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพราะก่อให้เกิดไอระเหยที่เป็นพิษได้ เช่น พรอท โลหะ
บางชนิดสามารถกัดกร่อนภาชนะกักเก็บและชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ได้ เช่น พรอท สารหนู เป็นต้น
เกลือชนิดต่างๆ เช่น แมกนีเซียมคลอไรด์ เกลือของโลหะต่างๆ ก็สามารถทำให้เกิดการกัดกร่อน
ของเครื่องยนต์หรือหอกลิ้น และอาจทำให้เกิดตะกอนในเตาเผาได้ โลหะบางชนิดเป็นอันตรายต่อ
ตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการกลั่นน้ำ เช่น กระบวนการกลั่นและกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ
น้ำมันด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น วาเนเดียม กำมะถัน โซเดียม เป็นต้น สารอินทรีย์ของโลหะบาง
ชนิด เช่น วาเนเดียมและนิกเกิล มักจะปนอยู่ในส่วนของน้ำมันเตาหลังจากการกลั่น ถ้ามีมาก
เกินไป จะทำให้น้ำมันเตามีค่าสูง และเกิดการกัดกร่อนของปล่องไฟได้เมื่อนำเอาน้ำมันเตาไปใช้
สารประกอบไนโตรเจน ที่อาจจะเกิดจากการที่ขยะวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการปนเปื้อนไปด้วยขยะ
อินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เมื่อนำเอามาเข้ากระบวนการจะทำให้น้ำมันที่ได้อาจ
ประกอบไปด้วยสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สารประกอบไนโตรเจน ที่
มีฤทธิ์เป็นด่าง และสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นกลาง ถ้าเป็นไนโตรเจนที่เป็นด่างมักจะทำให้
น้ำมันในช่วงของเบนซินและน้ำมันก๊าดเปลี่ยนสีคล้ำลง และถ้ามีอยู่ในช่วงของน้ำมันเครื่องอาจจะ
ทำให้เกิดยางเหนียวระหว่างใช้ วิธีการกำจัดสารประกอบของไนโตรเจนในโรงกลั่นมาตรฐานนั้น
มักจะใช้กระบวนการที่เรียกว่า ไฮโดรทรีตติ้ง เป็นกระบวนการที่ใช้ไฮโดรเจนป้อนเข้าไปเพื่อไป
เปลี่ยนสารประกอบของไนโตรเจนให้เป็นก๊าซแอมโมเนียแยกออกจากน้ำมันที่เป็นของเหลว(ศิริรัตน์
จิตการคำ, 2551)

2.16 ข้อดีของน้ำมันที่มาจากขยะพลาสติก

- สามารถทำการปรับแต่งเครื่องจักรให้ผลผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ต้องการของตลาดได้
- เป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งสำหรับการลดปัญหาการขาดแคลนน้ำมันในภาวะราคาที่สูงขึ้น
- เป็นการลดปัญหาปริมาณขยะพลาสติก และปัญหาการขาดแคลนพื้นที่การฝังกลบขยะ (พรสวรรค์ เพชรภักดี และ กฤษฎา จันทรเสนา, 2551)

2.17 การใช้ประโยชน์จากน้ำมันที่ได้จากระบวนการแปรรูปขยะเป็นน้ำมัน

ปัจจุบันน้ำมันที่ได้จากระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกนั้น มีการนำไปใช้ที่ยังไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ซึ่งมีปัญหาที่พบอยู่ในเรื่องของคุณภาพน้ำมัน เนื่องจากยังไม่มีข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติกที่ได้อย่างชัดเจน ทำให้การนำน้ำมันไปใช้งานยังไม่เป็นรูปธรรมมากนัก เนื่องจากน้ำมันที่ได้จากการแปรรูปขยะพลาสติกนั้นมีความหลากหลาย โดยมีองค์ประกอบของน้ำมันหลายชนิดรวมกันอยู่ น้ำมันที่ได้โดยทั่วไปมักมีองค์ประกอบคล้ายกับน้ำมันดิบ ดังนั้นเมื่อนำมากลั่นลำดับส่วนเพื่อแยกองค์ประกอบ น้ำมันที่ได้จากการกลั่น สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงของเครื่องให้ความร้อน (หัวเผา) ได้โดยตรง หรือนำไปเป็นน้ำมันพื้นฐานเพื่อเข้าสู่กระบวนการกลั่นโดยโรงกลั่น เช่น ปตท. และบางจาก เป็นต้น หรืออาจเข้าสู่โรงกลั่นที่ออกแบบเฉพาะสำหรับน้ำมันที่จะนำไปใช้กับเครื่องยนต์โดยต้องมีการปรับสภาพของน้ำมันหรือผสมก่อนจึงจะนำไปใช้ ข้อดีของน้ำมันที่มาจากการเผาไหม้ขยะพลาสติก คือ สามารถปรับแต่งเครื่องเผาไหม้ให้ผลิตผลผลิตที่เป็นที่ต้องการของตลาดได้ (พรสวรรค์ เพชรภักดี และ กฤษฎา จันทรเสนา, 2551)

การนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากระบบแปรรูปขยะเป็นน้ำมันไปใช้ประโยชน์ในปัจจุบันโดยทั่วไป การใช้ประโยชน์น้ำมันจากขยะพลาสติกจะอยู่ในรูปแบบของ การใช้เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องจักรของเทศบาลหรือเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้กับเครื่องยนต์รถบัสหรือเครื่องจักรกลทางการเกษตร ใช้กับรถขนขยะ รถบรรทุก รถกระบะของเทศบาล และจำหน่ายให้กับโรงกลั่นและกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น (เทศบาลนครขอนแก่น, 2554) แต่น้ำมันที่นำไปใช้นั้นโดยส่วนใหญ่แล้วเป็นน้ำมันดิบที่ได้จากระบวนการผลิตโดยตรง ยังไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ หรือตรวจสอบคุณสมบัติก่อนการนำไปใช้ ทำให้น้ำมันที่นำไปใช้นั้นอาจจะยังไม่เหมาะสมต่อการใช้งานในรูปแบบต่างๆ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดปัญหาต่อเครื่องยนต์หรือเครื่องจักรกลตามมาในระยะยาวได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงดำเนินการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันที่ได้จากขยะพลาสติกในส่วนของดีเซล และทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันให้ได้ตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน เพื่อให้สามารถใช้น้ำมันจากขยะได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น

จากการส่งเสริมการผลิตและการใช้ไบโอดีเซลในระดับชุมชน เพื่อทดแทนการใช้ น้ำมันดีเซล และลดค่าใช้จ่ายให้แก่ชุมชน เพื่อให้สามารถพึ่งพาตนเองด้านพลังงานได้ โดยการนำวัตถุดิบในท้องถิ่นมาผลิตเป็นไบโอดีเซลชุมชน และใช้เพื่อทดแทนน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ทางการเกษตร ประเภทเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว 4 จังหวะ สูบระบายความร้อนด้วยน้ำ และเครื่องยนต์รอบต่ำต่างๆเป็นหลัก เนื่องจากเป็นเครื่องยนต์ที่มีกลไกไม่ซับซ้อนมากนัก ซึ่งกรมธุรกิจพลังงานได้ออกประกาศกำหนดมาตรฐานของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) เพื่อให้เกษตรกรได้ใช้น้ำมันไบโอดีเซลชุมชนที่มีคุณภาพเหมาะสมกับเครื่องยนต์การเกษตรที่ใช้ในชุมชน (กรมธุรกิจพลังงาน, 2549)

2.18 ข้อกำหนดและการทดสอบน้ำมัน

การกำหนดคุณภาพของน้ำมันโดยทั่วไปนั้น แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ประเภทแรกเป็นการทดสอบคุณลักษณะเชิงเคมีและเชิงกายภาพของน้ำมัน เช่น การทดสอบหาปริมาณกำมะถัน การทดสอบหาจุดวาบไฟ เป็นต้น ส่วนประเภทที่สองคือ การทดสอบคุณลักษณะในการทำงานของน้ำมัน เช่น การทดสอบค่าออกเทนในน้ำมันเบนซิน หรือค่าซีเทนในน้ำมันดีเซล การทดสอบหาความทนทานของน้ำมันเครื่องในการทำงาน เป็นต้น คุณลักษณะของน้ำมันที่สามารถทดสอบได้โดยเครื่องมือที่อาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างสมบูรณ์นั้นมืออยู่ไม่กี่ชนิด เช่น ค่าปริมาณกำมะถัน ค่าความหนืด สามารถวัดได้โดยตรงจากเครื่องมือ นอกเหนือจากนั้นแล้ว ส่วนใหญ่จะเป็นค่าที่ถูกวัดขึ้นมาโดยใช้การทดสอบที่ใช้มาตรฐานเป็นตัวกำหนด เช่นการใช้มาตรฐานของ ASTM (American Society for Testing and Materials) เป็นต้น

2.18.1 คุณลักษณะทั่วไปของน้ำมัน

ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) และค่าความถ่วงจำเพาะเอพีไอ (API Gravity) เป็นค่าที่มีความสำคัญในการซื้อขายน้ำมัน เนื่องจากว่าการซื้อขายน้ำมันนั้นซื้อขายในหน่วยปริมาตรที่อุณหภูมิมาตรฐาน ค่าความถ่วงจำเพาะจึงถูกนำมาใช้ในการเปลี่ยนขนาดปริมาตรของอุณหภูมิที่วัดได้ มาเป็นปริมาตรที่อุณหภูมิมาตรฐาน เมื่อพิจารณาในเชิงคุณภาพของน้ำมัน ค่าความถ่วงจำเพาะนี้เมื่อใช้ร่วมกับคุณลักษณะอื่น ๆ ก็สามารถทำให้บอกองค์ประกอบของน้ำมันและความเหมาะสมในการทำงานของน้ำมันนั้นได้ (ศิริรัตน์ จิตการคำ, 2551)

ความหนาแน่น (Density) เป็นตัวที่บ่งบอกถึงปริมาณของพลังงานเชื้อเพลิง เมื่อค่าความหนาแน่นมีค่ามากจะให้พลังงานความร้อนมาก นอกจากนี้ค่าความหนาแน่นเป็นตัวแปรสำคัญในการออกแบบระบบหัวฉีดจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล

ความหนืด (Kinematic viscosity) ใช้วิธีการวัดเวลาการไหลของน้ำมัน เป็นตัวบ่งบอกความสามารถในการต้านทานต่อการไหลตัวของน้ำมัน การฉีดเป็นฝอยของหัวฉีดในห้องเผาไหม้ การฉีดเป็นฝอยขนาดเล็กทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ และบอกความสามารถในการหล่อลื่นผิวของน้ำมัน

จุดวาบไฟ (Flash Point) คือ ค่าอุณหภูมิต่ำสุดเมื่อเปลวไฟผ่านเหนือไอของน้ำมัน แล้วทำให้น้ำมันติดไฟ จุดวาบไฟมีผลต่อการขนส่ง เคลื่อนย้ายและการจัดเก็บ (พิศมัยและลลิตา, 2549)

จุดไหลเทและจุดน้ำมันเป็นฝ้า จุดไหลเท (Pour Point) คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันยังเป็นของเหลวพอที่จะไหลได้ จุดไหลเทเป็นจุดที่บอกว่า การนำเอาน้ำมันไปใช้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิจุดไหลเทนั้นไม่สามารถทำได้ เนื่องจากไขในน้ำมันจะแยกตัวออกมาอุดทางเดินและหม้อกรอง ส่วนจุดน้ำมันเป็นฝ้า (Cloud Point) หรือจุดหมอก คือ อุณหภูมิที่ไขนั้นเริ่มตกผลึกลงมาให้เห็นเป็นฝ้า จุดน้ำมันเป็นฝ้านั้นมักจะมีค่าสูงกว่าจุดไหลเทเล็กน้อย หรืออาจเท่ากันได้ แต่การวัดจุดน้ำมันเป็นฝ้ามักใช้กับน้ำมันที่ใสกว่าน้ำมันเตา การที่ไขเริ่มตกผลึกนั้น อาจทำให้น้ำมันตกผลึกลงมาอย่างรวดเร็ว น้ำมันไม่สามารถสูบฉีดได้ แม้ว่าตัวมันเองจะยังไหลได้ดีก็ตาม

กำมะถัน (Sulphur) องค์ประกอบกำมะถันในน้ำมันเมื่อถูกเผาไหม้จะเปลี่ยนเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งถูกปล่อยออกมาพร้อมไอเสียพร้อมไอเสียจากเครื่องยนต์ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

จำนวนซีเทน (Cetane Number) ค่าซีเทน เป็นการวัดความสามารถในการจุดติดของเครื่องยนต์ มีผลต่อความเร็วในการจุดระเบิดได้เอง เป็นตัวที่บ่งบอกความเร็วในการจุดระเบิด ค่าซีเทนของน้ำมันดีเซลสามารถวัดได้โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลมาตรฐานสูบเดี่ยวของ CFR ที่สามารถปรับอัตราส่วนการอัดตัวได้ตามวิธี ASTM D-613 ซึ่งการหาค่าซีเทนโดยวิธีเดินเครื่องยนต์มาตรฐานนี้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก จึงได้มีการพัฒนาวิธีที่ง่ายกว่าและได้ผลดีมาใช้ คือ วิธีการหาค่าดัชนีซีเทน (Calculated Cetane Index) ตามมาตรฐาน ASTM D-976 (ศิริรัตน์ จิตการคำ, 2551)

เถ้าซัลเฟต (Sulphated Ash) เป็นดัชนีในการบอกถึงปริมาณสารปนเปื้อนในน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งได้มาจากสารเร่งปฏิกิริยาที่เป็นต่าง ปริมาณเถ้าซัลเฟตมีผลต่อการอุดตันของเครื่องยนต์

น้ำและตะกอน (Water and Sediment) แสดงถึงปริมาณน้ำในน้ำมัน ถ้ามีน้ำในปริมาณสูงเกินไปจะทำให้เครื่องยนต์ไม่ทำงาน เพราะน้ำทำให้การเผาไหม้ไม่ดี ส่วนตะกอนทำให้กรองเชื้อเพลิงอุดตันได้ ส่งผลถึงหัวฉีดเชื้อเพลิงและส่วนอื่นๆ ในเครื่องยนต์ให้เสียหายได้

การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion) เป็นการทดสอบการกัดกร่อนอุปกรณ์ที่ผลิตมาจากทองแดง แสดงการกัดกร่อนของน้ำมันต่อโลหะที่ใช้เป็นส่วนในเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งค่าการกัดกร่อนนี้มีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์

ค่าความเป็นกรด (Acid Number) มีผลต่อการกัดกร่อนในเครื่องยนต์ ทำให้อายุการใช้งานของปั๊มและไส้กรองน้ำมันลดลง และแสดงถึงการเสื่อมสภาพของน้ำมันเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลติกจากปริมาณน้ำที่ปนอยู่ในน้ำมันและผลของสภาวะในการจัดเก็บ (พิศมัย เจนวนิชปัญญากุล และ ลลิตา อัครนโถ, 2549)

สี (Colour) เป็นสิ่งที่เติมลงไปเพื่อให้เกิดสี

สารเติมแต่ง (Additive)(ถ้ามี) เป็นสารที่เติมไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งปริมาณในการเติมต้องถูกควบคุม

2.19 การปรับปรุงคุณภาพ (ศักดิ์พิเชษฐ์ พิพัฒน์กุล และคณะ, 2551)

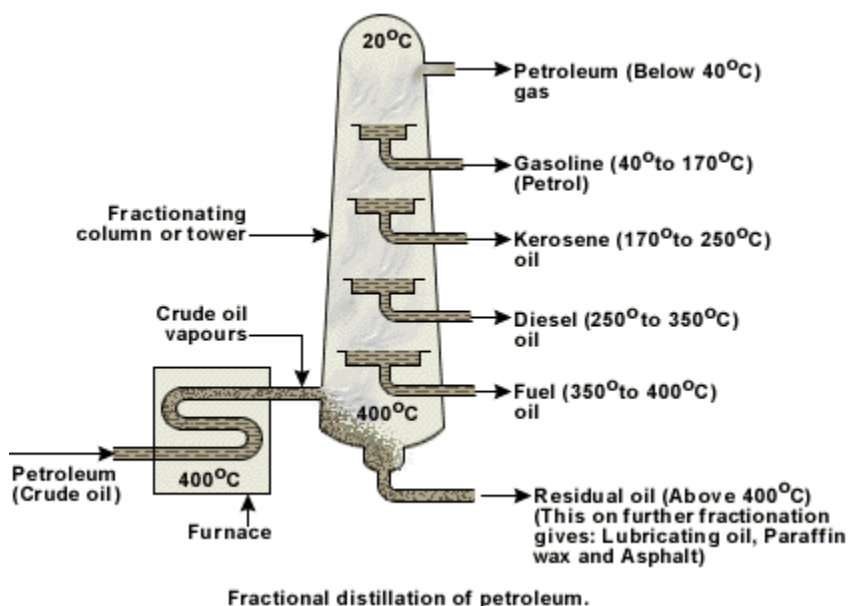
กระบวนการปรับปรุงคุณภาพเป็นกระบวนการที่ใช้สารเคมีช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือการกำจัดสารปนเปื้อนต่าง ๆ ออกจากน้ำมัน เช่น สารประกอบไนโตรเจน หรือ สารประกอบกำมะถัน เป็นต้น เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น เสถียรภาพความร้อน (Thermal Stability) กระบวนการทำให้บริสุทธิ์ที่ต้องอาศัยปฏิกิริยาเคมี (Catalytic Reaction) กระบวนการปรับปรุงคุณภาพนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์ และคุณภาพสูงตามความต้องการ กระบวนการที่ใช้เปลี่ยนแปลงทางกายภาพมีหลายวิธี เช่น กระบวนการละลายส่วนที่ไม่ต้องการออกโดยใช้สารละลาย (Extraction) กระบวนการดูดติดผิว (Adsorption) เป็นการกำจัดสารผสมที่มี โดยการดูดติดบนพื้นผิวของของแข็ง รวมถึงการกำจัดกลิ่นหรือก๊าซที่เกิดขึ้นด้วยวิธีการเช่นเดียวกัน และกระบวนการดูดซับสิ่งที่ไม่ต้องการออก (Absorption) แต่ส่วนใหญ่จะเป็นกระบวนการที่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นร่วมด้วย เช่น การเปลี่ยนสารเมอร์แคแพน ซึ่งมีพิษและกัดกร่อนให้เป็นสารกำมะถันอื่นที่ไม่ไวต่อปฏิกิริยา (ไดซัลไฟด์) ซึ่งกระบวนการที่ใช้มีหลายอย่างโดยเฉพาะกับส่วนน้ำมันเบนซิน และล้างเอาก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกด้วยต่างโซดาไฟ เป็นต้น

2.19.1 เครื่องมือแยกสาร

โดยเครื่องแยกสารเป็นบริเวณที่มีสารผสมสองเฟสข้ามเข้ามาผสมกัน จากนั้นเกิดการถ่ายเทมวลขึ้น และเมื่อถึงเวลาที่เหมาะสมเฟสทั้งสองก็จะแยกจากกันและออกจากเครื่องมือแยกสารนั้น

1) หอกลั่น (Distillation column)

หอกลั่นเป็นเครื่องมือที่อาศัยจุดเดือดของสารที่ต่างกัน เพื่อแยกสารออกจากกัน ดังแสดงในรูป 2.15 โดยหอกลั่นเป็นเครื่องมือแยกสารที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเคมี โดยเฉพาะ อุตสาหกรรมการกลั่นปิโตรเลียม ซึ่งอาศัยความแตกต่างของจุดเดือดของผลิตภัณฑ์ต่างๆ เหล่านี้เป็นสำคัญ



(ศักดิ์พิเศษฐ์ พิพัฒน์กุล และคณะ, 2551)

รูปที่ 2.15 หอกลั่น

2) หอดูดซึมแก๊ส (Gas absorber)

หอดูดซึมแก๊ส โดยส่วนใหญ่เป็นหอที่ใส่แพคกิง (packing) ข้างใน เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างเฟสที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างหอดูดซึมแก๊สกับหอกลั่นคือ ไอในหอกลั่นเกิดขึ้นเองจากของเหลวที่เกิดภายในหอ แต่ในหอดูดซึมแก๊ส แก๊สจะถูกป้อนเข้าไปทางก้นหอ และของเหลวภายในหอจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของแก๊สที่ต้องการดูดซึม หอดูดซึมแก๊สอาศัยหลักการคือ แก๊สที่ต้องการแยกสามารถละลาย (solubility) เข้าไปในของเหลวได้ดีกว่าแก๊สตัวอื่นที่อยู่ในแก๊สผสม กระบวนการดูดซึมแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ การดูดซึมแก๊สทางกายภาพ

(Physical gas absorption) กับการดูดซึมแก๊ส พร้อมกับมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น (gas absorption with chemical reaction) ในเฟสเหลวด้วย

3) เครื่องสกัดของเหลว (Liquid-Liquid Extrator)

เครื่องสกัดของเหลวทำหน้าที่สกัดสารที่ต้องการออกจากของเหลวผสม โดยใช้ตัวทำละลาย (solvent) ซึ่งสารที่ต้องการสามารถละลาย (solubility) ในตัวทำละลายได้ดีกว่าสารอื่นที่อยู่ในของเหลวผสม ในการสกัดของเหลวนั้นของเหลวที่ป้อนเข้าสู่เครื่อง และตัวทำละลายต้องไม่ละลายเข้าด้วยกัน หรือละลายเข้าด้วยกันเป็นบางส่วนเท่านั้น เครื่องสกัดของเหลวนิยมใช้ในการแยกสารไฮโดรคาร์บอน ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม เช่น การแยกสารแอมโรมาติก (aromatic) จากน้ำมันเตา หรือการสกัดสารแอมโรมาติกจากของผสมพาราฟิน (paraffin) และแนฟเทนิค (naphthenic) เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางคุณสมบัติกับความหนืดของน้ำมันเครื่องหรือใช้เตรียมสารเบนซีน (benzene) โทลูอีน (toluene) และไซลีน (xylene) ที่บริสุทธิ์จากรีฟอร์มเมท (reformates) ในอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน หรือสกัดฟีนอล (phenol) จากทาร์เหลว (tar liquors)

4) เครื่องชะละลาย (leaching equipment)

การชะละลาย (leaching) คือ การสกัดสารที่อยู่ในของแข็งที่สามารถแยกออกในตัวทำละลาย กระบวนการนี้ใช้เพื่อดึงสารที่ไม่ต้องการออกจากของแข็ง เช่น เม็ดสี (pigment) เป็นต้น วิธีที่ใช้ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของสารที่ละลายได้ (soluble substance) ที่มีอยู่ การกระจายตัวของในของแข็ง ลักษณะและขนาดของของแข็ง โดยทั่วไปกระบวนการแบ่งออกเป็นสามส่วน ส่วนหนึ่งคือการเปลี่ยนเฟสของตัวถูกละลายขณะที่ละลายในตัวทำละลาย ส่วนที่สอง ตัวถูกละลายจะแพร่ (diffusion) ส่วนตัวทำละลายในรูปของแข็งออกมาข้างนอก ส่วนที่สาม คือ การถ่ายเทของตัวถูกละลายจากสารละลายที่อยู่รอบ ๆ ของแข็งไปยังสารละลายส่วนใหญ่ (bulk solution) ในบางกรณี สารที่ต้องการจะกระจายอยู่ในส่วนเล็กๆ ของของแข็ง ซึ่งส่วนนี้ตัวทำละลายไม่สามารถแพร่เข้าถึงได้ เช่น ทองกระจายอยู่ในหิน เป็นต้น ในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชตัวถูกละลาย คือน้ำมันพืช เป็นของเหลวและสามารถแพร่ผ่านตัวทำละลายได้

5) เครื่องตกผลึก (Crystallizer)

กระบวนการตกผลึก เป็นกระบวนการแยกสารที่สำคัญในอุตสาหกรรมเคมี เช่น อุตสาหกรรมน้ำตาล วิธีการตกผลึก ทำโดยให้สารละลายที่มีสารที่ต้องการเป็นสารละลายที่อิ่มตัวยวดยิ่ง (supersaturation) โดยมีของแข็งเล็กๆ ทำหน้าที่เป็นนิวเคลียส (nuclei) ให้สารที่ต้องการออกมาจากสารละลาย กลายเป็นของแข็งหุ้มนิวเคลียสไอจนเกิดเป็นผลึกขึ้น

6) เครื่องระเหย (Evaporator)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการระเหยสารตัวอย่างที่เป็นของเหลวโดยการกลั่นเพื่อแยกตัวทำละลายที่ผสมอยู่ออกจากสารที่ต้องการ ทำให้สารที่ต้องการเข้มข้นขึ้น โดยตัวทำละลายที่ละลายสารที่ต้องการจะถูกทำให้กลายเป็นไอ ไอสารละลายจะผ่าน condenser ที่มีระบบหล่อเย็น ทำให้ไอสารควบแน่นกลายเป็นของเหลว ไหลลงสู่ receiving flask ของเหลวที่เหมาะสมใช้กับเครื่องระเหยควรเป็นของเหลวซึ่งเมื่ออุณหภูมิสูงจะไม่สลายตัว ของเหลวซึ่งสามารถตกผลึกได้เมื่อมีความเข้มข้นสูง จนเป็นสารละลายที่อิ่มตัวด้วยของเหลวซึ่งเมื่อความดันเปลี่ยนแปลง จุดเดือดจะประมาณคงเดิม

7) เครื่องอบแห้ง (Dryer)

เครื่องอบแห้งอาศัย หลักการทำงาน คือ ระเหยน้ำที่อยู่ในวัสดุที่ต้องการโดยใช้ความร้อน

8) เครื่องกรอง (Filter)

เครื่องกรองเป็นการกรองนำเอาของแข็งหรือสารแขวนลอย ออกจากของเหลวหรือแก๊ส

2.19.2 การแยกองค์ประกอบโดยวิธีทางกายภาพอื่นๆ ในอุตสาหกรรมน้ำมัน

นอกจากกระบวนการกลั่นซึ่งเป็นวิธีการแยกสารโดยวิธีทางกายภาพที่สำคัญและใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมแล้ว ยังมีเทคนิคการแยกโดยวิธีทางกายภาพอื่นๆ ซึ่งกระบวนการกลั่นไม่สามารถใช้ได้ กระบวนการที่สำคัญได้แก่

1) กระบวนการดูดกลืนก๊าซด้วยของเหลว (Gas Absorption)

กระบวนการนี้ใช้ในการแยกองค์ประกอบต่าง ๆ ของก๊าซออกจากกัน โดยเฉพาะการแยกส่วนที่เบา ๆ เช่น มีเทน , อีเทน เป็นต้นออกจากไฮโดรคาร์บอนอื่นที่หนักกว่า โดยกระบวนการอาจใช้น้ำมัน เช่น แนฟทา ดูดละลายไฮโดรคาร์บอนหนัก ๆ ในก๊าซไว้ โดยปล่อยให้ไฮโดรคาร์บอนที่เบา เช่น มีเทน , อีเทน เป็นก๊าซออกไป ที่ความดันไม่สูง ไฮโดรคาร์บอนหนักที่ดูดได้ก็นำมาไล่ออกจาก แนฟทา โดยทำการสตรipping (Stripping) การดูดกลืนและสตรipping (Absorption and Stripping) เป็นกระบวนการที่นิยมมากในการเก็บองค์ประกอบที่มีราคาในก๊าซต่าง ๆ (Gas Recovery) เช่น จากก๊าซธรรมชาติ จากก๊าซที่ได้จากกระบวนการแตกตัว เช่น Cat. Cracker

2) กระบวนการดูดซับด้วยของแข็งที่มีรูพรุนพิเศษ (Adsorption)

การดูดซับเป็นกระบวนการจับโมเลกุลก๊าซ หรือของเหลว (ตัวถูกดูดซับ) บนพื้นผิวอนุภาคของแข็ง(ตัวดูดซับ) คุณสมบัติสำคัญของตัวดูดซับคือ ความพรุน เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสภายใน นอกจากนี้คุณสมบัติต่างๆ ของรูพรุน เช่น โครงสร้าง การจัดเรียงตัว ขนาด ละความสม่ำเสมอมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของการดูดซับ โดยการเลือกตัวดูดซับที่เหมาะสมทำให้สามารถแยกโมเลกุลบางชนิดออกติดอยู่กับตัวดูดซับนั้น สามารถนำมาได้เอาโมเลกุลที่ดูดไว้ออกโดยการเปลี่ยนสภาพสมดุล เช่น เปลี่ยนอุณหภูมิ หรือ เปลี่ยนความดัน ทำให้ตัวดูดซับกลับสู่สภาพเดิม และนำไปดูดซับใหม่ได้อีก

เนื่องจากการใช้ตัวดูดซับเป็นกระบวนการแยกสารที่ไม่ยุ่งยาก จึงได้รับความนิยมนำไปใช้งาน อย่างกว้างขวาง ในอุตสาหกรรมน้ำมัน เช่น ใช้ในการดูดความชื้นของอากาศ และก๊าซต่างๆ เพื่อทำให้อากาศ หรือก๊าซนั้นแห้ง ใช้ในการกำจัดกลิ่นและสารปนเปื้อนต่างๆ ออกจากก๊าซ เช่น กำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ กำจัดสารคาร์บอนไดออกไซด์ และสารกำมะถันอื่นๆ เป็นต้น แยกไอของตัวทำละลายที่ปะปนออกมากับอากาศกับก๊าซอื่นๆ แยกองค์ประกอบต่างๆ ของก๊าซ เช่น ไฮโดรเจน หรือ ไฮโดรเจนคาร์บอน

ประเภทของตัวดูดซับ ได้แก่

ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

ผลิตได้จากการกลั่นละลายความร้อนของสารที่มีองค์ประกอบคาร์บอนต่างๆ เช่น ไม้ ถ่านหิน กะลามะพร้าว ชี้อ้อย กระดูก เป็นต้น เพื่อให้ถ่านที่ปราศจากสารระเหยง่าย จากนั้นนำมากระตุ้นผิวด้วยสารเคมีที่เหมาะสม เช่น โซดา กรด และอื่นๆ เพื่อปรับผิวให้เหมาะสมกับการดูดซับ ถ่านกัมมันต์ใช้มากในการจับก๊าซต่างๆ ใช้ในการกำจัดสีของน้ำมัน และตัวกรองที่มีประสิทธิภาพสูง

อลูมินากัมมันต์ (Activated Alumina)

ผลิตได้จากการเผาผลาญอลูมินาออกไซด์ ที่มีผลึกน้ำ (Hydrated Alumina) จนถึงประมาณ 400 องศาเซลเซียส การระเหยน้ำจากการเผาทำให้เกิดการแตกของโครงสร้างภายใน ซึ่งช่วยให้ผิวภายในเพิ่มขึ้น อลูมินากัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับของเหลว ไอ หรือ ก๊าซ มักใช้ในการลดความชื้นของก๊าซ หรือ ของเหลว ซึ่งนำกลับมาใช้ใหม่โดยการไล่น้ำออกเป็นความร้อน มีอายุใช้งานนาน

ซิลิกาเจล (Silica Gel)

เตรียมได้จากปฏิกิริยาสะเทิน ระหว่างสารละลายไฮเดียมซิลิเกต กับกรดกำมะถัน กลือโซเดียมซัลเฟต ที่เกิดขึ้นจะแยกออกไปกับสารละลายไฮดรอกไซด์ซิลิกา นำมาให้ความร้อนจนถึงประมาณ 360 องศาเซลเซียส จนได้เม็ดของแข็งที่มีความพรุนสูง ซิลิกาเจลใช้ดูดน้ำได้ดี ทั้งในอากาศ หรือในก๊าซ และใช้ในการแยกส่วนสารผสมของไฮโดรคาร์บอนได้ ซิลิกาเจลดูดซับน้ำได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ และ อลูมินากัมมันต์

โมเลคิวลาซีฟ (Molecular sieves)

เป็นตัวดูดซับที่ใช้มากที่สุด ในอุตสาหกรรมน้ำมันในปัจจุบันนี้ โมเลคิวลาซีฟมีการจัดเรียงตัวของอะตอมเป็นผลึกที่มีแบบแผนแน่นอน การจัดตัวในรูปที่มีช่องว่างในโครงสร้างซึ่งเชื่อมต่อกันตลอดเป็นผลึก การดูดซับเกิดขึ้นเฉพาะกับโมเลกุลที่มีขนาด และรูปร่างไม่แน่นอน โมเลคิวลาซีฟ เป็นสารประกอบพวกอลูมิโนซิลิเกต ซึ่งนอกจากเตรียมจากการสังเคราะห์ ยังได้จากธรรมชาติในรูปของ แร่ซีโอไลต์ ขนาดของรูอาจปรับได้ตามความประสงค์ ทำให้การแยกทำได้อย่างจำเพาะเจาะจงมากขึ้น ซึ่งมีโมเลคิวลาซีฟหลายเบอร์ออกจำหน่ายที่มีขนาดรูแตกต่างกัน ทำให้มีความสามารถดูดซับโมเลกุลขนาดตามต้องการ ที่ใช้มากในอุตสาหกรรมน้ำมัน ได้แก่ การดูดไฮโดรเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไขมัน เมอร์แคปแทน พาราฟิน ไฮโดรคาร์บอนต่างๆ

3) กระบวนการสกัดองค์ประกอบในของเหลวออกโดยใช้ตัวทำละลายที่ไม่ผสม เป็นเนื้อเดียวกันกับของเหลวที่ป้อน (Solvent Extraction or Liquid-Liquid Extraction)

ในการแยกองค์ประกอบ ออกจากน้ำมันเพื่อการปรับปรุงคุณภาพซึ่งการกลั่นไม่สามารถทำได้ เพราะจุดเดือดอยู่ใกล้กัน หรือคราบเดียวกัน หรือเพราะโมเลกุลของการแยกออกใหญ่และหนักเกินไป จำเป็นต้องใช้กระบวนการสกัด ด้วยตัวทำละลายเข้าช่วย กระบวนการนี้จะมีราคาแพงเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ปัจจุบันใช้มากในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันเครื่อง และในการผลิตสารเคมีต่าง

กระบวนการอาศัยความสามารถในการทำให้องค์ประกอบที่ต้องการสกัดออกละลายในของเหลวอีกชนิดหนึ่งเป็นเนื้อเดียวกับของเหลวเดิมที่องค์ประกอบละลายอยู่ ของเหลวอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า ตัวทำละลาย ตัวทำละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกับสารผสมเดิมได้เล็กน้อย ดังนั้นเมื่อเติมตัวละลายลงในสารผสม และทำการสกัด แล้วปล่อยให้ตั้งไว้จะเกิดของเหลวสองชั้นขึ้นซึ่งอาจแยกออกจากกันได้ ชั้นที่มีตัวทำละลายอยู่เรียกว่า ส่วนที่สกัดได้ (Extract) ส่วนชั้นที่มีตัวทำละลายติดอยู่น้อย เรียกว่า ส่วนที่ไม่ถูกสกัด (Raffinate)

ตัวทำละลาย (Solvent)

ตัวทำละลายที่เลือกมาใช้ต้องมีคุณสมบัติพิเศษหลายอย่าง คือ ต้องผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับสารที่ต้องการสกัดออกและละลายสารนั้นเข้ามา ในขณะที่เดียวกันต้องไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับสารที่ไม่ต้องการสกัด และแยกออกเป็นชั้น ตัวทำละลายจะเลือกจากของเหลวประเภทต่าง ๆ ทั้งน้ำมันและสารเคมีอื่น ๆ โดยได้มีการแบ่งสารออกเป็นกลุ่ม ๆ ซึ่งในแต่ละกลุ่มสารเหล่านั้นจะผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน แต่ถ้าผิติดกลุ่มก็จะเริ่มแยกตัวออกจากกัน จึงนำกลุ่มเหล่านี้มาเรียงลำดับ เพื่อแสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่ยิ่งห่างกันในลำดับนั้นมากเท่าไร ก็จะต้องแยกตัวออกจากกันมากขึ้นเท่านั้น กลุ่มและลำดับที่กล่าวมานั้นคือ

- 1) พาราฟินส์ (Paraffins)
- 2) อะโรมาติกส์ (Aromatics)
- 3) สารอินทรีย์ที่มีกลุ่มโพลาร์ต่าง ๆ (Various Polar Organic Compounds)
- 4) น้ำ (Water)

น้ำจะไม่ค่อยละลายพาราฟินส์ได้เลยและแยกอยู่คนละชั้น ส่วนอะโรแมติกนั้นจะละลายพาราฟินส์ได้ดีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของโมเลกุล เช่นเดียวกับน้ำจะละลายสารอินทรีย์ที่มีกลุ่มโพลาร์ได้ สารแต่ละกลุ่มมีลักษณะแตกต่างกันในกลุ่มของมันเองทั้งในด้านขนาดโมเลกุล และคุณลักษณะอื่น ๆ เห็นได้จากสารอินทรีย์ที่มีกลุ่มโพลาร์นั้น ถ้าส่วนที่เป็นสารอินทรีย์หรือส่วนไฮโดรคาร์บอนในโมเลกุลน้อยลงเท่าไร ก็จะแสดงลักษณะโพลาร์มากขึ้น ดังนั้นจึงสามารถเลือกให้มีลักษณะพอดี ไปเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยเฉพาะในการสกัดสารอะโรแมติก ออกจากพาราฟินส์ ซึ่งสารอินทรีย์โพลาร์จะละลายอะโรแมติก แต่จะแยกเป็นคนละชั้นกับพาราฟินส์ สารละลายที่นิยมมาก คือ ฟีนอล (Phenol) และเฟอร์ฟูรอล (Furfural)

ตัวทำละลายจะทำงานได้ดีหรือไม่อยู่ที่การเลือกละลาย (Selectivity) ของมัน ในอุตสาหกรรมน้ำมันจะมีการเลือกละลาย ที่สำคัญอยู่ 2 อย่างคือ

- 1) การเลือกละลายตามกลุ่ม (Group Selectivity)

การเลือกละลายตามกลุ่ม หมายถึง ความสามารถในการแยกองค์ประกอบออกตามกลุ่มประเภทโมเลกุลในสารผสม เช่น แยกอะโรแมติกจากพาราฟินส์ ดังกล่าวข้างต้นแล้ว

- 2) การเลือกละลายตามขนาดหนักเบาของโมเลกุล (Light-Heavy Selectivity)

การเลือกละลายตามขนาดหนักเบาของโมเลกุล คำนึงถึงการแยกออกตามความหนักเบา หรือน้ำหนักโมเลกุลในสารผสม พบว่าการผสมของพาราฟินส์ที่มีน้ำหนักโมเลกุล

ต่าง ๆ กัน เข้ากับตัวทำละลายได้ดีต่อเมื่อขนาดโมเลกุลของพาราฟินส์นั้นเท่า ๆ กับของตัวทำละลาย เช่น ในกรณีของ เฟอร์ฟลูออล ดีที่สุดกับพาราฟินส์ที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมอยู่ 6-7 ตัว ถ้าน้อยกว่านี้หรือมากกว่าจะไม่ได้ การวัดความสามารถในการเลือกละลาย อาศัยการทดลองหาค่าสมมูลที่เรียกว่า Distribution Coefficient ช่วยในการหาตัวทำละลายที่เหมาะสม

ในการใช้เฟอร์ฟูรัล และฟินอลในการสกัดน้ำมันเครื่องเนื่องจากมีความสามารถในการเลือกละลายตามกลุ่มในการแยกอะโรแมติกออกจากพาราฟินส์ นอกจากนั้นยังสกัดพาราฟินส์ประเภทเบา ๆ ออกได้ ปัจจุบันนิยมใช้ NMP (Nomal Methyl Pyrrolidome) แทนเฟอร์ฟูรัลและฟินอล อีกตัวอย่างที่แสดงความสามารถในการเลือกละลายตามขนาดหนักเบาของโมเลกุลอย่างสูง คือ ตัวโพเพนเหลวซึ่งภายใต้อุณหภูมิ และความดันที่เหมาะสมจะละลายพาราฟินส์หนัก ๆ ได้ดี แต่ไม่สามารถละลายอะโรแมติกหนัก ๆ เช่น พวแกสพัลต์ได้ จึงใช้โพเพนเหลวแยกเอาแกสพัลต์ออกจากน้ำมันหนัก ซึ่งแกสพัลต์จะตกตะกอนออกมา ส่วนที่ไม่มีแกสพัลต์ก็ละลายอยู่ในโพเพน ซึ่งแยกออกได้โดยการเปลี่ยนอุณหภูมิของสารละลายนั้น นอกจากการเลือกสารละลายแล้ว คุณสมบัติที่สำคัญอื่น ๆ ของตัวทำละลาย ได้แก่ ความหนาแน่น ความตึงผิว, ความหนืด, จุดเดือด, ความอยู่ตัว, ความร้อนจำเพาะ, ความร้อนแฝงของไอ, ความเป็นพิษ, ความไวไฟ, การกัดกร่อน, ราคา และความยากง่ายในการหา เป็นคุณสมบัติที่ต้องนำมาพิจารณาด้วย

กระบวนการและเครื่องมือที่ใช้ในการสกัด

การออกแบบกระบวนการในการสกัดขึ้นอยู่กับวิธีการสกัดที่ต้องการสกัดออกนั้นทำได้ยากเพียงไร ในบางกรณีสกัดเพียงหนึ่งครั้งหรือสองครั้งก็ได้คุณภาพตามต้องการแล้วซึ่งจะใช้กระบวนการ หรือเครื่องมืออย่างง่าย ๆ แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้การสกัดซ้ำอีกหลาย ๆ ครั้งต้องจำเป็นที่ใช้กระบวนการที่สามารถให้ประสิทธิภาพในการสกัดที่สูงกว่า

การสกัดขั้นเดียว หรือการสกัดที่ละชั้นอย่างง่าย ๆ (Elementary Extraction Process and Cross-Flow Extraction Process) วิธีนี้เริ่มด้วยการผสมของเหลวที่เป็นสารป้อนเข้ากับตัวละลายในอัตราที่เหมาะสมในเครื่องกวน (Mixer) ที่ออกแบบเป็นพิเศษให้ของเหลวทั้งสองชั้นสัมผัสกันได้ดีจนถึงสภาพสมดุล เมื่อผ่านเครื่องกวนแล้วจะเข้ามาเครื่องแยกตัว (Settler) เพื่อแยกของเหลวกลับเป็นสองชั้นดั้งเดิม จะได้เป็นชั้นส่วนที่สกัดได้และชั้นส่วนที่ไม่ถูกสกัดไหลออกจากเครื่องแยกตัวไปคนละด้าน คือ ทางด้านบนและด้านล่าง จัดเป็นชั้นหนึ่งของการสกัด และถ้าชั้นส่วนที่ไม่ถูกสกัดหรือ Raffinate มีคุณภาพถูกต้องตามต้องการ การสกัดก็เสร็จกระบวนการ แต่ถ้ายังไม่ได้คุณภาพต้องนำ Raffinate นั้นมาทำการสกัดซ้ำอีกครั้งในเครื่อง

สกัดชั้นที่สอง โดยทำการเช่นเดียวกับประการแรกทุกประการ และอาจทำซ้ำเป็นชั้นที่สามที่สั ต่อไปได้ถ้าจำเป็น

กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย ที่ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมัน

การสกัดน้ำมันเครื่อง น้ำมันช่วงที่มาน้ำมันเครื่องได้ ซึ่งได้จากการกลั่น ภายใต้อุณหภูมิอากาศมาแล้ว มักจะมีสารจำพวกอะโรแมติกปนอยู่ ซึ่งจะเปลี่ยนตัวในเครื่องยนต์ ก่อให้เกิดตะกอน และยางเหนียว นอกจากนี้อะโรแมติกยังมีคุณสมบัติด้านความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนืดกับอุณหภูมิ คือ ความหนืดนั้นเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมาก ถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนไป ดังนั้นจึง ต้องแยกเอาพวกอะโรมาติกออกจากน้ำมันเครื่อง และวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายจะช่วยให้ดี โดย Sulphur Dioxide เป็นตัวทำละลายตัวแรกที่นำมาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1926 เรียกว่า Edeleanu Process ใช้ได้ดี แต่มีข้อเสียคือ SO_2 ละลายอะโรแมติก ที่มีจุดเดือดสูงๆ ได้น้อย จึงปรับปรุงโดยใช้ SO_2 ผสมกับ Benzene ก็สามารถช่วยได้บ้าง แต่ตัวทำละลายที่เหมาะสม คือ Furfural, Phenol และ N-Methyl 2-Pyrrolidone สารพวกนี้มีโครงสร้างเป็นวงแหวน และมีจุดเดือดต่ำกว่า น้ำมันเครื่องมาก ($162^{\circ}C$ และ $206^{\circ}C$ ตามลำดับตัวทำละลายที่กล่าว) จึงอาจแยกตัวทำละลาย คั้นได้ง่าย Furfural และ NMP ได้รับความนิยมมาก น้ำมันเครื่องที่สกัดเอาอะโรแมติกออกแล้วจึง เหมาะสมที่จะนำไปผลิตเป็นน้ำมันเครื่องคุณภาพสูง และในบางกรณีนำไปผลิตน้ำมันฉนวนที่ใช้ ทางไฟฟ้า และน้ำมันพิเศษอื่น ๆ

การสกัดแยกเอาแอสฟัลต์ออก จากกากกันของหอกลิ้นภายใต้อุณหภูมิอากาศที่ เหมาะสมอาจนำมาผลิตเป็นน้ำมันเครื่องชนิดชั้น (Residual Lubricating oil) ได้โดยใช้การสกัด ด้วยโพรเพนเหลวเพื่อไล่แอสฟัลต์ออก ในกระบวนการนี้กากน้ำมันกับโพรเพนเหลวจะไหลสวนทาง กันในหอสกัด ซึ่งจะทำงานที่ $35-40$ บรรยากาศ สารพวกพาราฟินที่ละลายในโพรเพนจะออกทาง ยอดหอ ส่วนแอสฟัลต์ที่ไม่ละลายจะออกทางกันหอ เมื่อกลิ้นเอาโพรเพนออกไปใช้ใหม่ จะได้สารที่ เหมาะสมทำน้ำมันเครื่อง สารที่ได้นี้ถ้าไปสกัดด้วย Furfural อีกครั้งหนึ่งจะได้น้ำมันเครื่องที่มี คุณภาพสูง กระบวนการดังกล่าวจะใช้บิวเทนหรือเพนเทนก็ได้ แต่น้ำมันที่ได้คุณภาพจะต่ำกว่า เหมาะสำหรับทำเป็นสารป้อนเข้ากระบวนการผลิตน้ำมันประเภทอื่นมากกว่า

การสกัดน้ำมันก๊าด เพื่อจะปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันก๊าดในด้านจุดเกิดควันให้ ดีขึ้น จำเป็นต้องแยกเอาสารพวกอะโรมาติกออก ซึ่งใช้วิธีการสกัดด้วย SO_2 ตามกระบวนการ Edeleanu ซึ่งเป็นกระบวนการที่เก่าที่สุดเริ่มตั้งแต่ปี 1907 และจัดเป็นกระบวนการเดียวที่ใช้งาน ได้ดี แม้ปัจจุบันจะไม่ใช้แล้วก็ตาม การสกัดทำการสกัดที่อุณหภูมิ $-10^{\circ}C$ จะได้ส่วนเหลือที่ไม่ถูก สกัดคว้นสูง

การสกัดช่วงน้ำมันเบนซิน การสกัดองค์ประกอบน้ำมันเบนซิน โดยเฉพาะพวงรีฟอร์เมต มีจุดประสงค์ที่จะสกัดแยกสารประกอบอะโรแมติกออกมาในความเข้มข้นพอสมควรเพื่อผลิตสารอื่นต่อไป ตัวทำละลายที่ใช้แรก ๆ ได้แก่ SO_2 ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากมีปัญหา ต่อมาได้มีการใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดสูงขึ้น ได้แก่ สารพวกไกลคอล (Glycols) โดยเฉพาะ Diethylene Glycol มีกระบวนการของบริษัทยูโอพี คือ UDEX Process ใช้ไกลคอล ภายหลังได้มีการค้นพบซัลโฟเลน (Sulfolane-Cyclo Thiopentane 1, 1 Dioxide) และสารต่อเนื้อว่าเป็นตัวทำละลายที่ใช้ได้ดี จึงเป็นที่นิยมเพราะให้การเลือกละลายที่ดีกว่า และมีอำนาจการละลายที่สูงกว่า กระบวนการซัลโฟเลน ใช้ในการผลิตอะโรมาติกประเภทเบา กล่าวคือ เบนซิน, โทลูอีน และ ไซลีนจากรีฟอร์เมต และองค์ประกอบเบนซินอื่นที่มีอะโรมาติกอยู่มาก

4) กระบวนการตกผลึก

การตกผลึกใช้มากในการกำจัดไขขี้ผึ้งออกจากน้ำมันไขขี้ผึ้งประกอบด้วยสารพาราฟินโมเลกุลใหญ่ๆ ซึ่งจะตกผลึกออกมาเมื่อทำให้เย็นลง มักมีอยู่ในน้ำมันช่วงน้ำมันเครื่อง และช่วงที่หนักกว่า ซึ่งต้องกำจัดออก เพราะจะทำให้ น้ำมันไม่ไหลและทำงานไม่ได้ โดยเฉพาะถ้าอุณหภูมิต่ำลงไขที่แยกออกมาเรียกว่า Slack Wax ซึ่งเมื่อทำให้บริสุทธิ์สามารถนำไปขายได้

โดยทั่วไปใช้ตัวทำละลายสองอย่าง กล่าวคือ โทลูอีน (Toluene) ซึ่งใช้ละลายน้ำมันให้ไหลได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ และ Methyl Ethyl Ketone ซึ่งจะละลายไขได้น้อยมาก ที่อุณหภูมิต่ำ จึงเป็นตัวทำให้ไขตกตะกอนออกมา ในกระบวนการน้ำมันที่มีไขปนจะผสมเข้ากับตัวทำละลายแล้วทำให้ร้อนจนละลายหมด จากนั้นทำให้เย็นลงเท่าที่ต้องการ (ส่วนใหญ่ใช้ $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) แล้วส่งต่อไปที่ Rotary Vacuum Filter ไขจะติดอยู่บนผ้ากรอง ซึ่งหมุนไปเรื่อยจนถูกขูดออก มีการฉีดตัวทำละลายเย็น ๆ ลงบนไข เพื่อล้างน้ำมันที่ติดอยู่ ออก น้ำมันที่กรองได้เอามาไล่ตัวทำละลายออกโดยการกลั่นแล้วเอาตัวทำละลายกลับไปใช้ใหม่

2.20 กระบวนการกำจัดกำมะถัน

กระบวนการกำจัดสารประกอบกำมะถันสามารถจำแนกได้เป็น กระบวนการกำจัดสารประกอบกำมะถันโดยวิธีทางกายภาพ ทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับการกำจัดกำมะถัน

2.20.1 กระบวนการกำจัดกำมะถันด้วยไฮโดรเจน

กระบวนการนี้ เป็นกระบวนการที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในปฏิกิริยาไฮโดรดีซัลเฟอไรเซชัน (Hydrodesulfurization) วัตถุประสงค์จำพวกไฮโดรคาร์บอนและไฮโดรเจนจะถูกนำส่งผ่านตัวเร่งปฏิกิริยา ที่สภาวะอุณหภูมิและความดันสูง อะตอมของกำมะถันบางตัวจะติดมากับโมเลกุลของ

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยแก๊สนี้จะถูกกำจัดออกจากเครื่องปฏิกรณ์ต่อไป โลหะในวัตถุดิบจะถูกสะสมบนตัวเร่งปฏิกิริยาในรูปของ เมทัลซัลไฟด์ และทำให้วัตถุดิบที่นำไปกลั่นสร้างชั้นของวัสดุที่มีส่วนผสมของคาร์บอนบนตัวเร่งปฏิกิริยาแตกออก ในกระบวนการไฮโดรดีซัลเฟอไรเซชัน วัตถุดิบที่เป็นสารไฮโดรคาร์บอนจะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจน แล้วเกิดเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ และสารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีกำมะถันเจือปน ปฏิกิริยานี้ต้องการความดันของแก๊สไฮโดรเจนที่สูง เพื่อรักษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยาการกำจัดสารประกอบกำมะถันให้มีค่าสูง และเพื่อระงับการสะสมของสารไฮโดรคาร์บอน (Speight และ Ozum, 2002 อ้างถึงใน ชีชาลักษณ์ บุญมาสู่ และ ณัฐวุฒิ หอทิติกุล, 2553)

2.20.2 กระบวนการกำจัดกำมะถันโดยไม่ใช้ไฮโดรเจน

1) การกำจัดกำมะถันโดยการออกซิเดชันและการสกัดด้วยตัวทำละลาย

สารประกอบกำมะถันในน้ำมันดิบมีอยู่หลายชนิด เช่น เมอร์แคปแทน (Mercaptans) ซัลไฟด์ (Sulfides) ไดซัลไฟด์ (Disulfides) ไทโอเฟน (Thiophenes) เป็นต้น สารประกอบในกลุ่มของไทโอเฟนจะมีความเสถียรสูง การทำให้พันธะระหว่างคาร์บอนและกำมะถัน แตกออกทำได้ยาก โดยปกติมักใช้ปฏิกิริยาไฮโดรดีซัลเฟอไรเซชันเชิงเร่งปฏิกิริยา (Catalytic hydrodesulfurization) ในการทำให้พันธะแตกออก แต่ต้องเป็นสภาวะที่อุณหภูมิและความดันสูง ซึ่งต้องใช้เงินทุนมากขึ้น กระบวนการออกซิดีซัลเฟอไรเซชัน (ODS) เป็นกระบวนการลดกำมะถันโดยการออกซิไดซ์กำมะถันที่อยู่ในรูปของ Divalent ของหมู่ซัลไฟด์ ให้เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ Hexavalent ของหมู่ซัลฟอน (Sulfone) หรืออยู่ในรูป Butavalent ของหมู่ซัลฟอกไซด์ (Sulfoxide) ทำให้สมบัติทางเคมีและทางกายภาพแตกต่างไปจากเดิม สารประกอบกำมะถันที่ถูกออกซิไดซ์จะมีจุดเดือดและสภาพความเป็นขั้วสูงขึ้นซึ่งจะง่ายต่อการขจัดออกจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในน้ำมัน โดยใช้การกลั่นหรือการสกัดด้วยตัวทำละลาย (Aida et al., 1994 อ้างถึงใน นาถพงศ์ จิรวรากุล และ พิสิทธิ์ เจริญรัตน์, 2550)

2) การกำจัดกำมะถันด้วยกรด

กระบวนการนี้ถูกใช้ในการกำจัดกำมะถันในกระบวนการผลิตตัวทำละลาย บางชนิดการกำจัดกำมะถันด้วยกรดเป็นการล้างตัวทำละลายน้ำมัน ด้วยสารละลายกรดจะช่วยให้ขจัดสารอะโรแมติก R-S-H และ R-S-R

3) การกำจัดกำมะถันโดยใช้สารละลายคอสติก (Caustic treater)

เป็นกระบวนการที่ใช้สารละลายคอสติกทำปฏิกิริยากับสารประกอบกำมะถันที่อยู่ในน้ำมัน เช่น แก๊สไฮลีนที่ผลิตได้จากกระบวนการแตกตัวเชิงเร่งปฏิกิริยา (Fluid

catalytic cracking, FCC) ประกอบด้วยแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และสารประกอบกรดอินทรีย์ ซึ่งในกระบวนการนี้แก๊สโซลีนจะถูกล้างด้วยสารละลาย NaOH ร้อยละ 20

4) การกำจัดกำมะถันด้วยกระบวนการชีวภาพ

จากการศึกษาการกำจัดกำมะถันด้วยกระบวนการชีวภาพ โดย Ayala et al., (2000) พบว่าเอนไซม์ Chloroperoxidase สามารถออกซิไดซ์สารประกอบกำมะถันในน้ำมันดีเซลจากการกลั่นตรง ไปอยู่ในรูปของซัลฟอกไซด์และซัลโฟน แล้วทำการขจัดกำมะถันออกโดยใช้วิธีการกลั่น โดยกระบวนการนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดกำมะถันดี

5) การกำจัดกำมะถันโดยวิธีออกซิไดซ์ซัลเฟอร์ไรเซชัน (Oxydesulfurization)

การลดปริมาณสารกำมะถันในน้ำมันดีเซลโดยใช้กระบวนการออกซิเดชันและสกัดด้วยตัวทำละลาย เป็นกระบวนการที่ต้องใช้ตัวออกซิไดซ์เพื่อเปลี่ยนอะตอมของกำมะถันในน้ำมันให้เป็นสารประเภทซัลฟอกไซด์ หรือซัลโฟน โดยสารกำมะถันที่เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของซัลฟอกไซด์หรือซัลโฟน เป็นสารที่มีขั้วสูงขี้นกว่าเดิม ซึ่งโดยปกติน้ำมันเป็นสารประเภทไม่มีขั้ว การเปลี่ยนสมบัติของสารประกอบกำมะถันในน้ำมันให้ต่างจากสมบัติของน้ำมันทั่วไป ทำให้สามารถแยกสารประกอบกำมะถันออกจากน้ำมันได้ง่ายขึ้น เช่นการสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction) โดยใช้ตัวทำละลายประเภทมีขั้ว เช่น เมทานอล น้ำ เป็นต้น ไปสกัดหรือละลายสารประกอบกำมะถันซึ่งกลายเป็นสารประเภทที่มีขั้วแล้ว โดยตัวทำละลายที่ใช้สกัดนี้จะต้องไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำมัน ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการนี้คือชั้นน้ำมันที่มีสารประกอบกำมะถันต่ำลงและชั้นตัวทำละลายที่มีสารประกอบกำมะถันละลายอยู่ จากนั้นก็นำชั้นตัวทำละลายไปเข้ากระบวนการแยกสารประกอบกำมะถันและตัวทำละลายออกจากกันด้วยวิธีการกลั่นจะได้ตัวทำละลายที่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก และสารประกอบกำมะถันซึ่งสามารถเลือกดำเนินการด้วยวิธีที่เหมาะสมต่อไป (นาถพงษ์ จีรวรากุล และ พิสิทธิ์ เจริญรัตน์, 2550)

6) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide, TiO_2) (ชิชาลักษณ์ บุญมาสู่ และ ณัฐวุฒิ หอกิตติกุล, 2553)

ไทเทเนียมไดออกไซด์ถูกใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงที่สามารถใช้กำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำหรืออากาศ ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นสารกึ่งตัวนำประเภทเอ็น (N-type semiconductor) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงที่นิยมใช้กันมาก โดยช่องว่างของระดับพลังงานอยู่ที่ประมาณ 3.0 อิเล็กตรอนโวลต์ ถูกกระตุ้นด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นใกล้แสงอัลตราไวโอเล็ต ประมาณ 380 นาโนเมตร (Retergardh and langphasuk, 1997) ไทเทเนียมไดออกไซด์มีสมบัติทางกายภาพ คือ มีความเสถียรสูง มี

ความว่องไวต่อแสง มีความสามารถในการละลายต่ำ ทนต่อการกัดกร่อน ไม่มีพิษ และราคาถูก นอกจากนี้ไทเทเนียมไดออกไซด์จะไม่สูญเสียความว่องไวไป เมื่อผ่านการใช้งานแล้วสามารถนำกลับมาใช้ในปฏิกิริยาใหม่ได้อีก (Hu และคณะ, 2005) ประโยชน์ของไททาเนียมไดออกไซด์ถูกนำมาใช้ในด้าน การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานรูปอื่น เช่น เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าในเซลล์แสงอาทิตย์ และเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง เป็นต้น เนื่องจากไทเทเนียมไดออกไซด์มีค่าตรวจหาค่าการหักเหของแสงสูง จึงถูกนำมาใช้เป็นสารเคลือบป้องกันการสะท้อนของแสงในเซลล์แสงอาทิตย์ และอุปกรณ์ทางด้าน การมองเห็นชนิดฟิล์มบางหลายชนิด ไทเทเนียมไดออกไซด์ยังถูกนำมาใช้เป็นตัวตรวจสอบก๊าซ เนื่องจากมีค่าการนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามองค์ประกอบของก๊าซที่ภาวะบรรยากาศ เช่น สามารถใช้ตรวจสอบก๊าซออกซิเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ และมีเทน เป็นต้น และเนื่องจากไทเทเนียมไดออกไซด์สามารถเข้ากับร่างกายมนุษย์ได้ จึงถูกนำมาใช้เป็นวัสดุทางชีวภาพ เช่น กระดูกเทียม นอกจากนี้ไทเทเนียมไดออกไซด์ถูกนำมาใช้ในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาแบบปกติคือไม่ใช้แสงร่วมได้ดี สามารถใช้เป็นตัวเพิ่มความสามารถในการทำปฏิกิริยา และตัวรองรับได้ดี โดยตัวอย่างการใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น การผลิตไฮโดรเจนด้วยปฏิกิริยา Gas shift กระบวนการสังเคราะห์สาร Fischer-Tropsch การกำจัดสารประกอบซัลเฟอร์ (H_2S , SO_2) (Fujishima และคณะ, 1999) การกำจัดสารประกอบออกไซด์ไนโตรเจน การกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย เป็นต้น

7) การกำจัดกำมะถันด้วยกระบวนการดูดซับ (ธีรวิทย์ ทับทอง อ้างถึงใน กฤษณ์ จันทรเสนา, 2547)

กลไกการดูดซับ เกิดขึ้นโดย โมเลกุลของตัวถูกดูดซับในสารละลายแพร่ผ่านชั้นฟิล์มระหว่างสารละลายกับตัวดูดซับไปเกาะที่ผิวด้านนอกของตัวดูดซับ แล้วโมเลกุลของตัวดูดซับจะแพร่จากผิวด้านนอกของตัวดูดซับเข้าสู่ผิวด้านในของตัวดูดซับ และตัวถูกดูดซับจะถูกตรึงอยู่ที่ผิวของตัวดูดซับ ด้วยแรงทางกายภาพ แรงทางเคมี หรืออาจเกิดแรงทั้งสองพร้อมกัน กระบวนการดูดซับเป็นกระบวนการถ่ายเทมวลของตัวถูกดูดซับ (Adsorbate) โดยโมเลกุลของแก๊สหรือของเหลว จะยึดเกาะบนพื้นผิวตัวดูดซับ (Adsorbent) โดยสามารถจำแนกตามแรงที่ยึดเกาะของโมเลกุลกับพื้นผิวของตัวดูดซับ เป็นการยึดเกาะด้วยแรงทางกายภาพ ได้แก่ แรงระหว่างมวลหรือแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล แรงดึงดูดระหว่างขั้ว เรียกว่าการดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption) และการยึดเกาะด้วยพันธะเคมี เป็นการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน ระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับและพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ เรียกว่าการดูดซับทางเคมี (Chemisorption)

การดูดซับแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

1) การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption)

เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลตัวดูดซับกับองค์ประกอบที่ถูกลดซับ ซึ่งมีความมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลขององค์ประกอบในสารละลาย องค์ประกอบจึงยึดติดแน่นบนผิวของตัวดูดซับ ถ้าตัวดูดซับมีความพรุนสูง ของเหลวหรือก๊าซที่ควบแน่นนั้นจะแพร่ผ่านเข้าสู่ช่องว่างภายในของตัวดูดซับได้ ซึ่งกระบวนการนี้เกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิปกติ เมื่อลดความดันหรืออุณหภูมิของระบบลงจะทำให้ความสามารถในการดูดซับลดลง ทำให้ตัวถูกลดซับเคลื่อนที่ออกจากตัวดูดซับ การดูดซับนี้สารถูกลดซับไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี

2) การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption or chemisorption)

เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างตัวดูดซับกับองค์ประกอบที่ต้องการดูดซับที่พื้นผิวของตัวดูดซับ ทำให้ปริมาณของตัวดูดซับลดลง และตัวถูกลดซับถูกดูดไว้ได้เพียงเล็กน้อย เนื่องจากการดูดซับเกิดปฏิกิริยาเคมีบนพื้นผิว จึงเกิดขึ้นได้บนพื้นผิวบางแห่งเท่านั้น และจะเกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูงและไม่ขึ้นกับความดันมากนัก แต่การดูดซับทางกายภาพเกิดขึ้นได้บนพื้นผิวทั้งหมดและการดูดซับแบบนี้จะไม่เกิดการคายการดูดซับ

ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ

1) ธรรมชาติของสารดูดซับ (Nature of the adsorbent)

- พื้นผิวและโครงสร้างของรูพรุน

พื้นที่ผิวเป็นคุณสมบัติที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับของสารดูดซับ คือความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อพื้นที่ผิวของสารดูดซับมากขึ้น นอกจากนี้โครงสร้างของรูพรุน มีส่วนช่วยให้พื้นที่ผิวมีความสามารถในการดูดซับมากขึ้น เพราะถ้าสารถูกลดซับสามารถเข้าไปในรูพรุนของสารดูดซับได้ การดูดซับก็จะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าขนาดโมเลกุลของสารที่ถูกลดซับไม่สามารถเข้าไปในรูพรุนของสารดูดซับได้ ความสามารถในการดูดซับก็จะลดลง

- ขนาดของอนุภาค (Partical size)

ในกรณีที่สารดูดซับไม่มีรูพรุนนั้น พื้นที่ผิวจะเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดลดลง ซึ่งทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้นด้วย แต่ถ้าสารดูดซับมีรูพรุนมากๆ พื้นที่ผิวที่ใช้ในการดูดซับจะอยู่ในรูพรุนดังนั้นความสามารถในการดูดซับจะไม่ขึ้นกับขนาดของวัตถุ

2) ธรรมชาติของสารถูกลดซับ (Nature of the adsorbent)

- ความสามารถในการละลาย

สารดูดซับที่มีความสามารถในการละลายสูงจะถูกดูดซับได้น้อย เนื่องจากก่อนที่จะเกิดกระบวนการดูดซับจะต้องมีการทำลายพันธะระหว่างตัวถูกละลายและตัวทำละลายก่อน

- น้ำหนักและขนาดของโมเลกุล

ถ้า น้ำหนักและขนาดของโมเลกุลของสารดูดซับเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

- ความมีขั้วของโมเลกุล (Polarity)

เมื่อสภาพมีขั้วเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับจะลดลง เพราะการเพิ่มสภาพขั้วจะทำให้ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้น

3) สภาพแวดล้อม

- ผลของอุณหภูมิของสารละลาย

การดูดซับจะเกิดขึ้นได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย เนื่องจากการยึดเกาะระหว่างสารที่ถูกดูดซับกับตัวดูดซับเกี่ยวข้องกับชนิดของพันธะที่ยึดเหนี่ยว ถ้าปฏิกิริยาการดูดซับเป็นชนิดคายความร้อน การดูดซับจะมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง ถ้าเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนความสามารถในการดูดซับจะมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเล็กน้อยไม่มีผลต่อการดูดซับ

- ผลของความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลาย

ค่า pH มีผลต่อรูปแบบของโลหะ เช่น ไอออนของตะกั่วจะมีรูปแบบต่างๆ กันขึ้นกับ pH ของสารละลายที่ pH ต่ำกว่า 6 ตะกั่วจะอยู่ในรูป Pb^{2+} ถ้า pH สูง ไอออนของตะกั่วจะเกิดการรวมตัวกับโมเลกุลของน้ำเกิดเป็นสารประกอบประเภท hydroxocomplexes

ตัวดูดซับโดยทั่วไปแล้วมีหลายหลายชนิด ทั้งนี้การเลือกตัวดูดซับต้องพิจารณาถึงลักษณะสมบัติของตัวดูดซับแต่ละชนิด

ซิลิกาเจล (Silica gel)

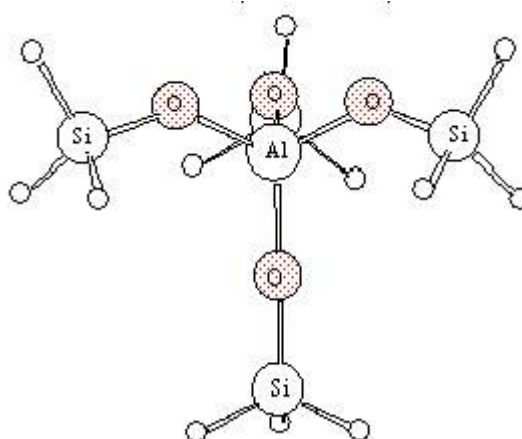
เป็นสารประกอบที่สังเคราะห์จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารประกอบไฮเดรียมซิลิเกตกับกรดเกลือ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้คือผลึกซิลิกาที่รวมกับโมเลกุลของน้ำ มีลักษณะคล้ายเจล ถ้าอบให้แห้งจะได้ผลึกของซิลิกาเจล คุณสมบัติขึ้นกับ ความเข้มข้นของซิลิกา อุณหภูมิ และความเป็นกรดเป็นด่างในกระบวนการผลิต พื้นที่ผิวของซิลิกาเจลมีความเป็นขรุขระจึงสามารถนำไปใช้ดูดซับโมเลกุลที่มีขั้วได้ดี

อลูมินา (Alumina)

ผลิตมาจากสารประกอบอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Al}(\text{OH})_3$) เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยการเผาไล่โมเลกุลของน้ำ ออกจากสารประกอบ ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 400 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ เพื่อให้เกิดผลึกอลูมินา มีพื้นที่ผิวประมาณ $250 \text{ m}^2/\text{g}$ และมีรูพรุนใหญ่กว่า 50 อังสตรอม โดยพื้นที่ผิวของอลูมินาเป็นชั้นสูงจึงเหมาะสำหรับการดูดซับโมเลกุลที่มีชั้น เช่น ไอน้ำ (Ralph,T,Yang, 2003)

ซีโอไลต์ (zeolite) (จุฬารัตน์ อุปชาชัย และนาตยา วัฒนพจน์, 2551)

คือสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกต (crystalline aluminosilicates) หน่วยย่อยของซีโอไลต์ประกอบด้วยอะตอมของซิลิคอน (หรืออะลูมิเนียม) หนึ่งอะตอม และออกซิเจนสี่อะตอม (SiO_4 หรือ AlO_4) สร้างพันธะกันเป็นรูปสามเหลี่ยมสี่หน้า (tetrahedron) โดยอะตอมของซิลิคอน (หรืออะลูมิเนียม) อยู่ตรงกลาง ล้อมรอบด้วยอะตอมของออกซิเจนที่มุมทั้งสี่ ซึ่งโครงสร้างสามเหลี่ยมสี่หน้านี้ จะเชื่อมต่อกันที่มุม (ใช้ออกซิเจนร่วมกัน) ก่อให้เกิดเป็นโครงสร้างที่ใหญ่ขึ้น และเกิดเป็นช่องว่างระหว่างโมเลกุล ทำให้ซีโอไลต์เป็นผลึกแข็ง เป็นรูพรุนและช่องว่างหรือโพรงที่ต่อเชื่อมกันอย่างเป็นระเบียบในสามมิติ ขนาดตั้งแต่ 2-10 อังสตรอม นอกจากนี้ ในโครงสร้างโมเลกุลของซีโอไลต์ยังมีประจุบวกของโลหะ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม เกาะอยู่อย่างหลวมๆ และ ยังมีโมเลกุลของน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ในช่องว่างในโครงผลึกสามารถต้มให้เดือดระเหยออกได้



ที่มา: <http://www.vcharkarn.com/vblog/38694>

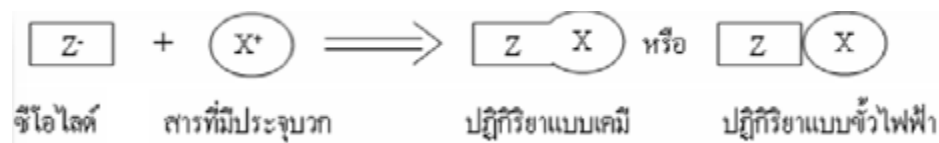
รูปที่ 2.16 โครงสร้างของซีโอไลต์

ซีโอไลต์เกิดขึ้นตามธรรมชาติในรูปของแร่ธาตุ โดยมีการทำเป็นเหมืองซีโอไลต์ หรืออาจสังเคราะห์ขึ้นได้โดยกระบวนการทางเคมี เพื่อประโยชน์ทางการค้า ซึ่งจะทำให้ได้ซีโอไลต์

ที่มีสมบัติเฉพาะเจาะจง รวมทั้งอาจมีการสังเคราะห์ซีโอไลต์ในห้องปฏิบัติการเพื่อประโยชน์ในการศึกษาลักษณะทางเคมีของซีโอไลต์เองด้วย ซีโอไลต์นั้นมีมากกว่า 600 ชนิด แต่สามารถแบ่งกลุ่มตามชนิดของโครงสร้างได้ประมาณ 40 ชนิด ซึ่งความแตกต่างในโครงสร้างนี้มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของซีโอไลต์ เช่น โครงสร้างผลึกความหนาแน่น ขนาดของโพรง ความแข็งแรงของพันธะ เป็นต้น การจำแนกชนิดของซีโอไลต์นั้นอาศัยขนาดและรูปร่างของโพรงซีโอไลต์เป็นหลัก ซึ่งจะทำให้ให้น้ำซีโอไลต์ไปใช้ประโยชน์ในงานที่แตกต่างกันไป

การทำงานของซีโอไลต์

เป็นปฏิกิริยาเคมี โดยการแลกเปลี่ยนไอออน หรือปฏิกิริยาแบบขั้วไฟฟ้าเมื่อใส่ซีโอไลต์ลงในน้ำ ซีโอไลต์จะแสดงตัวเป็นประจุลบหรือขั้วลบ Z^- แล้วไปจับกับสารพวกที่มีประจุบวกหรือขั้วบวก X^+ ที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น แอมโมเนียมและซัลเฟต หรือโลหะหนัก เป็นต้น ดังแสดงในรูป 2.17



(จุฬารัตน์ อุบชาญ และนาตยา วัฒพจน์, 2551)

รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะการทำงานของซีโอไลต์

เนื่องจากซีโอไลต์มีโครงสร้างที่เป็นรูพรุนอย่างเป็นระเบียบ สามารถใช้เป็นตัวกรองสารที่ต้องการ โดยโมเลกุลที่เล็กกว่าขนาดโพรงซีโอไลต์จะสามารถผ่านไปได้ ในขณะที่โมเลกุลที่มีขนาดใหญ่จะไม่สามารถผ่านออกมา และโมเลกุลที่ต้องการซึ่งมีขนาดพอดีกับโพรงซีโอไลต์ก็จะถูกกักไว้ภายในโพรง การใช้ประโยชน์จากซีโอไลต์จะถูกกำหนดด้วยสมบัติพื้นฐานในระดับโมเลกุลของสารซึ่งสามารถจำแนกออกได้สามด้านหลักๆ ได้แก่ เป็นตัวแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange) เป็นตัวดูดซับ (adsorption) และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalysis)

1) ตัวแลกเปลี่ยนประจุ

เนื่องจากประจุบวกของโลหะที่เกาะกับซีโอไลต์นั้นเกาะอยู่อย่างหลวมๆ จึงพร้อมที่จะแลกเปลี่ยนกับโลหะอื่น เมื่ออยู่ในสารละลายได้ ด้วยหลักการนี้จึงสามารถประยุกต์ใช้กับการลดความกระด้างของน้ำ โดยโลหะอัลคาไล เช่น โซเดียม หรือ โพแทสเซียม ที่เกาะกับซีโอไลต์ จะแลกเปลี่ยนประจุกับแคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งเป็นประจุของโลหะในน้ำที่เป็นตัวการทำให้น้ำกระด้าง ด้วยหลักการแลกเปลี่ยนประจุนี้ ทำให้สามารถใช้ซีโอไลต์ในการกำจัดแอมโมเนียออกจากน้ำเสีย รวมทั้งสามารถใช้ขจัดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) จากไอเสีย

เครื่องยนต์ให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจน และก๊าซออกซิเจนที่ปลอดภัย และขจัดไอโซโทป กัมมันตรังสีของซีเซียมและสตรอนเทียมจากกากนิวเคลียร์ได้อีกด้วย

2) ตัวดูดซับ

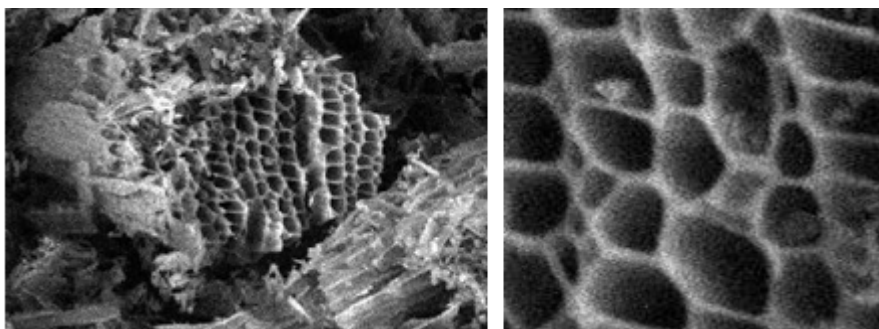
การใช้ซีโอไลต์เป็นตัวดูดซับนั้น ใช้ทั้งในกระบวนการทำให้แห้ง (dehydration) การทำให้บริสุทธิ์ (purification) และการแยกสาร (seperation) ซึ่งซีโอไลต์มีสมบัติ ในการเลือกทำปฏิกิริยาตามรูปร่าง อันเป็นหลักการพื้นฐานของกระบวนการดูดซับระดับโมเลกุล โดยสามารถเลือกให้มีการเลือกดูดซับเฉพาะบางโมเลกุล ส่วนการทำให้แห้งนั้น เนื่องจากซีโอไลต์ ที่มีประจุบวกสามารถดูดซับน้ำได้ดีเป็นพิเศษและสามารถเกิดปฏิกิริยาแบบย้อนกลับได้ คือเมื่อมีการให้ความร้อน น้ำก็จะระเหยออกไปหมด แต่เมื่อซีโอไลต์สัมผัสกับไอน้ำอีกครั้ง ก็สามารถดูดซับน้ำได้อีก หรืออาจนำไปใช้ดูดซับสารอื่นแทน เช่น ก๊าซไอโอดีน ตะกั่ว หรือแอมโมเนีย แบบย้อนกลับได้เช่นกัน นอกจากนี้ยังใช้ในการแยกก๊าซ ซึ่งโมเลกุลของก๊าซต่างชนิดจะมีความแตกต่างกันในเรื่องของปฏิกิริยาทางไฟฟ้าสถิตกับไอออนโลหะ ในทางกลับกัน ซีโอไลต์บางชนิดจะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ แต่จะดูดซับเฉพาะโมเลกุลอินทรีย์เท่านั้น

3) ประโยชน์อื่นๆ

มีการใช้ประโยชน์ซีโอไลต์ในด้านอื่นๆ เช่น ใช้ในการเกษตร ลดการใช้ปุ๋ย สามารถเก็บกักปุ๋ยอยู่ในดินได้นาน สามารถดูดจับสารพิษตกค้างในดิน ลดความเป็นพิษให้ดินที่มีสาเหตุจากสารตกค้างของยาฆ่าหญ้าและยาฆ่าแมลง และช่วยทำให้ดินร่วนซุย ดินซึมผ่านน้ำได้ง่าย ระบายน้ำได้ดี ในการเลี้ยงสัตว์ ซีโอไลต์สามารถดูดซึมสารพิษออกจากทั้งตัวอาหารสัตว์ และอวัยวะภายในระบบย่อยอาหาร และที่ช่วยลดกลิ่นเหม็นของมูลสัตว์ที่ขับถ่ายออก

ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) (บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, 2552)

ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านที่นำไปผ่านกระบวนการกระตุ้นด้วยสารเคมี หรือกระตุ้นด้วยวิธีทางกายภาพก่อน เพื่อให้โครงสร้างทางกายภาพของถ่านเกิดรูพรุนหรือรอยแตกขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรจำนวนมาก ซึ่งพื้นที่ผิวภายในผนังรูพรุนหรือรอยแตกเหล่านั้นทำให้เกิดพื้นที่ว่างขนาดใหญ่ดังแสดงในรูปที่ 2.18 และโมเลกุลของสารจำนวนมากสามารถเกิดปฏิกิริยาหรือถูกกักอยู่ในถ่านได้ การดูดจับอนุภาคหรือโมเลกุลของถ่านกัมมันต์เป็นปฏิกิริยาทางกายภาพ โดยแรงแวนเดอร์วาลส์ (ถ่านกัมมันต์น้ำหนักเพียง 1 กรัมจะมีพื้นที่ผิวภายในโดยรวมระหว่าง 500-1,500 ตารางเมตรขึ้นอยู่กับเกรดของถ่าน ชนิดวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต โดยทั่วไปจะใช้ถ่านนี้ในการกรองน้ำ แต่นอกจากการกรองน้ำแล้ว ถ่านชนิดนี้ยังนิยมใช้กรองสาร และเป็นวัสดุดูดซับในหลายอุตสาหกรรมด้วย



ที่มา: <http://www.mtec.or.th/>

รูปที่ 2.18 ภาพถ่ายพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยายสูง

ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านที่สามารถดูดซับหรือกรองสารได้บางชนิด ซึ่งสารที่ถ่านดูดซับหรือกรองได้ดีมักเป็นสารอินทรีย์มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ แต่ถ่านไม่สามารถดูดซับหรือกรองสารจำพวกแอลกอฮอล์ และไกลคอล (glycol) สารเคมีประเภทแอมโมเนีย กรดแก่ เบสแก่ โลหะและสารอนินทรีย์ เช่น โซเดียม เหล็ก ตะกั่ว ฯลฯ

สมบัติของถ่านกัมมันต์

1) ไอโอดีนัมเบอร์ (Iodine Number) เป็นค่าที่ใช้บอกถึงประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์เนื่องจากไอโอดีนถูกถ่านดูดซับได้ดี ดังนั้นค่าการดูดซับไอโอดีนจึงถูกใช้เป็นตัววัดประสิทธิภาพของถ่าน โดยวัดเป็นมิลลิกรัม (ของไอโอดีน) / น้ำหนักถ่าน 1 กรัม

2) โมลาสันัมเบอร์ (Molass Number) เป็นค่าที่บอกปริมาณของรูขนาดใหญ่ (macropore, รูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 20 อังสตรอม) ที่มีอยู่ในถ่านกัมมันต์ โดยถ่านที่มีรูขนาดใหญ่จำนวนมาก (ค่าโมลาสันัมเบอร์สูง) จะดูดซับสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่อย่างโมเลกุลสีได้ดีกว่าถ่านที่มีรูขนาดเล็ก (ค่าโมลาสันัมเบอร์ต่ำ)

3) แทนนิน (Tannin) แทนนินเป็นสารผสมประกอบด้วยสารโมเลกุลขนาดใหญ่และสารโมเลกุลขนาดกลาง เช่นเดียวกับผิวของถ่านกัมมันต์มีทั้งรูขนาดใหญ่ และรูขนาดกลาง ดังนั้นค่าแทนนินใช้บอกความสามารถในการดูดซับสารแทนนินหรือสารโมเลกุลขนาดใหญ่และกลางของถ่าน และระบุในหน่วยพีพีเอ็ม (ppm) ซึ่งถ่านกัมมันต์ควรมีค่านี้อยู่ในช่วง 200-362 พีพีเอ็ม

4) เมทิลีนบลู (Methylene Blue) ในถ่านกัมมันต์บางชนิดมีรูขนาดใหญ่ไม่ใหญ่มากเหมาะกับการดูดซับสารที่มีโมเลกุลขนาดกลาง เช่น สารเมทิลีนบลู ทำให้สารให้สีนี้ถูกใช้เป็นตัวแทนของสารที่มีโมเลกุลขนาดกลาง ค่าเมทิลีนบลูจะระบุในหน่วย (g/ 100 g)

5) ความหนาแน่น (Apparent Density) ถ่านกัมมันต์ที่มีความหนาแน่นสูงกว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพดีกว่า เนื่องจากสามารถดูดซับสารได้ในปริมาณมากกว่า

6) ค่าความแข็ง/ค่าการขูดถู (Hardness/ Abrasion Number) สามารถบอกถึงความต้านทานการสึกกร่อนของถ่านกัมมันต์ ค่านี้จะบอกถึงความสามารถในการทนต่อแรงเสียดสีและความสามารถในการคงสภาพของถ่านกัมมันต์ที่มีต่อกระบวนการล้างวัสดุกรอง (backwashing) ซึ่งค่านี้จะแตกต่างกันตามชนิดวัสดุดิบและระดับที่ถ่านถูกกระตุ้น

7) ปริมาณเถ้า (Ash Content) ปริมาณเถ้ามีผลในการลดประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ และลดประสิทธิภาพการนำถ่านไปกระตุ้นซ้ำ

8) ระดับคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride Activity) เป็นการหาความพรุนของถ่านกัมมันต์โดยดูจากค่าการดูดซับไออิมิตัวของสารคาร์บอนเตตระคลอไรด์

9) ค่าการกระจายตัวของขนาดอนุภาคถ่าน (Particle Size Distribution) เกี่ยวข้องกับความละเอียดของผงถ่าน ถ้าวถ่านมีขนาดอนุภาคละเอียดมากจะยิ่งเพิ่มพื้นที่ผิวของถ่านให้มากขึ้น ซึ่งมีผลให้โมเลกุลก๊าซถูกดูดซับเข้าไปในโครงสร้างถ่านได้เร็วขึ้น และทำให้ความดันก๊าซของระบบไม่ลดลงมาก ดังนั้นอุตสาหกรรมจะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมาก เพื่อสร้างแรงดันก๊าซให้ไหลผ่านถ่านกรองด้วยอัตราเร็วที่กำหนด

การแบ่งประเภทของถ่านกัมมันต์มีวิธีการแบ่งหลายแบบ แต่วิธีที่นิยมใช้คือ การแบ่งตามลักษณะทางกายภาพของถ่าน ดังนี้

1) ถ่านกัมมันต์แบบผง (Powdered Activated Carbon, PAC) ถ่านกัมมันต์ผงเป็นรูปแบบดั้งเดิมของถ่านที่นิยมใช้กัน โดยทั่วไปขนาดของผงถ่านจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.15-0.25 มิลลิเมตร ตัวถ่านมีสัดส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมาก ถ่านผงเหมาะกับการใช้งานแบบเติมลงในภาชนะของเหลวโดยตรงมากกว่าการบรรจุในท่อและปล่อยของเหลวไหลผ่านผงถ่าน เนื่องจากวิธีหลังจะสูญเสียผงถ่านได้ง่ายกว่า



ที่มา: <http://www.mtec.or.th/>

รูปที่ 2.19 ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด

2) ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด (Granular Activated Carbon, GAC) ถ่านกัมมันต์ในรูปเกล็ดนิยมใช้ในการดูดซับก๊าซหรือไอของสาร เนื่องจากขนาดเกล็ดใหญ่กว่าผงทำให้ก๊าซไหลผ่านได้ง่ายกว่าดังแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.20 ถ่านกัมมันต์แบบอัดแท่ง

3) ถ่านกัมมันต์อัดแท่ง (Extruded Activated Carbon, EAC) เป็นถ่านกัมมันต์ที่นำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีด (extruder) ให้ได้ถ่านลักษณะทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.8-4.5 มิลลิเมตร ถ่านประเภทนี้เหมาะกับการกรองหรือดูดซับก๊าซ เนื่องจากทำให้ความดันก๊าซตก (pressure drop) น้อยกว่าถ่านกัมมันต์ประเภทอื่น นอกจากนี้ถ่านอัดแท่งยังมีความแข็งแรงเชิงกลสูง ทำให้เกิดละอองฝุ่นน้อย ดังแสดงในรูปที่ 2.20

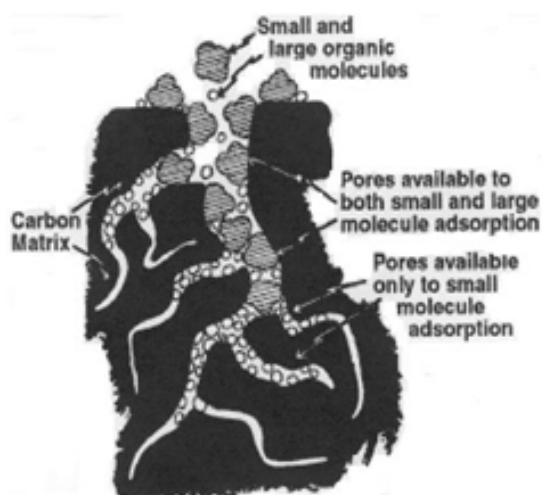
4) ถ่านกัมมันต์เคลือบอนุภาค (Impregnated Carbon) เป็นถ่านกัมมันต์ชนิดพิเศษที่ได้เติมโมเลกุลสารอินทรีย์ลงในโครงสร้างเช่น อนุภาคโลหะเงิน ทำให้ถ่านสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ นอกเหนือจากสมบัติในการกรองสาร ดังนั้นจึงมีการนำถ่านชนิดนี้มาใช้กับระบบกรองน้ำของเครื่องกรองน้ำ

5) ถ่านกัมมันต์เคลือบโพลีเมอร์ (Polymers Coated Carbon) เป็นถ่านกัมมันต์ชนิดพิเศษที่ถูกเคลือบด้วยสารโพลีเมอร์บางชนิดที่มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatible polymer) โดยใช้เทคนิคพิเศษ โดยชั้นเคลือบโพลีเมอร์มีสมบัติยอมให้สารบางอย่างผ่านไปได้ ถ่านชนิดนี้ถูกใช้เป็นวัสดุดูดซับสารพิษหรือยาสำหรับกระบวนการฟอกเลือดที่เรียกว่า ฮีโมเพอร์ฟิวชัน (Hemoperfusion)

ในกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์สามารถใช้วัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์มี 2 วิธี ได้แก่

1) การกระตุ้นทางกายภาพ (Physical Reactivation) เป็นกระบวนการที่วัตถุดิบถูกเปลี่ยนสภาพให้กลายเป็นถ่านคาร์บอน โดยใช้ความร้อนอุณหภูมิ 700-800 องศาเซลเซียสในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนเพื่อไม่ให้วัตถุดิบเกิดการลุกไหม้และเพื่อกำจัดสารอื่นๆ ออกไปด้วย จากนั้นนำถ่านคาร์บอนที่ได้ไปกระตุ้นด้วยความร้อนอุณหภูมิประมาณ 900 -1,100 องศาเซลเซียสในสภาวะที่มีไอน้ำหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และบดให้เป็นผงหรือเกล็ดที่มีขนาดตามต้องการ

2) การกระตุ้นด้วยสารเคมี (Chemical Activation) เป็นกระบวนการเปลี่ยนวัตถุดิบโดยใช้สารเคมีบางชนิด เช่น ซิงค์คลอไรด์ กรดฟอสฟอริก โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ร่วมกับการใช้ความร้อนอุณหภูมิประมาณ 400-600 องศาเซลเซียส ในภาคอุตสาหกรรมนิยมผลิตถ่านด้วยวิธีนี้มากกว่าวิธีกระตุ้นทางกายภาพ เนื่องจากใช้ความร้อน และเวลาในการผลิตน้อยกว่า



<http://www.mtec.or.th/index>

รูปที่ 2.21 แบบจำลองโครงสร้างภายในถ่านกัมมันต์

2.21 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.21.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปพลาสติกเป็นน้ำมันและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการทำงานในเครื่องยนต์และการปลดปล่อยมลพิษ

กฤตภาศ มงคลธำรงกุล (2552) ศึกษาเปรียบเทียบโครงการแปรรูปขยะเป็นไฟฟ้าจากเทคโนโลยีฝังกลบแบบถูกต้องตามหลักสุขภาพิบาล และโครงการแปรรูปขยะเป็นน้ำมันจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส ผลการวิเคราะห์ทางการเงินพบว่า โครงการแปรรูปขยะเป็นไฟฟ้าไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ส่วนผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์นั้นสามารถลงทุนได้ แต่ให้ผลตอบแทนที่น้อยกว่าอัตราส่วนลดที่กำหนด สำหรับโครงการแปรรูปขยะเป็นน้ำมันมีผลการวิเคราะห์ที่ดีคุ้มค่าต่อการลงทุนทั้งทางการเงินและเศรษฐศาสตร์ สำหรับข้อดีของการแปร

รูปขยะเป็นไฟฟ้าคือ ไม่สามารถใช้ศักยภาพได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากการเก็บขยะยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ส่วนการแปรรูปขยะเป็นน้ำมันคือ เรื่องประสิทธิภาพและการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตน้ำมัน อุปสรรคของการแปรรูปขยะเป็นไฟฟ้าคือ เงินลงทุน และการสูญเสียพลังงานจากการผลิต ระบบส่ง และระบบจำหน่ายอุปสรรคของการแปรรูปขยะเป็นน้ำมันคือ คุณภาพของน้ำมันที่ผลิตได้

จำนงค์ ถำรงค์มาศ (2549) ศึกษาการผลิตน้ำมันสังเคราะห์และก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก พบว่าชนิดโพลีเอทิลีนและพอลิโพรพิลีน หรือพวกถุงพลาสติกใสของส่วนใหญ่ มีสารประกอบคาร์บอนไฮโดรเจน แต่ไม่มีคลอรีน จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบผลิตน้ำมันสังเคราะห์และก๊าซเชื้อเพลิง เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถเผาพลาสติกได้ครั้งละ 5 กิโลกรัม ต่อครั้ง ใช้ความร้อนอยู่ระหว่าง 300 ถึง 700 องศาเซลเซียส ทำให้เม็ดพลาสติกแตกตัวเป็นของเหลวและควบแน่นกลายเป็นไอจนกลั่นตัวเป็นน้ำมันและก๊าซประมาณ 5 ลิตร สามารถนำไปหุงต้มได้ เมื่อนำตัวอย่างน้ำมันสังเคราะห์และก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมาเปรียบเทียบกับคุณภาพกับน้ำมันในท้องตลาดที่ได้มาตรฐาน พบว่า ก๊าซมีเทนให้ค่าความร้อนมากกว่าแก๊สแอลพีจี 15% ส่วนน้ำมันดีเซล และเบนซินที่ได้มีค่าซีเทนนับเบอ์สูงกว่าน้ำมันทั่วไปและไม่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซินได้หากพัฒนาสำเร็จ

จำนงค์ ถำรงค์มาศ และคณะ (2550) ศึกษาเรื่องการผลิตน้ำมันสังเคราะห์และก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก ได้ทำการทดลองเผาพลาสติกเมื่อใช้อุณหภูมิประมาณ 300 – 400 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณน้ำมันสังเคราะห์ที่ได้โดยประมาณ 1 ลิตรต่อพลาสติก 1 กิโลกรัม หรือประมาณ 84 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก น้ำมันสังเคราะห์นี้จัดได้เป็นสองส่วนคือ 1. ส่วนที่เป็นน้ำมันเบนซินอยู่ประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันสังเคราะห์ทั้งหมดและมี Hexane เป็นส่วนประกอบหลัก ไม่พบสารประกอบอะโรแมติก Benzene 2. ส่วนที่เป็นน้ำมันดีเซลมีมาตรฐานเดียวกับน้ำมันดีเซลทั่วไปในท้องตลาด มีความถ่วงจำเพาะ ความหนืด จุดวาบไฟต่ำกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไป สอดคล้องกับการวิเคราะห์เชิงเคมี น้ำมันสังเคราะห์นี้มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไป ส่วนค่าจำนวนซีเทนของน้ำมันดีเซลสังเคราะห์สูงกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไป น้ำมันดีเซลสังเคราะห์นี้จะมีสมบัติในการติดไฟดีกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไป น้ำมันสังเคราะห์ในส่วนที่เป็นดีเซลมีคุณภาพดีกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไปในท้องตลาดเพราะไม่มีส่วนประกอบของกำมะถันและเบนซิน และน้ำมันสังเคราะห์ในส่วนที่เป็นเบนซินมีความสามารถในการติดไฟลุกไหม้ได้ดีกว่าน้ำมันเบนซินในท้องตลาด กระบวนการเผาพลาสติกให้เป็นเชื้อเพลิงแบบ Pyrolysis นี้มีความคุ้มค่าในแง่เชิง

เศรษฐกิจ เนื่องจากมีค่าอัตราผลตอบแทนภายในสูงถึง 48.2% มีช่วงเวลาคืนทุน 1.8 ปีและยิ่งคุ้มค่ามากขึ้นเมื่อนำระบบนี้มาใช้เพื่อกำจัดขยะพลาสติก

จำนงค์ อารังค์มาศ (2552) ทดลองเผาเม็ดพลาสติก PP และ PE พบเงื่อนไขที่ดีที่สุดคือ อุณหภูมิที่หัวฉีดเฉลี่ย 200 องศาเซลเซียส ที่ตัวเตาเผาเฉลี่ย 550 องศาเซลเซียสและที่หอกกลับเฉลี่ย 550 องศาเซลเซียส ความดันในหอกกลับและในระบบควบแน่นเป็น 5 atm และ 3 atm ตามลำดับ ได้ผลผลิตคือ ก๊าซเชื้อเพลิง เฉลี่ยประมาณ 0.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ด้วยการเผาพลาสติก 10 กิโลกรัมต่อชั่วโมง นำไปทดลองเผาให้ลูกใหม่พบว่าจุดติดไฟได้ดีและให้ความร้อนสูงกว่าก๊าซหุงต้มที่มีในท้องตลาด น้ำมันสังเคราะห์ที่ได้เป็นน้ำมันเบนซินต่อดีเซลในอัตราส่วนเฉลี่ย 3/24 โดยน้ำหนัก หรือเป็นดีเซลประมาณ 8.89 กิโลกรัมต่อชั่วโมงและเป็นเบนซินประมาณ 1.11 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าความร้อนเท่ากับ 10,260 กิโลแคลอรี และ 10,520 กิโลแคลอรี ตามลำดับใกล้เคียงกับน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล สำหรับน้ำมันดีเซลมีความถ่วงจำเพาะและจุดวาบไฟต่ำกว่ามาตรฐาน แสดงว่ามีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าน้ำมันดีเซลในท้องตลาด ส่วนค่าซีเทนของน้ำมันดีเซลสังเคราะห์สูงกว่าน้ำมันดีเซลในท้องตลาด แสดงว่าลูกใหม่ติดไฟได้ดีกว่าน้ำมันดีเซลในท้องตลาด น้ำมันสังเคราะห์ที่เป็นเบนซินมีความสามารถในการติดไฟลูกใหม่ได้ดีกว่าน้ำมันเบนซินทั่วไปกระบวนการเผาพลาสติกให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงแบบไพโรไลซิส มีความคุ้มค่า เนื่องจากมีค่าอัตราผลตอบแทนภายในสูงถึง 36.64% มีช่วงเวลาคืนทุน 2.2 ปี

Yoon, Wang L. (1999) ศึกษาการผลิตร่วมในการสลายตัวด้วยความร้อนของพลาสติกชนิด polyethylene (PE), Polypropylene (PP), polystyrene (PS), Polyethylene terephthalate (PET) และ acrylonitrile – butadiene – styrene (ABS) กับน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว ด้วยการใช้สถิติการออกแบบการทดลองแบบ pentagonal ในระบบ microreactor (ความจุ 40 ml) การทดลองแสดงให้เห็นว่า ผลผลิตน้ำมันของกระบวนการสลายตัวด้วยความร้อนของพลาสติก เช่น PE, PP และ PS ภายใต้สภาวะ pyrolytic ที่เหมาะสมที่กระตุ้นด้วยการแตกตัวด้วยความร้อนของโพลิเมอร์ไปสู่น้ำมัน การควบแน่นของโพลิเมอร์ชนิด PET และ ABS ทั้งคู่ให้ผลผลิตน้ำมันค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับ common thermoplastics ที่กล่าวมาข้างต้น

Mani, M. และคณะ (2009) คุณสมบัติของน้ำมันที่ได้จากขยะพลาสติกนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมและพบว่ามีคุณสมบัติคล้ายกับดีเซล ในงานวิจัยปัจจุบัน น้ำมันจากขยะพลาสติกถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซล โดยไม่มีการดัดแปลงใดๆ งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาลักษณะการทำงาน การปล่อยและการเผาไหม้ในกระบอกสูบเดี่ยวสี่จังหวะในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ดีเซล ด้วยน้ำมันจากขยะพลาสติก จากผล

การทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการระบายความร้อนเบรกคล้ายกับดีเซลคาร์บอนไดออกไซด์ และ ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ถูกเผาไหม้ สูงกว่ามาตรฐานดีเซลเล็กน้อย การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ของน้ำมันจากขยะพลาสติกสูงกว่าดีเซล

Mani, M. และคณะ (2011) การนำน้ำมันที่ได้จากขยะพลาสติกมาวิเคราะห์ พบว่ามีคุณสมบัติคล้ายดีเซล น้ำมันจากพลาสติกถูกนำมาทดสอบเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ศึกษาลักษณะการทำงานและเปรียบเทียบกับดีเซล เป็นที่สังเกตว่าเครื่องยนต์สามารถทำงานด้วยน้ำมันจากขยะพลาสติก 100% การปลดปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ในเครื่องยนต์ดีเซลสูงโดยประมาณ 25% และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่เพิ่มขึ้น 5% สำหรับการทำงานของน้ำมันจากขยะพลาสติก เมื่อเทียบกับการทำงานกับน้ำมันดีเซล ไฮโดรคาร์บอนสูงโดยประมาณ 15% คว้นเพิ่มขึ้น 40% ที่เต็มกำลังการผลิต ด้วยน้ำมันขยะพลาสติกเมื่อเทียบกับดีเซลเครื่องยนต์ที่มีเชื้อเพลิงน้ำมันจากขยะพลาสติกแสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงถึง 80% ที่เต็มกำลังการผลิตและไอเสีย สูงกว่าที่กำลังการผลิตทั้งหมด เมื่อเทียบกับการทำงานของน้ำมันดีเซล

2.21.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการกำจัดซัลเฟอร์ในน้ำมันเชื้อเพลิง

กฤษณ์ พลรัตน์ (2547) ศึกษาเรื่องการขจัดกำมะถันจากมิดเดิลดีเซลทีลเลตโดยการดูดซับบนโพแทสเซียมไอโอไดด์/ถ่านกัมมันต์ ทำการทดลองในเครื่องปฏิกรณ์ชนิดท่อไหลต่อเนื่อง ปริมาตร 75 ลบ.ซม. อัตราการไหล 1.0 ลบ.ซม. ต่อนาที ปริมาณตัวดูดซับ 44 กรัม ภายใต้ความดันบรรยากาศ ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยนี้คือ ที่ปริมาณโพแทสเซียมไอโอไดด์ 2 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 310 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณกำมะถันลงได้ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารประกอบกำมะถันที่ดูดซับได้ที่จุดทะลุผ่านคือ 5.08 มิลลิกรัม/กรัม ที่จุดอิ่มตัว คือ 0.515 มิลลิกรัม/กรัม และความสามารถในการดูดซับเท่ากับ 13.02 มิลลิกรัม/กรัม แบบจำลองสมดุลการดูดซับ สอดคล้องกับของแลงเมียร์ เนื่องจากพบว่าลักษณะการดูดซับเป็นแบบพันธะเคมี

นางพงศ์ จีรวรากุล และคณะ (2550) ศึกษาการกำจัดซัลเฟอร์ในน้ำมันเชื้อเพลิง โดยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ โดยใช้ตัวดูดซับ 2 ชนิด คือถ่านกัมมันต์เชิงพาณิชย์และถ่านกัมมันต์ที่มีการเติมโลหะ และใช้สารละลาย 3-เมทิลไทโอพีนในไอโซออกเทนเป็นตัวแทนของกำมะถัน ในน้ำมันเชื้อเพลิง ศึกษาความเข้มข้นของกำมะถันในไอโซออกเทน (100 – 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร) อัตราการไหลของสารผ่านตัวดูดซับ (0.25 – 6.9 มิลลิลิตรต่อนาที) ชนิดของโลหะที่เติมลงบนถ่านกัมมันต์ (ทองแดงและสังกะสี) พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับกำมะถันของถ่านกัมมันต์และ

เวลาของการฟื้นฟูสภาพจะแปรผกผันกับความเข้มข้นและการไหลของสารในหลอดดูด เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของถ่านกัมมันต์เชิงพาณิชย์กับถ่านกัมมันต์ที่เติมโลหะทองแดงสังกะสีด้วยวิธีการกระตุ้นทางเคมี พบว่าการเติมโลหะทองแดงและสังกะสีไม่ได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับกัมมะถันของถ่านกัมมันต์ แต่ถ่านกัมมันต์ที่มีทองแดงซึ่งเตรียมโดยวิธี Chemical vapor deposition จะสามารถดูดซับกัมมะถันได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์เชิงพาณิชย์

ศักดิ์นันท์ นันตัง (2549) งานวิจัยนี้ศึกษาการขจัดกัมมะถันอินทรีย์ที่มีโครงสร้างแอโรแมติก โดยการดูดซับด้วยซีโอไลต์ ชนิดฟูจาไซด์ ได้แก่ NaY และ HUSY ที่ผ่านการแลกเปลี่ยนไอออนด้วยสารละลายโลหะชนิดต่างๆ ได้แก่ Cu, Ni, Zn และ La การดูดซับทำที่อุณหภูมิห้องและความดันบรรยากาศ โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจำลองซึ่งเป็นสารละลายของกัมมะถันอินทรีย์ ได้แก่ ไทโอฟิน เบนโซไทโอฟิน ไดเบนโซไทโอฟิน โดยซีโอไลต์ที่สามารถขจัด ไทโอฟิน เบนโซไทโอฟิน และไดเบนโซไทโอฟินได้ดี คือ LaNaY LaHUSY และ CuNaY ตามลำดับ พบว่าซีโอไลต์ LaHUSY ให้ผลการเลือกดูดซับเบนโซไทโอฟิน และไดเบนโซไทโอฟินดีที่สุด พบว่าที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำมันดีเซลต่อตัวดูดซับเป็น 10:2.5 สามารถขจัดกัมมะถันอินทรีย์ในน้ำมันดีเซลจาก 229 ppm ให้เหลือเพียง 42 ppm โดยกัมมะถันอินทรีย์ชนิด 4-เมทิลไดเบนโซไทโอฟิน (4-MDBT) จะถูกดูดซับไว้ได้มากที่สุด

ชัชวาลักษณ์ และ คณะ (2553) ศึกษาการลดสารประกอบกัมมะถันในน้ำมันจำลอง โดย กระบวนการดีซัลเฟอไรเซชันด้วยแสงเร่งปฏิกิริยาด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีรูพรุน พบว่าเมื่อใช้กรดฟอสโฟทังสติกมากขึ้น ทำให้ความเป็นรูพรุนและปริมาณวัฏภาคอนาเทส ของไททาเนียมไดออกไซด์ลดลง พบว่าไทโอฟิน และเบนโซไทโอฟินสามารถถูกดูดซับโดยไททาเนียมที่มีรูพรุน แต่ไม่ดูดซับไอเบนโวลไทโอฟิน เนื่องจากมีโมเลกุลใหญ่ และการใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ปริมาณ 0.5 กรัมและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักที่เวลา 5 ชั่วโมงสามารถลดสารประกอบกัมมะถันได้มากที่สุด 40%

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

3.1.1 วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างในภาคสนาม

- 1) น้ำมันจากขยะพลาสติกที่โรงงานแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันเทศบาลนครระยอง จำนวน 1 ตัวอย่าง
- 2) ขวดพลาสติกพร้อมฝาปิด สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำมัน
- 3) ภาชนะหรือถุงอเนกประสงค์ สำหรับใส่ขวดตัวอย่างน้ำมัน

3.1.2 วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

- 1) บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 25, 50, 100, 250 และ 500 มิลลิลิตร
- 2) ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 10, 50 และ 100 มิลลิลิตร
- 3) ขวดรูปชมพู่ (flask) ขนาด 100 และ 250 มิลลิลิตร
- 4) กระจกตวงวัดปริมาตรขนาด 50, 250 และ 1,000 มิลลิลิตร
- 5) ปิเปตต์ (pipette) ขนาด 5, 10 และ 50 มิลลิลิตร
- 6) Auto pipette
- 7) บิวเรต (burette) ขนาด 25 มิลลิลิตร
- 8) หลอดเหวี่ยงตัวอย่าง (centrifuge tube)
- 9) ถ้วยแก้วระเหย ขนาด 45 มิลลิลิตร
- 10) หลอดทดลอง
- 11) ครุชีเบล (crucible)
- 12) กรวยกรองแบบแก้ว
- 13) แท่งแก้วคน
- 14) หลอดหยด (dropper)
- 15) ขวดรีเอเจนท์สี่ขาปากแคบ ขนาด 1,000 มิลลิลิตร
- 16) ซ้อนตักสาร
- 17) แท่งแม่เหล็ก (magnetic bar)
- 18) กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร

- 19) ขาดั้ง
- 20) ลูกยาง
- 21) กระดาษทรายละเอียด
- 22) แผ่นทองแดง
- 23) ปากคีบ
- 24) พาราฟิล์ม
- 25) ถ่านไม้และถ่านกัมมันต์
- 26) ขวดบีบน้ำกลั่น

3.1.3 สารเคมี

- 1) กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid, H_2SO_4)
- 2) เมทิลเรด (Methyl red, $C_{15}H_{15}N_3O_2$)
- 3) โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate, Na_2CO_3)
- 4) โทลูอีน (Toluene, C_7H_8)
- 5) ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein, $C_{20}H_{14}O_4$)
- 6) ไอโซโพรพานอล (Iso – Propanol, C_3H_8O)
- 7) เอทานอล (Ethanol, C_2H_5OH)
- 8) สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4
- 9) สารละลายบัฟเฟอร์ pH 7
- 10) สารละลายบัฟเฟอร์ pH 10

3.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

- 1) เครื่องบอมบ์ แคลอรีมิเตอร์ (Bomb Calorimeter)
- 2) เครื่องระเหยแบบหมุน (Rotary evaporator)
- 3) เครื่องวัดความหนืด (Viscometer)
- 4) เครื่องวิเคราะห์จุดวาบไฟ (Pensky – Martens Flash Point Tester)
- 5) เตาให้ความร้อน (Hot plate)
- 6) เครื่องเหวี่ยง (Centrifuge)
- 7) เครื่องกวนแม่เหล็ก (magnetic stirrer)
- 8) เตาอบ (Oven)
- 9) เครื่องชั่งสาร

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างก่อนการทดลอง

1) เก็บตัวอย่างน้ำมันจากกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน โดยนำเฉพาะน้ำมันส่วนที่ผ่านการแยกองค์ประกอบเป็นดีเซลแล้วมาทำการทดลอง

2) การเตรียมตัวอย่างก่อนการทดลอง โดยการกรองน้ำมันด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 mm โดยกรอง 2 ครั้ง เพื่อกรองสารแขวนลอยต่างๆ ออกจากน้ำมัน ก่อนนำไปทำการทดลองต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และ 3.2



รูปที่ 3.1 น้ำมันตัวอย่าง



รูปที่ 3.2 น้ำมันที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42
เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร

3.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันจากขยะพลาสติก

นำตัวอย่างน้ำมันที่เตรียมไว้มาวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันในพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งพารามิเตอร์ที่ใช้ทดสอบยึดตามมาตรฐานการกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลชุมชนของกรมธุรกิจพลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่ศึกษาวิจัยตามข้อกำหนดไบโอดีเซลชุมชน

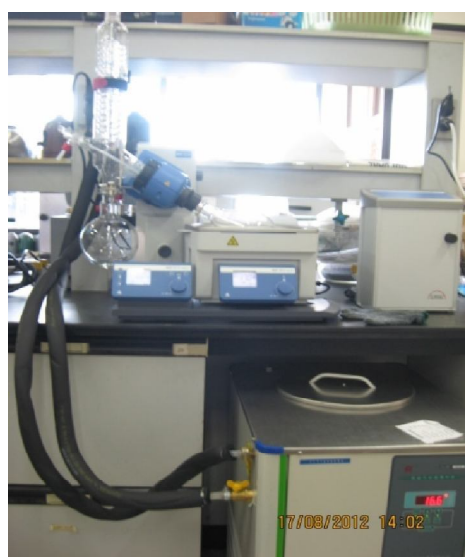
พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีวิเคราะห์
ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (Density at 15 °C)	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m ³)	ASTM D 4952-11
ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (Viscosity at 40 °C)	เซลตีสโตกส์ (cSt)	ASTM D 445-12
จุดวาบไฟ (Flash Point)	อากาศเซลเซียส (°C)	ASTM D 93-11
กำมะถัน (Sulphur)	ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt)	ASTM D129-11
จำนวนซีเทน (Cetane Number)	-	ASTM D 976
เถ้าซัลเฟต (Sulphated Ash)	ร้อยละโดยน้ำหนัก (%wt)	ASTM D 874-07
น้ำและตะกอน (Water and Sediment)	ร้อยละโดยน้ำหนัก (% vol)	ASTM D 2709-96
การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)	-	ASTM D130-10
ค่าความเป็นกรด (Acid Number)	มิลลิกรัมโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม (mgKOH/g)	ASTM D 664-11a
สี (Colour)		ตรวจพินิจด้วยสายตา

3.2.3 วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันจากขยะพลาสติก

จากการวิเคราะห์คุณภาพเบื้องต้นของน้ำมันแล้ว พบว่า มีค่าความหนาแน่น จุดวาบไฟ และปริมาณกำมะถัน ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ที่กรมธุรกิจพลังงานกำหนดไว้ ดังนั้นจึงทดลองหาวิธีปรับปรุงคุณภาพ ดังนี้

1) วิธีการปรับปรุงสมบัติ ความหนาแน่น และจุดวาบไฟ ด้วยการระเหย

- ทำการแยกองค์ประกอบของน้ำมันเบาออก โดยทำการระเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (Rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส (ศักดิ์พิเชษฐ์ พิพัฒน์กุล และคณะ, 2551) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อแยกเอาน้ำมันส่วนเบาออก ดังแสดงในรูปที่ 3.3

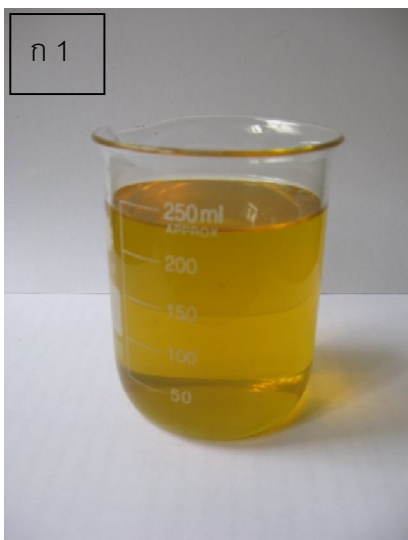


รูปที่ 3.3 การระเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน

2) วิธีการกำจัดกำมะถันในน้ำมันด้วยการดูดซับ

โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ ชุดที่ 1 ใช้ถ่านไม้ ชุดที่ 2 ใช้ถ่านกัมมันต์ เป็นตัวดูดซับ ตามวิธีดังนี้

- อบถ่านไม้ และถ่านกัมมันต์ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง
- ทดสอบการดูดซับโดยการนำถ่านไม้ และถ่านกัมมันต์ ที่เตรียมไว้มาผสมในน้ำมัน ที่อัตราส่วนของน้ำมันต่อตัวดูดซับเป็น 10 : 3 โดยน้ำหนัก โดยทำการดูดซับที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำมันมากรองผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 42 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร เพื่อกรองสารแขวนลอยต่าง ๆ ออกจากน้ำมัน แล้วจึงนำน้ำมันไปทำการวิเคราะห์ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และ 3.5



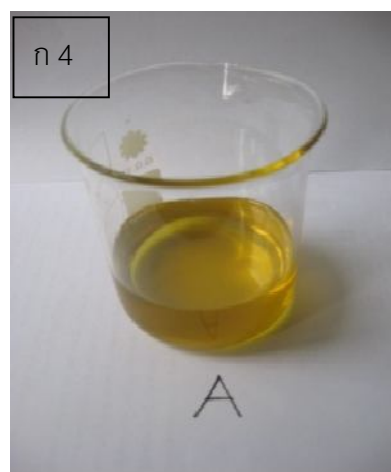
น้ำมันก่อนดูดซับกำมะถันด้วยถ่านไม้



ถ่านไม้

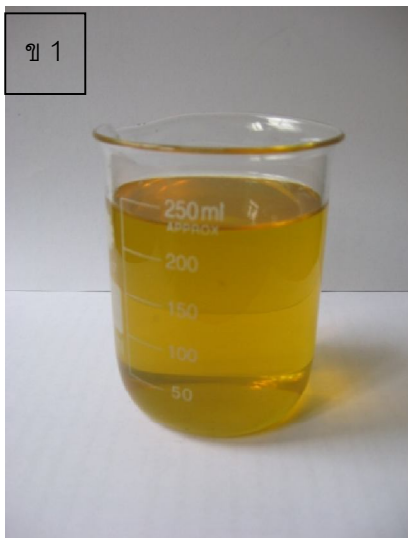


ขณะดูดซับกำมะถันด้วยถ่านไม้



น้ำมันหลังดูดซับกำมะถันด้วยถ่านไม้
และกรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 42

รูปที่ 3.4 น้ำมันก่อนการดูดซับกำมะถันด้วยถ่านไม้ (ก1) ถ่านไม้ (ก 2) ขณะดูดซับกำมะถันด้วยถ่านไม้ (ก 3) หลังการดูดซับกำมะถันด้วยถ่านไม้และกรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 42 เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 mm (ก 4)



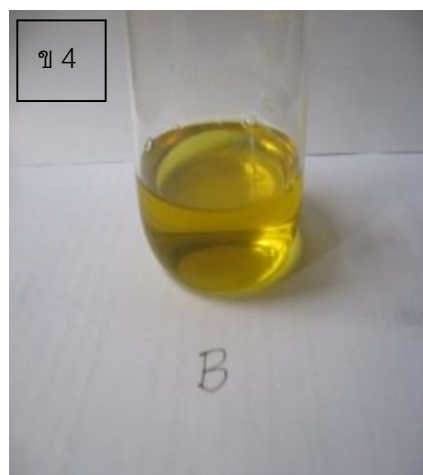
น้ำมันก่อนดูดซับกำมะถันด้วยถ่านกัมมันต์



ถ่านกัมมันต์



ขณะดูดซับกำมะถันด้วยถ่านกัมมันต์



น้ำมันหลังดูดซับกำมะถันด้วยถ่านไม้
และกรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 42

รูปที่ 3.5 น้ำมันก่อนการดูดซับกำมะถันด้วยถ่านกัมมันต์ (ข1) ถ่านกัมมันต์ (ข 2) ขณะดูดซับ
ถ่านกัมมันต์ (ข 3) หลังการดูดซับกำมะถันด้วยถ่านกัมมันต์และกรองด้วยกระดาษ
กรอง เบอร์ 42 เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 mm (ก 4)

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการศึกษา

- 1) วิเคราะห์ผลจากการทดลองและวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ของน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติก ซึ่งผ่านการปรับปรุงคุณภาพ ว่าสามารถใช้ประโยชน์ในรูปแบบใดได้บ้าง เพื่อให้เกิดความเหมาะสม
- 2) วิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ในด้านมูลค่าราคาน้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกโดยนำมาเปรียบเทียบกับราคาไบโอดีเซลชุมชนและน้ำมันดีเซลที่ใช้อยู่ในประเทศไทย

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติก

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพ

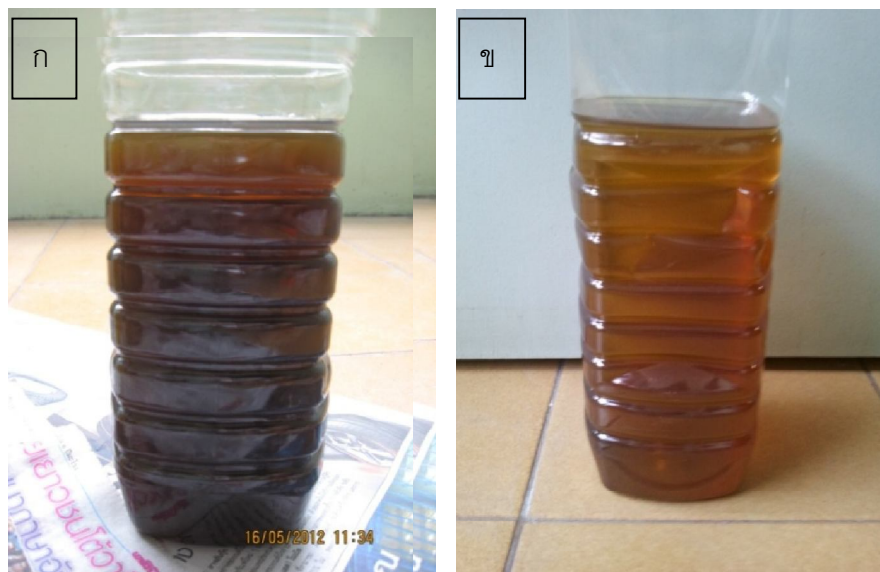
ผลิตภัณฑ์น้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน มีลักษณะเป็นของเหลว มีสีค่อนข้างดำ และมีตะกอนเล็กน้อย มีกลิ่นคล้ายกลิ่นพลาสติกดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 น้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติก

4.1.2 การปรับปรุงลักษณะและคุณภาพขั้นต้นของน้ำมันเพื่อนำไปทดสอบตามข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพไบโอดีเซลชุมชน

เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติกที่นำมาทดสอบนั้นมีลักษณะเป็นสีดำและมีตะกอน ซึ่งคาดว่าเป็นสารแขวนลอยต่างๆ และอนุภาคคาร์บอนที่ปนอยู่ในน้ำมัน จึงทำการกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร เพื่อกรองสารแขวนลอยต่างๆ และอนุภาคคาร์บอนที่ปนอยู่ในน้ำมันออก โดยพบว่าสีของน้ำมันจากสีดำและมีตะกอนหลังจากผ่านการกรองแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.2 สีของน้ำมันเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเจดส้ม และไม่มีตะกอนปนอยู่ในน้ำมัน



รูปที่ 4.2 ลักษณะน้ำมันก่อนการกรอง (ก) และหลังการกรอง (ข)

4.1.3 ผลการทดสอบลักษณะและคุณภาพน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติก

ผลิตภัณฑ์น้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติกที่ผ่านการกรอง เพื่อกรองเอาสารแขวนลอยต่างๆ ที่ปนอยู่ในน้ำมันออกก่อนนำมาทดสอบ เมื่อนำน้ำมันที่ผ่านการปรับปรุงขั้นต้นดังกล่าวแล้วมาทดสอบสมบัติของน้ำมันที่ได้จากขยะพลาสติก โดยการนำมามาตรฐานตามข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลชุมชน ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน มาใช้เป็นตัวเปรียบเทียบโดยพิจารณาตามลำดับดังนี้

ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส: จากมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนที่กำหนดให้ค่าต้องไม่ต่ำกว่า 860 และไม่สูงกว่า 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติกพบว่า ค่าความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เท่ากับ 812.9 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนแล้วพบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน จึงควรทำการปรับปรุงค่าความหนาแน่น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่นำมาทดสอบนั้น มีน้ำมันส่วนที่เบากว่าดีเซลปะปนอยู่ ซึ่งองค์ประกอบน้ำมันส่วนที่เบาว่าส่วนใหญ่เป็นน้ำมันเบนซิน และน้ำมันก๊าด มีองค์ประกอบของคาร์บอนที่มีจำนวนอะตอมน้อยกว่าดีเซล และขนาดโมเลกุลที่เล็กกว่า ส่งผลให้มีความหนาแน่นน้อย ระวังง่าย จุดติดไฟได้ที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นจึงควรแยกน้ำมันส่วนเบาที่ปะปนอยู่ออกไป โดยทั่วไปค่าความหนาแน่นบอกถึงปริมาณพลังงาน กล่าวคือ ความหนาแน่นมากจะทำให้น้ำมันมีพลังงานความร้อนต่อปริมาตรมาก แต่ถ้าค่าความหนาแน่นที่สูงมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดควันดำเมื่อเกิดการเผาไหม้ นอกจากนี้ยังเป็นตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบระบบหัวฉีดจ่ายน้ำมันอีกด้วย

ตารางที่ 4.1 ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติกกับข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลชุมชน (พ.ศ. 2549) ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

รายการ	ข้อกำหนด	ไบโอดีเซลชุมชน อัตราสูงต่ำ	น้ำมัน จากขยะ พลาสติก
1	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Density at 15 °C, kg/m ³)	ไม่ต่ำกว่า 860 และ ไม่สูงกว่า 900	812.9*
2	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เซลทีสโตกส์ (Viscosity at 40 °C, cSt)	ไม่ต่ำกว่า 1.9 ไม่สูงกว่า 8.0	3.628
3	จุดวาบไฟ องศาเซลเซียส (Flash Point, °C)	ไม่ต่ำกว่า 120	98.5*
4	กำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur, %wt)	ไม่สูงกว่า 0.0015	0.08*
5	จำนวนซีเทน (Cetane number)	ไม่ต่ำกว่า 47	66
6	เถ้าซัลเฟต ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphated ash,%wt)	ไม่สูงกว่า 0.02	< 0.005
7	น้ำและตะกอน ร้อยละโดยปริมาตร (Water and Sediment, % vol)	ไม่สูงกว่า 0.2	< 0.05
8	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper strip corrosion)	ไม่สูงกว่า หมายเลข3	1a
9	ค่าความเป็นกรด มิลลิกรัมโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม (Acid number, mgKOH/g)	ไม่สูงกว่า 0.8	0.16
10	กลีเซอรินอิสระ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Free glycerin,%wt)	ไม่สูงกว่า 0.02	0
11	กลีเซอรินทั้งหมด ร้อยละโดยน้ำหนัก (Total glycerin, %wt)	ไม่สูงกว่า 1.5	0
12	สี (Colour)	ม่วง ^{2/}	เหลือง
13	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ให้เป็นตามได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรม ธุรกิจพลังงาน	-

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ * หมายถึงค่าไม่ผ่านเกณฑ์
ค่าความร้อน เท่ากับ 46.024 MJ/kg

ค่าความร้อน : จากการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติก พบว่า ค่าความร้อน เท่ากับ 46.024 MJ/kg ซึ่งค่าความร้อน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ เชื้อเพลิง โดยเชื้อเพลิงนั้นควรมีค่าความร้อนสูง

ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส : จากมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชน กำหนดว่าต้องไม่ต่ำกว่า 1.9 และไม่สูงกว่า 8.0 เซลตี้สโตกส์ ซึ่งจากผลการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติกพบว่าค่าความหนืด เท่ากับ 3.628 เซลตี้สโตกส์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนแล้วพบว่าผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดจึงไม่ต้องทำการปรับปรุงค่าความหนืด ทั้งนี้ค่าความหนืด มีผลต่อการฉีดเป็นฝอยของน้ำมันจากหัวฉีดในห้องเผาไหม้ ถ้า น้ำมันมีความหนืดมากจะทำให้การฉีดเป็นฝอยของน้ำมันทำได้ไม่ดีเนื่องจากละอองน้ำมันจะมีขนาดใหญ่ น้ำมันรวมตัวกับอากาศไม่ดี จึงเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง ดังนั้นการฉีดเป็นฝอยของน้ำมันต้องมีขนาดเล็กคือมีความหนืดน้อย จึงจะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ แต่ถ้าความหนืดน้อยเกินไปทำให้การฉีดเป็นฝอยของน้ำมันเป็นละอองละเอียดเกินไป ทำให้การเผาไหม้เกิดได้ไม่ดีเช่นกัน

จุดวาบไฟ : จากมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนกำหนดไว้ว่าต้องไม่ต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติกพบว่า ค่าจุดวาบไฟ เท่ากับ 98.5 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนแล้วพบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่นำมาทดสอบนั้นมีน้ำมันส่วนที่เบากว่าดีเซลปนอยู่ ซึ่งองค์ประกอบน้ำมันส่วนที่เบาว่า ส่วนใหญ่เป็นน้ำมันเบนซิน และน้ำมันก๊าด ซึ่งน้ำมันส่วนที่เบากว่าดีเซลนั้นประกอบของคาร์บอนที่มีจำนวนอะตอมน้อยกว่าดีเซล จึงมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า ทำให้มีความหนาแน่นน้อย จึงเบา ระเหยง่ายจุดติดไฟได้เร็วที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้ค่าจุดวาบไฟนั้นมีค่าต่ำ ดังนั้นจึงควรปรับปรุงโดยนำน้ำมันส่วนเบาที่ปนอยู่ออก จะทำให้เพิ่มค่าจุดวาบไฟได้ โดยจุดวาบไฟจะมีผลต่อการจุดสตาร์ท บอกรถึงความสามารถในการติดเครื่องยนต์ และมีผลต่อการขนส่ง เคลื่อนย้ายและการจัดเก็บน้ำมัน

กำมะถัน : จากมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนกำหนดไว้ว่าต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 0.0015 โดยน้ำหนัก ซึ่งจากผลการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติกพบว่า ค่ากำมะถันเท่ากับ ร้อยละ 0.08 โดยน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนแล้วพบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนด โดยค่าสูงกว่ามาตรฐาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำมันจากขยะพลาสติกมีการปนเปื้อนของสารที่มีองค์ประกอบกำมะถันอยู่ เช่น กำมะถันในสารอินทรีย์ ประเภทเศษอาหาร หรือ

มุลส์ตีว โดยสารประกอบกำมะถันจากการเผาไหม้เมื่อรวมกับน้ำ จะได้เป็นสารละลายที่เป็นมีฤทธิ์เป็นกรด ทำให้เกิดการกัดกร่อนส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ได้ นอกจากนี้เมื่อเผาไหม้จะเปลี่ยนเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปล่อยออกทางท่อไอเสียส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก่อให้เกิดฝนกรดได้

จำนวนซีเทน : จากมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนกำหนดไว้ว่าต้องไม่ต่ำกว่า 47 ซึ่งจากการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติกพบว่า จำนวนซีเทน เท่ากับ 66 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนแล้วพบว่าผ่านเกณฑ์ข้อกำหนด จึงไม่ต้องทำการปรับปรุงค่าจำนวนซีเทน โดยค่าจำนวนซีเทน บอกรถึงความสามารถในการจุดติดของเครื่องยนต์ ความเร็วในการจุดระเบิด ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการเผาไหม้ ควรให้มีค่าสูงซึ่งจะส่งผลทำให้ติดเครื่องยนต์ง่ายไม่เกิดการน็อกของเครื่องยนต์

ค่าซัลเฟต : จากมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนกำหนดไว้ว่าต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 0.02 โดยน้ำหนัก ซึ่งจากการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติกพบว่าปริมาณค่าซัลเฟตพบน้อยกว่าร้อยละ 0.005 โดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนแล้วพบว่าผ่านเกณฑ์ข้อกำหนด โดยพบว่ามีค่าต่ำกว่า ร้อยละ 0.02 โดยน้ำหนัก จึงไม่ต้องทำการปรับปรุงค่าซัลเฟต โดยปริมาณค่าซัลเฟตเป็นการบอกรถึงปริมาณสารปนเปื้อนหรือโลหะตกค้างในน้ำมัน ซึ่งมีผลต่อการอุดตันในเครื่องยนต์

น้ำและตะกอน : จากมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนกำหนดไว้ว่าต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 0.2 โดยปริมาตร ซึ่งจากการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติกพบว่าปริมาณน้ำและตะกอนมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 0.05 โดยปริมาตรดังตารางที่ 4.1 จึงไม่ต้องทำการปรับปรุงปริมาณน้ำและตะกอน แสดงว่าน้ำมันจากขยะพลาสติกมีปริมาณน้ำและตะกอนน้อย โดยปริมาณน้ำถ้ามีปริมาณมากจะทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่ดีทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ไม่ดี และทำให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพเร็ว ส่วนตะกอนจะส่งผลให้ตัวกรองน้ำมันเกิดการอุดตันและหัวฉีดเชื้อเพลิง ในเครื่องยนต์เสียหายได้

การกัดกร่อนแผ่นทองแดง : จากมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนกำหนดว่าค่าต้องไม่สูงกว่าหมายเลข 3 ซึ่งจากการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติกพบว่าค่าการกัดกร่อนแผ่นทองแดง เท่ากับ หมายเลข 1a ดังตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนแล้วพบว่าผ่านเกณฑ์ข้อกำหนด จึงไม่ต้องทำการปรับปรุงค่าการกัดกร่อนแผ่นทองแดง แสดงว่าน้ำมันจากขยะพลาสติกไม่ส่งผลต่อการกัดกร่อน ซึ่งค่าการกัดกร่อนแผ่นทองแดง บ่งบอกรถึงการกัดกร่อนของน้ำมันต่อโลหะที่ใช้เป็นส่วนชิ้นในเครื่องยนต์ดีเซล

ค่าความเป็นกรด : จากมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนกำหนดว่าค่าต้องไม่สูงกว่า 0.8 มิลลิกรัมไบแตสเทียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม ซึ่งจากการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติกพบว่าค่าความเป็น

กรด เท่ากับ 0.16 มิลลิกรัมไปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม ดังตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนแล้วพบว่าผ่านเกณฑ์ข้อกำหนด จึงไม่ต้องปรับปรุงค่าความเป็นกรด แสดงว่าน้ำมันจากขยะพลาสติกมีความเป็นกรดน้อย ซึ่งค่าความเป็นกรดส่งผลต่อการกัดกร่อนเครื่องยนต์ โดยทำให้อายุการใช้งานของไส้กรองน้ำมันและปั๊มลดลง

กลีเซอรินอิสระ : จากมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนกำหนดว่าต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 0.02 โดยน้ำหนัก ซึ่งค่ากลีเซอรินอิสระแสดงถึงปริมาณโมเลกุลกลีเซอรินในไบโอดีเซล ซึ่งน้ำมันจากขยะพลาสติกเป็นน้ำมันที่แปรรูปจากพลาสติก ไม่ได้เป็นการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชและสัตว์จึงไม่ต้องทดสอบปริมาณกลีเซอรินอิสระ หรือกล่าวได้ว่ามีปริมาณกลีเซอรินอิสระเท่ากับ 0

กลีเซอรินทั้งหมด: จากมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนกำหนดว่าต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งกลีเซอรินทั้งหมดเป็นการแสดงถึงปริมาณกลีเซอรินอิสระรวมกับกลีเซอรินในไตรกลีเซอไรด์ โดยที่ปริมาณกลีเซอรินทำให้มีคาร์บอนตกค้างในห้องเครื่อง ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์ ซึ่งน้ำมันจากขยะพลาสติกเป็นน้ำมันที่แปรรูปจากพลาสติก ไม่ได้เป็นการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชและสัตว์จึงไม่ต้องทดสอบปริมาณกลีเซอริน หรือกล่าวได้ว่ามีปริมาณกลีเซอรินทั้งหมดเท่ากับ 0

สี : น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่นำมาทดสอบนี้มีขั้นตอนการผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองก่อนนำมาทดสอบ ซึ่งสีของน้ำมันจะมีสีเหลืองแฉดส้ม ซึ่งสีนั้นในทางการค้าเป็นสิ่งที่เติมลงไปให้เกิดสี เพื่อแยกชนิดของน้ำมัน ดังนั้นน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกก็มีสีเช่นเดียวกับสีดีเซล จึงไม่จำเป็นต้องเติมสีลงไปเพื่อแบ่งแยกชนิดน้ำมัน

สารเติมแต่ง : สารเติมแต่งเป็นสารที่เติมเพิ่มไปในน้ำมันเพื่อปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งน้ำมันจากขยะพลาสติกนี้ไม่มีการเติมสารเติมแต่งลงไปจึงไม่ต้องทำการทดสอบสารเติมแต่ง โดยสารเติมแต่งนั้นเป็นไปไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน

จากผลการเปรียบเทียบลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกกับไบโอดีเซลชุมชน พบว่า ค่าที่ไม่ผ่านข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลชุมชนตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน มีจำนวน 3 ค่า คือ ค่าความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ค่าจุดวาบไฟ และปริมาณกำมะถัน

4.2 ผลการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติก

เนื่องจากเมื่อนำน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกมาทดสอบลักษณะและคุณภาพของน้ำมันเปรียบเทียบกับข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลชุมชน พบว่า ค่าที่ไม่ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนด คือ ค่าจุดวาบไฟ ค่าความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และปริมาณ

กัมมะถัน ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกนี้ให้ค่าดังกล่าวผ่านเกณฑ์ข้อกำหนด โดยวิธีดังต่อไปนี้

4.2.1 การปรับปรุงสมบัติ ค่าจุดวาบไฟและความหนาแน่นด้วยการระเหย

จุดวาบไฟ จากมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนกำหนดไว้ว่าต้องไม่ต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติกพบว่า ค่าจุดวาบไฟ เท่ากับ 98.5 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนแล้วพบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่นำมาทดสอบนั้นมีน้ำมันส่วนที่เบากว่าดีเซลปนอยู่ ซึ่งองค์ประกอบน้ำมันส่วนที่เบาส่วนใหญ่เป็นน้ำมันเบนซิน และน้ำมันก๊าด ซึ่งน้ำมันส่วนที่เบาที่ดีเซลนั้นพบองค์ประกอบของคาร์บอนที่มีจำนวนอะตอมคาร์บอนน้อยกว่าดีเซล จึงมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า ทำให้มีความหนาแน่นน้อยจึงเบา ระเหยง่ายจุดติดไฟได้เร็วที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้ค่าจุดวาบไฟนั้นมีค่าต่ำ ดังนั้นจึงควรปรับปรุงโดยนำน้ำมันส่วนเบาที่ปนอยู่ ออก

ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส จากมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชน กำหนดว่าค่าต้องไม่ต่ำกว่า 860 และไม่สูงกว่า 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติกพบว่า ค่าความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เท่ากับ 812.9 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนแล้วพบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด โดยค่าต่ำกว่ามาตรฐาน จึงควรทำการปรับปรุงค่าความหนาแน่น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่นำมาทดสอบนั้น มีน้ำมันส่วนที่เบากว่าดีเซลปนอยู่ ซึ่งองค์ประกอบน้ำมันส่วนที่เบาส่วนใหญ่เป็นน้ำมันเบนซิน และน้ำมันก๊าด ซึ่งน้ำมันส่วนที่เบาที่ดีเซลนั้นพบองค์ประกอบของคาร์บอนที่มีจำนวนอะตอมน้อยกว่าดีเซล จึงมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า ทำให้มีความหนาแน่นน้อยจึงเบา ระเหยง่ายจุดติดไฟได้เร็ว ดังนั้นจึงควรนำน้ำมันส่วนเบาที่ปนอยู่ ออก

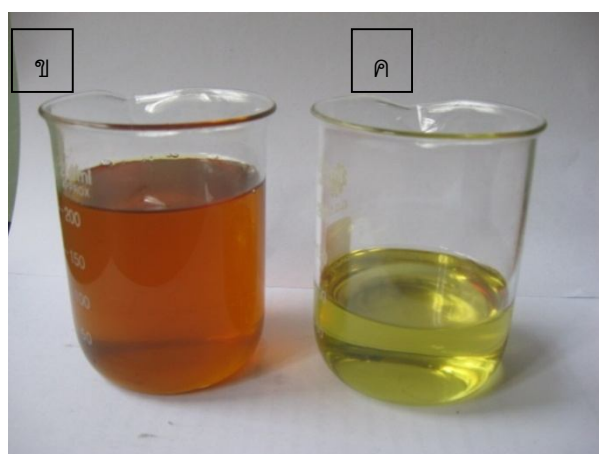
วิธีการนำน้ำมันส่วนที่เบาออก ซึ่งมีวิธีที่นิยมใช้ คือ การกลั่นระเหย เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อน โดยทำการระเหยน้ำมันด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (Rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นช่วงอุณหภูมิที่น้ำมันส่วนเบาที่ดีเซลจะสามารถระเหยออกได้ และเป็นอุณหภูมิที่ไม่สูงมากจนเกินไป

จากการระเหยน้ำมันที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง สามารถแยกน้ำมันออกได้เป็น 2 ส่วน ดังรูปที่ 4.3 คือส่วนที่ 1 เป็นน้ำมันส่วนที่เบาที่ดีเซล อาทิ เบนซินและน้ำมันก๊าด โดยสามารถแยกออกมาได้ร้อยละ 20 โดยปริมาตร ส่วนที่ 2 เป็นน้ำมัน

ดีเซล ร้อยละ 80 โดยปริมาตร ซึ่งในส่วนของน้ำมันเบาจะเป็นของเหลวใสมีสีเหลือง ส่วนน้ำมันดีเซลที่เหลืออยู่จะมีสีเข้มขึ้นและค่อนข้างข้นหนืดกว่าเดิม



ลักษณะน้ำมันก่อนการระเหย



หลังระเหยได้ดีเซล 80% เบนซินและน้ำมันก๊าด 20%

รูปที่ 4.3 น้ำมันก่อนการระเหย (ก) ดีเซลหลังการระเหย (ข) เบนซินและน้ำมันก๊าดหลังระเหย (ค)

เมื่อนำส่วนที่เป็นดีเซลมาทดสอบค่าจุดวาบไฟ และความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าจุดวาบไฟเพิ่มขึ้นจาก 98.5 องศาเซลเซียส เป็น 140 องศาเซลเซียส ซึ่งผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพไบโอดีเซลชุมชนที่กำหนดไว้ว่าไม่ต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส แต่สำหรับค่าความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นจาก 812.9 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็น 818.4 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.2 แต่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ว่าไม่ต่ำกว่า 860 และไม่สูงกว่า 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบจุดวาบไฟและความหนาแน่นก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติก เปรียบเทียบกับข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลชุมชน

รายการทดสอบ	ไบโอดีเซลชุมชนอัตราสูงต่ำ	ผลการทดสอบก่อนปรับปรุง	ผลการทดสอบหลังการปรับปรุง	ผลต่าง	ผ่าน/ไม่ผ่านเกณฑ์	
จุดวาบไฟ (Flash Point), (°C)	ไม่ต่ำกว่า	120	98.5	140	41.5	ผ่าน
ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (Density at 15 °C), (kg/m ³)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	860	812.9	818.4	5.5	ไม่ผ่าน

จากการนำน้ำมันส่วนเบาที่ปะปนออกจากร้าน้ำมันดีเซลที่ได้จากขยะพลาสติกด้วยการนำมาระเหยแล้ว แต่ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นยังไม่ผ่านข้อกำหนดไบโอดีเซลชุมชนเช่นเดิม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก สมบัติทางกายภาพและเคมีที่แตกต่างกัน ของน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก กล่าวคือ การผลิตไบโอดีเซลผลิตมาจากน้ำมันพืช ซึ่งโมเลกุลใหญ่ โดยมีกรดไขมัน และสารประกอบไตรกลีเซอไรด์เป็นองค์ประกอบ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีสายโซ่โมเลกุลยาวจำนวนมาก ทำให้เชื้อเพลิงมีความหนาแน่นสูง น้ำมันไบโอดีเซลจึงมีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำมันดีเซล โดยธรรมชาติน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกจะมีสมบัติและองค์ประกอบใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมที่เป็นของผสมของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้งที่มีโมเลกุลขนาดสั้นและขนาดยาว ทำให้ความหนาแน่นนั้นน้อยกว่าน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งไบโอดีเซลนั้นมีองค์ประกอบ C₁₈ แต่ดีเซลจะมีองค์ประกอบ C₁₂ - C₂₀ ดังนั้นการที่จะทำให้ดีเซลที่มีองค์ประกอบ C₁₂ ให้เท่ากับไบโอดีเซลที่มีองค์ประกอบ C₁₈ นั้นกระทำได้ยาก จึงทำให้การปรับปรุงในส่วนของคุณภาพความหนาแน่นในขั้นปลายให้เท่ากับไบโอดีเซลทำได้ยาก ดังนั้นจึงควรปรับปรุงในขั้นการผลิตในโรงงานให้เหมาะสม โดยควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการควบแน่นให้เหมาะสม และควรมีการกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันจากขยะพลาสติกให้เป็นมาตรฐานเฉพาะของน้ำมันจากขยะพลาสติก

4.2.2 ผลการลดปริมาณกำมะถันในน้ำมันด้วยวิธีการดูดซับ

เนื่องจากปริมาณกำมะถัน จากมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนกำหนดไว้ว่าต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 0.0015 โดยน้ำหนัก ซึ่งจากผลการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติกพบว่า ค่ากำมะถันเท่ากับ

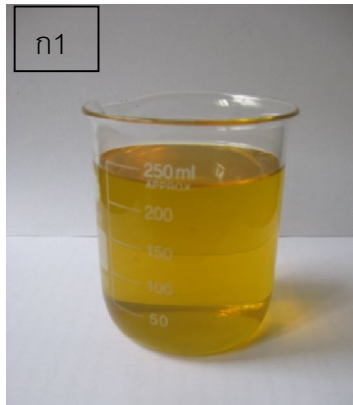
ร้อยละ 0.08 โดยน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชน แล้วพบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนด โดยค่าสูงกว่ามาตรฐาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำมันจากขยะพลาสติกมีการปนเปื้อนของสารที่มีองค์ประกอบกำมะถันอยู่ โดยเมื่อกำมะถันในน้ำมันถูกเผาไหม้ เมื่อรวมกับน้ำทำให้เกิดเป็นสารละลายที่เป็นกรด ทำให้เกิดการกัดกร่อนส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ได้ นอกจากนี้เมื่อเผาไหม้จะเปลี่ยนเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปล่อยออกทางท่อไอเสียส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก่อให้เกิดฝนกรดได้ ดังนั้นต้องทำการลดปริมาณกำมะถันในน้ำมัน

โดยวิธีการกำจัดปริมาณกำมะถัน มีหลากหลายวิธี เช่น กระบวนการกำจัดกำมะถันด้วยไฮโดรเจน กระบวนการกำจัดกำมะถันโดยไม่ใช้ไฮโดรเจน การกำจัดด้วยกรด การกำจัดโดยใช้สารละลายคอสเมติก การกำจัดด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ การกำจัดด้วยการดูดซับ เป็นต้น แต่วิธีที่นิยม เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก และค่าใช้จ่ายน้อยคือการดูดซับด้วยถ่าน

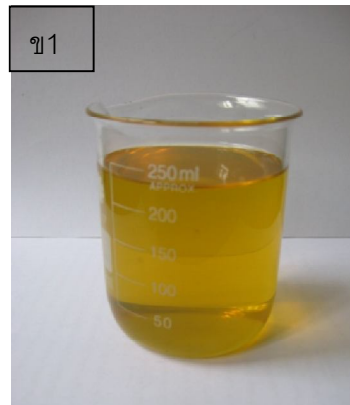
จากการทดลองลดปริมาณกำมะถันในน้ำมันนี้ ใช้ถ่านไม้ สำหรับให้ความร้อนในการประกอบอาหาร และถ่านกัมมันต์ ที่อัตราส่วนของน้ำมันดีเซลต่อตัวดูดซับ เป็น 10:3 โดยน้ำหนัก โดยใช้เวลาในการดูดซับเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 4.4 – 4.5 พบว่าผลจากการทดสอบปริมาณกำมะถันของน้ำมันหลังผ่านการปรับปรุงไม่พบปริมาณกำมะถันหลงเหลืออยู่ในน้ำมันของทั้งสองตัวอย่าง แสดงว่าทั้ง ถ่านไม้ และ ถ่านกัมมันต์นั้นมีประสิทธิภาพในการดูดซับกำมะถันในน้ำมันได้ 100% ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ดังนั้นสามารถเลือกใช้แค่ถ่านไม้ในการดูดซับกำมะถันในน้ำมันเพียงอย่างเดียวได้ ไม่จำเป็นต้องใช้ถ่านกัมมันต์ จะทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบปริมาณกำมะถันก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงคุณภาพ
เปรียบเทียบกับข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลชุมชน

รายการ	ไบโอดีเซลชุมชน อัตราสูงต่ำ	ผลการทดสอบ ก่อนปรับปรุง	ผลการทดสอบหลังปรับปรุง	
			ถ่านไม้	ถ่านกัมมันต์
กำมะถัน (Sulphur)	ไม่สูงกว่า 0.0015	0.08	0	0
ร้อยละโดย น้ำหนัก, (%wt)				



ก่อนนำไปดูดซับกัมมะถันด้วยถ่านไม้



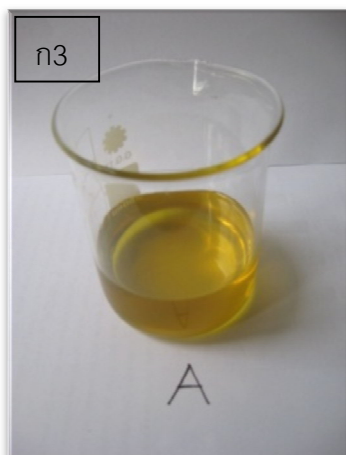
ก่อนนำไปดูดซับกัมมะถันด้วยถ่านกัมมันต์



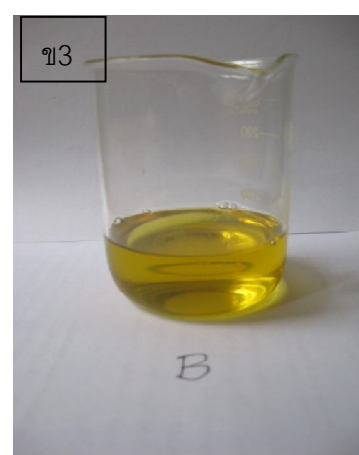
ขณะดูดซับกัมมะถันด้วยถ่านไม้



ขณะดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์



หลังผ่านการดูดซับและกรอง



หลังผ่านการดูดซับและกรอง

รูปที่ 4.4 น้ำมันก่อนดูดซับกัมมะถันด้วยถ่านไม้ (ก1) ขณะดูดซับกัมมะถันด้วยถ่านไม้ (ก2) หลังการดูดซับด้วยถ่านไม้และกรองด้วยกระดาษกรองขนาด 110 mm (ก3) น้ำมันก่อนดูดซับกัมมะถันด้วยถ่านกัมมันต์ (ข1) ขณะดูดซับกัมมะถันด้วยถ่านกัมมันต์ (ข2) หลังดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และกรองด้วยกระดาษกรอง ขนาด 110 mm (ข3)

4.3 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกกับข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพน้ำมันดีเซล

ตารางที่ 4.4 ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติกกับข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	น้ำมันดีเซล		น้ำมันจาก ขยะ พลาสติก	
			หมุนเร็ว	หมุนช้า		
1	ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 15.6/15.6 องศาเซลเซียส (Specific gravity at 15.6/15.6 °C)	ไม่ต่ำกว่า	0.81	-	0.812 ^{1/}	
		ไม่สูงกว่า	0.87	0.92	0.818 ^{2/}	
2	จำนวนซีเทน (Cetane number) หรือ ดัชนีซีเทน (Calculated cetane index)	ก่อนวันที่ 1 ม.ค. 55	ไม่ต่ำกว่า	47	45	
		ตั้งแต่วันที่ 1 ม.ค. 55 เป็นต้นไป	ไม่ต่ำกว่า	50	45	66
3	ความหนืด เซนติสโตกส์ (Viscosity, cSt)	3.1 ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (at 40 °C)	ไม่ต่ำกว่า	1.8	8	3.628
			ไม่สูงกว่า	4.1		
		3.2 ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (at 50 °C)	ไม่สูงกว่า	-	6	-
4	จุดไหลเท องศาเซลเซียส (Pour point, °C)	ไม่สูงกว่า	10	16	-	
5	กำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur, %wt)	ก่อนวันที่ 1 ม.ค. 55	ไม่สูงกว่า	0.035	1.5	
		ตั้งแต่วันที่ 1 ม.ค. 55 เป็นต้นไป	ไม่สูงกว่า	0.005	1.5	0.08* ^{1/} , 0 ^{2/}

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูง ต่ำ	น้ำมันดีเซล		น้ำมัน จากขยะ พลาสติก
			หมุนเร็ว	หมุนช้า	
6	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper strip corrosion)	ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	-	1a
7	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation stability, g/m ³)	ไม่สูงกว่า	25	-	-
8	กากถ่าน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Carbon residue, %wt)	ไม่สูงกว่า	0.05	-	-
9	น้ำและตะกอน (Water and sediment, %vol)	ไม่สูงกว่า	0.05	0.3	< 0.05
10	เถ้า ร้อยละโดยน้ำหนัก (Ash, %wt)	ไม่สูงกว่า	0.01	0.02	-
11	จุดวาบไฟ องศาเซลเซียส (Flash point, °C)	ไม่ต่ำกว่า	52	52	98.5 ^{1/} 140 ^{2/}
12	การกลั่น องศาเซลเซียส (Distillation, °C) อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้โดยปริมาตรใน อัตราร้อยละเก้าสิบ (90% Recovered)	ไม่สูงกว่า	357	-	360.9*
13	โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Polycyclic aromatic hydrocarbon, % wt) ก่อนวันที่ 1 มกราคม 2555	-	-	-	-
14	ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2555 เป็นต้นไป สี (Colour)	ไม่สูงกว่า	11	-	-
	14.1 ชนิดของสี (Hue)		เหลือง	น้ำตาล	เหลือง
	14.2 ความเข้มของสี (Intensity)	ไม่ต่ำกว่า	-	4.5	-
		ไม่สูงกว่า	4	7.5	-

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูง ต่ำ	น้ำมันดีเซล		น้ำมันจาก ขยะ พลาสติก
			หมุนเร็ว	หมุนช้า	
15	ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรด ไขมัน ร้อยละโดยปริมาตร (Methyl ester of fatty acid,%vol)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	3 5	-	
16	คุณสมบัติการหล่อลื่น รอยขีดข่วน ไมโครเมตร (Lubricity, wear scar, μm)	ไม่สูงกว่า	460	-	
17	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบ จากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน			- -

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ * หมายถึงค่าดังกล่าวไม่ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนด

1/ ค่าก่อนผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

2/ ค่าหลังผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

จากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกกับข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพน้ำมันดีเซล (ฉบับที่ 5) พ.ศ. 2554 ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 เพื่อศึกษาเพิ่มเติมพบว่า

ค่าความถ่วงจำเพาะ จากค่ามาตรฐานของดีเซลกำหนดว่า น้ำมันดีเซลหมุนเร็วต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะไม่ต่ำกว่า 0.81 และไม่สูงกว่า 0.87 ส่วนน้ำมันดีเซลหมุนช้าต้องมีค่าไม่สูงกว่า 0.92 จากผลการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติก พบว่าก่อนการปรับปรุงคุณภาพ เท่ากับ 0.812 และหลังการปรับปรุงคุณภาพเท่ากับ 0.818 ซึ่งผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดทั้งดีเซลหมุนเร็วและหมุนช้า

จำนวนซีเทน จากมาตรฐานของดีเซลกำหนดว่า น้ำมันดีเซลหมุนเร็วต้องมีค่าจำนวนซีเทนไม่ต่ำกว่า 50 และน้ำมันดีเซลหมุนช้าต้องไม่ต่ำกว่า 45 โดยจากผลการทดสอบพบว่าค่าจำนวนซีเทนของน้ำมันจากขยะพลาสติก เท่ากับ 66 ซึ่งผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดทั้งน้ำมันดีเซลหมุนเร็วและหมุนช้า

ความหนืด จากมาตรฐานของดีเซลกำหนดว่า น้ำมันดีเซลหมุนเร็วต้องมีค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ไม่ต่ำกว่า 1.8 และไม่สูงกว่า 4.1 เซลตีสโตกส์ ส่วนน้ำมันดีเซลหมุนเร็วต้องมีค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ไม่ต่ำกว่า 8 เซลตีสโตกส์ แล้วต้องมีค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ไม่สูงกว่า 6 เซลตีสโตกส์ โดยจากการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติก

พบว่าค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เท่ากับ 3.628 เซลตีสโตกส์ ซึ่งผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดทั้งน้ำมันดีเซลหมุนเร็วและหมุนช้า แต่ถ้าเปรียบเทียบกับดีเซลหมุนช้า ต้องทำการทดสอบค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเพิ่มเติม

จุดไหลเท จากมาตรฐานของน้ำมันดีเซลกำหนดว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็วต้องมีค่าจุดไหลเท ไม่สูงกว่า 10 องศาเซลเซียส ส่วนน้ำมันดีเซลหมุนช้าต้องมีค่าไม่สูงกว่า 16 องศาเซลเซียส ซึ่งหากเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันดีเซลต้องทำการทดสอบน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกในส่วนของค่าจุดไหลเท เพิ่มเติม ซึ่ง จุดไหลเท คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันยังมีสถานะเป็นของเหลวไหลได้ โดยจุดไหลเท บ่งบอกถึงการที่จะนำน้ำมันไปใช้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดไหลเทไม่สามารถกระทำได้นี้ เนื่องจากน้ำมันจะเป็นไข และไขในน้ำมันจะอุดตันทางเดินและหม้อกรองได้

กำมะถัน จากมาตรฐานของน้ำมันดีเซลกำหนดว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็วต้องมีปริมาณกำมะถัน ไม่สูงกว่า ร้อยละ 0.005 โดยน้ำหนัก และน้ำมันดีเซลหมุนช้าต้องมีค่าไม่สูงกว่า ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งจากผลการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติก พบว่า มีปริมาณกำมะถัน ร้อยละ 0.08 โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว พบว่าค่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จึงต้องทำการปรับปรุงต่อไป แต่ถ้าเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลหมุนช้า พบว่าปริมาณกำมะถันผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้โดยมีค่าปริมาณกำมะถันน้อยกว่าน้ำมันดีเซลหมุนช้า ซึ่งเมื่อผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แล้วปริมาณกำมะถันผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือเท่ากับ 0

การกัดกร่อนแผ่นทองแดง จากมาตรฐานของน้ำมันดีเซลกำหนดว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็วต้องมีค่าการกัดกร่อนแผ่นทองแดง ไม่สูงกว่า หมายเลข 1 ส่วนน้ำมันดีเซลหมุนช้าไม่ได้กำหนดไว้ โดยจากผลการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติก พบว่า ค่าการกัดกร่อนแผ่นทองแดง เท่ากับ หมายเลข 1a ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทั้งในส่วนของน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว และน้ำมันดีเซลหมุนช้า

เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จากมาตรฐานของน้ำมันดีเซลกำหนดว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็วค่าต้องไม่สูงกว่า 25 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนน้ำมันดีเซลหมุนช้าไม่ได้กำหนดไว้ ซึ่งถ้าต้องการเปรียบเทียบโดยใช้มาตรฐานดีเซลหมุนเร็วเป็นเกณฑ์ ต้องทำการทดสอบค่านี้กับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกเพิ่มเติม ซึ่งค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของน้ำมัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน มีผลต่อคุณภาพของน้ำมัน

กากถ่าน จากมาตรฐานของน้ำมันดีเซลกำหนดว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็วค่าต้องไม่สูงกว่า ร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก ส่วนน้ำมันดีเซลหมุนช้าไม่ได้กำหนดไว้ หากต้องการเปรียบเทียบต้องใช้มาตรฐานดีเซลหมุนเร็วเป็นเกณฑ์ โดยต้องทำการทดสอบค่ากากถ่าน กับน้ำมันดีเซลจากขยะ

พลาสติกเพิ่มเติม ซึ่งกากถ่านบอกละปริมาณคาร์บอนที่ตกค้างหลังการเผาไหม้ ส่งต่อหัวฉีด เกิดผลเสียต่อการใช้งาน

น้ำและตะกอน จากมาตรฐานของน้ำมันดีเซลกำหนดว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็วค่าต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 0.05 โดยปริมาตร ส่วนน้ำมันดีเซลหมุนช้าค่าต้องไม่สูงกว่า ร้อยละ 0.3 โดยปริมาตร ซึ่งผลการทดสอบน้ำและตะกอนของน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก พบว่าปริมาณน้ำและตะกอนน้อยกว่าร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก ซึ่งผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดของน้ำมันดีเซลทั้งหมุนเร็วและหมุนช้า

เถ้า จากมาตรฐานของน้ำมันดีเซลกำหนดว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็วค่าต้องไม่สูงกว่า ร้อยละ 0.01 โดยน้ำหนัก ส่วนน้ำมันดีเซลหมุนช้าค่าต้องไม่สูงกว่า ร้อยละ 0.02 โดยน้ำหนัก ซึ่งถ้าต้องการเปรียบเทียบโดยใช้มาตรฐานน้ำมันดีเซลเป็นเกณฑ์ ต้องทำการทดสอบปริมาณเถ้า กับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกเพิ่มเติม ซึ่งปริมาณเถ้า

จุดวาบไฟ จากมาตรฐานของน้ำมันดีเซลทั้งน้ำมันดีเซลหมุนเร็วและหมุนช้ากำหนดว่าค่าต้องไม่ต่ำกว่า 52 องศาเซลเซียส ซึ่งผลการทดสอบจุดวาบไฟของน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก พบว่าเท่ากับก่อนการปรับปรุงคุณภาพเท่ากับ 98.5 องศาเซลเซียส และหลังการปรับปรุงคุณภาพเท่ากับ 140 องศาเซลเซียส ซึ่งผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดของน้ำมันดีเซลทั้งหมุนเร็วและหมุนช้า

การกลั่น (อุณหภูมิของส่วนกลั่นได้โดยปริมาตรในอัตราร้อยละเก้าสิบ) จากมาตรฐานของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วกำหนดว่าค่าต้องไม่สูงกว่า 357 องศาเซลเซียส และสำหรับน้ำมันดีเซลหมุนช้าไม่ได้กำหนดไว้ ซึ่งน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกมีค่าการกลั่น เท่ากับ 360.9 สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้

โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน จากมาตรฐานของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วกำหนดว่าค่าต้องไม่สูงกว่า ร้อยละ 11 โดยน้ำหนัก และสำหรับน้ำมันดีเซลหมุนช้าไม่ได้กำหนดไว้ ซึ่งถ้าต้องการเปรียบเทียบโดยใช้มาตรฐานดีเซลหมุนเร็วเป็นเกณฑ์ ต้องทำการทดสอบค่าดังกล่าว กับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกเพิ่มเติม

สี จากมาตรฐานของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วกำหนดว่าค่าความเข้มของสีต้องไม่สูงกว่า 4 และสำหรับน้ำมันดีเซลหมุนช้าต้องไม่สูงกว่า 7.5 ซึ่งถ้าต้องการเปรียบเทียบโดยใช้มาตรฐานดีเซลหมุนเร็วเป็นเกณฑ์ ต้องทำการทดสอบค่าดังกล่าว กับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกเพิ่มเติม

ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน จากมาตรฐานของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วกำหนดว่าค่าต้องไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก และไม่สูงกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และสำหรับน้ำมันดีเซลหมุนช้าไม่ได้กำหนดไว้ ซึ่งถ้าค่าดังกล่าวนี้ใช้ทดสอบสำหรับน้ำมันที่ผลิตจากไบโอดีเซล จึงไม่เกี่ยวข้องกับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก

คุณสมบัติการหล่อลื่น รอยขีดข่วน จากมาตรฐานของน้ำมันดีเซลหมุนเร็วกำหนดว่าค่าต้องไม่สูงกว่า 460 ไมโครเมตร และสำหรับน้ำมันดีเซลหมุนช้าไม่ได้กำหนดไว้ ซึ่งถ้าต้องการเปรียบเทียบโดยใช้มาตรฐานดีเซลหมุนเร็วเป็นเกณฑ์ ต้องทำการทดสอบค่าดังกล่าว กับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกเพิ่มเติม

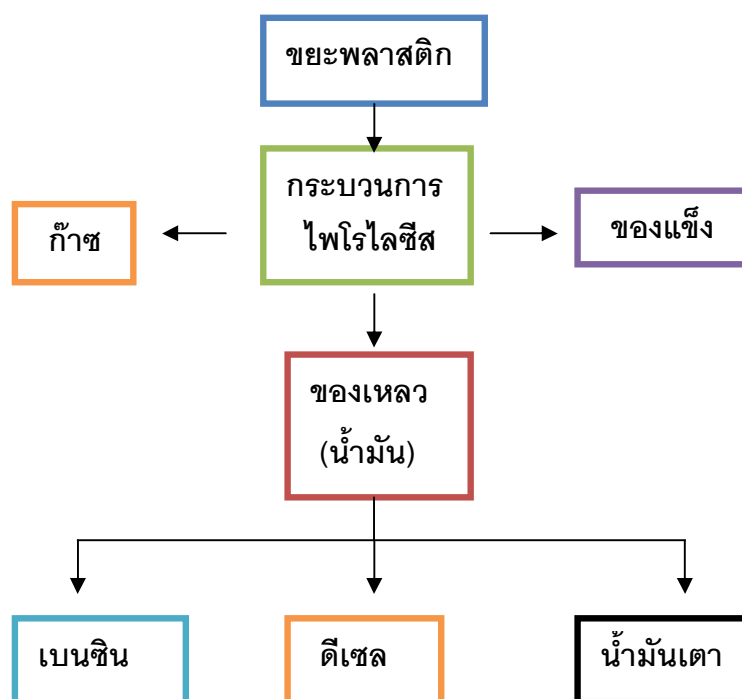
สารเติมแต่ง เป็นสารที่เติมเพิ่มไปในน้ำมันเพื่อปรับปรุงคุณภาพ โดยสารเติมแต่งนั้นเป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน

หากเปรียบเทียบน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกกับข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซลแล้ว พบว่าถ้าเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันดีเซลหมุนช้า ค่าที่ผ่านเกณฑ์ คือ ค่าความถ่วงจำเพาะ จำนวนซีเทน ปริมาณกำมะถัน ค่าการกัดกร่อนแผ่นทองแดง ปริมาณน้ำและตะกอน จุดวาบไฟ ส่วนค่าที่ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ ค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกมีค่าต่ำกว่าที่กำหนด สำหรับค่าที่ต้องทำการทดสอบเพิ่ม คือ ความหนืด ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จุดไหลเท ปริมาณเถ้า และความเข้มข้นของสี แต่จากผลการทดสอบคุณภาพน้ำมันจากขยะพลาสติกที่นำมาทดสอบนี้ สามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนช้าได้

หากเปรียบเทียบน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกกับมาตรฐานน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว พบว่าค่าที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ค่าความถ่วงจำเพาะ จำนวนซีเทน ค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ค่าการกัดกร่อนแผ่นทองแดง ปริมาณน้ำและตะกอน จุดวาบไฟ ส่วนค่าที่ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ ปริมาณกำมะถัน ค่าการกลั่น ที่อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้โดยปริมาตรในอัตราร้อยละเก้าสิบ ซึ่งค่าที่ทดสอบได้สูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อย และมีการทดสอบเพิ่มเติมสำหรับค่าต่างๆ ดังนี้ จุดไหลเท เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน กากถ่าน ปริมาณเถ้า โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ความเข้มข้นของสี คุณสมบัติการหล่อลื่น รอยขีดข่วน แสดงให้เห็นว่าหากต้องการเพิ่มคุณภาพน้ำมันให้ได้มาตรฐานดีเซลหมุนเร็ว ยังต้องมีอีกหลายรายการที่มีความสำคัญต้องทำการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพเพื่อให้เทียบเท่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ต่อไป

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลองและประเมินการนำน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติกไปใช้ประโยชน์

เนื่องจากกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันนั้น จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว ในรูปของน้ำมันหลายชนิด โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ เบนซิน ดีเซล และน้ำมันเตา ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการแปรรูปขยะพลาสติกนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบตามแต่ละชนิดของน้ำมัน



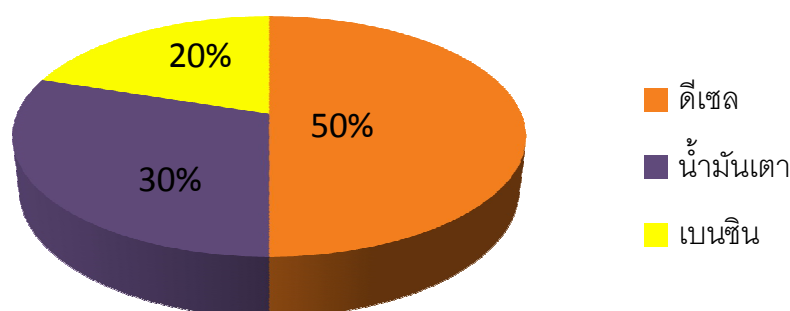
รูปที่ 4.5 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส

สามารถแบ่งรูปแบบการใช้ประโยชน์ของน้ำมันแต่ละชนิดได้ดังนี้

- 1) ใช้ประโยชน์ในรูปของน้ำมันเบนซิน คือ ใช้เป็นเชื้อเพลิงเดินเครื่องยนต์เบนซิน เช่น รถยนต์ รถมอเตอร์ไซด์ เครื่องยนต์ขนาดเล็กที่เป็นเครื่องยนต์เบนซิน
- 2) ใช้ประโยชน์ในรูปของน้ำมันดีเซล คือ ใช้เป็นเชื้อเพลิงเดินเครื่องยนต์ดีเซล แบ่งเป็น เครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็ว ได้แก่ เครื่องยนต์ดีเซล รถบรรทุกขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เรือประมง เรือโดยสาร และเครื่องยนต์ดีเซลหมุนช้า ได้แก่ เครื่องจักรกลขนาดใหญ่ที่เป็นเครื่องยนต์ดีเซลตามโรงงาน

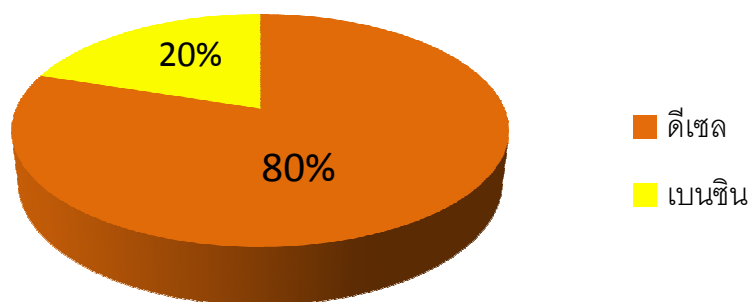
3) ใช้ประโยชน์ในรูปของน้ำมันเตา คือ ใช้กับเครื่องจักรกลในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้เดินเครื่องยนต์ขนาดใหญ่

โดยส่วนใหญ่น้ำมันจากกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติก พบว่า องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่ได้ นั้น ประกอบด้วย เบนซิน ดีเซล และน้ำมันเตา เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งองค์ประกอบแต่ละชนิดจะมีอัตราส่วนโดยทั่วไป คือ เบนซิน 20% ดีเซล 50% และน้ำมันเตา 30% ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 องค์ประกอบของน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติก

พบว่า น้ำมันดีเซล เป็นองค์ประกอบที่มีอัตราส่วนมากที่สุด ดังนั้นจากงานวิจัยนี้จึงเน้นที่จะศึกษาการใช้ประโยชน์จากดีเซลเป็นหลัก โดยได้ทำการศึกษาลักษณะและคุณภาพของน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติกเฉพาะองค์ประกอบที่เป็นดีเซล และทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติก โดยในงานวิจัยนี้ เมื่อทำการระเหยน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกแล้วพบว่าสามารถแยกน้ำมันออกได้เป็น 2 ส่วน ดังรูปที่ 4.7 คือส่วนที่ 1 เป็นน้ำมันส่วนที่เบาที่ดีเซล อาทิเช่น เบนซินและน้ำมันก๊าด โดยสามารถแยกออกมาได้ร้อยละ 20 โดยปริมาตร ส่วนที่ 2 เป็นน้ำมันดีเซล ร้อยละ 80 โดยปริมาตร



รูปที่ 4.7 องค์ประกอบน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกหลังผ่านการระเหย

จากการศึกษาวิจัยนี้ พบว่า น้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกับไบโอดีเซลชุมชน คือ ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ได้แก่ เครื่องยนต์ทางการเกษตร เครื่องจักรกลที่เป็นเครื่องยนต์ดีเซลที่ติดตั้งตามโรงงานอุตสาหกรรม หรือ เครื่องยนต์ดีเซลชนิดที่มีรอบการทำงานต่ำ นอกจากนี้ยังสามารถใช้กับ รถกระบะ รถบรรทุก รถแทรกเตอร์ เรือประมง รถเก็บขนขยะ รถชุดขยะ และเครื่องจักรกลที่ใช้ในเทศบาล เป็นต้น

ทั้งนี้ในอนาคตเพื่อให้ได้น้ำมันที่มีมูลค่าสูงขึ้นควรมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติกให้มีคุณภาพเทียบเท่ากับน้ำมันเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ต่อไป

4.5 วิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของราคาน้ำมันจากขยะพลาสติก

กระทรวงพลังงานมีนโยบายส่งเสริมการนำขยะมาแปรรูปเป็นน้ำมัน ตามมติคณะอนุกรรมการกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เมื่อวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2551 ให้เห็นชอบแนวทางส่งเสริมให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการแปรรูปจากขยะเป็นน้ำมัน ในส่วนของการสนับสนุนราคาขายของน้ำมันที่ได้จากการแปรรูปของภาครัฐกำหนดไว้ที่ 18 บาทต่อลิตร โดยที่ต้นทุนในการผลิตน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติกของเทศบาลนครระยอง เฉลี่ยประมาณ 15 บาทต่อลิตร และขายในราคา 18 บาทต่อลิตรให้โรงกลั่นน้ำมันต่อไป

จากงานวิจัยแบ่งการประเมินราคาการผลิตน้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติก ดังนี้ คือ การปรับปรุงค่าความหนาแน่นและค่าจุดวาบไฟด้วยการระเหยกับใช้ถ่านดูดซับกำมะถันโดยใช้เครื่องระเหยแบบหมุน ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้ค่าจุดวาบไฟและความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และใช้ถ่านดูดซับกำมะถันในน้ำมัน ซึ่งถ่านที่ใช้มี 2 ประเภท คือ ถ่านไม้ ราคา กิโลกรัมละ 10 บาท ถ่านกัมมันต์ กิโลกรัมละ 50 บาท โดยทำการดูดซับที่อัตราส่วนน้ำมันต่อตัวดูดซับ 10:3 โดยน้ำหนัก ดังนั้น เมื่อเพิ่มราคาในการปรับปรุงเข้าไปจะเพิ่มต้นทุนในการผลิตคือ การใช้ถ่านไม้ดูดซับกำมะถันกับการระเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนมีต้นทุนการผลิต 22.8 บาทต่อลิตร แต่ถ้าใช้ถ่านกัมมันต์ดูดซับกำมะถันกับการระเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนมีต้นทุนการผลิตถึง 34 บาทต่อลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ซึ่งต้นทุนการผลิตของทั้งสองแบบนี้จะต่างกัน 11.2 บาทต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตน้ำมันที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง ต้นทุนการผลิตโดยใช้ถ่านไม้ดูดซับกำมะถันกับการระเหยด้วยเครื่องระเหย จะสูงกว่า 7.8 บาทต่อลิตร และถ้าใช้ถ่านกัมมันต์ดูดซับกำมะถันกับการระเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน จะสูงกว่าถึง 19 บาทต่อลิตร

ตารางที่ 4.5 ราคาต้นทุนการปรับปรุงด้วยการระเหยกับใช้ถ่านดูดซับกำมะถัน

	น้ำมันยังไม่ ผ่านการ ปรับปรุง	น้ำมันผ่านการ ปรับปรุง		ผลต่าง	
		ถ่านไม้ กับ ระเหย	ถ่านกัมมันต์ กับระเหย	ถ่านไม้ กับ ระเหย	ถ่านกัม มันต์กับ ระเหย
		ต้นทุนการผลิต (บาท/ลิตร)	15.0	22.8	34

หมายเหตุ : การประเมินราคาเป็นการพิจารณาในระดับห้องทดลอง

การคิดราคาแสดงดังภาคผนวก จ

จากงานวิจัยแบ่งการประเมินราคาขายน้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติกได้เป็น 2 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 คิดราคาขายเท่ากับราคาไบโอดีเซลชุมชน กรณีที่ 2 คิดราคาขายของน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่ผ่านการปรับปรุงแล้วสูงกว่าราคาไบโอดีเซลชุมชน

1. กรณีที่ 1 คิดราคาขายเท่ากับราคาไบโอดีเซลชุมชน

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว มีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ประมาณ 21 บาทต่อลิตร และขายในราคา 24 บาทต่อลิตร แต่ถ้าผลิตจากสบู่ดำ ต้นทุนการผลิต 26 บาทต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบราคาน้ำมันดีเซลที่ผลิตจากกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกเมื่อผ่านการปรับปรุงแล้วกับราคาไบโอดีเซลชุมชน พบว่าการปรับปรุงค่าความหนาแน่นและจุดวาบไฟด้วยการระเหยกับใช้ถ่านไม้ดูดซับกำมะถัน ต้นทุนการผลิตเท่ากับ 22.8 ต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำแต่แพงกว่าต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วเล็กน้อย เมื่อขายที่ราคา 24 บาทต่อลิตร เท่ากับไบโอดีเซลชุมชน จะได้กำไรเท่ากับ 1.2 บาทต่อลิตร แต่ถ้าปรับปรุงค่าความหนาแน่นกับจุดวาบไฟด้วยการระเหยกับใช้ถ่านกัมมันต์ดูดซับกำมะถัน มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 34 บาทต่อลิตร ซึ่งแพงกว่าต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลทั้งจากน้ำมันพืชใช้แล้วและสบู่ดำ เมื่อขายในราคา 24 บาทต่อลิตร เท่ากับราคาไบโอดีเซลชุมชนแล้วจะขาดทุน ดังนั้น ควรเลือกการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันด้วยการระเหยกับใช้ถ่านไม้ดูดซับกำมะถัน เนื่องจาก ผลการกำจัดกำมะถันพบว่า ทั้งถ่านไม้และถ่านกัมมันต์สามารถกำจัดปริมาณกำมะถันในน้ำมันได้เช่นเดียวกัน จึงควรเลือกใช้ถ่านไม้ในการดูดซับกำมะถัน จะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 กรณีที่ 1 คิตรายการขายของน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว
เท่ากับราคาไบโอดีเซลชุมชน

ราคา (บาทต่อลิตร)	ไบโอดีเซลชุมชน		น้ำมันผ่านการปรับปรุง	
	น้ำมันพีซีใช้แล้ว	สบู่ดำ	ถ่านไม้กับระเหย	ถ่านกัมมันต์กับ ระเหย
ต้นทุนการผลิต	21	26	22.8	34
ราคาขาย	24	24	24	24
กำไร	3	-2	1.2	-10

หมายเหตุ ราคาไบโอดีเซลชุมชน ณ องค์การบริหารส่วนตำบลทับมา จังหวัดระยอง

2. กรณีที่ 2 คิตรายการขายของน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่ผ่านการปรับปรุงแล้วสูง
กว่าราคาไบโอดีเซลชุมชน

กรณีที่ 2 นี้ คิตรายการขายให้สูงกว่าราคาไบโอดีเซลชุมชนที่ 24 บาทต่อลิตร ร้อยละ 10 แต่ถูกกว่าราคาน้ำมันดีเซลที่ 30 บาทต่อลิตร ร้อยละ 15 ดังนั้นราคาขายของน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกจะเท่ากับ 26 บาทต่อลิตร ซึ่งจะมีราคาสูงกว่าไบโอดีเซลชุมชน 2 บาทต่อลิตร และมีราคาถูกกว่าน้ำมันดีเซล 4 บาทต่อลิตร พบว่าการปรับปรุงด้วยการระเหยกับใช้ถ่านไม้ดูดซับกำมะถัน ต้นทุนการผลิตเท่ากับ 22.8 ต่อลิตร ซึ่งถูกกว่าต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำแต่แพงกว่าต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพีซีใช้แล้วเล็กน้อย เมื่อขายที่ราคา 26 บาทต่อลิตร จะได้กำไรเท่ากับ 3.2 บาทต่อลิตร แต่ถ้าปรับปรุงด้วยการระเหยกับใช้ถ่านกัมมันต์ดูดซับกำมะถัน มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 34 บาทต่อลิตร ซึ่งแพงกว่าต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลทั้งจากน้ำมันพีซีใช้แล้วและสบู่ดำ เมื่อขายในราคา 26 บาทต่อลิตร จะขาดทุน ดังนั้น ควรเลือกการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันด้วยการระเหยกับใช้ถ่านไม้ดูดซับกำมะถัน ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 กรณีที่ 2 คิดราคาขายของน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่ผ่านการปรับปรุงแล้วสูงกว่าราคาไบโอดีเซลชุมชน

ราคา (บาทต่อลิตร)	ไบโอดีเซลชุมชน		น้ำมันผ่านการปรับปรุง	
	น้ำมันพีซีใช้แล้ว	สบู่ดำ	ถ่านไม้กับระเหย	ถ่านกัมมันต์กับระเหย
ต้นทุนการผลิต	21	26	22.8	34
ราคาขาย	24	24	26	26
กำไร	3	-2	3.2	-8

หมายเหตุ ราคาไบโอดีเซลชุมชน ณ องค์การบริหารส่วนตำบลทับมา จังหวัดระยอง

จากผลการทดลองพบว่า ค่าที่ไม่ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพไบโอดีเซลชุมชนนั้นมี 3 ค่า คือ จุดวาบไฟ ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และปริมาณกำมะถัน โดยจากผลการทดลองพบว่า ทั้งถ่านไม้และถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับกำมะถันให้ลดลงได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นควรเลือกวิธีปรับปรุงคุณภาพน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก โดยวิธีการปรับมูลค่าความหนาแน่นและจุดวาบไฟด้วยการระเหยกับการใช้ถ่านไม้ดูดซับกำมะถัน ซึ่งจะทำให้ลดต้นทุนการผลิต ซึ่งถูกกว่าการใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับกำมะถัน แต่อย่างไรก็ตามการคิดราคาต้นทุนการผลิตสำหรับการศึกษาในครั้งนี้เป็นการประเมินราคาในระดับห้องปฏิบัติการ เทียบตามอัตราส่วนที่ใช้ทดลองจริง ราคาจะค่อนข้างสูง แต่ถ้านำไปใช้ในระดับชุมชนหรือโรงงานราคาจะถูกกว่าและในการคิดราคาสำหรับห้องปฏิบัติการ ซึ่งต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมและพอเหมาะในการดูดซับน้ำมัน และความสามารถในการนำถ่านกลับมาดูดซับซ้ำและการแยกน้ำมันเบาออกอาจจะปรับปรุงที่กระบวนการผลิตโดยเลือกช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อให้ให้น้ำมันแยกออกจากกันได้มากขึ้นกว่าเดิม ซึ่งคาดว่าน่าจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงไปได้

เมื่อนำราคาน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ ในกรณีต่างๆ มาเปรียบเทียบกับราคาไบโอดีเซลชุมชนและราคาน้ำมันดีเซล พบว่า ราคาของน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติกที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ ถ้าคิดในกรณีที่ 1 คือ ขายที่ราคา 24 บาทต่อลิตร มีราคาที่ถูกกว่าน้ำมันดีเซลที่ 30 บาทต่อลิตรอยู่ 6 บาท และมีราคาเท่ากับไบโอดีเซลชุมชน แต่ถ้าคิดราคาน้ำมันจากการแปรรูปขยะพลาสติกที่ผ่านการปรับปรุงแล้วที่ราคา 26 บาทต่อลิตร ซึ่งมีราคาที่ถูกกว่าน้ำมันดีเซลราคา 30 บาทต่อลิตรอยู่ 4 บาท และมีราคาสูงกว่าไบโอดีเซลชุมชนเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ราคาขายน้ำมันจากกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพกับราคาน้ำมันไบโอดีเซลชุมชนและราคาน้ำมันดีเซล

ราคาขาย (บาทต่อลิตร)	น้ำมันจากขยะพลาสติกที่		ไบโอดีเซล ชุมชน	ดีเซล
	ผ่าน			
	ปรับปรุงคุณภาพ กรณี 1	กรณี 2		
	24	26	24	30

หมายเหตุ: กรณีที่ 1 คิดราคาขายเท่ากับราคาไบโอดีเซลชุมชน กรณีที่ 2 คิดราคาขายสูงกว่าราคาไบโอดีเซลชุมชนร้อยละ 10 ราคาน้ำมันดีเซล (ปตท.) ณ วันที่ 2 กันยายน 2555

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำมันจากขยะพลาสติกให้ได้มาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน สรุปได้ดังนี้

1. น้ำมันดีเซลที่ได้จากกระบวนการแปรรูปขยะพลาสติกจากการศึกษาวิจัยนี้พบว่าน้ำมันมีลักษณะเป็นของเหลวสีค่อนข้างดำมีตะกอนและเมือกปน ให้นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร เพื่อกรองสารแขวนลอยต่างๆ ออกจากน้ำมันก่อน แล้วทดสอบคุณภาพของน้ำมัน เปรียบเทียบกับข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลชุมชนพบว่า มีค่าที่ผ่านเกณฑ์คือ ค่าความหนืด จำนวนซีเทน ปริมาณเถ้าซัลเฟต ปริมาณน้ำและตะกอน ค่าการกัดกร่อนแผ่นทองแดง ค่าความเป็นกรด ส่วนค่าที่ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ ค่าความหนาแน่น จุดวาบไฟ และกำมะถัน

2. การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันสำหรับค่าที่ไม่ผ่านเกณฑ์ โดยการระเหยน้ำมันด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (Rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อกลั่นระเหยน้ำมันส่วนที่เบากว่าดีเซล ได้แก่ เบนซิน และน้ำมันก๊าดที่ปะปนอยู่ในน้ำมันออก เนื่องจากน้ำมันเบามีความหนาแน่นน้อย ระเหยได้เร็วทำให้ติดไฟได้เร็วส่งผลให้ค่าจุดวาบไฟมีค่าต่ำ เมื่อนำส่วนของน้ำมันเบาออกจะทำให้ค่าจุดวาบไฟและค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่าสามารถแยกน้ำมันออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นน้ำมันเบาสามารถแยกออกได้ร้อยละ 20 โดยปริมาตร ที่เหลือร้อยละ 80 โดยปริมาตร เป็นน้ำมันดีเซล เมื่อนำส่วนที่เป็นดีเซลมาทดสอบสมบัติของจุดวาบไฟ และความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าจุดวาบไฟเพิ่มขึ้นจาก 98.5 องศาเซลเซียส เป็น 140 องศาเซลเซียส ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ว่าไม่ต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส สำหรับค่าความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่า เพิ่มขึ้นจาก 812.9 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็น 818.4 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าต้องไม่ต่ำกว่า 860 และไม่สูงกว่า 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยอาจมีสาเหตุมาจากสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันไบโอดีเซลที่แตกต่างจากน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก ดังนั้นการปรับปรุงค่าความหนาแน่นในขั้นปลายจึงกระทำได้อย่าง ควรปรับปรุงในขั้นตอนการผลิตโดยเลือกช่วงอุณหภูมิในการกลั่นแยกให้เหมาะสม

จากการลดปริมาณกำมะถันในน้ำมัน โดยการใช้น้ำมัน และถ่านกัมมันต์ ที่อัตราส่วนของน้ำมันดีเซลต่อตัวดูดซับ เป็น 10:3 โดยน้ำหนัก โดยใช้เวลาในการดูดซับเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าผลจากการทดสอบปริมาณกำมะถันนั้นตรวจไม่พบปริมาณกำมะถันหลงเหลืออยู่ในน้ำมันของทั้งสองตัวอย่าง แสดงว่าทั้ง ถ่านไม้ และ ถ่านกัมมันต์นั้นมีประสิทธิภาพในการดูดซับกำมะถันในน้ำมันได้ 100% ดังนั้นสามารถเลือกใช้แค่ถ่านไม้ในการดูดซับกำมะถันในน้ำมันเพียงอย่างเดียว ไม่จำเป็นต้องใช้ถ่านกัมมันต์ ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้

3. น้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติกที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วนั้นมีศักยภาพที่จะ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกับไบโอดีเซลชุมชน คือ ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ได้แก่ เครื่องยนต์ทางการเกษตร เครื่องจักรกลที่เป็นเครื่องยนต์ดีเซลที่ติดตั้งตามโรงงานอุตสาหกรรม หรือ เครื่องยนต์ดีเซลชนิดที่มีรอบการทำงานต่ำ นอกจากนี้ยังสามารถใช้กับ รถกระบะ รถบรรทุก รถแทรกเตอร์ เรือประมง รถเก็บขนขยะ รถชุดขยะ และเครื่องจักรกลที่ใช้ในเทศบาล

4. ต้นทุนในการผลิตน้ำมันที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีการปรับปรุงด้วยการระเหยกับการใช้ถ่านไม้ในการดูดซับกำมะถันต้นทุนจะถูกกว่าการใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับ คือ 17.8 บาทต่อลิตร โดยถ้าขายในราคาเท่ากับไบโอดีเซลชุมชน คือ 24 บาทต่อลิตร ราคาถูกกว่าน้ำมันดีเซลที่ 30 บาทต่อลิตร ถึง 6 บาทต่อลิตร และถ้าขายในราคาที่สูงกว่าราคาไบโอดีเซลชุมชนที่ร้อยละ 10 คือ 26 บาทต่อลิตร ถูกกว่าน้ำมันดีเซล 4 บาทต่อลิตร ดังนั้นน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกนี้มีราคาถูกกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไป จึงเหมาะที่จะใช้เป็นพลังงานทางเลือกอีกหนึ่งทางเลือก

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงคุณภาพและวิธีการปรับปรุงคุณภาพให้เทียบเคียงกับน้ำมันดีเซลหรือน้ำมันชนิดอื่นที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันนั้นควรมีการปรับปรุงตั้งแต่ขั้นตอนของกระบวนการผลิตในขั้นตอนการควบแน่น โดยควบคุมอุณหภูมิหรือเลือกใช้ช่วงอุณหภูมิในการกลั่นให้มีความเหมาะสมเพื่อให้เกิดการแยกองค์ประกอบของน้ำมันแต่ละประเภทได้เป็นอย่างดีและได้น้ำมันที่มีคุณภาพ ไม่มีการปะปนของน้ำมันในส่วนที่ไม่ต้องการ และเพื่อให้เบนซินแยกออกจากดีเซลได้มากขึ้น

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการใช้ถ่านในการดูดซับกำมะถันว่าสัดส่วนที่เหมาะสมในการดูดซับนั้นควรเป็นเท่าไรถึงจะเพียงพอต่อการลดปริมาณกำมะถันในน้ำมัน

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของสมรรถนะของเครื่องยนต์และมลพิษที่เกิดขึ้น เมื่อนำน้ำมันดีเซลจากการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วไปใช้

ควรมีการกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันจากขยะพลาสติกให้เกิดเป็นมาตรฐานขึ้นมา เพื่อให้ น้ำมันจากขยะพลาสติกมีคุณภาพในมาตรฐานเดียวกัน

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กฤษณ์ พลรัตน์. การขจัดกำมะถันจากมิดเดิลดีสทิลเลตโดยการดูดซับบนโพแทสเซียมไอโอไดด์ / ถ่านกัมมันต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

กฤตภาส มงคลธำรงกุล. เปรียบเทียบโครงการแปรรูปขยะเป็นไฟฟ้าจากเทคโนโลยีฝังกลบแบบ ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลและโครงการแปรรูปขยะเป็นน้ำมันจากเทคโนโลยีไพโรไลซิส. สารนิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2552.

การจัดตั้งโรงงานแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง, ไทยโพสต์ (7 มกราคม 2551).

ควบคุมมลพิษ. กรม. การดำเนินงานโครงการส่งเสริมการแปรรูปขยะเป็นน้ำมัน. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: <http://www.pcd.go.th/download/waste.cfm> [19 มีนาคม 2555]

ควบคุมมลพิษ. กรม. คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยและเทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นพลังงานสำหรับท้องถิ่น. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: <http://www.pcd.go.th> [1 กรกฎาคม 2555]

ควบคุมมลพิษ. กรม. ปริมาณขยะมูลฝอย. [ออนไลน์]. 2553 แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_wastethai48_53.html [10 กรกฎาคม 2555]

ควบคุมมลพิษ. กรม. สถานการณ์มลพิษปี 2554. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: <http://thaipublica.org/2011/12/report-pollution-2554> [12 เมษายน 2555].

ควบคุมมลพิษ. กรม. ส่วนลดและใช้ประโยชน์ของเสีย. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://info.file.pcd.go.th/waste/waste_plasticfoam.pdf?CFID=7151761&CFTOKEN=26497577 [9 กันยายน 2555]

โครงสร้างของซีโอไลต์. [ออนไลน์]. 2551. แหล่งที่มา: <http://www.vcharkarn.com/vblog/38694> [1 สิงหาคม 2555]

จุฬารัตน์ อูบชาย และ นาดยา วัฒนพจน์. การสังเคราะห์ซีโอไลต์. [ออนไลน์]. 2550. แหล่งที่มา: <http://chem.flas.kps.ku.ac.th/01403443/01403443-REPORT-SYNTHESIS-ZEOLITE.pdf> [1 สิงหาคม 2555]

จำนงค์ อ่างมาศ. การแปลงขยะพลาสติกให้เป็นเชื้อเพลิง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยศิลปากร, 2549.

- จำนงค์ อ่างมาศ. การผลิตน้ำมันสังเคราะห์และก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก, ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2552.
- จำนงค์ อ่างมาศ และ มนต์ แซ่ด่าน. การผลิตน้ำมันสังเคราะห์และก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติก. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2550.
- ชิชาลักษณ์ บุญมาสู่ และ ณัฐวุฒิ หอกิตติกุล. การลดปริมาณกำมะถันในน้ำมันจำลองด้วยไททานเนียมไดออกไซด์ที่มีรูพรุน. Senior project, ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.
- เชาว์ นกอยู่. ทิศทางใหม่ของการจัดการขยะมูลฝอย : ของเสียสู่พลังงาน. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: <http://www.pcd.go.th> [14 เมษายน 2555]
- ซิงเกิ้ล พอยท์ พาร์ท. ระบบรีไซเคิลและคัดแยกมูลฝอยเพื่อนำพลาสติกไปแปรรูปเป็นน้ำมัน. [ออนไลน์]. 2549 แหล่งที่มา: http://www.polymerenergythailand.com/waste_fuel/divisions2.php [5 สิงหาคม 2555]
- ซิงเกิ้ล พอยท์ พาร์ท. Polymer Energy Technology นวัตกรรมการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน. การแถลงข่าวเปิดตัวโครงการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน, 2551.
- ตติยา ใจบุญ. วิกฤตการณ์น้ำมันโลก: กับชะตากรรมมนุษย์ในวิถีบริโภคนิยม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ประพันธ์สาส์นจำกัด, 2545.
- เทศบาลนครขอนแก่น. สำนักงาน. ผลการทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปขยะเป็นน้ำมัน. รายงานโครงการส่งเสริมการแปรรูปขยะเป็นน้ำมัน เทศบาลนครขอนแก่น, 2554.
- เทศบาลหัวหิน สำนักงาน. เอกสารรายงานผลการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติก, 2550.
- เทอร์ม เอนจิเนียริง. เอกสารรายงานผลการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติก, 2550.
- ธีรวิทย์ ทับทอง. การดูดซับไอออนโลหะหนักในน้ำเสียด้วยวัสดุชีวมวลเหลือทิ้งที่ถูกตรึงเป็นเม็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2541.
- ธุรกิจพลังงาน. กรม. กำหนดมาตรฐานไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน). [ออนไลน์]. 2549. แหล่งที่มา: <http://www.doeb.go.th/knowledge/data/biodiesel/community2.pdf> [5 เมษายน 2555]

- ธุรกิจพลังงาน. กรม. ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง การกำหนดลักษณะ และคุณภาพไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน). [ออนไลน์]. 2549. แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bers/biodiesel/community.biodiesel_2007.pdf [5 เมษายน 2555]
- ธุรกิจพลังงาน. กรม. สถานการณ์น้ำมันเชื้อเพลิงปี 2554 และแนวโน้มปี 2555. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: http://www.doeb.go.th/press/data/report_dec54.pdf [14 กรกฎาคม 2555]
- นางพวงศ จีรวรากุล และ พิสิทธิ์ เจริญรัตน์. การกำจัดซัลเฟอร์ในน้ำมันเชื้อเพลิงโดยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์. Senior project, ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.
- นโยบายและแผนพลังงาน. สำนักงาน. แปลงขยะพลาสติกไร้ค่าเป็นน้ำมันทางออกวิกฤตพลังงาน. วารสารนโยบาย 80 (เมษายน-มิถุนายน 2551) : 12.
- นโยบายและแผนพลังงาน. สำนักงาน. สถานการณ์พลังงานปี 2554. [ออนไลน์]. 2554 แหล่งที่มา: http://www.energy.go.th/sites/all/files/situation54_trend55.pdf [12 เมษายน 2555]
- บุญรักษ์ กาญจนวรรณิชย์. ถ่านกัมมันต์(ถ่านปลุกฤทธิ์). [ออนไลน์]. 2552. แหล่งที่มา: http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=552&Itemid=176 [1 สิงหาคม 2555]
- พรรัตน์ และ กฤษฎา. พลังงานทางเลือกการรีไซเคิลขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน. [ออนไลน์]. 2551. แหล่งที่มา: <http://ftiweb.off.fti.or.th/iei/file/information/65/> [5 มกราคม 2555]
- พิศมัย เจนวนิชปัญจกุล และ ลลิตา อัตนโก. รอบรู้เรื่องราวไบโอดีเซล. ครั้งที่ 1.สมุทรปราการ: ฟินิกการพิมพ์, 2549.
- วิจัยพลังงานจุฬา. สถาบัน. โครงการส่งเสริมการแปรรูปขยะเป็นน้ำมัน ในส่วนบริหารโครงการฯ. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2554.
- ศิริรัตน์ จิตการค้า. จากขยะสู่น้ำมัน เทคโนโลยีผลิตพลังงานทางเลือกที่ดูแลสิ่งแวดล้อม. ฉบับที่ 3, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.
- ศักดิ์นันท์ นันตัง. การกำจัดกำมะถันอินทรีย์ในเชื้อเพลิงเหลวโดยการดูดซับซีโอไลต์ที่แลกเปลี่ยนไอออนโลหะ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

- ศักดิ์พิเชษฐ พิพัฒน์กุล และคณะ. การปรับปรุงคุณภาพ. [ออนไลน์]. 2551. แหล่งที่มา: <http://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=app.eng.ubu.ac.th/~edocs/f20080118puttaporn12.doc>[1 สิงหาคม 2555]
- คันสนีย์ วิมลประดิษฐ์. พพ. หนุณกลุ่มวิชาหกิจชุมชน ต.ทับมา จ.ระยอง ผลิตไบโอดีเซล จากสบู่
ดำครบวงจร. [ออนไลน์]. 2551. แหล่งที่มา://www.technologymedia.co.th/PDF/etoday63_51/energy_today.pdf [1 สิงหาคม 2555]
- สิทธิศักดิ์ ครอบเดช. การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันพืชหลังการใช้ เพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543.

ภาษาอังกฤษ

- Mani, M., Subash, C., and Nagarajan, G., Performance emission and combustion characteristic of a DI diesel Engine using waste plastic oil. Journal of Applied Thermal Engineering, 29 (2009): 2738 - 2744.
- Mani, M., Nagarajan, G. and Sampath S. Characterisation and effect of using waste plastic oil Diesel fuel blends in compression ignition engine. Journal of Energy. 36 (2011): 212-219.
- Yoon Wang L., Park Jong S., Jung Heon, Lee Ho T. and Lee Deuk K. Optimization of pyrolytic coprocessing of waste plastics and waste motor oil into fuel oils using statistical pentagonal experimental design. Journal of Fuel. 78 (1999) : 809-813.
- Fujishima, A., Hashimoto, K., Watamabe, T. "TiO₂ Photocatalysis: Fundamentals and Applications" BKC, Tokyo, 1999. อ้างถึงใน ชีชาลักษณ์ บุญมาสู่ และ ณัฐวุฒิ หกิตติกุล. การลดปริมาณกำมะถันในน้ำมันจาลองด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีรูพรุน. Senior project, ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.
- Hu, Y., Yuan, C. "Low-temperature preparation of photocatalytic TiO₂ thin film from anatasesols" Journal of Crystal Growth 274, 2005, 563-568. Reutergardh, L.B. and langphasuk, M "Photocatalytic decolourization of reactive azo dye: A comparison between TiO₂ and CdS photocatalysis" Chemosphere. 35:3, 1997,585-596. อ้างถึงใน ชีชาลักษณ์ บุญมาสู่ และ ณัฐวุฒิ หกิตติกุล. การลดปริมาณกำมะถันในน้ำมันจาลองด้วย

ไททานเนียมไดออกไซด์ที่มีรูพรุน. Senior project, ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

Ralph, T, Yang. Adsorbents: Fundamentals and Applications. United States of America:
John Wiley & Sons, 1998.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก



ขยะจากหลุมฝังกลบ



ขั้นตอนการลำเลียง คัดแยก ทำความสะอาด
ขยะพลาสติก และทำให้แห้ง



ป้อนขยะสู่กระบวนการไพโรไลซิส



กลั่นแยกน้ำมันดีเซล



น้ำมันดีเซล



ผ่านการกรอง

รูปที่ ก-1 ขั้นตอนการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมัน (เทศบาลนครระยอง)

การจัดตั้งโรงงานแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิงที่ เทศบาลนครระยอง จังหวัดระยอง เป็นเทศบาลที่สร้างโรงงานแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันนําร่อง โดยมีเป้าหมายนำขยะพลาสติกที่ฝังกลบอยู่จำนวนมาก สูโรงงานที่สามารถผลิตให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงป้อนชุมชนหรือธุรกิจประมงให้สามารถพึ่งตนเองได้ ก่อสร้างเสร็จเมื่อกลางปี 2551 สามารถรับขยะพลาสติกได้ 6 ตันต่อวัน ได้น้ำมันเชื้อเพลิง 4,500 ลิตร การจัดตั้งโครงการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันนี้เป็นความร่วมมือระหว่างเทศบาลนครระยอง และบริษัท ซิงเกิ้ล พอยท์ เอ็นเนอร์ยี แอนด์ เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด โดยการสนับสนุนจากกระทรวงพลังงาน นำเทคโนโลยีจากประเทศโปแลนด์มาทดสอบกับขยะพลาสติกในประเทศไทยผ่านกระบวนการผลิตเป็นน้ำมันดิบ ซึ่งเทศบาลนครระยองเป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแห่งแรกที่ได้เข้าร่วมโครงการ โรงงานแปรรูปพลาสติกเหลือใช้เป็นน้ำมันใช้เทคโนโลยีโพลีเมอร์ เอ็นเนอร์ยี เป็นนวัตกรรมความร่วมมือระหว่างโปแลนด์กับสหรัฐที่ได้รับการยอมรับ โดยทำการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่เครื่อง ซึ่งวัตถุดิบพลาสติกที่ใช้ นั้น มี 3 ชนิด คือ HDPE LDPE และ PP โดยยอมให้วัตถุดิบมีความปนเปื้อนได้ 20% และมีความชื้นได้ 10% โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นเครื่องจะทำงานต่อเนื่องโดยอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ กระบวนการผลิตเดินเครื่องด้วยอุณหภูมิต่ำไม่เกิน 500 องศาเซลเซียส ผลผลิตที่ได้ออกมาในรูปไอน้ำมันและแก๊สจะผ่านกระบวนการกลั่นออกมาในรูปของเหลวเข้าสู่กระบวนการไพโรไลซิส เป็นการตัดโมเลกุลพลาสติกให้สั้นลง กลายเป็นโมเลกุลของน้ำมัน ก๊าซที่ได้ นำกลับไปเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต น้ำมันเชื้อเพลิงจะลำเลียงสู่ถังบรรจุนอกจากนี้กระทรวงพลังงานขอให้บริษัท ไทยออยล์ ปตท. บางจาก และ IRPC มาร่วมมือกันซื้อผลิตภัณฑ์ไปแปรรูปทดแทนการนำเข้าน้ำมันดิบได้ สามารถกลั่นเป็นน้ำมันเบนซินและดีเซลได้ เทศบาลนครระยองจะขายน้ำมันดิบให้โรงงานกลั่นในราคาลิตรละ 18 บาท (ไทยโพสต์, 2551)

ภาคผนวก ข

ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน)

พ.ศ. ๒๕๔๙

เพื่อเป็นการส่งเสริมและสนับสนุนให้ชุมชนได้มีการผลิตและการใช้ไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๕ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติการค้ำน้ำมัน เชื้อเพลิง พ.ศ. ๒๕๔๓ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๔๘ และมาตรา ๕๐ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมายอธิบดีกรมธุรกิจพลังงานออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้เรียกว่า “ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. ๒๕๔๙

ข้อ ๒ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ ๓ ในประกาศนี้

“เครื่องยนต์การเกษตร” หมายความว่า เครื่องยนต์สูบเดียว ๔ จังหวะ สูบนอน ระบายความร้อนด้วยน้ำ”

ข้อ ๔ ประกาศนี้มีให้ใช้บังคับกับไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ที่จำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายไปนอกราชอาณาจักรโดยการขนส่งทางทะเล

ข้อ ๕ ภายใต้บังคับของข้อ ๑๑ ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ให้เป็นไปตามรายละเอียดแนบท้ายประกาศนี้

การเติมสารเติมแต่งในไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ให้ผู้ค้ำน้ำมันแจ้งขอความเห็นชอบและต้องได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงานก่อน จึงจะดำเนินการได้

ข้อ ๖ ให้ผู้ค้ำน้ำมันที่ประสงค์จะจำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ยื่นแบบแจ้งขอรับความเห็นชอบการจำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พร้อมเอกสารประกอบต่ออธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน ตามแบบ นพ. ๔๒๕ ทำयประกาศนี้

ข้อ ๗ เมื่ออธิบดีให้ความเห็นชอบการจำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ตามที่ผู้ค้าน้ำมันแจ้งแล้ว กรมธุรกิจพลังงานจะออกหนังสือรับรองการให้ความเห็นชอบ ตามแบบ นพ. ๔๒๖ ท้ายประกาศนี้

หนังสือรับรองการให้ความเห็นชอบตามวรรคหนึ่ง ให้มีกำหนดระยะเวลาไม่เกิน ๓ ปี นับแต่วันที่ออก

ข้อ ๘ ผู้ค้าน้ำมันที่ได้รับความเห็นชอบให้จำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ตามข้อ ๗ ต้องปฏิบัติตามเงื่อนไข ดังนี้

(๑) ติดป้ายแสดงชื่อ “ไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) สูบเดียว ๔ จังหวะ สูบนอน ระบายความร้อนด้วยน้ำ” ขนาดตัวอักษรไม่ต่ำกว่า ๕ เซนติเมตร ณ จุดจำหน่ายให้เห็นได้อย่างชัดเจน

(๒) ผลิตหรือจำหน่ายไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ณ สถานที่ที่กำหนดไว้ในหนังสือรับรอง

(๓) จัดเก็บตัวอย่างไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) เพื่อส่งมอบให้แก่พนักงานเจ้าหน้าที่ทำการตรวจสอบลักษณะและคุณภาพตามความจำเป็น เป็นครั้งคราวตามคำสั่งของพนักงานเจ้าหน้าที่

(๔) รายงานข้อมูลการจัดการจัดหา การจำหน่าย และยอดคงเหลือของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ตามแบบ นพ. ๔๒๗ ท้ายประกาศนี้ ต่อกรมธุรกิจพลังงาน ภายในวันที่ ๑๕ ของเดือนถัดไป

(๕) ผู้ค้าน้ำมันที่ประสงค์จะทำการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติม ชื่อ สถานที่ตั้งสำนักงานใหญ่ สถานที่ผลิต สถานที่จำหน่าย หรือรายละเอียดใด ๆ ที่ได้แจ้งหรือระบุไว้ในแบบแจ้งซึ่งได้รับความเห็นชอบแล้ว ให้ทำหนังสือแจ้งต่อกรมธุรกิจพลังงาน ล่วงหน้าไม่น้อยกว่า ๑๕ วัน ก่อนวันที่ประสงค์จะเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติม แล้วแต่กรณี

(๖) ผู้ค้าน้ำมันที่ประสงค์เลิกการผลิต การจำหน่าย ไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร(ไบโอดีเซลชุมชน) ให้ทำหนังสือแจ้งต่อกรมธุรกิจพลังงาน ภายในสามสิบวันนับแต่วันที่เลิกการผลิตการจำหน่าย แล้วแต่กรณี

ข้อ ๙ การยื่นแบบแจ้งเพื่อขอรับความเห็นชอบตามข้อ ๖ ให้ยื่น ณ สถานที่ ดังต่อไปนี้

(๑) กรณีสถานประกอบการ หรือสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร ให้ยื่นที่ ศูนย์บริการจุดเดียวเบ็ดเสร็จ กรมธุรกิจพลังงาน

(๒) กรณีสถานประกอบการหรือสำนักงานแห่งใหญ่ตั้งอยู่ในจังหวัดอื่น ๆ ให้ยื่นต่อ สำนักงานพลังงานภูมิภาค ที่กำกับดูแลในเขตรับผิดชอบจังหวัดนั้น หรือหน่วยงานบริการธุรกิจพลังงาน ณ จังหวัดที่สถานประกอบการตั้งอยู่

ข้อ ๑๐ ให้ผู้ค้าน้ำมันซึ่งอยู่ในข่ายที่จะต้องขอรับความเห็นชอบการจำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ในวันที่ประกาศนี้มีผลใช้บังคับ ยื่นแบบแจ้งขอรับความเห็นชอบการจำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ภายในหกสิบวันนับแต่วันที่ประกาศนี้มีผลใช้บังคับ

ข้อ ๑๑ ลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ที่ผู้ค้าน้ำมันจำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายดังต่อไปนี้ จะไม่เป็นไปตามที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายประกาศนี้ก็ได้ แต่ผู้ค้าน้ำมันต้องแจ้งลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดังกล่าว เฉพาะส่วนที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้าย เพื่อขอความเห็นชอบและต้องได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงานก่อน

(๑) ไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) เพื่อการส่งออกไปนอกราชอาณาจักร นอกจากการขนส่งทางทะเล

(๒) ไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) เพื่อการนำไปใช้ตามโครงการหรือนโยบายของรัฐบาล หรืองานวิจัย

(๓) ไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ที่นำเข้ามาในราชอาณาจักรสำหรับใช้ตามโครงการหรือนโยบายของรัฐบาล หรืองานวิจัย

(๔) ไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) ที่นำเข้ามาในราชอาณาจักรสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล

(๕) ไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) เพื่อการจำหน่ายให้แก่ผู้ค้าน้ำมันซึ่งเป็นผู้ผลิตไบโอดีเซล สำหรับนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล

(๖) ไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) เพื่อการจำหน่ายให้แก่ผู้ค้าน้ำมันสำหรับวัตถุประสงค์ตาม (๑)

(๗) ไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) เพื่อการจำหน่ายให้แก่ผู้ผลิตไบโอดีเซล หรือผู้ค้าน้ำมันตามมาตรา ๗ สำหรับวัตถุประสงค์ตาม (๒)

ข้อ ๑๒ การขอและการให้ความเห็นชอบตามข้อ ๕ วรรคสอง และข้อ ๑๑ ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่อธิบดีกรมธุรกิจพลังงานกำหนด

ประกาศ ณ วันที่ ๓๐ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๔๙

พานิช พงศ์พิโรดม

อธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน

รายละเอียดแบบทำยประกาศกรมธุรกิจพลังงาน
เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน)
พ.ศ. ๒๕๕๙

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ ^{1/}	
1	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Density at 15 °C, kg/m ³)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	860 900	ASTM D 1298
2	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เซลตีสโตกส์ (Viscosity at 40 °C, cSt)	ไม่ต่ำกว่า ไม่สูงกว่า	1.9 8.0	ASTM D 445
3	จุดวาบไฟ อากาศเซลเซียส (Flash Point, °C)	ไม่ต่ำกว่า	120	ASTM D 1298
4	กำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur, %wt)	ไม่สูงกว่า	0.0015	ASTM D 2622
5	จำนวนซีเทน (Cetane number)	ไม่ต่ำกว่า	47	ASTM D 613
6	เถ้าซัลเฟต ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphated ash, %wt)	ไม่สูงกว่า	0.02	ASTM D 874
7	น้ำและตะกอน ร้อยละโดยปริมาตร (Water and Sediment, % vol)	ไม่สูงกว่า	0.2	ASTM D 2709
8	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper strip corrosion)	ไม่สูงกว่า	หมายเลข3	ASTM D 130
9	ค่าความเป็นกรด มิลลิกรัมโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม (Acid number, mgKOH/g)	ไม่สูงกว่า	0.8	ASTM D 664
10	กลีเซอรินอิสระ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Free glycerin, %wt)	ไม่สูงกว่า	0.02	ASTM D 6584
11	กลีเซอรินทั้งหมด ร้อยละโดยน้ำหนัก (Total glycerin, %wt)	ไม่สูงกว่า	1.5	ASTM D 6584

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ
12	สี (Colour)	ม่วง ^{2/}	ตรวจพินิจ ด้วยสายตา
13	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจาก อธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน	

หมายเหตุ 1/ วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นเทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียด

2/ ใช้สารประกอบประเภท 1,4-dialkylamino anthraquinone และ alkyl derivatives of azobenzene-4-azo-2-naphthol

ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน
เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล
(ฉบับที่ ๕) พ.ศ. ๒๕๕๔

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขปรับปรุงข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซลให้เหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล และเป็นไปตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทน ๑๕ ปี อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๕ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติการค้าน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. ๒๕๔๓ อธิบดีกรมธุรกิจพลังงานออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้เรียกว่า “ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล (ฉบับที่ ๕) พ.ศ. ๒๕๕๔”

ข้อ ๒ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันที่ ๑ พฤษภาคม ๒๕๕๔ เป็นต้นไป

ข้อ ๓ ให้ยกเลิก

(๑) ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๕๓

(๒) ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๕๔

(๓) ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล (ฉบับที่ ๔) พ.ศ. ๒๕๕๔

ข้อ ๔ ประกาศนี้มีให้ใช้บังคับกับน้ำมันดีเซลที่จำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายไปนอกราชอาณาจักรโดยการขนส่งทางทะเล

ข้อ ๕ ให้กำหนดน้ำมันดีเซล เป็น ๒ ประเภท คือ

(๑) น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว

(๒) น้ำมันดีเซลหมุนช้า

ข้อ ๖ ภายใต้บังคับของข้อ ๗ ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซลให้เป็นไปตามรายละเอียดแนบท้ายประกาศนี้การเติมสารเติมแต่งในน้ำมันดีเซล ให้ผู้ค้าน้ำมันแจ้งขอความเห็นชอบและต้องได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงานก่อน จึงจะดำเนินการได้

ข้อ ๗ ลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซลที่ผู้ค้าน้ำมันจำหน่ายหรือมีไว้เพื่อจำหน่ายดังต่อไปนี้ จะไม่เป็นไปตามที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายประกาศนี้ก็ไม่ได้ แต่ผู้ค้าน้ำมันต้องแจ้งลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดังกล่าวเฉพาะส่วนที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายเพื่อขอความเห็นชอบและต้องได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงานก่อน

(๑) น้ำมันดีเซลสำหรับการส่งออกไปนอกราชอาณาจักร นอกจากการขนส่งทางทะเล

ทั้งนี้ ให้รวมถึงน้ำมันดีเซลที่นำเข้ามาในราชอาณาจักรเพื่อวัตถุประสงค์นี้ด้วย

(๒) น้ำมันดีเซลสำหรับการนำไปใช้กับยานพาหนะที่ส่งออกไปนอกราชอาณาจักร

(๓) น้ำมันดีเซลสำหรับการนำไปใช้ในการอื่นนอกเหนือจากการใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลทั้งนี้ ให้รวมถึงน้ำมันดีเซลที่นำเข้ามาในราชอาณาจักรเพื่อวัตถุประสงค์นี้ด้วย

(๔) น้ำมันดีเซลสำหรับการนำไปใช้กับเรือเดินทะเล ทั้งนี้ ให้รวมถึงน้ำมันดีเซลที่นำเข้ามาในราชอาณาจักรเพื่อวัตถุประสงค์นี้ด้วย

(๕) น้ำมันดีเซลสำหรับการนำไปใช้ตามโครงการหรือนโยบายของรัฐบาล หรืองานวิจัย ทั้งนี้ ให้รวมถึงน้ำมันดีเซลที่นำเข้ามาในราชอาณาจักรเพื่อวัตถุประสงค์นี้ด้วย น้ำมันดีเซลหมุนเร็วตามโครงการจำหน่ายน้ำมันดีเซลสำหรับชาวประมงในเขตต่อเนื่องของราชอาณาจักร และโครงการช่วยเหลือน้ำมันให้ชาวประมง จะมีลักษณะและคุณภาพไม่เป็นไปตามรายละเอียดแนบท้ายเฉพาะข้อกำหนดดังต่อไปนี้ ข้อหนึ่งข้อใด หรือหลายข้อก็ได้

(ก) ปริมาณไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน

(ข) ปริมาณกำมะถัน แต่ทั้งนี้ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ ๐.๗ โดยน้ำหนัก

(ค) คุณสมบัติของส่วนที่กลั่นได้โดยปริมาตรในอัตราร้อยละเก้าสิบ แต่ทั้งนี้ต้องไม่สูงกว่า

๓๗๐ องศาเซลเซียส

(ง) สี

น้ำมันดีเซลหมุนเร็วตามโครงการจำหน่ายน้ำมันดีเซลสำหรับชาวประมงในเขตต่อเนื่องของราชอาณาจักร ต้องเป็นสีเขียวที่มีความเข้มเทียบเท่าสีมาตรฐานที่เตรียมได้จากการใช้น้ำมันดีเซลที่มีความเข้มของสีตามมาตรฐาน ASTM D ๑๕๐๐ เท่ากับ ๐.๕ ผสมกับสีที่เป็นสารประกอบจำพวก ๑,๔ -dialkylamino anthraquinone และ ๑,๓ benzenediol ๒,๔ - bis [(alkylphenyl) azo-] ในอัตราส่วน ๙ ต่อ ๑ โดยน้ำหนัก ปริมาณเนื้อสีที่ใช้ ๑๒ มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในการย้อมสีน้ำมันจะใช้ปริมาณเนื้อสีแตกต่างจากที่กำหนดก็ได้ แต่ความเข้มของสีต้องเทียบเท่าสีเขียวมาตรฐานที่กำหนดไว้ข้างต้น

น้ำมันดีเซลหมุนเร็วตามโครงการช่วยเหลือน้ำมันให้ชาวประมง ต้องเป็นสีม่วงที่มีความเข้มเทียบเท่าสีมาตรฐานที่เตรียมได้จากการใช้น้ำมันดีเซลที่มีความเข้มของสีตามมาตรฐาน ASTM D ๑๕๐๐ เท่ากับ ๐.๕ ผสมกับสีที่เป็นสารประกอบจำพวก ๑,๔ - dialkylamino anthraquinone และ ๒ -naphthalenol [(phenylazo) phenyl] azo alkyl derivatives ในอัตราส่วน ๑ ต่อ ๑ โดยน้ำหนัก ปริมาณเนื้อสีที่ใช้ ๒๐ มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในการย้อมสีน้ำมันจะใช้ปริมาณเนื้อสีแตกต่างจากที่กำหนดก็ได้ แต่ความเข้มของสีต้องเทียบเท่าสีม่วงมาตรฐานที่กำหนดไว้ข้างต้น(๖) น้ำมันดีเซลหมุนเร็วสำหรับเตรียมไว้เพื่อจำหน่ายเฉพาะในข้อกำหนดข้อใดข้อหนึ่งหรือหลายข้อ ดังนี้

คุณสมบัติการหล่อลื่น และปริมาณไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันหรือเพื่อ
 จำหน่ายให้แก่ผู้ค้าน้ำมันตามมาตรา ๗ ตามวัตถุประสงค์นี้ด้วย

(๗) น้ำมันดีเซลที่ผู้ค้าน้ำมันตามมาตรา ๗ นำเข้ามาในราชอาณาจักร สำหรับใช้เป็น
 วัตถุประสงค์ในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง หรือเพื่อจำหน่ายให้กับผู้ค้าน้ำมันตามมาตรา ๗ ตาม
 วัตถุประสงค์นี้ด้วย

(๘) น้ำมันดีเซลสำหรับการจำหน่ายให้แก่ผู้ค้าน้ำมันตามมาตรา ๗ เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบ
 ในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง

(๙) น้ำมันดีเซลสำหรับการจำหน่ายให้แก่ผู้ค้าน้ำมันตาม (๑) (๒) (๓) (๔) และ (๕)

ข้อ ๘ การขอและการให้ความเห็นชอบตามข้อ ๖ วรรคสอง และข้อ ๗ ให้เป็นไปตาม
 หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่อธิบดีกรมธุรกิจพลังงานกำหนด

ข้อ ๙ ประกาศนี้ไม่กระทบกระเทือนการให้ความเห็นชอบการเติมสารเติมแต่งในน้ำมัน
 ดีเซลหรือการให้ความเห็นชอบลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซลที่ได้ให้ความเห็นชอบไปแล้ว
 ก่อนวันที่ประกาศนี้มีผลใช้บังคับ และให้คงใช้ได้ต่อไปเท่าที่ไม่ขัดหรือแย้งกับประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ ๒๐ เมษายน พ.ศ. ๒๕๕๔

วีระพล จิรประดิษฐกุล

อธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน

รายละเอียดแบบท้ายประกาศกรมธุรกิจพลังงาน
เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล (ฉบับที่ ๕)

พ.ศ. ๒๕๕๔

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด	น้ำมันดีเซล		วิธีทดสอบ ^{1/}
			หมุนเร็ว	หมุนช้า	
1	ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ	ไม่ต่ำกว่า	0.81	-	ASTM
	15.6/15.6 องศาเซลเซียส (Specific gravity at 15.6/15.6 °C)	ไม่สูงกว่า	0.87	0.92	D 1298
2	จำนวนซีเทน (Cetane number) หรือ				ASTM
	ดัชนีซีเทน (Calculated cetane index)				D 613
3	ก่อนวันที่ 1 ม.ค. 55	ไม่ต่ำกว่า	47	45	ASTM
	ตั้งแต่วันที่ 1 ม.ค. 55 เป็นต้นไป	ไม่ต่ำกว่า	50	45	D 976
	ความหนืด เซนติสโตกส์				ASTM
	(Viscosity, cSt)				D 445
	3.1 ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (at 40 °C)	ไม่ต่ำกว่า	1.8	-	
		ไม่สูงกว่า	4.1	8.0	
	3.2 ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (at 50 °C)	ไม่สูงกว่า	-	6.0	
4	จุดไหลเท องศาเซลเซียส (Pour point, °C)	ไม่สูงกว่า	10	16	ASTM D 97
5	กำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur, %wt)				
	ก่อนวันที่ 1 ม.ค. 55	ไม่สูงกว่า	0.035	1.5	ASTM D 4294
	ตั้งแต่วันที่ 1 ม.ค. 55 เป็นต้นไป	ไม่สูงกว่า	0.005	1.5	ASTM D 2622

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูง ต่ำ	น้ำมันดีเซล		วิธี ทดสอบ ^{1/}
			หมุนเร็ว	หมุนช้า	
6	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper strip corrosion)	ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	-	ASTM D 130
7	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน (Oxidation stability, g/m ³)	ไม่สูงกว่า	25	-	ASTM D 2274
8	กากถ่าน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Carbon residue, %wt)	ไม่สูงกว่า	0.05	-	ASTM D 189
9	น้ำและตะกอน (Water and sediment, %vol)	ไม่สูงกว่า	0.05	0.3	ASTM D 2207
10	เถ้า ร้อยละโดยน้ำหนัก (Ash, %wt)	ไม่สูงกว่า	0.01	0.02	ASTM D 482
11	จุดวาบไฟ องศาเซลเซียส (Flash point, °C)	ไม่ต่ำกว่า	52	52	ASTM D 93
12	การกลั่น องศาเซลเซียส (Distillation, °C)				ASTM D 86
	คุณภาพของส่วนที่กลั่นได้โดย ปริมาณในอัตราร้อยละเก้าสิบ (90% Recovered)	ไม่สูงกว่า	357	-	
13	โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ร้อยละโดยน้ำหนัก(Polycyclic aromatic hydrocarbon, % wt)				ASTM D 2425
	ก่อนวันที่ 1 มกราคม 2555	-	-	-	
	ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2555 เป็นต้นไป	ไม่สูงกว่า	11	-	
14	สี (Colour)				
	14.1 ชนิดของสี (Hue)		เหลือง	น้ำตาล	ASTM
	14.2 ความเข้มของสี (Intensity)	ไม่ต่ำกว่า		4.5	D 1500
		ไม่สูงกว่า		7.5	

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูง ต่ำ	น้ำมันดีเซล		วิธีทดสอบ ^{1/}
			หมุนเร็ว	หมุนช้า	
15	ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอ์ของกรดไขมัน ร้อยละโดยปริมาตร (Methyl ester of fatty acid,% vol)	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	3	–	EN 14078
16	คุณสมบัติการหล่อลื่น รอยขีดข่วน ไมโครเมตร (Lubricity, wear scar, μm)	ไม่สูงกว่า	460	–	CEC F-06-96
17	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน			

หมายเหตุ 1/ วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้าย

ภาคผนวก ค

สัญลักษณ์	ชนิดพลาสติก	การใช้งาน	ตัวอย่าง
 PETE	PETE (Polyethylene-terephthalate)	- ขวดเครื่องดื่มที่ไม่ใช่แอลกอฮอล์ - ขวดน้ำดื่ม ขวดน้ำมันพืช	
 HDPE	HDPE (High-density Polyethylene)	- ขวดบรรจุนม - ขวดน้ำดื่ม - ขวดเครื่องสำอาง - ขวดแชมพู - ขวดสบู์เหลว - ถุง shopping หรือ retail bags	
 PVC	PVC (Polyvinyl Chloride)	- พลาสติกท่อเนื้อสัตว์ - อุปกรณ์การแพทย์ (medical tubing) - ท่อน้ำ	
 LDPE	LDPE (Low-density Polyethylene)	- ถุงบรรจุอาหารแช่แข็ง - ขวดน้ำยาสักแห้ง	
 PP	PP (Polypropylene)	- ขวดซอสมะเขือเทศ - ภาชนะบรรจุเนยเทียม - ขวดยา - อุปกรณ์การแพทย์ (medical tubing)	
 PS	PS (Polystyrene)	- กล่องใส่ CD - กล่องอาหารสะดวกซื้อ - กล่องโฟม - ถ้วยน้ำ - จานอาหาร - ภาชนะบรรจุไข่	
 OTHER	พลาสติกอื่นๆ	เป็นพลาสติกอื่นๆ นอกเหนือจากพลาสติกทั้ง 6 ประเภท พบมากมายหลายรูปแบบ เช่น สันรองเท้า ปากกา	

http://infofile.pcd.go.th/waste/waste_plasticfoam.pdf?CFID=7151761&CFTOKEN=26497

รูปที่ ข-1 ชนิดของพลาสติก (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)



รูปที่ ข-2 เครื่องระเหยแบบหมุน

คุณสมบัติของเครื่องระเหยแบบหมุน มีดังนี้

- มีชุดเครื่องแก้วกลั่นระเหยเป็นแบบแกนเฉียง (diagonal)
- ชุดเครื่องแก้วกลั่นระเหยมีพื้นที่ในการทำความเย็น 1,200 ตารางเซนติเมตร
- มีมอเตอร์ที่ตัวเครื่องในการช่วยหมุนขวดแก้วใส่สารตัวอย่าง (evaporating piston) เป็นแบบใช้ไฟกระแสตรง (DC motor) โดยมีกำลังไฟ input 50 W
- มอเตอร์มีความสามารถในการหมุนขวดแก้วใส่สารตัวอย่าง (evaporating piston) ได้ที่ความเร็ว 20-270 รอบต่อนาที โดยมีหน้าจอบริการแสดงผลความเร็วเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ (digital)
- เครื่องมีมอเตอร์ในการปรับระดับความสูงของขวดแก้วใส่สารตัวอย่าง (evaporating piston) ที่อยู่ในอ่างให้ความร้อน (hot bath) โดยสามารถปรับความสูงได้ถึง 14 เซนติเมตร
- เครื่องมีอุปกรณ์ในการตั้งจุดต่ำสุดของขวดแก้วใส่สารตัวอย่าง (evaporating piston) เพื่อป้องกันขวดแก้วกระทบอ่างให้ความร้อน (hot bath) แล้วเกิดการแตกหักได้ โดยสามารถปรับความสูงได้ 6 เซนติเมตร
- เครื่องถูกออกแบบให้ปรับหัวของเครื่องส่วนที่ยึดจับกับขวดแก้วใส่สารตัวอย่าง (evaporating piston) ได้ถึง 45°
- อ่างให้ความร้อนสามารถทำอุณหภูมิได้ตั้งแต่อุณหภูมิห้อง ถึง 180°C

- อ่างให้ความร้อนมีกำลังในการทำความร้อน (heating output) 1,300 W
- อ่างมีตัวควบคุมแบบ capillary tube controller
- มีปุ่มหมุนปรับอุณหภูมิโดยมีการแสดงผลเป็นแบบสเกล
- อ่างให้ความร้อนมีความคลาดเคลื่อน ± 5 K
- อ่างให้ความร้อนมีระบบตัดไฟเมื่อเกิดการลัดวงจร (safety circuit)
- ถ้าไฟฟ้าถูกตัดจากเครื่อง มอเตอร์จะทำการยกขวดแก้วใส่สารตัวอย่างออกจากอ่างให้ความร้อน
- สามารถตั้งเวลาในการหมุนของขวดแก้วใส่สารตัวอย่างได้
- ได้รับการรับรองผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานสากล DIN EN 60529 (IP 20)



รูปที่ ข-3 ถ่านกัมมันต์

ถ่านคาร์บอนชนิดอัดแท่ง มีคุณภาพในการดูดซับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร มีคุณสมบัติ ช่วยดูดสารพิษ กลิ่น และสี ที่ไม่พึงประสงค์ ช่วยทำให้น้ำใสขึ้น

ภาคผนวก ง

วิธีทดสอบลักษณะและคุณภาพน้ำมัน

สีและลักษณะ

ตรวจพินิจด้วยสายตา เช่น สี และความขุ่นของน้ำมัน

ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

มาตรฐาน ASTM D 1298

อุปกรณ์

- กระจกตวง 500 มิลลิลิตร
- ไฮโดรมิเตอร์
- เทอร์โมมิเตอร์

วิธีทดลอง

เทน้ำมันใส่กระจกตวง จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในกระจกตวงที่มีน้ำมัน รอให้อุณหภูมิคงที่ บันทึกอุณหภูมิก่อนและหลัง เลือกไฮโดรมิเตอร์ขนาดที่ใส่ไปแล้วพอดี ไม่จับไม่ลอยเกินไป บันทึกค่าที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์ นำผลที่ได้เปิดตารางเทียบค่าที่อุณหภูมิตามมาตรฐาน 60 °F

ความหนืด

ตามมาตรฐาน ASTM D445

อุปกรณ์

- เครื่องวัดความหนืดแบบ Kinematic viscosity
- Bath ที่ใส่ซิลิโคน
- หลอดแก้วคอคอด (Capillary tube) มีค่าคงที่ $k = 0.00786$
- นาฬิกาจับเวลา
- ลูกยาง ภาชนะใส่น้ำมัน
- เทอร์โมมิเตอร์ตามมาตรฐาน

วิธีทดลอง

ตั้งอุณหภูมิในอ่าง 40 องศาเซลเซียส ดูดน้ำมันจากภาชนะใส่น้ำมันลงใน Capillary tube ด้วยลูกยางให้ได้ปริมาตรถึงขีดสุดท้าย นำหลอด Capillary tube แหย่ลงในอ่าง ดูดน้ำมันใน Capillary tube ให้ขึ้นมาที่จุดเริ่มต้น ปล่อยลูกยางออก จับเวลาเมื่อน้ำมันเริ่มไหลจากจุดเริ่มต้นและหยุดจับเวลาเมื่อถึงขีดสุดท้าย บันทึกเวลาเป็นวินาที แล้วนำมาคำนวณ

$$v = k \times t$$

เมื่อ

v = ความหนืดจลน์ (Kinetic viscosity), Centistoke (cst)

k = ค่าคงที่ของหลอด (Capillary tube) มีค่าเท่ากับ 0.00786

t = เวลา, (sec)

จุดวาบไฟ

ตามมาตรฐาน ASTM D93

อุปกรณ์

- เครื่องมือทดสอบจุดวาบไฟ

วิธีทดลอง

เทน้ำมันตัวอย่างลงในถ้วยถึงขีด นำถ้วยที่มีน้ำมันใส่ในเครื่อง จากนั้นเปิดเครื่องตามวิธีตามเครื่อง จากนั้นรอเครื่องทำงาน เมื่อใกล้ถึงจุดวาบไฟของน้ำมันให้ปรับอัตราการให้ความร้อนเป็น 5-6 องศาเซลเซียสต่อนาที ให้เริ่มบันทึกอุณหภูมิ คอยสังเกตดูเปลวไฟในถ้วยน้ำมัน ถ้าเห็นว่ามีแสงสว่างวาบขึ้นแล้วดับไป แสดงว่าจุดนั้นคือจุดวาบไฟ เครื่องจะทำการอ่านค่า

ค่าความร้อน

อุปกรณ์

เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์

วิธีทดลอง

นำตัวอย่างใส่ถ้วย ชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำถ้วยตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักแล้ววางติดในบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ นำเส้นด้ายหรือลวดผูกติดที่แท่นยึด หยดน้ำเล็กน้อยในลูกบอมบ์ นำลูกบอมบ์ที่ใส่ตัวอย่างแล้วปิดฝาแล้วบรรจุแก๊สออกซิเจน จากนั้นใส่ลูกบอมบ์ลงในถังแคลอรีมิเตอร์ กดปุ่ม เริ่ม เครื่องจะทำงานโดยอัตโนมัติ

กำมะถัน

ทำต่อเนื่องจากวิธีทดสอบค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ คือ เมื่อเครื่องทำการหาค่าความร้อนเสร็จแล้ว นำลูกบอมบ์จากเครื่องมาปล่อยก๊าซออก จากนั้นชะล้างกระบอกลูกบอมบ์ด้วยน้ำกลั่น เพื่อนำสารที่อยู่ในกระบอกมาหาค่าปริมาณกำมะถัน เมื่อล้างเสร็จใส่ของเหลวที่ล้างใส่ปิกเกอร์ หยดเมทิลเรดลงในปิกเกอร์จะได้เป็นสีชมพูอ่อน ไตรเอตทด้วยสารละลาย Na_2CO_3 จนเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน นำไปตั้งไฟให้พออุ่น แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง นำ

สารละลายที่ผ่านการกรองแล้ว เติมไฮโดรคลอริก 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มให้เดือด แล้วจึงเติมแบบเรียมคลอไรด์ 10 มิลลิลิตร แล้วตั้งไฟจนเหลือปริมาตร ประมาณ 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน แล้วจึงทำการกรองร้อน

นำครุชิลิดเปลา่ เเผาที่ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง เสร็จแล้วใส่ในเดซิเคเตอร์รอให้เย็น ประมาณ 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักครุชิลิดเปลา่ บันทึกค่า

นำตะกอนที่ได้หลังการกรองร้อนมาใส่ครุชิลิดเปลา่ จะได้ปริมาณกำมะถันออกมาจากการคำนวณ

$$\%S = \frac{(A-B) \times 13.73}{C}$$

เมื่อ A = น้ำหนัก Crucible+ BaSO₄ หลังเผา ,กรัม

B = น้ำหนัก Crucible ก่อนเผา, กรัม

C = น้ำหนักของตัวอย่าง, กรัม

จุดการกลั่น

อุปกรณ์

- ชุดเครื่องการกลั่นตามมาตรฐาน ASTM D86

วิธีทดลอง

ใส่ตัวอย่างปริมาตร 100 มิลลิลิตรลงในขวดก้นกลม ประกอบชุดอุปกรณ์ เสียบปลั๊กให้ความร้อนแก่ขวดก้นกลมเพื่อทำการกลั่นน้ำมันตัวอย่าง บันทึกอุณหภูมิ ณ จุดที่เริ่มมีการกลั่นตัว 10, 50, 90 เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการกลั่น (สิทธิศักดิ์, 2543)

จำนวนซีเทน

โดยวิธี Calculated Cetane Index ตามมาตรฐาน ASTM D976

เก้าซัลเฟต

อุปกรณ์

- ถ้วยแก้วระเหย

- เตาเผา

วิธีทดลอง

เผาถ้วยระเหย ที่ 750 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ จากนั้นชั่งน้ำหนักถ้วยเปลา่ บันทึกค่า ชั่งตัวอย่าง 20 กรัม เเผาถ้วยที่บรรจุตัวอย่างโดยใช้ตะเกียงเบนเสน เพื่อไล่ควันออก เเผาไป

เรื่อย ๆ จนกว่าจะหมดควัน หยอดกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ขณะถ้วยเย็นให้พอทั่วถ้วย พอกกรดแห้งจึงตั้งไฟไล่ควันเช่นเดิม ไล่ควันจนหมดแล้ว นำถ้วยใส่เตาเผาที่ 750 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง จากนั้นรอให้ถ้วยเย็น ชั่งน้ำหนักถ้วย แล้วคำนวณหา % เถ้า

$$\% \text{ Ash} = \frac{(C-A) \times 100}{B}$$

เมื่อ A = น้ำหนักถ้วยเปล่า, กรัม

B = น้ำหนักตัวอย่าง, กรัม

C = น้ำหนักถ้วยหลังจากทำการเผาตัวอย่างแล้ว, กรัม

น้ำและตะกอน

อุปกรณ์

- หลอดเซ้นตริฟิวก์ (centrifuge tube)
- เครื่องเหวี่ยง (Centrifuge)

วิธีทดลอง

เลือกหลอดเซ้นตริฟิวก์ที่น้ำหนักใกล้เคียงกัน ตัวอย่างในหลอดเซ้นตริฟิวก์ 100 มิลลิลิตร นำหลอดเซ้นตริฟิวก์ที่มีตัวอย่างใส่เครื่องเหวี่ยง ตั้งเวลาประมาณ 10 – 20 นาที รอเครื่องทำงานจนเสร็จ สังเกตตะกอนที่เกิดขึ้นที่ก้นหลอด อ่านปริมาณตะกอนตามขีดบอกปริมาตรที่หลอดแล้ว บันทึกค่าที่อ่านได้

การกัดกร่อนแผ่นทองแดง

อุปกรณ์

- แผ่นทองแดง
- กระดาษทรายละเอียด
- หลอดทดลอง
- ปากคีบ
- Water bath

- แผ่นมาตรฐานเทียบสี

วิธีทดลอง

ขีดแผ่นทองแดงทุกแผ่นด้วยและทุกด้านไปทางเดียวกันด้วยกระดาษทรายละเอียด โดยใส่ถุงมือจับเมื่อขีดเสร็จใช้ปากคีบ คีบแผ่นทองแดงจุ่มล้างไอโซออกเทน แล้วใช้กระดาษกรองเช็ดแผ่นทองแดงให้แห้ง

นำตัวอย่างใส่หลอดทดลอง 30 มิลลิลิตร จุ่มแผ่นทองแดงลงในตัวอย่าง จากนั้นนำหลอดทดลองที่ใส่ตัวอย่างแช่ใน Water bath ที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

เมื่อครบเวลาแล้วนำแผ่นทองแดงล้างด้วยไอโซออกเทนแล้วเช็ดด้วยกระดาษกรอง จากนั้นนำมาเทียบสีกับแผ่นสีมาตรฐาน แล้วบันทึกค่าสีที่ตรงกัน

ภาคผนวก จ

การคิดต้นทุนการผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติก

- ค่าแก๊สเชื้อเพลิง	1.96	บาทต่อลิตร
- ค่าไฟฟ้า	1.72	บาทต่อลิตร
- ค่าตัวเร่งปฏิกิริยา	0.0046	บาทต่อลิตร
- ค่าน้ำ	0.03	บาทต่อลิตร
- ค่าแรงงาน	0.7	บาทต่อลิตร
- ค่าชุด-ล้างขยะจากยอฝังกลบ	0.2	บาทต่อลิตร
- ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง	0.02	บาทต่อลิตร
- ค่าลงทุนเครื่องจักรและอาคาร	10	บาทต่อลิตร
- เงินเดือนพนักงาน	0.4	บาทต่อลิตร
เฉลี่ย	15	บาทต่อลิตร

การคิดต้นทุนการผลิตวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันด้วยการระเหยกับการใช้ถ่านไม้ดูดซับ
กำมะถัน

- ต้นทุนการผลิตน้ำมันดิบ	15	บาทต่อลิตร
- การกลั่นแยกน้ำมันดีเซลจากโรงงาน	0.033	บาทต่อลิตร
- การกลั่นระเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน	5	บาทต่อลิตร
- ถ่านไม้	2.8	บาทต่อลิตร
เฉลี่ย	22.8	บาทต่อลิตร

การคิดต้นทุนการผลิตวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันด้วยการระเหยกับการใช้ถ่านกัมมันต์ดูดซับ
กำมะถัน

- ต้นทุนการผลิตน้ำมันดิบ	15	บาทต่อลิตร
- การกลั่นแยกน้ำมันดีเซลจากโรงงาน	0.033	บาทต่อลิตร
- การกลั่นระเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน	5	บาทต่อลิตร
- ถ่านกัมมันต์	14	บาทต่อลิตร
เฉลี่ย	34	บาทต่อลิตร

หมายเหตุ : การประเมินราคาเป็นการประเมินในกรณีของโรงงานการแปรรูปขยะพลาสติกเป็น
น้ำมันของเทศบาลนครระยอง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวรัตน์ยาภรณ์ ฉายศรี เกิดเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2530 ที่จังหวัดพิจิตร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2552 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2553