แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนากระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กในพื้นที่จังหวัดตราด ผู้วิจัยได้ค้นคว้าจากเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของปาล์มน้ำมัน
2. การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันและคุณภาพทะลายปาล์ม
3. อุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil, CPO)
4. กระบวนการแยกสกัดน้ำมันจากพืชน้ำมัน
5. กระบวนการทำให้น้ำมันพืชบริสุทธิ์
6. กระบวนการผลิตไบโอดีเซล
7. เปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซล
8. การใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์
9. คุณภาพของไบโอดีเซลที่มีผลต่อเครื่องยนต์
10. กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร
11. การตรวจวัดสมรรถนะและการปล่อยมลพิษของรถยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล
12. การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม
13. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของปาล์มน้ำมัน

สถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2553 ก : 6 - 8) ได้สรุปลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของปาล์มน้ำมันดังนี้

1. ทะลายปาล์ม ประกอบด้วยก้านทะลาย ช่อทะลายย่อย และผลปาล์ม โดยมีน้ำหนักผลปาล์มร้อยละ 45 ถึง 80 ตามความสมบูรณ์และขนาดของทะลายปาล์ม เมื่อสุกแก่เต็มที่มีน้ำหนักประมาณ 1 ถึง 60 กิโลกรัม แปรตามชนิดของสายพันธุ์ อายุและปัจจัยสิ่งแวดล้อม ทะลายปาล์มที่เหมาะสมควรมีน้ำหนักระหว่าง 15 ถึง 25 กิโลกรัม เนื่องจากเป็นขนาดที่ให้สัดส่วนของผลปาล์มต่อทะลายมากที่สุด และมีค่าร้อยละของปริมาณน้ำมันสูงสุด จำนวนทะลายต่อต้นมีความแตกต่างกันตามชนิดของพันธุ์หรือความสมบูรณ์ โดยมีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนักทะลาย คือ ขนาดทะลายใหญ่จะให้จำนวนทะลายน้อย และจำนวนทะลายมากจะให้ทะลายเล็ก ลักษณะทะลายปาล์มดังภาพประกอบ 1

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 1 ทะลายปาล์มน้ำมัน
ที่มา : ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2553 ก : 6

2. ผลปาล์มน้ำมัน ไม่มีก้านผล (Sessile Drup) รูปร่างมีหลายแบบ ตั้งแต่รูปเรียวแหลมจนถึงรูปไข่หรือรูปยาวรี ความยาวผลประมาณ 2 ถึง 5 เซนติเมตร น้ำหนักผลประมาณ 3 ถึง 30 กรัม ผลปาล์มประกอบด้วยผิวเปลือกนอก (Exocarp) ชั้นเปลือกนอก (Mesocarp) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเส้นใยสีส้มแดง เมื่อสุกและมีน้ำมันอยู่ในชั้นนี้ (เรียกว่าน้ำมันเปลือกนอก) ปาล์มน้ำมันที่ปลูกเป็นการค้าโดยทั่วไปพบว่า มีสีผลที่ผิวเปลือกนอก 3 ลักษณะ คือ แบบที่ 1 เมื่อผลดิบเป็นสีเขียว ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีส้มเมื่อสุกเรียกลักษณะนี้ว่า Virescens โดยทั่วไปพบน้อยกว่า แบบที่ 2 ซึ่งเรียกว่า Nigrescens ผลดิบมีสีดำปลายผลมีสีงาช้าง และจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อสุกแล้วส่วนแบบที่ 3 เรียกว่า Albescens มีสีเปลือกเมื่อสุกเป็นสีเหลืองซีด ทั่วไปพบน้อยมากลักษณะผลปาล์ม ดังภาพประกอบ 2

ลักษณะผลปาล์มแบบ Nigrescens

ลักษณะผลปาล์มแบบ Virescens

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

ภาพประกอบ 2 ลักษณะผลปาล์มแบบต่างๆ
ที่มา : ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2553 ก : 7

จากลักษณะของผลปาล์มทำให้แบ่งชนิดของปาล์มน้ำมันได้ 3 ชนิด ดังภาพประกอบ 3 ได้แก่

2.1 ดูรา (Dura) มีกะลาหนา 2 ถึง 8 มิลลิเมตร และไม่มีวงเส้นประสีดำอยู่รอบกะลา มีชั้นเปลือกนอกบางร้อยละ 35 ถึง 60 ของน้ำหนักผล มียีนควบคุมเป็นลักษณะเด่น (Dominant, Sh+Sh+) ซึ่งใช้เป็นแม่พันธุ์

2.2 พิสิเฟอรา (Pisifera) มียีนควบคุมเป็นลักษณะด้อย (Recessive, Sh-Sh-) ลักษณะผลไม่มีกะลาหรือมีกะลาบาง มีข้อเสียคือ ช่อดอกตัวเมียมักเป็นหมัน (Abortion) ทำให้ผลฝ่อลีบ ทะลายเล็กเนื่องจากผลไม่พัฒนา ผลผลิตทะลายต่ำมากไม่ใช้ปลูกเป็นการค้า แต่ใช้เป็นต้นพ่อพันธุ์ในการผลิตลูกผสม

2.3 เทเนอรา (Tenera) มีกะลาบาง ตั้งแต่ 0.5 ถึง 4 มิลลิเมตร มีวงเส้นประสีดำอยู่รอบกะลา มีชั้นเปลือกนอกมากร้อยละ 60 ถึง 90 ของน้ำหนักผล ลักษณะเทเนอรา (Sh+Sh-) เป็นพันธุ์ทาง (Heterozygous) เกิดจากการผสมข้ามระหว่างลักษณะดูรากับพิสิเฟอรา

ผลปาล์มแบบดูร่า ผลปาล์มแบบฟิสิเฟอรา ผลปาล์มแบบเทเนอรา

ภาพประกอบ 3 ลักษณะผลปาล์มชนิดต่างๆ
ที่มา : ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2553 ก : 8

3. เมล็ดปาล์ม มีลักษณะแข็งประกอบด้วยกะลา (Endocarp)และเนื้อในขนาดของเมล็ดขึ้นอยู่กับความหนาของกะลาและขนาดของเนื้อใน กะลาจะประกอบด้วยอาหารต้นอ่อน (Endosperm) หรือเนื้อในสีขาวอมเทาซึ่งมีน้ำมันสะสมอยู่ (เรียกว่าน้ำมันเมล็ดใน)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันและคุณภาพทะลายปาล์ม

สถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2553 ข : 1 - 6) ได้สรุปวิธีการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันและคุณภาพทะลายปาล์ม ดังนี้

การเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มที่ถูกต้องจะทำให้ทะลายปาล์มมีคุณภาพ มีค่าร้อยละของปริมาณน้ำมันสูง ซึ่งมีผลต่อราคาทะลายปาล์มด้วย (ร้อยละของปริมาณน้ำมัน หมายถึง ร้อยละของน้ำหนักน้ำมันที่หีบได้เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักทะลายปาล์มสดที่เกษตรกรนำมาขายให้กับโรงงาน) ปัจจัยที่กำหนดค่าร้อยละของปริมาณน้ำมันในทะลายจะประกอบด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ องค์ประกอบของผลปาล์มน้ำมัน องค์ประกอบของทะลายปาล์ม และความสุกของผลในทะลาย ซึ่งแต่ละปัจจัยต่างก็มีผลต่อค่าร้อยละของปริมาณน้ำมันทั้งสิ้น

1. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าร้อยละของปริมาณน้ำมัน

1.1 องค์ประกอบของผลปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย 4 ส่วนดังภาพประกอบ 4 ได้แก่

1.1.1 ผิวเปลือกนอก (Exocarp) องค์ประกอบส่วนนี้เป็นผิวนอกของปาล์ม มีผลต่อค่าร้อยละของปริมาณน้ำมันน้อยมาก

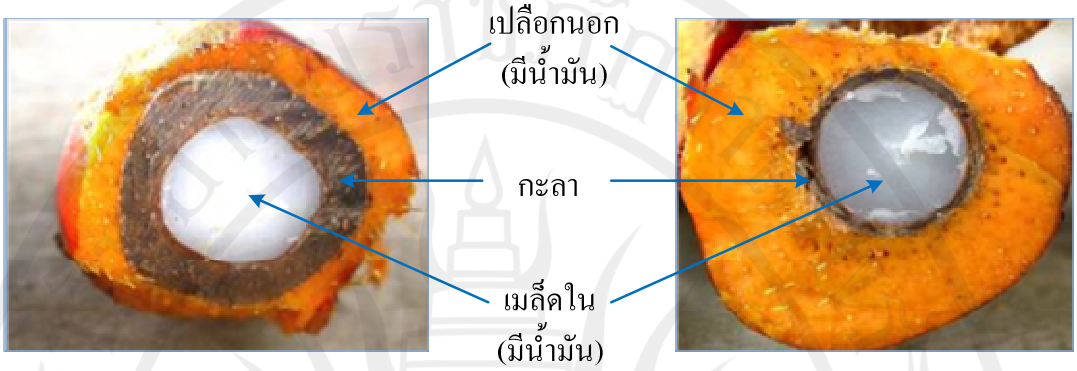
1.1.2 เปลือกนอก (Mesocarp) เป็นชั้นเนื้อเยื่อเส้นใยสีแดงส้มเมื่อปาล์มสุกจะมีน้ำมันในชั้นนี้ ความหนาของชั้นเปลือกนอกจะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดค่าร้อยละของปริมาณน้ำมัน ผลปาล์มที่มีชั้นเปลือกนอกหนา จะให้ค่าร้อยละของปริมาณน้ำมันมากกว่าผลปาล์มที่มีเปลือกนอกบาง

1.1.3 กะลา (Endocarp)เป็นเปลือกแข็งซึ่งห่อหุ้มเนื้อเยื่อภายใน เมล็ดผลปาล์มที่มีกะลาหนาจะมีค่าร้อยละของปริมาณน้ำมันของทะลายน้อยกว่าผลปาล์มที่มีกะลาบาง

1.1.4 เมล็ดใน (Kernel)เป็นเนื้อในที่มีสีขาวอมเทา เนื้อส่วนนี้จะมีน้ำมันสะสมอยู่ซึ่งไม่ค่อยมีผลต่อค่าร้อยละของปริมาณน้ำมันมากนัก เพราะองค์ประกอบนี้จะผกผันกับเปลือกนอก หากเมล็ดมีขนาดใหญ่ก็จะทำให้เปลือกนอกบางลง ซึ่งทั้ง 2 ส่วน จะมีน้ำมันอยู่

จะเห็นได้ว่าการที่ค่าร้อยละของปริมาณน้ำมันจะมีมากหรือน้อยจะต้องคำนึงตั้งแต่การคัดเลือกพันธุ์ปาล์มที่จะนำมาปลูก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ผลปาล์มที่มีกะลาหนา เปลือกนอกบาง มีปริมาณน้ำมันต่ำ

ผลปาล์มที่มีกะลาบาง เปลือกนอกหนา มีปริมาณน้ำมันสูง

ภาพประกอบ 4 ส่วนประกอบของผลปาล์มที่มีน้ำมัน
ที่มา : ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2553 ข : 1

2. องค์ประกอบของทะลายปาล์มประกอบด้วย แกนทะลาย แขนงทะลาย ผลปาล์มลีบ และผลปาล์มสมบูรณ์ ดังภาพประกอบ 5 โดยผลปาล์มจะเป็นส่วนที่มีน้ำมัน ดังนั้นหากองค์ประกอบของทะลายมีค่าร้อยละของผลปาล์มมาก ก็จะทำให้ปาล์มมีค่าร้อยละของปริมาณน้ำมันมาก แต่ในทางตรงกันข้ามหากทะลายปาล์มมีค่าร้อยละของแขนง แกนทะลาย และของผลลีบมาก ก็จะทำให้ค่าร้อยละของปริมาณน้ำมันต่ำ

ภาพประกอบ 5 องค์ประกอบของทะลายปาล์มน้ำมัน
ที่มา : ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2553 ข : 2

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3. ความสุกของผลปาล์ม โดยปกติพัฒนาการของผลปาล์มตั้งแต่ระยะติดผลจนกระทั่งผลปาล์มสุก จะใช้เวลาประมาณ 20 สัปดาห์ โดยช่วง 3 สัปดาห์แรกจะมีพัฒนาการในด้านความยาวผลปาล์ม หลังจาก 3 สัปดาห์แล้วผลปาล์มจะมีการพัฒนาของชั้นเปลือกนอกและเนื้อใน โดยการขยายของเปลือกจะดำเนินไปพร้อมกับการพัฒนาของเนื้อในและการสังเคราะห์น้ำมันในเนื้อในจนกระทั่ง 13 ถึง 14 สัปดาห์ ผลจะหยุดการขยายของเปลือกนอก หลังจากสัปดาห์ที่ 14 จะมีการสังเคราะห์น้ำมันในเปลือกชั้นนอก โดยในสัปดาห์ที่ 15 จะมีการสะสมน้ำมันอย่างรวดเร็วจนกระทั่งสัปดาห์ที่ 20 การสังเคราะห์น้ำมันในชั้นเปลือกนอกจะสิ้นสุดลง และเริ่มมีการร่วงของผล ระยะนี้ถือว่าเป็นระยะที่สุกและเหมาะสมที่จะเก็บเกี่ยว

4. คุณภาพของทะลายปาล์มกับปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ต่างกัน ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตได้แต่ละครั้งขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบ ได้แก่ ความสุกของผลปาล์ม คุณภาพพันธุ์ปาล์ม ปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ และค่าร้อยละของน้ำมันของผลปาล์ม เช่น โรงงานสกัดมีทะลายปาล์มสด 4 ชนิด ซึ่งมีค่าร้อยละของน้ำมันที่ต่างกัน คือ ร้อยละ13 15 18 และ 21 ทะลายปาล์มสดที่มีค่าร้อยละของน้ำมันที่ 13 อาจเกิดจากเกษตรกรตัดปาล์มดิบ ทะลายเน่าหรือมีสิ่งเจือปนมาก ในขณะเดียวกันทะลายที่สุกพอดี คุณภาพพันธุ์ดีจะมีค่าร้อยละของน้ำมันที่ 21 ดังตาราง 1 ซึ่งหากวัตถุดิบส่วนใหญ่ที่นำเข้ากระบวนการผลิตมีคุณภาพต่ำ จะทำให้ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตได้ต่ำไปด้วย ซึ่งมีผลต่อต้นทุนการผลิตโดยรวม

ตาราง 1 เปรียบเทียบปาล์มทะลายที่มีค่าร้อยละของน้ำมันต่างกันและน้ำหนักน้ำมันปาล์มดิบ

รายละเอียด	**ค่าร้อยละของน้ำมันจากทะลายสด**			
	13	15	18	21
1) น้ำมันที่สกัดได้จากปาล์มทะลาย 100 kg	13 kg	15 kg	18 kg	21 kg
2) น้ำหนักทะลายปาล์มที่จะให้น้ำมันปาล์มดิบ 1 กิโลกรัม	7.69 kg	6.67 kg	5.55 kg	4.76 kg

ที่มา : ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2553 ข : 6

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

อุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil : CPO)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ปลูกได้ตลอดปี เริ่มให้ผลผลิตเมื่ออายุ 2.5 ถึง 3 ปี และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นานถึง 25 ปี ต้นปาล์มที่ปลูกให้น้ำมันไร่ละประมาณ 800 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งสูงกว่าพืชน้ำมันอื่น ๆ ถึง 5 เท่า ผลปาล์มน้ำมันสามารถให้ผลผลิตน้ำมัน 2 ชนิด คือ น้ำมันปาล์มสกัดจากเนื้อปาล์มและน้ำมันเมล็ดในปาล์มสกัดจากเมล็ดปาล์ม โดยเฉลี่ยปาล์ม 1 ผล จะมีน้ำมันปาล์ม 9 ส่วน และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม 1 ส่วน น้ำมันที่สกัดจากผลปาล์มสดจะมีเบต้าแคโรทีนโปรวิตามินเอ และวิตามินอีในปริมาณสูง น้ำมันปาล์มประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว และกรดไขมันอิ่มตัวในสัดส่วนที่สมดุลด้วยเหตุที่มีวิตามินอีสูง จึงทำให้น้ำมันปาล์มมีเสถียรภาพสูง กรดไขมันไม่อิ่มตัวส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยวโอเลอิกร้อยละ 40 ขณะที่กรดไขมันอิ่มตัว ประกอบด้วยกรดปาล์มมิติก ร้อยละ 44 และกรดสเตียริกร้อยละ 5

อุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์มดิบมีกระบวนการผลิตที่สามารถสรุปเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การอบนึ่งผลปาล์ม (Fruit Bunch Sterilization) ปาล์มสดจะถูกส่งจากลานเทเข้าสู่หม้ออบโดยใช้ราง (Rail Track) ทำการอบในหม้ออบนึ่งรับแรงดันด้วยไอน้ำที่ความดัน 3 บาร์ อุณหภูมิ 130 ถึง 150 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 70 ถึง 90 นาที รวมเวลาการอบนึ่ง 2 ชั่วโมงต่อรอบ

2. การนวดแยกทะลายจากผลปาล์ม (Bunch Threshing) ผลปาล์มสดที่นึ่งเสร็จแล้วจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องนวดแยกทะลายจากผลปาล์ม โดยทะลายปาล์มเปล่าจะถูกแยกไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นวัสดุเพาะเห็ดหรือนำไปถมดินในสวนปาล์ม ส่วนผลปาล์มจะถูกส่งไปขั้นตอนที่ 3 ต่อไป

3. การกวนผลปาล์ม (Fruit Digestion) ผลปาล์มที่ถูกแยกจากเครื่องนวดแยกจะถูกส่งเข้าหม้อกวนซึ่งมีใบกวนผลปาล์มให้ยุ่ย ระหว่างการกวนจะเพิ่มความร้อนด้วยไอน้ำอุณหภูมิประมาณ 80 ถึง 90 องศาเซลเซียส และกวนไว้ประมาณ 15 นาทีในหม้อกวน เพื่อช่วยให้ส่วนที่เป็นน้ำมันหรือเนื้อเยื่อของผลปาล์มแยกออกจากส่วนที่เป็นเมล็ดใน (Nut) ง่ายต่อการหีบหรือบีบน้ำมันออกในขั้นตอนต่อไป

4. การหีบหรือบีบน้ำมันจากผลปาล์ม (Pressing) ผลปาล์มจากหม้อกวนจนนิ่มแล้วจะถูกส่งเข้าเครื่องบีบน้ำมัน (Screw Press) น้ำมันปาล์มจะถูกแยกออกจากส่วนที่เป็นของแข็งซึ่งประกอบด้วยเมล็ดและไฟเบอร์ และส่วนของแข็งจะถูกแยกออกจากกันโดยใช้ระบบแยกด้วยลม จากนั้นนำเมล็ดปาล์มแยกเข้าเครื่องกะเทาะให้เมล็ดแตก ได้เมล็ดใน (Kernel) และกะลา (Shell) จากนั้นนำเมล็ดในและกะลาเข้าเครื่องแยกด้วยลมและความถ่วงจำเพาะ (Clay Bath) เพื่อแยกเมล็ดในและกะลาออกจากกัน เส้นใยที่เหลือจากการหีบน้ำมันจะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำในโรงงาน ส่วนกะลาก็จะนำไปขายเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงต่อไป สำหรับน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดหรือบีบออกมาได้จะส่งไปกรองเพื่อแยกสิ่งสกปรกหรือสิ่งเจือปน

5. การกลั่นกรองแยกสิ่งสกปรกหรือสิ่งเจือปนออกจากน้ำมันปาล์ม (Clarification and Centrifugation) ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้

5.1 การกรองน้ำมันดิบ น้ำมันปาล์มดิบที่บีบได้จะผ่านตะแกรงสั่นเพื่อแยกกากเส้นใยและอนุภาคของแข็งขนาดเล็ก เช่น เศษทรายออกจากน้ำมันดิบ

5.2 การแยกน้ำมันในถังจม น้ำมันปาล์มที่ผ่านการแยกเศษทรายจะเข้าไปยังถังดักจม (Setting Tank) เพื่อแยกน้ำมันและส่วนปนเปื้อนออกจากกัน โดยให้ความร้อนด้วยไอน้ำโดยตรงหรืออาจจะให้ความร้อนผ่านท่อปิด การแยกน้ำและน้ำมันออกจากกันอาศัยแรงโน้มถ่วงในการแยกน้ำและอนุภาคของแข็งจะจมอยู่ด้านล่างของถังจมส่วนน้ำมันที่ลอยอยู่ด้านบนของถังจะนำไปผ่านกรวยดักเก็บเพื่อทำให้บริสุทธิ์ต่อไป เนื่องจากน้ำที่แยกได้จากถังจมยังมีน้ำมันและอนุภาคของแข็งเจือปนอยู่ (น้ำสลัดจ์) จึงต้องนำไปผ่านเข้าเครื่อง Decanter เพื่อแยกเอาน้ำ น้ำมัน และกากของแข็ง (Decanter Cake) ออกจากกัน น้ำมันที่ได้จากเครื่องแยกดังกล่าว จะนำไปรวมกับน้ำมันอีกครั้งโดยใช้บ่อซึ่งมีการพ่นไอน้ำผสมลงไปเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ ส่งผลให้น้ำมันแยกตัวจากน้ำได้ดี น้ำมันที่ได้จากการแยกนี้จะนำกลับไปรวมกับน้ำมันที่ถังจม ส่วนน้ำที่เหลือจะส่งไปที่ระบบบำบัดน้ำเสีย

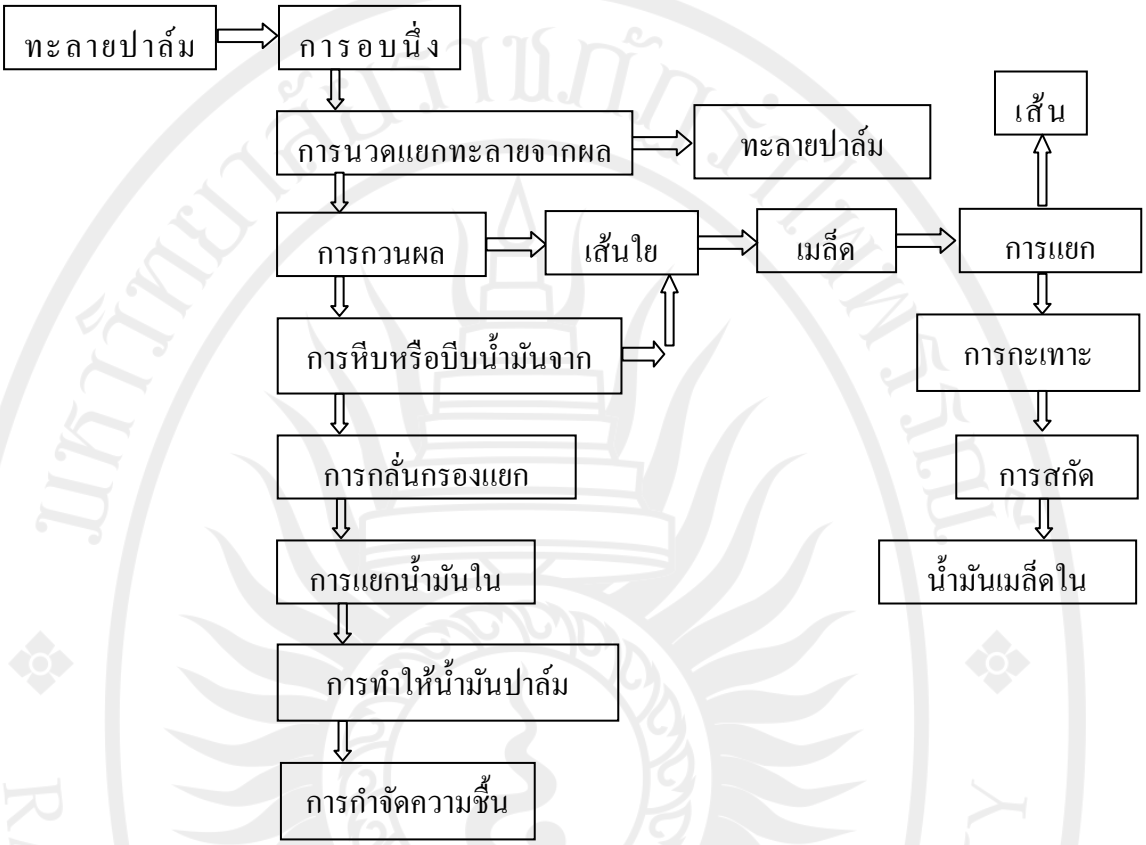
5.3 การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ น้ำมันที่ได้จากการแยกโดยใช้ถังจมยังมีความชื้นและสิ่งเจือปนต่าง ๆ อยู่ จึงต้องนำไปผ่านเข้าเครื่องทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ เพื่อเหวี่ยงแยกสิ่งเจือปนออก

5.4 การกำจัดความชื้น น้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ยังมีน้ำเจือปนอยู่เล็กน้อย การกำจัดน้ำออกทำได้โดยการระเหยน้ำภายใต้สุญญากาศ (Vacuum) โดยค่าความชื้นและสิ่งสกปรกในน้ำมันปาล์มดิบมีค่ารวมกันไม่เกินร้อยละ 0.5

5.5 การบีบน้ำมันจากเมล็ดในปาล์มดิบ เป็นการนำเมล็ดใน (Kernel) ที่อบแห้งแล้วไปทำการบีบเอาน้ำมันเมล็ดในออก โดยตีให้แตกด้วยเครื่องตีเมล็ดใน (Grinder) แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดเมล็ดใน (Roller Crucher) ก่อนนำเข้าเครื่องบีบเมล็ดใน น้ำมันที่ได้จะส่งเข้าถังเพื่อรอจำหน่าย ซึ่งเรียกว่าน้ำมันปาล์มดิบ

ขั้นตอนทั้งหมดนี้จำเป็นต้องใช้น้ำและพลังงานในการขับเคลื่อนเครื่องจักรค่อนข้างมาก ทำให้เกิดน้ำเสียที่เกิดจากขั้นตอนการนึ่งผลปาล์มและการแยกน้ำออกจากน้ำมัน ซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีสิ่งสกปรกอยู่ในรูปของไขมัน น้ำมัน และสารอินทรีย์ปนเปื้อน หากไม่มีการบำบัดความสกปรกในน้ำเสียเหล่านี้ ก่อนระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวน (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2551 : 7)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ 6 ขั้นตอนของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม
ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2551 : 8

กระบวนการแยกสกัดน้ำมันจากพืชน้ำมัน

กระบวนการแยกสกัดน้ำมันจากพืชน้ำมัน (Oil Extraction) มีวิธีการแยกได้ 2 วิธีดังนี้

1. การสกัดน้ำมันด้วยการบีบอัด (Pressing) เหมาะสำหรับพืชน้ำมันที่มีปริมาณน้ำมันเป็นองค์ประกอบมากกว่าร้อยละ 25 เช่น เนื้อมะพร้าวแห้ง ผลปาล์มน้ำมัน ถั่วลิสง เมล็ดละหุ่ง โดยการบีบอัดน้ำมันออกจากเมล็ดหรือผลของพืชน้ำมันนั้น ๆ ด้วยเครื่องสกัดแบบเกลียวอัด (Expeller)

2. การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction) เหมาะสำหรับพืชน้ำมันที่มีปริมาณน้ำมันต่ำกว่าร้อยละ 25 เช่น ถั่วเหลือง รำข้าว เมล็ดฝ้าย เมล็ดนุ่น โดยใช้ตัวทำละลาย เช่น เฮกเซน สกัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืชน้ำมันนั้น ๆ ด้วยการละลายในเครื่องสกัด (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2550 : 10)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กระบวนการทำให้น้ำมันพืชบริสุทธิ์ (Purification)

น้ำมันพืชแต่ละชนิดที่สกัดจากเมล็ดหรือผลพืชน้ำมัน ยังเป็นน้ำมันพืชดิบที่มีส่วนประกอบของกรดไขมันอิสระ สี กลิ่น และสิ่งเจือปนอื่น ๆ ซึ่งไม่เหมาะที่จะใช้เพื่อการบริโภค รวมทั้งใช้ในการผลิตไบโอดีเซล จำเป็นต้องกำจัดสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ออกหรือทำให้บริสุทธิ์ก่อน จึงสามารถใช้และเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานานได้ ซึ่งมี 2 วิธี คือ

1. การทำให้บริสุทธิ์โดยวิธีทางเคมีหรือทำปฏิกิริยากับด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระในปริมาณที่พอเหมาะกับปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่จะได้เอสเทอร์หรือไบโอดีเซลที่ต้องการ แต่จะต้องล้างสบู่และด่างที่มากเกินพอออกจนน้ำมันมีสภาพเป็นกลาง วิธีนี้จึงมีการสูญเสียน้ำมันสูง และต้องทำการฟอกสีและดูดกลิ่นตามลำดับ

2. การทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีทางกายภาพ เป็นกรรมวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบันโดยนำน้ำมันมะพร้าวหรือน้ำมันปาล์มดิบจากกระบวนการสกัด เข้าทำการกำจัดยางเหนียวด้วยกรดฟอสฟอริก ฟอกสีด้วยผงฟอกสี จากนั้นจึงส่งน้ำมันเข้าสู่กระบวนการกลั่นที่อุณหภูมิสูงและความดันต่ำกว่าบรรยากาศ เพื่อแยกกรดไขมัน กลิ่น และสีออก แล้วกรองอีกครั้งจึงได้น้ำมันบริสุทธิ์ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2550 : 12)

กระบวนการผลิตไบโอดีเซล

กระบวนการผลิตไบโอดีเซล ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. Pre-treatment เป็นการสกัดยางเหนียว สิ่งสกปรกและน้ำออกจากน้ำมันปาล์มดิบ

2. Reaction Step เป็นการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชั่น โดยการเติมเมทานอลหรือใช้เอทานอลพร้อมทั้งสารเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ภายใต้อุณหภูมิสูงได้เป็นเมทิลเอสเตอร์หรือเอทิลเอสเตอร์ พร้อมทั้งได้กลีเซอรีนในสัดส่วนประมาณร้อยละ 10 ซึ่งจะถูกแยกออกจากไบโอดีเซลหลังจากที่ปล่อยให้เกิดการแยกชั้น

3. Washing เป็นการนำเอาไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชั่นไปล้างน้ำเพื่อกำจัดกลีเซอรีน และสารปนเปื้อนอื่น ๆ ที่สามารถละลายน้ำได้

4. Methanol Recovery เป็นกระบวนการกลั่น เพื่อดึงเมทานอลที่เหลือจากปฏิกิริยากลับมาใช้ใหม่

5. Drying เป็นการกำจัดน้ำออกจากไบโอดีเซล

6. Glycerin Evaporation Unit เป็นการทำกลีเซอรีนให้บริสุทธิ์ที่ร้อยละ 80

7. Glycerin Distillation Unit เป็นการทำกลีเซอรีนบริสุทธิ์ที่ร้อยละ 99.7 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ม.ป.ป. : 12)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยรามคำแหง

เปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซล

ไบโอดีเซลเป็นผลผลิตที่ได้จากน้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการทางเคมีให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล อย่างไรก็ตามเนื่องจากน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซล มีองค์ประกอบและโครงสร้างที่แตกต่างกัน ทำให้ไบโอดีเซลยังคงมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากน้ำมันดีเซล ซึ่งบางคุณสมบัติเป็นข้อได้เปรียบและบางคุณสมบัติเป็นข้อเสียเปรียบ เมื่อนำไบโอดีเซลมาใช้เป็นเชื้อเพลิง เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล เช่น ไบโอดีเซลมีจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมันดีเซลทำให้มีความปลอดภัย ในการขนส่งมากกว่า เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วสามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลได้ดังนี้

1. ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสะอาด ไม่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ทำให้ไอเสียที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์ไม่ก่อให้เกิดภาวะฝนกรด เมื่อเปรียบเทียบน้ำมันดีเซลที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เมื่อถูกเผาไหม้แล้วกำมะถันในน้ำมันดีเซลจะเปลี่ยนรูปเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และกรดซัลฟิวริก หรือกรดกำมะถัน ตามลำดับ เกิดเป็นมลพิษทางอากาศ เมื่อฝนตกจะชะล้างมลพิษเหล่านี้เกิดเป็นฝนกรดได้

2. น้ำมันดีเซลไม่มีออกซิเจนอยู่ในโครงสร้างโมเลกุล และมีองค์ประกอบของสาร Aromatic Compound ร้อยละ 20 ถึง 40 ขณะที่ไบโอดีเซลไม่มีสารประกอบประเภท Aromatic Compound แต่มีออกซิเจนอยู่ในโครงสร้างโมเลกุล ร้อยละ 10 ถึง 12 ทำให้เมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ไอเสียที่เกิดขึ้นมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กและมีควันดำต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซล

3. ไบโอดีเซลมีจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมันดีเซล จึงมีค่าการจุดระเบิดในเครื่องยนต์ช้ากว่าน้ำมันดีเซล

4. น้ำมันดีเซลไม่มีพันธะคู่ในโครงสร้างโมเลกุล แต่ไบโอดีเซลมีพันธะคู่ในน้ำมันพืช ซึ่งมีปริมาณที่แตกต่างกันตามชนิดของน้ำมันพืช ทำให้ไบโอดีเซลไม่เสถียรตัวเกิดออกซิเดชันได้เร็วกว่าน้ำมันดีเซล และมีระยะการเก็บรักษาหลังการผลิตสั้นกว่าน้ำมันดีเซล

5. ไบโอดีเซลมีคุณสมบัติในการหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้ช่วยลดการสึกหรอของเครื่องยนต์ได้ดี ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันพืชเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันอยู่ในโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ ร้อยละ 94 ถึง 96 ของน้ำหนักโมเลกุล ทำให้น้ำมันมีคุณสมบัติทั้งทางเคมี และกายภาพเป็นไปตามกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่ ดังนั้นเมื่อนำน้ำมันพืชชนิดนั้น ๆ มาเป็นวัตถุดิบตั้งต้น ในการผลิตไบโอดีเซล จะได้ไบโอดีเซลที่มีคุณสมบัติตามกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบนั้น ๆ ด้วย (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2550 : 14)

การใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์

การใช้ไบโอดีเซลเป็นผลดีต่อเครื่องยนต์ดีเซล และยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ เพราะไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติในการหล่อลื่นดีกว่าเชื้อเพลิงดีเซล สามารถใช้แทนเชื้อเพลิงดีเซลได้ร้อยละ 100 โดยไม่มีความเปลี่ยนแปลงในด้านกำลังเครื่องยนต์ ความสามารถในการติดเครื่องยนต์และกำลังการหมุนของเครื่อง ไบโอดีเซลให้พลังงานจากค่าซีเทนที่สูงกว่าเชื้อเพลิงดีเซล (ค่าซีเทน 53 หรือมากกว่าเทียบกับค่าซีเทน 47 สำหรับดีเซลเครื่องยนต์หมุนเร็ว) มีความหนืดใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงดีเซล มีความคงตัวที่ดี มีค่าจุดวาบไฟสูงกว่าเชื้อเพลิงดีเซลมาก (167 องศาเซลเซียส เทียบกับ มากกว่า 52 องศาเซลเซียส) จึงมีความปลอดภัยในการขนส่งและเก็บรักษา ไบโอดีเซลมีคุณสมบัติในการหล่อลื่นเป็นเยี่ยม ถนอมรักษาเครื่องยนต์ ลดการเสียดสีของโลหะในเครื่องยนต์ได้ดีกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซล รายงานจากประเทศมาเลเซียกล่าวว่า การใช้ไบโอดีเซลแม้เพียงร้อยละ 5 ก็ลดการเสียดสีระหว่างโลหะในระบบได้อย่างมีนัยสำคัญ การใช้ไบโอดีเซลหล่อลื่นเครื่องยนต์สามารถแทนที่หัวเชื้อผสมเชื้อเพลิงดีเซลได้ โดยสามารถผลิตได้เองในประเทศ ไบโอดีเซลใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้ทุกชนิดทั้งรอบหมุนเร็วและหมุนช้า เมื่อใช้งานในประเทศไทย (อุณหภูมิกลางวัน 15 ถึง 40 องศาเซลเซียส จะใช้ในอัตราส่วนเท่าใดก็ได้โดยไม่ต้องทำการดัดแปลงชิ้นส่วนเครื่องยนต์แต่อย่างใด (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2551 : 15)

คุณภาพของไบโอดีเซลที่มีผลต่อเครื่องยนต์

1. ปริมาณเมทิลเอสเตอร์ (Methyl Ester) แสดงถึงความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลและการเกิดปฏิกิริยาการผลิตไบโอดีเซลที่สมบูรณ์ มาตรฐานกำหนดไว้ให้มีปริมาณมากกว่าร้อยละ 96.5 โดยน้ำหนัก เมื่อปริมาณเอสเตอร์น้อยกว่าที่กำหนดชี้บอกถึงยังมีโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ หรือไตรกลีเซอไรด์ อยู่ในไบโอดีเซลในปริมาณสูงกว่าที่กำหนดส่งผลให้ความหนืดของไบโอดีเซลมีค่าสูง และเกี่ยวเนื่องกับการอุดตันในหัวฉีดหรือกระบอกสูบของเครื่องยนต์

2. ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (Density at 15^{o} C) เป็นตัวแปรที่สำคัญในการออกแบบระบบหัวฉีดจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ค่าความหนาแน่นเป็นตัวบ่งบอกถึงปริมาณของพลังงานเชื้อเพลิง เมื่อค่าความหนาแน่นมีค่ามากก็จะให้พลังงานความร้อนมากขึ้นตามไปด้วย เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณเดียวกัน ความหนาแน่นของไบโอดีเซลจากวัตถุดิบน้ำมันพืช แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ปริมาณเมทานอลที่ตกค้างในไบโอดีเซลยังเป็นสาเหตุให้ความหนาแน่นมีค่าต่ำอีกด้วย

3. ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (Viscosity at 40^{o} C) เกี่ยวข้องกับการไหลการฉีดเป็นฝอยของหัวฉีดในห้องเผาไหม้ การฉีดเป็นฝอยขนาดเล็กจะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ความหนืดของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันพืชที่เป็นวัตถุดิบ ความหนืดยังเป็นดัชนีแสดงการเสื่อมสภาพของไบโอดีเซล เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันอีกทางหนึ่ง

4. จุดวาบไฟ (Flash point) เป็นค่าอุณหภูมิต่ำสุดเมื่อเปลวไฟผ่านเหนือไอของน้ำมันแล้วทำให้น้ำมันติดไฟ มาตรฐานกำหนดให้มีค่าจุดวาบไฟมากกว่า 120 องศาเซลเซียส ปริมาณเมทานอลที่หลงเหลือในไบโอดีเซลในปริมาณมากกว่าร้อยละ 0.2 ส่งผลให้จุดวาบไฟมีค่าต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งมีผลต่อการขนส่งเคลื่อนย้ายและการจัดเก็บไบโอดีเซล

5. กำมะถัน (Sulphur) ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่มีปริมาณกำมะถันต่ำ เนื่องจากน้ำมันพืชที่ใช้ในการผลิตมักมีองค์ประกอบของกำมะถันต่ำกว่า 15 ppm องค์ประกอบกำมะถันในน้ำมันเมื่อถูกเผาไหม้จะเปลี่ยนเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งถูกปล่อยออกมาพร้อมไอเสียเครื่องยนต์และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

6. กากถ่านร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น (Cabon Residue, on 10 % Distillation Residue) ปริมาณกากถ่านมีความสัมพันธ์กับปริมาณกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระ สบู่ ตัวเร่งปฏิกิริยาตกค้างในไบโอดีเซล โดยหากมีปริมาณกากถ่านสูงกว่าข้อกำหนด แสดงว่ายังคงมีสารที่กล่าวข้างต้นหลงเหลืออยู่ในไบโอดีเซล และแสดงถึงปริมาณของกากถ่านที่เหลืออยู่หลังจากการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ กากถ่านมีผลต่อการอุดตันในหัวฉีดหรือที่ลูกสูบทำให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลง เครื่องยนต์สกปรกและต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องบ่อยครั้ง

7. เถ้าซัลเฟต (Sulfated Ash) เกิดจากการเผาไหม้ของสารปนเปื้อนตกค้างในไบโอดีเซล เช่น สบู่และตัวเร่งปฏิกิริยา ปริมาณเถ้าซัลเฟตมีผลต่อการอุดตันในเครื่องยนต์

8. น้ำ (Water) ปริมาณน้ำในน้ำมันทำให้การเผาไหม้ไม่ดี นอกจากนั้น น้ำในไบโอดีเซลยังเป็นสาเหตุให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลติกระหว่างน้ำกับเอสเทอร์ เกิดเป็นกรดไขมันอิสระ ซึ่งส่งผลต่อการกัดกร่อนในเครื่องยนต์ และเป็นตัวเร่งให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในถังเก็บน้ำมัน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้หัวฉีดอุดตัน

9. สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (Total Contaminate) สารปนเปื้อนในไบโอดีเซล ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากกระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน และปฏิกิริยาข้างเคียง เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสบู่ของกรดไขมันอิสระ และตัวเร่งปฏิกิริยาเบส ตัวเร่งปฏิกิริยาและสารที่ไม่สะปอนิฟาย ได้แก่ ไขมันที่ไม่อยู่ในรูปของกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระ Fatty Alcohol สารประกอบไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์อย่างแข็ง Triterpene Alcohol สารประกอบแคโรทีน วิตามิน และอื่น ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุดิบน้ำมันพืชเริ่มต้น โดยทั่วไปสิ่งปนเปื้อนทั้งหมดจะถูกกำจัดออกจากไบโอดีเซล ในขั้นตอนการล้างน้ำ สิ่งปนเปื้อนในไบโอดีเซลมีผลเสียต่อเครื่องยนต์หลายด้าน เช่น คุณสมบัติด้านความเสถียรของไบโอดีเซลระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากสารประกอบของสารที่ไม่สะปอนิฟายเปลี่ยนสภาพกลายเป็นสารที่มีผลในการลดคุณสมบัติด้านความเสถียรของไบโอดีเซล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

10. การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Corrosion Strip Copper) แสดงการกัดกร่อนของน้ำมันต่อโลหะที่ใช้เป็นชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ดีเซล เนื่องจากปริมาณกรด เช่น กรดไขมันอิสระ และสารประกอบซัลเฟอร์ในน้ำมัน ซึ่งค่าการกัดกร่อนนี้มีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์

11. เสถียรภาพการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ณ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส (Oxidation Stability at 110° C) การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากการเกิดสารประเภทเพอร์รอกไซด์ (Peroxide Linkage) ขึ้นระหว่างพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่อยู่ในโครงสร้างของไบโอดีเซล ปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดเมื่อน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศโดยที่ความร้อนและแสงแดดมีผลช่วยเร่งปฏิกิริยา ในขณะที่โลหะ เช่น ทองแดงและตะกั่ว ก็เป็นตัวเร่งให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น ผลของปฏิกิริยาทำให้เกิดสารพอลิเมอร์ (Oxidation Polymerization) และของแข็งที่ไม่ละลายในไบโอดีเซล เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันนอกจากจะขึ้นกับประเภทและคุณสมบัติของน้ำมันพืชที่เป็นวัตถุดิบแล้ว ยังขึ้นกับกระบวนการผลิตอีกด้วย โดยกระบวนการผลิตที่มีการให้ความร้อนสูงแก่ไบโอดีเซลเป็นระยะเวลานาน อาจส่งผลให้เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ที่กำหนดให้มีค่าสูงกว่า 6 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส

12. ค่าของกรด (Acid Value) แสดงความเป็นกรดในไบโอดีเซล เป็นผลมาจากปริมาณกรดไขมันอิสระในวัตถุดิบน้ำมันพืชและปริมาณกรดที่ใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งมีผลต่อการกัดกร่อนในเครื่องยนต์ ทำให้อายุการใช้งานของปั๊มและไส้กรองน้ำมันลดลง นอกจากนี้ยังแสดงถึงการเสื่อมสภาพของน้ำมันเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลติกจากปริมาณน้ำที่ปนอยู่ในน้ำมัน และผลของสภาวะในการจัดเก็บ

13. ค่าไอโอดีน (Iodine Value) แสดงพันธะคู่ในน้ำมัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของน้ำมันพืช ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ค่าไอโอดีนต่ำแสดงถึงการมีสัดส่วนกรดไขมันอิ่มตัวในโครงสร้างไบโอดีเซลสูง ทำให้ไม่มีแนวโน้มในการเกิดออกซิเดชัน นอกจากนี้ค่าไอโอดีนยังมีความสัมพันธ์กับจุดขุ่น ซึ่งแสดงถึงอุณหภูมิที่น้ำมันเริ่มเกิดไขหรือจับตัวเป็นก้อนแข็ง ไบโอดีเซลที่มีค่าไอโอดีนต่ำจะมีจุดขุ่นสูง ซึ่งมีผลต่อการใช้งานสภาพอากาศเย็น ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบมีค่าไอโอดีน 50 ถึง 55 โดยประกาศกรมธุรกิจพลังงานกำหนดให้ค่าไอโอดีนต้องไม่สูงกว่า 120 กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัม

14. กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเตอร์ (LinolenicAcid Methyl Ester) แสดงถึงพันธะคู่หรือความไม่อิ่มตัวของไบโอดีเซล ซึ่งมีแนวโน้มทำให้เกิดพอลิเมอร์ในเครื่องยนต์ ทำให้เกิดการอุดตันและการเสื่อมสภาพของน้ำมันเครื่อง ปริมาณกรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเตอร์ ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันพืชที่เลือกมาใช้เป็นวัตถุดิบ

15. เมทานอล (Methanol) เป็นสารตั้งต้นจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งจำเป็นต้องกำจัดออกให้หมดก่อนนำไบโอดีเซลไปใช้งาน จุดวาบไฟขั้นต่ำของไบโอดีเซล คือ 130 องศาเซลเซียส ถ้าไบโอดีเซลยังมีเมทานอลปะปนอยู่จะทำให้ไบโอดีเซลมีจุดวาบไฟต่ำลงด้วย ซึ่งมีผลต่อความปลอดภัยในการเก็บรักษาการขนส่ง และการนำมาใช้ในเครื่องยนต์ เมทานอลมีค่าความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 5 จะมีผลกระทบต่อค่าซีเทนและความหล่อลื่นของน้ำมัน

16. ปริมาณโมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride) ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride) และไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) แสดงถึงความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาในการผลิตไบโอดีเซล ปริมาณโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ ที่เหลือจากการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ที่ไม่สมบูรณ์ส่งผลให้เกิดการอุดตันบริเวณหัวฉีดกระบอกสูบและวาล์วภายในเครื่องยนต์

17. กลีเซอรีนอิสระ (Free Glycerin) คือ ปริมาณกลีเซอรีนที่ตกค้างในไบโอดีเซล ซึ่งมีสาเหตุจากการแยกกลีเซอรีนไม่สมบูรณ์ ทำให้มีปัญหาการแยกชั้นของกลีเซอรีนในการจัดเก็บไบโอดีเซล รวมถึงการสะสมที่บริเวณด้านล่างของถังน้ำมันและมีผลต่อการอุดตันที่หัวฉีดและระบบลำเลียงน้ำมัน

18. กลีเซอรีนทั้งหมด (Total Glycerin) คือ ปริมาณของกลีเซอรีนอิสระและปริมาณของกลีเซอรีนในโมเลกุล โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ ที่เจือปนในองค์ประกอบไบโอดีเซล ซึ่งเป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันไม่สมบูรณ์ มีผลก่อให้เกิดการอุดตันที่บริเวณหัวฉีดและไส้กรอง และปัญหาการใช้งานในสภาพอากาศเย็น

19. โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียมและโพแทสเซียม)โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม) เป็นการวัดปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเบส สบู่ และโลหะหนัก จากน้ำที่ใช้ในขั้นตอนการล้างไบโอดีเซลที่หลงเหลือในผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล แคลเซียมยังมีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดีสำหรับกระบวนการพอลิเมอไรด์ของเอสเทอร์อีกด้วย ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลตามประกาศกรมธุรกิจพลังงานกำหนดให้ปริมาณโลหะกลุ่ม 1 และโลหะกลุ่ม 2 ไม่สูงกว่าอย่างละ 5.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

20. ฟอสฟอรัส (Phosphorus) เป็นสารปนเปื้อนในวัตถุดิบน้ำมันพืชตั้งแต่เริ่มต้น หากไม่ทำการกำจัดออกจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล จะทำให้ไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีฟอสฟอรัสปะปนอยู่ด้วยซึ่งจะทำความเสียหายให้กับอุปกรณ์คะตะไลติกส์คอนเวอเตอร์ (Catalytic Converter) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการแพร่มลพิษ ตามมาตรฐานข้อบังคับของการแพร่มลพิษ

21. จุดขุ่น (Cloud Point) หมายถึงอุณหภูมิที่เริ่มปรากฏให้เห็นความขุ่นจากการตกผลึกเป็นไขในน้ำมันเชื้อเพลิง โดยการทำให้อุณหภูมิเย็นลงภายใต้การควบคุมอุณหภูมิ หากน้ำมันมีจุดขุ่นมัวหรือจุดหมอกสูงเกินไป จะทำให้เกิดการตกผลึกได้ง่าย มีไขก่อตัวอยู่ตามจุดต่าง ๆ ของท่อทำให้การฉีดพ่นน้ำมันให้เป็นฝอยได้ยากในห้องเครื่องยนต์และเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

22. จุดไหลเท (Pour Point) หมายถึงอุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันเป็นของเหลวพอที่จะไหลได้เมื่อได้รับความเย็นในเครื่องมือการหาจุดไหลเท ซึ่งเป็นการบ่งบอกถึงความสามารถในการไหลของน้ำมันภายในท่อน้ำมันของรถยนต์ได้ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ น้ำมันเชื้อเพลิงไม่ควรมีจุดไหลเทสูง เนื่องจากในสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมในประเทศเขตหนาว จะทำให้น้ำมันหนืด จนไม่สามารถไหลผ่านท่อต่าง ๆ ได้ จนส่งผลให้เครื่องยนต์สตาร์ทไม่ติด อย่างไรก็ตามจุดไหลเทของไบโอดีเซลขึ้นกับความอิ่มตัวของน้ำมัน โดยที่น้ำมันที่มีความอิ่มตัวสูงจะมีจุดไหลเทสูงเช่นกัน

23. ไส้กรองเกิดการอุดตัน (Cold Filter Plugging Point) จุดอุดตันไส้กรองที่อุณหภูมิต่ำและการทดสอบการไหลที่อุณหภูมิต่ำ ทั้งสองพารามิเตอร์นี้ เป็นการอธิบายถึงสภาพการกรอง (Filterability) ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิรอบข้างที่ต่ำ โดยกำหนดอุณหภูมิสูงสุดที่เชื้อเพลิงส่วนหนึ่งไม่ผ่านเครื่องกรองมาตรฐานภายในเวลาที่กำหนด เมื่อถูกทำให้เย็นภายใต้สภาวะมาตรฐาน แสดงให้เห็นว่า CFPP มีความสัมพันธ์กับจุดขุ่น

24. ค่าซีเทน (Cetane Number) เป็นค่าดัชนีชี้บ่งถึงคุณสมบัติในการจุดติดไฟ (Ignition Quality) ของน้ำมัน โดยน้ำมันดีเซลที่มีค่าซีเทนสูง จะมีระยะเวลาในการจุดติดไฟสั้น ซึ่งจะช่วยให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดง่ายแม้ในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้เครื่องยนต์ร้อนได้เร็วขึ้นโดยไม่เกิดการสะดุด ไม่เกิดควันขาว คราบยางเหนียว (Varnish) และคราบเขม่าในเครื่องยนต์ แต่หากน้ำมันมีค่าซีเทนสูงเกินไป อาจทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์และทำให้เกิดควันที่ท่อไอเสีย

25. ปริมาณน้ำและตะกอน (Water and Sediment) หมายถึงปริมาณน้ำและอนุภาคของตะกอนหรือของแข็งในเกณฑ์ที่ต่ำที่สุดที่สามารถยอมรับได้ โดยปกติตามมาตรฐานสากลของไบโอดีเซลจะมีค่าเท่ากันกับน้ำมันดีเซล หากในน้ำมันมีปริมาณน้ำและตะกอนเจือปนอยู่สูง จะทำให้เกิดตะกรันในเครื่องยนต์ ซึ่งการเกิดตะกรันดังกล่าวจะขัดขวางการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง จากถังเก็บไปยังห้องเผาไหม้ และอาจทำให้เกิดการผุกร่อนของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในเครื่องยนต์ทำให้อายุการใช้งานของเครื่องยนต์สั้นลง (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2550 : 25)

กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน)

กรมธุรกิจพลังงาน ได้กำหนดชนิดของไบโอดีเซลและชนิดของเครื่องยนต์ที่ราชการอนุญาตให้ใช้กับไบโอดีเซล B100 โดยประกาศไว้ในราชกิจจานุเบกษาตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) เล่ม 123 ตอนพิเศษ 79 ง. ประกาศ ณ วันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ. 2549 โดยวัตถุประสงค์ของประกาศดังกล่าวเพื่อเป็นการส่งเสริมและสนับสนุนให้ชุมชนได้มีการผลิตและการใช้ไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร ทั้งนี้เครื่องยนต์การเกษตรให้เป็นไปตามนิยามข้อ 3 ในประกาศคือ “เครื่องยนต์การเกษตร”

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

หมายความว่าเครื่องยนต์สูบเดียว 4 จังหวะสูบนอนระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตรไว้ดังนี้ (กรมธุรกิจพลังงาน. ประกาศ. 2549)

1. ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
   (Density at 15 ^{o}C, kg/m3) = 860 - 900
2. ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (เซนติสโตกส์ (มม.^{2}/วินาที))
   (Viscosity at 40 ^{o}C, cSt) = 1.9 - 8.0
3. จุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส)
   (Flash Point,^{o}C) = > 120
4. กำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
   (Sulphur, %wt.) = < 0.0015
5. ค่าซีเทน (Cetane Number) = > 47.0
6. เถ้าซัลเฟต (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
   (Sulphated Ash, %wt.) = < 0.02
7. น้ำและตะกอน (ร้อยละโดยปริมาตร)
   (Water and Sediment, %vol.) = < 0.2
8. การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion) = < NO.3
9. ค่าความเป็นกรด (มิลลิกรัมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม)
   (Acid Number, mg KOH/g) = < 0.80
10. กลีเซอรีนอิสระ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
    (Free Glycerin,%wt.) = < 0.02
11. กลีเซอรีนทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
    (Total Glycerin, %wt.) = < 1.5

การตรวจวัดสมรรถนะและการปล่อยมลพิษของรถยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2551 : ออนไลน์) ได้ว่าจ้างที่ปรึกษา 2 หน่วยงาน คือ กรมอู่ทหารเรือ และกรมควบคุมมลพิษ เพื่อทดสอบสมรรถนะและการปล่อยมลพิษของรถยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซล โดยทำการทดสอบการใช้ไบโอดีเซลในสัดส่วนที่แตกต่างกัน คือ B2 B5 B20 B40 B50 และ B100 ผลการทดสอบ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1. สมรรถนะเครื่องยนต์

ผลการทดสอบรถยนต์ของกรมอู่ทหารเรือ พบว่า รถยนต์ที่ใช้ B100 เครื่องยนต์จะมีกำลังมากที่สุดทุกความเร็วรอบ รองลงมา คือ รถยนต์ที่ใช้ B40 B20 และ B5 ตามลำดับ ส่วนน้ำมันดีเซลทำให้เครื่องยนต์มีกำลังน้อยที่สุด กล่าวคือ เมื่อใช้น้ำมันที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เครื่องยนต์มีกำลังสูงขึ้น ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวมีความขัดแย้งกับผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษ โดยผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษ ระบุว่า หากใช้น้ำมันที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซล จะทำให้เครื่องยนต์มีกำลังลดลง โดยน้ำมันที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมากขึ้น ยิ่งทำให้เครื่องยนต์มีกำลังลดลง

2. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ผลการทดสอบรถยนต์ของกรมอู่ทหารเรือ พบว่า รถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมีอัตราการสิ้นเปลืองไม่แตกต่างกัน ประมาณ 12 ลิตรต่อกิโลเมตร ขณะที่ผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า น้ำมันดีเซลที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมีอัตราการสิ้นเปลืองน้อยกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้รถยนต์สามารถวิ่งได้ในระยะทางที่เพิ่มขึ้น

3. การปล่อยมลพิษควันดำ

ผลการทดสอบรถยนต์ของกรมอู่ทหารเรือ พบว่า รถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมีค่าของควันดำน้อยกว่ารถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล โดยรถยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น ยิ่งทำให้ค่าควันดำลดลง กล่าวคือ ควันดำของรถยนต์ที่ใช้ B100 มีค่าต่ำที่สุด สอดคล้องกับผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษ

4. ก๊าซจากท่อไอเสีย (THC CO และ CO_2)

ผลการทดสอบรถยนต์ของกรมอู่ทหารเรือพบว่ารถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลที่มีส่วนผสมของไบโอดีเซลมีปริมาณการปล่อยก๊าซส่วนที่เป็นก๊าซพิษ คือ CO และ TCH น้อยมาก และต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด ส่วนก๊าซที่ไม่ใช่ก๊าซพิษ คือ CO_2 มีปริมาณการปล่อยก๊าซสูงกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย สอดคล้องกับผลการทดสอบของกรมควบคุมมลพิษ

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง

เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเป็นการวิเคราะห์เพื่อให้เกิดการประหยัดทรัพยากร โดยเน้นความคุ้มค่าและก่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด แต่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดเป็นการประเมินต้นทุนเทียบกับผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุน ประกอบไปด้วย

1. ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (First cost) คือต้นทุนเริ่มแรกเป็นค่าใช้จ่ายสำหรับลงทุนเริ่มต้น เช่น เครื่องจักร ที่ดิน เป็นต้น

2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operating cost) ต้นทุนในการดำเนินการ คือค่าใช้จ่ายที่ต้องเตรียมไว้เพื่อดำเนินการกับทรัพย์สินที่ต้องลงทุนไปเพื่อให้เกิดผลการผลิตแบ่งเป็น

2.1 ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed cost) คือค่าใช้จ่ายที่คงที่ไม่แปรไปตามปริมาณการผลิต เช่น ค่าเสื่อมราคาค่าเสียโอกาสของทุนในเครื่องจักร

2.2 ค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable cost) คือค่าใช้จ่ายที่แปรไปตามปริมาณการผลิต เช่น ค่าไฟฟ้าค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะแปรเปลี่ยนตามการผลิต

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการผลิตหาได้จาก

$$AC = FC+VC$$

เมื่อ

AC = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตต่อปี (บาท/ปี)

FC = ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร (D) + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)

VC = ค่าแรงงาน (W) + ค่าไฟฟ้า (E) + ค่าเชื้อเพลิง + ค่าบำรุงรักษา(M) + ต้นทุนอื่นๆ

ค่าเสื่อมราคา (คิดวิธีเส้นตรง)

$$D = (P-S)/L$$

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน

$$R = (P+S)/2) \times i$$

จากสมการเมื่อ

P = ราคาซื้อหรือสร้างเครื่องจักร (บาท)

L = อายุการใช้งานเครื่องจักร (สึกหรอน้อย) = 10 ปี

S = ราคาเครื่องจักรเมื่อครบ 10 ปี = 0.1P (บาท)

D = ค่าเสื่อมราคาต่อปี (บาท/ปี)

R = ค่าเสียโอกาสในการลงทุนต่อปี (บาท/ปี)

i = อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8 ต่อปี (ธนาคารกรุงเทพ. ออนไลน์. 2555)

ต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) คือมูลค่าของผลตอบแทนจากกิจกรรมที่สูญเสียโอกาสไปในการเลือกทำกิจกรรมอย่างหนึ่งต้นทุนค่าเสียโอกาสเป็นต้นทุนที่ถูกอ้างถึงในวิชาเศรษฐศาสตร์เพราะมันบ่งบอกถึงการเลือกตัวเลือกที่เป็นที่ต้องการทั้งหมดแต่ไม่สามารถเลือกพร้อมกันได้และเป็นแนวคิดที่สำคัญในการที่จะใช้ทรัพยากรที่มีจำกัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ต้นทุนค่าเสียโอกาสไม่ได้หมายถึงมูลค่ารวมแต่หมายถึงเฉพาะมูลค่าที่ให้ผลตอบแทนดีที่สุดในบรรดาตัวเลือกอื่นที่เสียโอกาสไปเท่านั้น

การคำนึงถึงต้นทุนค่าเสียโอกาสเป็นความแตกต่างที่สำคัญที่สุดของต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์และต้นทุนทางบัญชี ต้นทุนค่าเสียโอกาสนับว่าเป็นต้นทุนที่แท้จริงในการทำกิจกรรมใด ๆ ก็ตาม เพราะมันทำให้เห็นถึงโอกาสซึ่งเป็นต้นทุนที่ถูกซ่อนอยู่ อย่างไรก็ตามการคำนวณหาต้นทุนค่าเสียโอกาสนั้น ส่วนใหญ่ทำได้ยากเป็นการคำนวณคาดคะเนเหตุการณ์ที่ไม่ได้เกิดขึ้นจริง

จุดคุ้มทุน (Break Even Point : BEP) ในการหาจุดคุ้มทุนในครั้งนี้ใช้สมการดังต่อไปนี้

BEPs = FC/(SUu-VCu)

เมื่อ

BEPs = จุดคุ้มทุน (หน่วย)

FC = ค่าใช่จ่ายคงที่ (บาท)

SUu = ราคาขายต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

VCu = ค่าใช้จ่ายแปรผันต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

ระยะเวลาในการคืนทุน ใช้สมการดังต่อไปนี้

PBP = MC/P เมื่อ

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

MC = ราคาซื้อหรือสร้างเครื่องจักร (บาท)

P = กำไร (บาท/ปี)

ในการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมมีการตั้งสมมุติฐานของการลงทุนดังนี้

1. ราคาผลิตภัณฑ์คงที่ เพราะฉะนั้น รายได้จากการวิเคราะห์จะเป็นเส้นตรง
2. ผลิตภัณฑ์สามารถขายได้หมดไม่ว่าจะผลิตเท่าไร
3. อัตราดอกเบี้ยคงที่
4. ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันแยกออกจากกันได้ชัดเจน
5. การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเศรษฐกิจไม่มีผลต่อราคาผลิตภัณฑ์
6. นโยบายระดับบริหาร วิทยาการ และประสิทธิภาพของการดำเนินงานไม่เปลี่ยนแปลง

(วันชัย วิจิรวนิช และชอุ่ม พลอยมีค่า. 2538 : 22)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับในประเทศไทยได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล มาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี 2545 ซึ่งได้แก่

โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา (2551) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซล โดยเริ่มจากการที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงมีพระราชดำริให้นำน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์มาทดลองใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลในปี พ.ศ. 2543 โดยทรงพระกรุณาโปรดเกล้า ฯ ให้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นผู้ริเริ่มดำเนินการสร้างโรงงานขนาดเล็กสำหรับผลิตน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ จึงได้มีการศึกษาทดลองนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยเริ่มศึกษาจากปาล์มน้ำมันพบว่าสามารถนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้แต่ต้องกำจัดยางเหนียว (Gum) ในน้ำมันพืชออกก่อน ต่อมาในปี 2547 เริ่มทำการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว โดยกรมอู่ทหารเรือกองทัพเรือร่วมกับบริษัทราชาไบโอดีเซลจำกัด ดำเนินการด้านอุปกรณ์การผลิตและงานทดลองวิจัยเบื้องต้น ต่อมาในปี พ.ศ. 2548 บริษัทบางจากปิโตรเลียมจำกัด (มหาชน) ได้น้อมเกล้า ฯ ถวายเกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการผลิตไบโอดีเซล เพื่อให้ได้ไบโอดีเซลที่มีคุณภาพดีขึ้นและต้นทุนการผลิตลดลง โดยวัตถุดิบใช้น้ำมันพืชใช้แล้ว กระบวนผลิตใช้เอทธิลแอลกอฮอล์ ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 เป็นตัวทำปฏิกิริยาและใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ เอทธิลเอสเตอร์ และกลีเซอรีน ซึ่งไบโอดีเซลที่ได้ต้องผ่านกระบวนการล้างน้ำประปาเพื่อแยกเอทธิลแอลกอฮอล์กับโซดาไฟที่ผสมอยู่ จากนั้นนำไปผ่านเครื่องแยกน้ำเพื่อแยกน้ำที่ยังเหลือออกจากไบโอดีเซล และผ่านเครื่องทำความสะอาดไบโอดีเซล (ภายในบรรจุเกลือสินเธาว์ที่มีลักษณะเป็นผลึก) จะได้ไบโอดีเซลที่สะอาดพร้อมนำไปใช้งาน โดยผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ได้ (สูตร B100) มีคุณสมบัติดังนี้ คือ มีค่าซีเทนเท่ากับ 55 มีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลเหมาะกับเครื่องยนต์รอบต่ำ และไม่มีส่วนประกอบของสารซัลเฟอร์ ดังนั้นในการเผาไหม้จึงไม่เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ไม่เกิดควันดำและมีสารช่วยหล่อลื่น

ชาคริต ทองอุไร และคณะ (2544) ได้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากผลิตผลปาล์มน้ำมัน โดยเมทิลเอสเตอร์ได้ถูกผลิตจากผลิตผลปาล์มน้ำมันหลายชนิด คือ น้ำมันทอดใช้แล้ว น้ำมันปาล์มรีไฟน์ น้ำมันปาล์มแยกกัม และลดกรดชนิดหีบรวม (เกรดบี) ไขปาล์มสเตียริน และ Superhard Stearin การผลิตใช้กระบวนการทรานเอสเตอริฟิเคชั่นแบบแบทช์ โดยใช้เมทิลเอสเตอร์เป็นสารเข้าทำปฏิกิริยาและใช้โซดาไฟเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา กรรมวิธีการผลิตแบ่งเป็น 6 ขั้นตอน คือ การเตรียมน้ำมัน การเตรียมสารละลาย การทำปฏิกิริยา การแยกกลีเซอรัล การล้าง และการขจัดน้ำ ผลผลิตถูกตรวจวัดองค์ประกอบด้วยเทคนิค Thin Layer Chromatograph พบว่าเมทิลเอสเตอร์ที่ผลิตได้มีความบริสุทธิ์เกือบร้อยละ 100 เมื่อการผลิตเหมาะสม โดยใช้สัดส่วนเชิงโมลของน้ำมันต่อเมทิลแอลกอฮอล์เป็น 1 : 6 หรือ

เมทิลแอลกอฮอล์ประมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก และโซดาไฟ ร้อยละ 0.5 ถึง 1 ของน้ำมัน อุณหภูมิการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 60 ถึง 80 องศาเซลเซียส โดยมีการกวนประมาณ 15 ถึง 30 นาที และปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาต่อ 3 ถึง 4 ชั่วโมง เมทิลเอสเตอร์ที่ได้มีสมบัติหลายประการใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว เช่น ความหนืด ค่าความหนาแน่น ค่าความร้อน และช่วงอุณหภูมิการกลั่น แต่จุดไหลเทจะสูงกว่าน้ำมันดีเซล เนื่องจากการมีสัดส่วนเมทิลเอสเตอร์ที่อิ่มตัวที่มีจุดหลอมเหลวสูงในปริมาณที่สูง

ชาคริต ทองอุไร และคณะ (2545) ได้ศึกษาการวิจัยเพื่อแปรรูปน้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องจักรกลการเกษตร โดยมีวัตถุประสงค์ในการผลิตเมทิลเอสเตอร์จากน้ำมันปาล์มดิบ เพื่อใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลในเครื่องจักรกลการเกษตรและเครื่องยนต์ดีเซล น้ำมันปาล์มดิบถูกผ่านกระบวนการแยกยางเหนียว (Degum) และลดกรดก่อนเข้าทำปฏิกิริยา ใช้เมทานอลเป็นแอลกอฮอล์ในการทำปฏิกิริยาและโซดาไฟเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชั่น สัดส่วนการทำปฏิกิริยาของน้ำมัน : เมทานอล: และโซดาไฟ โดยน้ำหนักเท่ากับ 100 : 20 : 1 ถังปฏิกรณ์ใช้อุปกรณ์กระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มของศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีอยู่แล้ว เมทิลเอสเตอร์ที่ผลิตได้มีสมบัติเชิงน้ำมันเชื้อเพลิงไม่ต่างจากน้ำมันดีเซลมากนัก การทดลองใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องจักรกลการเกษตรและเครื่องยนต์ดีเซลภายในศูนย์การพัฒนาพิกุลทองได้ดำเนินการนานมากกว่า 4 เดือน โดยไม่พบปัญหาและอุปสรรคของการใช้งานแต่อย่างใด

วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน และคณะ (2549) ได้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของไบโอดีเซล การทดลองดำเนินการในห้องปฏิบัติการที่ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ระหว่างปี 2548 ถึงปี 2549 โดยศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา 2 ชนิด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์และโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่อัตราร้อยละ 1.0 1.2 และ 1.4 โดยน้ำหนัก ความเร็วในการทำปฏิกิริยา 3 ระดับ คือ 350 400 และ450 รอบต่อนาที การทำปฏิกิริยาครั้งนี้ใช้เมทานอลปริมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 65 องซาเซลเซียส เวลาทำปฏิกิริยา 30 นาที ปรากฏว่าการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์อัตราร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก ความเร็ว 350 รอบต่อนาที ให้ผลผลิตไบโอดีเซลปริมาณสูงสุดร้อยละ 89.47 และ 90.67 โดยมีค่าความบริสุทธิ์ร้อยละ 98.97 และ 96.16 ตามลำดับ และจากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงพบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานไบโอดีเซลต่างประเทศ และมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) (2551) ได้ศึกษาโครงการศึกษาและสาธิตการทดลองผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชน โดยใช้พื้นที่ศูนย์ทดลองทางวิชาการพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ตำบลคลองหลา อำเภอคลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา วัตถุดิบที่ใช้ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลอง คือ น้ำมันปาล์มดิบซึ่งมีค่ากรดไขมันอิสระ (คิดเทียบเท่ากรดปาล์มมิติก) ร้อยละ 7.24 โดยน้ำหนัก การผลิตไบโอดีเซลในเครื่องต้นแบบประกอบด้วยการทำปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกทำปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน โดยมีกรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้กรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซล ขั้นตอน 2 ทำปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชันโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยนไขมันซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันปาล์มให้เปลี่ยนรูปเป็นไบโอดีเซล โดยไบโอดีเซลที่ผ่านการแยกชั้นจากกลีเซอรีนแล้ว จะต้องผ่านการล้างด่างจากไบโอดีเซลโดยน้ำอุ่นที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดกลีเซอรีนที่ยังหลงเหลือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และสบู่ จากนั้นกำจัดน้ำที่หลงเหลืออยู่ด้วยเครื่องระเหยน้ำ ไบโอดีเซลที่ผ่านขั้นตอนการผลิตทั้งหมดแล้วจะผ่านชุดกรองไบโอดีเซลเพื่อกำจัดตะกอนแข็ง สิ่งเจือปนที่อาจมีอยู่ ไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีคุณภาพตามมาตรฐาน ผลได้ของกระบวนการผลิตมีค่าร้อยละ 88 โดยน้ำหนักของน้ำมันปาล์มที่เข้ากระบวนการผลิต ปริมาณการสูญเสียไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากสบู่จากปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์ และกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ ที่หลงเหลือจากปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด่างสำหรับปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ปริมาณสบู่ดังกล่าวส่งผลต่อขั้นตอนการแยกชั้นกลีเซอรีน และขั้นตอนการล้างไบโอดีเซลทำให้มีปริมาณไบโอดีเซลสูญเสียไปกับชั้นกลีเซอรีน และน้ำล้างจำนวนหนึ่ง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี