

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

(National Geographic, 2547) จากข้อมูลวารสาร National Geographic ฉบับเดือนมิถุนายน 2547 ได้สรุปตัวเลขข้อมูลปริมาณสำรองน้ำมันปิโตรเลียมทั่วโลก ซึ่งมีเหลืออยู่ 1,079,247 ล้านบาร์เรล โดยมีอัตราการผลิตของประเทศผู้ผลิตน้ำมันทั่วโลกรวมกันปีละประมาณ 22,693 ล้านบาร์เรล ซึ่งถ้าไม่มีการสำรวจแหล่งน้ำมันใหม่ๆ เพิ่มขึ้นอีกและคิดอัตราการใช้น้ำมันคงที่ ก็จะเห็นว่า น้ำมันปิโตรเลียมน่าจะหมดจากโลกนี้ภายในระยะเวลาประมาณ 50 ปี เท่านั้น และนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกก็ต้องวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนในรูปแบบอื่นๆ มารองรับ รวมทั้งการนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นพลังงานทดแทนก็มีการผลิตอย่างแพร่หลายมานานแล้วในหลายประเทศ เช่น ในปี 2545 ประเทศเยอรมนีซึ่งเป็นประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป มีการผลิตไบโอดีเซลสูงสุดถึง 1,000,000 ตันต่อปี รองลงมาเป็นประเทศฝรั่งเศส อิตาลี และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น (พลังงานทดแทนเอทานอลและไบโอดีเซล, 2545) ในส่วนของประเทศไทยวัตถุดิบสำหรับผลิต ไบโอดีเซลที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน คือ ปาล์มน้ำมัน เนื่องจากเป็นพืชที่ให้ผลผลิต น้ำมันต่อพื้นที่ปลูกสูงกว่าพืชน้ำมันทุกชนิด และเป็นพืชน้ำมันที่เจริญได้ดีในเขตรมสุ่ม เช่น ภาคใต้ของประเทศไทย โดยมีพื้นที่ปลูกในปี 2547 ประมาณ 2 ล้านไร่ และสามารถปลูกได้ถึง 12 ล้านไร่ ซึ่งจะทำให้ประเทศไทยในอนาคตผลิตน้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดในได้รวมประมาณ 5.82 ล้านตันต่อปี โดยจะใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคประมาณ 1.2 - 1.5 ล้านตันต่อปี และที่เหลืออีก 4.3 - 4.6 ล้านตัน จะนำมาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลได้ประมาณ 5,000 ล้านลิตรต่อปี หรือเท่ากับประมาณ 30% ของการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศในปัจจุบัน (สำนักกองทุนฟื้นฟูและพัฒนาเกษตรกร, 2548)

ปัญหาสำคัญในการผลิตไบโอดีเซลในปัจจุบัน คือ ไม่สามารถแข่งขันด้านราคากับน้ำมันดีเซลได้ ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่มาจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเมทิลเอสเตอร์ ได้แก่ ไซปาล์มสเตียร์นบริสุทธิ์ (refined palm stearin) น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรีไฟน์ มีปัญหาในด้านราคาที่ไม่คงที่สาเหตุจากการผลิตน้ำมันปาล์มในประเทศไทยเป็นการผลิตเพื่อการบริโภค เช่น น้ำมันปรุงอาหาร น้ำมันทอดในอุตสาหกรรม และมาการีน เป็นต้น ทำให้ราคาของน้ำมันปาล์มดิบขึ้นลงตามความต้องการน้ำมันปาล์มในท้องตลาดโดยมีราคาต่ำสุด - สูงสุดในช่วง 13 - 22 บาท ไม่สามารถผลิตเมทิลเอสเตอร์อย่างต่อเนื่องและบางครั้งราคาต้นทุนการผลิตเมทิลเอสเตอร์มีราคาสูงกว่าราคา น้ำมันดีเซลมาก

และถึงแม้ว่าจะมีการทดลองนำน้ำมันปาล์มทอดใช้แล้ว ซึ่งมีราคาถูกมาผลิตเมทิลเอสเทอร์ แต่จะมีปัญหาในการเก็บรวบรวมให้ได้ในปริมาณที่มากพอสำหรับการผลิต จึงจำเป็นต้องหาแหล่งวัตถุดิบที่มีปริมาณมากพอในการผลิต อีกทั้งวัตถุดิบชนิดนั้นต้องสามารถลดต้นทุนในการผลิตเมทิลเอสเทอร์ลงได้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางด้านราคากับน้ำมันดีเซล โดยจากข้อมูลแผนยุทธศาสตร์ปาล์มน้ำมัน พบว่าประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมสามารถปลูกพืชน้ำมันได้หลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งปาล์มน้ำมัน ซึ่งให้ผลผลิตน้ำมันต่อไร่สูงสุดมีปริมาณผลิตต่อปีมากที่สุด มีโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ได้มาตรฐาน 25 โรงงาน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2545) มีปริมาณน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.87 ลบ. เมตร/ตันทะลายปาล์มสด น้ำทิ้งมีสีน้ำตาลเข้ม มีปริมาณสารอินทรีย์สูง โดยมีค่าซีไอดี สารแขวนลอย และน้ำมัน เท่ากับ 52.45, 12.48, และ 8.72 กก./ตันทะลายปาล์มสด (พลุสุข และคณะ, 2544) และไขมันในระบบบำบัดน้ำเสียมีกรดไขมันอิสระ (FFA) มากกว่า 70% สามารถใช้เป็นวัตถุดิบผลิตไบโอดีเซลแทนส่วนกลั่นกรดไขมันปาล์ม (palm fatty acid distillate; PFAD) ได้ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มศักยภาพการแข่งขันทางด้านราคาของไบโอดีเซลแล้ว ยังเป็นการแก้ปัญหาน้ำเสียอีกทางหนึ่งด้วย

ในด้านราคา จากราคาขายของบริษัทสตูล อินด์สทรี เมื่อเดือนมิถุนายน 2546 ที่ผ่านมา ไขมันในระบบบำบัดมีราคา 3 บาทต่อกิโลกรัม ถ้าโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม 1 โรงที่กำลังการผลิต 300 ตันทะลายปาล์มสดต่อวัน จะมีปริมาณไขมันในระบบบำบัดน้ำเสียคิดเป็น 63 ตัน และจะมีปริมาณไขมันในระบบบำบัดน้ำเสียคิดเป็น 1,575 ตันของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มทั่วประเทศ จึงเป็นวัตถุดิบที่มีความเหมาะสมทั้งในด้านปริมาณวัตถุดิบและราคาต้นทุนการผลิต ซึ่งเมื่อแปรรูปเป็นเมทิลเอสเทอร์จะทำให้มีราคาแข่งขันกับดีเซลจากน้ำมันปิโตรเลียมและสามารถพัฒนาไปสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

การใช้ไขมันหรือน้ำมันเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล

การพิจารณานำไขมันและน้ำมันที่ได้จากพืชหรือสัตว์ มาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลปิโตรเลียม สิ่งที่ต้องคำนึงถึงได้แก่

- มีคุณสมบัติซึ่งสามารถเข้ากันได้กับเครื่องยนต์ดีเซลเดิมที่ใช้อยู่ โดยไม่ต้องมีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลขึ้นมาใหม่
- มีความเป็นไปได้ในการแข่งขันเชิงพาณิชย์
- มีความเป็นมิตรเข้ากันได้กับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
- สามารถจัดหามาใช้สำหรับการบริโภคจากแหล่งที่หาได้ง่ายไม่ขาดแคลน โดยเฉพาะถ้าสามารถผลิตได้ หรือนำกลับมาใช้จากกระบวนการทางเกษตรอุตสาหกรรมได้ จะเป็นสิ่งที่ดีและเหมาะสมมากที่สุด

จากความต้องการดังกล่าวข้างต้น การค้นคว้าและพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อใช้ไขมันและน้ำมันที่ได้จากพืชหรือสัตว์เป็นแหล่งพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงดีเซล มีหลายวิธีซึ่งถูกให้ความสำคัญ มีการทำการศึกษา ค้นคว้า และทำวิจัยอย่างกว้างขวางต่อเนื่อง (Ma and Hanna, 1999; Srivastava and Prasad, 2000)

รายละเอียดของคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันพืชที่สำคัญ เปรียบเทียบกับ น้ำมันดีเซลปิโตรเลียมเบอร์ 2 สรุปได้ดังนี้ (Peterson *et al.*, 1996; Srivastava and Prasad, 2000)

- น้ำมันพืชมีค่าความหนืดจลน์ (kinematics viscosity) ทดสอบที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส มีค่าสูง คือ อยู่ในช่วง 30 – 40 cSt ซึ่งสูงมากเมื่อเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลปิโตรเลียม จากค่าความหนืดที่สูงมากนี้ เป็นต้นเหตุทำให้การแตกเป็นฝอยและกระจายของละอองน้ำมันไม่ดี มีผลทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ตามมาในที่สุด
- จุดวาบไฟ (flash point) ของน้ำมันพืชมีค่าสูงมาก คือ สูงมากกว่า 200 องศาเซลเซียส
- ค่าความร้อน (heating value) ของน้ำมันพืชอยู่ในช่วง 39 – 40 MJ/kg พบว่าต่ำกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลซึ่งมีค่าประมาณ 45 MJ/kg
- ค่าซีเทนของน้ำมันพืชอยู่ในช่วง 32 – 40
- ค่าไอโอดีน (iodine value) อยู่ในช่วงประมาณ 0 – 200 เป็นค่าแสดงแทนความไม่อิ่มตัวของกรดไขมัน บ่งบอกถึงความไม่คงตัวทางเคมีของน้ำมันพืช โดยเฉพาะต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
- จุดขุ่นมัว หรือจุดหมอก (cloud point) และจุดไหลเท (pour point) ของ น้ำมันพืชจะมีค่าสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลปิโตรเลียม

Pryde (1983) และ Ma *et al.* (1998) พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ดีเซลแบบ direct-injection ที่ใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงติดต่อกันเป็นเวลานาน คือ

- การเกิดโค้ก (coking) และก่อตัวในลักษณะปากแตกของคาร์บอนที่บริเวณหัวฉีด เป็นสาเหตุให้น้ำมันพืชที่ถูกฉีดเข้าไปไม่แตกเป็นฝอยละเอียด หรือเป็นละอองที่มีขนาดเหมาะสม เพียงพอที่จะทำให้เครื่องยนต์จุดระเบิดได้อย่างราบเรียบและสม่ำเสมอ
- การเกิดคราบแข็งและตะกรันของคาร์บอน (carbon deposits)
- การเกิด oil ring sticking

- การเกิด thickening และการเกิดเจลในระบบน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งเป็นผลมาจากการปนเปื้อนของน้ำมันพืช

ปี พ.ศ. 2544 ประเทศไทยเริ่มต้นตัวอย่างมากในความพยายามคิดค้นหาพลังงานทดแทนน้ำมัน ทั้งพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล ไบโอดีเซล ฯลฯ แต่ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ “ไบโอดีเซล”

ไบโอดีเซลในคำจำกัดความสากลคือ ทรัพยากรหมุนเวียนธรรมชาติ (renewable resource, natural) เช่น น้ำมันพืช ไขมันสัตว์ ไข (น้ำมัน) วัชพืชที่เกิดจากการปรุงอาหาร ที่นำมาแปรรูปทางเคมี โดยการทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ ซึ่งนิยมใช้ เมทิลแอลกอฮอล์ หรือ เอทิลแอลกอฮอล์ ได้เป็นเมทิลเอสเทอร์หรือเอทิลเอสเทอร์ ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่มีการเผาไหม้ที่สะอาด (ชาคริต และคณะ, 2544)

ไบโอดีเซลแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

น้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ ไบโอดีเซลชนิดนี้ได้มาจากน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยไม่เติมสารหรือเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันแต่อย่างใด เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม น้ำมันพืชแท้จากธรรมชาตินี้อาจมีข้อจำกัดในการใช้บ้าง เพราะคุณสมบัติต่างกับน้ำมันดีเซลค่อนข้างมาก เช่น การสันดาปไม่สมบูรณ์ เครื่องยนต์สะอึก มีตะกรัน ความหนืดสูงที่อุณหภูมิต่ำทำให้การสตาร์ทไม่ค่อยดี แต่มีข้อดีคือ ราคาถูกและพอใช้ได้กับเครื่องยนต์รอบต่ำ

ไบโอดีเซลแบบลูกผสม ไบโอดีเซลนี้เป็นลูกผสมระหว่างน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์กับน้ำมันแก๊ส หรือน้ำมันสัตว์กับน้ำมันดีเซล เพื่อให้ไบโอดีเซลมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล เช่น ปาล์มดีเซล (palm-diesel) เป็น การผสมระหว่างน้ำมันปาล์มกับน้ำมันดีเซล โดยไบโอดีเซลแบบนี้มีคุณสมบัติเหมือนน้ำมันดีเซล เครื่องยนต์เดินเรียบ ไม่มีปัญหาเครื่องสะอึก สตาร์ทดีได้ง่าย แต่ก็ยังมีปัญหาความหนืดเมื่ออากาศเย็น เกิดการอุดตันของไส้กรอง

ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ต้องผ่านกระบวนการแปรสภาพด้วยกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (transesterification) นั่นคือ การนำเอาน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ที่มีกรดไขมันทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ โดยใช้กรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดเอสเทอร์ โดยจะเรียกชนิดของไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น ถ้าเป็นเมทิลแอลกอฮอล์ก็จะเรียกว่า เมทิลเอสเทอร์ นอกจากนี้ยังได้กลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้ ซึ่งนำไปทำสบู่หรือเครื่องสำอาง ข้อดีอันดับแรกของไบโอดีเซลชนิดนี้คือ ค่าซีเทน (cetane = ค่าดัชนีการจุดติดไฟ) สูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้การจุดระเบิดทำได้ดี การสันดาปสมบูรณ์คาร์บอนมอนอกไซด์น้อยไม่มีควันดำ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ความหนืดคงที่ ข้อเสียคือ ต้นทุนสูงกว่าไบโอดีเซลชนิดอื่น เครื่องยนต์ให้กำลังต่ำกว่าดีเซล มีการสร้างแก๊สไนโตรเจนออกไซด์เพิ่มขึ้น แต่มีจุดเสียคือการเสื่อมสภาพได้ง่ายในส่วนประกอบที่เป็นยาง

การผลิตไบโอดีเซลมีหลายวิธี คือ

1. การเจือจาง (Dilution) หรือการผสมตามสัดส่วน (Blending)

การเจือจางหรือการผสมตามสัดส่วนของน้ำมันพืช สามารถนำมาละลายเข้ากันด้วยของเหลวบางชนิดเท่านั้น เช่น น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลปิโตรเลียม ตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน และ แอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่คาร์บอนสั้น มีรายงานการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับการเจือจางน้ำมันดอกทานตะวัน โดยใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วน 1 ต่อ 3 โดยปริมาตร และผ่านการทดสอบโดยใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้สำเร็จ (Ma and Hanna., 1999, Ziejewski et al., 1983) ความหนืดของส่วนผสมดังกล่าวมีค่าประมาณประมาณ 4.88 cSt ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลปิโตรเลียมเล็กน้อย เป็นเหตุให้สารผสมชนิดนี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลประเภท direct injection ในช่วงเวลาระยะยาวเพราะเกิดปัญหาเกี่ยวกับการเกิดโค้กที่ปลายของระบบหัวฉีดและ oil ring sticking อย่างรุนแรง

2. วิธีไมโครอิมัลชัน (Micro-emulsion)

ไมโครอิมัลชัน เป็นระบบของเหลวที่มีอนุภาคแพร่กระจายระหว่างกัน โดยไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน และอยู่รวมกัน ได้อย่างมีเสถียรภาพทางเทอร์โมไดนามิกส์

ของเหลวไมโครอิมัลชัน ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล อาจเตรียมได้จากการผสมระหว่างน้ำมันพืช เอสเทอร์ และ dispersant (cosolvent) หรือน้ำมันพืช แอลกอฮอล์ และสารลดแรงตึงผิว ในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อทำให้ระบบมีเสถียรภาพทางเทอร์โมไดนามิกส์ การมีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ในของเหลวนี้เองมีส่วนช่วยลดความรุนแรงของปัญหาการเกิดโค้กที่บริเวณปลายของหัวฉีด (Demirbas, 2003)

3. การแตกตัวด้วยความร้อน (Thermal cracking (pyrolysis))

การแตกตัวด้วยความร้อน นิยมใช้คำว่า Pyrolysis มากกว่า Thermal cracking นิยามหมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารตั้งต้นชนิดหนึ่ง ไปเป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่มีโมเลกุลที่เล็กลง โดยการกระตุ้นด้วยพลังงานความร้อน เป็นหลัก และอาจใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้อปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าวต้องไม่มีอากาศ หรือ ออกซิเจนอยู่ในระบบ การกำหนดลักษณะเฉพาะตัว กลไก หรือจลนพลศาสตร์ และปฏิกิริยาทางเคมีของการแตกตัวด้วยความร้อน เป็นสิ่งที่ทำได้ยาก เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน จำนวนปฏิกิริยา และทางเดินของปฏิกิริยาเกิดขึ้นหลากหลายมาก

สำหรับการใช้กระบวนการแตกตัวด้วยความร้อนกับน้ำมันพืชนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ แอลเคน แอลคีน แอลคาไดอิน แอโรมาติก และกรดคาร์บอกซิลิก ซึ่งชนิดและปริมาณของผลิต

กันที่นั่นจะขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันพืชที่ใช้ ส่วนคุณสมบัติเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งหมดพบว่า จะมีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายคลึงกับน้ำมันปิโตรเลียมทั้งเบนซิน และดีเซล แต่หากมองทางด้านความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์แล้วจะเห็นว่า เครื่องมือ เครื่องวัด อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง และระบบปฏิบัติการทั้งหมด ต้องมีความทันสมัย ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะการใช้งานที่อุณหภูมิสูง จึงทำให้ราคาค่อนข้างแพงมาก ทั้งยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูงมากอีกด้วย ส่วนบุคลากรที่ควบคุมและดำเนินการทั้งหมดต้องมีความรู้ ความสามารถ และความรับผิดชอบที่สูง จากสาเหตุดังกล่าวทั้งหมดนี้ เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคาแพง แม้คุณภาพจะดีก็ตาม

4. การเคลื่อนย้ายหมู่เอสเทอร์

กระบวนการเคลื่อนย้ายหมู่เอสเทอร์ บางครั้งนิยมเรียกว่า แอลกอฮอล์ไลซิส หมายถึงปฏิกิริยาเคมีระหว่างไตรกลีเซอไรด์ในไขมันหรือน้ำมันกับแอลกอฮอล์ เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์แอลคิลเอสเทอร์ของกรดไขมันและกลีเซอรอล กระบวนการนี้นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เพื่อการปรับปรุงคุณภาพทางเชื้อเพลิงที่พัฒนาจากไตรกลีเซอไรด์ให้ดีขึ้น โดยเฉพาะการลดความหนืดของเชื้อเพลิงลง

ในกระบวนการเคลื่อนย้ายหมู่เอสเทอร์ ส่วนใหญ่จะใช้แอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่คาร์บอนสั้น ในการทำปฏิกิริยาโดยเฉพาะเมทานอล ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ที่มีข้อได้เปรียบในเชิงพาณิชย์สูง ตัวอย่างเช่น มีราคาถูก มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่เหมาะสม เป็นแอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่คาร์บอนสั้นที่สุด และมีความเป็นขั้วสูง สามารถช่วยเพิ่มอัตราเร็วในการทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ได้มากที่สุด

Saka and Kusdiana (2001) นำเสนอวัฏกรรมใหม่สำหรับการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับ การผลิตเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน โดยใช้กระบวนการปฏิกิริยาเคลื่อนย้ายหมู่เอสเทอร์ที่เกิดขึ้นในสภาพและเงื่อนไข supercritical methanol ซึ่งไม่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดใดเลย นับว่าเป็นกระบวนการซึ่งแตกต่างไปจากวิธีการผลิตแบบเก่าที่นิยมใช้กันมานานโดยสิ้นเชิง กระบวนการนี้ค่อนข้างง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน ใช้เวลาดำเนินงานสั้น ใช้พลังงานต่ำ และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของ Fatty acids alkyl ester ที่ได้จากน้ำมันพืชต่างชนิดกันเปรียบเทียบกับ น้ำมันดีเซล

Ester	Cetane Number	Heating Value (KJ/Kg)	Viscosity (mPa.s)	Cloud point (°C)	Pour Point (°C)	Flash Point^a (°C)
Diesel fuel No.2	47	45343	2.30 (38°C)	-15	-33	52
Biodiesel						
Methyl						
Cottonseed	51.2	-	6.80 (21°C)	-	-4	110
Rapeseed	54.4	40449	6.70 (40°C)	-2	-9	84
Safflower	49.8	40060	-	-	-6	180
Soybean	46.2	39800	4.08 (40°C)	2	-1	171
Sunflower	46.2	39800	4.22 (40°C)	0	-4	-
Tallow	-	39949	4.11 (40°C)	12	9	96
Ethyl						
Palm	56.2	39070	4.50 (37.8°C)	8	6	19
Soybean	48.2	40000	4.41 (40°C)	1	-4	174
Tallow	-	-	-	15	12	-
Propyl						
Tallow	-	-	-	17	12	-
Isopropyl						
Soybean	52.6	-	-	-9	-12	185
Tallow	-	-	-	8	0	-

^a จุดวาบไฟบางค่ามีค่าต่ำมาก อาจเนื่องมาจากการจัดพิมพ์ข้อมูลในเอกสารอ้างอิงผิดพลาด หรือ เอสเตอร์ที่ไคยังคมีแอลกอฮอล์เหลืออยู่

ที่มา : กัญจนนา (2544)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของเอสเตอร์ที่ได้จากกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว

Fatty acids ester (No.carbon atom : No.double bond)	Mol.wt	Melting Point(°C)	Boiling Point (°C)	Cetane No.	Heating Value (KJ/Kg)
Methyl caprylate ^a (18:0)	158.24	-	193	33.6	34716
Methyl caprate ^a (10:0)	186.3	-	224	47.7	36495
Methyl laurate ^a (12:0)	214.3	5	266	61.4	37877
Methyl myristate ^a (14:0)	242.41	18.5	295	66.2	38904
Methyl palmitate ^a (16:0)	270.46	30.5	415	74.5	39448
Methyl stearate ^a (18:0)	298.51	39.1	442	86.9	40072
Methyl oleate ^b (18:1)	296.49	-20	218.5	47.2	39908
Methyl linoleate ^b (18:2)	294.48	-35	215	28.5	39697
Methyl linoleate ^b (18:3)	292.46	-57	109	20.6	39342
Methyl erucate ^b (22:1)	352.6	-	221	76	40496

^a เอสเตอร์ของกรดไขมันอิ่มตัว

^b เอสเตอร์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว

ที่มา : ดัดแปลงจาก คู่อันท์ และแสงแข (2545)

การใช้ไบโอดีเซลในต่างประเทศ

มีการใช้ไบโอดีเซลอย่างกว้างขวางในทวีปยุโรป และมีการสร้างโรงงานผลิตไบโอดีเซลขึ้นตลอดเวลาในปี ค.ศ. 2000 สามารถผลิต fatty acid methyl ester (FAME) ได้ถึง 811,000 ตัน โดยใช้เป็นเชื้อเพลิง 219,000 ตัน จากข้อมูล จะเห็นว่า มีการนำเอาเอสเตอร์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในปริมาณสูง ซึ่งเป็นการแสดงถึงแนวโน้มของความนิยมในการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และในระยะหลังๆ นี้ได้มีการพัฒนาวิธีการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เมทานอลในสถานะเหนือวิกฤต (supercritical methanol) จากผลการวิจัย พบว่า ได้ผลได้สูงกว่าการทำปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันแบบเดิม และใช้เวลาสั้นกว่ามาก โดยไม่จำเป็นต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาด้านต้นทุนและความปลอดภัยในการผลิตต่อไป ราคาของไบโอดีเซลขึ้นกับราคาของวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิต โดยหลายประเทศนิยมใช้วัตถุดิบที่มีมากและราคาถูก ในประเทศสหรัฐอเมริกาสนใจใช้น้ำมันถั่วเหลือง ในขณะที่ประเทศในทวีปยุโรปใช้ rapeseed oil และน้ำมันดอกทานตะวัน และในบางประเทศทำการวิจัยโดยใช้น้ำมันจากเมล็ดผลไม้ เช่น ในแอฟริกา ทดลองโดยใช้เมล็ดแพร์ เป็นต้น ในสหรัฐอเมริกาใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในรถดัก

เรือ เครื่องมือทางการเกษตร และรถโรงเรียน โดย energy policy (EPACT) อนุญาตให้ผสมไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลได้ถึง 20% เรียกชื่อว่า B 20 โดยทดแทนดีเซลได้ถึง 10% ในปี 2000 (คูจันท์ และ แสงแข, 2545)

ตารางที่ 3 น้ำมันพืชที่ใช้ผลิตไบโอดีเซลในต่างประเทศ

ประเทศ	ชนิดของน้ำมัน
ฝรั่งเศส	เมล็ดเรป ทานตะวัน
สเปน	เมล็ดเรป ทานตะวัน
อิตาลี	ถั่วเหลือง
ออสเตรีย	น้ำมันที่ใช้แล้ว
เยอรมัน	น้ำมันที่ใช้แล้ว
สหรัฐอเมริกา	ถั่วเหลือง
มาเลเซีย	ปาล์ม (อยู่ระหว่างดำเนินการ)

ที่มา : ดัดแปลงจาก คูจันท์ และแสงแข (2545)

ตารางที่ 4 การผลิตไบโอดีเซลในยุโรปในปี 2543

ประเทศ	ปริมาณการผลิต FAME	ใช้เป็นไบโอดีเซล
เยอรมัน	340,000	193,000
ฝรั่งเศส	230,000	0
อิตาลี	140,000	0
เบลเยียม	80,000	10,000
ออสเตรีย	15,000	15,000
สวีเดน	7,000	6,000
รวม (ต้น)	811,000	225,000

ที่มา : ดัดแปลงจาก คูจันท์ และแสงแข (2545)

ในต่างประเทศก็มีโครงการทำไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่มากในประเทศนั้น เช่น น้ำมันเรป น้ำมันทานตะวัน น้ำมันใช้แล้ว ฯลฯ ดังรายละเอียดในตารางที่ 3 ในบางประเทศก็มีโครงการนำไบโอดีเซลมาใช้งานแล้ว โดยเฉพาะยุโรปที่มีการตื่นตัวมาก เช่น เยอรมัน

ในปีที่แล้วนำมาใช้ถึง 193,000 ตัน และมีสถานีบริการน้ำมันไบโอดีเซลถึง 900 แห่ง (ดูรายละเอียดในตารางที่ 4) แต่เราต้องเข้าใจว่าขณะนี้ในต่างประเทศมีการใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่มีจุดมุ่งหมายเรื่องความสะอาดของสิ่งแวดล้อมมิใช่เรื่องของราคา เพราะไบโอดีเซลมีราคาสูงกว่าน้ำมันดีเซล

ประเทศไทยมีการปลูกพืชน้ำมัน ที่นอกเหนือจาก ปาล์มน้ำมัน มะพร้าวและสบู่ดำ ได้แก่ ทานตะวัน ถั่วเหลือง งา รำข้าว และถั่วลิสง ซึ่งจากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่า ผลผลิตถั่วเหลือง และ ถั่วลิสงของไทยสามารถผลิตได้เพียงร้อยละ 20.83 และ 74.29 ตามลำดับ ของความต้องการบริโภคภายในประเทศเท่านั้น ทำให้ต้องมีการนำเข้าถั่วเหลือง และถั่วลิสงจากต่างประเทศจำนวนมาก จึงทำให้ถั่วเหลืองและถั่วลิสงไม่มีศักยภาพเพียงพอที่จะสามารถนำมาผลิตไบโอดีเซลได้

สำหรับน้ำมันงา จะเห็นได้ว่า ประเทศไทยผลิตน้ำมันงาเพียงพอกับความต้องการบริโภคภายในประเทศเท่านั้น ทำให้มีน้ำมันเหลือจำนวนน้อยมากซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการผลิตไบโอดีเซล การใช้น้ำมันรำข้าวเป็นน้ำมันพืชที่น่าสนใจที่จะนำมาผลิตไบโอดีเซลนั้น เนื่องจากมีน้ำมันเหลือจากความต้องการใช้ในประเทศประมาณปีละ 10,000 - 15,000 ตัน ที่ส่งออกไปต่างประเทศ ซึ่งสามารถนำมาใช้ผลิตไบโอดีเซลได้ แต่เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนราคาวัตถุดิบ น้ำมันรำข้าว จะเห็นได้ว่า น้ำมันรำข้าวมีราคา 30.86 บาทต่อลิตร (ตารางที่ 6) ในปี พ.ศ. 2547 ซึ่งเป็นราคาที่สูงทำให้น้ำมันรำข้าวยังไม่มีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาผลิตไบโอดีเซล

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า วัตถุดิบน้ำมันพืชทานตะวัน ถั่วเหลือง งา รำข้าว และถั่วลิสง เมื่อพิจารณาด้านปริมาณและราคาวัตถุดิบ พบว่ายังไม่มีศักยภาพเพียงพอในการผลิตไบโอดีเซล

ตารางที่ 5 ปริมาณผลผลิต นำเข้า ส่งออก และการใช้ในประเทศของกลุ่มพืชน้ำมันที่สำคัญ
ของไทย ปี พ.ศ. 2546

พืชน้ำมัน		ผลผลิต	นำเข้า	ส่งออก	ใช้ในประเศสุทธิ
		(ตัน)	(ตัน)	(ตัน)	(ตัน)
ปาล์มน้ำมัน	ทะลาย	4,902,383	0	0	4,902,383
	น้ำมัน	640,000	66,731	210,480	398,374
ปาล์มน้ำมัน	เมล็ดใน	138,000	2	4,804	133,198
	น้ำมัน	59,939	1,379	47,422	13,896
งา	เมล็ด	40,000	854	13,437	27,417
	น้ำมัน	8,191	34	385	7,840
มะพร้าว	ผล	1,432,000	575	28,478	1,403,597
	น้ำมัน	43,302	13	1,283	38,200
รำข้าว	น้ำมัน	20,300	194	18,798	1,696
ถั่วเหลือง	เมล็ด	270,000	1,691,168	5,977	1,296,341
	น้ำมัน	180,000	1	29,898	150,103
ถั่วลิสง	in Shell	120,000	43,858	2,323	161,535
	Eq.				
	Shelled	84,000	30,701	1,626	113,074
	Eq				
	น้ำมัน	10,675	0	0	10,675
ทานตะวัน	เมล็ด	na	4,773	144	4,629
	น้ำมัน	na	14,358	136	14,222

หมายเหตุ na ไม่มีข้อมูล
ไม่มีข้อมูลสรุปค่า

ที่มา : FAO, 2549

ตารางที่ 6 ราคาน้ำมันพืชขายส่งที่ตลาดกรุงเทพ (บาท/ลิตร)

ปี	น้ำมัน	น้ำมัน	น้ำมันงา	น้ำมันถั่ว	น้ำมัน	น้ำมัน	น้ำมัน
----	--------	--------	----------	------------	--------	--------	--------

	ปาล์มดิบ	มะพร้าวดิบ		เหลือง	รำข้าว	ถั่วลิสง	ทานตะวัน
2545	14.00	14.28	57.10	36.53	24.85	48.15	39.79
2546	15.22	15.95	57.10	26.67	30.10	48.36	-
2547	16.36	21.03	-	27.82	30.86	49.99	-

ที่มา : คัดแปลงข้อมูลจากกรมการค้าภายใน

ความสามารถในการทดแทนน้ำมันดีเซล

การนำวัตถุดิบน้ำมันพืชมาใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลนั้น จะต้องคำนึงถึงความต้องการอุปโภคบริโภคน้ำมันพืชชนิดนั้น ๆ เสียก่อน สำหรับความสามารถในการทดแทน น้ำมันดีเซลจะพิจารณาจากน้ำมันพืช 3 ชนิด คือ น้ำมันปาล์ม, น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันพืชใช้แล้ว เมื่อพิจารณาจากการประมาณการน้ำมันพืชที่เหลือจากความต้องการอุปโภคและบริโภคในปี พ.ศ. 2548 ดังแสดงในตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่า ปริมาณน้ำมันพืช ทั้งน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันพืชใช้แล้ว ที่มีเพื่อผลิตไบโอดีเซลรวมทั้งหมดเท่ากับ 125.32 ล้านลิตร ซึ่งสามารถทดแทนความต้องการใช้น้ำมันดีเซลได้เพียง ร้อยละ 0.65 เท่านั้น (ความต้องการใช้น้ำมันดีเซลในปี พ.ศ. 2548 ของประเทศไทย เท่ากับ 19,392.58 ล้านลิตร)

นอกจากนี้กรณีที่ผลผลิตจากพืชน้ำมันในประเทศบางปีมีล้นตลาด ทำให้ราคาตก รัฐบาลก็ต้องเข้ามาช่วยเหลือในการประกันราคา หากเรามีโครงการไบโอดีเซลก็จะทำให้น้ำมันผลิตที่มีล้นตลาดบริโภคมาแปลงเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งจะลดการนำเข้าน้ำมันดิบ ลดการเสียเปรียบดุลการค้าอีกด้วย เกษตรกรก็มีโอกาสที่จะมีรายได้ดีขึ้น เพราะราคาน้ำมันจะไม่ตกต่ำมาก สิ่งหนึ่งที่เราอาจเตรียมพร้อมไว้ คือ ขบวนการผลิตเอสเทอร์ของน้ำมันพืชจะมีกลีเซอรอลออกมาเป็น ผลพลอยได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งต้องมีอุตสาหกรรมรองรับที่ใหญ่พอสมควรด้วย

ตารางที่ 7 การคาดคะเนน้ำมันพืชเพื่อผลิตไบโอดีเซล ปี พ.ศ. 2548

น้ำมันพืช	ปริมาณน้ำมันเพื่อผลิตไบโอดีเซล	ความสามารถทดแทนน้ำมันดีเซล
-----------	--------------------------------	----------------------------

	(ลิตร)	(ร้อยละ)
น้ำมันปาล์ม	47.87	0.25
น้ำมันมะพร้าว	2.95	0.02
น้ำมันพืชใช้แล้ว	74.5	0.38
รวม	125.32	0.65

ไบโอดีเซลจากรีไซเคิลจากการปรุงอาหาร (biodiesel from waste cooking oil)

ปัจจุบัน ไบโอดีเซลมีราคาสูงกว่าราคาดีเซลที่ได้จากปิโตรเลียม ซึ่งไบโอดีเซลมีราคาแพงกว่า US\$ 0.5/ลิตร เมื่อเทียบกับดีเซลที่ได้จากปิโตรเลียม US\$ 0.35/ลิตร อันเนื่องมาจากราคาน้ำมันพืชบริสุทธิ์ เช่น ในสหรัฐอเมริกา ราคาน้ำมันถั่วเหลืองมีราคาขายเฉลี่ยที่ \$0.36/ลิตร (เดือนมิถุนายน 2545) ดังนั้นราคาของไบโอดีเซลจึงสูงกว่าดีเซลที่ได้จากปิโตรเลียม เพราะฉะนั้นการลดราคาของไบโอดีเซลลงจึงเป็นหัวข้อวิจัยที่น่าสนใจ โดยเฉพาะการลงทุนของวัตถุดิบ จึงมีการใช้รีไซเคิลจากการปรุงอาหารแทนน้ำมันพืชบริสุทธิ์ ในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งประมาณว่าราคาของต้นทุนการผลิตจะลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของน้ำมันพืชบริสุทธิ์ (Zhang et al, 2003)

ข้อดีของไบโอดีเซล (วิภาวดี, 2546)

1. มีความปลอดภัยในการจัดเก็บ เพราะไม่เป็นพิษและสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้
2. ผลิตได้จากวัตถุดิบที่ได้จากเกษตร หรือน้ำมันที่ใช้แล้วจากกระบวนการอุตสาหกรรม
3. ช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศและสิ่งแวดล้อม เพราะแก๊สเสียที่เกิดจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลชีวภาพ จะมีองค์ประกอบของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ เหม่า หรือ องค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอน ซึ่งถูกเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ในปริมาณที่ต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลปิโตรเลียม

ข้อเสียของไบโอดีเซล (วิภาวดี, 2546)

1. มีราคาแพงเนื่องจากต้นทุนสูง
2. มีการสร้างแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) เพิ่มขึ้น
3. อาจต้องทำการตัดแปลงส่วนประกอบเครื่องยนต์ที่เป็นยาง (rubber) ซึ่งอาจถูกทำลายโดยไบโอดีเซล

ตรวจเอกสาร

1. ปาล์มน้ำมันและกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม

1.1 ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis*) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่ง ที่ปลูกกันมากทางภาคใต้ของไทยรองจากยางพารา นิยมปลูกกันมากในจังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร สตูล และตรัง ผลผลิตของปาล์มน้ำมันจะถูกนำไปแปรรูปเป็นน้ำมันปาล์ม ซึ่งมีแนวโน้มการผลิตสูงขึ้นทุก ๆ ปี ประเทศที่มีการผลิตและส่งออกน้ำมันปาล์มเป็นอันดับหนึ่งของโลก คือ มาเลเซีย รองลงมาคือ อินโดนีเซีย ซึ่งประเทศเหล่านี้มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกับประเทศไทย

กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทยมี 3 วิธี (ผาสุก และคณะ, 2531) กระบวนการผลิตแบบใช้น้ำเป็นวิธีมาตรฐาน กระบวนการผลิตแบบขังผลปาล์มหรือหีบน้ำมันผสม และกระบวนการผลิตแบบทอดผลปาล์ม ได้น้ำมันปาล์มแบ่ง 2 ชนิดใหญ่ ๆ ถ้าได้จากเนื้อของผลปาล์ม (mesocarp) เรียกว่า น้ำมันปาล์ม (palm oil) ถ้าได้จากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (palm kernel) เรียกว่า น้ำมันเมล็ดปาล์ม (palm kernel oil) เมื่อนำน้ำมันปาล์มไปแยกส่วนและทำให้บริสุทธิ์จะมีส่วนที่เป็นของเหลวเรียกว่า น้ำมันปาล์มโอเลอิน (palm olein) ซึ่งเป็นน้ำมันปาล์มที่ใช้กันทั่วไป และส่วนที่เป็นไข เรียกว่า ปาล์มสเตียร์น (palm stearin)

น้ำมันปาล์มมีส่วนประกอบของกรดไขมันและการจัดเรียงตัวของกรดไขมันในตำแหน่งที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของน้ำมันปาล์ม พื้นที่บริเวณเพาะปลูก และภูมิอากาศ ทั้ง น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดปาล์มมีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ต่างกัน น้ำมันปาล์มมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในปริมาณที่ใกล้เคียงกันคือ ร้อยละ 48.05 และ 51.95 ตามลำดับ (ไพจิตร, 2530) ในขณะที่น้ำมันจากเมล็ดปาล์มมีร้อยละของกรดไขมันอิ่มตัวสูงร้อยละ 78.82 (ตารางที่ 8) จึงมีผลให้มีการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน

1.2 กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม

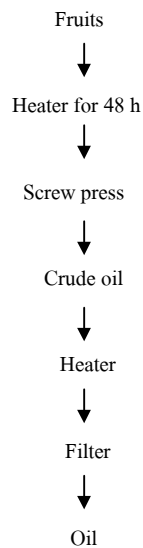
กรรมวิธีการผลิตน้ำมันปาล์มแสดงในภาพประกอบที่ 1 - 3 เป็นกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันออกไปแต่อาจจำแนกได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือการผลิตแบบไม่ใช้น้ำ และแบบใช้น้ำ ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณน้ำทิ้งที่ออกมา การผลิตแบบไม่ใช้น้ำ (ภาพประกอบที่ 1) จะไม่มีน้ำเสียเลย เป็นการลดปัญหา และค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการกำจัดน้ำเสียไปได้ ความร้อนในการอบผลปาล์มได้จากพื้นต้องใช้เวลาในการอบ 48 ชั่วโมง ซึ่งนานกว่าการอบด้วยไอน้ำมาก (ไม่เกิน 2 ชั่วโมง) ในขั้นตอนนี้น้ำหนักจะหายไปประมาณ 30% ผลปาล์มจะถูกส่งไปยังเครื่องหีบแบบเกลียวอัด (screw press) น้ำมันที่ได้ถูกทำให้ร้อนและผ่านเข้าเครื่องกรองแบบอัดหลายชั้น (filter press) เพื่อขจัดสิ่งเจือปนออก วิธีนี้เหมาะกับโรงงานขนาดเล็กเป็นกระบวนการที่ไม่สลับซับซ้อนได้น้ำมันปาล์มดิบเป็นน้ำมันกะเทย คือ น้ำมันผสมทั้งจากส่วนเปลือกและเมล็ดใน ซึ่งคุณภาพจะดีกว่าน้ำมันจากส่วนเปลือกเพียงอย่างเดียว (พูนสุข และคณะ, 2533)

ตารางที่ 8 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำมันปาล์ม

	Palm oil	Palm kernel oil
Iodine Value	43-59	14-20
Acid Value	15	20
Saponification Value	195-210	240-257
Unsaponification matter (%)	1	1
Colour (Lovibone)*	Y : 2.5R	10Y : 1R25
Total saturated fatty acid (%)	48.05	78.82
Total unsaturated fatty acid (%)	51.95	21.18

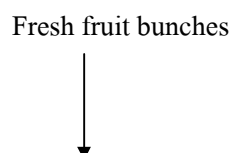
* : cell, 5^{1/4} in.

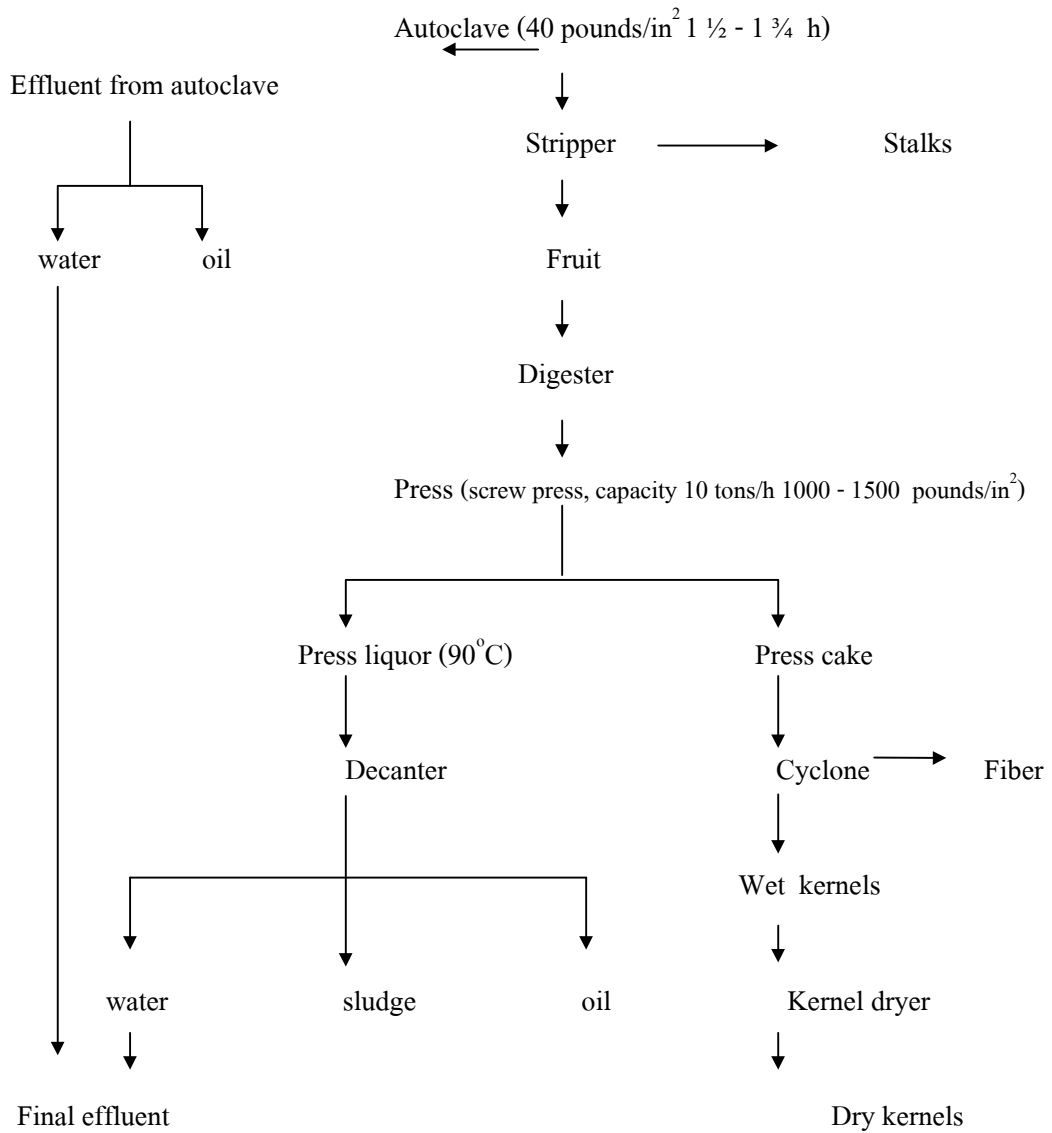
ที่มา : ดัดแปลงมาจาก ไพจิตร (2530)



ภาพประกอบที่ 1 แผนภูมิแสดงการผลิตน้ำมันปาล์มดิบผสมแบบไม่ใช้น้ำ

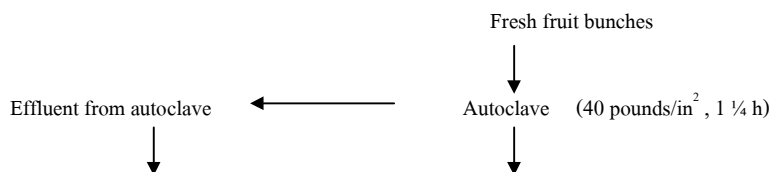
ที่มา : พูนสุข และคณะ (2533)

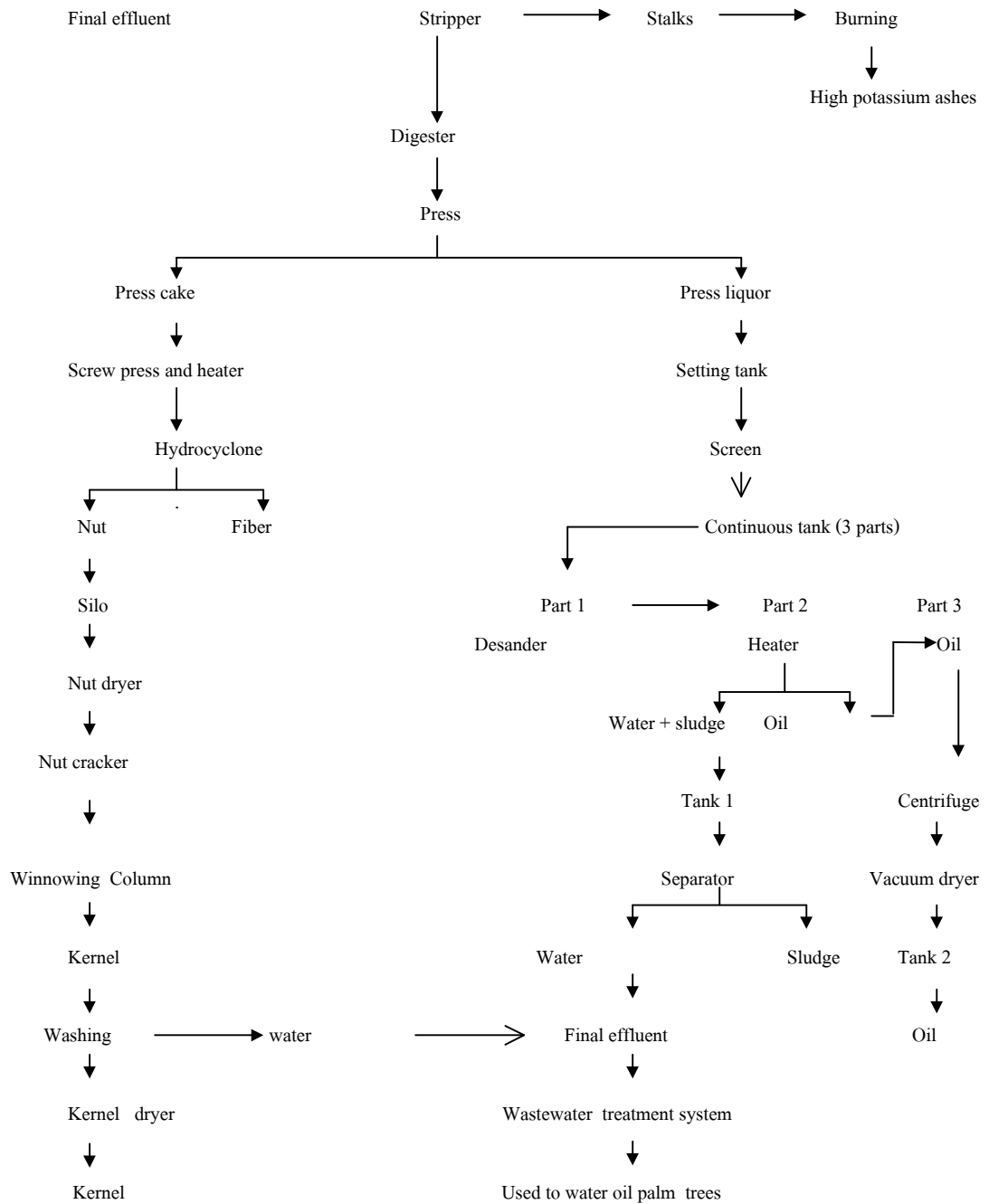




ภาพประกอบที่ 2 แผนภูมิการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบใช้น้ำที่มีการใช้เครื่องสกัดแยกน้ำมันแบบดีเคนเตอร์

ที่มา : พูนสุข และคณะ (2533)





ภาพประกอบที่ 3 แผนภูมิการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบใช้น้ำที่ใช้เครื่องสกัดน้ำมันแบบ เซฟารเตอร์

ที่มา : พูนสุข และคณะ (2533)

2 ปริมาณและคุณลักษณะของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มมาจากสองขั้นตอนคือ น้ำนึ่งปาล์มหรือน้ำทิ้งจากหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (sterilizer condensate) และน้ำทิ้งจากเครื่อง decanter หรือเครื่อง separator ก่อนจะ

ไหลไปรวมกันเป็นน้ำทิ้งรวมในบ่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงาน น้ำทิ้งจากหม้อฆ่าเชื้อมีประมาณ 200 ลิตร ต่อ 10 ตันทะเลของปลาต้ม (หรือ 10% ของน้ำมันที่ผลิตได้) คิดเป็นร้อยละ 2 (ปริมาณโดยน้ำหนัก) ของทะเลของปลาต้ม (พูนสุข และคณะ, 2533) ส่วนปริมาณน้ำทิ้งทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 60 ของปริมาณทะเลของปลาต้ม (Hwang, *et al.*, 1978 อ้างโดย พูนสุข และคณะ, 2533) หรือ 2 ½ - 3 เท่าของปริมาณน้ำมันที่ผลิตได้ (Cheah, *et al.*, 1988 อ้างโดย พูนสุข และคณะ, 2533)

จากการสำรวจปริมาณน้ำทิ้งของโรงงานสกัดน้ำมันปลาต้มในประเทศมาเลเซียโดย PORIM/RRIM (1981 อ้างโดย ปรีชา, 2539) ประมาณการว่า น้ำทิ้งส่วนใหญ่มาจากหม้อหนึ่งฆ่าเชื้อมีประมาณ 0.9 ลูกบาศก์เมตรต่อตันของน้ำมัน น้ำทิ้งจากเครื่องแยกกรวดทราย (desander) 0.1 - 0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อตันของน้ำมัน และน้ำทิ้งจากเครื่องแยก separator หรือ decanter 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตันของน้ำมัน โดยน้ำทิ้งรวมมีปริมาณ 2.5 ลูกบาศก์เมตรต่อตันน้ำมันที่ผลิตได้

พูนสุข และคณะ (2533) รายงานคุณลักษณะของน้ำทิ้งจากโรงงานสกัดน้ำมันปลาต้มแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของน้ำทิ้ง ได้แก่ น้ำทิ้งจากบ่อรวบรวมน้ำเสีย น้ำเสียจากหม้อฆ่าเชื้อ และน้ำทิ้งจากเครื่อง decanter หรือเครื่องเหวี่ยง (centrifuge) จากตารางที่ 9 แสดงคุณลักษณะโดยรวมของน้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ จะเห็นว่า น้ำทิ้งจากบ่อรวบรวมน้ำเสียมีค่าบีโอดี (57.38 กรัม/ลิตร), ซีโอดี (73.23 กรัม/ลิตร), ของแข็งทั้งหมด (68.98 กรัม/ลิตร), ของแข็งแขวนลอย (35.25 กรัม/ลิตร) และกรีส (grease) (1.23 กรัม/ลิตร) ซึ่งเฉลี่ยจะสูงกว่าน้ำทิ้งจากเครื่อง decanter หรือเครื่องหมุนเหวี่ยง (มีค่าต่าง ๆ เฉลี่ยเท่ากับ 33.19, 52.91, 23.63, 11.60 และ 0.005 กรัม/ลิตร ตามลำดับ) ในขณะที่น้ำทิ้งเครื่อง condensate มีค่าซีโอดี (75.60 กรัม/ลิตร) และของแข็งทั้งหมด (72.56 กรัม/ลิตร) เฉลี่ยสูงกว่าน้ำทิ้งจากบ่อรวบรวมน้ำเสีย จากตารางที่ 10 (อรัญ และคณะ, 2537) แสดงคุณลักษณะน้ำทิ้งจากขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ ของโรงงานสกัดน้ำมันปลาต้มจำนวน 4 โรง พบว่าน้ำทิ้งจากหม้อหนึ่งมีปริมาณสารแขวนลอยต่ำ (เฉลี่ย 10.30 กรัม/ลิตร) และมีน้ำมันค่อนข้างสูง (เฉลี่ย 14.57 กรัม/ลิตร) น้ำทิ้งจาก separator มีน้ำมันเหลืออยู่ 12.78 กรัมต่อลิตร ในขณะที่น้ำทิ้งจาก decanter มีน้ำมัน 15.21 กรัม/ลิตร น้ำทิ้งจากบ่อกักน้ำทิ้งรวมและน้ำทิ้งจาก บ่อดักน้ำมันสุดท้ายมีน้ำมัน 9.45 และ 11.36 กรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยเฉลี่ยโรงงานสกัดน้ำมันที่สำรวจมีปริมาณน้ำทิ้ง 0.87 ลูกบาศก์เมตรต่อตันทะเลปลาต้มสด ซึ่งมีค่าซีโอดี, บีโอดี, สารแขวนลอย และ น้ำมันเท่ากับ 52.45, 26.59, 12.84 และ 8.72 กิโลกรัมต่อตันทะเลปลาต้มสด

ตารางที่ 9 คุณลักษณะของน้ำทิ้ง จากขั้นตอนต่าง ๆ ในการสกัดน้ำมันปลาต้ม และน้ำทิ้งรวมของโรงงานสกัดน้ำมันปลาต้ม

Parameters	Wastewater	Effluents from autoclave	Effluents from decanter or separator
Color	Dark Brown	Brown	Brown-Blackish Brown
PH	4.05 – 4.62	4.84 – 5.35	4.61 – 4.89
BOD	54,750 – 60,000	22,800 – 41,985	21,000 – 45,375
COD	80,523 – 115,934	45,360 – 80,146	38,246 – 67,567
Volatile acid	3,128 – 5,870	998 – 7,125	1,838 – 2,273
Alkalinity	68 -200	3.75 – 1,576	86.5 – 480
Grease	16 –2,449	20.9 – 1,103	4.7
Total solids (TS)	49,053 – 88,508	26,367 – 76,733	25,634 – 47,242
Volatile solids (VS)	42,063 – 81,872	24,415 – 67,635	23,056 – 39,617
Suspended solids (SS)	18,500 – 52,000	2,600 – 6,100	2,900 – 20,300
Nitrogen			
- ammonia	27 – 61	7.7 – 66.3	22.8 – 23.0
- organic	551 –1,172	22.4 – 1,287	518.5

หมายเหตุ ทุกหน่วยมีค่าเป็น มิลลิกรัม/ลิตร ยกเว้นสีและพีเอช
ที่มา : ดัดแปลงจากพูนสุข และคณะ (2533)

ตารางที่ 10 คุณลักษณะน้ำทิ้งโดยเฉลี่ยจากโรงงานน้ำมันปาล์ม 4 โรงงาน

Mills	pH	Temperature	COD	BOD	COD/BO	SS	O&G
-------	----	-------------	-----	-----	--------	----	-----

		(°C)	(mg/l)	(mg/l)	D	(g/l)	(g/l)
Asian Palm Oil Company Ltd. ^a	4.65	64.9	113,960	59,389	1.94	26.30	14.70
Southern Palm Oil Company Ltd. ^b	4.58	64.9	68,344	30,704	2.29	20.80	7.60
Siam Palm Oil and Industry Company Ltd. ^c	4.67	63.4	42,644	21,450	2.00	5.20	14.20
United Palm Oil Industry Company Ltd. ^b	4.53	54.1	57,641	29,100	1.98	1.98	7.70
Mean	4.61	66.3	70,647	35,160	2.05	17.50	11.10
Std. Deviation	0.06	3.70	26,249	14,149	0.14	7.80	3.40

a- using decanter

b- using separator and decanter

c- using separator

ที่มา : อรัญ และคณะ (2537)

3. กรดไขมัน (Fatty acid)

กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์ที่ส่วนใหญ่มีจำนวนคาร์บอน 4 - 24 อะตอม ปลายข้างหนึ่งเป็นหมู่คาร์บอกซิลปลายอีกข้างมีลักษณะเป็นโซ่ยาวของนอน โพลาร์ไฮโดรคาร์บอนไฮโดรคาร์บอนทำให้กรดไขมันไม่ละลายน้ำ ในธรรมชาติของพืชกรดไขมันมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่ และเป็นโซ่ยาวอิ่มตัว (ไม่มีพันธะคู่) หรือไม่อิ่มตัว (มีพันธะคู่) หรือมีพันธะสาม (triple bond) 1 คู่ หรือมากกว่า กรดไขมันแต่ละชนิดมีความยาวของโซ่ จำนวนและตำแหน่งของพันธะไม่อิ่มตัวแตกต่างกัน กรดไขมันที่พบในเซลล์พืชหรือสัตว์จะไม่พบในรูปอิสระ แต่จะอยู่รวมกับลิพิดด้วยพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งถูกย่อยสลายได้โดยการใช้เอนไซม์หรือสารเคมี

กรดไขมันที่พบในพืชและสัตว์ชั้นสูงจะมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่ อยู่ระหว่าง 14 - 22 อะตอม โดยเฉพาะ C₁₆ และ C₁₈ พบมากที่สุด และถ้าหากมีพันธะคู่มากกว่า 1 คู่ ก็จะเป็นแบบนอนคอนจูเกต (- CH = CH - CH₂ - CH = CH -) โดยมีคอนฟิเจอร์ชันแบบซิส กรดไขมันที่มีสายโซ่ยาว ๆ (C₁₆ -C₁₈) ละลายน้ำไม่ได้ แต่ถ้าในรูปเกลือสามารถสร้างไมเซลล์ในน้ำได้ และไมเซลล์สามารถคงรูปอยู่ได้ด้วยอันตรกิริยาแบบไฮโดรโฟบิก (อาภัสตรา, 2537)

3.1 การใช้ประโยชน์จากกรดไขมัน

กรดไขมันใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นสำหรับการผลิตเฟตตีแอลกอฮอล์ เฟตตีเอสเทอร์ และสารประกอบเฟตตีในโตรเจน ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบโดยตรงหรือนำไปดัดแปลงหมู่โครงสร้างเพื่อผลิตสารอนุพันธ์ที่สำคัญในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้มากมาย ประเทศในกลุ่มอาเซียนสามารถผลิต basic oleochemical ได้ถึงร้อยละ 35 ของโลก โดยวัตถุดิบหลักจะผลิตจากน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าว วิธีการที่ง่ายที่สุดในการผลิตกรดไขมันคือ การใช้อุณหภูมิและความดันสูงในการแยกไขมันและน้ำมัน (fat splitting) สารผสมของกรดไขมันสามารถแยกให้บริสุทธิ์โดยการกลั่น กรดไขมันที่แยกได้สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ยางเทียนไข และเครื่องสำอางได้โดยตรง (Hui, 1996)

ในอุตสาหกรรมการผลิตยาง กรดไขมันจะถูกเติมลงในระหว่างขั้นตอนการผลิตเพื่อทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความนุ่ม สารหล่อลื่น และทำหน้าที่ช่วยลดระยะเวลาในการให้ความร้อน โดยความยาวของสายกรดไขมันไม่มีผลต่อการทำหน้าที่ดังกล่าว แต่กรดไขมันที่มีความอิ่มตัวสูงอาจมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตได้ การผลิตเทียนไขได้มีการนำกรดไขมันจากน้ำมันปาล์มมาใช้เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในด้านความเหนียว ทำให้ง่ายต่อการดึงออกจากเบ้า ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมของกรดไขมันที่ใช้คือ C16 ต่อ C18 ในอัตราส่วน 7:2 ดังนั้น จึงมีการนำน้ำมันปาล์มสเตียรีนมาใช้เนื่องจากมีปริมาณกรดปาล์มิติกสูง นอกจากนี้ ยังมีการใช้กรดไขมันในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องสำอาง ชนิดของกรดไขมันที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ กรดไมริสติก กรดปาล์มิติก และ กรดสเตียริก วัตถุประสงค์ของการนำมาใช้เพื่อช่วยเพิ่มการเป็นฟอง เพิ่มความเป็นเงามัน และทำหน้าที่เป็นคอนดิชันเนอร์ (Hui, 1996)

นอกจากนี้มีการนำกรดไขมันที่ได้จากมะพร้าวมาใช้ในอุตสาหกรรมสบู่และน้ำยาซักฟอกมากยิ่งขึ้น กรดริซิโนเลอิกที่พบในน้ำมันละหุ่งเป็นกรดไขมันที่ใช้ในอุตสาหกรรมสีย้อม และ จาระบีมานานแล้ว (ปวีณา, 2547) และยังมีพืชอีกหลายชนิดที่ให้กรดไขมันและน้ำมันที่ให้กรดไขมันและน้ำมันที่มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 บทบาทของกรดไขมันจากพืชในอุตสาหกรรม

Industry	Fatty Acid	Plant
----------	------------	-------

Food	palmitic acid	palm (<i>Elaeis guineensis</i>)
	stearic acid	cocoa (<i>Theobroma cacao</i>)
	oleic acid	Olive (<i>Olea europaea</i> L.) canola (<i>Brassica napus</i>)
	linoleic acid	Sunflower (<i>Helianthus annuus</i>) corn (<i>Zea may</i>)
	linolenic acid	linden (<i>Linum usitatissimum</i>) Soy bean (<i>Glycine max</i>)
	Functional food	γ - linoleic acid
Cosmetic	stearic acid	cocoa (<i>Theobroma cacao</i>)
Fuel oil, Detergent, Soap	octanoic acid	<i>Cuphea hookerina</i>
	capric acid	<i>Cupheapaucipetala</i> Californiabay (<i>Umbellulariacaliforniaca</i>)
	lauric acid and myristic acid	nutmeg (<i>Myristica fragans</i>) and coconut (<i>Cocos nucifera</i>)
Plastic, Nylon, Resin	petroselinic acid	<i>Coriandrum sativum</i> L. Carrot (<i>Duacus carota</i> L.)
	calendic acid	<i>Calendula officinalis</i>
Color, Varnish, linoleum	linolenic acid	sunflower (<i>Helianthus annuus</i>) corn (<i>Zea may</i>)
	α - linilenic acid	linden (<i>Linum usitatissimum</i>)
Epoxy resin	vernolic acid	<i>Vernonia anthelmintica</i>

ที่มา : Murphy (1994) และ Hills (2001) อ้างโดย ปวีณา (2547)

ตารางที่ 11 บทบาทของกรดไขมันจากพืชในอุตสาหกรรม (ต่อ)

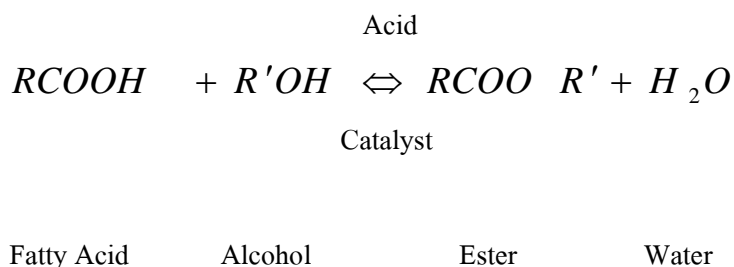
Industry	Fatty Acid	Plant
----------	------------	-------

Engine oil, Nylon	calendic acid	<i>Calendula officinalis</i>
Color, Lubricant	ricinoleic acid	castor(<i>Ricinus communis</i>)
Enamel, Varnish	α - eleostearic acid	tung (<i>Aleurites fordii</i>)
Color, Ink, Enamel	α - licanic acid	octicica (<i>Ligcania rigida</i>)
Engine oil	eicosenoic acid	Meadow foam (<i>Limnanthes douglasii</i>)
Engine oil, Nylon	erucic acid	mustard (<i>Brassica juncea</i>) rep seed (<i>Brassica napus</i>)
Engine oil	nervonic acid	honesty (<i>Lunaria annua</i>)

ที่มา : Murphy (1994) และ Hills (2001) อ้าง โดย ปวีณา (2547)

4. เคมีของปฏิกิริยา esterification และปฏิกิริยา transesterification

Esterification เป็นปฏิกิริยาของกรดกับแอลกอฮอล์โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาให้กลายเป็นเอสเทอร์ มีสมการทั่วไป ดังนี้

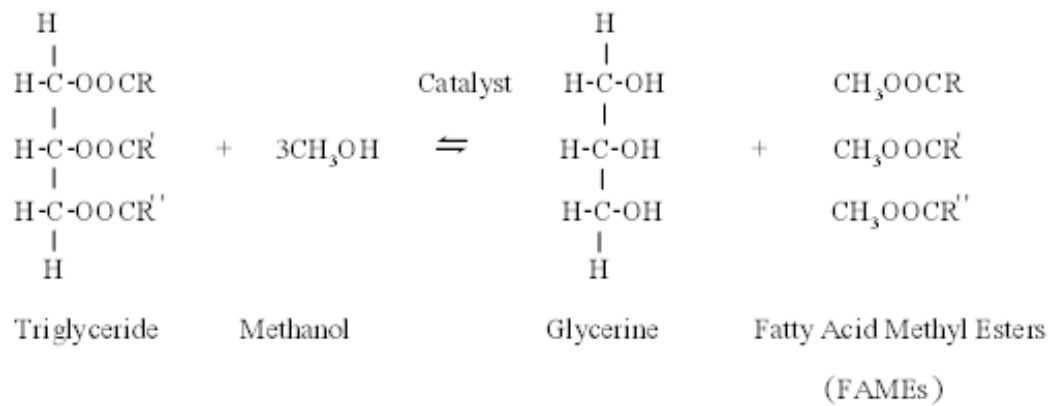


ภาพประกอบที่ 4 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน

โดยทั่วไปจะใช้กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา esterification เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ดังนั้น ต้องมีการดึงน้ำออกเพื่อให้ปฏิกิริยาดำเนินไปทางด้านขวามือเพื่อเพิ่มผลได้ (yield) ของเอสเทอร์

Transesterification เป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายหมู่เอสเทอร์ หมายถึง ปฏิกิริยาเคมีระหว่าง ไตรกลีเซอไรด์ในไขมันหรือน้ำมันกับแอลกอฮอล์ เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์แอลคิลเอสเทอร์ของ กรดไขมัน และกลีเซอรอล กระบวนการนี้นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เพื่อการปรับปรุงคุณภาพทาง เชื้อเพลิงที่พัฒนาจากไตรกลีเซอไรด์ให้ดีขึ้น โดยเฉพาะการลดความหนืดของเชื้อเพลิงลง

ในกระบวนการเคลื่อนย้ายหมู่เอสเทอร์ ส่วนใหญ่จะใช้แอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่คาร์บอนสั้น ในการทำปฏิกิริยาโดยเฉพาะเมทานอล ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ที่มีข้อได้เปรียบในเชิงพาณิชย์สูง ตัวอย่างเช่น มีราคาถูก มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่เหมาะสมเป็นแอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่คาร์บอนที่สั้นที่สุด และมีความเป็นขั้วสูง สามารถช่วยเพิ่มอัตราเร็วในการทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ได้มากที่สุด ในเทอมทั่วไปถ้าใช้เมทานอลจะเรียกว่า methanolysis ที่นิยมใช้เมทานอลเนื่องจากมีราคาถูก แต่แอลกอฮอล์ชนิดอื่นก็สามารถใช้ได้เช่นกัน



ภาพประกอบที่ 5 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน

ที่มา : Srivastava and Prasad (1999)

โดยทางทฤษฎีแล้ว สมดุลมวลสารสัมพันธ์ของปฏิกิริยาเคลื่อนย้ายหมู่เอสเทอร์ที่สมบูรณ์ นั้น ต้องประกอบด้วยอัตราส่วนโมลของสารตั้งต้นระหว่างแอลกอฮอล์ต่อไตรกลีเซอไรด์เป็น 3 โมล ต่อ 1 โมล แต่ในทางปฏิบัติพบว่าปฏิกิริยาเคลื่อนย้ายหมู่เอสเทอร์สามารถผันกลับได้ ดังนั้น ถ้าต้องการผลิตภัณฑ์เอสเตอร์ของกรดไขมันหรือน้ำมันดีเซลชีวภาพมากขึ้น ต้องเพิ่มจำนวนโมลแอลกอฮอล์มากขึ้นด้วย เพื่อขับเคลื่อนให้ภาวะสมดุลเลื่อนเข้าใกล้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการมากที่สุด หรือดึงผลผลิตตัวใดตัวหนึ่งออกจากปฏิกิริยาทั้งหมด ปฏิกิริยาเคลื่อนย้ายหมู่เอสเทอร์สามารถเพิ่มอัตราเร็วด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาหลายชนิด เช่น เบส กรด หรือ เอนไซม์ ก็ได้ (Ma and Hanna, 1999)

ถึงแม้ว่าปฏิกิริยาข้างต้นจะเป็นปฏิกิริยารวม ซึ่งจะประกอบไปด้วยการผันกลับต่อเนื่อง คือ จากไตรกลีเซอไรด์เป็นไดกลีเซอไรด์ และเป็นโมนอกลิเซอไรด์ กับ 1 โมลของเมทิลเอสเตอร์ที่แตกตัวไป และจากคุณมวลข้างต้น ต้องการ 3 โมล เมทานอลต่อ 1 โมล ไตรกลีเซอไรด์ จึงใช้เมทานอลมากเกินไป และจากคุณมวลข้างต้น ต้องการ 3 โมล เมทานอลต่อ 1 โมล ไตรกลีเซอไรด์ จึงใช้เมทานอลมากเกินไป 100% ซึ่งจะให้อัตราการเปลี่ยน (conversion rate) สูง และจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด alkaline โดยทั่วไปนิยมใช้ โซเดียมเมทิลเลต แต่ก็สามารถใช้ KOH หรือ NaOH ได้ ส่วนอัตราการเปลี่ยนขึ้นกับอุณหภูมิ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อให้เวลาที่เพียงพอปฏิกิริยาก็จะดำเนินไปสมบูรณ์ได้ ณ อุณหภูมิห้อง โดยทั่วไปปฏิกิริยาเกิดที่อุณหภูมิใกล้จุดเดือดของเมทานอล และความไม่บริสุทธิ์ในน้ำมันส่งผลอัตราการเปลี่ยนด้วย โดยภายใต้เงื่อนไขเดียวกันถ้าใช้น้ำมันพืชที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการกลั่นจะได้ 67-84% conversion แต่ถ้าใช้น้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการกลั่นจะได้ 94-97% conversion และกรดไขมันอิสระในน้ำมันจะรบกวนการทำงานของตัวเร่งปฏิกิริยา แต่ภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิ และความดันสูงๆ ปัญหานี้จะหมดไป (Hui, 1996)

4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน

4.1.1 ความชื้น (Moisture) และกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid)

วัตถุประสงค์เริ่มต้นใช้ไตรกลีเซอไรด์ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ซึ่งมีต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ต้องมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่า 1% หากปริมาณกรดไขมันอิสระ มากกว่า 1% จำเป็นต้องกำจัดกรดไขมันอิสระออกโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยาให้เป็นกลาง แต่ถ้าไม่กำจัดกรดไขมันอิสระออกจะทำให้เกิดสบู่ขึ้นซึ่งมีผลดังนี้

- มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นและลดประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา
- เพิ่มค่าความหนืดและเกิดเจล
- การแยกกลีเซอรินยากมากขึ้น

Ma และ Hanna (1999) ศึกษาปัจจัยของกรดไขมันอิสระ และน้ำจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ด้วย Beef tallow พบว่า ปริมาณน้ำใน Beef tallow ต่ำกว่า 0.06% w/w และปริมาณ กรดไขมันอิสระควรต่ำกว่า 0.5% w/w เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาดีที่สุด

4.1.2 สัดส่วนเชิงโมลของน้ำมันต่อเมทานอล (molar ratio)

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันจะเป็นไปตามปริมาณสัมพันธ์โดยใช้ แอลกอฮอล์ 3 โมล ทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ 1 โมล เพื่อให้เกิดผลได้ คือ เอสเตอร์กรดไขมัน 3 โมล และกลีเซอริน 1 โมล สัดส่วนเชิงโมล ขึ้นกับตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ เช่น ในกรณีถ้าใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต้องใช้สัดส่วนเชิงโมลของน้ำมันถั่วเหลืองและบิวทานอล เท่ากับ 1:6 ผลได้ของเอสเตอร์ไม่แตกต่างกัน (S. Vilas Ghadge และคณะ (2005))

S. Vilas Ghadge และคณะ (2005) พบว่า สัดส่วนเชิงโมลของน้ำมันต่อเมทานอล เท่ากับ 1:6 เกิดการเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ดีที่สุด แต่ปริมาณกรดไขมันในน้ำมันที่มากขึ้นจำเป็นต้องเพิ่มสัดส่วนเชิงโมลของน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1:15 และใช้กรดซัลฟิวริกตัวเร่งปฏิกิริยา

4.1.3 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst)

ตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ประกอบด้วย

- . ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทต่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมเมทอกไซด์ โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์
- . ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทกรด เช่น กรดซัลฟิวริก กรดฟอสฟอริก และกรดไฮโดรคลอริก
- . ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทเอนไซม์ เช่น เอนไซม์ไลเปส

ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทต่างในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน จะเกิดเร็วกว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทกรด แต่น้ำมันมีปริมาณกรดไขมันอิสระและปริมาณน้ำที่สูงตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทกรดจะเหมาะสมกว่า (Ma และ Hanna, 1999)

4.1.4 เวลาในการทำปฏิกิริยา (Reaction time)

อัตราการเปลี่ยนแปลงจะเพิ่มขึ้นกับเวลาทำปฏิกิริยา เช่น ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันเมล็ดถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย เมล็ดดอกทานตะวัน และเมล็ดถั่วเหลืองโดยใช้สัดส่วนเชิงโมลของน้ำมันต่อเมทานอล เท่ากับ 1:6 โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณ 1% ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 °C พบว่า น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันได้ %Yield เท่ากับ 80 หลังจาก 1 นาที แต่หลังจาก 1 ชั่วโมง การเปลี่ยนแปลงของน้ำมันทั้ง 4 ชนิดเหมือนกันซึ่งมีค่า %Yield เท่ากับ 93 – 98 Galen และคณะ (2003)

Galen และคณะ (2003) ศึกษาปัจจัยเวลาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน จาก Beef tallow ด้วยเมทานอล พบว่า ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นช้ามากในช่วงนาทีแรกเพื่อที่จะเกิดการผสมและละลายของเมทานอลเข้าไปใน Beef tallow แต่หลังจากนาทีแรกผ่านไปถึง 5 นาที ปฏิกิริยาจะเกิดเร็วมากและจะเสร็จบริบูรณ์ภายใน 15 นาที ในช่วงการเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยาจะมีไดกลีเซอไรด์ และโมโนกลีเซอไรด์อยู่สูง และจะค่อยลดลงเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น จนสิ้นสุดกระบวนการจะมีปริมาณของโมโนกลีเซอไรด์อยู่เป็นปริมาณที่สูงกว่าไดกลีเซอไรด์

4.1.5 อุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยา (Reaction temperature)

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ใช้อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดน้ำมันที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา เช่น เมทาโนไลซิสของน้ำมันละหุ่ง กับ Methyl ricinoleate อุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาเหมาะสมที่ 20 – 35 °C สัดส่วนเชิงโมลของน้ำมันละหุ่งต่อเมทานอลเท่า

กับ 1:6 – 1:12 ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 0.005 – 0.35% โดยน้ำหนักน้ำมัน (Ma และ Hanna, 1999)

Ma และ Hanna (1999) ศึกษาปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันของน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์กับเมทานอล ในสัดส่วนเชิงโมลน้ำมันถั่วเหลืองต่อเมทานอล เท่ากับ 1:6 โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณ 1% ที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาแตกต่างกัน อุณหภูมิ คือ 32, 45 และ 60 °C ได้ %Yield เท่ากับ 64, 87 และ 94 ตามลำดับ

วิธีที่ใช้ต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยานี้เหมาะสำหรับสารตั้งต้นที่มี กรดไขมัน (Free fatty acid) ไม่สูง เพราะปัญหาที่เกิดขึ้นก็คือ ถ้าสารตั้งต้นมี กรดไขมัน (Free fatty acid) สูง จะทำปฏิกิริยากับโซดาไฟ เกิดสบู่ ทำให้เกิดปัญหาในเรื่อง อิมัลชัน ซึ่งอาจจะไม่เกิดเป็นเมทิลเอสเตอริกได้

เนื่องจากสารตั้งต้นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นน้ำมันที่มี กรดไขมันสูง (High Free fatty acid, HFFA oil) ดังนั้นวิธีการเดิมที่มีการใช้ โซดาไฟเป็นตัวเร่งปฏิกิริยานั้นจะทำให้กรดที่มีค่าสูงทำปฏิกิริยากับ โซดาไฟเกิดเป็นสบู่ (soap) มากเกินไป

มีวิธีการสำหรับ HFFA oil ที่จะใช้ทำเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจอยู่ 3 วิธีคือ

1. การลดกรด (Oil Deacidification) ทำได้โดยนำ HFFA oil มาทำปฏิกิริยากับโซดาไฟ เพื่อให้โซดาไฟไปทำปฏิกิริยากับกรด เกิดเป็นสบู่และจะเป็นการลดปริมาณกรดใน HFFA oil ให้ต่ำลง จากนั้นนำ HFFA oil ที่ได้ลดกรดแล้วนำมาทำปฏิกิริยากับเมทานอล โดยใช้โซดาไฟเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้โดยใช้สัดส่วนของ oil:methanol เท่ากับ 6:1 และทำตามขั้นตอนของวิธีเดิมก็จะได้เมทิลเอสเตอริกเป็นผลิตภัณฑ์ แต่วิธีนี้ไม่ได้ถูกเลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากมีปัญหาในเรื่องของสบู่ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการลดกรด ซึ่งจะมีความยุ่งยากในการแยกสบู่ออกจากน้ำมัน
2. ใช้กลีเซอรอลทำปฏิกิริยากับ HFFA oil โดยใช้โซดาไฟ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งกรดใน HFFA oil ทำปฏิกิริยากับกลีเซอรอลเกิดเป็น โมโนกลีเซอไรด์ กรดก็จะลดลง จากนั้นนำน้ำมันที่ได้ลดกรดแล้วมาทำปฏิกิริยากับเมทานอลโดยใช้โซดาไฟเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยทำตามขั้นตอนของวิธีเดิม แต่วิธีนี้ก็ไม่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เช่นกัน เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารที่มีราคาแพงจึงไม่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์เมื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมจริงๆ นอกจาก โมโนกลีเซอไรด์ ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาแรก อาจจะไปรบกวนการทำปฏิกิริยา transesterification ได้
3. วิธีใช้กรด H_2SO_4 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแทน โซดาไฟ เป็นวิธีที่ถูกเลือกมาใช้ในโรงงานนี้ โดยนำ HFFA oil ทำปฏิกิริยากับเมทานอลโดยใช้กรด H_2SO_4 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ เมทิลเอสเตอริกเป็นผลิตภัณฑ์หลัก โดยทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในอุณหภูมิกงที่ ที่

95 °C และใช้สัดส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันที่เหมาะสม และใช้กรดที่เหมาะสมด้วย เนื่องจากวิธีนี้เป็นแนวทางในการใช้ ไบโอดีเซลเป็นสารตั้งต้นได้ตามเป้าหมายของงานวิจัย

4.2 การใช้ไบโอดีเซลเป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยา transesterification โดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

เนื่องจากสารตั้งต้นที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นน้ำมันที่มี Free Fatty Acid สูง (High Free Fatty Acid, HFFA oil) ด้วยเหตุผลนี้จึงจำเป็นต้องใช้เมทานอลเกินพอเป็นจำนวนมาก และใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในการทำปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน เพื่อให้ได้ผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์สูงและปฏิกิริยามเมทิลเลชัน โดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะใช้พลังงานสูง เนื่องจากจะต้องทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นอาจส่งผลกระทบต่อทางด้านเศรษฐกิจในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

5. กระบวนการผลิตเมทิลเอสเทอร์ระดับโรงงานนำร่อง

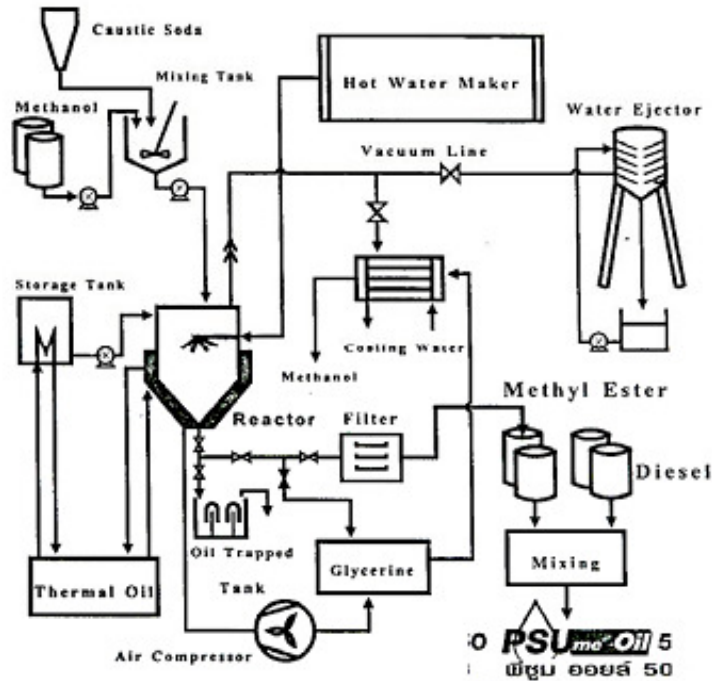
5.1 กระบวนการผลิตเมทิลเอสเทอร์ด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน

ชาคริต และคณะ(2544) ทำการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากผลิตผลปาล์มน้ำมันได้แก่ น้ำมันทอดใช้แล้ว น้ำมันปาล์มดิบเกรดบี (หีบสกัดแบบรวมน้ำมันเปลือก และน้ำมันเมล็ดใน) ที่ผ่านกระบวนการแยกยางเหนียว และลดกรด น้ำมันปาล์มรีไฟน์ ไบโอดีเซลชนิด Super hard (Iodine value 38) และชนิด Super hard (Iodine value 26) กระบวนการผลิตเมทิลเอสเทอร์ แสดงดังภาพประกอบที่ 6

ขั้นตอนการผลิตมีดังนี้

5.1.1 การเตรียมน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยา

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตจะถูกเตรียมให้เหมาะสมก่อนเข้าทำปฏิกิริยา โดยหากเป็นน้ำมันปาล์มดิบจำเป็นต้องผ่านกระบวนการแยกยางเหนียว และลดกรดให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ส่วนวัตถุดิบจากน้ำมันที่ใส่ทอดแล้วจะถูกนำมาขจัดโปรตีนออกโดยการทำปฏิกิริยากับกรดไนตริก และล้างด้วยน้ำ วัตถุดิบที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่า 1% แล้ว จะถูกนำไปขจัดน้ำออกโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 °C ประมาณ 20 นาที โดยมีการกวนเพื่อให้การระเหยของน้ำเป็นไปได้ทั่วถึงยิ่งขึ้น สำหรับไบโอดีเซลชนิด Superhard ซึ่งผลิตที่โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก ได้ถูกขจัดน้ำออกที่อุณหภูมิ 80 °C ภายใต้สภาวะสุญญากาศ 600 – 700 มิลลิเมตรปรอท



ภาพประกอบที่ 6 กระบวนการผลิตเมทิลเอสเทอร์ด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน
ที่มา : ชาคริต และคณะ (2544)

5.1.2 การเตรียมสารละลายแอลกอฮอล์

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน โดยใช้เมทิลแอลกอฮอล์หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เมทานอล เข้าทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เมทานอลและโซเดียมไฮดรอกไซด์ถูกเลือกใช้เพราะมีราคาถูก โดยเมทานอลต้องไม่มีน้ำเจือปนเกินกว่า 1% การเตรียมสารละลายกระทำโดยการนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.5 - 5 ส่วน ละลายในเมทานอล 100 ส่วนโดยน้ำหนัก ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เตรียมเป็นไปตามปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในวัตถุดิบ หากกรดไขมันอิสระมีปริมาณสูงก็ต้องใช้โซดาไฟในสัดส่วนที่สูง

5.1.3 การทำปฏิกิริยา

น้ำมันที่ถูกขจัดน้ำแล้วถูกทำให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิประมาณ 80°C จากนั้นจึงเติมสารละลายแอลกอฮอล์ลงไปอย่างช้าๆ (เติมให้หมดภายใน 10 นาที) สัดส่วนน้ำมันต่อสารละลายแอลกอฮอล์โดยน้ำหนักเท่ากับ 5 ต่อ 1 ทำการกวนเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างทั่วถึงเป็นเวลาประมาณ 15 นาที ด้วยอัตราการกวนปานกลาง (500 รอบ/นาที) อุณหภูมิในช่วงนี้ลดลงเหลือประมาณ 65°C การเกิดปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้เมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรินแต่ ปฏิกิริยานี้ผันกลับได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหยุดกวนเพื่อแยกผลผลิตตัวใดตัวหนึ่งออก เมื่อหยุดกวนกลีเซอรินซึ่งมีความหนาแน่นสูงกว่า (ประมาณ 1.26 กรัม/มิลลิลิตร) จะแยกชั้นออกจากชั้นเมทิลเอสเทอร์ โดยแยกตัวตกลง

มาที่ก้นถัง ดังนั้นในชั้นเมทิลเอสเทอร์จะเหลือกลีเซอรินอยู่น้อย ปฏิบัติการเกิด เมทิลเอสเทอร์จะสามารถดำเนินต่อไปอย่างช้า ๆ เมื่อทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 3 - 4 ชั่วโมง น้ำมันก็จะทำปฏิกิริยาไปมากกว่า 95%

5.1.4 การแยกกลีเซอริน

กลีเซอรินจะถูกถ่ายออกใส่ภาชนะ โดยการถ่ายออกทางด้านล่างของถังปฏิกรณ์ในขณะที่ยังร้อนอยู่เพราะหากทิ้งไว้ให้เย็น ชั้นกลีเซอรินจะกลายเป็นของแข็ง

5.1.5 การล้างสิ่งปนเปื้อนออก

เมทิลเอสเทอร์ที่ได้ยังปนเปื้อนด้วยสารอื่น ๆ เช่น สบู่ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดไขมันอิสระหรือน้ำมัน กลีเซอรินที่ละลายอยู่ในชั้น เมทิลเอสเทอร์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เมทานอลที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาและน้ำมันที่ทำปฏิกิริยาไม่หมด ดังนั้นจึงต้องทำการขจัดออกด้วยการล้างด้วยน้ำอุ่นหลาย ๆ ครั้ง ปริมาณน้ำที่ใช้แต่ละครั้งประมาณ 1 ต่อ 4 ของปริมาณเมทิลเอสเทอร์ เมื่อเติมน้ำเพียงพอแล้วรอให้น้ำแยกชั้นจากเอสเทอร์เป็นเวลาพอสมควร (ประมาณ 5 - 10 นาที) ก็ถ่ายน้ำออกด้านล่าง เติมน้ำอุ่นใหม่ การล้างจะกระทำ 4 - 5 ครั้ง และเพิ่มการกวนในการล้างครั้งหลัง ๆ

5.1.6 การขจัดน้ำออกครั้งสุดท้าย

เมื่อดังสิ่งปนเปื้อนออกหมดแล้ว ขั้นตอนสุดท้าย คือ การขจัดน้ำที่หลงเหลือในชั้นเมทิลเอสเทอร์ ซึ่งกระทำโดยการให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 20 นาที เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นก็สามารถนำไปเก็บเพื่อใช้งานต่อไป

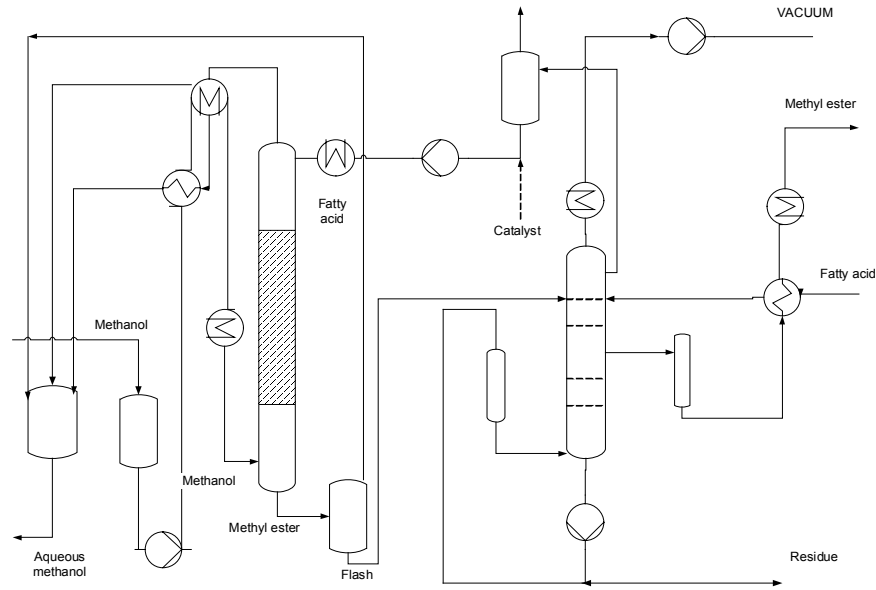
เมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากผลิตผลปาล์มน้ำมันต่าง ๆ เช่น น้ำมันทอดใช้แล้ว น้ำมันปาล์มดิบ (เกรดบี) น้ำมันปาล์มรีไฟน์ ไบพาล์มสเตียรีน และ Superhard stearin ด้วย กระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน โดยใช้เมทิลแอลกอฮอล์เป็นสารเข้าทำปฏิกิริยาและใช้โซดาไฟเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ด้วยกรรมวิธีการผลิต 6 ขั้นตอน คือ การเตรียมน้ำมัน การเตรียมสารละลาย การทำปฏิกิริยา การแยกกลีเซอริน การล้าง และการขจัดน้ำ พบว่า เมทิลเอสเทอร์ผลิตได้มีความบริสุทธิ์เกือบ 100% เมื่อทดสอบด้วยเทคนิค Thin Layer Chromatograph (TLC) สภาพการผลิตที่เหมาะสม ใช้สัดส่วนเชิงโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทิลแอลกอฮอล์ คือ 1:6 หรือ เมทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 20 % โดยน้ำหนัก และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 - 1% โดยน้ำหนักของน้ำมันปาล์มอุณหภูมิการทำปฏิกิริยา 60 - 80 °C โดยมีการกวนประมาณ 15 - 30 นาที และปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาต่อนาน 3 - 4 ชั่วโมง เมทิลเอสเทอร์ที่ได้มีสมบัติหลายประการใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว เช่น ความหนาแน่น ความหนืด ค่าความร้อน และช่วงอุณหภูมิการกลั่น จุดไหลเทสูงกว่าน้ำมันดีเซล เนื่องจากมีสัดส่วนของเมทิลเอสเทอร์ที่อิ่มตัวซึ่งมีจุดหลอมเหลวในปริมาณที่สูง (ชาคริต และคณะ 2544)

5.2 กระบวนการผลิตเมทิลเอสเทอร์

รายงานของ Kreutzer (1984) กล่าวว่า เมทิลเอสเทอร์กรดไขมันได้มาจากปฏิกิริยา esterification ของกรดไขมัน หรือ transesterification ของไตรกลีเซอไรด์โดยใช้เมทานอล

Esterification process โดยทั่วไปจะใช้อยู่ 2 วิธี คือ batch process และ continuous process โดย batch process จะทำภายใต้ความดันที่อุณหภูมิสูง 200 - 250 °C เมื่อปฏิกิริยาถึงสมดุลจะดึงน้ำออกเพื่อให้ได้ผลได้ของเอสเทอร์สูง ๆ ส่วนกระบวนการที่นิยมใช้คือ continuous esterification ใน countercurrent reaction column โดย Henkel ได้พัฒนาเทคโนโลยีนี้ขึ้นมาซึ่งมีหลักการคือ ปฏิกิริยา esterification จะเกิดขึ้นกับการดูดซับไอน้ำของเมทานอล (superheated methanol vapor) การไม่ดูดซับของน้ำ (ภาพประกอบที่ 7) และให้ความร้อนแก่กรดไขมันก่อนมีตัวเร่งปฏิกิริยา และก่อนการป้อนเข้าไปในหอกลั่นชนิด double bubble plate ทางด้านบนของหอกลั่น โดยจะไหลสวนทางกันกับเมทานอลที่ป้อนจากก้นหอกลั่น ปฏิกิริยานี้จะใช้ความดันประมาณ 10 บาร์ (bar) และ อุณหภูมิ 240 °C ข้อดีของกระบวนการนี้ คือ สามารถประหยัดเมทานอลโดยใช้เมทานอลที่มากเกินไปที่อัตราส่วนโมลาร์เป็น 1.5:1 ของเมทานอลต่อกรดไขมัน โดยเทียบกับแบบ batch process ซึ่งต้องใช้อัตราส่วนโมลาร์ในช่วง 3 - 4:1 โดยเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากการกลั่นนี้ไม่ต้องนำไปกลั่นซ้ำ และ เมทานอลที่ใช้ยังสามารถนำกลับมาใช้ได้ อีก เมทานอลที่มากเกินไปจะออกทางด้านบนของหอกลั่นพร้อมกับน้ำที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา (เมทานอล:น้ำ เท่ากับ 50:50% น้ำหนัก) เมทิลเอสเทอร์จะออกมาทางก้นหอ และส่งไป flash vessel เพื่อดึงเมทานอลออก แล้วจึงเข้าสู่หน่วยกลั่น เนื่องจาก เมทิลเอสเทอร์ที่ได้จาก flash vessel มีค่าความเป็นกรดต่ำถึง 0.5 จึงไม่จำเป็นต้องกลั่นซ้ำ (refining) เมทิลเอสเทอร์จะถูกแยกออกจากตัวเร่งปฏิกิริยาโดยตัวเร่งปฏิกิริยาจะเป็นส่วนเหลือที่ก้นหอ (residue) ภายใต้อุณหภูมิสูง ส่วนเมทานอลจะถูกล้างให้บริสุทธิ์และนำกลับมาใช้อีก

Transesterification process ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของไขมันและน้ำมัน เป็นกระบวนการที่นิยมใช้มากที่สุดในการผลิตเมทิลเอสเทอร์ ไตรกลีเซอไรด์จะกลายเป็นเอสเทอร์ที่ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิประมาณ 50 - 70 °C โดยทำปฏิกิริยากับเมทานอลที่มากเกินไป ใน ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด alkaline ภายใต้อุณหภูมินี้ต้องมีการดึงกรดไขมันอิสระ (free fatty acids) ออกจากน้ำมันก่อน ส่วน ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ภายใต้อุณหภูมินี้สามารถป้อนน้ำมันได้เลยโดยไม่ต้องมีการดึงกรดไขมันอิสระออกจากน้ำมันก่อน



ภาพประกอบที่ 7 Manufacture of fatty acid methyl esters by esterification

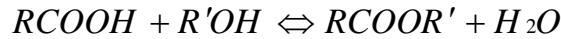
5.3 กระบวนการผลิตในงานวิจัย

การวิจัยพื้นฐานของกระบวนการผลิตเมทิลเอสเทอร์จาก PFAD (Palm Fatty Acid Distillation) ได้ดำเนินการแล้วในรูปของโครงการนักศึกษาของนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเคมี ซึ่งเสร็จสิ้นในเดือนกันยายน 2545 (จันทน์ และแสงแข, 2545) โดยทั่วไปการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันของน้ำมันพืชเป็นเมทิลเอสเทอร์โดยการทำปฏิกิริยากับเมทานอลจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา alkaline (โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์) ซึ่งเกิดปฏิกิริยาเร็วและบริบูรณ์โดยใช้สัดส่วนเมทานอลเกินพอประมาณ 100% และตัวเร่งปฏิกิริยา 0.3 - 1% โดยน้ำหนักของน้ำมันพืช ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิประมาณจุดเดือดหรือต่ำกว่าจุดเดือดของแอลกอฮอล์เล็กน้อย คือประมาณ 70 - 75 °C ซึ่งใช้เวลาทำปฏิกิริยาทั้งหมดประมาณ 3 ชั่วโมง และได้ผลผลิตพลอยได้ คือ กลีเซอริน แต่เมื่อสารตั้งต้นเป็น PFAD (Palm Fatty Acid Distillation) จะไม่สามารถใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา alkaline ได้ เพราะตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้น PFAD (Palm Fatty Acid Distillated) เป็นสบู่ก่อน และไม่เกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ดังนั้นจึงต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด เช่น กรด ซัลฟิวริกแทน การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยากรดนี้จะใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาให้บริบูรณ์นานกว่า และต้องใช้ปริมาณเมทานอลสูงกว่า ตลอดจนอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาจะต้องสูงกว่าจุดเดือดของแอลกอฮอล์ ซึ่งได้ใช้อุณหภูมิ 98 °C ในการทดลองระบบปิดของขวด screw-capped ซึ่งผลการศึกษาพบว่า เมื่อใช้เวลาก่อเกิดปฏิกิริยา 12 ชั่วโมง จะให้ผลผลิตที่มี เมทิลเอสเทอร์สูงกว่า 98% โดยใช้สัดส่วนของน้ำหนักของ PFAD (Palm Fatty Acid Distillated) ต่อ

เมทานอลเป็น 60:40 ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริก 1% โดยน้ำหนักของ PFAD (Palm Fatty Acid Distillation) โดยได้ผลได้ (yield) ประมาณ 100%

การเกิดปฏิกิริยาของ PFAD (Palm Fatty Acid Distillated) กับเมทานอลเป็นดังนี้

Acid



Catalyst

Fatty Acid Alcohol Ester Water

R แทนโซ่ไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ

จากสมการจะเห็นว่ากลุ่มของเมทิล (CH_3) จะเข้าไปแทนที่ไฮโดรเจน ซึ่งจะทำให้เมทิลเอสเทอร์มีน้ำหนักสูงกว่ากรดไขมัน ดังนั้นหากปฏิกิริยาเกิดบริบูรณ์ 100% ควรจะได้เมทิลเอสเทอร์หนักกว่าน้ำหนักกรดไขมันเริ่มต้น และผลผลิตอีกตัว คือ น้ำ

5.4 การผลิตไบโอดีเซล (biodiesel) จากน้ำมันปาล์มดิบ (crude palm oil) และการประเมินผลการสกัดแยก butanol และ สมบัติเชื้อเพลิง

Crabbe et al. (2001) ได้ทำการศึกษา ตัวแปรสำคัญ 3 ตัวที่มีอิทธิพลต่อผลได้ของการผลิต เมทิลเอสเทอร์ (methyl ester) จากน้ำมันปาล์มดิบด้วยกระบวนการซึ่งใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (acid-catalyzed) ดังนี้ คือ สัดส่วนเชิงโมล (molar ratio) ของเมทานอลต่อน้ำมัน ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาและอุณหภูมิของปฏิกิริยา นอกจากนี้ไบโอดีเซลที่ผลิตได้ ยังถูกใช้เป็นตัวสกัดแยกในกระบวนการหมัก acetone-butanol-methanol แบบแบทช์ และแบบ continuous โดยสมบัติเชื้อเพลิงของไบโอดีเซล และผลผลิตสารผสมไบโอดีเซล – ABE (acetone-butanol-methanol) จากกระบวนการหมัก แบบแบทช์ จะนำมาวิเคราะห์ ซึ่งตัวแปรการผลิตเมทิลเอสเทอร์ที่เหมาะสมที่สุด คือ 40:1 methanol/oil (mol/mol), 5% H_2SO_4 (vol/wt) โดยทำปฏิกิริยาที่ 95 °C เป็นเวลา 9 ชั่วโมง ซึ่งให้ผลได้ของเมทิลเอสเทอร์มากที่สุด 97% ไบโอดีเซลจะสกัดบิวทานอลได้ดีกว่า และช่วยเพิ่มผลผลิตในการเพาะเลี้ยงแบบกะ (batch culture) จาก 10 เป็น 12 g/l คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของ ไบโอดีเซล และสารผสมไบโอดีเซล-ABE ได้ถูกนำไปเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล No.2 ซึ่งพบว่ามีค่าซีเทน (cetane) และจุดเดือดที่ส่วนกลั่น 90% สูงกว่าน้ำมันดีเซล No.2 ดังนั้นจึงสามารถใช้แทนน้ำมันดีเซล No.2 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การผสมไบโอดีเซล- ABE จะมีค่าซีเทนสูงที่สุด

Mohamad et al. (2002) ทำการทดลองใช้น้ำมันที่ใช่แล้วจากน้ำมันปาล์ม มาผลิตไบโอดีเซล โดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 90 °C ทำปฏิกิริยากับเอทานอล (commercial 96%) โดยใช้กรดซัลฟิวริกและกรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.25 M ระดับแอลกอฮอล์ที่มากเกินพอ 3 ระดับ คือ 25%, 50%, และ 100% ตามลำดับ เมื่อทำการทดลองที่ระดับแอลกอฮอล์ที่มากเกินพอครั้งที่ 100% ใช้กรดซัลฟิวริก และกรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ความเข้มข้นกรดครั้งที่ 2.25 M เพื่อเปรียบเทียบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่าง กรดซัลฟิวริก และกรดไฮโดรคลอริก ตัวเร่งปฏิกิริยาใดให้ผลได้ (yield) ที่ดีที่สุด พบว่า ที่ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาสูง (1.5 - 2.25 M) จะได้ไบโอดีเซลที่มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำ ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาสั้นกว่าที่ความเข้มข้นตัวเร่งปฏิกิริยาต่ำ แต่ที่ความเข้มข้นครั้งที่ 2.25 M ตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริก ดีกว่ากรดไฮโดรคลอริกคือมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำ นอกจากนี้ระดับแอลกอฮอล์ที่มากเกินพอ 100% ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาสั้นและมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำ ดีกว่าที่ระดับแอลกอฮอล์ที่มากเกินพอน้อยกว่า กระบวนการที่ดีที่สุดคือ ตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 2.25 M และระดับแอลกอฮอล์ที่มากเกินพอ 100% สามารถลดความถ่วงจำเพาะจาก 0.916 จนมีค่าสุดท้ายที่ 0.837 และเวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง และไบโอดีเซลที่ได้มีลักษณะการไหลแบบนิวโทเนียน (Newtonian fluid)

6. มาตรฐานคุณภาพและการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล

ข้อกำหนดมาตรฐานทางคุณภาพของไบโอดีเซล ถูกกำหนดโดยสถาบันทางมาตรฐานวิทยาศาสตร์ชั้นนำของโลก ตัวอย่างเช่น ปัจจุบันประเทศเยอรมนีได้กำหนดมาตรฐาน DIN V 51606 ในตารางที่ 12 มักใช้อ้างอิงถึงไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมัน rapeseed ในประเทศเยอรมัน และยังคงนำมาเทียบเคียงกับมาตรฐานไบโอดีเซลในกลุ่มสหภาพยุโรป โดยเฉพาะในประเทศออสเตรเลีย อิตาลี ประเทศสหรัฐอเมริกาใช้มาตรฐาน ASTM D 6751 ซึ่งระบุรายละเอียดขอบเขตทางคุณภาพของไบโอดีเซล ที่ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 °C หรือที่ความถ่วงจำเพาะ ณ อุณหภูมิ 60 °C ความหนืดจลนศาสตร์ (kinematic viscosity) ณ อุณหภูมิ 40 °C จุดวาบไฟ เป็นต้น รวมถึงคุณสมบัติอื่นๆเช่น ส่วนประกอบทางเคมีอินทรีย์ นอกจากนี้ยังใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงในการศึกษาและผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และในเอกสารรายงานเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล เดือนสิงหาคม 2002 - มกราคม 2004 โดย National Renewable Energy Laboratory ประเทศแคนาดา ได้แสดงคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลโดยแสดงในมาตรฐาน ASTM D 6751 ในตารางที่ 13

ตารางที่ 12 รายละเอียดข้อกำหนดทางคุณภาพไบโอดีเซลตามมาตรฐาน DIN V51606

Properties	Limits	
	Minimum	Maximum
1. Density at 15 °C, g/ml	0.875	0.90

ตารางที่ 13 รายละเอียดข้อกำหนดทางคุณภาพไบโอดีเซลตามมาตรฐาน ASTM D6751

Property	method	limits	units
Flash point, closed cup	D 93	130 min	° C
Water and sediment	D 2709	0.050max	%volume
Kinematics viscosity, 40° C	D 445	1.9 - 0.6	mm ² /s
Sulfated ash	D 874	0.020 max	wt. %
Total Sulfur	D 5453	0.05max	wt. %
Copper strip corrosion	D 130	No.3max	
Cetane number	D 613	47 min	
Cloud point	D 2500	Report to customer	° C
Carbon residue	D 4530	0.050 max.	wt. %
Acid number	D 664	0.8 max	Mg KOH/g
Free glycerin	D 6584	0.020	wt. %
Total glycerin	D 6584	0.240	wt. %
Phosphorus	D 4951	0.0010	wt. %
wt. % vacuum distillation end point	D 1160	360 ° C max, at 90% distilled	° C
Storage stability	To be determined	To be determined	To be determined

นอกจากมาตรการทางด้านคุณภาพของต่างประเทศแล้วนั้น สำหรับประเทศไทยโดยประกาศของกรมธุรกิจพลังงาน ได้กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซล ประเภท เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ณ วันที่ 11 กรกฎาคม 2548 โดยรายละเอียดด้านคุณภาพแสดงไว้ในตารางที่ 14 ดังนี้

ตารางที่ 14 ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของ
กรดไขมันพ.ศ. 2548

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ ^{1/}
1	เมทิลเอสเตอร์ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Methyl Ester, % Wt.)	ไม่ต่ำกว่า 96.5	EN 14103
2	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 °C กิโลกรัม/ ลูกบาศก์เมตร(Density at 15 °C, kg/m ³)	ไม่ต่ำกว่า 860 และ ไม่สูงกว่า 900	ASTM D1298
3	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °C เซนติสโตกส์ (Viscosity at 40 °C, cSt)	ไม่ต่ำกว่า 3.5 และ ไม่สูงกว่า 5.0	ASTM D445
4	จุดวาบไฟองศาเซลเซียส (Flash Point, °C)	ไม่ต่ำกว่า 120	ASTM D93
5	กำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulphur, %WL)	ไม่สูงกว่า 0.0010	ASTM D2622
6	กากถ่าน ร้อยละโดยน้ำหนัก (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น) (Carbon Residue, on 10% distillation residue, %Wt.)	ไม่สูงกว่า 0.30	ASTM D4530
7	จำนวนซีเทน (Cetane Number)	ไม่ต่ำกว่า 51	ASTM D613
8	เถ้าซัลเฟต ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulfated Ash, %Wt)	ไม่สูงกว่า 0.02	ASTM D874
9	น้ำ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Water, %Wt)	ไม่สูงกว่า 0.050	ASTM D2709

หมายเหตุ 1/ วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนด
ในรายละเอียดแนบท้ายนี้

ตารางที่ 14 ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของ
กรดไขมันพ.ศ. 2548 (ต่อ)

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ ^{1/}
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด ร้อยละโดยน้ำหนัก (Total Contaminate, %Wt)	ไม่สูงกว่า 0.0024	ASTM D5452
11	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)	ไม่สูงกว่า หมายเลข 1	ASTM D130
12	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 °C ชั่วโมง (Oxidation Stability at 110 °C, hours)	6	EN 14112
13	ค่าความเป็นกรด มิลลิกรัมโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม (Acid Value, mg KOH/g)	0.50	ASTM D 664
14	ค่าไอโอดีน กรัมไอโอดีน/100 กรัม (Iodine Value, g Iodine/100 g)	ไม่สูงกว่า 120	EN 14111
15	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์ร้อยละโดยน้ำหนัก (Linolenic Acid Methyl Ester, %Wt)	ไม่สูงกว่า 12.0	EN 14103
16	เมทานอล ร้อยละโดยน้ำหนัก (Methanol, %Wt)	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14110
17	โมนอกลิเซอไรด์ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Monoglyceride, %Wt)	ไม่สูงกว่า 0.80	EN 14105
18	ไดกลีเซอไรด์ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Diglyceride, %Wt)	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14105
19	ไตรกลีเซอไรด์ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Triglyceride, %Wt)	ไม่สูงกว่า 0.20	EN 14105

หมายเหตุ 1/ วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนด
ในรายละเอียดแนบท้ายนี้

ตารางที่ 14 ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของ

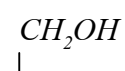
กรดไขมันพ.ศ. 2548 (ต่อ)

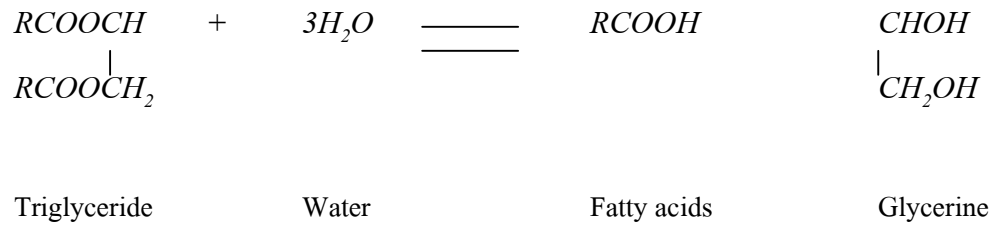
รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงสุด	วิธีทดสอบ ^{1/}
20	กลีเซอรินอิสระ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Free glycerin, %Wt)	ไม่สูงกว่า 0.02	EN 14105
21	กลีเซอรินทั้งหมดร้อยละโดยน้ำหนัก (Total glycerin, %Wt)	ไม่สูงกว่า 0.25	EN 14105
22	โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียม และ โพแทสเซียม) มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Group I metals (Na+K) mg/kg)	ไม่สูงกว่า 5.0	EN14108 และ EN 14109
		ไม่สูงกว่า 5.0	prEN 14538
23	โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม) มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Group II metals (Ca+Mg) mg/kg)	ไม่สูงกว่า 0.0010	ASTMD4951
24	ฟอสฟอรัส ร้อยละโดยน้ำหนัก (Phosphorus, %Wt)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจาก อธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน	
	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)		

หมายเหตุ 1/ วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนด
ในรายละเอียดแนบท้ายนี้

7. เคมีการแตกตัวของไขมัน (Chemistry of Fat Splitting)

น้ำมันมะพร้าวก็เหมือนกับไขมันหรือน้ำมันชนิดอื่นๆ ที่สามารถถูกไฮโดรไลส์ ด้วยน้ำ (hydrolysis) หรือทำให้แตกตัวกลายเป็นกรดไขมันอิสระ และกลีเซอริน โดยปฏิกิริยาแสดงได้ดังนี้





ในกรณีที่เป็นน้ำมันมะพร้าว ซึ่งมีกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอน C8 จนถึง C18 และอาจมี C6 ในปริมาณน้อย

การไฮโดรไลส์ไขมันเป็นปฏิกิริยาเอกพันธ์ (Homogeneous reaction) ที่ดำเนินการเป็นขั้นๆ โดย กรดไขมันในไตรกลีเซอไรด์จะทำปฏิกิริยา ทำให้ไตรกลีเซอไรด์ กลายเป็นไดกลีเซอไรด์ และเปลี่ยนต่อไปเป็นโมโนกลีเซอไรด์ หากการแตกตัวไม่บริบูรณ์นั้นจะมี โมโนกลีเซอไรด์ และ ไดกลีเซอไรด์ หรือไตรกลีเซอไรด์เหลืออยู่ ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาในขั้นแรกจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และเวลาในการทำปฏิกิริยาจะถูกกำหนดโดยสภาพการละลายของน้ำที่ละลายได้น้อยในชั้นของไขมัน และในขั้นที่สองปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากน้ำสามารถละลายในชั้นของกรดไขมัน ได้มากขึ้น และในขั้นสุดท้ายจะเป็นขั้นที่อัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าลดลงเสมือนว่า กรดไขมันถูกปล่อยให้เป็นอิสระ และกลีเซอรินที่เกิดเป็นผลผลิตพลอยได้นั้นอยู่ในสภาวะสมดุลกัน

ปฏิกิริยาแตกตัวของไขมันนั้นเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ณ จุดสมดุลนั้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันที่เกิดขึ้น (reesterification) กันนั้น มีค่าเท่ากัน ในที่นี้ต้องมีการแยกกลีเซอรินซึ่งเป็นผลผลิตหนึ่งออกอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้อย่างบริบูรณ์

นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิ และความดัน ก็จะเป็นการช่วยเร่งให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น เพราะจะเป็นการเพิ่มความสามารถในการละลายของน้ำให้ละลายในชั้นของไขมันได้มากขึ้น อีกทั้งยังเป็นการลดพลังงานกระตุ้นอีกด้วย โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะส่งผลกระทบต่อที่สำคัญ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิจาก 150 เป็น 220 °C จะทำให้สภาพการละลายของน้ำเพิ่มมากขึ้นสองถึงสามเท่า

ในที่นี้จะใช้กรด เช่น กรดซัลฟิวริก หรือโลหะออกไซด์ เช่น สังกะสี หรือ แมกนีเซียมออกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยโลหะออกไซด์จะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดี ซึ่งอาจทำหน้าที่คล้ายกับตัวอิมัลชัน

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิต เมทิลเอสเตอร์ จากไขมันในบ่อน้ำทิ้งของโรงงานปาล์ม ซึ่งมีส่วนประกอบหลักเป็นกรดไขมัน โดยศึกษาตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อกระบวนการผลิต คือ การปรับปรุงคุณสมบัติวัตถุดิบเริ่มต้น สัดส่วน

เชิงโมลไจน้ำมันต่อเมทานอล ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยากรด อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ขอบเขตการวิจัย

1. ใช้น้ำมันปาล์มจากบ่อน้ำทิ้งของโรงงานปาล์มเป็นวัตถุดิบในการผลิตเมทิลเอสเทอร์
2. ใช้กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน และ เอสเตอริฟิเคชัน
3. พัฒนาระบบการผลิตในระดับสาธิตที่พร้อมจะศึกษาในระดับโรงงานทดลองต่อไป

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. สามารถนำเมทิลเอสเทอร์มาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล ในอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม และเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรที่ปลูกปาล์มในเขตพื้นที่ภาคใต้
2. เป็นการนำน้ำทิ้งจากโรงงานปาล์มน้ำมัน (waste palm mill) ที่เป็นของเสีย และทำลายสิ่งแวดล้อม มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้
3. เป็นแนวทางสำหรับนักธุรกิจอุตสาหกรรม ซึ่งถือว่าเป็นการทำให้องค์กรเป็นศูนย์ ให้สามารถวิเคราะห์การลงทุนในอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มได้ต่อเนื่อง
4. เป็นประโยชน์ในด้าน การค้า เกษตรกรรม พลังงาน และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องตลอดจนหน่วยงานรัฐบาลในการกำหนดนโยบายพัฒนาด้านการอุตสาหกรรม และพลังงาน ตลอดจนสถาบันการเงินที่ทำหน้าที่ให้กู้ยืมเงินเพื่อกิจการด้านอุตสาหกรรม
5. ทำให้ผู้สนใจทราบรายละเอียด และข้อสรุปที่เป็นประโยชน์ในด้านต่าง ๆ