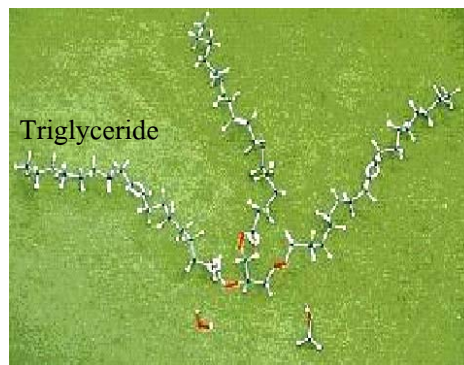


บทที่ 2

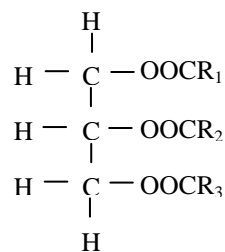
ทฤษฎี

2.1 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์มมีลักษณะของโมเลกุลเหมือนกับน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ชนิดต่างๆ เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง ไขมันหมู เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เป็นสารอินทรีย์จำพวกหนึ่งหรือที่เรียกว่าเอสเทอร์ (Ester) ประกอบด้วยโครงสร้างระหว่างโมเลกุลของกลีเซอรอล (Glycerol) หรือ กลีเซอริน (Glycerin) กับกรดอินทรีย์ หรือ กรดไขมัน (Fatty acid) เชื่อมต่อเข้าด้วยกันหรือที่เรียกว่าไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ดังรูปที่ 2.1 และมีสูตรโครงสร้างโมเลกุลดังรูปที่ 2.2

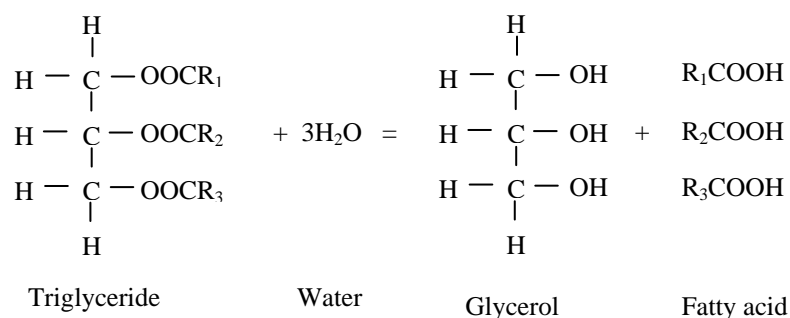


รูปที่ 2.1 แสดงแบบจำลองโครงสร้างการจับตัวกันระหว่างกลีเซอไรด์กับกรดไขมันภายในโมเลกุลของน้ำมันพืช (Connemann and Fischer, 1998)



Triglyceride

รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้าง Triglyceride



รูปที่ 2.4 การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

ที่มา : สุภายิต, 2547

ถ้าเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสมาก จะส่งผลให้เพิ่มค่าความเป็นกรดไขมันอิสระของน้ำมัน เป็นการยากต่อกระบวนการ Transesterification ที่ใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้โดยตรง เนื่องจากปฏิกิริยา Transesterification ถ้ามีกรดไขมันอิสระที่สูงอาจแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มโซดาไฟ แต่การเกิดปฏิกิริยาจะต่ำลง มีการสูญเสียเมทิลเอสเทอร์ในชั้นของกลีเซอรอลสูงขึ้น Cvengros et al. [1996]

2.2 องค์ประกอบน้ำมันปาล์ม

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันปาล์ม ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดต่างๆ หรือที่เรียกว่าสารเอสเทอร์ และสารที่ไม่ใช่กรดไขมัน โดยแบ่งกรดไขมันที่สำคัญ จะเห็นได้ว่าน้ำมันปาล์มมีกรดไขมันอิ่มตัว และไม่อิ่มตัวในปริมาณเกือบเท่าๆ กันและองค์ประกอบของกรดไขมันข้างต้นอาจแปรผันได้บ้างขึ้นอยู่กับพันธุ์ปาล์ม ดินฟ้าอากาศ และสถานที่เพาะปลูก เป็นต้น นอกจากนี้ในน้ำมันปาล์มจะมีสารที่ไม่ใช่โมเลกุลของเอสเทอร์ในน้ำมันปาล์มเช่น ฟอสโฟลิพิด (Phospholipids) ฟอสฟาไทด์ (Phosphatides) และ สเตอรอยด์ (Sterols) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม

กรดไขมัน	กรดไขมันอิ่มตัว		กรดไขมันไม่อิ่มตัว	จำนวน คาร์บอน ของกรด	จำนวน พันธะคู่	เปอร์เซ็นต์
	จำนวน คาร์บอน	เปอร์เซ็นต์				
ไมริสติก (Myristic acid)	14	2	โอเลอิก (Oleic acid)	18	1	39
ปาล์มมิติก (Palmitic acid)	16	43	ลิโนลีนิก (Linoleic acid)	18	2	9
สเตียริก (Stearic acid)	18	7	ลิโนลีนิก (Linolenic acid)	18	3	เล็กน้อย
รวม		52	รวม			48

ที่มา : สัตย์ชัย, 2529

2.3 น้ำมันปาล์มที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเมทิลเอสเทอร์

ในการผลิตน้ำมันปาล์มที่มีการซื้อขายโดยทั่วไปมีแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ น้ำมันปาล์มดิบ (crude palm oil) และ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (refined palm oil) สำหรับประเทศไทยมีน้ำมันปาล์มที่ได้จากผลปาล์มที่มีการซื้อขายกันทั้ง 2 ชนิด คือ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และ น้ำมันปาล์มดิบ แต่น้ำมันปาล์มดิบยังแบ่งได้อีก 2 ชนิดคือ ชนิดแรกคือน้ำมันปาล์มดิบชนิดแยกหีบระหว่าง น้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากเปลือกผลปาล์ม และเป็นน้ำมันดิบที่ได้จากเมล็ดในปาล์ม ชนิดที่สองคือน้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวม ในงานวิจัยนี้เลือกใช้น้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวมเป็นวัตถุดิบ

กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของน้ำมัน เนื่องจากน้ำมันเป็นสารประกอบพวกกลีเซอไรด์และส่วนประกอบอื่นๆ ส่วนใหญ่น้ำมันเป็นสารประกอบกลีเซอไรด์จำแนกส่วนประกอบได้ดังนี้

1. น้ำมัน (Triglyceride)
2. สารประกอบโมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride) และ ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride)
3. กรดไขมันอิสระแบ่งออกเป็นกรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ myristic, palmitic และ stearic ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ oleic, linoleic และ linolenic
4. ฟอสฟาไทด์ มีลักษณะเหนียว เรียกว่า ยางเหนียว (gum) ในน้ำมันดิบ ฟอสฟาไทด์ที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิด คือ lecithin และ cephalin สำหรับ lecithin เป็นสารที่ละลายในแอลกอฮอล์ เป็นสาร optically active และเป็นเอสเทอร์ของ glycerophosphoric acid
5. สารประกอบอื่นๆเช่น เม็ดสี (pigments) ,วิตามิน เป็นต้น

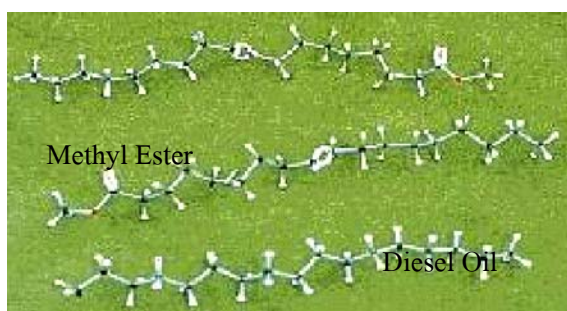
น้ำมันปาล์มที่ใช้เป็นวัตถุดิบจะต้องผ่านขั้นตอนการกำจัดยางเหนียว (degumming) น้ำมันดิบจากพืชมีสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุฟอสฟอรัส มีลักษณะเป็นยางเหนียว (gum) รวมอยู่ด้วยที่เรียกว่า ฟอสฟาไทด์ ได้แก่ lecithin และ cephalin ทำให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพ หรือเมื่อถูกความร้อนจะเกิดยางเหนียวติดภาชนะทำให้ยากต่อการเก็บรักษา การกำจัดยางเหนียวมีหลัก การให้ยางเหนียวรวมตัวตกตะกอนโดยใช้น้ำร้อนและสารเคมีต่างๆ เช่น กรดฟอสฟอริก วิธีการกำจัดยางเหนียวจะมี 2 ขั้นตอนคือ

1. การใช้กรดกำจัดยางเหนียว (acid degumming) ยางเหนียวที่เป็นพวก non-hydrate จะไม่เกิดสภาพไฮเดรตกับน้ำร้อนจึงต้องใช้กรดช่วยทำปฏิกิริยาก่อนแล้วจึงเกิดสภาพไฮเดรต กรดทำหน้าที่ไปปรับสภาพให้เหมาะสมเพื่อให้ยางเหนียวจับกับน้ำ และตกตะกอนออกมาได้ นอกจากนี้กรดยังช่วยดึงโลหะหนักที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้น้ำมันเหม็นหืนตกตะกอนด้วยการกำจัดยางเหนียวด้วยกรดมีความจำเป็นมาก ถ้าไม่แยกยางเหนียวออกจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันในกระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระมา เนื่องจากเกิดอิมัลชัน (Emulsion)

2. การใช้น้ำร้อนกำจัดยางเหนียว (hot water degumming) น้ำมันดิบมีฟอสฟาไทด์เป็นสารประกอบซึ่งมีลักษณะเป็นยางเหนียวทำโดยการเติมน้ำร้อนลงไปให้น้ำมันให้สารเหล่านี้เกิดสภาพไฮเดรต (hydrate form) ทำให้มีสมบัติที่ไม่ละลายในน้ำมันและมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำมัน ดังนั้นสามารถแยกออกจากน้ำมันได้ด้วยการเหวี่ยงหรือตกตะกอน (สุภายิต , 2547)

2.4 การผลิตเมทิลเอสเทอร์

เมทิลเอสเทอร์คือผลผลิตที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์ชนิดเมทานอลเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ให้มีลักษณะโครงสร้างของน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์คล้ายกับโครงสร้างของน้ำมันดีเซลที่ได้จากปิโตรเลียม ดังรูปที่ 2.5

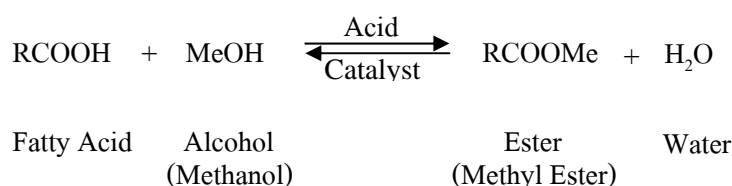


รูปที่ 2.5 แสดงแบบจำลอง โครงสร้างของเมทิลเอสเทอร์เทียบกับ โครงสร้างของน้ำมันดีเซล

(Connemann and Fischer, 1998)

การผลิตเมทิลเอสเทอร์ด้วย ปฏิกิริยาทางเคมีแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือปฏิกิริยา Esterification และปฏิกิริยา Transesterification

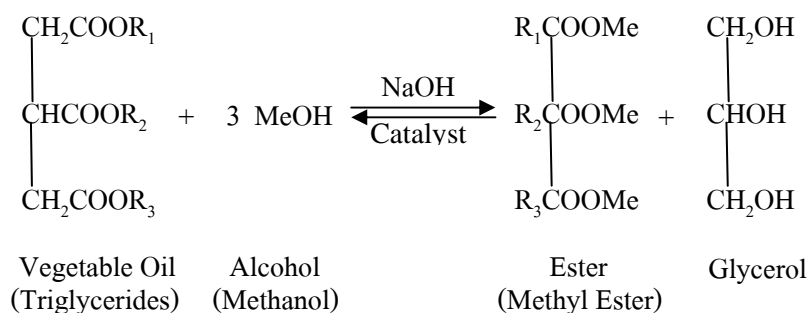
Esterification เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันกับแอลกอฮอล์โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อช่วยทำปฏิกิริยาให้กลายเป็นเอสเทอร์ได้เร็วขึ้น โดยที่กระบวนการนี้เป็นการทำปฏิกิริยาของ กรดไขมันหรือหมู่ R เป็นการทำปฏิกิริยาโดยตรง ผลผลิตที่ได้คือ เอสเทอร์ กับน้ำ โดยมีสมการทั่วไปดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ปฏิกิริยา Esterification

โดยทั่วไปนิยมใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของกระบวนการผลิตแบบ Esterification กรดที่ใช้ส่วนใหญ่เลือกใช้กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และเนื่องจากปฏิกิริยา Esterification ที่ใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาไม่เกินอุณหภูมิจุดเดือดของเมทานอล ต้องใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานาน เพื่อให้ได้เมทิลเอสเทอร์ที่มีความบริสุทธิ์ตามมาตรฐานหรือเปอร์เซ็นต์การเกิดเมทิลเอสเทอร์ตามมาตรฐานที่กำหนด ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาที่สามารถย้อนกลับได้ ดังนั้นต้องมีการดึงน้ำออกเพื่อให้ปฏิกิริยาดำเนินไปทางด้านขวามือเพื่อเพิ่มผลได้ของเอสเทอร์

Transesterification เป็นปฏิกิริยาเคลื่อนย้ายหมู่เอสเทอร์ คือการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์ เพื่อให้เกิดเป็นเอสเทอร์ตัวใหม่หรือที่เรียกว่าการส่งผ่านเพื่อไปทำปฏิกิริยา การนำเอาน้ำมันพืชหรือสัตว์ที่มีทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์โดยใช้กรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ได้เอสเทอร์ โดยจะเรียกชนิดของไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ไบโอดีเซลชนิดเอสเทอร์นี้มีคุณสมบัติที่คล้ายกับน้ำมันดีเซลมาก ผลผลิตของปฏิกิริยาที่กล่าวมาแล้วข้างต้นคือ เมทิลเอสเทอร์กับกลีเซอรอล โดยมีสมการทั่วไปดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ปฏิกิริยา Transesterification

Transesterification เป็นปฏิกิริยาสมดุล ถ้าต้องการให้ปฏิกิริยาดำเนินไปทางขวาทำได้โดยใช้แอลกอฮอล์ที่มากเกินไป ถึงแม้ว่าปฏิกิริยาข้างต้นจะเป็นปฏิกิริยารวม ซึ่งจะประกอบด้วยการผันกลับต่อเนื่อง คือ จากไตรกลีเซอไรด์ เป็น ไดกลีเซอไรด์ และเป็น โมโนกลีเซอไรด์ จากคุณมวลสารข้างต้น ต้องการ 3 โมลเมทานอล ต่อ 1 โมลไตรกลีเซอไรด์ จึงใช้เมทานอลมากเกินไป 100% ซึ่งจะให้อัตราการเปลี่ยน (conversion rate) สูง และจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด ค่าง โดยทั่วไปนิยมใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงการทำปฏิกิริยาขึ้นกับอุณหภูมิ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อให้เวลาที่เพียงพอปฏิกิริยาก็จะดำเนินไปสมบูรณ์ได้ ณ อุณหภูมิห้อง โดยทั่วไปปฏิกิริยาเกิดที่อุณหภูมิจุดเดือดของเมทานอล

2.5 ผลกระทบของตัวแปรในกระบวนการผลิต

ตัวแปรที่สำคัญซึ่งมีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดเมทิลเอสเทอร์ ของกรดไขมันจากกระบวนการ Esterification และ Transesterification มีดังนี้ (Ma and Hanna, 1999; Srivastava and Prasad, 2000)

- 2.5.1 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา
- 2.5.2 เวลาในการทำปฏิกิริยา
- 2.5.3 ความบริสุทธิ์ของสารตั้งต้น
- 2.5.4 ความชื้นและกรดไขมัน
- 2.5.5 อัตราส่วนโมลระหว่างแอลกอฮอล์กับไตรกลีเซอไรด์
- 2.5.6 ชนิดและความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา
- 2.5.7 ความรุนแรงในการผสม
- 2.5.1 เวลาในการทำปฏิกิริยา

ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ ขึ้นอยู่กับตัวแปรเวลาที่ใช้ในการดำเนินปฏิกิริยา (Freedman et al., 1984) จากการทดลองสำหรับน้ำมันพืชทั้ง 4 ชนิด คือ เเปอร์เซ็นต์ความเป็นเมทิลเอสเทอร์ประมาณ 93 ถึง 98 เเปอร์เซ็นต์ ทำปฏิกิริยากับเมทานอลที่อัตราส่วนโมล 6:1 โดยใช้โซเดียมเมทอกไซด์ 0.5 เเปอร์เซ็นต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C หลังจากนั้น 1 ชั่วโมง อัตราเปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ส่วนใหญ่จะมีพฤติกรรมในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน

ส่วนการค้นคว้าของ Ma et al. (1998) การผลิตเอสเทอร์จากไขมันวัว ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่าง พบว่าในช่วง 1 นาทีแรกอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะค่อนข้างช้ามาก หลังจาก 5 นาทีต่อมาจะเกิดปฏิกิริยารวดเร็วมากส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความเป็นเมทิลเอสเทอร์ ก็เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในกระบวนการ Transesterification ความเป็นเมทิลเอสเทอร์สูงสุดที่เวลาประมาณ 15 นาที ส่วนกระบวนการ Esterification ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยากรดจะใช้ระยะเวลาที่นานกว่า

2.5.2 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา

กระบวนการปฏิกิริยา Transesterification สามารถเกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของสารตั้งต้น ในกรณีของน้ำมันละหุ่ง ปฏิกิริยาจะดำเนินไปและให้ผลเป็นที่น่าพอใจเหมาะสมที่สุด ที่อุณหภูมิประมาณ 20 ถึง 35°C ซึ่งใช้อัตราส่วนโมลของสารตั้งต้น 6:1 ถึง 12:1 และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่าง อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.005 ถึง 0.35 เเปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของน้ำมันพืช (Smith, 1949) ส่วนสารตั้งต้นของเมทานอลกับน้ำมันถั่วเหลือง ใช้อัตราส่วนโมล 6:1 ใช้ 1 เเปอร์เซ็นต์ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดการทำปฏิกิริยา แตกต่างกัน 3 ระดับคือ 60 45 และ 32°C (Freedman et al., 1984) พบว่าเมื่อเวลาของการทำปฏิกิริยาครบ 1 ชั่วโมง เเปอร์เซ็นต์ความเป็นเมทิลเอสเทอร์ ที่อุณหภูมิ 60 และ 45°C มีค่าเท่ากัน แต่ที่อุณหภูมิ 32°C จะมีค่าต่ำกว่า

โดยทั่วไปแล้วอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยา จะเป็นฟังก์ชันโดยตรงกับอุณหภูมิที่ใช้ จากงานวิจัยส่วนใหญ่พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับจุดเดือดของเมทานอล ซึ่งอยู่ประมาณ 60 ถึง 70°C ภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำกว่ามีสภาพและเงื่อนไขที่ไม่รุนแรงนัก แต่ต้องการสารตั้งต้นที่มีปริมาณน้ำและกรดไขมันที่ต่ำมาก เเปอร์เซ็นต์ความเป็นเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน จะมีค่าสูงสุดเมื่อทำปฏิกิริยาในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 60 ถึง 80°C ที่อัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้นระหว่างแอลกอฮอล์กับน้ำมันเท่ากับ 6:1 (Dunn and Bagby, 1995) จากการศึกษาการผลิตเมทิลเอสเทอร์ด้วยปฏิกิริยา Esterification จะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า Transesterification เพื่อที่จะผลิตเมทิลเอสเทอร์ที่มีความบริสุทธิ์เกิน 96.5%

2.5.3 ความบริสุทธิ์ของสารตั้งต้น

ความบริสุทธิ์ของวัตถุดิบ ซึ่งใช้เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยา Esterification และ Transesterification ไตรกลีเซอไรด์ที่ใช้ต้องมีค่าเป็นกรดไขมันอิสระควรมีน้อยกว่า 1 และสารตั้งต้นต้องปราศจากน้ำ แต่ถ้าน้ำมันพืชมีค่าความเป็นกรดมากกว่า 1

คุณภาพของสารตั้งต้นและความบริสุทธิ์ของตัวเร่งปฏิกิริยา ที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยา Transesterification ของกรดไขมันด้วยตัวเร่งต่าง มีดังนี้

ตัวเร่งปฏิกิริยาไฮดรอกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ หรือ โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ควรมีความบริสุทธิ์ของเนื้อสาร มากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งโดยปกติต้องมีน้ำผสมอยู่โดยหลีกเลี่ยงไม่ได้ประมาณ 14 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ และควรมีองค์ประกอบของเกลือคาร์บอเนตต่ำ เพราะอาจจะมีผลทำให้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์สูงขึ้นได้

เมทานอลที่ใช้ควรมีความบริสุทธิ์สูง ไม่ควรมีน้ำผสมอยู่เลย ขอมให้มีได้ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แต่อนุญาตให้มีน้ำมันเบนซินอยู่ได้เล็กน้อย เพราะไม่มีผลต่อปฏิกิริยาน้ำมันปาล์มดิบควรจะต้องผ่านการกรองและมีลักษณะใส เพราะตะกอนที่มีอยู่ในน้ำมันจะมีผลต่อการแยกวัฏภาคของกลีเซอรอลออกจากผลิตภัณฑ์เอทิลเอสเทอร์ของน้ำมัน

2.5.4 ความชื้นและกรดไขมัน

ปริมาณน้ำผสมอยู่เล็กน้อยจะต้องเพิ่มปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อชดเชยกับการทำให้กรดไขมันอิสระเป็นกลาง และส่วนหนึ่งสูญเสียไปกับการละลายหรือแตกตัวของปริมาณน้ำที่ปนเปื้อนด้วย

นอกจากนั้นแล้วปริมาณน้ำทั้งที่เกิดขึ้นและมีอยู่ระหว่างการทำปฏิกิริยา Transesterification จะทำให้ต้องสิ้นเปลืองตัวเร่งปฏิกิริยาต่างเพิ่มขึ้น จะส่งผลกระทบต่อเนื้อทำให้ความหนืดของเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น และก่อให้เกิดโครงสร้างเจล เป็นสาเหตุสำคัญ ทำให้กระบวนการแยกของผลิตภัณฑ์ระหว่าง กลีเซอรอลและเมทิลเอสเทอร์ทำได้ยากยิ่งขึ้น

2.5.5 อัตราส่วนโมลระหว่างแอลกอฮอล์กับไตรกลีเซอไรด์

อัตราส่วนโมลของสารตั้งต้นระหว่างแอลกอฮอล์กับไตรกลีเซอไรด์ ของปฏิกิริยา Esterification และ Transesterification โดยทางทฤษฎีแล้วต้องการแอลกอฮอล์ 3 โมลทำปฏิกิริยากับ 1 โมลไตรกลีเซอไรด์ เพื่อให้ได้ผลผลิตเอทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน 3 โมล และกลีเซอรอล 1 โมล แต่เนื่องจากปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นชุดของปฏิกิริยาตามลำดับที่ผันกลับได้ ดังนั้นจึงต้องใช้แอลกอฮอล์ที่มากเกินไป เพื่อขับเคลื่อนให้สมดุลของปฏิกิริยาเลื่อนไปทางผลิตภัณฑ์มากที่สุดนอกจากนั้นแล้วอัตราส่วนโมล ยังจะมีผลสัมพันธ์กับชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้อีกด้วย

2.5.6 ชนิดและความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยม ใช้สำหรับกระบวนการปฏิกิริยา Transesterification สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ ค่าง กรด และเอนไซม์ (Ma and Hanna, 1999)

โดยกระบวนการปฏิกิริยา Transesterification ซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างจะมีอัตราเร่งของปฏิกิริยา เร็วกว่าการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรดมาก (Freedman et al, 1984) ภายใต้อุณหภูมิและเงื่อนไขของปฏิกิริยาเหมือนกันที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้แล้วตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรดยังก่อให้เกิดปัญหาการ กัดกร่อน ต่อหน่วยปฏิบัติการและอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต มากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาต่าง

แต่อย่างไรก็ตามถ้าไขมันและน้ำมันที่ได้จากพืชหรือสัตว์ ซึ่งเป็นแหล่งไตรกลีเซอไรด์ที่ใช้เป็นสารตั้งต้น มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าข้อกำหนด โดยเฉพาะถ้ามีปริมาณน้ำสูงควรใช้ปฏิกิริยา Esterification ด้วยตัวเร่งกรด ซึ่งจะมีความเหมาะสมโดยกรดที่ใช้อาจเป็นกรดซัลฟิวริก

2.5.7 ความรุนแรงในการผสม

การศึกษาค้นคว้าและทำวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบ ของปัจจัยความรุนแรงในการผสมต่อปฏิกิริยา Transesterification มีค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นกับไขมันสัตว์ซึ่งมีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50°C และเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาที่ผ่านไปไม่นานนัก โดย เฉพาะในกรณีที่ทำปฏิกิริยาเริ่มต้นเนื่องจากสารตั้งต้นของสารทั้งสอง ที่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันในช่วงแรกของการทำปฏิกิริยา พฤติกรรมปฏิกิริยาในช่วงเริ่มต้นค่อนข้างช้า อาจเนื่องจากปัจจัยที่ควบคุมปฏิกิริยา แต่หลังจากที่เกิดผลิตภัณฑ์ของกรดไขมันขึ้นแล้ว จะเป็นตัวกระตุ้นและชักนำให้ระบบแพร่กระจายระหว่างกันกลายเป็นวัฏภาคเดียว ทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในเวลาต่อมา ดังนั้นการกวนผสมรุนแรงจะมีผลต่อปฏิกิริยาเฉพาะในช่วงแรกเท่านั้น หลังจากทีระบบเกิดเป็นวัฏภาคเดียวในช่วงต่อมาแล้ว การกวนผสมจึงไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญของการเกิดปฏิกิริยา

2.6 คุณสมบัติในการเป็นเชื้อเพลิงของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลหรือเมทิลเอสเตอ์ หรือเอทิลเอสเตอ์จากน้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ มีความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลและมีความคงตัวความหนืดเปลี่ยนแปลงได้น้อยมากเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง จุดวาบไฟของเมทิลเอสเตอ์ มีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้มีความปลอดภัยในการใช้และการขนส่ง นอกจากนั้นแล้วค่าซีเทนที่เป็นดัชนีบอกถึงคุณสมบัติการจุดไฟติดของเมทิลเอสเตอ์ยังมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลด้วย ดังตาราง 2.2 แสดงคุณลักษณะและคุณภาพเมทิลเอสเตอ์ของกรดไขมัน

ตารางที่ 2.2 กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์
ของกรดไขมัน 2548

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ ^{1/}
1	เมทิลเอสเตอร์ ร้อยละโดยน้ำหนัก(Methyl Ester, % wt.)	ไม่ต่ำกว่า	96.5 EN 14103
2	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 150°C กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (Density at 15 °C , kg/m3)	ไม่ต่ำกว่า	860
		และไม่สูงกว่า	900
3	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 Oซ เซนติสโตกส์ (Viscosity at 40 °C , cSt)	ไม่ต่ำกว่า	3.5
		และไม่สูงกว่า	5.0
4	จุดวาบไฟ องศาเซลเซียส(Flash Point , °C)	ไม่ต่ำกว่า	120 ASTM D 93
5	กำมะถัน ร้อยละโดยน้ำหนัก(Sulphur, %wt.)	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 D 613
8	เถ้าซัลเฟต ร้อยละโดยน้ำหนัก (Sulfated Ash, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.02 ASTM D 874
9	น้ำ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Water, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.050 ASTM D 2709
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด ร้อยละโดยน้ำหนัก (Total Contaminate, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.0024 ASTM D5452
11	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)	ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1 ASTM D 130
12	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ชั่วโมง Oxidation Stabilit at 110 °C , hour	ไม่ต่ำกว่า	6 EN 14112
13	ค่าความเป็นกรด มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม (Acid Value , mg KOH/g)	ไม่สูงกว่า	0.50 ASTM D 664
14	ค่าไอโอดีน กรัมไอโอดีน/100 กรัม (Iodine Value , g Iodine/100 g)	ไม่สูงกว่า	120 EN 14111
15	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเตอร์ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Linolenic Acid Methyl Ester, %wt.)	ไม่สูงกว่า	12.0 EN 14103
16	เมทานอล ร้อยละโดยน้ำหนัก (Methanol, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.20 EN 14110
17	โมโนกลีเซอไรด์ 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
20	กลีเซอรินอิสระ ร้อยละโดยน้ำหนัก (Free glycerin, %wt)	ไม่สูงกว่า	0.02 EN 14105

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ	วิธีทดสอบ ^{1/}
21	กลีเซอรินทั้งหมด ร้อยละ โดยน้ำหนัก (Total glycerin, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.25 EN 14105
22	โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียมและโปแตสเซียม) มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Group I metals (Na+K) mg/kg)	ไม่สูงกว่า	5.0 EN 14108 และ EN 14109
	โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม) มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Group II metals (Ca+Mg) mg/kg)	ไม่สูงกว่า	5.0 prEN 14538
23	ฟอสฟอรัส ร้อยละ โดยน้ำหนัก (Phosphorus, %wt.)	ไม่สูงกว่า	0.0010 ASTM D 4951
24	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดี กรมธุรกิจพลังงาน	

หมายเหตุ 1/ วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายนี้

ที่มา : กรมธุรกิจพลังงาน 2548