

ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้

เทคโนโลยีและกระบวนการผลิต

ไบโอดีเซล

(Technology and biodiesel
production)



สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

พฤษภาคม 2553

ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้

เทคโนโลยีและกระบวนการผลิต

ไบโอดีเซล

(Technology and biodiesel production)



สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

พฤษภาคม 2553

คำนำ

ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ เรื่อง “ เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (Technology and biodiesel production) ” ฉบับนี้ สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้จัดทำขึ้นภายใต้โครงการเครือข่ายห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ โครงการย่อยที่ 2 โครงการเพิ่มศักยภาพการเข้าถึงสารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในรูปแบบ Digital Library กิจกรรมย่อย 2.5 ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ (Information Repackaging) ในส่วนของสาระน่ารู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากต่างประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ นี้ให้ผู้ใช้ได้เข้าถึงสารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่ายและสะดวกพร้อมใช้ เอกสารประมวลพร้อมใช้ฉบับนี้ให้ความรู้เกี่ยวกับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตไบโอดีเซล รูปแบบของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน คุณสมบัติและคุณภาพของไบโอดีเซล ข้อดีและข้อเสียของไบโอดีเซล และความแตกต่างของไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซล

คณะผู้จัดทำหวังว่า ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเทคโนโลยีและกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยเอกสารฉบับเต็มที่ใช้ในการเรียบเรียงประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ฉบับนี้ได้รวบรวม จัดเก็บ และให้บริการ ณ บริเวณห้องอ่านชั้น 2

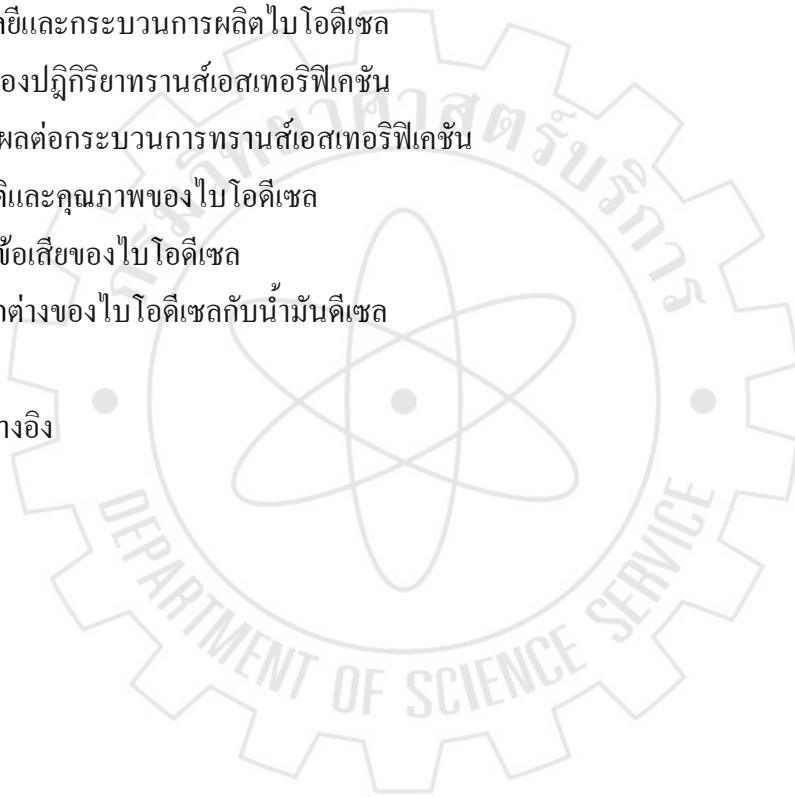
ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

พฤษภาคม 2553

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	1
คำสำคัญ	1
บทนำ	2
วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล	4
ประเภทและผลกระทบที่เกิดจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต	4
เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตไบโอดีเซล	6
รูปแบบของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน	7
ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน	11
คุณสมบัติและคุณภาพของไบโอดีเซล	13
ข้อดีและข้อเสียของไบโอดีเซล	16
ความแตกต่างของไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซล	18
บทสรุป	19
เอกสารอ้างอิง	21



เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (Technology and biodiesel production)

บทคัดย่อ

ไบโอดีเซล (biodiesel) เป็นพลังงานที่ได้จากธรรมชาติซึ่งสามารถสร้างทดแทนได้ ความหมายโดยทั่วไปของไบโอดีเซลสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ น้ำมันพืช น้ำมันพืชผสมน้ำมันดีเซลและน้ำมันที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (transesterification) ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเป็นการนำน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์มาทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้เมทานอลเพื่อผลิตเป็นเมทิลเอสเทอร์ (methyl ester) โดยปฏิกิริยานี้อาจมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมด้วย ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้มี 3 ชนิดคือ กรด ค่างและเอนไซม์ การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันมีปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดปริมาณของเมทิลเอสเทอร์คือ อัตราส่วนของปริมาณแอลกอฮอล์ต่อปริมาณน้ำมันที่ใช้ ความเร็วในการปั่นกววน อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ชนิดและปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา เมทิลเอสเทอร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล โดยไม่ต้องมีการดัดแปลงหรือปรับเปลี่ยนเครื่องยนต์ เนื่องจากมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลเช่น ค่าความหนืด ค่าทางความร้อน คุณสมบัติทางฟิสิกส์ ข้อดีของไบโอดีเซลคือ ปลอดภัยกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งกำมะถัน และสารไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็ก (เขม่า) จึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่การใช้ไบโอดีเซลมีข้อเสียคือ เพิ่มการปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ให้กับบรรยากาศ

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล; ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน; เมทิลเอสเทอร์

Keywords : Biodiesel; Transesterification; Methyl ester

เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (Technology and biodiesel production)

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้พลังงานจากปิโตรเลียมเป็นจำนวนมาก ซึ่งพลังงานประเภทนี้มีอยู่อย่างจำกัดและหาทดแทนได้ยาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาพลังงานรูปแบบใหม่มาทดแทนคือ พลังงานจากเชื้อเพลิงชีวภาพ ซึ่งมีอยู่หลายชนิดได้แก่ ไบโอดีเซล เอทานอล น้ำมันพืช มวลชีวภาพ และก๊าซชีวภาพ ข้อดีของเชื้อเพลิงชีวภาพคือ ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การใช้ไบโอดีเซลแทนน้ำมันดีเซลสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 60% อีกทั้งการใช้ไบโอเอทานอลผสมกับเมทานอลและไดเมทิลอีเทอร์ (dimethyl ether) จะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 70% และ 90% ตามลำดับ หลายประเทศที่ใช้พลังงานทางเลือกแล้ว เช่น ประเทศในทวีปยุโรปได้ผลิตเอทานอลจากธัญพืชและไบโอดีเซลจากเมล็ดคองุ่น ในประเทศสหรัฐอเมริกาและบราซิลผลิตไบโอเอทานอลจากข้าวโพดและอ้อยเป็นเชื้อเพลิงหลักประมาณ 70% และประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ใช้น้ำมันปาล์มสำหรับผลิตไบโอดีเซล

น้ำมันเชื้อเพลิงที่นิยมใช้แบ่งเป็นน้ำมันเบนซินที่ใช้กับเครื่องยนต์เบนซินและน้ำมันดีเซลที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล เครื่องยนต์ดีเซลถือเป็นตัวจักรที่สำคัญสำหรับพาหนะที่ต้องบรรทุกเนื่องจากมีราคาถูกและมีความคงทน เครื่องยนต์ดีเซลมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงเนื่องจากมีค่าอัตราส่วนการบีบอัด (compression ratio) และมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่สูง เครื่องยนต์ดีเซลที่มีการเผาไหม้จะปล่อยอนุพันธ์ของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ออกมามากเนื่องจากมีออกซิเจนและไนโตรเจนอยู่มากในห้องเผาไหม้จึงทำให้มีอุณหภูมิเปลวไฟสูง เพื่อลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมจึงต้องมีการพัฒนาเครื่องยนต์และเทคโนโลยีเพื่อลดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และฝุ่นละออง รวมทั้งลดการปลดปล่อยก๊าซจากเครื่องยนต์ผ่านการบำบัดและกระบวนการเผาไหม้ที่เหมาะสม เช่น การปรับเครื่องยนต์และน้ำมันที่ใช้โดยการลดสารอะโรมาติกส์ (เพิ่มดัชนีซีเทน) ลดกำมะถัน เพิ่มคุณสมบัติการกลายเป็นไอ ลดความหนาแน่น และการใช้สารเติมออกซิเจนเติมในน้ำมันหรือใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ ซึ่งในการเลือกใช้เชื้อเพลิงชีวภาพแทนน้ำมันดีเซลนั้น ไบโอดีเซลจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจและพิจารณา

ไบโอดีเซล เป็นพลังงานทางเลือกชนิดหนึ่งและเป็นพลังงานจากธรรมชาติที่สามารถผลิตได้จากพืชหรือสัตว์ ไบโอดีเซลมีความหมายหลายประการสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท (อนุชา พรหมวังขวา และ ชัยชาญ ฤทธิเกริกไกร, 2550) คือ

1. น้ำมันพืชโดยตรง เริ่มใช้เมื่อประมาณ ค.ศ.1900 โดยรูคอร์ด ดีเซล ได้คิดเครื่องยนต์ดีเซลและใช้น้ำมันจากถั่วลิสง ซึ่งปัจจุบันมีการใช้น้ำมันจากสบู่ดำเป็นเชื้อเพลิงโดยตรงโดยนิยมใช้ในเครื่องยนต์ทางการเกษตรที่มีความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ

2. น้ำมันพืชผสมกับน้ำมันดีเซล โดยใส่สารตัวเติมลงไปเพื่อให้ น้ำมันทั้ง 2 ชนิดเข้ากันได้ อย่างไรก็ตามถ้าใช้น้ำมันพืชบริสุทธิ์ผสมลงในน้ำมันดีเซลจะผสมได้ไม่เกินร้อยละ 5

3. น้ำมันพืชที่นำมาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันซึ่งเป็นการลดขนาดโมเลกุลของน้ำมันพืชลงเพื่อเปลี่ยนน้ำมันพืชเป็นไบโอดีเซล

การนำน้ำมันพืชมาทำเป็นพลังงานไบโอดีเซล พบว่า คุณสมบัติของไบโอดีเซลมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมาก เช่น ความหนาแน่น (density) ดัชนีซีเทน (cetane index) ค่าความจุความร้อนในการกลายเป็นไอ และค่าอากาศต่อน้ำมัน ข้อดีของการใช้น้ำมันไบโอดีเซลแทนน้ำมันดีเซลคือ สามารถหาทดแทนได้และมีค่าทางพลังงานคิดเป็น 88 % ของน้ำมันดีเซล D2 (highspeed diesel) มีกำมะถันและสารอะโรมาติกส์น้อยทำให้เกิดเขม่าออกมาน้อย สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติและการใช้งานระยะสั้นไม่มีปัญหา อย่างไรก็ตาม การเติมน้ำมันพืชโดยตรงหรือนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลอาจก่อให้เกิดปัญหาในระยะยาวในเครื่องยนต์ เช่น ปั่นเสื่อสภาพ การเกิดตะกอนและเขม่าบริเวณหัวฉีดของเครื่องยนต์ การเดินเครื่องที่ไม่ต่อเนื่อง การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์และปัญหาของน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องยนต์ ปัญหาที่เกิดขึ้นเหล่านี้เนื่องมาจากน้ำมันพืชมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซล D2 ประมาณ 10-20 เท่า รวมทั้งมีค่าการกลายเป็นไอล่าและมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเนื่องจากมีส่วนประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัว การใช้น้ำมันพืชกับเครื่องยนต์นั้นต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์ก่อนเนื่องจากการใช้น้ำมันพืชกับเครื่องยนต์ดีเซลโดยตรงนั้นไม่เหมาะสม การแก้ปัญหาความหนืดของน้ำมันพืชสามารถทำได้ดังนี้ (Demirbas, A., 2003)

- **การเจือจาง** เป็นการลดความหนืดของน้ำมันพืชลงโดยผสมกับเอทานอลและจากการศึกษาพบว่า วิธีนี้ไม่เหมาะกับการใช้งานในระยะยาวสำหรับเครื่องยนต์แบบฉีดน้ำมันตรง (direct injection engine) การเติมเอทานอล 4% ลงในน้ำมันดีเซล D2 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนเมื่อเบรก (brake thermal efficiency) แรงบิดในการเบรก (brake torque) กำลังเพลา (brake power) แต่ลดอัตราการใช้น้ำมันเมื่อเบรก (brake specific fuel consumption) เนื่องจากจุดเดือดของเอทานอลน้อยกว่าน้ำมันดีเซล D2

- **การทำให้เกิดอิมัลชัน** เป็นการลดความหนืดของน้ำมันพืชลงโดยการทำให้เกิดอิมัลชันกับของเหลวเพื่อไม่ให้รวมเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น เมทานอล เอทานอล สารที่มีขี้และไม่มีขี้ การเกิดอิมัลชันของของเหลวที่มีขี้และไม่มีขี้เกิดจากเอทานอลในน้ำมันถั่วเหลืองกับเครื่องยนต์ส่วนหลัก พบว่าการใช้งานมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล D2 สารที่เติมลงไปเพื่อให้เกิดอิมัลชัน ได้แก่ บิวทานอล เฮกซานอลและออกทานอล และพบว่า 2-octanol จะมีประสิทธิภาพเมื่อผสมลงใน ไตร โอลีกและน้ำมันถั่วเหลือง

- **การทำให้เกิดไบโอดีเซลโดยผ่านปฏิกิริยาไพโรลิซิส** เป็นการย่อยสลายน้ำมันพืชโดยใช้ความร้อนในสภาวะไม่มีออกซิเจน เป็นผลทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เป็นอัลเคน อัลคีน อัลเคไดอิน กรดคาร์บอกซิลิก สารอะโรมาติกส์และก๊าซต่างๆ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นอัลเคนและอัลคีน 60% กรดคาร์บอกซิลิก 9.6-16.1 % นอกจากนี้ น้ำมันดอกทานตะวันยังสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฮโดรเจน มีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยสามารถผลิตพลังงานไฮโดรเจนได้ 72-87 % ขึ้นกับไอน้ำ/คาร์บอนและอุณหภูมิของตัวเร่งปฏิกิริยา แม้ว่าการให้ความร้อนแบบไพโรลิซิสและการทำให้เจือจางของน้ำมันพืชจะลดความหนืดได้ แต่ไม่สามารถลดค่าความไม่อิ่มตัวและการกลายเป็นไอล่าได้ ดังนั้นจึงต้องมีการนำน้ำมันหรือไขมัน ไปทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

2. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลเป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (transesterification) หรือปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ลิซิส (alcoholysis) คือ การเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ที่มีอยู่ในน้ำมันหรือไขมันด้วยแอลกอฮอล์เพื่อทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เอสเทอร์ของกรดไขมันที่เรียกว่า ไบโอดีเซล วัตถุดิบที่ใช้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น น้ำมัน แอลกอฮอล์ และตัวเร่งปฏิกิริยา วัตถุดิบหลักหรือสารตั้งต้นในการผลิตไบโอดีเซลคือ น้ำมันพืชและไขมันสัตว์ ราคาของวัตถุดิบประเภทน้ำมันหรือไขมันคิดเป็น 60-75% ของราคาไบโอดีเซล วัตถุดิบที่มีราคาถูก เช่น ไขมันจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์บริสุทธิ์ การพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาและกระบวนการต่างๆ สามารถทำให้ต้นทุนมีราคาถูกลง การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชปกติจะมีราคาแพงกว่าน้ำมันดีเซล 10-15 % ราคาที่สูงของไบโอดีเซลจึงเป็นอุปสรรคสำคัญทางการค้า มีรายงานว่าน้ำมันที่ใช้แล้วสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลได้ โดยมีข้อดีคือ ราคาถูก แต่ข้อเสียคือมีการปนเปื้อนมากกว่า น้ำมันพืชที่ยังไม่ได้ใช้ วัตถุดิบประเภทน้ำมันที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลในปัจจุบันมี 3 ชนิดคือ น้ำมันพืช ไขมันสัตว์ และน้ำมันที่ใช้แล้ว ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 น้ำมันพืช

วัตถุดิบที่นำมาผลิตไบโอดีเซลมีหลายชนิดที่สำคัญคือ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม น้ำมันจากเมล็ดฝ้าย และเมล็ดองุ่น นอกจากนี้ยังมีพืชชนิดอื่นๆ ที่สามารถนำน้ำมันมาสกัดเพื่อผลิตเป็นไบโอดีเซลได้ เช่น น้ำมันละหุ่ง น้ำมันรำข้าว น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันงา ฯลฯ วิธีการสกัดน้ำมันออกจากพืชโดยการนำพืชหรือวัตถุดิบเหล่านั้นไปบด จากนั้นนำไปสกัดด้วยวิธี soxhlet extraction ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน ส่วนอีกวิธีการคือ การแช่ด้วยตัวทำละลายจากนั้นนำไปกรอง น้ำมันพืชประกอบด้วยกรดไขมันอิสระที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 14-20 อะตอม ซึ่งมีจำนวนและตำแหน่งของพันธะคู่ที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีน้ำ sterol phospholipid กลิ่น และสิ่งเจือปนอื่นๆ ในน้ำมัน โดยพบว่าน้ำมันจากเมล็ดองุ่นมีชนิดและปริมาณของกรดไขมันดังนี้ กรดโอเลอิก>กรดลิโนเลอิก>กรดลิโนเลนิก>กรดปาล์มมิติก โดยน้ำมันดอกคำฝอย (safflower oil) และน้ำมันลินซีด (linseed oil) มีกรดลิโนเลอิกและกรดลิโนเลนิกสูง ขณะที่น้ำมันปาล์มมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวสูงคือ กรดปาล์มมิติก ประเทศที่นำน้ำมันจากพืชมาใช้ผลิตไบโอดีเซลบ้างแล้ว เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาใช้น้ำมันถั่วเหลือง ประเทศในทวีปยุโรปใช้น้ำมันจากเมล็ดองุ่น ประเทศอินเดียใช้น้ำมันปาล์ม สำหรับประเทศไทยสามารถใช้วัตถุดิบหลายชนิด เช่น น้ำมันปาล์มจากผลปาล์ม (palm kernel oil) และน้ำมันมะพร้าว (coconut oil) โดยน้ำมันปาล์มถูกนำมาผลิตไบโอดีเซลมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง และสบู่ดำ (Rashid, U., and Anwar, F., 2008; Attanatho, Magmee, L., and Jenvanitpanjakul, P., 2004)

2.2 ไขมันสัตว์

ไขมันจากสัตว์ที่นำมาผลิตไบโอดีเซล ได้แก่ ไขมันจากไก่ น้ำมันหมูและไขมันจากวัว องค์ประกอบของไขมันสัตว์พบว่ามีกรดโอเลอิก (C18:1) มากที่สุดประมาณ 41-44% รองลงมาคือ กรดปาล์มมิติก (C16:0) 23% และกรดสเตียริก (C18:0) 13% โดยองค์ประกอบของไขมันสัตว์กับน้ำมันถั่วเหลืองมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนคือ น้ำมันถั่วเหลืองมีกรดลิโนเลอิก (C18:2) มากที่สุด 52% รองลงมาคือ กรดโอเลอิก 21% และกรด

ปาล์มมิก 11% ไขมันสัตว์จากไก่พบว่าปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากที่สุดเมื่อเทียบกับไขมันสัตว์ด้วยกัน ส่วนกรดไขมันอิ่มตัวมีปริมาณใกล้เคียงกับน้ำมันหมูและน้ำมันจากวัว ขณะที่ในน้ำมันถั่วเหลืองมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวถึง 81% ซึ่งอาจเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างไบโอดีเซลจากน้ำมันถั่วเหลืองและไบโอดีเซลจากไขมันสัตว์เนื่องจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีส่วนทำให้เกิดปฏิกิริยาต่างๆ ได้ เช่น กระบวนการออกซิเดชัน (auto-oxidation) และพอลิเมอไรเซชัน (polymerization) ที่มีส่วนสำคัญกับความเสถียรต่อความร้อนของไบโอดีเซล มีการถกเถียงเกี่ยวกับปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีส่วนทำให้เครื่องยนต์เสื่อมสภาพลง ความหนืดของไบโอดีเซลที่มาจากไขมันสัตว์มีค่าสูงกว่าจากน้ำมันถั่วเหลืองเล็กน้อย แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ของ ASTM อาจเนื่องมาจากน้ำมันพืชจากถั่วเหลืองมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าไขมันสัตว์ การใช้ไขมันสัตว์ในการผลิตไบโอดีเซลมีข้อดีคือ ราคาไม่แพง หาได้จากโรงงานอุตสาหกรรม แต่มีข้อเสียคือ ไบโอดีเซลที่ได้จะมีคุณสมบัติในการไหลเท (pour point) ต่ำ แต่สามารถแก้ไขได้โดยการกลั่นแยกส่วนก่อนทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Wyatt, VT., et al., 2005)

2.3 น้ำมันที่ใช้แล้ว

น้ำมันที่ใช้แล้วมีปริมาณกรดไขมันอิสระที่ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลสูงกว่าน้ำมันที่ยังไม่ได้ใช้สามารถตรวจสอบได้โดยการหาค่าความเป็นกรด (acid value) ด้วยวิธีการไทเทรต (titration) พบว่า น้ำมันที่ใช้แล้วมีค่าความเป็นกรดและมีความหนืดเชิงโคเนติกส์สูงกว่าน้ำมันที่ยังไม่ได้ใช้ น้ำมันที่ใช้แล้วต้องใช้ความเข้มข้นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้ได้ปริมาณเอสเทอร์มากกว่าน้ำมันที่ไม่ได้ใช้ประมาณ 10 % ไบโอดีเซลที่ได้จากน้ำมันใช้แล้วมีสิ่งเจือปนมากกว่าน้ำมันที่ยังไม่ได้ใช้ แต่มีข้อดีคือ ทำให้ราคาไบโอดีเซลถูกกว่าน้ำมันปิโตรเลียม การใช้วัตถุดิบที่เหลือทิ้ง เช่น น้ำมันจากร้านอาหารหรือโรงงานอุตสาหกรรมมาผลิตไบโอดีเซลจะทำให้ต้นทุนไบโอดีเซลมีราคาถูกลงและช่วยรัฐบาลแบ่งเบาภาระในการกำจัดวัตถุดิบที่ใช้แล้วเหล่านั้น น้ำมันที่ใช้แล้วและไขมันสัตว์ถือว่าเป็นคุณภาพต่ำกว่าน้ำมันพืชกลั่นบริสุทธิ์ในด้านของปริมาณกรดไขมันอิสระ จึงต้องมีการบำบัดก่อนนำมาผลิตไบโอดีเซล เช่น ไขมันสัตว์อาจมีการปนเปื้อนของกระดูกและเศษเนื้อทำให้ต้องผ่านการกรองก่อน นอกจากนี้อาจมีการเอาน้ำออกและกลั่นด้วยไอน้ำ การฟอกสี การเอาน้ำออกทำได้โดยแยกตามความหนาแน่นโดยใช้ถังในแนวราบ เพื่อลดความเข้มข้นของน้ำในไขมันที่เหลือทิ้งให้เหลือ 0.5% การเอาน้ำออกมีความจำเป็นสำหรับน้ำมันปรุงอาหารที่อาจมีน้ำปนอยู่ถึง 3 % นอกจากนี้ยังมีการกลั่นด้วยไอน้ำเพื่อทำลายโปรตีนที่เหลืออยู่ในไขมันและการฟอกสีเพื่อเอาโปรตีนที่เนาเปื้อนออก แม้ว่าไขมันสัตว์และน้ำมันที่ใช้แล้วจะเป็นแหล่งวัตถุดิบราคาไม่แพงสำหรับผลิตไบโอดีเซลก็ตาม แต่ปริมาณของกรดไขมันอิสระที่สูงทำให้วัตถุดิบประเภทนี้ไม่เหมาะกับการผลิตไบโอดีเซลร่วมกับด่างโดยตรงเนื่องจากอาจเกิดสบู่ปะปนออกมาด้วย

ชนิดของน้ำมันที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน เช่น น้ำมันถั่วเหลืองที่ยังไม่ได้ใช้ น้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้แล้ว และน้ำมันถั่วเหลืองกลั่นบริสุทธิ์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบผลที่ได้คือ ไบโอดีเซลที่ได้จากน้ำมันถั่วเหลืองที่ยังไม่ได้ใช้จะมีความเสถียรมาก รองลงมาคือ น้ำมันที่ได้จากน้ำมันถั่วเหลืองกลั่นบริสุทธิ์และน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้แล้ว เนื่องจากน้ำมันถั่วเหลืองที่ยังไม่ได้ใช้มีสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ เช่น สารโทโคเฟอรอล ซึ่งเป็นสารเพิ่มความเสถียรในน้ำมันและช่วยให้การเกิดออกซิเดชันน้อยลง ส่วนใน

น้ำมันถั่วเหลืองกลั่นบริสุทธิ์พบว่ากระบวนการผลิตมีส่วนทำให้เกิดการสูญเสียสารต้านอนุมูลอิสระไปบางส่วน ในขั้นตอนการกำจัดกลิ่น จะเห็นได้จากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ วิตามินอี (D- α tocopherol) ส่วนน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้แล้วมีการเกิดออกซิเดชันและการสลายตัวของสารเนื่องจากอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ไม่พึงประสงค์และความเสถียรของเมทิลเอสเทอร์ลดลง ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงจะช่วยทำให้การเก็บรักษามีความเสถียรมากขึ้นเมื่อเทียบกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาต่างๆ เช่น auto-oxidation และ polymerization (Ferrari, R., Oliveira, VS., and Scabio, A., 2005)

3. เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

การผลิตไบโอดีเซลเมื่อมีส่วนที่เป็นน้ำมันแล้ว จะต้องอาศัยแอลกอฮอล์และตัวเร่งปฏิกิริยาด้วย การผลิตไบโอดีเซลทางการค้าจำเป็นต้องอาศัยความรู้และเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อให้การผลิตไบโอดีเซลมีความคุ้มค่า และสามารถผลิตเพื่อจำหน่ายทางการค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาที่ไขมันหรือน้ำมันทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์เพื่อให้ได้เอสเทอร์และกลีเซอรอลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ กรดกรด และเอนไซม์หรืออาจจะไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเริ่มจากการนำน้ำมันที่สกัดได้มาให้ความร้อนจากนั้นเติมแอลกอฮอล์ปฐมภูมิหรือแอลกอฮอล์ทุติยภูมิ (primary or secondary monohydric aliphatic alcohol) ที่มีคาร์บอน 1-8 อะตอมและมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น เมทานอล เอทานอล โพรพานอล บิวทานอล และเอทิลแอลกอฮอล์ โดยทั่วไปนิยมใช้เมทานอลและเอทานอลมากที่สุด การใช้เอทานอลมีข้อดีคือ ได้จากพืช ทำให้สามารถหาทดแทนได้และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การทำปฏิกิริยาต้องนำน้ำมันหรือไขมันมาผสมกับแอลกอฮอล์โดยเติมตัวเร่งปฏิกิริยาทันที จากนั้นนำไปปั่นกววน โดยกำหนดระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ เมื่อปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์จะได้สารละลายแยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันและชั้นล่างเป็นกลีเซอรอล นำชั้นบนไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีการกลั่น แล้วนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นเพื่อกำจัดตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหลือ จากนั้นนำไปกรองด้วยโซเดียมซัลเฟตเพื่อกำจัดน้ำหรือนำชั้นบนไปทำให้เจือจางด้วยอีเทอร์แล้วล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่น ตามลำดับ แล้วนำไปคูลน้ำออกด้วยโซเดียมคาร์บอเนตและระเหยตัวทำละลายออกจากนั้นหาปริมาณองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ เอสเทอร์ของกรดไขมันและกรดไขมันชนิดต่างๆ ที่เหลืออยู่ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น HPLC, GC, TLC และ NMR (สำหรับหาอัตราส่วนพื้นที่ระหว่างหมู่ methoxy และ methylene proton) (Leung, DYC., and Guo, Y., 2006)

ไบโอดีเซลที่เตรียมจากไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ และน้ำมันที่ใช้แล้วจะมีไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเป็นไตรเอสเทอร์ของกลีเซอรอลระหว่างกรดไขมัน 3 ตัวกับกรดคาร์บอกซิลิกสายโซ่ตรงยาวที่โมเลกุลเป็นโมโนและไดกลีเซอไรด์มาจากการแทนที่ของกรดไขมัน 2 ตัวและ 1 ตัว ตามลำดับ ที่ตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิลของกรดคาร์บอกซิลิก ไขมันที่ใช้เป็นวัตถุดิบประกอบด้วยกลีเซอไรด์และกรดไขมันหลายชนิด ซึ่งปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในการผลิตไบโอดีเซลคือ แอลกอฮอล์ที่นิยมใช้คือ เมทานอลเนื่องจากมีราคาถูกและมีคุณสมบัติที่ดีในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยปกติจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดอย่างสมบูรณ์ สภาพะในการทำปฏิกิริยาและการแยกผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา การเกิดสบู่เป็นอุปสรรคอย่าง

หนึ่งในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งเกิดจากไฮดรอกไซด์ของโลหะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระ สบู่ที่เกิดขึ้นจะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นและทำให้ขั้นตอนในการแยกให้บริสุทธิ์มีความยุ่งยากมากขึ้นและเสียค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้การทำปฏิกิริยาต้องใช้แอลกอฮอล์ที่มีน้ำน้อย (anhydrous alcohol) คือไม่เกิน 0.1-0.3 % หรือน้อยกว่า เนื่องจากการมีน้ำจะทำให้เกิดการไฮโดรลิซิสของแอลคิลเอสเทอร์ไปเป็นกรดไขมันอิสระ จากนั้นก็จะเกิดเป็นสบู่ขึ้น ปกติปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน โดยใช้กรดหรือด่างในการเร่งปฏิกิริยาประกอบด้วย 3 ขั้นตอนที่ผันกลับได้ โดยเริ่มจากไตรกลีเซอไรด์ถูกเปลี่ยนเป็นไดกลีเซอไรด์และโมโนกลีเซอไรด์ สุดท้ายเปลี่ยนเป็นแอลคิลเอสเทอร์ 3 โมลและกลีเซอรอล 1 โมล ขั้นตอนที่กำหนดปฏิกิริยาจะแปรเปลี่ยนไปตามเวลาของ 3 ขั้นตอน เริ่มจากการถ่ายเทมวลระหว่างสารตั้งต้นกับตัวเร่งปฏิกิริยา คือ น้ำมันกับแอลกอฮอล์-ตัวเร่งปฏิกิริยา จากนั้นเกิดปฏิกิริยาเป็นเอสเทอร์ซึ่งเป็นอิมัลชัน ช่วงนี้เป็นช่วงที่กำหนดปฏิกิริยาช่วงที่ 2 โดยการควบคุมแบบไคเนติกส์ในการเกิดผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นจุดสมดุลที่อยู่ใกล้กับจุดสิ้นสุดปฏิกิริยา (Lotero, E., et al., 2005)

ปริมาณน้ำจะส่งผลต่อปฏิกิริยาที่ใช้กรดมากกว่าปฏิกิริยาที่ใช้ด่าง กล่าวคือวัตถุดิบที่มีน้ำอยู่ 5 % ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการใช้กรดจะเหลือ 6% ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการใช้ด่างมีถึง 70% ความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลจากปริมาณเมทิลเอสเทอร์ (น้ำหนักเอสเทอร์/น้ำหนักผลิตภัณฑ์) ซึ่งค่าที่ได้หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์เป็นเมทิลเอสเทอร์ ส่วนค่าการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ หมายถึง น้ำหนักผลิตภัณฑ์/น้ำหนักน้ำมันตั้งต้น ซึ่งค่านี้หมายถึงการเปลี่ยนไปเป็นเมทิลเอสเทอร์ได้มากหรือน้อย (Leung, DYC., and Guo, Y., 2006) ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันจะต้องไม่มีน้ำปะปนมาเนื่องจากโมเลกุลน้ำจะทำลายโมเลกุลของตัวเร่งปฏิกิริยา มีรายงานว่า การกำจัดโมเลกุลของน้ำสามารถใช้เตาอบไมโครเวฟที่ 60°C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำน้ำมันผสมกับเอทานอลที่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา โดยขั้นตอนของการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีการใช้เตาอบไมโครเวฟเข้ามาช่วยเพื่อกำจัดน้ำออกไป นอกจากนี้การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันยังใช้ไมโครเวฟช่วยในการปรับปรุงการสกัดและช่วยเร่งปฏิกิริยา โดยลดเวลาในการเกิดผลิตภัณฑ์ซึ่งปกติใช้เวลา 75 นาที เหลือเพียง 4 นาทีเท่านั้น อีกทั้งยังเกิดผลิตภัณฑ์ได้มากที่สุด แต่ต้องมีการควบคุมการใช้ไมโครเวฟไม่ให้ร้อนเกินไปเนื่องจากจะไปทำลายสารประกอบอินทรีย์ เช่น แอลกอฮอล์ เนื่องจากโครงสร้างของแอลกอฮอล์จะมีการจัดเรียงตัวในแนวสนามแม่เหล็กที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟทำให้โมเลกุลมีการหมุนและเกิดความร้อนจากการเสียดสีของการหมุนระหว่างโมเลกุล อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิบริเวณ catalytic site สูง การใช้ไมโครเวฟจึงทำให้เกิดการทำปฏิกิริยากันอย่างมีประสิทธิภาพและช่วยให้การแยกทำได้ดีขึ้นโดยใช้ไมโครเวฟ 2-3 นาทีแล้วปล่อยให้ทิ้งไว้ 3 นาที การแยกชั้นจะเกิดได้อย่างสมบูรณ์ การใช้ไมโครเวฟในการแยกชั้นใช้กับการแยกน้ำมันออกจากน้ำเสียจะช่วยให้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันเกิดได้เร็วและปลอดภัย (Saifuddin, N., and Chua, KH., 2004)

4. รูปแบบของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน

รูปแบบของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน สามารถแบ่งได้เป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

4.1 Alkaline catalyzed transesterification (Rashid, U., and Anwar, F., 2008)

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยการใช้ด่างสามารถเกิดได้เร็วกว่าการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่เท่ากัน อีกทั้งเป็นที่นิยมกว่า แต่ก็มียาราคาแพง จะเห็นได้จากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่นิยมใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ โซเดียมเมทอกไซด์ (CH_3ONa) โพแทสเซียมเมทอกไซด์ (CH_3OK) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) จากการศึกษาพบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยา KOH มีประสิทธิภาพดีที่สุด รองลงมาคือ ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH , CH_3ONa และ CH_3OK ตามลำดับ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้ในระดับอุตสาหกรรมคือ NaOH และ KOH เนื่องจากมีราคาถูก การเกิดปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาจะเกิดจากเมทอกไซด์ไอออนที่เกิดขึ้นได้ 2 ทางคือ กลีเซอรอลและเมทอกไซด์และการทำปฏิกิริยาของเมทานอลกับหมู่ไฮดรอกซิลของอัลคาไลด์ไฮดรอกไซด์ ซึ่งเมทอกไซด์ไอออนจะเป็นนิวคลีโอไฟล์ที่แข็งแรงเพื่อไปชนกับหมู่คาร์บอนิลแล้วเกิดเป็นแอลคิลเอสเตอร์ การใช้ด่างในการเร่งปฏิกิริยานั้นน้ำมันที่ใช้จะต้องมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำไม่เกิน 0.5 % ผลการเปรียบเทียบปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่า มีการใช้ NaOH น้อยกว่า KOH และ CH_3ONa เนื่องจากมีมวลโมเลกุลน้อยที่สุด แต่ในเทอมของความเข้มข้นพบว่า CH_3ONa ใช้น้อยกว่า NaOH และ KOH ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ได้จาก CH_3ONa มีค่ามากที่สุด การใช้ด่างในการเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันต้องเป็นภาวะที่ปราศจากน้ำ การเตรียม KOH (NaOH) ต้องใช้เมทานอลแอนไฮดรัสเพื่อให้ได้ CH_3ONa และน้ำเกิดขึ้น ซึ่งน้ำจะทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์และ Na^+ ทำให้เกิดสบู่ จึงมีการสูญเสียไตรกลีเซอไรด์บางส่วนไป ขณะที่ CH_3ONa พอแตกตัวให้ CH_3O^- กับ Na^+ นั้นจะไม่มีน้ำเข้ามาทำปฏิกิริยา เมื่อใช้ NaOH และ CH_3ONa จะได้ชั้นเอสเตอร์ที่เป็นของเหลว โดยชั้นล่างเป็นกลีเซอรอลที่มีความหนืดสูงและถ้ามีสบู่ขึ้นจะทำให้จับตัวเป็นก้อน การใช้ KOH จะได้ของเหลว 2 ชั้น ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมมักใช้ KOH เนื่องจากสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน การเปรียบเทียบราคาของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นด่างพบว่า NaOH มีราคาถูกที่สุด รองลงมาคือ KOH และ CH_3ONa โดยสรุปพบว่า NaOH มีความเหมาะสมกว่า KOH ทั้งในด้านราคาและปริมาณการใช้

4.2 Acid catalyzed transesterification (Loterio, E., et al., 2005)

การใช้กรดในการเร่งปฏิกิริยามีข้อดีคือ สามารถใช้กับวัตถุดิบที่มีความชื้นและปริมาณกรดไขมันอิสระสูง เช่น สามารถใช้ได้กับน้ำมันทำอาหารที่มีกรดไขมันอิสระสูงถึง 6 % การใช้กรดสามารถเร่งปฏิกิริยาได้ทั้งทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันและเอสเทอร์ฟิเคชัน การใช้กรดจะมีความประหยัดกว่าการใช้ด่าง แต่ก็ทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้ากว่าถึง 4,000 เท่า และต้องใช้อุณหภูมิสูงในการทำปฏิกิริยา ทำให้การใช้กรดในการเร่งปฏิกิริยาเหมาะสมกับวัตถุดิบที่เป็นไขมันสัตว์หรือไขมันที่ใช่แล้ว เช่น การใช้กรดกับวัตถุดิบที่มีน้ำ 0.1% จะมีผลเล็กน้อย แต่ถ้าวัตถุดิบนั้นมีน้ำอยู่ 5 % จะทำให้เกิดการยับยั้งปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารที่มีความเป็นขี้ผึ้งมากในปฏิกิริยาของกรดจะทำให้ลดอัตราการเกิดของปฏิกิริยาเนื่องจากสารที่มีขี้ผึ้งจะไปแย่งการจับตัวกับไฮโดรเจนไอออนและไปขัดขวางไอออนอื่นๆ ของตัวเร่งปฏิกิริยา นอกจากนี้การใช้กรดอาจทำให้เกิดการแยกชั้นอีกด้วย แต่สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ตัวทำละลายร่วม การใช้วัตถุดิบที่มีกรดไขมันอิสระสูงสามารถทำการย่อยด้วยกรดก่อน จากนั้นจึงใช้ด่างในการเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันซึ่งจะทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคาสูงขึ้นแต่ได้ผลดีในการผลิตไบโอดีเซล กลไกของปฏิกิริยาในการใช้กรดคือ การโปรโตเนทของ

คาร์บอนิลและออกซิเจน ซึ่งเป็นการเพิ่ม electrophilicity ของคาร์บอนอะตอมเพื่อทำให้เกิดการชนของนิวคลีโอไฟล์ โดยมีปัจจัยที่สำคัญคือ โครงสร้างของกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ที่ทำให้เกิดการขัดขวางการเข้าทำปฏิกิริยา การเกิดเอสเทอร์ฟิเคชันของกรดปาล์มมิติกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอทานอลและเมทานอล พบว่า การใช้เมทานอลจะให้ผลดีกว่าการใช้เอทานอล กรดที่ใช้ในการเร่งปฏิกิริยามีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ที่นิยมมากที่สุดคือ กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) รองลงมาคือ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กรดไตรฟลูออไรด์โบรอน (BF_3) กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) และกรดซัลโฟนิก (Sulfonic acid) ตามลำดับ การใช้กรดในการเร่งปฏิกิริยาอาจเกิดน้ำขึ้นในปฏิกิริยา ซึ่งมีผลเสียต่อการผลิตไบโอดีเซลเนื่องจากน้ำจะไปไฮโดรไลซ์เอสเทอร์เกิดเป็นกรดไขมันอิสระอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้การมีน้ำก็มีข้อดีคือ จะทำให้กรดทำปฏิกิริยากับน้ำมันมากกว่าแอลกอฮอล์ซึ่งทำให้เกิดการล้อมรอบโปรตอน เป็นการป้องกันไม่ให้กรดไปทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์และยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน การเกิดการล้อมรอบโปรตอนในตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดนี้จะส่งผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันมากกว่าปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันที่เป็นโมเลกุลใหญ่และมีขั้วน้อยกว่า เนื่องจากขั้วของหมู่คาร์บอกซิลิกของกรดไขมันอิสระและความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ

แม้ว่าการใช้ของเหลวในการเร่งปฏิกิริยาจะมีประสิทธิภาพดี แต่มีปัญหาในด้านการปนเปื้อนและต้องมีการขั้นตอนการทำให้เป็นกลาง รวมทั้งความยุ่งยากในการเอาผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นออก ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการแยก จึงใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็งเพื่อทำให้เกิดความสะดวกในการแยกและสามารถนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็งกลับมาใช้ใหม่ได้ การใช้ของแข็งที่เป็นกรดมีข้อดีว่าการใช้ของแข็งที่เป็นด่างคือ มีความเสถียรมากกว่า การก่กร่อน และปัญหาของสภาพแวดล้อมน้อยกว่า อีกทั้งการทำบริสุทธิ์ง่ายกว่าและมีราคาถูกกว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งที่เหมาะสมนั้นควรอยู่ในถังแบบ packed bed continuous ซึ่งง่ายต่อการแยกและทำให้บริสุทธิ์รวมทั้งลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้น การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็งต้องศึกษาปัจจัยต่างๆ เช่น การเชื่อมต่อของรูขนาดใหญ่ ความเข้มข้นของกรดบริเวณที่ทำปฏิกิริยาและพื้นที่ผิวที่ไม่ชอบน้ำ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็ง เช่น เซอร์โคเนียมซัลเฟต ซึ่งเป็นของแข็งที่มีความเป็นกรดแก่สำหรับช่วยในการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ เช่น แอลคิเลชัน ไอโซเมอไรเซชัน และทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาสำหรับไฮโดรคาร์บอนสายยาวภายใต้สภาวะปานกลาง เซอร์โคเนียมซัลเฟตเตรียมได้จากการนำ $ZrOCl_2 \cdot 6H_2O$ มาละลายน้ำแล้วทำให้ตกตะกอนด้วยแอมโมเนีย แล้วนำไปล้างและกรองเอาคลอไรด์ไอออนออก จะได้ไฮดรอกไซด์ของ $Zr(OH)_4$ แล้วนำไปทำให้แห้ง จากนั้นนำไปจุ่มใน H_2SO_4 นาน 24 ชม. นำไปกรอง จะได้เซอร์โคเนียมซัลเฟต จากนั้นทำให้แห้งแล้วนำไปเผาที่ 823 เคลวิน นาน 3 ชม. (He, C., et al., 2007)

การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันโดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดโดยการนำน้ำมันทำปฏิกิริยากับเมทานอลโดยมีของแข็งที่เป็นกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หลังปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์จะต้องมีการกรองเพื่อแยกเอาตัวเร่งปฏิกิริยาออกมาเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เมทิลเอสเทอร์ที่ได้จะมีความคงตัวในระดับสูง การใช้ของแข็งที่เป็นกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยากับน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระสูงจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ของแข็งที่เป็นด่างเนื่องจากมี activity สูงกว่าและมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วกว่า แต่ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งที่เป็นด่างมีความว่องไวต่อน้ำและกรดไขมันอิสระในวัตถุดิบ ทำให้การใช้ของแข็งที่เป็นด่างต้องใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพสูง

เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดการยับยั้งปฏิกิริยา (deactivation) แต่การใช้ของแข็งที่เป็นกรดสามารถใช้ได้กับวัตถุดิบที่มีน้ำและกรดไขมันอิสระสูง ซึ่งปกติ catalytic activity ในของแข็งที่เป็นกรดจะมีค่าต่ำมาก ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งที่เป็นกรดเหมาะกับน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระเนื่องจากจะทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยามีความเสถียรดี นอกจากนี้ยังมีการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันอีกประเภทหนึ่งคือ การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งที่เป็นกรดของเซอร์โคเนียมซัลเฟตร่วมกับก๊าซไฮโดรเจนโดยใช้ความร้อนสูง เมื่อปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์จะต้องทำให้เย็นเพื่อป้องกันการเกิดของแข็งในน้ำมัน จากนั้นกรองเอาของแข็งออก แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย GC โดยเซอร์โคเนียมซัลเฟตจะใช้โปรตอนจากพื้นผิวของโลหะเพื่อไปเร่งการเปลี่ยนไฮโดรคาร์บอนสายยาว ซึ่งก๊าซไฮโดรเจนที่ให้เข้าไปจะไปชดเชยกับไฮโดรเจนที่หลุดออกมาจากพื้นผิวของเซอร์โคเนียมซัลเฟต (Charusiri, W., and Vitidsant, T., 2005)

4.3 Enzymatic transesterification (วรวุฒิ จุฬาลักษณ์, 2548)

เอนไซม์ไลเปสเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กลีเซอรอลเอสเตอเรสไฮโดรเลส (glycerol ester hydrolase) หรือ เอซิลกลีเซอรอลไฮโดรเลส (acyl glycerol hydrolase) เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์เพื่อได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้เอนไซม์ไลเปสในกระบวนการสังเคราะห์ ทำให้มีการใช้เอนไซม์ไลเปสไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหาร ใช้เอนไซม์ไลเปสเป็นตัวสร้างกลิ่นและรสชาติ อุตสาหกรรมการผลิตหนัง ใช้เอนไซม์ไลเปสกำจัดเศษเนื้อหรือไขมันที่ไม่ต้องการออกจากวัตถุดิบ หรือใช้เอนไซม์ไลเปสในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชน แหล่งของเอนไซม์ไลเปสมี 3 แหล่งคือ สัตว์ (ตับอ่อน) พืช (ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ฝ้าย ถั่วเหลือง) และจุลินทรีย์ (ราและยีสต์ บางชนิด)

ส่วนใหญ่นิยมใช้เอนไซม์ไลเปสจากจุลินทรีย์เนื่องจากจุลินทรีย์เจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตได้เร็ว สามารถปรับสภาวะให้เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ได้ง่ายกว่าพืช การผลิตไบโอดีเซลด้วยเอนไซม์ไลเปสนับเป็นกระบวนการผลิตเชิงพาณิชย์ที่ไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม กระบวนการใช้เอนไซม์มีความสะอาด ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ระดับมลพิษที่เกิดจากกระบวนการนี้น้อยมากเมื่อเทียบกับการผลิตด้วยสารเคมี การใช้เอนไซม์มีปัญหาที่เอนไซม์มีราคาแพง แต่ปัจจุบันมีการพัฒนาเอนไซม์ให้อยู่ในรูปตรึง (immobilized lipase) ทำให้ราคาของเอนไซม์ลดลงเนื่องจากกระบวนการตรึงทำได้ง่ายและทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ต้องผ่านการทำให้บริสุทธิ์ ความเสถียรของเอนไซม์มีค่อนข้างสูง ไลเปสสามารถนำมาเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระบบที่มีน้ำและไม่มีน้ำ ผลิตภัณฑ์สามารถแยกออกได้โดยง่าย นอกจากนี้ยังสามารถผลิตไบโอดีเซลได้สูงกว่าการใช้ต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากเอนไซม์มีความจำเพาะต่อสารตั้งต้นสูง ทั้งในความจำเพาะต่อหมู่ฟังก์ชันและต่อ stereo specificity แต่ในระดับอุตสาหกรรมมีการใช้เอนไซม์ที่มีราคาสูงกว่าการใช้ต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และการตรึงเอนไซม์ไลเปสถูกนำมาใช้เพื่อให้สามารถนำเอนไซม์กลับมาใช้ซ้ำได้หลายๆ ครั้ง

4.4 Non-catalyzed transesterification

เป็นวิธีการที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแต่ใช้เมทานอลยิ่งยวดและเป็นวิธีการแบบขั้นตอนเดียวเพื่อเปลี่ยนไขมันเป็นไบโอดีเซลด้วยวิธีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่ใช้อุณหภูมิ 350°C และความดัน 20-50 MPa ตามลำดับ

ส่วนวิธีการแบบ 2 ขั้นตอนคือ การไฮโดรลิซิสไขมันด้วยน้ำแล้วใช้เมทานอลยิ่งยวดเพื่อทำปฏิกิริยาเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชันในสภาวะอุณหภูมิและความดันปานกลางคือ น้อยกว่า 300°C และ 7-20 MPa ตามลำดับ ซึ่งเป็นสถานะที่ทำให้ยากกว่าการใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การทนต่อความร้อนของไบโอดีเซลเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืชจะเกิดปฏิกิริยาได้ง่าย เช่น การเกิดออกซิเดชัน ผลจาก FT-IR พบว่า ในน้ำมันพืชส่วนใหญ่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งมีแนวโน้มไม่ทนต่อความร้อน ขณะที่น้ำมันปาล์มมีกรดไขมันอิ่มตัวที่มีการทนต่อความร้อนได้ดี การเกิด cis-trans isomerization ทำให้เกิดผลกระทบต่อสมบัติการไหลที่อุณหภูมิต่ำของไบโอดีเซลเนื่องจาก trans-isomer มีจุดหลอมเหลวสูงกว่า cis-isomer ขณะเดียวกันค่าจุดขุ่น (cloud point) และจุดไหลเท (pour point) ก็อาจจะไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับไบโอดีเซลที่ได้จากการใช้เมทานอลยิ่งยวดจะให้ค่าจุดขุ่นและจุดไหลเทเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ 350 °C /43 MPa โดยเฉพาะน้ำมันลินซีดและน้ำมันดอกทานตะวัน และพบว่าที่ 350 °C /43 MPa ผลิตภัณฑ์จะลดลงถึง 50% ซึ่งเป็นผลจากผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสภาพไปเป็น โมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น โดยเกิดจากการ polymerization และการเปลี่ยนสภาพของผลิตภัณฑ์ไปเป็น ก๊าซ (Imahara, H., et al., 2008) โดยความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จะมากกว่าดีเซล D2 และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาจะทำให้เอสเทอร์เกิดมากขึ้น (Demirbas, A., 2003)

5. ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันและการเร่งปฏิกิริยามีอยู่หลายปัจจัย ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน อุณหภูมิ เวลา ความเข้มข้นและชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา และการปั่นกวน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน

แอลกอฮอล์ที่ใช้ในการเร่งปฏิกิริยามีหลายชนิด เช่น เมทานอล เอทานอล โพรพานอล บิวทานอล และเอทิลแอลกอฮอล์ โดยเมทานอลและเอทานอลถูกนำไปใช้ทั้งในระดับการวิจัยและใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากเมทานอลมีราคาถูก ส่วนเอทานอลได้จากผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งสามารถผลิตขึ้นมาใหม่ได้และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเอทานอลจึงเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง ส่วนบิวทานอลมีข้อดีคือ สามารถจะผสมกับไขมันที่เป็นวัตถุดิบได้ดีกว่า นอกจากนี้การใช้แอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลใหญ่จะมีจุดเดือดสูงกว่าการใช้แอลกอฮอล์โมเลกุลเล็ก ทำให้สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิสูง แต่ใช้ความดันปานกลาง ซึ่งบิวทานอลจะให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงที่สุดตามมาด้วย 1-propanol และเอทานอล ตามลำดับ แม้ว่าการเร่งปฏิกิริยาด้วยเมทานอลจะให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาช้าที่สุดแต่มี 2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเข้ากันได้ของสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยา คือ การเพิ่มความไม่มีขั้ว และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เนื่องจากการเพิ่มของน้ำหนักโมเลกุลของแอลกอฮอล์ ในทางทฤษฎีพบว่าต้องใช้เมทานอล 3 โมลต่อไตรกลีเซอไรด์ 1 โมลเพื่อให้ได้เมทิลเอสเทอร์ 3 โมลและกลีเซอรอล 1 โมล หมายถึง ต้องใช้อัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 3:1 อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้น้ำมันบริสุทธิ์โดยใช้อัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 6:1 จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มากที่สุด ถ้ามีปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วและสมบูรณ์ขึ้นรวมทั้งเกิดเอสเทอร์เพิ่มมากขึ้น แต่

ปฏิกิริยายังเกิดไม่สมบูรณ์เมื่อใช้อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมันสูงกว่าอัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 6:1 นอกจากนี้ยังทำให้การแยกชั้นระหว่างชั้นเอสเทอร์และชั้นน้ำมันมีความลำบาก ใช้น้ำมันและเสียค่าใช้จ่ายในการแยกมากขึ้น สำหรับน้ำมันที่ใช้แล้วพบว่า ต้องใช้อัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 7:1 จะทำให้ได้เอสเทอร์มากที่สุด โดยมากกว่าการใช้น้ำมันบริสุทธิ์ อาจเป็นเพราะน้ำมันที่ใช้แล้วมีความหนืดสูงกว่าทำให้ต้องใช้ปริมาณเมทานอลมากเพื่อไปละลายน้ำมันและทำให้เกิดการสัมผัสกันของน้ำมันและเมทานอล ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาและอัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันมีผลมากกว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ แม้ว่าการใช้แอลกอฮอล์ต่างชนิดกันจะทำให้มีความแตกต่างกันในกลไกการเกิดปฏิกิริยาและปริมาณเอสเทอร์ที่ได้ (Meher, LC., Dharmagadda, VSS., and Naik, SN., 2006)

5.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญในการผลิตไบโอดีเซล การใช้อุณหภูมิสูงในการทำปฏิกิริยาจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น โดยอุณหภูมิสูงจะทำให้การแยกตัวของแต่ละเฟสลดลง ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้นและเพิ่มการเข้ากันได้ของสารตั้งต้นและตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เวลาในการทำปฏิกิริยาลดลง แต่การใช้อุณหภูมิสูงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ลดลงตามไปด้วย นอกจากนี้การใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดสบู่มากขึ้นสำหรับน้ำมันบริสุทธิ์ ส่วนในน้ำมันที่ใช้แล้วการใช้อุณหภูมิสูงจะเพิ่มความหนืดของไบโอดีเซลและมีผลต่อการเกิดสบู่และทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้การละลายของน้ำมันในเมทานอลดีขึ้นและเพิ่มพื้นที่การสัมผัสทำให้เกิดไตรกลีเซอไรด์สูงขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาเกิดดีและเร็วแต่มีผลในการเร่งการเกิดสบู่ด้วย แสดงว่าอุณหภูมิสูงมีผลในทางลบต่อน้ำมันบริสุทธิ์ แต่มีผลทางบวกต่อน้ำมันที่ใช้แล้วเพราะทำให้มีความหนืดมาก ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้จะสัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ ควรหลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิที่มากกว่าจุดเดือดของแอลกอฮอล์เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดสบู่ของกลีเซอไรด์ (Meher, LC., Dharmagadda, VSS., and Naik, SN., 2006)

5.3 เวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันเกิดอย่างสมบูรณ์มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา กล่าวคือ ถ้าใช้อุณหภูมิสูง ระยะเวลาที่ใช้จะน้อย แต่ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำ ระยะเวลาที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์จะใช้เวลานานขึ้น ส่วนกลไกการเกิดปฏิกิริยาพบว่า ถ้าใช้เวลา 15 นาทีในการเกิดปฏิกิริยา ปฏิกิริยาจะเกิดเร็วในช่วง 5 นาทีแรกโดยเกิดเป็นเอสเทอร์ถึง 90 % จากนั้นปฏิกิริยาจะเกิดอย่างช้าๆ จนเกิดสมบูรณ์ที่ 15 นาที และถ้าปล่อยเวลาให้ผ่านไปจนกระทั่งอยู่ในช่วง 15-30 นาทีพบว่าปริมาณเอสเทอร์ที่ได้ไม่เพิ่มขึ้น แต่จะไปลดผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากเวลาที่มากจะทำให้เกิดการไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ ทำให้ปริมาณเอสเทอร์ลดลง มีกรดไขมันเพิ่มและเกิดสบู่ในที่สุด เมื่อเวลาผ่านไปจะเริ่มเห็นสบู่มากขึ้น ดังนั้นต้องควบคุมไม่ให้ใช้น้ำมันเกินไปเนื่องจากจะไปเร่งการเกิดปฏิกิริยาผันกลับ ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ลดลง แต่ความเข้มข้นของเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มการผสมกันของสารตั้งต้นและการกระจายตัวของเมทานอลในน้ำมัน (Attanatho, L., Magmae, S., and Jenvanitpanjakul, P., 2004)

5.4 ความเข้มข้นและชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา

ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาถ้าน้อยเกินไปจะไม่เพียงพอต่อการเร่งปฏิกิริยา แต่ถ้ามากเกินไปจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์น้อยลงเนื่องจากเกิดสบู่ขึ้นแทน ทำให้ความหนืดของสารละลายเพิ่ม ความเข้มข้นของเมทิลเอสเตอร์เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาเนื่องจากการถ่ายเทมวลน้อยของอัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมันในระดับต่ำ แต่ถ้าใช้อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมันสูงจะเพิ่มการสัมผัสของเมทานอลกับน้ำมันมากขึ้น จึงทำให้ความเข้มข้นของเมทิลเอสเตอร์เพิ่มขึ้นด้วย แต่การเพิ่มของเมทานอลที่มากเกินไปจะทำให้เกิดเอสเตอร์เพิ่มและจะไปรบกวนการแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเตอร์กับกลีเซอรินเนื่องจากเมทานอลไปทำให้การละลายของทั้งสองชั้นดีขึ้น นอกจากนี้การเกิดผลิตภัณฑ์ที่ลดลงยังเพิ่มการละลายเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งเป็นการลดการแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเตอร์กับกลีเซอริน อัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณกรดมากขึ้น แต่การใช้กรดมากจะกระตุ้นให้เกิดอีเทอร์จากปฏิกิริยา alcohol degradation มากขึ้น การใช้ด่างมากเกินไปจะทำให้ไตรกลีเซอไรด์เปลี่ยนไปเป็นสบู่ ยิ่งมีด่างมากไตรกลีเซอไรด์ยิ่งเปลี่ยนเป็นสบู่มาก ทำให้เปลี่ยนเป็นเอสเตอร์ได้น้อยลง ตัวอย่างเช่น การลดลงของผลิตภัณฑ์เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ จาก 0.5 เป็น 1.5 เนื่องจากการเกิดสบู่ในปฏิกิริยา การเกิดสบู่จะทำให้เมทิลเอสเตอร์ละลายในชั้นกลีเซอรอล ทำให้การแยกชั้นเมทิลเอสเตอร์กับชั้นกลีเซอรอลทำได้ยากขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลถึงการแยกตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีมากเกินไปและการกำจัดสบู่ที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยามีผลมากกว่าอุณหภูมิ เวลาในการทำปฏิกิริยา และอัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันที่ใช้ (Attanatho, L., Magmee, S., and Jenvanitpanjakul, P., 2004)

5.5 การปั่นกววน

การปั่นกววนมีความสำคัญต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันเนื่องจากการปั่นกววนมีส่วนช่วยในการเริ่มต้นของปฏิกิริยาที่ทำให้น้ำมันกับแอลกอฮอล์และตัวเร่งปฏิกิริยาเริ่มมีการสัมผัสหรือชนกันเป็น เนื่องจากน้ำมันและแอลกอฮอล์ที่ใช้นั้นไม่สามารถรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้ตามธรรมชาติและสารทั้งสองมีความสามารถในการละลายที่แตกต่างกัน ถ้าไม่มีการปั่นกววนปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณรอยต่อของชั้นน้ำมันกับแอลกอฮอล์เท่านั้น ดังนั้นการปั่นกววนจะช่วยทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้มากขึ้นและเร็วขึ้น ยิ่งมีการปั่นกววนมาก ปฏิกิริยาจะเกิดมาก แต่ถ้าการปั่นกววนมากกว่าค่าหนึ่งแล้วก็จะไม่ทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วไปกว่านั้น เนื่องจากค่าๆ นั้นเป็นค่าการสัมผัสของน้ำมันกับแอลกอฮอล์และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มากที่สุด (Rashid, U., and Anwar, F., 2008)

6. คุณสมบัติและคุณภาพของไบโอดีเซล

สำหรับมาตรฐานของไบโอดีเซลแบ่งเป็น 2 มาตรฐานคือ มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา ASTM D6751 และมาตรฐานของยุโรป EN 14214 มาตรฐานทั้งสองมีค่าที่แตกต่างกัน แต่สำหรับการนำไบโอดีเซลไปใช้ในทางการค้ามันจะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ การใช้ไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ และการใช้ไบโอดีเซลแทนน้ำมันดีเซล ไบโอดีเซลที่ใช้ในทางการค้ามีอยู่หลายชนิดโดยใช้สัญลักษณ์ B หมายถึง ไบโอดีเซล

ดีเซล ส่วนตัวเลขที่ต่อท้ายคือ สัดส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลที่มีการผสมลงไป ในน้ำมันดีเซล ได้แก่ B5, B20 และ B100 ตัวอย่างเช่น ไบโอดีเซล B5 หมายถึง การผสมไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีไบโอดีเซล 5 % ส่วนที่เหลืออีก 95 % เป็นน้ำมันดีเซล ไบโอดีเซล B20 มีการใช้งานในประเทศในทวีปยุโรป ได้แก่ ประเทศเยอรมัน (Ozsezen, AN., Canakci, M., and Sayin, C., 2008) สำหรับประเทศไทย การกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลถูกกำหนดโดยกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน โดยมีมาตรฐาน 3 ฉบับด้วยกันคือ มาตรฐานไบโอดีเซล B100 มาตรฐานไบโอดีเซล B5 สำหรับขายเชิงพาณิชย์และมาตรฐาน B100 สำหรับไบโอดีเซลชุมชน B100 ถูกกำหนดให้เป็นเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันที่ต้องทำจากเมทานอลที่มีข้อกำหนด 23 รายการ เช่น ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ ความหนืดที่อุณหภูมิมาตรฐาน อุณหภูมิจุดวาบไฟ ค่าสมบัติการป้องกันการน็อกของเครื่องยนต์และปริมาณร้อยละของน้ำ ส่วนไบโอดีเซล B5 มีข้อกำหนดเหมือนน้ำมันดีเซลทุกประการ ยกเว้นสีของน้ำมันที่เป็นสีน้ำเงิน ส่วนไบโอดีเซล B100 สำหรับคุณภาพของไบโอดีเซลชุมชนนั้นมีสมบัติใกล้เคียงกับไบโอดีเซล B100 แต่มีข้อกำหนดเพียง 12 รายการและน้ำมันต้องมีสีม่วง (อนุชาพร ม่วงขวา และ ชัยชาญ ฤทธิกริกไกร, 2550)

ไบโอดีเซลมีความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลคือ ไบโอดีเซลมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.88 ขณะที่น้ำมันดีเซลมีความถ่วงจำเพาะ 0.85 ส่วนความหนาแน่นพบว่า ไบโอดีเซลมีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซล 2-7 % ไบโอดีเซลที่ผลิตจาก methyl \equiv 2-propyl > ethyl > butyl esters ค่าความหนืดเชิงโคเนติกส์ตามวิธี ASTM D 6751 กำหนดให้ความหนืดของไบโอดีเซลที่อุณหภูมิ 40°C อยู่ในช่วง 1.9-6.0 mm²/s โดยความหนืดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนืดลดลงและผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเทอร์เพิ่ม แต่ความหนืดของไบโอดีเซลมีค่าเป็นสองเท่าของน้ำมันดีเซล D2 ซึ่งความหนืดที่สูงของไบโอดีเซลสามารถลดการสูญเสียน้ำมัน ได้ ค่าดัชนีซีเทน (cetane number) แสดงถึงการควบคุมการเผาไหม้ที่ดี มีผลต่อการปล่อยก๊าซพิษที่จะลดลง รวมทั้งมีส่วนเกี่ยวกับการติดของเครื่องยนต์ในอุณหภูมิที่เย็น (cold start) ซึ่งตามมาตรฐาน ASTM D 6751 มีดัชนีซีเทนอยู่ในช่วง 48-60 ขึ้นอยู่กับปริมาณของสายโซ่คาร์บอน ค่านี้จะมากกว่าค่าที่ได้จากน้ำมันพืชบริสุทธิ์และมากกว่ามาตรฐาน ASTM D975 ของน้ำมันดีเซล (Rashid, U., and Anwar, F., 2008; Demirbas, A., 2003)

เมื่อพิจารณาถึงจุดวาบไฟและค่าการเผาไหม้ของไบโอดีเซล พบว่ามีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซล D2 ค่าพารามิเตอร์นี้แสดงถึงการจัดการ การเก็บและความปลอดภัยของการเก็บน้ำมันและการติดไฟของน้ำมัน ถ้าค่าทั้งสองนี้สูงหมายถึง สามารถช่วยลดอันตรายที่จะเกิดขึ้นได้ การใช้ไขมันสัตว์ในการผลิตไบโอดีเซลพบว่าจุดวาบไฟน้อยกว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันพืช แต่ถ้าไปดูมาตรฐานของ ASTM จะพบว่าจุดวาบไฟของไบโอดีเซลสูงกว่ามาตรฐานของน้ำมันดีเซล ปริมาณน้ำในน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลมีค่าน้อยกว่า 0.05 การมีน้ำในไบโอดีเซลมากจะทำให้มีโอกาสเกิดเชื้อราได้ ปริมาณออกซิเจนในไบโอดีเซลทำให้มีการเผาไหม้ที่ดีกว่าน้ำมันดีเซล เสียงของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลจะดังน้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซล ความคงทนของการเผาไหม้ของไบโอดีเซลที่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลแสดงว่าออกซิเจนจะช่วยเรื่องการเพิ่มอัตราการให้ความร้อนสูงสุด ส่วนค่าปริมาณกำมะถัน ปริมาณไฮโดรเจนและปริมาณคาร์บอนจะกำหนดไว้ในมาตรฐาน (Rashid, U., and

Anwar, F., 2008; Ozsezen, AN., Canakci, M., and Sayin, C., 2008) คุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลตามมาตรฐาน ASTM ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลตามมาตรฐาน ASTM

	น้ำมันดีเซล ASTM D975	ไบโอดีเซล ASTM D6751
องค์ประกอบ	ไฮโดรคาร์บอน(C10-C21)	เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน
ความหนืด (mm ² /s)	1.9-4.1 ที่ 40°C	1.9-6.0 ที่ 40°C
ความถ่วงจำเพาะ	0.85	0.88
จุดวาบไฟ(°C)	60-80	100-170
ปริมาณน้ำ (%)	0.05	0.05
ปริมาณคาร์บอน(%)	87	77
ปริมาณไฮโดรเจน(%)	13	12
ปริมาณออกซิเจน(%)	0	11
ปริมาณกำมะถัน(%)	0.05	0.05
ดัชนีซีเทน	40-55	48-60

ที่มา : Lotero E., et al. (2005)

สมบัติการไหลในสถานะที่เย็น (cold flow) เป็นตัวบ่งบอกถึงการนำไปใช้ในทางการค้า สมบัติที่สำคัญของการไหลในสถานะเย็นของไบโอดีเซลคือ ค่าจุดขุ่นและค่าจุดไหลเท ASTM D 6751 ไม่มีการกำหนดมาตรฐานไว้ เช่นเดียวกับค่าการอุดตันที่อุณหภูมิต่ำ (cold filter plugging point : CFPP) ค่าทั้งสามนี้รายงานเป็นอุณหภูมิ ซึ่งต้องมีค่าน้อยเพื่อให้ไบโอดีเซลสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิต่ำ โดยค่าทั้งสามนี้ของไบโอดีเซลจะสูงกว่าน้ำมันดีเซล เมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มไบโอดีเซลด้วยกันพบว่าค่า CFPP ของไบโอดีเซลจากน้ำมันหมู่วัว และไก่สูงกว่าน้ำมันถั่วเหลือง อาจเนื่องมาจากในไขมันสัตว์มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าน้ำมันถั่วเหลือง เนื่องจากกรดไขมันอิ่มตัวจะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนเท่ากัน ทำให้เกิดเป็นแอลคิลเอสเทอร์ที่อิ่มตัว ขณะที่การใช้ไขมันพืชในการผลิตไบโอดีเซล ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดโอเลอิกและลิโนเลอิกที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว การมีโซ่ยาวที่ไม่อิ่มตัวของแอลคิลเอสเทอร์จะส่งผลดีต่อลักษณะการไหลในที่เย็นของไบโอดีเซล และการมีพันธะคู่หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากจะทำให้จุดเดือดของไบโอดีเซลต่ำลง นอกจากนี้พบว่าเมทิลเอสเทอร์และเอทิลเอสเทอร์ที่เตรียมจากน้ำมันพืชมีคุณสมบัติของจุดขุ่น จุดไหลเทที่เหมือนกัน การอุดตันที่อุณหภูมิต่ำอาจเป็นปัญหาสำหรับการสตาร์ทเครื่องในภาวะ

อากาศเย็นเนื่องจากจะทำให้มอเตอร์ไม่ทำงาน อากาศเย็นจะทำให้มีความหนืดสูงจนกลายเป็นของแข็ง ปัญหาที่สามารถแก้ไขได้โดยใส่สารเติมแต่งลงไปเพื่อเพิ่มการไหลของไบโอดีเซลที่อุณหภูมิต่ำ ค่าความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชัน (oxidation stability) เป็นการวัดการทนทานต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวและตำแหน่งของพันธะคู่ และการมี antioxidant หรือ pro-oxidant จากการทดสอบพบว่าค่าความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้น (Wyatt, VT., et al., 2005)

การผสมไบโอดีเซลลงในน้ำมันดีเซลจะช่วยทำให้ค่าแรงบิดในการเบรก (brake torque) และกำลังเพลลา (brake power) รวมทั้งประสิทธิภาพเชิงความร้อนเมื่อเบรก (brake thermal efficiency) ลดลง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเมื่อเบรก แสดงถึงความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานทางเคมีของน้ำมันไปเป็นงานที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยทำให้การล่าช้าของการจุดระเบิด (ignition delay) ลดลง ค่า ignition delay คือ เวลานั้นจากการเริ่มการฉีดน้ำมันไปจนถึงเริ่มมีการเผาไหม้ ค่า ignition delay ของน้ำมันทุกชนิดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วของเครื่องยนต์และการใช้ไบโอดีเซลจะช่วยลดเสียงของเครื่องยนต์ การผสมไบโอดีเซลลงในน้ำมันดีเซลจะทำให้ค่าอัตราการใช้น้ำมันเมื่อเบรก (brake specific fuel consumption) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้กระบวนการเผาไหม้และเวลาในการจ่ายน้ำมันเกิดขึ้นได้เร็วกว่า การเพิ่มสัดส่วนของไบโอดีเซลจะทำให้อุณหภูมิที่ปลายท่อ (exhaust gas temperature) และผลของการน็อกของเครื่องยนต์เกิดขึ้นได้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ซึ่งค่า exhaust gas temperature เป็นตัวชี้ถึงประสิทธิภาพในการใช้พลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง (Ozsezen, AN., Canakci, M., and Sayin, C., 2008)

7. ข้อดีและข้อเสียของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลมีที่มาจากพืชหรือสัตว์ สามารถผลิตทดแทนได้ ไม่มีวันหมด ย่อยสลายได้เอง ไม่มีพิษ ขณะที่น้ำมันดีเซลผลิตได้จากปิโตรเลียมและนับวันมีแต่จะใช้หมดไปและไม่สามารถสร้างมาทดแทนใหม่ได้ นอกจากนี้วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลอาจเป็นสิ่งที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น น้ำมันที่ใช้แล้วหรือเศษไขมันสัตว์ แต่เมื่อพิจารณาจะพบว่าการใช้พืชที่สามารถสกัดน้ำมัน เช่น ถั่วเหลืองและปาล์มในการผลิตไบโอดีเซลมีข้อดีคือ ทำให้ราคาของพืชชนิดนั้นสูงขึ้นและเกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น ลดการพึ่งพาน้ำมันที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ และเป็นอีกทางเลือกของเกษตรกรที่นิยมหันมาปลูกพืชพลังงานมากขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการปลูกพืชพลังงานมากเกินไป จะทำให้พื้นที่ในการปลูกพืชที่ใช้เป็นอาหารลดลง เช่น ข้าว จะทำให้สถานการณ์ของพืชอาหารเกิดความวิกฤต ดังนั้นในการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกจำเป็นต้องให้มีความสมดุลกันระหว่างพืชพลังงานและพืชที่ใช้เป็นอาหาร เพื่อให้โลกมีความสมดุลทั้งสองด้านและสร้างความมั่นคงทางพลังงานให้กับประเทศที่ไม่สามารถผลิตเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ (อนุชา พรหมวังขวา และ ชัยชาญ ฤทธิกริกไกร, 2550)

7.1 ข้อดีของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลช่วยลดการปลดปล่อยของเสียที่ปลายท่อไอเสีย เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนและกลิ่น รวมทั้งกำมะถันและสารอะโรมาติกส์ มีไฮโดรคาร์บอนสายสั้นและออกซิเจนสูง ทำให้ไม่มีเขม่าหรือควันดำออกมาเนื่องจากการมีเขม่าจะทำให้เครื่องยนต์เสื่อมสภาพและชำรุดได้ง่ายและที่สำคัญคือ ไม่มีมลพิษจากก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ออกสู่บรรยากาศและไม่ไปทำลายสภาพแวดล้อมของโลก เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศถูกดูดเข้ามาในพืชเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง จะเห็นได้ว่าไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ และเมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์พบว่าสามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์ดีเซลแบบเดิมได้ นอกจากนี้การใช้ไบโอดีเซลยังมีข้อดีกว่าการใช้น้ำมันดีเซลคือไบโอดีเซลมีค่าจุดวาบไฟมากกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้มีความปลอดภัยในการทำงาน รวมทั้งไบโอดีเซลมีค่าการหล่อลื่นสูงซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์อายุยืนยาวขึ้นและลดความถี่ในการเปลี่ยนอะไหล่เครื่องยนต์ (Agarwal, D., Sinha, S., and Agarwal, AK., 2006; Lotero, E., et al., 2005)

7.2 ข้อเสียของไบโอดีเซล

การใช้ไบโอดีเซลจะเพิ่มการปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ออกสู่บรรยากาศโลก ตัวอย่างเช่น น้ำมันไบโอดีเซลจากถั่วเหลืองจะปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เพิ่มขึ้น 12% เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล ส่วนไบโอดีเซล B20 (ไบโอดีเซล 20% น้ำมันดีเซล 80%) จะปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เพิ่มขึ้น 2-4 % เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล ดังนั้นการสร้างกฎเกณฑ์หรือข้อบังคับที่เข้มงวดในการใช้ไบโอดีเซลจึงมีความจำเป็นแม้ว่าการปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จะมีปริมาณเล็กน้อยก็ตาม การใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์อะไรเพิ่ม แต่เพื่อเป็นการลดการปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จึงมีการใช้ระบบหมุนเวียนก๊าซเสีย (exhaust gas recirculation :EGR) EGR เป็นเทคนิคในการลดการปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จากเครื่องยนต์ดีเซล โดยนำ CO₂และไอน้ำมาใช้แทนที่ออกซิเจนและไนโตรเจนจากอากาศในการเผาไหม้ที่ห้องเผาไหม้ การหมุนเวียนเอาก๊าซเสียเข้าเครื่องยนต์เพื่อเพิ่มค่าทางความร้อนจำเพาะของสารผสมและลดปริมาณออกซิเจนในของผสม ปัจจัยทั้งสองนี้ช่วยลดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์แต่จะไปช่วยเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน ผุ่นละออง และค่าการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะ นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณควัน และความคงทนของเครื่องยนต์ไบโอดีเซลและมีโอกาสที่จะเกิดการออกซิเดชันมากกว่าน้ำมันปิโตรเลียม ทำให้น้ำมันเป็นกรด และเกิดการตกตะกอน อัตราการเกิดออกซิเดชันขึ้นกับโครงสร้างของไฮโดรคาร์บอน ความเข้มข้นของ heteroatom ชนิดของ heteroatom ความเข้มข้นของออกซิเจนและเวลา (Agarwal, D., Sinha, S., and Agarwal, AK., 2006) สำหรับข้อเสียที่ต้องมีการพิจารณาอีกประการหนึ่งคือ การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันอาจจะทำให้เกิดสารพิษที่สามารถปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้หากในกระบวนการผลิตไม่มีขั้นตอนการกำจัดที่มีประสิทธิภาพ เช่น สารเคมีจำพวกกรดหรือด่างที่ใช้ (ตัวเร่งปฏิกิริยา) รวมทั้งสารเคมีที่ใช้ในการแยกไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์ ข้อดีและข้อเสียของการใช้ไบโอดีเซลแสดงไว้ในตารางที่ 2 (อนุชา พรหมวังขวา และ ชัยชาญ ฤทธิเกริกไกร, 2550)

