บทที่ 2
ไบโอดีเซล

2.1 ไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลเป็นแหล่งพลังงานทดแทนประเภทพลังงานหมุนเวียนที่ได้รับความสนใจเป็นอันมาก เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถผลิตได้เองภายในประเทศ โดยเฉพาะในช่วงปีที่ผ่านมาเนื่องจากราคาน้ำมันปรับสูงขึ้นเป็นประวัติการณ์ ทำให้เกิดความตื่นตัวและแสวงหาแหล่งพลังงานทางเลือกเพื่อลดปัญหาด้านราคาพลังงาน และนอกจากนั้นการใช้ไบโอดีเซล ยังเป็นการแก้ปัญหาราคาผลผลิตตกต่ำให้กับเกษตรกรผู้ปลูกพืชน้ำมันได้อีกด้วย โดยในรัฐบาลชุดที่ผ่านมาได้กำหนดเป็นนโยบายระยะยาว ในการส่งเสริมให้มีการผลิตและใช้ไบโอดีเซลทั้งระบบ ตั้งแต่การส่งเสริมการปลูกพืชน้ำมันเพื่อใช้สำหรับการผลิต ต่อเนื่องไปจนถึงการกำหนดให้การใช้น้ำมันดีเซลภายในประเทศเป็นน้ำมันไบโอดีเซลบี10 (BX เป็นการผสมน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ โดย X แทนจำนวนเปอร์เซ็นต์ของไบโอดีเซลเช่น B10 คือน้ำมันดีเซลที่ผสมไบโอดีเซล 10 เปอร์เซ็นต์) ทั้งหมดภายในปี พ.ศ. 2555 [1] แต่ในปัจจุบันการปรับตัวลดลงของราคาน้ำมัน รวมทั้งการปรับตัวสูงขึ้นของวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซลเป็นเหตุให้ราคาของไบโอดีเซลในตลาดมีราคาสูงใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ทำให้การใช้งานไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์ไม่แพร่หลายเท่าที่ควร

2.1.1 ความหมายของไบโอดีเซล

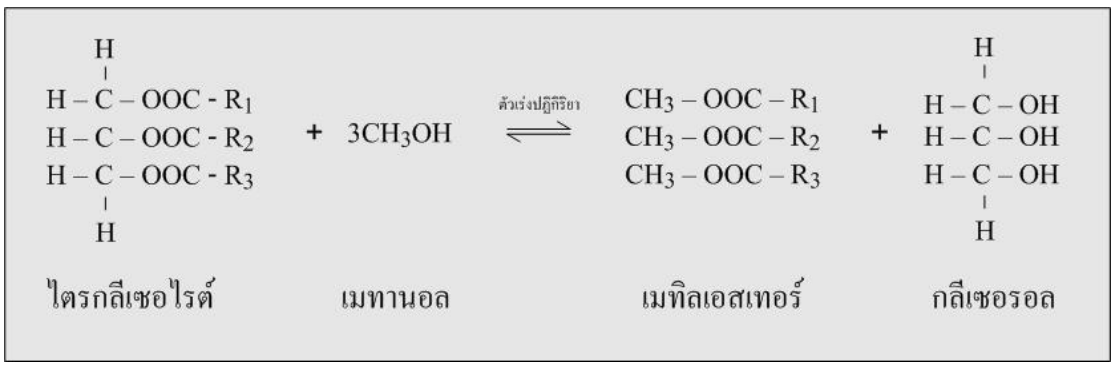
ไบโอดีเซลคือพลังงานทดแทนประเภทพลังงานหมุนเวียนที่ใช้ทดแทนการใช้น้ำมันดีเซล โดยเป็นน้ำมันที่ได้จากน้ำมันพืชหรือน้ำมันจากสัตว์นำมาผ่านกระบวนการที่เหมาะสมเพื่อปรับสภาพให้เหมาะกับการใช้งาน ในเครื่องยนต์ดีเซลเช่นความหนืดและเสถียรภาพของน้ำมันเป็นต้น[2] โดยคณะกรรมการพลังงานแห่งชาติได้มีการกำหนดความหมายของไบโอดีเซลไว้ว่า ไบโอดีเซล คือ น้ำมันสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชหรือไขมันจากสัตว์ซึ่งถูกแปรสภาพเป็น เมธิลเอสเตอร์(Methyl Ester) หรือ เอธิลเอสเตอร์(Ethyl ester) [3] [4] ส่วนการใช้น้ำมันพืชผสมกับน้ำมันดีเซลโดยตรงนั้น เรียกว่าน้ำมัน ดีเซลปาล์ม หรือ ดีเซลมะพร้าว ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันพืชที่นำมาผสม โดยความหมายของไบโอดีเซลในทางสากลจะมีความหมายเช่นเดียวกันคือน้ำมันจากพืชหรือสัตว์ที่ผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อเปลี่ยนสภาพเป็นเอสเตอร์ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล สามารถนำไปใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลได้ทันทีโดยไม่ต้องทำการปรับแต่งเครื่องยนต์

โดยปกติน้ำมันพืชสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ แต่เนื่องจากมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันของน้ำมันเช่นความหนืด จุดหมอก ฯลฯ ทำให้เกิดปัญหาในการใช้งาน โดยลักษณะการใช้งานน้ำมันดังกล่าวกับเครื่องยนต์ดีเซล แบ่งได้สามประเภทคือ

- การใช้น้ำมันกับเครื่องยนต์โดยตรง เป็นวิธีที่ไม่ค่อยได้รับความนิยมเนื่องจากคุณสมบัติที่แตกต่างกันของน้ำมันทำให้เกิดปัญหากับเครื่องยนต์
- การนำน้ำมันไปผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ เช่น น้ำมันดีเซลมะพร้าวที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นการลดปัญหา จากความแตกต่างในด้านคุณสมบัติของน้ำมัน แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้ทั้งหมดทำให้ยังเกิดปัญหากับเครื่องยนต์เช่นกัน
- การนำน้ำมันไปผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification) เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันไปเป็น เอสเตอร์ (Ester) ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล สามารถนำไปใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ทันทีโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหากับเครื่องยนต์ ซึ่งไบโอดีเซลประเภทนี้เป็นประเภทที่มีการผลิตและใช้ในเชิงพาณิชย์

2.1.2 กระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน

เป็นกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันพืช โดยไตรกลีเซอร์ไรด์ (Tryglycerride) จากน้ำมันพืชหรือสัตว์ ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์(เมทานอล หรือ เอทานอล) โดยใช้กรดหรือ ด่าง เช่นโซเดียมไฮดรอกไซด์(Sodium Hydroxide) หรือโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์(Potassium Hydroxide)เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดเป็นเอสเตอร์ [4] [5] ซึ่งก็คือไบโอดีเซลนั่นเอง โดยสมการเคมีของกระบวนการดังกล่าวแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สมการเคมีของการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน [5]

ในกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน มีปัจจัยที่สำคัญที่มีผลกระทบในการเกิดปฏิกิริยาดังนี้ [6]

- อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา โดยอุณหภูมิของกระบวนการทำปฏิกิริยามีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นอย่างมาก โดยหากมีเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ยาวนานพอปฏิกิริยาสามารถเกิดได้ในอุณหภูมิห้อง แต่โดยทั่วไปเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้นมักควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียสแต่ทั้งนี้ต้องไม่เกินจุดเดือดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ทำปฏิกิริยา

- อัตราส่วนของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมัน ซึ่งตามมวลสารสัมพันธ์ต้องการโมลของแอลกอฮอล์ 3 โมล ต่อ 1 โมลของ ไตรกลีเซอไรด์ จะได้ 3 โมลของเอสเตอร์และ 1 โมลของกลีเซอรีน หากต้องการเพิ่มปฏิกิริยาให้มากขึ้นอาจใช้แอลกอฮอล์มากขึ้น โดยทั่วไปจะใช้อัตราส่วนโดยโมลของของเมทานอลต่อน้ำมันพืชเป็น 6 : 1 ทำให้ได้เมทิลเอสเตอร์มากกว่า 98 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
- ชนิดและความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการทรานส์-เอสเทอริฟิเคชัน มีทั้งการใช้ ด่าง, กรด และเอนไซม์ ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้ด่างในการเร่งปฏิกิริยาเนื่องจากให้ผลในการเร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแบบกรด และยังมีการกัดกร่อนเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์น้อยกว่ากรด ความเข้มข้นของกรดที่ใช้อยู่ในช่วง 0.1 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
- ความบริสุทธิ์ของสารตั้งต้น ทั้งในส่วนของน้ำมัน หรือแอลกอฮอล์ที่ใช้ ล้วนมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เช่นปริมาณของกรดไขมันอิสระในน้ำมัน หรือปริมาณน้ำที่เจือปนอยู่เป็นต้น
- การผสม ขั้นตอนการผสมแอลกอฮอล์กับน้ำมันที่ใช้ ในกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเค-ชัน เป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากมีการแยกชั้นกันจากการไม่สามารถละลายเข้ากันได้ ปฏิกิริยาส่วนใหญ่เกิดขึ้นได้จากการสัมผัสกันของสารทั้งสอง ดังนั้นวิธีการผสมจึงมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ในกระบวนการผลิตขนาดใหญ่การออกแบบการผสมจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก

จากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันดังกล่าว แยกได้เป็นสองส่วน คือส่วนแรกเป็นส่วนของวัตถุดิบและสารเคมี และส่วนที่สองคือวิธีการผสมในกระบวนการผลิต ซึ่งในส่วนแรกสามารถปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขได้ในทันที่โดยไม่ยุ่งยาก แต่ในส่วนที่สองนั้นหากวิธีการที่ออกแบบไว้ไม่ดีเท่าทีควร การทำการแก้ไขหรือปรับปรุงจะทำได้ยาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิธีการผสมที่มีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งสามารถปรับปรุงหรือแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้โดยง่าย

2.2 กระบวนการผลิตไบโอดีเซล

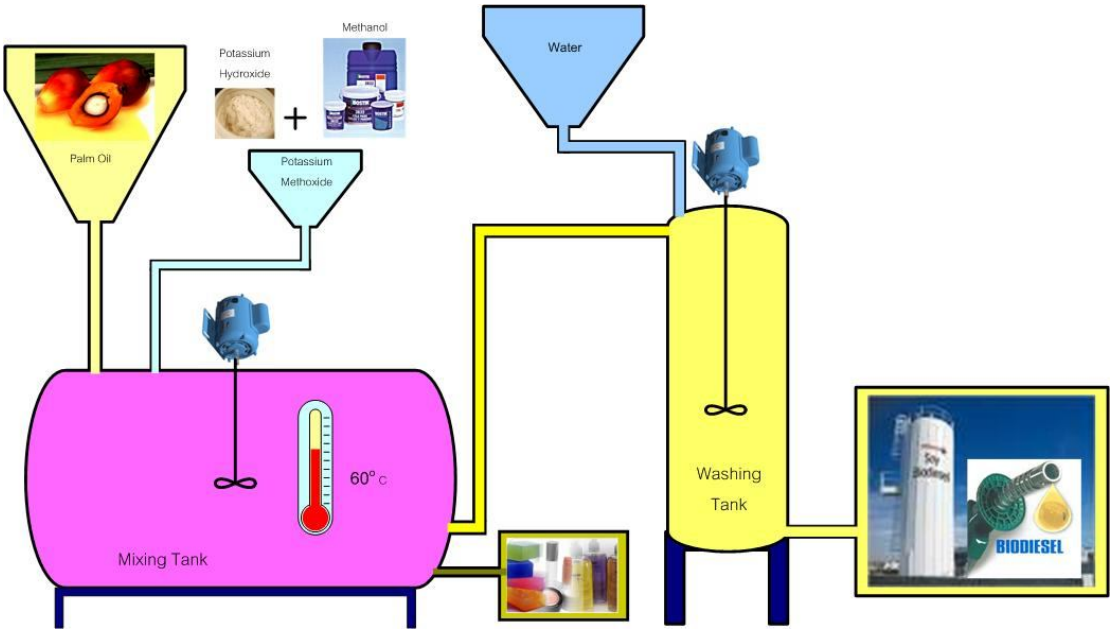
กระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม สามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท[6] คือ

2.2.1 การผลิตแบบกะ (Batch Process)

โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดกลาง รวมถึงการผลิตของกลุ่มเกษตรกรและชุมชนขนาดเล็กจะใช้การผลิตแบบกะเนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ราคาไม่สูง มีความยืดหยุ่นสูงเมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงสารตั้งต้นในกระบวนการผลิต แต่มีข้อเสียคืออาจมีปัญหาด้านการควบคุมความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์

2.2.2 การผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Process)

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนากระบวนการผลิต ให้เป็นแบบต่อเนื่องทำให้สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความสม่ำเสมอ และมีอัตราการผลิตในปริมาณที่สูงมากโดยเป็นระบบที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตขนาดใหญ่ ที่ต้องการกำลังผลิตสูง แต่เนื่องจากการผลิตแบบนี้ใช้เทคโนโลยีที่สูงและมีความซับซ้อนจึงมีราคาที่สูงตามไปด้วย กระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยวิธีทรานส์เอส-เทอริฟิเคชันแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

จากรูปที่ 2.2 แสดงการผลิตไบโอดีเซลโดยทำการผสม เมทานอล(แอลกอฮอล์) กับ โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดด่าง) หลังจากนั้นจึงนำของผสมที่ได้ มาทำการผสมกับน้ำมัน(น้ำมันปาล์ม) โดยให้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียสเพื่อเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น เมื่อผสมจนทำปฏิกิริยาแล้วและทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นกันระหว่างเอสเตอร์และกลีเซอรีน โดยเอสเตอร์ที่ได้เมื่อนำไปผ่านกระบวนการล้างเพื่อกำจัดตัวเร่งปฏิกิริยาและ แอลกอฮอล์ ที่ตกค้างอยู่ในเอสเตอร์ และผ่านกระบวนการทำให้แห้งแล้วสามารถนำเอสเตอร์ที่ได้ ไปใช้งานแทนน้ำมันดีเซลที่ได้จากปิโตรเลียมได้ทันที ส่วนกลีเซอรีนที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันนั้น เมื่อนำไปผ่านกระบวนการแยกแอลกอฮอล์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และทำให้บริสุทธิ์แล้วสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารและยา ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าสูงได้ต่อไป

2.3 มาตรฐานไบโอดีเซล

มาตรฐานของไบโอดีเซลในประเทศไทยนั้นกรมธุรกิจพลังงานได้ออกประกาศเรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2548 เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเชิงพาณิชย์ และสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภค โดยกำหนดมาตรฐานไว้ดังนี้ [8]

ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดมาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซล[8]

รายการ	ข้อกำหนด		อัตราสูงต่ำ		วิธีทดสอบ
1	เมทิลเอสเตอร์ (Methyl Ester,	*ร้อยละโดยน้ำหนัก % wt.*)	ไม่ต่ำกว่า	96.5	EN 14103
2	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 150 °ซ (Density at 150 ?C ,	*กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร kg/m*^{3})	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	860 900	ASTM D 1298
3	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °ซ (Viscosity at 40 ?C,	*เซนติสโตกส์ cSt)*	ไม่ต่ำกว่า และ ไม่สูงกว่า	3.5 5.0	ASTM D 445
4	จุดวาบไฟ (Flash Point ,	*องศาเซลเซียส ?C*)	ไม่ต่ำกว่า	120	ASTM D 93
5	กำมะถัน (Sulphur,	*ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)*	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTM D 2622
6	กากถ่าน (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น) (Carbon Residue , on 10 % distillation residue ,	*ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.*)	ไม่สูงกว่า	0.30	ASTM D 4530
7	จำนวนซีเทน (Cetane Number)		ไม่ต่ำกว่า	51	ASTM D 613
8	เถ้าซัลเฟต (Sulfated Ash,	*ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.*)	ไม่สูงกว่า	0.02	ASTM D 874
9	น้ำ (Water,	*ร้อยละ โดยน้ำหนัก %wt.)*	ไม่สูงกว่า	0.050	EN ISO 12937

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

รายการ	ข้อกำหนด		อัตราสูงต่ำ		วิธีทดสอบ
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (Total Contaminate,	*ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)*	ไม่สูงกว่า	0.0024	EN 12662
11	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง (Copper Strip Corrosion)		ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	ASTM D 130
12	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันณ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส (Oxidation Stability at 110 ?C ,	*ชั่วโมง hours)*	ไม่ต่ำกว่า	6	EN 14112
13	ค่าความเป็นกรด (Acid Value ,	*มิลลิกรัมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม mg KOH/g)*	ไม่สูงกว่า	0.50	ASTM D 664
14	ค่าไอโอดีน (Iodine Value ,	*กรัมไอโอดีน/100 กรัม g Iodine/100 g*)	ไม่สูงกว่า	120	EN 14111
15	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเตอร์ (Linolenic Acid Methyl Ester,	*ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.*)	ไม่สูงกว่า	12.0	EN 14103
16	เมทานอล (Methanol,	*ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)*	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14110
17	โมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride,	*ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.*)	ไม่สูงกว่า	0.80	EN 14105
18	ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride,	*ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.*)	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
19	ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride,	*ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.)*	ไม่สูงกว่า	0.20	EN 14105
20	กลีเซอรีนอิสระ (Free glycerin,	*ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt)*	ไม่สูงกว่า	0.02	EN 14105
21	กลีเซอรีนทั้งหมด (Total glycerin,	*ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.*)	ไม่สูงกว่า	0.25	EN 14105

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

รายการ	ข้อกำหนด	อัตราสูงต่ำ		วิธีทดสอบ
22	โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียม และโปแตสเซียม) (Group I metals (Na+K)	*มิลลิกรัม/กิโลกรัม mg/kg*)	ไม่สูงกว่า	5.0	EN 14108 และ EN 14109
	โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียม และแมกนีเซียม) (Group II metals (Ca+Mg)	*มิลลิกรัม/กิโลกรัม mg/kg)*	ไม่สูงกว่า	5.0	prEN 14538
23	ฟอสฟอรัส (Phosphorus, | *ร้อยละโดยน้ำหนัก %wt.*)	ไม่สูงกว่า	0.0010	ASTM D 4951
24	สารเติมแต่ง (ถ้ามี) (Additive)		ให้เป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน (ดูในภาคผนวก ก.)		

<u>หมายเหตุ 1</u> / วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละเอียดแนบท้ายนี้

ที่มา : ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน พ.ศ.2548

โดยข้อกำหนดคุณสมบัติที่สำคัญสามารถอธิบายได้ดังนี้ [6]

ความหนืด (Viscosity) เป็นค่าที่แสดงความต้านทานการไหลของของเหลวโดยที่ของเหลวมีความหนืดน้อยจะไหลได้ง่าย ความหนืดมีผลต่อระบบการฉีดน้ำมัน และการหล่อลื่นปั๊มเชื้อเพลิงแรงดันสูง หากน้ำมันมีความหนืดมากจะไม่สามารถฉีดให้กระจายเป็นฝอยได้ดี แต่หากมีความหนืดน้อยเกินไปจะมีผลต่อการหล่อลื่น

จุดวาบไฟ (Flash point) คืออุณหภูมิที่น้ำมันได้รับความร้อนจนเป็นไอผสมกับอากาศและเมื่อไอนี้ถูกเปลวไฟจะเกิดการลุกวาบขึ้น ดังนั้นน้ำมันที่มีจุดวาบไฟต่ำต้องมีการดูแลอย่างระมัดระวัง

กำมะถัน ในน้ำมันดีเซลจะมีสารประกอบของกำมะถันเช่นไดซัลไฟด์ ซึ่งเมื่อผ่านการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จะกลายเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำหรือความชื้นจะกลายเป็นกรดกำมะถันและกัดกร่อนชิ้นส่วนของเครื่องยนต์

จำนวนซีเทน (Cetane number) เป็นค่าแสดงถึงประสิทธิภาพในการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง หากค่าซีเทนยิ่งสูงมากเท่าใดความเร็วในการจุดระเบิดจะมากตามไปด้วยทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้

ในการจุดระเบิดในห้องเผาไหม้น้อยลงไปด้วย สามารถควบคุมการเผาไหม้ได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เนื่องจากมีความล่าช้าในการจุดระเบิดน้อยลง

สำหรับประกาศกรมธุรกิจพลังงานประกาศเรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2548 ดูเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ก. บทต่อไปกล่าวถึงทฤษฎีและวงจรที่ใช้สร้างสัญญาณอลวนเพื่อใช้ในการปั่นผสมสารตั้งต้น ดังที่ได้กล่าวแล้วในบทนี้