บทที่ 3
ไบโอดีเซล

3.1 ไบโอดีเซล

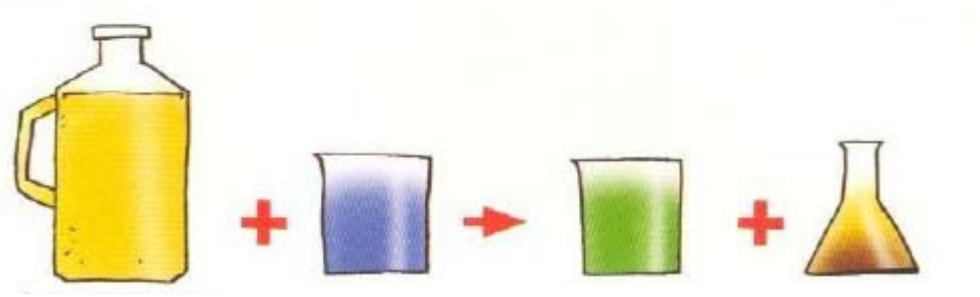
ไบโอดีเซล เป็นชื่อเรียกที่หมายถึงเชื้อเพลิงที่ผลิตจากน้ำมันพืช ซึ่งเป็นพืชผลจากเกษตรกรรม หรือไขมันสัตว์ โดยผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างไขมันให้เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว และสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องยนต์

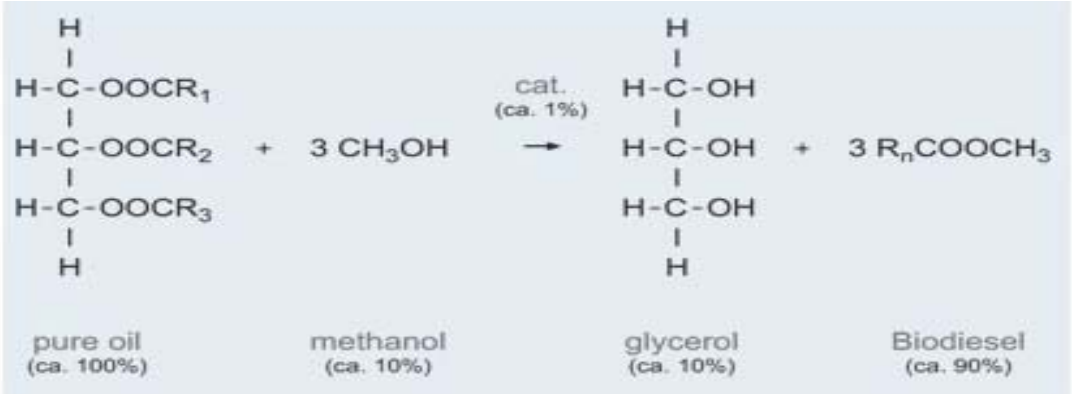
ไบโอดีเซลเป็นสารเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาทางเคมี ระหว่างน้ำมันพืชหรือน้ำมัน/ไขมันสัตว์ กับแอลกอฮอล์ (ภาพที่ 3-1) การเรียกชื่อสารเอสเทอร์ที่ได้จะขึ้นอยู่กับชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น เมื่อใช้แอลกอฮอล์ประเภทเมทานอลจะเรียกสารที่ได้ว่า เมทิลเอสเทอร์ และเมื่อใช้เอทานอลในการทำปฏิกิริยาจะเรียกสารที่ได้ว่า เอทิลเอสเทอร์ อย่างไรก็ตาม ไบโอดีเซลเป็นคำรวมที่ใช้เรียกสารเอสเทอร์เหล่านี้ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนจากพืช ซึ่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงล้วน ๆ หรือใช้ผสมกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลก็ได้ โดยที่อัตราการผสมสามารถใช้ผสมได้ตั้งแต่อัตราส่วนร้อยละ 5 ขึ้นไป โดยทั่วไปแล้วไบโอดีเซลล้วน ๆ ที่ไม่ทำการผสมกับน้ำมันดีเซล มีชื่อเรียกว่า B100 สำหรับไบโอดีเซลที่มีผสมกับน้ำมันดีเซลจะเรียกชื่อตามอัตราส่วนโดยปริมาตรของการผสม เช่น เชื้อเพลิงที่มีไบโอดีเซลร้อยละ 20 ผสมกับน้ำมันดีเซลร้อยละ 80 โดยปริมาตรเรียกว่า B20 เป็นต้น ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืช/ไขมันสัตว์นี้เป็นเชื้อเพลิงสะอาด ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม สามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ และไอเสียมีมลพิษต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล

ปัจจุบันมีการใช้น้ำมันพืช และไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล การใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงโดยตรงในเครื่องยนต์นั้น ใช้ได้ต่อเมื่อต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ในส่วนของลูกสูบ ระบบหัวฉีด และห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับการใช้ เช่น เครื่องของ DMS Dieselmotoren-und Geratebau GmbH (DMS) และเครื่องยนต์ ELSBETT technology เป็นต้น หากใช้กับ

เครื่องยนต์ดีเซลธรรมดาที่ไม่มีการดัดแปลงชิ้นส่วนใด ต้องลดความหนืดของน้ำมันพืชลงให้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล โดยผสมกับน้ำมันดีเซลหรือน้ำมันก๊าดจึงสามารถใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงได้ แต่ใช้ได้เฉพาะกับเครื่องยนต์รอบต่ำ และใช้งานอยู่กับที่ เช่น เครื่องยนต์ทางการเกษตรที่ใช้ในสวนเพื่อการสูบน้ำ หรือใช้ในเครื่องเติมออกซิเจนให้กับน้ำในนากุ้ง เป็นต้น

สำหรับการใช้ในเครื่องยนต์รอบสูง หรือในรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลที่ไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์ ไม่สามารถใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงได้โดยตรง ต้องใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเท่านั้น ไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการทางเคมีแล้วจะมีโครงสร้างโมเลกุลที่เล็กลงกว่าน้ำมันพืช มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และมีความเสถียรมากกว่าน้ำมันพืชซึ่งทำให้เกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ไม่ก่อให้เกิดการอุดตัน และเกิดเขม่าสะสมในห้องเผาไหม้ (พิศมัย และคณะ, 2549)





ภาพที่ 3-1 ปฏิกิริยา Transesterification ของไตรกลีเซอไรด์ และเมทานอลได้เป็นไบโอดีเซลและกลีเซอรอล

3.2 เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล และผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต

3.2.1 วัตถุดิบ และการคัดเลือกวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซลคือน้ำมันพืช และน้ำมันจากไขสัตว์ รวมถึงน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้วหรือเรียกว่าน้ำมันใช้แล้ว ซึ่งทั้ง 3 กลุ่มสามารถนำมาผลิตไบโอดีเซลได้ โดยทั่วไปแล้ว น้ำมันพืช และน้ำมันสัตว์ทุกชนิดเป็นสารประกอบประเภทไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีโครงสร้างเป็น C_3H_5 เชื่อมต่อกับกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 ถึง 30 อะตอม น้ำมันพืช และน้ำมันสัตว์มีกรดไขมันชนิดต่างๆ กันเป็นองค์ประกอบอยู่ในโครงสร้างถึงร้อยละ 94-96 ของน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ทำให้คุณสมบัติของน้ำมันแต่ละชนิดมีความแตกต่างทั้งทางเคมี และกายภาพตามคุณสมบัติของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่

น้ำมันพืชส่วนใหญ่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในกรดไขมันระหว่าง 12 ถึง 18 ตัว มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวแตกต่างกัน น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูงจะมีค่าไอโอดีนต่ำ และเมื่อมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวลดลง หรือมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงขึ้นค่าไอโอดีนจะสูงขึ้นตามลำดับ น้ำมันพืชเป็นสารที่ไม่อยู่ตัว เมื่อสัมผัสอากาศจะถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายและเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์ได้ที่อุณหภูมิสูง เมื่อเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์แล้วน้ำมันจะมีสภาพเป็นสารเหนียว โดยทั่วไปค่าไอโอดีนของน้ำมันพืชจะเป็นดัชนีชี้บอกถึงปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีอยู่ในน้ำมันนั้นๆ ซึ่งบอกถึงความยากง่ายของการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์ด้วย (คณะกรรมาธิการการพลังงาน, 2545) น้ำมันพืชสามารถแบ่งชนิดตามค่าไอโอดีนได้เป็น 3 พวกใหญ่ๆ ดังนี้ (พิศมัยและคณะ, 2549)

- น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนระหว่าง 160-230 เป็นน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์ได้มาก หรือเรียกว่าเป็นน้ำมันชักแห้ง (Drying oils) เช่น น้ำมันลินสีด น้ำมันมะกอก เป็นต้น

- น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนระหว่าง 125-150 เป็นน้ำมันกึ่งชักแห้ง (Semi-drying oils) เช่น น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันเมล็ดยางพารา

- น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนต่ำกว่า 120 เป็นน้ำมันไม่ชักแห้ง (Non-drying oils) เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว น้ำมันเมล็ดในปาล์ม น้ำมันสบู่ดำ และน้ำมันปาล์ม

เมื่อน้ำมันมีค่าไอโอดีนสูงจะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์ได้ง่าย ฉะนั้น การเลือกใช้น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนต่ำเป็นเชื้อเพลิงจะเป็นการป้องกันการเกิดสารเหนียวที่เกิดมาจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์ในเครื่องยนต์ได้ในเบื้องต้น (คณะกรรมาธิการการพลังงาน, 2545) คุณสมบัติทางฟิสิกส์ และทางเคมีของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลแสดงดังในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ และเคมีของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล

คุณสมบัติ	น้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ				น้ำมันดีเซล	
	ปาล์มดิบ	เมล็ดในปาล์ม	มะพร้าว	สบู่ดำ	หมุนเร็ว	หมุนช้า
1. **ความถ่วงจำเพาะ**	0.899	0.918	0.918	0.915	0.81-0.87 [1/]	≤ 0.92 [1/]
2. **ดัชนีหักเห**	1.459	1.452	1.449	1.4634	n/a	n/a
3. **ค่าของกรด** (AV), (**มก.** KOH/**กรัมน้ำมัน**)	6.66	3.18	10.76	0.99	n/a	n/a
4. **ปริมาณกรดไขมันอิสระ** (%)	2.37 [2/]	1.13 [3/]	3.83 [3/]	n/a	n/a	n/a
5. **ค่าไอโอดีนแบบวิจส์** (**เซนติกรัมไอโอดีน/กรัม**)	51.32	18.10	9.07	101.40	n/a	n/a
6. **ค่าสะปอนนิฟิเคชัน** (**มก.** KOH/**กรัมน้ำมัน**)	202.67	255.00	260.60	145.20	n/a	n/a
7. **ปริมาณน้ำและสิ่งที่ระเหยได้** (%wt)	0.46	0.18	n/a	0.14	n/a	n/a
8. **ค่าความหนืดที่** 40°C (**เซนติสโตรก**)	24.90	28.65	24.85	34.55	1.8-4.1	≤ 8.0
9. **จุดวาบไฟ** (°C)	**ไม่มี**	**ไม่มี**	**ไม่มี**	**ไม่มี**	≥ 52	≥ 52

หมายเหตุ: [1/] ที่อุณหภูมิ 15.6 °C, [2/] as palmitic acid, [3/] as lauric acid, n/a ไม่มีข้อมูล (ไม่กำหนด)

ที่มา: ดัดแปลงจากพิสมัย และคณะ (2549)

3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลผลิตได้จากการทำปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์ทั้งกระบวนการเอสเทอริฟิเคชั่นและทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น ระหว่างเมทานอลหรือเมทิลแอลกอฮอล์หรืออาจใช้ เอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ก็ได้ ร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยาหรือด่าง ซึ่งสามารถเลือกได้ 2 ชนิด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) คุณสมบัติของสารเคมีชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการมีดังต่อนี้

เมทานอล หรือเมทิลแอลกอฮอล์มีส่วนประกอบ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน มีสูตรเคมีอย่างง่ายคือ CH_3OH เป็นสารที่ไม่มีสี ติดไฟได้ง่าย มีความเป็นพิษ เป็นอันตรายต่อสุขภาพถ้าสัมผัสร่างกาย และเป็นพิษรุนแรงถ้าเข้าสู่ร่างกายโดยการดื่มหรือสูดดม ถ้าเข้าสู่ร่างกายในปริมาณตั้งแต่ 4 ออนซ์ ขึ้นไปจะทำอันตรายต่อระบบประสาท และอาจทำให้ตาบอดหรือเสียชีวิตได้ จากที่มีคุณสมบัติติดไฟง่ายหรือไวไฟในที่อากาศถ่ายเทได้ไม่ดี ถ้ามีไอเมทานอลอยู่อย่างเข้มข้น และมีประกายไฟจะทำให้เกิดการระเบิดได้

เมทานอลที่จำหน่ายในท้องตลาดจะระบุคุณสมบัติด้วยความเข้มข้น โดยมีจำหน่ายที่ความเข้มข้นประมาณตั้งแต่ร้อยละ 75 ไปจนถึงร้อยละ 99.75 สำหรับการนำมาใช้สำหรับการผลิตไบโอดีเซลควรมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ซึ่งมีการบรรจุภาชนะจำหน่าย 3 แบบ หลายปริมาณ คือ ปริมาณมากใช้ระดับอุตสาหกรรมผู้จำหน่ายจะบรรจุ และขนส่งด้วยถังบรรจุเฉพาะ (Bulk) ปริมาณ 200 ลิตร บรรจุถังกลม (Drum) ปริมาณ 20 ลิตร บรรจุถังพลาสติกแกลลอนหรือปี๊บเหล็กอาบสังกะสี ปริมาณ 10 ลิตร และ 5 ลิตร บรรจุปี๊บเหล็กอาบสังกะสี หรือการแบ่งจำหน่ายตามคำสั่งซื้อก็ตาม

โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซดาไฟ มีสูตรเคมีคือ NaOH มีสถานะเป็นของแข็ง ลักษณะเป็นผง เกล็ด หรือก้อนสีขาวขุ่น สามารถละลายในน้ำ หรือในแอลกอฮอล์ได้ดี ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีจำหน่ายมีตั้งแต่ปริมาณน้อยกว่า 1 กิโลกรัม บรรจุถุงประมาณ 25 กิโลกรัม บรรจุกระสอบไปจนถึงการจำหน่ายในภาคธุรกิจปริมาณครั้งละหลายตัน

โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ มีสูตรเคมี คือ KOH เป็นสารเคมีที่มีสถานะเป็นของแข็งมีสีขาวขุ่น มีลักษณะเป็นผง เกล็ด หรือก้อนเหมือนกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ สามารถละลายในน้ำ และแอลกอฮอล์ได้ มีความเป็นพิษต่อร่างกายสูง ถ้าสัมผัสร่างกายทำให้ผิวหนังไหม้ ถ้าสูดดมเข้าร่างกายจะเป็นอันตรายต่อปอด และมีฤทธิ์การกัดกร่อนสูงเช่นกัน ถ้าสัมผัสกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยา และให้ความร้อนออกมา

ในการผลิตไบโอดีเซลอาจใช้โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์แทนโซเดียม-ไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีทรานเอสเทอริ-ฟิเคชั่นได้เช่นเดียวกัน ซึ่งในทางปฏิบัติมีสามารถเลือกใช้ได้ทั้ง 2 ชนิด การตัดสินใจเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาใดขึ้นอยู่กับความง่ายในการสรรหา และราคาของสารเคมี

3.2.3 การผลิตไบโอดีเซล

การผลิตไบโอดีเซล คือ การแปลงคุณสมบัติของน้ำมันพืชหรือสัตว์ให้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อย่างมีสมรรถนะดี และไม่มีผลกระทบต่อเครื่องยนต์ในด้านลบ ซึ่งกระบวนการผลิตไบโอดีเซลมี 3 ขั้นตอนหลัก คือ

ขั้นตอนที่ 1 การทำปฏิกิริยา
ขั้นตอนที่ 2 การแยกไบโอดีเซลออกจากผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ ซึ่งก็คือ กลีเซอรอล
ขั้นตอนที่ 3 การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลซึ่งประกอบด้วยการกำจัดแอลกอฮอล์ที่ตกค้างด้วยการล้างไบโอดีเซล การทำผลิตภัณฑ์ให้เป็นกลาง การไล่น้ำออกด้วยการให้ความร้อน และการระเหยน้ำ

กระบวนการผลิตไบโอดีเซลมีวัตถุดิบ และผลผลิตเป็นสัดส่วนโดยประมาณที่แสดงสูตรการผลิต (โดยการอธิบายจะใช้เมทานอลเป็นสารทำปฏิกิริยาเพียงอย่างเดียว เพื่อให้การอธิบายไม่สับสน แต่ในการผลิตจริงผู้ผลิตอาจเลือกใช้เอทานอลก็ได้แต่ต้องปรับสัดส่วน และตัวแปรให้เหมาะสม) ได้ดังนี้

ไตรกรีเซอไรด์ + เมทานอล + ตัวเร่งปฏิกิริยา ⟶ เอสเทอร์ + (กลีเซอรอล+เมทานอล)
(100 ส่วน) (24-25 ส่วน) (ไม่เกิน 1 ส่วน) 95 ส่วน 30 ส่วน

กระบวนการหลักคือการใช้แอลกอฮอล์ผสมกับไตรกลีเซอไรด์เพื่อให้เกิดการทำปฏิกิริยาโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาช่วย เมื่อเกิดการทำปฏิกิริยาแล้วไตรกลีเซอไรด์จะแตกตัวเป็นโมเลกุลเอสเทอร์ซึ่งคือไบโอดีเซล และกลีเซอรอลผสมกับเมทานอล

การทำปฏิกิริยาที่ใช้ไบโอดีเซลจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1) ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น (Transesterification) ที่ใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาจะเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นสารเอสเทอร์หรือไบโอดีเซล ซึ่งเป็นกระบวนการหลักของการผลิตไบโอดีเซล
2) ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น (Esterification) ที่ใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาจะเปลี่ยนกรดไขมันอิสระให้เป็นไตรกลีเซอไรด์ ดังนั้นจะใช้เมื่อพบว่าน้ำมันวัตถุดิบหรือสารตั้งต้นมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูง จำเป็นต้องแปลงกรดไขมันอิสระให้เป็นไตรกลีเซอ-ไรด์ก่อน จากนั้นจึงทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นตามอีกครั้ง

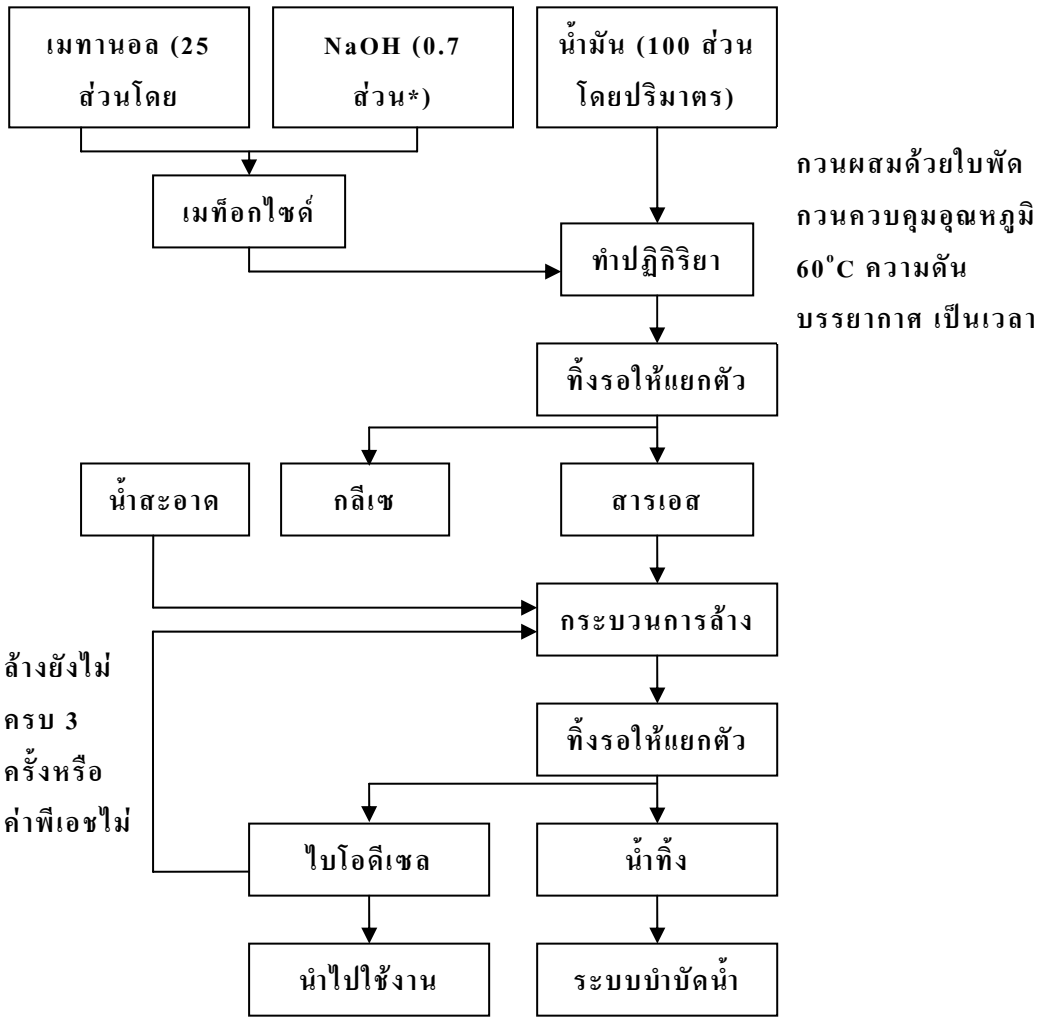
การทำปฏิกิริยาทั้งปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น และทรานเอสเทอริ-ฟิเคชั่นต้องควบคุมตัวแปรให้เป็นไปตามที่กำหนด ซึ่งมีดังนี้

1) สัดส่วนของปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ต่อปริมาณน้ำมันวัตถุดิบ ในทางปฏิบัตินั้นจะใช้ปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 25 ของปริมาณน้ำมันวัตถุดิบ
2) ชนิดและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา ปัจจุบันตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้มี 2 ชนิดคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ตามสัดส่วน 0.6-1.0 กิโลกรัมต่อน้ำมันวัตถุดิบ 100 ลิตร ซึ่งจะช่วยในการเร่งทำปฏิกิริยา หากมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่น้อยกว่านี้ ก็จะทำให้เกิดการทำปฏิกิริยาช้าลง แต่ถ้าใช้มากเกินไปก็จะทำให้สิ้นเปลือง

3) อุณหภูมิของการทำปฏิกิริยา จะต้องต่ำกว่าจุดเดือดของแอลกอฮอล์ที่ทำปฏิกิริยาโดยถ้าใช้เมทานอลทำปฏิกิริยา อุณหภูมิที่เหมาะสมของการเกิดปฏิกิริยาอยู่ในช่วง 60-70 องศาเซลเซียส
4) ระดับความรุนแรง และความทั่วถึงของการกวนผสม เพื่อให้น้ำมันวัตถุดิบสัมผัสกับแอลกอฮอล์ และตัวเร่งปฏิกิริยาอย่างทั่วถึง
5) คุณภาพของน้ำมันที่ใช้เป็นวัตถุดิบ โดยคุณสมบัติที่สำคัญที่มีผลมากคือปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันวัตถุดิบ ซึ่งควรไม่เกินร้อยละ 2 ถ้ามีปริมาณมากกว่าค่าที่แนะนำจะมีโอกาสที่จะเกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ได้ไบโอดีเซลที่มีคุณสมบัติไม่เป็นเป็นไปตามมาตรฐาน และได้ผลผลิต (Yield) ต่ำ

ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลแสดงเป็นแผนภูมิขั้นตอนการผลิตในภาพที่ 3-2 ซึ่งในภาพมีสภาวะที่ต้องควบคุม คือ

1) การผสมเมท็อกไซด์ ใช้วิธีการกวนผสมที่อุณหภูมิห้อง จนกว่าโซเดียม ไฮดรอกไซด์จะละลายหมด
2) การทำปฏิกิริยา ใช้วิธีกวนผสม ควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C ความดันบรรยากาศ ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง
3) การทิ้งรอให้แยกกลีเซอรอล ปล่อยให้เย็นในบรรยากาศ ความดันบรรยากาศ ใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง
4) การล้างโดยใช้น้ำสะอาดผสมปริมาณครึ่งหนึ่งของไบโอดีเซล อุณหภูมิ 40 °C และความดันบรรยากาศ ใช้เวลาประมาณ 20 นาที



ภาพที่ 3-2 กระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน (2550)

3.2.4 คุณภาพของไบโอดีเซล

กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน ทำหน้าที่รับผิดชอบในการกำหนดคุณสมบัติไบโอดีเซลทั้งมาตรฐานไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์ และไบโอดีเซลชุมชน สำหรับไบโอดีเซลชุมชนกำหนดให้ควบคุม 13 คุณสมบัติ ในจำนวนนี้มี 11 คุณสมบัติเป็นคุณสมบัติพื้นฐานจากการผลิตไบโอดีเซล ส่วนอีก 2 คุณสมบัติคือ สี และสารเติมแต่ง เป็นกระบวนการเสริมเพื่อเพิ่มหรือปรับปรุงคุณสมบัตินั้นให้ตรงตามความต้องการ สำหรับการผลิตเพื่อใช้เองในชุมชนโดยไม่ได้จำหน่ายก็อาจไม่ต้องปรับปรุงคุณสมบัติทั้ง 2 ดังกล่าว ทำให้ไม่ต้องตรวจวัดคุณสมบัติดังกล่าวได้

การผลิตไบโอดีเซลในระดับชุมชน ผู้ผลิตมีความจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพให้เป็นไปตามประกาศของกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะ และคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ.2549 หากประสงค์จัดจำหน่ายให้กับเครื่องจักรกลการเกษตรทั่วไป ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซล และไบโอดีเซลชุมชนตามมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน แสดงดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 การกำหนดลักษณะ คุณภาพของไบโอดีเซล และไบโอดีเซลชุมชน

	ข้อกำหนด	ไบโอดีเซล	ไบโอดีเซลชุมชน	วิธีทดสอบ [1/]
1	เมทิลเอสเตอร์ (%wt)	$\geq$ 96.5	-	EN 14103
2	ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 °C (kg/m^3)	860-900	860-900	ASTM D 1298
3	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °C (เซนติสโตกส์; cSt)	3.5-5.0	1.9-8.0	ASTM D 445
4	จุดวาบไฟ (°C)	$\geq$ 120	$\geq$ 120	ASTM D 93
5	กำมะถัน (%wt)	$\leq$ 0.0010	$\leq$ 0.0015	ASTM D 2622
6	กากถ่าน (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น) (%wt)	$\leq$ 0.30	-	ASTM D 4530
7	จำนวนซีเทน	$\geq$ 51	$\geq$ 47	ASTM D 613
8	เถ้าซัลเฟต (%wt)	$\leq$ 0.02	$\leq$ 0.02	ASTM D 874
9	น้ำ (%wt)	$\leq$ 0.050	-	EN ISO 12937
	น้ำและตะกอน (%wt)	-	$\leq$ 0.02	ASTM D 2079
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (%wt)	$\leq$ 0.0024	-	EN 12662

ตารางที่ 3-2 กำหนดลักษณะ คุณภาพของไบโอดีเซล และไบโอดีเซลชุมชน

	ข้อกำหนด	ไบโอดีเซล	ไบโอดีเซลชุมชน	วิธีทดสอบ [1/]
11	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง	≤ หมายเลข 1	≤ หมายเลข 3	ASTM D 130
12	เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ณ อุณหภูมิ110 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)	≥ 6	-	EN 14112
13	ค่าความเป็นกรด (มิลลิกรัมโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม)	≤ 0.50	≤ 0.80	ASTM D 664
14	ค่าไอโอดีน (กรัมไอโอดีน/ 100 กรัม)	≤ 120	-	EN 14111
15	กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเตอร์ (%wt)	≤ 12.0	-	EN 14103
16	เมทานอล (%wt)	≤ 0.20	-	EN 14110
17	โมโนกลีเซอไรด์ (%wt)	≤ 0.80	-	EN 14105
18	ไดกลีเซอไรด์ (%wt)	≤ 0.20	-	EN 14105
19	ไตรกลีเซอไรด์ (%wt)	≤ 0.20	-	EN 14105
20	กลีเซอรีนอิสระ (%wt)	≤ 0.02	-	EN 14105
		-	≤ 0.02	ASTM D 6584
21	กลีเซอรีนทั้งหมด (%wt)	≤ 0.25	-	EN 14105
		-	≤ 1.5	ASTM D 6584
22	โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียมและโปแตสเซียม) (mg/kg)	≤ 5.0	-	EN 14108 และ EN14109
	โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียมและแมกนีเซียม) (mg/kg)	≤ 5.0	-	pr EN 14538
23	ฟอสฟอรัส (mg/kg)	≤ 0.0010	-	ASTM D 4951
24	สี	-	ม่วง [2/]	ตรวจพินิจด้วยสายตา
25	สารเติมแต่ง (ถ้ามี)	ให้เป็นไปตามที่ได้รับเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน		

หมายเหตุ: [1/] วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีที่กำหนดในรายละอียดแนบท้ายนี้

โดยลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลที่ทำการทดสอบหากมีสมบัติบางประการที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานดังกล่าวอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้งานในระยะยาว ความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดและผลกระทบต่อเครื่องยนต์แสดงดังตารางที่ 3-3 (พิศมัย, 2549)

ตารางที่ 3-3 คุณภาพของไบโอดีเซลที่มีผลต่อเครื่องยนต์

ข้อกำหนด	คุณภาพของไบโอดีเซลที่มีผลต่อเครื่องยนต์
1. ปริมาณเมทิลเอสเทอร์	ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ แสดงถึงความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซล และการเกิดปฏิกิริยาการผลิตไบโอดีเซลที่สมบูรณ์ มาตรฐานกำหนดให้มีปริมาณมากกว่าร้อยละ 96.5 โดยน้ำหนัก เมื่อปริมาณเอสเทอร์น้อยกว่าที่กำหนดชี้บอกถึงยังมีโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ หรือไตรกลีเซอไรด์อยู่ในไบโอดีเซลในปริมาณสูงกว่าที่กำหนด ส่งผลให้ความหนืดของไบโอดีเซลมีค่าสูง และเกี่ยวเนื่องกับการอุดตันในหัวฉีดหรือกระบอกสูบของเครื่องยนต์
2. ความหนาแน่น ณ อุณหภูมิ 15 °C	ความหนาแน่นเป็นตัวแปรที่สำคัญในการออกแบบระบบหัวฉีดจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ค่าความหนาแน่นเป็นตัวบ่งบอกถึงปริมาณของพลังงานเชื้อเพลิง เมื่อค่าความหนาแน่นมีค่ามากก็จะให้พลังงานความร้อนมากขึ้นตามไปด้วยเมื่อเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณเดียวกัน น้ำมันไบโอดีเซลมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำมันดีเซล แต่ค่าปริมาณพลังงานโดยรวมของน้ำมันไบโอดีเซลมีค่าต่ำกว่า ความหนาแน่นของไบโอดีเซลจากวัตถุดิบน้ำมันพืชแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ปริมาณเมทานอลที่ตกค้างในไบโอดีเซลยังเป็นสาเหตุให้ความหนาแน่นมีค่าต่ำอีกด้วย
3. ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °C	ความหนืดเกี่ยวข้องกับการไหล การฉีดเป็นฝอยของหัวฉีดในห้องเผาไหม้ การฉีดเป็นฝอยขนาดเล็กจะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ ความหนืดของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันพืชที่เป็นวัตถุดิบ เกณฑ์มาตรฐานไบโอดีเซลกำหนดให้ความหนืด ณ อุณหภูมิ 40 °C มีค่าในช่วง 3.5-5 เซนติสโตกส์ ความหนืดยังเป็นดัชนีแสดงการเสื่อสภาพของไบโอดีเซลเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นอีกทางหนึ่ง
4. จุดวาบไฟ	จุดวาบไฟเป็นค่าอุณหภูมิต่ำสุดเมื่อเปลวไฟผ่านเหนือไอของน้ำมัน แล้วทำให้น้ำมันติดไฟ มาตรฐานกำหนดให้มีค่าจุดวาบไฟมากกว่า 120 °C ปริมาณเมทานอลที่หลงเหลือในไบโอดีเซลทำให้จุดวาบไฟมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานได้ จุดวาบไฟมีผลต่อการขนส่ง เคลื่อนย้าย และการจัดเก็บ ปริมาณเมทานอลที่ยังคงเหลืออยู่ในไบโอดีเซลในปริมาณมากกว่าร้อยละ 0.2 ส่งผลให้จุดวาบไฟมีค่าต่ำกว่า 100 °C
5. กำมะถัน	ไบโอดีเซล เป็นเชื้อเพลิงที่มีปริมาณกำมะถันต่ำ เนื่องจากน้ำมันพืชดิบที่ใช้ในการผลิตมักมีองค์ประกอบของกำมะถันต่ำกว่า 15 ส่วนในล้านส่วน องค์ประกอบกำมะถันในน้ำมันเมื่อถูกเผาไหม้จะเปลี่ยนเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งถูกปล่อยออกมาพร้อมไอเสียจากเครื่องยนต์ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
6. กากถ่าน (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น)	ปริมาณกากถ่านมีความสัมพันธ์กับปริมาณกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระ สบู่ ตัวเร่งปฏิกิริยา ที่ยังหลงเหลืออยู่ในไบโอดีเซล หากมีปริมาณกากถ่านสูงกว่าข้อกำหนด ชี้บอกถึงยังคงมีสารต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้นหลงเหลืออยู่ในไบโอดีเซล นอกจากนั้นยังแสดงถึงแนวโน้มของปริมาณกากถ่านที่เหลืออยู่หลังจากการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ กากถ่านมีผลต่อการอุดตันในหัวฉีดหรือที่ลูกสูบ ทำให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลง เครื่องยนต์สกปรกและต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องบ่อยครั้ง

ตารางที่ 3-3 (ต่อ) คุณภาพของไบโอดีเซลที่มีผลต่อเครื่องยนต์

ข้อกำหนด	คุณภาพของไบโอดีเซลที่มีผลต่อเครื่องยนต์
7. เถ้าซัลเฟต	เถ้าซัลเฟตเกิดจากการเผาไหม้ของสารปนเปื้อนในไบโอดีเซล เนื่องมาจากการตกค้างของสบู่ และตัวเร่งปฏิกิริยา ปริมาณเถ้าซัลเฟตมีผลต่อการอุดตันในเครื่องยนต์
8. น้ำ	ปริมาณน้ำในน้ำมันทำให้การเผาไหม้ไม่ดี นอกจากนั้นน้ำในไบโอดีเซลยังเป็นสาเหตุให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลติกระหว่างน้ำกับเอสเทอร์ เกิดเป็นกรดไขมันอิสระ ซึ่งส่งผลต่อการกัดกร่อนในเครื่องยนต์ และเป็นตัวเร่งให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในถังเก็บน้ำมัน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้หัวฉีดอุดตัน
9. สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด	สารปนเปื้อนในน้ำมันไบโอดีเซลส่วนใหญ่เป็นผลมาจากกระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชัน และปฏิกิริยาข้างเคียง เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสบู่ของกรดไขมันอิสระและตัวเร่งปฏิกิริยาเบส ตัวเร่งปฏิกิริยาและสารที่ไม่สะปอนิฟาย ได้แก่ ไขมันที่ไม่อยู่ในรูปของกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระ fatty alcohol สารประกอบไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์อย่างแข็ง triterpene alcohol สารประกอบแคโรทีน วิตามิน และอื่น ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุดิบน้ำมันพืชเริ่มต้น โดยทั่วไปสิ่งปนเปื้อนทั้งหมดจะถูกกำจัดออกจากไบโอดีเซลในขั้นตอนการล้างน้ำ สิ่งปนเปื้อนในไบโอดีเซลมีผลเสียต่อเครื่องยนต์หลายด้าน เช่น คุณสมบัติด้านความเสถียรของไบโอดีเซลระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากสารประกอบของสารที่ไม่สะปอนิฟายเปลี่ยนสภาพกลายเป็นสารที่มีผลในการลดคุณสมบัติด้านความเสถียรของไบโอดีเซล
10. การกัดกร่อนแผ่นทองแดง	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง แสดงการกัดกร่อนของน้ำมันต่อโลหะที่ใช้เป็นชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ดีเซล เนื่องจากปริมาณกรดเช่น กรดไขมันอิสระ และสารประกอบซัลเฟอร์ในน้ำมัน ซึ่งค่าการกัดก่อนนี้มีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์
11. ค่าของกรด	แสดงความเป็นกรดในน้ำมันไบโอดีเซล เป็นผลมาจากปริมาณกรดไขมันอิสระในวัตถุดิบน้ำมันพืช และปริมาณกรดที่ใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งมีผลต่อการกัดกร่อนในเครื่องยนต์ ทำให้อายุการใช้งานของปั๊มและไส้กรองน้ำมันลดลง นอกจากนี้ยังแสดงถึงการเสื่อมสภาพของน้ำมันเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลติกจากปริมาณน้ำที่ปนอยู่ในน้ำมันและผลของสภาวะในการจัดเก็บ
12. กรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์	แสดงถึงพันธะคู่หรือความไม่อิ่มตัวของไบโอดีเซล ซึ่งมีแนวโน้มทำให้เกิดพอลิเมอร์ในเครื่องยนต์ ทำให้เกิดการอุดตัน และการเสื่อมสภาพของน้ำมันเครื่อง ปริมาณกรดลิโนเลนิกเมทิลเอสเทอร์ ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันพืชที่เลือกมาใช้เป็นวัตถุดิบ

ตารางที่ 3-3 (ต่อ) คุณภาพของไบโอดีเซลที่มีผลต่อเครื่องยนต์

ข้อกำหนด	คุณภาพของไบโอดีเซลที่มีผลต่อเครื่องยนต์
13. เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ณ อุณหภูมิ 110 °C	การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเนื่องจากการเกิดสารประเภทเพอร์ออกไซด์ (peroxide linkage) ขึ้นระหว่างพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่อยู่ในโครงสร้างของไบโอดีเซล ปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดเมื่อน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ โดยที่ความร้อนและแสงแดดมีผลช่วยเร่งปฏิกิริยา ในขณะที่โลหะเช่น ทองแดง และตะกั่ว ก็เป็นตัวเร่งให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น ผลของปฏิกิริยาทำให้เกิดสารพอลิเมอร์ (oxidation polymerization) เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากจะขึ้นกับประเภทและคุณสมบัติของน้ำมันพืชที่เป็นวัตถุดิบแล้ว ยังขึ้นกับกระบวนการผลิตไบโอดีเซลอีกด้วย โดยกระบวนการผลิตที่มีการให้ความร้อนสูงแก่ไบโอดีเซลเป็นระยะเวลานานอาจส่งผลให้เสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดให้มีค่าสูงกว่า 6 ชั่วโมง ที่ 110 °C
14. ค่าไอโอดีน	ค่าไอโอดีนแสดงพันธะคู่ในน้ำมัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของน้ำมันพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ค่าไอโอดีนต่ำแสดงถึงการมีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวในโครงสร้างไบโอดีเซลสูง ทำให้ไม่มีแนวโน้มในการเกิดออกซิเดชัน นอกจากนี้ค่าไอโอดีนยังมีความสัมพันธ์กับจุดขุ่น ซึ่งแสดงถึงอุณหภูมิที่น้ำมันเริ่มเกิดไข หรือจับตัวเป็นก้อนแข็ง ไบโอดีเซลที่มีค่าไอโอดีนต่ำจะมีจุดขุ่นสูง ซึ่งมีผลต่อการใช้งานในสภาพอากาศเย็น ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มมีค่าไอโอดีน 50-55 ประกาศกรมธุรกิจพลังงานกำหนดให้ค่าไอโอดีนไม่สูงกว่า 120 กรัมไอโอดีน/100 กรัม
15. เมทานอล	เมทานอลเป็นสารตั้งต้นที่เหลือจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งจำเป็นต้องกำจัดออกให้หมดก่อนนำไบโอดีเซลออกจำหน่าย จึงต้องมีปริมาณต่ำในผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล จุดวาบไฟขั้นต่ำของไบโอดีเซลคือ 130 °C เมทานอลมีค่าจุดวาบไฟต่ำ ถ้ายังมีเมทานอลปะปนอยู่ในไบโอดีเซลจะทำให้ไบโอดีเซลมีจุดวาบไฟต่ำลงด้วย ซึ่งมีผลต่อความปลอดภัยในการเก็บรักษา การขนส่งและการนำมาใช้ในเครื่องยนต์ เมทานอลมีค่าความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 5 จะมีผลกระทบต่อค่าซีเทน และความหล่อลื่นของน้ำมัน
16. โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์	ปริมาณโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์แสดงถึงความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาในการผลิตไบโอดีเซล ปริมาณโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ที่เหลือจากการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันที่ไม่สมบูรณ์ส่งผลให้เกิดการอุดตันบริเวณหัวฉีด กระบอกสูบ และวาล์วภายในเครื่องยนต์
17. กลีเซอรีนอิสระ	ปริมาณกลีเซอรีนที่ยังเหลืออยู่ในไบโอดีเซล เนื่องมาจากการแยกกลีเซอรีนไม่สมบูรณ์ ทำให้มีปัญหาการแยกชั้นของกลีเซอรีนในการจัดเก็บไบโอดีเซลรวมถึงการสะสมที่บริเวณด้านล่างของถังน้ำมัน กลีเซอรีนมีผลต่อการอุดตันที่หัวฉีดและระบบลำเลียงน้ำมัน

ตารางที่ 3-3 (ต่อ) คุณภาพของไบโอดีเซลที่มีผลต่อเครื่องยนต์

ข้อกำหนด	คุณภาพของไบโอดีเซลที่มีผลต่อเครื่องยนต์
18. กลีเซอรีนทั้งหมด	กลีเซอรีนทั้งหมดคือปริมาณของกลีเซอรีนอิสระ และปริมาณกลีเซอรีนในโมเลกุลโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ที่เจือปนในองค์ประกอบไบโอดีเซล ซึ่งเป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันไม่สมบูรณ์ มีผลก่อให้เกิดการอุดตันที่บริเวณหัวฉีดและไส้กรอง และปัญหาการใช้งานในสภาพอากาศเย็น
19. โลหะกลุ่ม 1 (โซเดียม และโพแทสเซียม) โลหะกลุ่ม 2 (แคลเซียม และแมกนีเซียม)	เป็นการวัดปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเบส สบู่ และโลหะหนักจากน้ำที่ใช้ในขั้นตอนการล้างไบโอดีเซลที่หลงเหลือในผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล แคลเซียมยังมีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดีสำหรับกระบวนการพอลิเมอไรซ์ของเอสเทอร์อีกด้วย ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน กำหนดให้ปริมาณโลหะกลุ่ม 1 และโลหะกลุ่ม 2 ไม่สูงกว่าอย่างละ 5.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
20. ฟอสฟอรัส	ฟอสฟอรัสเป็นสารที่ปนเปื้อนอยู่ในวัตถุดิบน้ำมันพืชตั้งแต่เริ่มต้น หากไม่ทำการกำจัดออกจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจะทำให้ไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีฟอสฟอรัสปะปนอยู่ด้วย ซึ่งจะทำความเสียหายให้กับอุปกรณ์คะตะไลติกส์ คอนเวอตอร์ (Catalytic converter) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการแพร่มลพิษ จากการที่มาตรฐานของการแพร่มลพิษเป็นกฎข้อบังคับมากขึ้น อุปกรณ์ catalytic converter จึงเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่ใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล

ที่มา: พิศมัย และคณะ (2549)

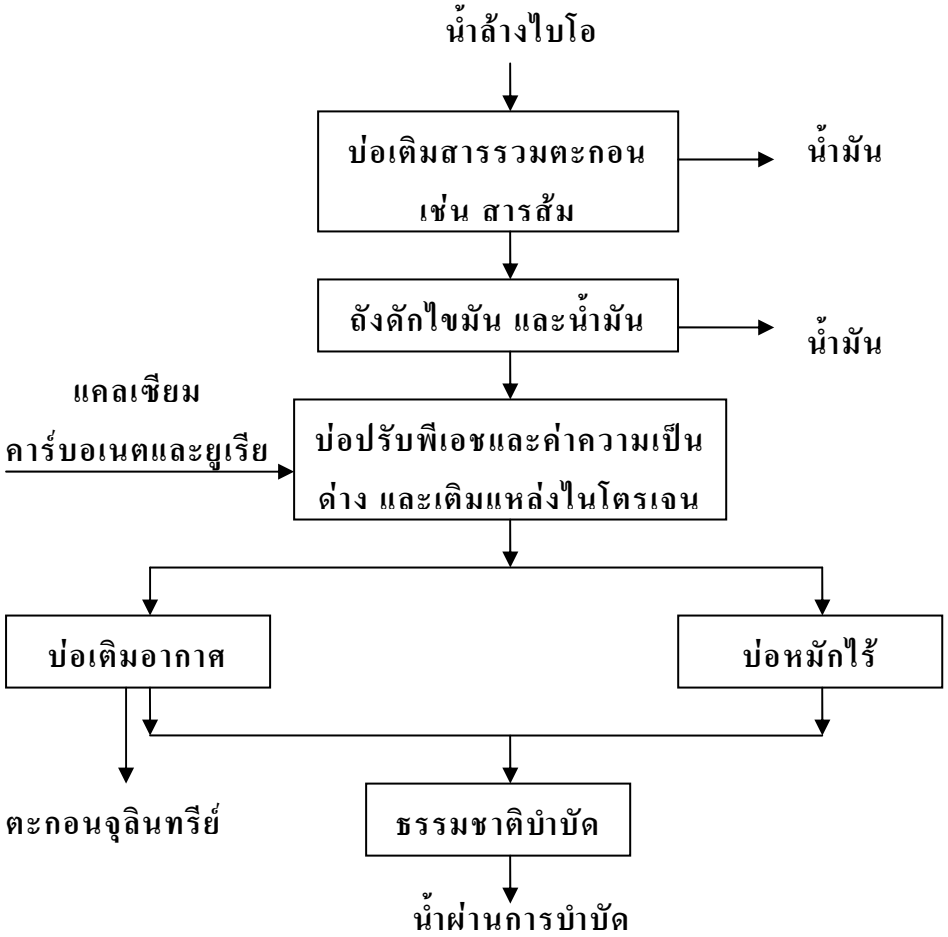
3.2.5 การบำบัดน้ำเสีย

กระบวนการผลิตไบโอดีเซลก่อให้เกิดน้ำเสีย เนื่องจากหลังจากสิ้นสุดปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นและก่อนนำไบโอดีเซลไปใช้งานต้องผ่านกระบวนการล้างเพื่อลดสารปนเปื้อนต่าง ๆ ในไบโอดีเซล เช่น สบู่ เมทานอล น้ำมัน น้ำล้างครั้งแรกจะมีสีเหลือง-ขาวขุ่น

เนื่องจากน้ำล้างไบโอดีเซลมีน้ำมันและสบู่เป็นองค์ประกอบ อีกทั้งมีค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand; COD) ใน

ระดับสูงถึงหลักแสนมิลลิกรัมต่อลิตร จึงจัดว่าเป็นน้ำเสีย ต้องได้รับการบำบัดก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม แนวทางการบำบัดเบื้องต้นแสดงในภาพที่ 3-3

ขั้นแรกของการบำบัด คือการกำจัดน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำ ซึ่งทำได้โดยการเติมสารเคมีที่มีประจุบวก ที่นิยมใช้คือสารส้ม หรือชื่อทางเคมีว่า อลูมินัมซัลเฟต (Aluminum sulfate) โดยสารส้มจะไปทำลายเสถียรภาพของน้ำมันในน้ำ ทำให้น้ำมันแยกตัวออกจากน้ำ โดยอาจตกตะกอนหรือลอยขึ้น จึงทำให้สามารถแยกน้ำมันออกจากน้ำได้ ตารางที่ 3-4 แสดงตัวอย่างสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการล้างไบโอดีเซล ก่อน และหลังการเติมสารส้มที่ปริมาณต่าง ๆ ซึ่งเห็นได้ว่าการเติมสารส้มตามด้วยการแยกน้ำมันออก ทำให้ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมีลดลงอย่างมาก แต่ได้ทำให้ค่าพีเอช และค่าความเป็นด่างลดลงอย่างมากเช่นกัน จนถึงระดับที่ทำให้สมบัติของน้ำไม่เหมาะสมกับการบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ และจำเป็นต้องมีการปรับค่าต่าง ๆ ก่อนป้องเข้าสู่ระบบชีวภาพ



ภาพที่ 3-3 แนวทางการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการล้างไบโอดีเซลเบื้องต้น
ที่มา: กรมอนุรักษ์พลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2550)

ตารางที่ 3-4 สมบัติของน้ำเสียก่อน และหลังการเติมสารส้มที่ปริมาณต่าง ๆ

สมบัติของน้ำเสีย	ก่อนเติมสารส้ม	หลังการเติมสารส้มที่ปริมาณต่าง ๆ	
		2 กรัมต่อลิตร	3 กรัมต่อลิตร
ระดับของน้ำมัน (กรัมต่อลิตร)	32.48	19.96	0.02
ค่าซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)		130,710	65,240
ค่าพีเอช	9.64	7.03	5.11
ค่าความเป็นด่าง (มิลลิกรัมของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อลิตร)	2,240	560	80

ที่มา: กรมอนุรักษ์พลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2550)

ค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อกระบวนการทางชีวภาพอยู่ที่ 6.5-7 และค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมอยู่ที่ 2,000-3,000 มิลลิกรัมของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อลิตร ดังนั้นในขั้นตอนต่อมาจึงต้องมีการปรับค่าพีเอชและค่าความเป็นด่างด้วยการเติมสารเคมี เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต นอกจากนี้สำหรับการลดค่าความต้องการทางออกซิเจนด้วยวิธีการทางชีวภาพจำเป็นต้องมีแหล่งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์ โดยอัตราส่วน COD/N/P/S ที่เหมาะสมคือ 100/2/0.4/0.2

เมื่อค่าพีเอช ค่าความเป็นด่าง และสารอาหารในน้ำเสียอยู่ในระดับที่เหมาะสม ในขั้นต่อมาจึงป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดโดยใช้จุลินทรีย์ ซึ่งสามารถทำได้ 2 แนวทาง คือ การใช้จุลินทรีย์ชนิดใช้ออกซิเจนในการดำรงชีพหรือเรียกว่าจุลินทรีย์แบบแอโรบิกมาย่อยสลายมวลสารในน้ำ โดยการทำงานของถังเติมอากาศในส่วนนี้อาจใช้เทคนิค SBR (sequencing batch reactor) ซึ่งประกอบด้วยการทำงาน 4 ขั้นตอน คือ 1) ป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถัง 2) เติมอากาศ 3) หยุดเติมอากาศและปล่อยให้จุลินทรีย์ตกตะกอน 4) ระบายน้ำใสออก เมื่อดำเนินการครบทั้ง 4 ขั้นตอนแล้ว ให้เริ่มขั้นตอนที่ 1 ใหม่ ส่วนแนวทางที่สองคือ การใช้จุลินทรีย์ชนิดไร้อากาศ หรือเรียกว่า จุลินทรีย์แบบแอนแอโรบิกมาย่อยสลายมวลสารในน้ำ เมื่อน้ำ

ผ่านการบำบัดโดยจุลินทรีย์แล้วให้ผ่านน้ำเข้าสู่ระบบธรรมชาติบำบัด (wetland) ก่อนที่จะระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดลงสู่คลองสาธารณะต่อไป

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากน้ำเสียจากกระบวนการล้างไบโอดีเซลมีแนวโน้มที่จะมี อิออนของโซเดียม (หรือของโพแทสเซียม) ในปริมาณสูง จากการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการผลิต ความเข้มข้นของโซเดียมอิออน หรือของโพแทสเซียมอิออนอาจไปยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ ทำให้ระบบบำบัดทางชีวภาพล้มเหลวได้ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาหาวิธีการแก้ไข อีกทั้งควรมีการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากการบำบัดน้ำล้างนี้ และการนำไปใช้ประโยชน์ในระดับชุมชน เพื่อเป็นการใช้สร้างแหล่งพลังงานทดแทน และลดการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมให้สมบูรณ์มากขึ้น

3.2.6 การใช้ประโยชน์จากกลีเซอรีนที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (สถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

กลีเซอรีนที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล สามารถนำมาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น ด้านอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมพลังงาน โดยเฉพาะการนำกลีเซอรีนไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อทดแทนการใช้น้ำมันเตา ซึ่งสามารถดำเนินการได้ทันทีโดยไม่ต้องลงทุน และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของกลีเซอรีนได้อีกด้วย ซึ่งในปัจจุบันได้เริ่มมีผู้สนใจศึกษาวิจัยมากขึ้น แต่ยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากยังขาดข้อมูลทางวิชาการ และแนวทางที่เหมาะสมในการนำกลีเซอรีนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อทดแทนพลังงานจากฟอสซิล

(1) ชนิดของกลีเซอรีน

กลีเซอรีน (Glycerin) หรือที่เรียกว่ากลีเซอรอล (Glycerol) หมายถึงสารจำพวกโพลิไฮดริกแอลกอฮอล์ (Polyhydric Alcohol) กลีเซอรีนสามารถแบ่งประเภทการเกิดกลีเซอรีนได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรีนธรรมชาติและกลีเซอรีนสังเคราะห์ กลีเซอรีนธรรมชาติเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมของกระบวนการ

เปลี่ยนไขมันและน้ำมันให้เป็นกรดไขมัน หรือกรดไขมันของเมทิลเอสเทอร์ ส่วนกลีเซอรีนสังเคราะห์จะได้จากการสังเคราะห์โพรพีน และมีกระบวนการผลิตอื่น ๆ อีก เช่น การหมักน้ำตาล ปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น โดยที่กลีเซอรีนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ โดยแบ่งตามความบริสุทธิ์ ได้แก่

กลีเซอรีนดิบ หมายถึง กลีเซอรีนที่ยังไม่ได้ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งจะมีความสกปรกมาก มีสีดำ แบ่งเป็น

- กลีเซอรีนดิบจากกระบวนการแยกสลายไขมัน (Hydrolyser crude glycerine) หมายถึง กลีเซอรีนดิบที่ได้จากสวีทวอเทอร์ ซึ่งได้จากการแยกสลายไขมันด้วยน้ำ (Hydrolysis) ที่มีความดันสูงหรือเมื่อมีตัวเร่งปฏิกิริยา
- กลีเซอรีนดิบจากอุตสาหกรรมสบู่ (Soap Lye Crude Glycerine) หมายถึง กลีเซอรีนดิบที่ได้จากสารละลายกลีเซอรอลจากอุตสาหกรรมทำสบู่ และผ่านกรรมวิธีขจัดไขมัน และสบู่ออกแล้ว

กลีเซอรีนดิบเป็นของเหลวหนืด สีดำ มีความสกปรกสูง สามารถละลายน้ำได้ โดยมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ และเคมีเบื้องต้น แสดงดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ และเคมีของกลีเซอรีนดิบ

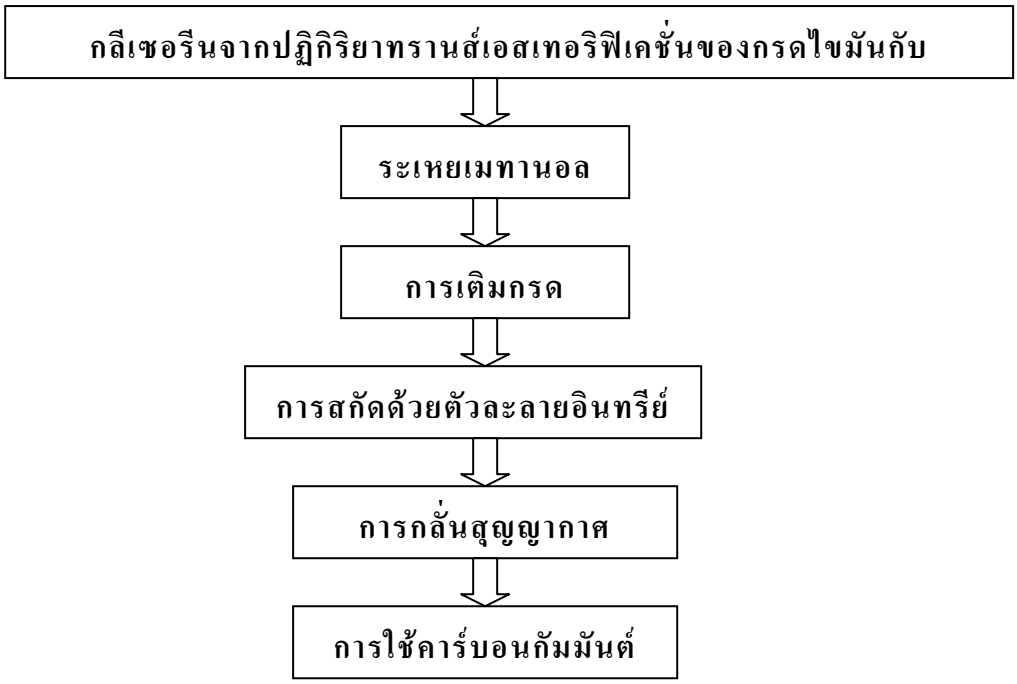
Property	Value
Density (25°C)	0.956 g/cm
Dynamic viscosity (25°C)	840.59 mPa.s
Heat of combustion	20,211.62 J/g

ที่มา: สถานจัดการและอนุรักษ์พลังงาน (2551)

กลีเซอรีนบริสุทธิ์ หมายถึงกลีเซอรีนที่ผ่านกรรมวิธีให้บริสุทธิ์จะมีคุณสมบัติคุณลักษณะเหมาะแก่การใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ คือ

(1) ชั้นคุณภาพเคมี (Chemical Grade)
(2) ชั้นคุณภาพไดนาไมต์ (Dynamite Grade)
(3) ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม (Technical Grade)
(4) ชั้นคุณภาพยา (Pharmaceutical Grade)

การทำกลีเซอรีนดิบให้เป็นกลีเซอรีนบริสุทธิ์สามารถทำได้โดยการนำกลีเซอ-รีนดิบไปผ่านกระบวนการทางเคมี ซึ่งกระบวนการทางเคมีเหล่านี้ได้แก่ การระเหย การเติมกรด การสกัดด้วยตัวทำละลาย การกลั่นสุญญากาศ และการใช้คาร์บอนกัมมันต์ (ภาพที่ 3-4)



ภาพที่ 3-4 แผนผังแสดงแนวทางการทำกลีเซอรีนดิบให้บริสุทธิ์
ที่มา: สถานจัดการ และอนุรักษ์พลังงาน (2551)

กลีเซอรีนบริสุทธิ์เป็นของเหลว ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่เป็นพิษ และมีโครงสร้างคล้ายน้ำตาลทำให้มีรสหวาน และเนื่องจากในโมเลกุลมีพันธะไฮโดรเจนจึงทำให้กลีเซอรีนเป็นของเหลวหนืด กลีเซอรีนมีจุดเดือดที่ 290 องศาเซลเซียสที่ความดันบรรยากาศ สามารถละลายได้ดีกับน้ำ เมทานอล เอทานอล และไอโซเมอร์ของโพรพานอล บิวทานอล และเพนทานอล เป็นต้น ซึ่งจากคุณสมบัตินี้ทำให้กลีเซอรีนเป็นตัวทำละลายที่มีประโยชน์กับสารหลายชนิดที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยกลีเซอรีนมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ และเคมีดังในตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ และเคมีของกลีเซอรีนบริสุทธิ์

Property	Value
Molecular weight	92.09
Melting point	18.0 °C
Boiling point (101.3 kPa)	290.0 °C
Density (20°C)	1.261 g/cm
Dynamic viscosity (20°C)	1.410 Pa.s
Heat of combustion	1662 kJ/mol
Flash point	177.0 °C
Fire point	204 °C

ที่มา: สถานจัดการ และอนุรักษ์พลังงาน (2551)

(2) การนำกลีเซอรีนที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลไปใช้ประโยชน์

การนำกลีเซอรีนดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลไปใช้ประโยชน์สามารถทำได้หลายอย่างได้แก่

- การนำไปใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรม กลีเซอรีนจัดเป็นสารเคมีที่มีคุณค่ามาก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรมได้ เช่น อุตสาหกรรมสบู่ อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อใช้เป็นสารกันบูด เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีที่หลากหลาย จึงทำให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ซึ่งคุณสมบัติสำคัญประการหนึ่งก็คือ ไม่เป็นพิษ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ซึ่งจากคุณสมบัติที่หลากหลายของกลีเซอรีน บริสุทธิ์นี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

(1) ด้านอาหาร เนื่องจากกลีเซอรีน ไม่เป็นพิษ สามารถใช้แทนคาร์โบไฮเดรต เป็นส่วนประกอบของน้ำเชื่อมในลูกอม และไอซิ่ง ใช้ในการแช่อาหาร และหล่อลื่นเครื่องจักรในอุตสาหกรรมอาหาร และการบรรจุหีบห่อ

(2) ด้านยาและเครื่องสำอาง เป็นส่วนผสมของยาหลายชนิด สารละลายกลีเซอรอล-ฟีนอล ใช้ล้างหู ใช้ผสมในเครื่องสำอาง ครีม และโลชั่น ทำให้ผิวชุ่มชื่น ใช้ผสมในยาสีฟันให้ความหนืด และมันวาว

(3) บุหรี่ มีส่วนสำคัญในการขึ้นรูปบุหรี่ และทำให้บุหรี่ติดไฟช้า

(4) วัสดุหีบห่อ สำหรับห่อเนื้อ และทำกระดาษชนิดพิเศษ

(5) สารหล่อลื่น ใช้เป็นสารหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นไม่ได้ เนื่องจากมีความหนืดสูง และไม่เป็นของแข็งเมื่ออุณหภูมิต่ำ นิยมใช้ในงานอัดออกซิเจนเพราะทนปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ดี

(6)Urethane Polymer ใช้กลีเซอรอลเป็น block ในโพลีอีเทอร์ ในการผลิตพอลิเมอร์ยูลิเทนกันซึม และจุกคอร์ก เนื่องจากกลีเซอรีนมีความเหนียว และมีความดันไอต่ำ ผสมอาหารได้ เพราะไม่เป็นพิษ

(7)การนำกลีเซอรีนดิบมาทำปฏิกิริยากลีเซอโรไลซิส (Glycerolysis) การนำกลีเซอรีนดิบมาทำปฏิกิริยากลีเซอ-โรไลซิส (Glycerolysis) เพื่อทำให้กลีเซอรีนดิบเป็นโมโน-กลีเซอไรด์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ในการผลิตอาหาร ใช้ในการผลิต Alkyl resins ใช้ในการผลิตเครื่องสำอาง เป็นต้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าว จะช่วยลดขั้นตอนการทำความสะอาดของกลีเซอ-รีนที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซล และเป็นการแปลงสภาพของกลีเซอรีนที่เป็นผลพลอยได้โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการบำบัดหรือทำให้บริสุทธิ์

- การเผาไหม้กลีเซอรีนดิบ การนำกลีเซอรีนดิบมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการนำกลีเซอรีนไปใช้ประโยชน์ โดยการนำกลีเซอรีนไปเผาไหม้แทนน้ำมันเตาหรือน้ำมันดีเซล เช่น การเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ การผสมกับน้ำมันดีเซลที่ใช้ในเครื่องยนต์ การเผาไหม้กลีเซอรีนเพื่อนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งการใช้กลีเซอรีนในการเผาไหม้นั้นจำเป็นต้องมีการปรับแต่งอุปกรณ์บางอย่างเพื่อให้กลีเซอรีนมีคุณสมบัติ

ใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิง และจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในการนำกลีเซอรีนไปใช้เป็นเชื้อเพลิง และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย