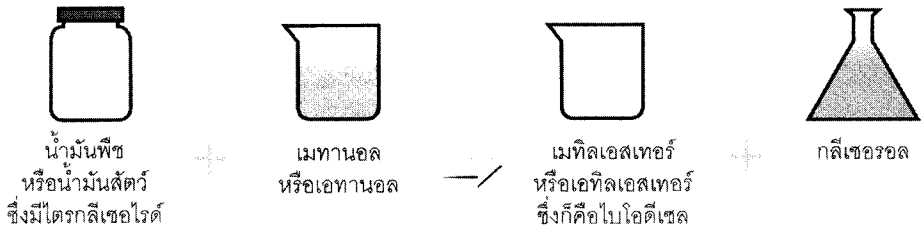
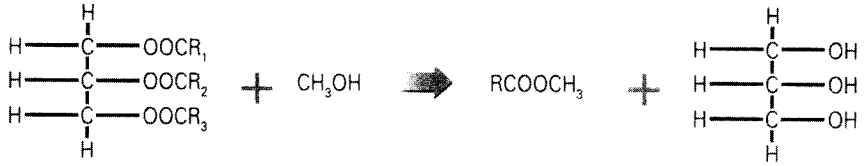
เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลคืออะไร

ไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นชื่อที่ใช้เรียกเชื้อเพลิงที่เป็นสารเอสเทอร์ (Ester) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทางเคมีของน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์กับเมทานอลหรือเอทานอล ปฏิกิริยาทางเคมีดังกล่าว เรียกว่า "Transesterification" ดังแสดงในแผนภูมิ



หลักการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้น้ำมันพืชหรือสัตว์ ผสมกับเมทานอลหรือเอทานอล จะได้เมทิลเอสเทอร์ ซึ่งก็คือไบโอดีเซล และได้กลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้



ไตรกลีเซอไรด์ เมทานอล เมทิลเอสเทอร์ กลีเซอรอล

ปฏิกิริยาทางเคมี Transesterification ของไตรกลีเซอไรด์และเมทานอล จะทำให้สารเมทิลเอสเทอร์ ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และได้กลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้

ไบโอดีเซล เป็นคำที่ใช้เรียกและรู้จักกันดีในประเทศไทยที่พัฒนาแล้ว ที่นำน้ำมันพืชมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล และใช้เรียกเฉพาะสารเอสเทอร์ที่ผลิตจากน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ที่ผ่านกระบวนการทางเคมีแล้วเท่านั้น สารเอสเทอร์หรือไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์เป็นเชื้อเพลิงที่สะอาด ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม สามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์และไอเสียก็มีมลพิษต่ำกว่ากรณีที่ใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล

ปัจจุบัน ประเทศที่พัฒนาแล้วให้ความสนใจผลิตและใช้ไบโอดีเซลกันอย่างแพร่หลาย โดยมีการทดลองผลิตเพื่อใช้กันเองในครอบครัว และการผลิตในระดับโรงงานต้นแบบ จนถึงระดับที่ผลิตเพื่อจำหน่ายเป็น

อุตสาหกรรม สำหรับในสหภาพยุโรปและประเทศสหรัฐอเมริกามีการผลิตและจำหน่ายในประเทศ ซึ่งได้รับการยอมรับจากอุตสาหกรรมผู้ผลิตรถยนต์และผู้ค้าน้ำมัน

ในระยะเวลา 15 ปีที่ผ่านมา มี 28 ประเทศทั่วโลกที่มีการศึกษาและพัฒนาการผลิตไบโอดีเซลอย่างต่อเนื่อง และในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา ประเทศที่ผลิตไบโอดีเซลเป็นอุตสาหกรรมมากที่สุด 8 อันดับแรก ได้แก่ ออสเตรีย สาธารณรัฐเช็ก ฝรั่งเศส เยอรมนี อิตาลี นิการากัว สวีเดน และสหรัฐอเมริกา

ปัจจุบัน วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลเป็นอุตสาหกรรมในปริมาณมากที่สุดคือ น้ำมันเมล็ดเรพมีส่วนแบ่งในการผลิตถึงร้อยละ 80 ของวัตถุดิบอื่นๆ ทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ น้ำมันเมล็ดทานตะวัน และน้ำมันถั่วเหลืองในส่วนแบ่งชนิดละร้อยละ 10 กลุ่มประเทศยุโรปนิยมใช้น้ำมันเมล็ดเรพและเมล็ดทานตะวันเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล โดยมีกำลังการผลิตไบโอดีเซลในกลุ่มประเทศยุโรป 15 ประเทศ ในปี พ.ศ. 2543 ประมาณ 1.27 ล้านตัน ประเทศสหรัฐอเมริกาใช้น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันใช้แล้ว (Used fried oil) เป็นวัตถุดิบ ปัจจุบันยังไม่มีโรงงานผลิตไบโอดีเซลขนาดใหญ่ มีเพียงโรงงานขนาดเล็ก 3-4 รายที่ทำการผลิตเป็นการค้าในประเทศสหรัฐอเมริกา นอกจากน้ำมันที่กล่าวข้างต้นที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับไบโอดีเซลในประเทศพัฒนาแล้วนั้น ยังมีการใช้น้ำมันปาล์ม น้ำมันลินสีด และไขสัตว์ เป็นวัตถุดิบด้วย

วิธีการผลิตไบโอดีเซล

กระบวนการผลิตไบโอดีเซลหรือการสังเคราะห์สารเอสเทอร์จากน้ำมันพืช ไขสัตว์ มี 3 วิธี คือ

1. การใช้ปฏิกิริยา Transesterification ของน้ำมันและแอลกอฮอล์ โดยใช้ด่างหรือกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

2. การใช้ปฏิกิริยา Transesterification ของน้ำมันและแอลกอฮอล์ ทำปฏิกิริยาที่ความดันสูง โดยไม่ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น เทคโนโลยีของบริษัท Henkel

3. การเปลี่ยนน้ำมันพืช ไขสัตว์ ให้เป็นกรดไขมัน แล้วจึงนำกรดไขมันไปทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ให้เป็นเอสเทอร์

การผลิตไบโอดีเซลเป็นอุตสาหกรรมในประเทศที่พัฒนาแล้วในปัจจุบัน มีทั้งระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch wise) และแบบต่อเนื่อง (Continuous) ข้อดีของการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องคือ มีราคาถูก แต่มีปัญหาด้านความปลอดภัยและปัญหาในการผลิตไบโอดีเซลให้มีคุณภาพสม่ำเสมอ

เทคโนโลยีของบริษัท Henkel มีข้อดีคือ ได้ไบโอดีเซลที่มีคุณภาพดี มีความบริสุทธิ์สูง สีอ่อน และได้กลีเซอรีนที่มีคุณภาพสูงด้วย แต่มีข้อเสียที่มีการลงทุนสูงและใช้พลังงานในการผลิตสูง อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีของบริษัท Henkel นี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ผลิตสารเอสเทอร์ชนิด FAME เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเครื่องสำอาง (Oleochemicals) ได้

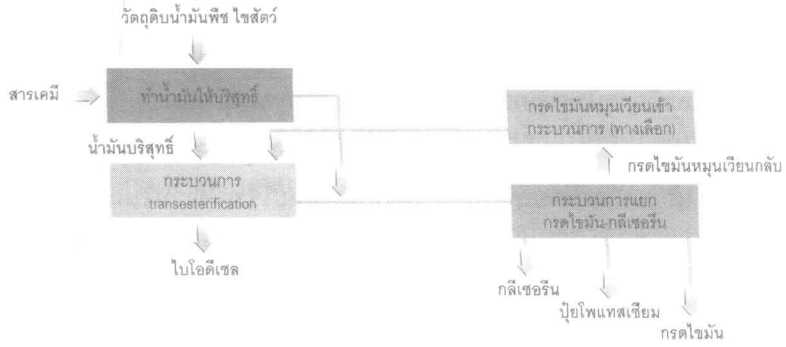
บริษัท Oelmuhle Leer Conneman เป็นบริษัทที่ผลิตไบโอดีเซลได้ปริมาณสูงสุดในประเทศ

เยอรมนีโดยใช้เทคโนโลยีที่ผลิตอย่างต่อเนื่อง ด้วยกระบวนการผลิตแบบ CD process (Continuous deglycerolization process) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเอง และร่วมจดสิทธิบัตรกับบริษัท Westfalia Separator และบริษัท Franz Kirchfeld ข้อดีของกระบวนการ CD นี้คือ ค่าลงทุนถูก ทำการผลิตที่อุณหภูมิ 65 - 70 °ซ ทำงานที่ความดันบรรยากาศปกติ ใช้พลังงานในการผลิตต่ำ และได้ไบโอดีเซลที่มีคุณภาพดีสม่ำเสมอ ตามมาตรฐาน ส่วนข้อเสียคือ กระบวนการนี้ไม่เหมาะที่ใช้ในการผลิตจากวัตถุดิบที่มีค่ากรดไขมันอิสระสูงกว่าร้อยละ 2 และไบโอดีเซลที่ผลิตจากกระบวนการ CD มีสีเข้ม

กระบวนการ Transesterification ด้วยเมทานอล โดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือที่เป็น CD process ของบริษัท Oelmuhle Leer Conneman เป็นกระบวนการที่ให้ผลผลิตสูงสุด และมีการสูญเสียน้อยที่สุด โดยใช้น้ำมันเมล็ดเรพซนิดดิบที่ผ่านการแยกเอายางออก (Degum) แล้วเป็นวัตถุดิบ โดยเริ่มจากการทำปฏิกิริยาในคอลัมน์ทรงสูงในชุดที่หนึ่ง แล้วแยกกลีเซอรีนออกทันที จากนั้นจึงส่งสารเอสเทอร์ชนิด FAME (Fatty acid methyl ester) ที่ผลิตจากคอลัมน์ที่ 1 ผ่านเข้าไปในคอลัมน์ที่ 2 และที่คอลัมน์ที่ 2 นี้ ใช้น้ำผ่านเข้าชะล้างนำกลีเซอรอลออกจาก FAME และล้างด่างที่หลงเหลือติดมากับ FAME ด้วย ผลที่ได้ทำให้ไบโอดีเซลที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์สูง มีการก่อสร้างโรงงานที่เมืองเลร์ (Leer) ประเทศเยอรมนี มีกำลังการผลิตไบโอดีเซล 80,000 ตันต่อปี และก่อสร้างโรงงานเพิ่มอีก 1 แห่งที่เมืองฮัมบูร์ก (Hamburg) โดยมีกำลังการผลิต 100,000 ตันต่อปี

บริษัทผู้ผลิตไบโอดีเซลเป็นการค้าในประเทศสหรัฐอเมริกามีเพียง 3-4 ราย เช่น บริษัท NOPEC บริษัท Griffin Industries และบริษัท Pacific Biodiesel เป็นต้น บริษัท NOPEC มีกำลังการผลิตไบโอดีเซล 10 ล้านแกลลอนต่อปี หรือประมาณ 3.785 ล้านลิตรต่อปี ใช้น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันบริโภคใช้แล้วเป็นวัตถุดิบ โดยมีกลีเซอรีน กรดไขมัน และปุ๋ยโพแทสเซียม เป็นผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากการผลิต

บริษัท Griffin Industries ประเทศสหรัฐอเมริกา ผลิตไบโอดีเซลโดยใช้น้ำมันพืชและไขมันสัตว์ที่ใช้แล้วจากภัตตาคารเป็นวัตถุดิบ บริษัท Pacific Biodiesel ประเทศสหรัฐอเมริกา ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันใช้แล้วจากภัตตาคารเช่นกัน มีกำลังการผลิตไบโอดีเซลประมาณ 140 ตันต่อเดือนปัจจุบันการผลิตของบริษัท



แผนภูมิแสดงกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ในรูปเป็นกรณีตัวอย่างของบริษัท NOPEC ประเทศสหรัฐอเมริกา

Pacific Biodiesel เป็นการช่วยลดการอุดตัน และช่วยลดพื้นที่ฝังกลบกลางของเมืองเมาอี (Maui) เกาะฮาวาย

น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจำหน่ายเป็นการค้าในสหภาพยุโรปและประเทศสหรัฐอเมริกาต้องมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ปัจจุบันประเทศเยอรมนีได้กำหนดมาตรฐาน DIN E 51606 เพื่อใช้เป็นมาตรฐานไบโอดีเซลดังแสดงในตารางที่ 1 นอกจากนั้นแล้ว ยังมีการจัดทำมาตรฐานไบโอดีเซลสำหรับสหภาพยุโรปหรือมาตรฐานอียูด้วย ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ประกาศใช้มาตรฐาน ASTM ไบโอดีเซลฉบับชั่วคราว หรือ ASTM PS 121-99 มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 และเมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2544 ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ประกาศใช้มาตรฐาน ASTM D 6751 เป็นมาตรฐานการซื้อขายไบโอดีเซลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในประเทศสหรัฐอเมริกา

ตารางที่ 1 มาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซลตามมาตรฐาน DIN E 51606 ของประเทศเยอรมนี

คุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง	หน่วย	วิธีทดสอบ	เกณฑ์ต่ำสุด	เกณฑ์สูงสุด
ค่าความถ่วงจำเพาะ ที่ 15 °ซ	กรัม/มิลลิลิตร	ISO 3675	0.875	0.900
ค่าความหนืด ที่ 40 °ซ	มม.^{2}/วินาที	ISO 3104	3.5	5.0
จุดวาบไฟ (วิธี Pensky-Marten closed tester)	°ซ	ISO 2719	100	-
จุดอุดตันไส้กรอง (CFPP)	°ซ	DIN EN 116	*	
15 เม.ย. - 30 ก.ย.		*	-	0
10 ต.ค. - 15 พ.ย.		-	-	-10
16 พ.ย. - 28 ก.พ.		-	-	-20
1 มี.ค. - 14 เม.ย.		-	-	-10
ปริมาณกำมะถัน	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ISO 4260	-	0.01
กากถ่านคอนราดสัน (ร้อยละ 10 ของกากที่เหลือจากการกลั่น)	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ISO 10370	-	0.30
ค่าซีเทน		ISO 5165	49	-
เถ้า	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ISO 6245	-	0.01
น้ำ	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ASTM D 1744	-	300
มลพิษทั้งหมด	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	DIN 51419	-	20
การกัดกร่อนทองแดงที่ 50 °ซ 3 ชั่วโมง		ISO 2160	-	1

ตารางที่ 1 มาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซลตามมาตรฐาน DIN E 51606 ของประเทศเยอรมนี (ต่อ)

คุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง	หน่วย	วิธีทดสอบ	เกณฑ์ต่ำสุด	เกณฑ์สูงสุด
ค่าความเป็นกลาง	มิลลิกรัม KOH/กิโลกรัม	DIN 51558 part 1	-	0.5
เมทานอล	ร้อยละโดยน้ำหนัก	**	-	0.3
โมโนกลีเซอไรด์	ร้อยละโดยน้ำหนัก	**	-	0.8
ไดกลีเซอไรด์	ร้อยละโดยน้ำหนัก	**	-	0.1
ไตรกลีเซอไรด์	ร้อยละโดยน้ำหนัก	**	-	0.1
กลีเซอรีนอิสระ	ร้อยละโดยน้ำหนัก	**	-	0.02
กลีเซอรีนทั้งหมด	ร้อยละโดยน้ำหนัก	**	-	0.25
ค่าไอโอดีน	กรัม ไอโอดีน/100 กรัม	DIN 53241 part 1	-	115
ฟอสฟอรัส	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	**	-	10

* ยังไม่มีการกำหนด

** จะมีมาตรฐานกำหนด

สำหรับประเทศไทย มีการผลิตไบโอดีเซลในระดับโรงงาน ที่อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีกำลังการผลิตประมาณ 30,000 ลิตรต่อวัน โดยใช้น้ำมันมะพร้าวและน้ำมันใช้แล้วจากพืชและสัตว์เป็นวัตถุดิบ นอกจากการผลิตไบโอดีเซลแล้ว ยังมีการผลิตดีเซลปาล์มและดีเซลมะพร้าวด้วยภูมิปัญญาชาวบ้านเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล ในการผลิตได้ใช้น้ำมันพืชผสมกับน้ำมันดีเซลและ/หรือน้ำมันก๊าดด้วยอัตราส่วนต่างๆ กัน น้ำมันดีเซลปาล์มและดีเซลมะพร้าวจากปั๊มน้ำมันต่างๆ มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2 คุณสมบัติของน้ำมันพืช ทั้งในรูปของน้ำมันพืชผสมสารอื่นๆ และน้ำมันดิบ พบว่ามีความแตกต่างจากน้ำมันดีเซล โดยเฉพาะค่าความถ่วงจำเพาะและความหนืดที่สูงกว่ามาตรฐานน้ำมันดีเซลมาก และเมื่อใช้น้ำมันดีเซลมะพร้าวดิบเป็นเชื้อเพลิงในยานพาหนะ พบว่าปริมาณสารมลพิษบางชนิดลดลง และบางชนิดเพิ่มสูงขึ้น ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงนั้น เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลมะพร้าวดิบจะมีอัตราการสิ้นเปลืองสูงกว่าเมื่อใช้เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล จึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงความเหมาะสม ทั้งในรูปแบบของน้ำมันให้มีความเหมาะสมกับประเภทของเครื่องยนต์และมลพิษที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 2 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลปาล์มและดีเซลมะพร้าวที่เก็บตัวอย่างได้จากสถานีบริการน้ำมันแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย

คุณสมบัติ	มาตรฐานน้ำมันดีเซล		น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืชชนิดดิบจากแหล่งต่างๆ*					
	หมุนช้า	หมุนเร็ว	1	2	3	4	5	6
ค่าความร้อน (กิโลจูล / กิโลกรัม)	na	na	37,871	39,204	38,577	37,949	39,406	39,540
ค่าความถ่วงจำเพาะที่ 15.6 °ซ	< 0.92	0.81-0.87	0.931	0.906	0.905	0.948	0.901	0.911
ค่าซีเทน	> 45	> 47	56	na	na	na	na	na
ค่าความหนืด ที่ 40 °ซ, เซนติสโตก	< 8	1.8-4.1	22.9	16.6	16.1	23.0	14.6	16.2
จุดไหลเท (°ซ)	< 16	< 10	21	15	15	15	18	15
ปริมาณกำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	< 1.5	< 0.05	0.004	0.004	0.005	0.001	0.01	0.007
น้ำ/ตะกอน (ร้อยละโดยปริมาตร)	< 0.3	< 0.05	< 0.025	< 0.05	0.075	0.075	<0.025	<0.025
เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	< 0.02	< 0.01	0.001	0.025	0.02	0.01	0.025	0.01
จุดวาบไฟ (°ซ)	> 52	> 52	100	88	49	101	81	88
การกัดกร่อนทองแดง ที่ 50 °ซ 3 ชั่วโมง		< 1	1	1	1	1	1	1
กากถ่านคอนราดสัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		< 0.05	0.28	0.36	0.37	0.31	0.25	0.23
คุณสมบัติในการหล่อลื่น (HFRR) (ไมโครเมตร)		< 460	180	na	na	na	na	na

na = ไม่มีค่า

* หมายเหตุ : คำอธิบายหมายเลขแหล่งที่เก็บตัวอย่าง

1. ดีเซลมะพร้าว จากสถานีบริการน้ำมันที่อำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวร้อยละ 95 และน้ำมันก๊าดร้อยละ 5
2. ดีเซลมะพร้าว จากสถานีบริการน้ำมันที่อำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวร้อยละ 79 น้ำมันดีเซลร้อยละ 17 และน้ำมันก๊าดร้อยละ 4
3. ดีเซลมะพร้าว จากสถานีบริการน้ำมันที่อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม
4. ดีเซลมะพร้าว จากสถานีบริการน้ำมันที่จังหวัดเชียงใหม่

5., 6. ดีเซลปาล์มเมล็ดใน จากสถานีบริการน้ำมันที่จังหวัดชุมพร