



รายงานการวิจัย

ชุดผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจากธรรมชาติ

Biodiesel Production Kit from Used Oil
by Using Natural Solid Catalyst

ศศิกานต์ ปานปราณีเจริญและคณะ
สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชุดผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจากธรรมชาติ

Biodiesel Production Kit from Used Oil
by Using Natural Solid Catalyst

ศศิกานต์ ปานปราณีเจริญ

สาขาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ปิยรัตน์ มุลศรี

สาขาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ธรรม์ณชาติ วันแต่ง

วิศวกรรมการผลิต

เทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยี

อุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนโดยงบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาโดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2559

ชื่องานวิจัย ชูตผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจากธรรมชาติ
ผู้วิจัย ศศิกานต์ ปานปราณีเจริญ
ผู้ร่วมวิจัย ปิยรัตน์ มุลศรี
 ธรรม์ณชาติ วันแต่ง
สาขาวิชา เคมี
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ปีเสร็จวิจัย 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่ายจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ (CaO) จากเปลือกหอย เปรียบเทียบกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ผลจากการศึกษาพบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, FFA) ในน้ำมันก่อนผลิตไบโอดีเซล มีค่าเท่ากับ 3.332% โดยศึกษาตัวแปรเมทานอล ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา และเวลา พบว่า ในการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO 5%wt, ปริมาณเมทานอล 6 มิลลิลิตร และระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง ให้ผลผลิตไบโอดีเซลมากที่สุดร้อยละ 93.01 สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยา KOH ใช้ 0.75%wt, ปริมาณเมทานอล 6 มิลลิลิตร และระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ให้ผลผลิตไบโอดีเซลมากที่สุดร้อยละ 91.038 ซึ่งทั้งสองสภาวะทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 ± 5 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที เมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติปริมาณ FFA และความหนาแน่น พบว่า ไบโอดีเซลที่ใช้ตัวเร่ง CaO มีค่า FFA และความหนาแน่นเท่ากับ 0.5445% และ 0.867 g/cm^3 ในขณะที่ไบโอดีเซลที่ใช้ตัวเร่ง KOH มีค่า FFA และความหนาแน่นเท่ากับ 0.4610% และ 0.861 g/cm^3

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล, ตัวเร่งปฏิกิริยา, กรดไขมันอิสระ, เมทานอล, คุณสมบัติ

Title Biodiesel Production Kit from Used Oil by Using Natural Solid Catalyst
Researcher Sasikarn Panpraneecharoen
Co-researcher Piyarut Moonsri
 Tannachart Wantang
Major Chemistry
 Phetchabun Rajabhat University
Year 2017

Abstract

This research was studied the optimum conditions to produce biodiesel from used oil with calcium oxide (CaO) from calcined shell compare with potassium hydroxide (KOH) catalyst. The free fatty acid (FFA) in used oil as raw material was 0.832%. The methanol content, catalyst content and the reaction time were investigated to produce biodiesel. The results found that the 5 %wt CaO of solid catalyst, 6 ml of methanol and 180 minutes of the reaction time could produce 93.01 of biodiesel yield. For traditional condition, 0.75 %wt of KOH, 6 ml of methanol and 60 minutes of the reaction time could produce 91.038 of biodiesel yield. The both of conditions were carried at 60 ± 5 °C and speed 600 rpm. The biodiesel products were studied the %FFA and density. The results showed that the biodiesel with CaO catalyst had 0.5445% of FFA and 0.867 g/cm³ of density. For the biodiesel with KOH catalyst had 0.4610 % of FFA and 0.861 g/cm³ of density. The biodiesel was increased production with optimum conditions in biodiesel production kit. This can be used for teaching instrument and for interested people.

Keywords : Biodiesel, Used oil, Transesterification reaction, Catalyst

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านปาล์มน้ำมัน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สละเวลาให้คำแนะนำคำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้
ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

[illegible]

31 00000000 2560

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	1
บทที่ 1	1
1.1	1
1.2	3
1.3	3
1.4	3
1.5	4
1.6	4
1.7	5
บทที่ 2	6
2.1	6
2.2	6
2.3	7
2.4	11
2.5	12
2.6	15
2.7	17
2.8	19
2.9	21
2.10	24

สารบัญ (ต่อ)

		๒๒๒
	2.11	๒๖
	2.12	๒๘
	2.13	๒๙
	2.14	๓๐
	2.15	๓๔
๒๒๒๓	๒๒๒๓๒๒๒๒๒๒	๔๔
	3.1	๔๔
	3.2	๔๔
	3.3	๔๕
	3.4	๔๕
๒๒๒๔	๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒	
	4.1	๖๗
	4.2	๖๘
	4.3	๖๙
	4.4	๗๐
	4.5	๗๑
	4.6	๗๒
๒๒๒๕	๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒	
	5.1	๗๔
	5.2	๗๕
๒๒๒ ๒๒๒๒๒		๗๖
๒๒๒๒๒๒		๘๑
	๒๒๒๒๒๒ ๒ ๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒ ๒	๘๒

สารบัญ

สารบัญ	หน้า
2.1	20
2.2	21
2.3	23
2.4	26
3.1	44
3.2	44
3.3	46
3.4	47
3.5	51
3.6	56
3.7	58
4.1	67
4.2	70
4.3	71
4.4	72
4.5	73
4.6	73

สารบัญตาราง

หน้า

หน้า

2.1	การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ 17	
2.2	การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ 25	
2.3	การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ 25	
2.4	การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ 25	
2.5	การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ 27	
2.6	การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ Transesterification 27	
3.1	น้ำมันพืชที่ใช้แล้วและเปลือกหอยวัตถุดิบเริ่มต้น	45
	การเตรียมตัวอย่าง	
3.2	การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ 61	
3.3	การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ 62	
	จากและน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว	
3.4	การเตรียมตัวอย่าง 63	
3.5	การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ 64	
3.6	การเตรียมตัวอย่าง 64	
3.7	การเตรียมตัวอย่าง 65	
3.8	การเตรียมตัวอย่าง 66	
4.1	การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ XRD ของ CaO 68	
	การเตรียมตัวอย่าง	
4.2	การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ FTIR ของ CaO 69	

()

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ทั่วโลกเผชิญอยู่ทุกวันนี้ นับวันยังมีความหลากหลาย ซับซ้อน และทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ เช่น ปัญหาโลกร้อน อุทกภัย ภัยแล้ง น้ำเสีย ขยะ มลพิษทางอากาศ รวมทั้งปัญหาการขาดแคลนพลังงานซึ่งกำลังวิกฤตอยู่ในขณะนี้ ปัญหาต่างๆ เหล่านี้เป็นผลพวงมาจากการพัฒนาที่ผ่านๆ มามุ่งเน้นด้านวัตถุ ส่งเสริมค่านิยมในการใช้ชีวิตอย่างหรูหรา ใช้จ่ายฟุ่มเฟือยจนเกินความจำเป็นเพื่อตอบสนองความต้องการอย่างไม่มีที่สิ้นสุด โดยในกระบวนการของการพัฒนาด้านต่างๆ ได้มีการคิดค้นวิธีการที่ทำให้สามารถนำเอาทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดขึ้นมาใช้ครั้งละปริมาณมากๆ และรวดเร็ว ทั้งทรัพยากรที่ทดแทนได้และทรัพยากรที่ทดแทนไม่ได้เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในทุกๆ ด้าน ทำให้ทรัพยากรที่เคยมีอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ในธรรมชาติหมดไปอย่างรวดเร็วภายในเวลาไม่กี่สิบปีหลังการปฏิวัติอุตสาหกรรม การใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีขีดจำกัดนี้ ได้นำไปสู่ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรและปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์เอง และยังรวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ร่วมกันบนโลกใบนี้ด้วย โดยเฉพาะปัญหาโลกร้อน (Global Warming) ที่ทำให้สภาพภูมิอากาศแปรปรวน เกิดพายุขึ้นบ่อย ครึ่งเกิดอุทกภัยและภัยแล้งไปทั่วโลก และยากที่จะแก้ไขได้ภายในสิบปีหรือยี่สิบปี และอีกปัญหาหนึ่งที่กำลังอยู่ในภาวะวิกฤตขณะนี้ก็คือ ปัญหาการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักของประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยและอีกหลายประเทศทั่วโลกกำลังประสบกับสภาวะการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงและปัญหาราคาน้ำมันแพงจนถึงเข้าขั้นวิกฤต ทั้งนี้เนื่องมาจากภาคอุตสาหกรรมและการขนส่งได้มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ปริมาณน้ำมันในแหล่งสำรองเหลือน้อยลงทุกที จากวารสารนโยบายพลังงานของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ในปี 2550 มีปริมาณการใช้น้ำมันสำเร็จรูปรวม 703 พันบาร์เรลต่อวัน โดยน้ำมันชนิดที่มีการใช้มากที่สุด คือ น้ำมันดีเซล 324 พันบาร์เรลต่อวัน ซึ่งเป็นสัดส่วนการใช้ที่สูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 46 ของการใช้น้ำมันสำเร็จรูปทั้งหมด (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2550) ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงเหล่านี้ประเทศไทยต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ประกอบกับช่วงเวลานี้ได้มีสงครามเกิดขึ้นบ่อยครั้งในประเทศผู้ส่งออกน้ำมัน ส่งผลให้ราคาน้ำมันในตลาดโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วต่อเนื่อง ประเทศไทยและอีกหลายๆ ประเทศจึงต้องประสบกับปัญหาราคาน้ำมันแพงและการขาดแคลน

น้ำมันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ปัจจุบันเพื่อรับมือกับปัญหาดังกล่าว รัฐบาลได้รณรงค์ให้ทุกภาคส่วนลดการใช้พลังงานลงและสนับสนุนให้มีการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งการรณรงค์ดังกล่าวเป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาพลังงานของประเทศ โดยมีเป้าหมายให้ภาคขนส่งและภาคอุตสาหกรรมลดการใช้พลังงานลง 25 % ในปี 2551 และภาครัฐลดการใช้พลังงานลง 10 - 15 % ทันที (ปิยสวัสดิ์ อัมระนันทน์, 2548) จากยุทธศาสตร์ดังกล่าว รัฐบาลได้ส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนแทนการใช้พลังงานสิ้นเปลือง เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล และพลังงานชนิดอื่นๆ เนื่องจากเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือมีน้อย และผลิตได้เองในท้องถิ่น โดยในภาคการเกษตรได้รณรงค์ให้เกษตรกรปลูกพืชน้ำมัน เช่น ปาล์ม ถั่วเหลือง ละหุ่ง และสบู่ดำ เพื่อนำมาสกัดน้ำมันใช้กับเครื่องยนตรการเกษตรรอบดำ หรือผลิตเป็นไบโอดีเซลใช้กับเครื่องยนตดีเซลทั่วไปเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล โดยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลแล้ว ไบโอดีเซลมีข้อดีตรงที่ราคาถูกกว่า ผลิตได้ง่ายจากพืชน้ำมันในท้องถิ่นทำให้ลดการพึ่งการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศลง และช่วยลดมลพิษทางอากาศ เช่น ฝุ่นละออง ไฮโดรคาร์บอน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ศิริวรรณ ปรียาจิตต์, 2551) นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยในการพุงราคาพืชผลทั้งหมดทางการเกษตรได้อีกด้วย

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้้ำมันพืชเก่ากลับมาประกอบอาหารซ้ำมีความเสี่ยงต่อการก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ เนื่องจากในน้ำมันพืชใช้แล้วที่นำกลับมาใช้ซ้ำมีสารพิษก่อมะเร็ง (carcinogen) อยู่ 2 กลุ่ม คือ อนุมูลอิสระ (free radicals) และไดออกซิน จึงสมควรนำน้ำมันเก่าเหล่านั้นมาแปรรูปให้เกิดประโยชน์เป็นพลังงานแทนการนำกลับไปใช้บริโภค และจากปัญหาราคาน้ำมันแพงในปัจจุบันทำให้ต้องหาแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งกระบวนการผลิตและเทคโนโลยีที่ใช้ผลิตทั้งหมด คนไทยสามารถศึกษา คิดค้นด้วยภูมิปัญญา และทดลองโดยไม่ต้องพึ่งพาอาศัยเทคโนโลยีจากต่างประเทศ การลงทุนอุปกรณ์การผลิตราคาไม่สูงมาก สามารถผลิตเป็นอุตสาหกรรมในครอบครัวได้ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตหาได้และมีอยู่ทั่วไปในชุมชนทุกครัวเรือน ทำให้เรื่องของการผลิตพลังงานซึ่งเป็นสิ่งสำคัญของโลกในยุคปัจจุบันสามารถอยู่ในมือของประชาชนทั่วไปได้ ไม่จำเป็นต้องถูกผูกขาดโดยกลุ่มนายทุนใหญ่หรือบริษัทข้ามชาติ อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวอีกด้วย (เทคโนโลยีชาวบ้านและคณะ, 2548)

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น จึงได้ทำการเลือกน้ำมันพืชที่ใช้แล้วมาศึกษาและทดสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลให้มีคุณภาพและได้ปริมาณที่สูง แล้ว ยังเป็นการลดความเสี่ยงในการเกิดโรคจากการใช้น้ำมันที่ใช้แล้วซ้ำๆ หลายๆ ครั้งอีก

ด้วย ซึ่งการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วสามารถทำได้ไม่ยาก อาศัยวัตถุดิบเพียงแค่น้ำมันพืชที่ใช้แล้วหรือจะเป็นน้ำมันพืชที่เก่าๆ ก็ได้ แอลกอฮอล์ และตัวเร่งปฏิกิริยาเท่านั้น

งานวิจัยฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่ายจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วซึ่งทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันมาจากร้านปลาท้องถิ่นแห่งหนึ่งในจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยเปรียบเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมกับการนำไปผลิตไบโอดีเซลต่อไป

1.2 คำสำคัญ (keywords) ของโครงการวิจัย

1.2.1 ไบโอดีเซล

1.2.2 น้ำมันใช้แล้ว

1.2.3 ปฏิกิริยาทรานเอสส์เทอริฟิเคชัน

1.2.4 ตัวเร่งปฏิกิริยา

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็งจากธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซล

1.3.2 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่ายจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเบสแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยเปรียบเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

1.3.3 เพื่อประดิษฐ์ชุดผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจากธรรมชาติ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ขอบเขตของเนื้อหา

งานวิจัยนี้มีขอบเขตเนื้อหา คือ

1.4.1.1 ศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการผลิตไบโอดีเซลและวิธีตรวจสอบคุณภาพไบโอดีเซล รวมทั้งศึกษาการวางแผนดำเนินงานตามขั้นตอนที่ได้ศึกษามาพร้อมทั้งจัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.4.1.2 เริ่มปฏิบัติการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของไบโอดีเซล

1.4.1.3 นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผล

1.4.1.4 จัดทำรูปเล่มงานวิจัย

1.4.2 ขอบเขตพื้นที่

ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเคมี อาคารสิรินธร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

1.5 ระยะเวลาในการทำวิจัย

ใช้ระยะเวลาในการทำวิจัย 12 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2558 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2559

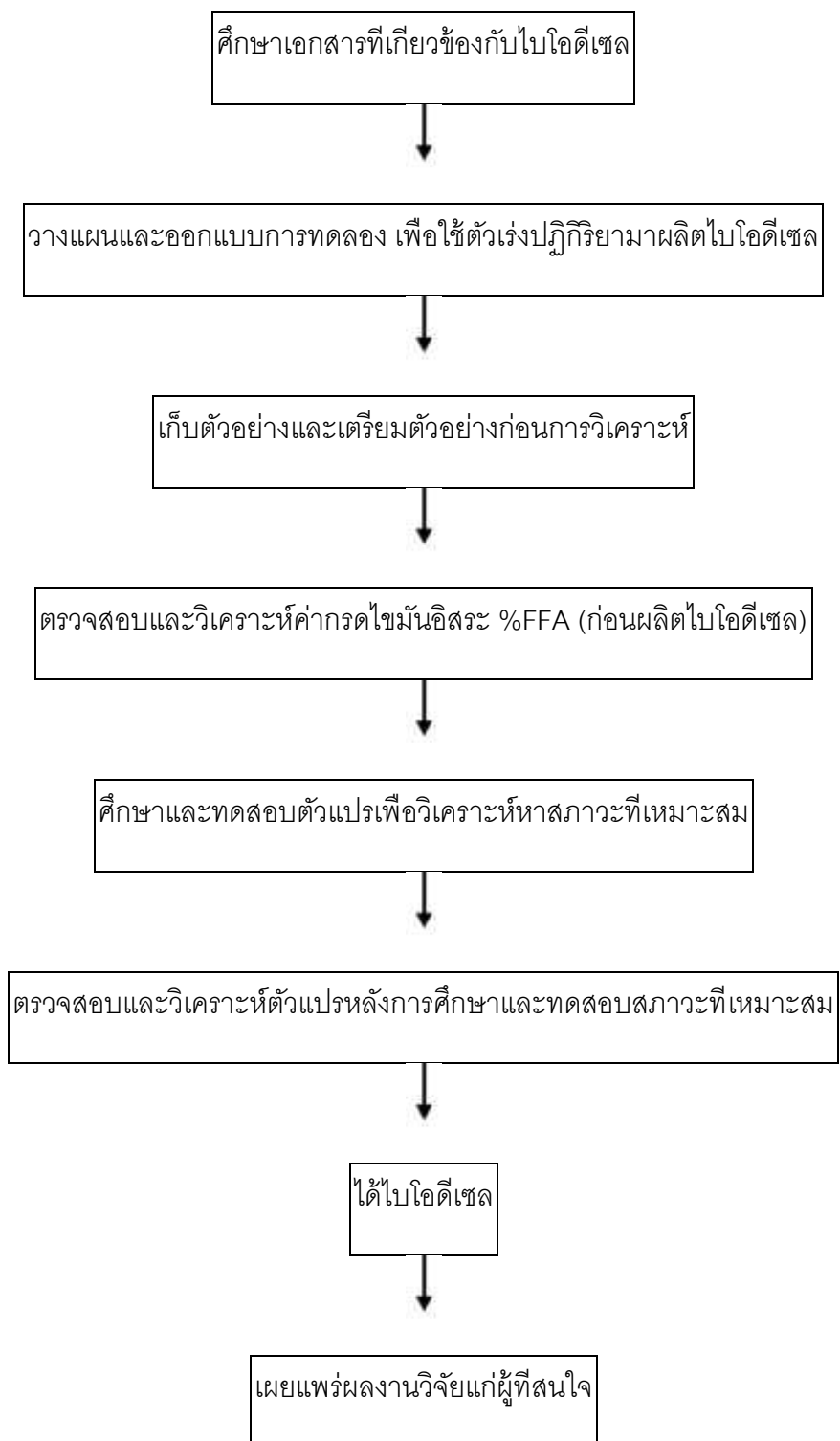
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว

1.6.2 นำของเสียเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์

1.6.3 ได้ความรู้เผยแพร่ให้นักศึกษา และผู้ที่สนใจ

1.7 ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) กรอบแนวความคิดของวิธีดำเนินการวิจัย



บทที่ 2

2.1

จากวารสารนโยบายพลังงานของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ปี 2550 ประเทศไทยมีการใช้น้ำมันสำเร็จรูปรวม 703 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน ลดลงจาก ปี 2549 ร้อยละ 1.5 เนื่องจากราคาน้ำมันเบนซินและดีเซลอยู่ในระดับสูง และมาตรการประหยัดพลังงานของภาครัฐส่งผลให้ประชาชนหันมาใช้เชื้อเพลิงทางเลือกอื่นแทนน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้นสถานการณ์การใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีที่แล้วร้อยละ 2.8 โดยมีการใช้น้ำมันเบนซินธรรมดาเพิ่มขึ้นและใช้เบนซินพิเศษลดลงเนื่องจากราคาน้ำมันอยู่ในระดับสูง อีกทั้งประชาชนส่วนหนึ่งหันไปใช้แก๊ส LPG ในรถยนต์เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณการใช้แก๊สโซฮอล์ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีที่แล้วร้อยละ 24 เนื่องจากนโยบายส่งเสริมการใช้แก๊สโซฮอล์ของกระทรวงพลังงาน โดยลดอัตราเงินส่งเข้ากองทุนน้ำมันแก๊สโซฮอล์ให้ต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน มีผลทำให้ราคาแก๊สโซฮอล์ต่ำกว่าน้ำมันเบนซินมาก มีผลกระตุ้นให้ประชาชนหันมาใช้แก๊สโซฮอล์มากขึ้น โดย ณ สิ้นเดือนกันยายน 2550 มีสถานีบริการน้ำมันแก๊สโซฮอล์รวมทั้งสิ้น 3,661 สถานี สำหรับปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล อยู่ที่ระดับ 324 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปีที่แล้วร้อยละ 1.8 ส่วนปริมาณการใช้ไบโอดีเซลปี 5 ในช่วง 9 เดือนแรกของปี 2550 เพิ่มขึ้นจาก 0.6 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน มาอยู่ที่ระดับ 7.9 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน โดยในปัจจุบันมีสถานีบริการน้ำมันไบโอดีเซลปี 5 รวมทั้งสิ้น 801 สถานี ทั้งนี้เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้ไบโอดีเซลปี 5 รัฐบาลจึงได้กำหนดลดอัตราเงินส่งเข้ากองทุนน้ำมันเชื้อเพลิงให้ต่ำกว่าน้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ส่วนสถานการณ์การใช้แก๊ส LPG มีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 12.9 เป็นการใช้ในครัวเรือน และในรถยนต์เป็นหลัก เนื่องจากระดับราคาน้ำมันเบนซินสูงขึ้น ทำให้ผู้ใช้รถยนต์ส่วนหนึ่งหันมาใช้แก๊ส LPG ทดแทน (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2550)

หลายประเทศจึงหันมาส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น และเชื่อว่าพลังงานทดแทนจะมีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ สำหรับประเทศไทยซึ่งต้องนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงประเภทปิโตรเลียมเป็นจำนวนมาก จึงให้ความสำคัญกับการพัฒนาและส่งเสริมเทคโนโลยีเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานทดแทนทุกประเภท ได้แก่ พลังงานลม แสงอาทิตย์ ก๊าซชีวภาพ ชีวมวล พลังงานน้ำ และการใช้น้ำมันจากพืชเป็นเชื้อเพลิง โดยนำองค์ความรู้ที่มีอยู่มาพัฒนาให้เหมาะสมสอดคล้องกับศักยภาพและสภาพแวดล้อมของประเทศไทย เช่น การรวบรวมเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นพลังงาน การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของพืชที่จะนำมาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลและเชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นต้น

2.2.1 ประเภทพลังงานทดแทน

พลังงานทดแทน คือ พลังงานที่ใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นพลังงานหลักที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน เป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พลังงานทดแทนแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. พลังงานทดแทนจากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไป เช่น ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ หินน้ำมัน
2. พลังงานทดแทนที่สามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีก เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล น้ำเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ไพสิฐ ตัญญาพงษ์, 2554)

2.2.2 พลังงานชีวมวลหรือพลังงานมวลชีวภาพ (Biomass Energy)

พลังงานชีวมวล หรือ พลังงานมวลชีวภาพ (Biomass Energy) คือ พลังงานที่ถูกเก็บสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตหรือสารอินทรีย์ต่างๆ ไปตามธรรมชาติหรือในชีวมวล (Biomass) ที่เราสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ เช่น ต้นหญ้า ต้นไม้ กิ่งไม้ หรือเศษวัสดุที่เหลือจากการเกษตรหรือการอุตสาหกรรม เช่น ฟาง ชี้เลี้ยง แกลบขาน้อย เศษไม้ เปลือกไม้ มูลสัตว์ รวมทั้งของเหลือหรือขยะจากครัวเรือนมนุษย์โดยอาจจะไม่ต้องผ่านหรือต้องผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานในรูปแบบที่สามารถใช้ได้ การไม่ผ่านการแปรรูปเลย เช่น การเผาเพื่อให้เกิดพลังงานความร้อน ส่วนการต้องผ่านการแปรรูป เช่น ทำให้กลายเป็นเอทานอล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพความสะดวกและความต้องการจะใช้งานรูปแบบใดมากกว่ากัน (เทคโนโลยีชีวภาพ แหล่งรวมความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ, 2016)

2.3 ประเภทพลังงานทดแทน

2.3.1 ประเภทพลังงานทดแทน

แนวความคิดในการนำไบโอดีเซลมาเป็นเชื้อเพลิงนั้นเกิดขึ้นในปี 1987 เมื่อ ดร.รูดอล์ฟ ดีเซล ได้คิดค้นและสร้างเครื่องยนต์ดีเซลเครื่องแรกขึ้นมา แรงจูงใจของเขาคือการนำเสนอเครื่องจักรให้กับบริษัทขนาดเล็กต่างๆ ซึ่งเป็นจุดที่ทำให้เขาพยายามคิดค้นสร้าง

เครื่องยนต์ขึ้นมาโดยเครื่องยนต์นั้นจะต้องมีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่องยนต์ไอน้ำขนาดใหญ่และมีราคาแพงรวมถึงเครื่องยนต์ประเภทเผาไหม้ภายในซึ่งผลิตขึ้นโดย นิโคลัส ออตโต้ ในปี 1876 เครื่องยนต์ต้นแบบของดร. ดีเซลนั้นสามารถทำงานด้วยกำลังของเครื่องยนต์เองเป็นครั้งแรกที่เมืองออกซ์เบิร์ก (เยอรมัน) เมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 1893 ซึ่งภายหลังถูกประกาศให้เป็น “วันไบโอดีเซลนานาชาติ” หลังจากที่ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับเชื้อเพลิงหลายๆครั้งนั้นเขาได้แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์ประเภท “จุดระเบิดด้วยการอัด” ที่มีความเสถียรในงานแสดงเครื่องยนต์โลกที่กรุงปารีสในปี 1900 ซึ่งได้รับรางวัลกรังปรีซ์ (รางวัลสูงสุด) เนื่องจากเครื่องยนต์นั้นทำงานได้โดยใช้น้ำมันถั่ว เพียงอย่างเดียว ดร.ดีเซลเป็นผู้ที่มีสายตากว้างไกลซึ่งเขาได้กล่าวไว้ในปี 1912 ขณะบรรยายว่า “การนำน้ำมันจากผักมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในปัจจุบันนั้นอาจดูไม่ใช่เรื่องที่สลักสำคัญเท่าไร แต่ในอนาคตน้ำมันเหล่านี้อาจมีความสำคัญเทียบเท่ากับน้ำมันปิโตรเลียมและน้ำมันถ่านหินในปัจจุบัน”

อย่างไรก็ตามหลังจากการเสียชีวิตของเขาในปี 1913 นั้นผู้ผลิตเครื่องยนต์ดีเซลได้ทำการปรับเครื่องยนต์ให้ใช้น้ำมันดีเซลแทนน้ำมันจากผักซึ่งถือเป็นจุดกำเนิดของการพัฒนารถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน บริษัทน้ำมันต่างๆ ได้กลั่นน้ำมันดิบจำนวนมากเพื่อการรองรับซึ่งส่งผลให้เกิดส่วนเกินจากการกลั่นน้ำมันซึ่งได้กลายเป็นเชื้อเพลิงชั้นดีสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลและมีราคาถูกกว่าตัวเลือกที่เป็นสารชีวมวลอื่นๆ ซึ่งในช่วงต้นของศตวรรษที่ 20 นั้นปรากฏว่า เชื้อเพลิงที่ทำจากน้ำมันผักเกิดความขาดแคลน ความสนใจในเครื่องของเชื้อเพลิงชีวะนั้นยังคงถูกวิจัยอย่างต่อเนื่องในหลายๆประเทศในช่วงทศวรรษที่ 1920 และ 1930 ตลอดมาจนถึงในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 ในเวลาเดียวกันนั้นการหมดไปของทรัพยากรได้กลายมาเป็นสิ่งหลักที่ทำให้เกิดการวิตกกังวลรวมกับราคาของน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากวิกฤตน้ำมันในปี 1973 และ 1979 นั้นทำให้เกิดความท้าทายในส่วนของเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมในการเผาเชื้อเพลิงจากซากพืชซากสัตว์ซึ่งถือเป็นการหันจุดสนใจกลับไปยังแหล่งทรัพยากรพลังงานหมุนเวียน ในปี 1977 นักวิทยาศาสตร์ชาวบราซิลชื่อ เอ็กซ์เปติโต้ พาเร็นเต้ ได้ผลิตไบโอดีเซลโดยใช้กระบวนการเปลี่ยนสภาพของเอสเตอร์ด้วยเอทานอล การวิจัยการใช้งานกระบวนการเปลี่ยนสภาพของเอสเตอร์จากดอกทานตะวันนั้นถูกริเริ่มขึ้นที่ประเทศแอฟริกาใต้ในปี 1979 และในปี 1983 นั้นกระบวนการผลิตไบโอดีเซลซึ่งได้ทดลองกับเครื่องยนต์แล้วนั้นได้กลายเป็นเรื่องที่รับรู้กันอย่างกว้างขวางและถูกตีพิมพ์ในระดับนานาชาติ บริษัทแก๊สก็อก (Gaskoks) ของออสเตรียเป็นบริษัทแรกที่ได้สร้างโรงงานนำร่องของการผลิตไบโอดีเซลขึ้นมาในปี 1987 และต่อมาได้สร้างโรงงานผลิตขึ้นในเดือนเมษายนของปี 1989 ตลอดช่วงทศวรรษที่ 1990 นั้นประเทศต่างๆ ในยุโรปก็ได้ดำเนินการตามเช่นเดียวกัน

สำหรับประเทศไทยนั้น เทคโนโลยีไบโอดีเซลได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่ปี 2001 โดยเป็นโครงการหลวง เช่น โครงการหลวงสวนจิตรลดาของในหลวงเพื่อที่จะช่วยเหลือชาวนา โดยก่อนหน้านี้ในปี 1985 ในหลวงทรงโปรดให้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์สร้างโรงกลั่นขนาดเล็กขึ้นที่อ่าวเล็กเพื่อผลิตน้ำมันปาล์ม ในปี 2000 นั้นได้โปรดให้กองการในพระองค์ได้ทดลองใช้น้ำมันปาล์มกับรถยนต์เครื่องดีเซลที่พระตำหนักไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในปี 2001 การใช้งานไบโอดีเซลได้กลายเป็นโครงการระดับชาติซึ่งรัฐบาลไทยได้ดำเนินการเพื่อแนะนำไบโอดีเซลในการช่วยลดการพึ่งพาอาศัยการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ ส่งเสริมความปลอดภัยทางด้านพลังงานของประเทศและเพื่อเป็นการแนะนำพลังงานทางเลือกใหม่ๆ จากพืชที่ปลูกภายในประเทศ

2.3.2 ไบโอดีเซล

ไบโอดีเซล (Biodiesel) คือ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตมาจากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์โดยผ่านกระบวนการที่ทำให้โมเลกุลเล็กลงโดยอยู่ในรูปของ เอทิลเอสเทอร์ (Ethyl esters) หรือเมทิลเอสเทอร์ (Methyl esters) ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมาก สามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้โดยตรงกระบวนการทำให้โมเลกุลเล็กลงในรูปของเอสเทอร์นี้ เรียกว่า ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification reaction) น้ำมันไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนที่ได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐ ให้มีการผลิตขึ้นใช้เองอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติเด่นหลายอย่างเช่น สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ และไม่ปล่อยสารประกอบของกำมะถัน เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งเป็นตัวการที่ก่อให้เกิดภาวะฝนกรดในบรรยากาศ (Miao, et. Al., 2004) น้ำมันไบโอดีเซลในความหมายของการผลิตในระดับอุตสาหกรรม หมายถึงการนำน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) และแอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ เช่น เอทานอลหรือเมทานอลในปริมาณที่มากเกินไป มาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้ กรด-ด่าง หรือเอนไซม์ที่ได้จากเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อเกิดการรวมพันธะของไตรกลีเซอไรด์ และแอลกอฮอล์ เปลี่ยนวัตถุดิบตั้งต้นไปเป็นเอทิลเอสเทอร์ (Fatty acid esters : FAEs) หรือเมทิลเอสเทอร์ (Fatty acid methy esters : FAMEs) และกลีเซอรอล (Glycerol) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอุตสาหกรรมอาหารและยาได้ (ปิยรัตน์ มูลศรี, 2554)

ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกที่ผลิตจากแหล่งทรัพยากรหมุนเวียน เช่น น้ำมันพืช หรือไขมันจากสัตว์ โดยไบโอดีเซลมีคุณสมบัติที่สามารถย่อยสลายได้เองตามกระบวนการทาง

ชีวภาพ (Biodegradable) และไม่มีพิษ (Nontoxic) ดังนั้นจึงไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ไบโอดีเซลสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงกับยานพาหนะได้ ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล โดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์แต่อย่างใด อีกทั้งยังช่วยรักษาสภาพเครื่องยนต์ให้ใช้งานได้นานกว่าอีกด้วย เนื่องจากออกซิเจนในไบโอดีเซลให้การสันดาปที่สมบูรณ์กว่าน้ำมันดีเซล ทำให้มีควันดำและ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์น้อย ช่วยลดมลพิษทางอากาศ รวมทั้งลดการอุดตันของระบบไอเสีย เนื่องจากองค์ประกอบของไบโอดีเซลไม่มีธาตุกำมะถันแต่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จึงช่วยการเผาไหม้ได้ดีขึ้น และลดมลพิษซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ และฝุ่นละออง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)

ไบโอดีเซล หมายถึง แอลคิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (alkyl ester of fatty acid) มีสูตรทางเคมี R_1COOR_2 ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ โดยจะใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงหรือใช้ผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงก็ได้ R_1 หมายถึง ประกาศกระทรวงพลังงานเรื่อง ให้เอทานอลและไบโอดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงตามพระราชบัญญัติการค้าน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ.2543 พ.ศ.2548, COO หมายถึง กลุ่มแอลคิลจากกรดไขมัน และ R_2 หมายถึง กลุ่มแอลคิลจากแอลกอฮอล์... (ศูนย์บริการวิชาการที่ 3 จังหวัดมหาสารคาม, 2553)

ไบโอดีเซล คือ เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ หรือแม้แต่ไขมันปรุงอาหารที่ใช้แล้ว ซึ่งได้รับการกำจัดยางเหนียวและสิ่งสกปรกออกและนำไปผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า Transesterification โดยการเติมแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล หรือเอทานอลและตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ภายใต้สภาวะการเกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสม เพื่อเปลี่ยนไขมันหรือเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันจาก Triglycerides ให้เป็นโมโนอัลคิลเอสเทอร์ (Mono Alkyl Ester) ของกรดไขมัน ได้แก่ เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (fatty acid methyl ester :FAMES) หรือเอทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (fatty acid ethyl ester) และได้กลีเซอริน (glycerine) เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by product) หรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นกระบวนการแยกกลีเซอรินออกจากน้ำมัน โดยโมโนอัลคิลเอสเทอร์ชนิดนี้มีลักษณะคล้ายน้ำมันดีเซล ซึ่งเรียกเอสเตอร์ดังกล่าวไว้ว่า ไบโอดีเซล หรือ B100 ส่วนกลีเซอรินที่ได้จากการผลิตถือเป็นผลพลอยได้ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมยา เครื่องสำอาง น้ำมันหล่อลื่น ฯลฯ

2.3.3 คุณสมบัติของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล แต่มีข้อแตกต่างกันคือ ไบโอดีเซลเป็นสารไม่ไวไฟและไม่ระเบิด มีจุดวาบไฟสูงถึง 120°C ส่วนน้ำมันดีเซลมีจุดวาบไฟที่อุณหภูมิ 64°C นอกจากนั้นไบโอดีเซลยังเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงในเครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำและนำมาผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อใช้งานกับเครื่องดีเซลรอบสูงได้ (ดวงกมล ณ ระนอง, 2556)

2.4 ประเภทของน้ำมันที่นำมาใช้

แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.4.1 น้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ ไบโอดีเซลประเภทนี้คือน้ำมันพืชแท้นหรือน้ำมันจากไขมันสัตว์ซึ่งสามารถเอามาใช้ได้เลยกับเครื่องยนต์ดีเซลโดยไม่ต้องผสมหรือเติมสารเคมีอื่นใด หรือไม่ต้องนำมาเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ อย่างไรก็ตามพวกน้ำมันพืชและไขมันสัตว์จะมีปัญหาเรื่องการสันดาปไม่สมบูรณ์ เครื่องสะดุด มีผลต่อลูกสูบและวาล์ว มีความหนืดสูงที่อุณหภูมิต่ำลง ทำให้สตาร์ทติดยากทั้งที่อุณหภูมิปกติและยากขึ้นมากที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ต่างจากน้ำมันดีเซลมาก

2.4.2 ไบโอดีเซลแบบลูกผสม ไบโอดีเซลชนิดนี้เป็นลูกผสมระหว่างน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับน้ำมันก๊าดหรือน้ำมันดีเซลเพื่อให้ไบโอดีเซลมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลให้มากที่สุด ตัวอย่างเช่น โคโคดีเซล ที่อำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเป็นการผสมกันระหว่างน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันก๊าด และปาล์มดีเซล (Palm-diesel) เป็นการผสมระหว่างน้ำมันปาล์มกับน้ำมันดีเซล ไบโอดีเซลชนิดนี้จะมีปัญหาเรื่องการอุดตันของเครื่องยนต์คือไส้กรองจะอุดตันเร็วกว่าปกติ แต่เรื่องความหนืดจะมีปัญหาน้อยกว่าไบโอดีเซลชนิดแรก ทั้งนี้คุณสมบัติส่วนมากจะเหมือนน้ำมันดีเซล เครื่องจะเดินเรียบและสตาร์ทติดง่าย เหมาะสำหรับเครื่องยนต์รอบต่ำหรือเครื่องจักรกลการเกษตร

2.4.3 ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ เป็นไบโอดีเซลที่แท้จริงที่ต่างประเทศใช้กันทั่วไป ไบโอดีเซลชนิดนี้ต้องผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า Transesterification นั่นคือการนำเอาน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ที่มีกรดไขมันไปทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ โดยใช้กรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้เอสเทอร์โดยจะเรียกชนิดของไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ซึ่งจากปฏิกิริยานี้จะได้กลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้ ซึ่งถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยาและอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ไบโอดีเซลชนิดนี้มีคุณสมบัติเหมือนกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด ซึ่งมีข้อดีคือมีค่าซีเทนซึ่งเป็นค่าดัชนีการจุดติดไฟสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้การจุดระเบิดทำได้ดี การสันดาป

สมบูรณ์ มีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์น้อย ไม่มีควันดำและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีความหนืดคงที่สำหรับข้อเสียนั้น ไบโอดีเซลประเภทนี้มีต้นทุนสูงกว่าชนิดอื่นๆ เครื่องยนต์ให้กำลังต่ำกว่าน้ำมันดีเซล มีการปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์มากขึ้น (NOx) และอาจต้องดัดแปลงส่วนประกอบของเครื่องยนต์ที่เป็นยาง (Rubber) ซึ่งอาจถูกทำลายโดยไบโอดีเซล ไบโอดีเซลประเภทนี้ใช้กับเครื่องยนต์ของรถยนต์ได้ (ศิริวรรณ ปรียาจิตต์, 2551)

2.5 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.5.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

หลังจากเกิดวิกฤตน้ำมันของโลกในปี 2514 เป็นต้นมา ประเทศไทยมีความตื่นตัวและพยายามหาพลังงานทดแทนมาใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น เช่น น้ำมันพืช/สัตว์ หรือน้ำมันพืช/สัตว์ ที่ใช้แล้ว ซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่งที่ได้รับการสนใจนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล

ประเทศไทยมีการนำน้ำมันพืชมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงที่ขาดแคลนตั้งแต่สมัยสงครามโลกครั้งที่2 แต่เมื่อสงครามสงบลงและน้ำมันจากปิโตรเลียมมีราคาถูกและหาได้ง่าย จึงเลิกใช้ จนกระทั่งเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันดังกล่าวมาแล้วข้างต้นจึงได้มีการวิจัยศึกษาหาพลังงานทดแทนมาใช้อีก โดยในปี 2524 สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยและกรมวิชาการเกษตร ได้ทดลองใช้น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์มและเอสเทอร์ของน้ำมันปาล์ม มาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลอย่างไรก็ตามการพัฒนาไม่ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เพราะน้ำมันพืชที่ผลิตได้มีราคาสูงกว่าราคาน้ำมันดีเซลมากรวมทั้งในปี 2525 ได้มีการวิจัย การผสมน้ำมันพืชในน้ำมันดีเซลและ/หรือน้ำมันก๊าด แต่ยังไม่มีการนำมาใช้งานจริง และจำหน่ายในปั้มน้ำมันจนกระทั่งปัจจุบันตั้งแต่ปี2544 เมื่อวิกฤตการณ์น้ำมันเชื้อเพลิงเกิดขึ้นอีกและมีแนวโน้มว่าราคาจะปรับสูงขึ้นเรื่อยๆ เกษตรกรอาจประสบปัญหาด้านราคาที่สูงขึ้น ในขณะที่ผลผลิตทางการเกษตรมีราคาต่ำ ดังนั้นหน่วยงานต่าง ๆ เช่น โครงการส่วนพระองค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จึงได้คิดค้นวิธีการใช้น้ำมันพืชในเครื่องจักรกลโดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ ขณะเดียวกันสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย และหน่วยงานต่าง ๆ กำลังศึกษาสูตรที่เหมาะสมของน้ำมันพืชผสมทั้งในรูปแบบของน้ำมันพืชดิบผสมหรือไบโอดีเซลผสม อย่างไรก็ตามได้มีเกษตรกรบางรายที่สามารถใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นคิดค้นสูตรน้ำมันพืชผสมในรูปแบบของน้ำมันผสมโดยมีการนำน้ำมันดิบหรือก้นแล้วมาผสมกับน้ำมันปิโตรเลียมในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อใช้และจำหน่ายกันอย่างแพร่หลาย ดังตัวอย่างที่จะกล่าวต่อไป

1) สูตรทบสะแก ของนายยุทธชัย วิวิฏกุลธร เกษตรกรจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ได้คิดค้นสูตรขึ้นโดยใช้น้ำมันมะพร้าว น้ำมันก๊าด อัตราส่วน 20:1 และสูตรน้ำมันปาล์ม: น้ำมันก๊าด อัตราส่วน 60:40 โดยปริมาตร

2) สูตรดีเซลปาล์ม ของนายสามารถ มีอินทร์ เกษตรกรจังหวัดชุมพร คิดค้นสูตรโดยใช้ น้ำมันปาล์ม น้ำมันดีเซล: น้ำมันก๊าด: น้ำมันหล่อลื่นอัตราส่วน 40:30:10:10

3) สูตรน้ำมันมะพร้าว ของนายศิริ เจริญช่าง เป็นเจ้าของโรงงานหีบน้ำมันมะพร้าว อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม สำหรับส่วนผสมของสูตรนี้ผู้ประกอบการยังไม่ต้องการเปิดเผย

สูตรน้ำมันโดยภูมิปัญญาชาวบ้านดังกล่าว เป็นการใช้น้ำมันพืชมาผสมโดยไม่มีการแปรรูปทางเคมีให้เหมือนไบโอดีเซลที่ทำกันในประเทศสหรัฐอเมริกา และยุโรป เพราะน้ำมันพืชมีไขและสารเหนียว (Gum) อาจสร้างความเสียหายแก่เครื่องยนต์ อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผู้บริโภคมีทั้งผู้ที่ใช้ได้ผลดีในรถยนต์และเครื่องจักรกลทางการเกษตร และผู้ใช้ที่ประสบปัญหาเครื่องยนต์ได้รับความเสียหาย และใส่กรองอุดตัน (ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี และอนุกุล จันทรแก้ว, 2553)

ปัจจุบันไบโอดีเซลที่ใช้ได้จากกระบวนการผลิตแบบอุตสาหกรรม เช่นเดียวกับที่ดำเนินการในต่างประเทศ เช่น การผลิต Methyl หรือ Ethyl Ester ได้ผ่านขั้นตอนที่เรียกว่า Esterification หรือ Transeseterification ซึ่งเป็นกระบวนการแยก Ester ออกจากน้ำมันพืชและมีคุณสมบัติที่สามารถใช้ทดแทนพลังงานจากน้ำมันปิโตรเลียมได้

ในปี 2545 ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ได้ทดลองนำน้ำมันปาล์มดิบแปรรูปเป็นเมทิลเอสเทอร์ (ไบโอดีเซล) เพื่อใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลในเครื่องจักรกลทางการเกษตร และรถยนต์ภายในศูนย์ฯ และตั้งแต่วันที่ 2548 เป็นต้นมา ได้สร้างสถานีจ่ายไบโอดีเซล ภายในศูนย์ฯ และจำหน่ายให้แก่บุคคลทั่วไปในพื้นที่ โดยติดตั้งปั๊มและหัวจ่ายไบโอดีเซล ภายในศูนย์ฯ เชื้อเพลิงที่จำหน่ายเป็นไบโอดีเซลชนิด B100 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นสถาบันแห่งหนึ่งที่ได้วิจัยไบโอดีเซล ชนิด B 100 ตั้งแต่วันที่ 2544 ปัจจุบันได้เปิดจำหน่ายให้แก่ประชาชนทั่วไป เป็นชนิด B100 โดยใช้วัตถุดิบคือน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมัน(พืช/สัตว์) ที่ใช้แล้ว นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานต่างๆ เช่น โครงการสวนพระองค์ ในสวนจิตรลดา ปตท. กรมอุทยานเรือสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และ บริษัท ราชาไบโอดีเซล จำกัด ที่ทำการผลิตไบโอดีเซลด้วย

อนึ่ง เมื่อวันที่ 2 กรกฎาคม 2544 คณะกรรมการนโยบายแห่งชาติ ได้กำหนดชื่อ ส่วนผสมของน้ำมันพืชในน้ำมันปิโตรเลียมว่า น้ำมันดีเซลมะพร้าว หรือน้ำมันดีเซลปาล์ม สำหรับไบโอดีเซลให้ใช้เรียกเฉพาะน้ำมันพืช/สัตว์ ที่ได้ผ่านกระบวนการไปเป็น Methyl หรือ Ethyl หรือ Ethyl Ester แล้วเท่านั้น

2.5.2 ประวัติการวิจัยและพัฒนา

การวิจัยและพัฒนาทางด้านไบโอดีเซลในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกได้เริ่มมานานแล้ว เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศในทวีปยุโรป และออสเตรเลีย เป็นต้น เนื่องจากวิกฤตการณ์ขาดแคลนด้านพลังงานจากน้ำมันปิโตรเลียม ในปี 2513 และเกิดสงครามอ่าวเปอร์เซียเกิดขึ้น ทำให้การขนส่งน้ำมันไม่สะดวกส่งผลให้น้ำมันมีราคาแพงและมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการ ขณะเดียวกันผลผลิตทางการเกษตร มีปริมาณมากเกินความต้องการทำให้ราคาตกต่ำ จึงได้มีการคิดค้นวิจัยการใช้ผลผลิตทางการเกษตรเพื่อทดแทนพลังงานน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันพืชนับได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานใหม่แหล่งหนึ่งที่มีศักยภาพสูงที่ใช้ทดแทนพลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงและเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดมลพิษ การวิจัยด้านไบโอดีเซลจึงได้เริ่มอย่างจริงจังในช่วง 15 ปีที่ผ่านมา โดยในปี 2525 มีรายงานการค้นพบ Ester ที่มาจากไขสัตว์ในประเทศนิวซีแลนด์ ในปี 2531ออสเตรเลียได้ตั้งโรงงานต้นแบบผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเรพ (Rapeseed Oil) การผลิตเป็นการค้าครั้งแรกได้เริ่มในปี 2533 โดยในระยะแรกใช้กับเครื่องจักรกลทางการเกษตร และได้รับการรับรองจากผู้ผลิตรถแทรกเตอร์เกือบทุกยี่ห้อ ต่อมาได้นำมาใช้กับยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ต่าง ๆ เช่น Ford , John Deer เป็นต้น และเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นต่อผู้บริโภค ออสเตรเลียได้ออกมาตรฐานไบโอดีเซลฉบับแรกสำหรับ Rapeseed-methyl-ester (ONC 1990) และ Fatty acid-methyl-ester (CONC 1991) ในปี 2534 นอกจากนี้รัฐบาลได้สนับสนุนให้ใช้ไบโอดีเซลโดยการลดภาษีน้ำมันให้ร้อยละ 10 และออกกฎหมายให้รถยนต์ใช้ ไบโอดีเซลในเขตพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น และมีการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เพื่อรองรับการเจริญเติบโตของตลาดไบโอดีเซล

สหรัฐอเมริกาใช้น้ำมันถั่วเหลืองน้ำมันเมล็ดเรพ เมล็ดทานตะวัน และน้ำมันใช้แล้วทำการผลิตไบโอดีเซล กำลังผลิตเฉลี่ย 230,000 ตัน/ปี รวมทั้งได้ออกกฎหมายพัฒนาและส่งเสริมการผลิตและการใช้ไบโอดีเซล สมาคมทดสอบมาตรฐานวัสดุได้กำหนดมาตรฐาน ASTM D6751 เพื่อเป็นการรับประกันคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล สำหรับสหภาพยุโรปซึ่งเป็นประเทศผู้นำในการผลิตไบโอดีเซลในช่วงปี 2539-2546 มีกำลังการผลิตไบโอดีเซล 2 ล้านตัน/ปี หรือเพิ่มขึ้นมากกว่า

4 เท่า ประเทศเยอรมันผลิตมากที่สุดเป็นอันดับ 1 โดยมีกำลังการผลิตมากกว่า 1 ล้านตัน/ปี ปัจจุบันประเทศที่จะเข้าเป็นสมาชิกสหภาพยุโรปจะต้องปฏิบัติตามกฎที่กำหนดไว้ กล่าวคือ ประเทศสมาชิกจะต้องเพิ่มสัดส่วนในการใช้พลังงานชีวมวล จากร้อยละ 2 ในปี 2548 เป็นร้อยละ 5.75 ในปี 2553

สำหรับประเทศมาเลเซีย ซึ่งเป็นประเทศเพื่อนบ้านของไทย กำลังร่างกฎหมายเพื่อบังคับใช้โดยกำหนดให้น้ำมันดีเซลที่ใช้ภายในประเทศทั้งหมดต้องมีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มร้อยละ 5 ทั้งนี้เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อน้ำมันดีเซลลง โดยกำหนดให้มีผลบังคับใช้ภายในปี 2551 ปัจจุบันมาเลเซียต้องนำเข้าน้ำมันดีเซลที่ใช้กันอยู่เกือบทั้งหมดจากต่างประเทศในขณะที่เป็นประเทศที่ผลิตและส่งออกน้ำมันปาล์มสูงที่สุดของโลกซึ่งถ้าหากใช้ส่วนผสมดังกล่าวจะช่วยลดการบริโภคน้ำมันดีเซลลง 418,000 ลิตรต่อปี ทั้งนี้ชาวโรมาเลเซียที่เคยใช้น้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันดีเซลสำหรับรถแทรกเตอร์และรถบรรทุกมานานแล้ว ยืนยันว่าไม่มีผลกระทบต่อเครื่องยนต์แต่อย่างใด

(สุภาพ สุทธิรักษ์, 2550)

2.6 วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล

การผลิตไบโอดีเซลนั้นสามารถใช้วัตถุดิบได้หลากหลายไม่ว่าจะเป็น น้ำมันปาล์ม, น้ำมันจากไขสัตว์, น้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำ, น้ำมันถั่วเหลือง, น้ำมันข้าวโพดรวมทั้งน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเป็นต้น ซึ่งแต่ละชนิดจะมีลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกันในการจะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต

1. ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชน้ำมันที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยขณะนี้ เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นคือ โดยปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตน้ำมันต่อไร่สูงกว่าเมล็ดเรพถึง 5 เท่า และสูงกว่าถั่วเหลืองถึง 10 เท่า จากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปี 2552 มีเนื้อที่เพาะปลูก 3.189 ล้านไร่ ให้ผลผลิต 8.162 ล้านตัน โดยมีผลผลิตต่อไร่ 2,560 กิโลกรัมต่อไร่

2. สบู่ดำ เป็นพืชน้ำมันที่เหมาะสมสำหรับนำไปผลิตไบโอดีเซลชุมชนเนื่องจากเป็นพืชที่เพาะปลูกง่าย สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ภายในหนึ่งปีหลังปลูกและมีอายุยืนกว่า 30 ปี ให้ผลผลิต 100– 700 กก./ไร่/ปีขึ้นอยู่กับสภาพการดูแลเหมาะสำหรับให้เกษตรกรปลูกสบู่ดำตามหัวไร่ ปลายนา และนำมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำสำหรับการเกษตรแทนน้ำมันดีเซลได้

3. ถั่วลิสง เมล็ดมีน้ำมัน 50 - 60% แต่เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกลดลงอย่างต่อเนื่องปริมาณที่ผลิตได้จึงไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ภายในประเทศ

4. งา ผลผลิตจำนวน 65% ส่งออกไปยังต่างประเทศ น้ำมันงามีคุณค่าทางโภชนาการสูง เหมาะแก่การนำไปปรุงอาหารมากกว่าที่จะใช้ผลิตไบโอดีเซล

5. ทานตะวัน เป็นพืชที่ปลูกเพื่อใช้เมล็ดในการบริโภค ตลาดมีความต้องการสูง ขณะที่ ปริมาณการเพาะปลูกไม่ได้เพิ่มขึ้นจึงไม่เหมาะที่จะนำมาผลิตไบโอดีเซล

6. มะพร้าว เป็นพืชน้ำมันที่สำคัญ ปลูกได้ในทุกภาคของประเทศ โดยประเทศไทยสามารถ ผลิตมากเป็นอันดับ 5 ของโลก และมีการขยายตัวทุกปี แต่ผลผลิตของมะพร้าวมักนำมาทำเนื้อมะพร้าวแห้งจำหน่าย หากจะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ภาครัฐต้องเร่งส่งเสริมให้ เกษตรกรปลูกมะพร้าวมากขึ้น

7. ถั่วเหลือง เป็นพืชน้ำมันที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตไบโอดีเซลมากที่สุดในสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีปริมาณการผลิตถั่วเหลืองสูงถึงกว่า 30 ล้านตันต่อปี นอกจากนี้ยังมีประเทศอิตาลี ซึ่งนิยมใช้ ถั่วเหลืองในการผลิตไบโอดีเซลสำหรับการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากถั่วเหลือง ในประเทศไทยยังไม่แพร่หลายมากนักเนื่องจากนิยมนำถั่วเหลืองนำมาบริโภคมากกว่า

8. เมล็ดเรพ มีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ เหมือนเมล็ดงา เป็นพืชล้มลุกประเภทวัชพืชที่พบอยู่ทั่วไปในทวีปยุโรป มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica napus* ในปี พ.ศ.2525 ได้มีการริเริ่มคิดค้น กระบวนการ Trans-Esterification โดยใช้เมล็ดเรพ ที่สถาบัน Institute of Organic Chemistry, Graz, Austria และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคเป็นอย่างดี ปัจจุบันเมล็ดเรพเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไบโอดีเซลมากที่สุดในยุโรป คือ มีส่วนแบ่งในการผลิตถึงร้อยละ 80 ของ วัตถุดิบอื่นๆ ทั้งหมดซึ่งประเทศเยอรมันถือได้ว่าเป็นทั้งผู้นำในการนำไบโอดีเซลมาใช้แทนน้ำมัน ดีเซลและเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้วัตถุดิบจากเมล็ดเรพ ซึ่งยังไม่แพร่หลายนักในประเทศไทย

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

9. น้ำมันพืชใช้แล้ว ในระหว่างที่ต้องรอการขยายพื้นที่เพาะปลูกปาล์มให้เพียงพอ วัตถุดิบอีกประเภทหนึ่งควรส่งเสริมให้นำไปผลิตไบโอดีเซล คือ น้ำมันพืชใช้แล้ว ซึ่งนอกจากจะเป็น ประโยชน์ด้านพลังงานแล้ว ยังช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุข โดยในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ทั่วโลกมีอัตราเฉลี่ยในการบริโภคน้ำมันพืชเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 4 ต่อปี ส่งผลให้ปัจจุบันมีการ บริโภคน้ำมันพืชสูงกว่า 100 ล้านตันต่อปี เพราะวิถีการบริโภคที่หันมานิยมอาหารประเภทจานด่วน (Fast Food) ที่ปรุงด้วยการทอดมากขึ้น ผลที่ตามมา คือ มีน้ำมันพืชใช้แล้วจำนวนมากที่ เหลือจากการปรุงอาหารซึ่งจำเป็นต้องหาวิธีจัดการ ไม่ว่าจะเป็นการกำจัด บำบัด หรือนำกลับมาใช้

ประโยชน์ใหม่ โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุข (ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี และ อนุกุล จันทรแก้ว, 2553)

ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่ได้มาจากการนำเอาไขมันพืชหรือไขมันสัตว์มาผ่านกระบวนการทางเคมี และขั้นตอนที่เหมาะสม ผลิตเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพใช้ได้กับเครื่องยนต์ดีเซลทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นรถยนต์ดีเซลทั่วไป รถบรรทุก เครื่องยนต์หนัก รวมไปถึงเครื่องยนต์คอมมอนเรล ซึ่งถือว่าเป็นแนวทางพึ่งพาตนเองที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระราชทานให้ชาวไทยทั้งชาติ (ศูนย์บริการวิชาการที่ 3 จังหวัดมหาสารคาม, 2553)

2.7

ในการผลิตไบโอดีเซลมีวิธีการและทางเลือกจำนวนมาก เทคนิคต่างๆ มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้และของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต ดังนั้นการออกแบบกระบวนการผลิตที่สามารถรองรับการทำงานได้หลากหลาย จึงเป็นวิธีการที่นักออกแบบนิยมทำกัน แต่การออกแบบที่ซับซ้อนย่อมส่งผลให้เครื่องจักรมีราคาแพง และการทำงานที่ยุ่งยากขึ้น กระบวนการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ตามลักษณะการผลิต ดังนี้



2.1 การผลิตไบโอดีเซลอย่างง่าย

: วิชาการ.คอม, 2553

แบบที่ 1 กระบวนการผลิตแบบกะ เป็นที่นิยมและง่ายที่สุดเนื่องจากต้นทุนเครื่องจักรต่ำ และการดำเนินงานไม่ซับซ้อน ในการผลิตใช้ถังกวนผสมทำปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์ และไตรกลีเซอไรด์ สัดส่วนประมาณ 6:1 โดยปฏิกิริยาจะดำเนินในถังปิดหรือในถังเปิดที่มีอุณหภูมิระหว่าง 25-85 °C ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ NaOH หรือ KOH การกวนผสมที่ดีต้องเกิดในช่วงแรกเพื่อให้แอลกอฮอล์ น้ำมันและตัวเร่งปฏิกิริยาสัมผัสกันอย่างสมบูรณ์ ส่วนช่วงท้ายของปฏิกิริยาการลด

แรงกวนจะช่วยกลีเซอรอลที่เกิดจากปฏิกิริยาแยกตัวออกได้ดี ผลผลิตอยู่ในช่วงร้อยละ 85-94 หากทำปฏิกิริยาสองชั้น ตอนจะได้ผลผลิตสูงกว่าร้อยละ 95 แต่ค่าใช้จ่ายจะเพิ่มขึ้นในการกลั่น แอลกอฮอล์ที่เหลือจากปฏิกิริยากลับมาใช้งานใหม่

แบบที่ 2 กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง ที่มักใช้ในโรงงานขนาดใหญ่เป็นกระบวนการผลิตแบบถังกวนผสมต่อเนื่อง (Continuous stirred tank reactor, CSTR) ซึ่งประกอบด้วยถังกวนผสมตั้งแต่หนึ่งใบ (หรืออาจมากกว่า) ที่มีการไหลเข้าของสารป้อนทั้งหมด และมีการไหลออกของผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง ในกระบวนการผลิตที่ใช้ถังปฏิกรณ์แบบนี้ต้องมีการกวนที่รุนแรงเพียงพอที่ให้ของผสมเป็นเนื้อเดียวภายในถังก่อนไหลออกจากถัง ทำให้การแยกกลีเซอรอลในถังแยกทำได้ลำบากขึ้น

2.7.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

ส่วนใหญ่เป็นกระบวนการผลิตแบบกะ โดยเริ่มต้นจากการผสมน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์ที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิประมาณ 60°C เวลา 2-3 ชั่วโมง ที่งนนำมันให้แยกชั้นชั้นบนสุดคือ เมทิลเอสเทอร์ หรือไบโอดีเซล ชั้นล่างคือ กลีเซอรอล หรือกลีเซอริน เมื่อถ่ายชั้นกลีเซอรินออกแล้ว จะเหลือชั้นไบโอดีเซล ทำการไล่น้ำออกจากไบโอดีเซล กรอง ตรวจสอบคุณภาพ และจัดเก็บรายละเอียดตามแนวทางที่มหาวิทยาลัยวลาลันครินทร์ได้อบรมให้แก่ชุมชน โดยการสนับสนุนของกระทรวงพลังงาน ดังนี้

- 1) เตรียมน้ำมันจากห้องเก็บมากรอง (2 ชั่วโมง)
- 2) ไทเทรตน้ำมันเพื่อหากรดไขมันอิสระ (15 นาที)
- 3) ถายน้ำมันเข้าถัง (15 นาที)
- 4) ให้ความร้อน (30 นาที)
- 5) เตรียมเมทอกไซด์ (30 นาที)
- 6) ผสมเมทอกไซด์ในน้ำมัน (30 นาที)
- 7) กวนผสมให้เกิดปฏิกิริยา (3 ชั่วโมง)
- 8) ถายน้ำมันออกจากถังปฏิกิริยาเข้าสู่ถังแยกชั้น (15 นาที)
- 9) ทิ้งให้แยกชั้น (3 ชั่วโมงหรือมากกว่า)
- 10) ถ่ายกลีเซอรินออก (15 นาที)
- 11) ล้างไบโอดีเซลครั้งที่ 1 โดยในขณะล้างให้เปิดเครื่องให้ความร้อนรักษาอุณหภูมิที่ 40°C และเปิดวาล์วอากาศ (60 นาที)
- 12) ทิ้งให้แยกชั้น (2 ชั่วโมง หรือมากกว่า)

- 13) ล้างไบโอดีเซลครั้งที่ 2 (ขั้นตอนเหมือนการล้างไบโอดีเซลครั้งที่ 1)
 - 14) ล้างไบโอดีเซลครั้งที่ 3 (ขั้นตอนเหมือนการล้างไบโอดีเซลครั้งที่ 2)
 - 15) ตรวจวัด pH ของน้ำล้างและไบโอดีเซลให้เป็นกลาง (ประมาณ 15 นาที)
 - 16) เปิดเครื่องให้ความร้อนรักษาอุณหภูมิ 120 °C (ประมาณ 2 ชั่วโมง)
 - 17) ทิ้งให้เย็นตัวลง (2 ชั่วโมง หรือมากกว่า)
 - 18) กรองผ่านตัวกรอง (2 ชั่วโมง)
 - 19) ตรวจวัดคุณภาพ
 - 20) จัดเก็บ
- (สุภาพ สุทธิรักษ์และคณะ, 2550)

2.7.2 การแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. การผลิตไบโอดีเซลแบบกะ (Batch Technology) เป็นการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องทำให้ผลิตได้คราวละไม่มาก และผลผลิตมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ แต่มีข้อดีคือ ใช้เงินลงทุนต่ำ
2. แบบต่อเนื่อง - ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Continuous Trans-Esterification) เป็นการผลิตที่ต้องใช้เงินลงทุนสูงกว่าแบบแรก แต่ให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีกว่า และมีกำลังการผลิตสูงกว่า
3. แบบต่อเนื่อง - 2 ขั้นตอน (2 Step Reaction) เป็นกระบวนการที่สามารถใช้ได้กับวัตถุดิบหลายชนิด รวมถึงน้ำมันที่กรดไขมันอิสระสูงโดยการทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันในขั้นแรก และผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันอีกครั้ง ทำให้ได้ผลผลิตที่มากกว่า 2 ประเภทแรก แต่เงินลงทุนก็สูงขึ้นเช่นกัน
4. ไมโครเวฟ เทคโนโลยี (Micro Wave Technology) เป็นกระบวนการผลิตที่สามารถทำปฏิกิริยาได้เร็วขึ้นด้วยการใช้คลื่นไมโครเวฟและใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยอย่างไรก็ตามปัจจุบันยังคงมีเฉพาะ Pilot Plant และใช้เงินลงทุนสูงมาก (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

2.8 มาตรฐานและคุณภาพของไบโอดีเซล

มาตรฐานและคุณภาพของไบโอดีเซลตามมาตรฐานสากลที่นิยมใช้ในการพัฒนาไบโอดีเซลจะนิยมใช้มาตรฐาน DIN ของประเทศเยอรมนี และ ASTM (American Society of Testing and Materials) ของสหรัฐอเมริกา การทดสอบตามมาตรฐานเหล่านี้เป็นกระบวนการสำคัญที่ใช้ในการควบคุมคุณสมบัติของไบโอดีเซล และธุรกิจน้ำมันก่อนการซื้อขายในตลาดถ้าไบโอดีเซลที่จำหน่ายไม่ได้คุณภาพอาจส่งผลกระทบต่อประชาชน

สำหรับประเทศไทยกระทรวงพลังงานได้กำหนดมาตรฐาน B100 ซึ่ง B100 คือน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตจากพืชหรือไฮสตรว์โดยไม่ต้องใช้น้ำมันดีเซลปิโตรเลียม หรือน้ำมันอื่นๆ มาผสมสามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลปิโตรเลียมได้ ซึ่งประกอบด้วยพารามิเตอร์รวม 23 ตัว และจะเพิ่มอีกหนึ่งพารามิเตอร์ในกรณีที่มีการใช้สารเติมแต่งในไบโอดีเซล วัตถุประสงค์หลักตามมาตรฐานที่ประกาศใช้ B100 นั้นต้องการกำหนดขึ้นเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับนำไปผสมกับน้ำมันดีเซลปิโตรเลียม เช่น ไบโอดีเซล จำนวน 5 ส่วน ผสมกับน้ำมันดีเซลปิโตรเลียม จำนวน 95 ส่วน ที่กำลังใช้อยู่ในปัจจุบันจะเรียกว่า เป็นไบโอดีเซล B5 กระทรวงพลังงานได้ประกาศกำหนดคุณภาพมาตรฐาน ไบโอดีเซลชนิด B5 ไว้เรียบร้อยแล้ว แต่ถ้านำ B100 ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงกับเครื่องยนต์ต่างๆ โดยไม่ได้ผสมกับน้ำมันดีเซลปิโตรเลียมยังไม่ได้กำหนดมาตรฐานและยังไม่ได้ประกาศใช้ มาตรฐาน B100 ที่ประกาศใช้นั้นเป็นมาตรฐานวัตถุดิบสำหรับผสมกับน้ำมันดีเซลปิโตรเลียม ดังนั้นการที่ผู้ผลิตหรือชุมชนบางแห่งทำการผลิตไบโอดีเซลชนิด B100 ออกมาจำหน่ายจึงไม่ได้ยอมรับจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและอาจผิดกฎหมายอีกด้วย

2.1 เกณฑ์เบื้องต้นของคุณภาพไบโอดีเซลสำหรับโครงการไบโอดีเซลชุมชน

พารามิเตอร์	มาตรฐาน	ค่า
ความหนืดที่ 40 °C, CSt	ASTM D445	1.9 -6.0
ความหนาแน่น ณ 15 °C, kg/m ³	ASTM D1298	860-900
จุดวาบไฟ, °C	ASTM D93	ไม่ต่ำกว่า 100
ปริมาณกากถ่าน, %wt	ASTM D4530	ไม่สูงกว่า 0.30
ตัวเลขซีเทน	ASTM D613	ไม่ต่ำกว่า 51
ค่าความเป็นกรด, mgKOH/g	ASTM D664	ไม่สูงกว่า 0.50
Distillation 90%recovered, °C	ASTM D1160	ไม่สูงกว่า 360
การกัดกร่อน	ASTM D130	ไม่สูงกว่าหมายเลข 1
จุดไหลเท, °C	-	น้อยกว่า 6
ค่าความร้อน, Cal/g	-	มากกว่า 9,000

พารามิเตอร์ : กระทรวงพลังงาน

อนึ่ง การใช้ไบโอดีเซลชนิด B100 ในปัจจุบันยังไม่มีที่แพร่หลาย เนื่องจากผลการศึกษาด้านผลกระทบต่อเครื่องยนต์ และระบบจ่ายน้ำมันยังไม่สามารถหาข้อสรุปได้ แต่การนำไบโอดีเซลผสม

กับปิโตรเลียมดีเซลในสัดส่วน 20 ส่วน ต่อดีเซล 80 ส่วน หรือ B20 เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า
สามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สุภาพ สุทธิรักษ์ และคณะ, 2550)

2.9 ข้อกำหนดคุณสมบัติของไบโอดีเซล

การกำหนดมาตรฐานและวิธีการตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆ ของไบโอดีเซลเพื่อเป็นการ
ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันล้วนหรือไบโอดีเซล
ชนิด B100 ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อกำหนดคุณสมบัติของไบโอดีเซลและวิธีการตรวจสอบ

ลำดับ	คุณสมบัติ	ค่า	มาตรฐาน
1	เมทิลเอสเทอร์ (Methyl ester) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่ต่ำกว่า 96.5	EN 14103
2	ความหนาแน่นที่ 15 °C (kg/m ³)	860 ถึง 900	ASTM D 1298
3	ความหนืดที่ 40 °C (mm ² /s)	ไม่สูงกว่า 40	ASTM D 455
4	จุดติดไฟ (Flash point) °C	ไม่ต่ำกว่า 120	ASTM D 93
5	กำมะถัน (Sulphur) %	ไม่สูงกว่า 0.0010	ASTM D 2622
6	ค่าออกซิเจน (mmol/kg)	0.30	ASTM D 4530
7	ค่าซีเทน (Cetane Number)	ไม่ต่ำกว่า 51	ASTM D 613
8	กำมะถัน (Sulfated ash) %	0.020	ASTM D 874
9	น้ำ (Water) %	ไม่สูงกว่า 0.050	ASTM D 2709
10	สิ่งปนเปื้อนทั้งหมด (Total contaminant) %	0.0024	ASTM D 5452
11	การกัดกร่อน (Copper strip corrosion)	1	ASTM D 130
12	ค่าการนำไฟฟ้า (mmhos/cm)	ไม่ต่ำกว่า 6	EN 14112

2.2 (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วยการวัด	ค่าสูงสุด	มาตรฐาน
13 เลขกรด (Acid number) มิลลิกรัมกรดไขมันอิสระต่อกรัมตัวอย่าง	มิลลิกรัมกรดไขมันอิสระต่อกรัมตัวอย่าง	0.50	ASTM D 664
14 ค่าไอโอดีน (Iodine value) กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง	กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัมตัวอย่าง	ไม่สูงกว่า 120	EN 14111
15 เมทานอล (Methanol) มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	12.0	EN 14103
16 โมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride) มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	0.20	EN 14110
17 ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride) มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	0.80	EN 14105
18 ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	0.20	EN 14105
20 กลีเซอรีนอิสระ (Free glycerine) มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	ไม่สูงกว่า 0.02	EN 14105
21 กลีเซอรีนรวม (Total glycerine) มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	ไม่สูงกว่า 0.25	EN 14105
22 ฟอสฟอรัส 1 (Phosphorus 1) มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	5.0	EN 14108-9
22 ฟอสฟอรัส 2 (Phosphorus 2) มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	5.0	prEN 14538
23 ฟอสฟอรัส (Phosphorus) มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	ไม่สูงกว่า 0.0010	ASTM D 4951
24 สารเติมแต่ง (additive) (มิลลิกรัม)	มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง	ไม่สูงกว่า 0.0010	ASTM D 4951

นำมามาใช้งานกับเครื่องยนต์ที่ไม่ได้มีการดัดแปลงเครื่องยนต์ เพราะจะทำให้เครื่องยนต์เกิดการสึกหรอ มีปัญหาที่หัวฉีด และการปล่อยควันเสีย เป็นต้น สำหรับเครื่องมือที่ใช้วัด คือ ไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer) (0.700-1.000) โดยนำน้ำมันที่จะวัดมาใส่ในภาชนะรูปทรงกระบอก จากนั้นค่อย ๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงไป แล้วอ่านค่าตรงส่วนหัว โดยอนุโลมให้ใช้อุณหภูมิที่อุณหภูมิห้องได้ แต่ถ้าจะให้ดีควรวัดที่อุณหภูมิ 15.6 °C ถ่วงจำเพาะของน้ำมันไบโอดีเซลโดยทั่วไปอยู่ที่ 0.880 ถ่วงจำเพาะของน้ำมันพืชทั่วไปอยู่ที่ 0.920

3. □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ - □□□

[illegible]

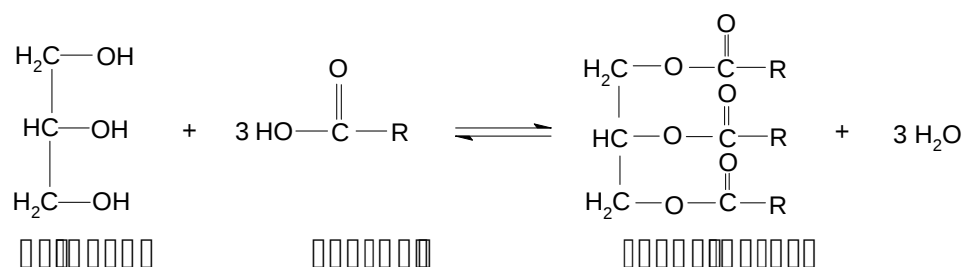
4.

การทดสอบโดยการทดลองน้ำมันไบโอดีเซลใส่น้ำเปล่าแล้วทำการเขย่า

อีกครั้งหนึ่งหรือตั้งทิ้งไว้อีก1-2

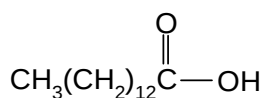
เติมแทนหรือผสมน้ำมันดีเซลในรถกระบะหรือเครื่องยนต์การเกษตร

(2554)

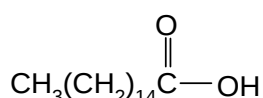


2.2 脂肪酸的命名

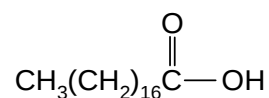
脂肪酸的命名是根据其碳原子数来命名的。在命名时，通常将羧基（-COOH）的碳原子编号为1，然后依次向链的末端编号。对于饱和脂肪酸，其命名格式为“碳原子数+酸”，例如十二酸（C₁₂）、十四酸（C₁₄）、十六酸（C₁₆）、十八酸（C₁₈）等。对于不饱和脂肪酸，则需要注明双键的位置和数量，例如十八碳二烯酸（C₁₈）。



十二酸



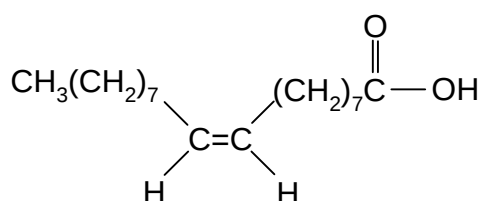
十四酸



十六酸

2.3 脂肪酸的生理功能

脂肪酸是生物体内重要的能量来源。饱和脂肪酸（如C₁₆、C₁₈）在体内主要作为能量储备，而不饱和脂肪酸（如C₁₈）则参与细胞膜的构成和信号传递。脂肪酸的代谢途径复杂，涉及多个酶促反应。



十八碳二烯酸

2.4 脂肪酸的生理功能

2.13.3 การเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าสูงขึ้นในระยะเวลาแรกของการปฏิกิริยาและจะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการผลิตเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพในเชิงพาณิชย์

2.13.4 การเกิดปฏิกิริยา

การเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าสูงขึ้นในระยะเวลาแรกของการปฏิกิริยาและจะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการผลิตเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพในเชิงพาณิชย์

2.13.5 การเกิดปฏิกิริยา

การเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าสูงขึ้นในระยะเวลาแรกของการปฏิกิริยาและจะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการผลิตเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพในเชิงพาณิชย์

2.13.6 การเกิดปฏิกิริยา

การเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าสูงขึ้นในระยะเวลาแรกของการปฏิกิริยาและจะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการผลิตเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพในเชิงพาณิชย์

2.14 การเกิดปฏิกิริยา

การเกิดปฏิกิริยา (Soybean Oil)

การเกิดปฏิกิริยา (Fatty Acid Composition)

การเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าสูงขึ้นในระยะเวลาแรกของการปฏิกิริยาและจะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการผลิตเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพในเชิงพาณิชย์

10-19% 80-90% (linoleic acid) 35-60% (oleic acid) 20-50% (linolenic acid) 2-13% SFA : MUF : PUFA 1:2:4

การไฮโดรจีเนชัน (hydrogenation) เพื่อปรับปรุงเสถียรภาพของน้ำมันถั่วเหลือง โดยในกระบวนการดังกล่าวอาจมี กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acid) เพิ่มขึ้น

ส่วนประกอบที่ไม่ใช่ไตรกลีเซอไรด์ (Non-glyceride Component)

น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการกลั่น (refined soybean oil) มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated Fatty Acid) 0.35% สเตอรอล (sterols) 0.13% สควาลีน (squalene) 0.01% โทโคฟีรอล (tocopherol) 0.11-0.18% ฟิโตสเตอรอล (phytosterol) 130-150 มิลลิกรัมต่อลิตร

น้ำมันถั่วเหลืองมีโทโคฟีรอล 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งโทโคฟีรอลเป็นวิตามินอีที่มีอยู่ในธรรมชาติ น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แล้ว พบชนิดแอลฟา (α) และแกมมา (γ) ในอัตราส่วน 1 : 7 ถึง 1 : 8 ซึ่งทั้งสองชนิดนี้มีความสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด

ส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำมันถั่วเหลือง

น้ำมันถั่วเหลืองเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็นที่ดี และจากการที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (PUFA) ถึง 54% ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวเหล่านี้มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด นอกจากนี้ยังอาจกล่าวได้ว่าองค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันถั่วเหลืองเหมือนกับน้ำมันชนิดอื่น ๆ ที่มี PUFA สูง

น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แล้วมีโทโคฟีรอล (tocopherol) 0.095% และเบต้าแคโรทีน (carotene) 0.1% ซึ่งทั้งสองชนิดนี้มีความสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด

โภชนาการของน้ำมันทอดที่มีการใช้ซ้ำหรือน้ำมันที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Nutritive Value of Heated and Oxidized Oil)

น้ำมันที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนจนเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือน้ำมันทอดที่ใช้ซ้ำ ๆ กัน จะมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและเกิดเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้สามารถทำลายเซลล์ในร่างกายและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ นอกจากนี้ยังอาจเกิดเป็นสารพิษที่เรียกว่า อะคริลาไมด์ (acrylamide) ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง

การบริโภคอาหารเป็นระยะเวลานานที่ไม่เกิดผลในทางลบหรือทำให้มีรสชาติผิดปกติในน้ำมัน/ไขมัน

ในปัจจุบันมีหลักฐานจากข้อมูลที่มีการเผยแพร่จากการตีพิมพ์ในรูปแบบต่างๆ ที่แสดงว่า

[illegible][illegible]

น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการทำให้มีเสถียรภาพต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่น รสแล้ว เป็นน้ำมันที่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการใช้ผลิตมายองเนส และน้ำสลัดชนิดต่าง ๆ ทั้งนี้เพราะเตรียมง่ายและอิมัลชันเสถียรมากกว่าอิมัลชันที่เตรียมจากน้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้ในมายองเนส น้ำสลัด และเป็นน้ำมันสลัด ต้องไม่ขุ่นหรือเกิดผลึกที่อุณหภูมิตู้เย็น มิฉะนั้นอิมัลชันจะล้มเหลว ในการใช้เพื่อวัตถุประสงค์นี้ ควรพยายามลดปริมาณกรดไขมันทรานส์ให้ต่ำลงเพื่อเสถียรภาพที่ดี ถ้าต้องการหลีกเลี่ยงกระบวนการเติมไฮโดรเจนเพื่อหลีกเลี่ยงกรดไขมัน-ทรานส์ (trans-fatty acid) ที่จะเกิดในกระบวนการนี้ ก็อาจใช้ในรูปแบบน้ำมันผสม โดยใช้ร่วมกับน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัว เช่น น้ำมันเมล็ดฝ้าย

[illegible]

□□□□□□ (Shortening)

ดีในเนยขาวชนิดรินได้ เนยขาวชนิดที่ใช้ในบ้านเรือน ใช้ทอดอาหาร และใช้ในขนมอบประเภทที่ไม่

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

CaO 3 12:1 60 2 99 CaO 230.94, 12.98, 38.78 MJ/kg, 3.30 cSt 67.01 ASTM D6751 EN 14214

(2556) Sodium Hydrogen Tartrate ($C_4H_5NaO_6$) Sodium hydrogen tartrate ($C_4H_5NaO_6$) 600 12:1 100 60 3

(2558) NaOH/KOH 1, 1.5 2 80 ± 5 °C 3 1:20 GC-FID 1:20 KOH 2

ปริมาณคาร์บอนในน้ำมันดิบ 88.35 % ปริมาณคาร์บอนในน้ำมันดิบ 872.0
 Kg/m³ ปริมาณคาร์บอนในน้ำมันดิบ 3.49 cSt ปริมาณคาร์บอนในน้ำมันดิบ 0.78 mg KOH/g ปริมาณคาร์บอนในน้ำมันดิบ
 2.23 g I2/100 g น้ำมันซึ่งค่าความหนาแน่น ค่าความหนืด และค่าไอโอดีนของไบโอดีเซลที่ผลิต
 ปริมาณคาร์บอนในน้ำมันดิบ ปริมาณคาร์บอนในน้ำมันดิบ

[illegible][illegible]

น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว ในส่วนที่เป็นของเหลว 26.34, 32.08 และ 30.03 บาทต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว ของชุมชนบางนาค พบว่าปริมาณการได้คืนของน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว (%yield) 80, 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องไม่มีไขเกิดขึ้น ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว เมื่อตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องไม่มีไขเกิดขึ้น 72 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ 50,010 บาทต่อลิตรตามลำดับ 32.64, 43.52 และ 37.36 บาทต่อลิตร

Liu *et al.* (2008) ศึกษาอัตราส่วนเมทานอลต่อไขมัน CaO ตัวแปรที่ศึกษาคือ อัตราส่วนเมทานอลต่อไขมัน อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาและปริมาณน้ำ จากการศึกษพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลคืออัตราส่วนเมทานอลต่อไขมันเท่ากับ 12:1 CaO 8% 65°C 2.03% 95% 3 นาที CaO 20 นาที

Hossain *et al.* (2009) เปรียบเทียบสภาวะที่ transesterification ไบโอดีเซลจากน้ำมันปรุงอาหารทานตะวันบริสุทธิ์ (PSCO) transesterification (WSCO) transesterification ได้รับเชื้อเพลิงไบโอดีเซลที่มีคุณภาพสูง ที่เป็นไปตามข้อกำหนดของวิธีการมาตรฐาน (ASTM D 6751 EN 14214) 99.5% 1:6 1%KOH 40°C 320 PSCO WSCO PSCO & WSCO มีคุณภาพที่ดีและสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งถือเป็นพลังงานหมุนเวียนและเป็นกระบวนการการรีไซเคิลสิ่งแวดล้อมจากการเสียของน้ำมันหลัง

Siti Fatimah Arifin (2009) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบ (RBD) ที่ผ่านกระบวนการ transesterification โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOCH₃ (WHO) ที่มีศักยภาพที่สำคัญเป็นวัตถุดิบหรือสารตั้งต้นสำหรับการผลิตไบโอดีเซลและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการ transesterification ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOCH₃ กับ WCO ในความเข้มข้นที่ต่างกัน และปฏิกิริยาเวลาผ่านขั้นตอนเดียวในกระบวนการ batch transesterification โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium methoxide (NaOCH₃) เปรียบเทียบกับกระบวนการ batch transesterification ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOCH₃ เปรียบเทียบกัน ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการ transesterification ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOCH₃ นั้นสูงกว่ากระบวนการ transesterification ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา WCO โดยที่ประสิทธิภาพของกระบวนการ transesterification ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOCH₃ อยู่ที่ 98.2% 97.5% 96.8% และ 94.7% สำหรับ WCO นั้นอยู่ที่ 94.7% ผลการวิจัยพบว่าการเปลี่ยนแปลงที่ได้เพิ่มขึ้น จาก RBD เป็น WCO นั้นมีค่าต่ำกว่า 1% สำหรับค่า CO และ CO₂ ที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการ transesterification นั้นมีค่าต่ำกว่า 1% สำหรับค่า CO และ CO₂ ที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการ transesterification นั้นมีค่าต่ำกว่า 1%

Zoran *et al.* (2009) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบ (RBD) ที่ผ่านกระบวนการ transesterification โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOCH₃ เปรียบเทียบกับ WCO ในความเข้มข้นที่ต่างกัน และปฏิกิริยาเวลาผ่านขั้นตอนเดียวในกระบวนการ batch transesterification โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium methoxide (NaOCH₃) เปรียบเทียบกับกระบวนการ batch transesterification ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOCH₃ เปรียบเทียบกัน ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการ transesterification ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOCH₃ นั้นสูงกว่ากระบวนการ transesterification ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา WCO โดยที่ประสิทธิภาพของกระบวนการ transesterification ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOCH₃ อยู่ที่ 98.2% 97.5% 96.8% และ 94.7% สำหรับ WCO นั้นอยู่ที่ 94.7% ผลการวิจัยพบว่าการเปลี่ยนแปลงที่ได้เพิ่มขึ้น จาก RBD เป็น WCO นั้นมีค่าต่ำกว่า 1% สำหรับค่า CO และ CO₂ ที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการ transesterification นั้นมีค่าต่ำกว่า 1% สำหรับค่า CO และ CO₂ ที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการ transesterification นั้นมีค่าต่ำกว่า 1%

Vujicic *et al.* (2010) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบ (RBD) ที่ผ่านกระบวนการ transesterification โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOCH₃ เปรียบเทียบกับ WCO ในความเข้มข้นที่ต่างกัน และปฏิกิริยาเวลาผ่านขั้นตอนเดียวในกระบวนการ batch transesterification โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Sodium methoxide (NaOCH₃) เปรียบเทียบกับกระบวนการ batch transesterification ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOCH₃ เปรียบเทียบกัน ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการ transesterification ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOCH₃ นั้นสูงกว่ากระบวนการ transesterification ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา WCO โดยที่ประสิทธิภาพของกระบวนการ transesterification ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา NaOCH₃ อยู่ที่ 98.2% 97.5% 96.8% และ 94.7% สำหรับ WCO นั้นอยู่ที่ 94.7% ผลการวิจัยพบว่าการเปลี่ยนแปลงที่ได้เพิ่มขึ้น จาก RBD เป็น WCO นั้นมีค่าต่ำกว่า 1% สำหรับค่า CO และ CO₂ ที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการ transesterification นั้นมีค่าต่ำกว่า 1% สำหรับค่า CO และ CO₂ ที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการ transesterification นั้นมีค่าต่ำกว่า 1%

[illegible][illegible]

ตารางที่ 3.3 ขั้นตอนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืช

| ขั้นตอนการสกัด | ภาพประกอบ |
|--|--|
| 1. นำตัวอย่างน้ำมันที่ได้ มากรองผ่านผ้าขาวบางเพื่อนำสิ่งสกปรกและเศษต่างๆ ออกไป |  |
| 2. นำน้ำมันที่ได้เก็บใส่ภาชนะที่มีฝาปิดสนิทให้เรียบร้อย |  |

3.4.2 การวัดค่ากรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid, %FFA)

น้ำมันพืชที่ใช้แล้วมีค่าความเป็นกรดสูงกว่าน้ำมันใหม่ เพราะเมื่อน้ำมันพืชได้รับความร้อนหรือถูกออกซิไดส์ กรดไขมันอิสระเป็นผลมาจากการทอดน้ำมันให้ร้อน มันจะลอยเป็นอิสระปะปนอยู่กับไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมัน ความเป็นอิสระของกรดไขมันเหล่านี้คือการที่มันพร้อมที่จะเข้าทำปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไป กรดไขมันอิสระเหล่านี้จะก่อให้เกิด “เจล” (Jelly) หรือตะกอนที่มองเห็นได้ชัดเจน ดังนั้นเราต้องกำจัดกรดไขมันอิสระเหล่านี้ก่อนทำปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันต่อไป

ขั้นตอนการกำจัดกรดไขมันอิสระ (Neutralizing) ได้แก่ การเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ลงในน้ำมันที่สกัดได้ เพื่อทำปฏิกิริยาสะเทินกรดไขมันอิสระให้เป็นสบู่ที่ละลายในน้ำมัน

การเตรียมสารละลายอินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน (อินดิเคเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบจุดยุติ, 2553)

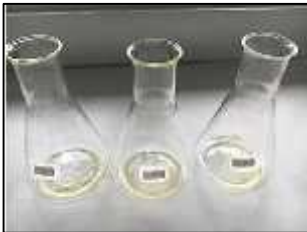
3.4.2.1 การเตรียมสารละลายอินดิเคเตอร์

- 1) การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide : NaOH) 0.1 M การชั่ง NaOH 4 กรัม ละลายลงในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิเมตร
- 2) การเตรียมสารละลายอินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) การชั่งอินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน 0.5 กรัม ละลายใน 95% ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิตร

3.4.2.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

- 1) การชั่งไขมันตัวอย่าง 0.5 กรัม ใส่ลงในขวดปมฟู่
- 2) การเติมอินดิเคเตอร์ 50 มิลลิเมตร (อินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน) ลงในขวดปมฟู่ และเติมน้ำกลั่น 2-3 มิลลิเมตร 1 มิลลิเมตร
- 3) การเติมสารละลาย 0.1 M NaOH ลงในขวดปมฟู่ให้ครบ 30 มิลลิเมตร
- 4) Blank การเตรียมสารละลาย (อินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน)

การคำนวณหาปริมาณกรดไขมันอิสระ (%FFA)

| ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย | ภาพประกอบ |
|---|--|
| 1. ชั่งไขมันตัวอย่าง 0.5 กรัม ในขวดปมฟู่ |  |
| 2. การเติมอินดิเคเตอร์ 50 มิลลิเมตร (อินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน) ลงในขวดปมฟู่ และเติมน้ำกลั่น 2-3 มิลลิเมตร 1 มิลลิเมตร |  |

| | |
|---|--|
| <p>3. นำไปไทเทรตกับ 0.1 M NaOH</p> <p>ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ไทเทรต 30 มิลลิเมตร</p> |  |
| <p>4. Blank (ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ไทเทรต)</p> <p>ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ไทเทรต %FFA</p> |  |

3.4.2.3 คำนวณค่า %F

$$\%F = \frac{(A - B) \times N \times 28.2}{W}$$

ค่าตัวแปร

- A = ปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิเมตร)
- B = ปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิเมตร)
- N = ปริมาตรของสารละลาย NaOH (มิลลิเมตร)
- 28.2 = รั้อยละโดยน้ำหนักของกรดโอเลอิก (ของน้ำมันถั่วเหลือง)
- W = ปริมาณของสาร (กรัม)

3.4.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.3.1 การเตรียมสารละลายและสารตั้งต้น

- 1) การเตรียมสารละลายและสารตั้งต้น

3.4.3.2 ปริมาณของ ผลิตภัณฑ์ ปริมาณของ สารตั้งต้น (%yield) คือ ปริมาณของผลิตภัณฑ์ ปริมาณ
น้ำมันที่ได้ เทียบกับน้ำหนักน้ำมันเริ่มต้น

คำนวณโดย

$$\%yield = \frac{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์}}{\text{น้ำหนักของสารตั้งต้น}} \times 100$$

การทดลอง 3.5 การสกัดสารสีจากพืชสมุนไพรโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์

| ขั้นตอนการทดลอง | ภาพประกอบ |
|--|--|
| 1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 10 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ |  |
| 2. นำตัวอย่างที่ชั่งได้ ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ |  |
| 3. ใช้ stirrer ที่อุณหภูมิ 60 ± 5 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็ว 600 รอบต่อนาที บน Hot plate เป็นเวลา 1 ชั่วโมง |  |

4. ทิ้งไว้ให้แยกชั้นกลีเซอรินในกรวยแยก



5. นำตัวอย่างที่แยกชั้นแล้วมาวัดค่า pH ของแต่ละชั้น



6. นำตัวอย่างที่แยกชั้นแล้วมาวัดค่า pH ของแต่ละชั้น และบันทึกค่า pH ของแต่ละชั้น



7. นำตัวอย่างที่แยกชั้นแล้วมาวัดค่า pH ของแต่ละชั้น และบันทึกค่า pH ของแต่ละชั้น (ค่า pH ของแต่ละชั้นจะแตกต่างกัน)



8. เปรียบเทียบ ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็นในการ
ผลิตสารประกอบ



3.4.3.3 การเตรียมสารประกอบ CaO และ KOH เพื่อใช้ในการผลิตสารประกอบ

1) การเตรียมสารประกอบ

(1) ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 10 กรัม ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น 5 กรัม

(2) เติมน้ำลงในสารตั้งต้น CaO 1, 3, 5, 7 กรัม 9% KOH 0.25, 0.5, 0.75, 1.00 กรัม 1.25% ปริมาณสารตั้งต้น 6 กรัม เติมน้ำลงในสารตั้งต้นที่จำเป็น ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น

(3) เติมน้ำลงในสารตั้งต้น (magnetic stir bar) เติมน้ำลงในสารตั้งต้น ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น

(4) เติมน้ำลงในสารตั้งต้นที่จำเป็น hot plate เติมน้ำลงในสารตั้งต้น 60 ± 5 องศาเซลเซียส stirrer ปริมาณสารตั้งต้น 600 ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น 1 กรัม

2) ทิ้งไว้ให้แยกชั้นเกลือเซอรอลในปริมาณที่จำเป็น ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น (ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น 2 กรัม)

3) การเตรียมสารประกอบ

(1) เติมน้ำลงในสารตั้งต้น ปริมาณสารตั้งต้น pH ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น pH ปริมาณสารตั้งต้น

(2) ปริมาณ pH ปริมาณสารตั้งต้น (ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น ปริมาณสารตั้งต้นที่จำเป็น 7)

4) การเตรียมสารประกอบ

ไบโอดีเซลจากการล้างอาจมีสารปนเปื้อนหลงเหลืออยู่ เช่น น้ำ ตัวเร่งปฏิกิริยา แอลกอฮอล์ที่เป็นเมทานอลส่วนเกิน อีกทั้งคราบและตะกอนอื่นๆ ปะปน จึงต้องทำให้

(1) CH_2Cl_2 100 ml, 100 ml, 100 ml, 100 ml, 100 ml, 100 ml, 100 ml, 100 ml, 100 ml, 100 ml

(2) นำส่วนผสมที่เตรียมไว้ไปต้มบน hot plate stirrer ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวเร่งปฏิกิริยา (NaOH) ตกตะกอน

(3) นำส่วนผสมที่ตกตะกอนไปกรองด้วยกระดาษกรอง

(4) นำส่วนผสมที่ตกตะกอนไปกรองด้วยกระดาษกรองอีกครั้ง (เพื่อให้ได้ไบโอดีเซลที่บริสุทธิ์)

5) นำส่วนผสมที่ตกตะกอนไปกรองด้วยกระดาษกรอง (%yield) ของไบโอดีเซลที่ตกตะกอน

3.4.3.4 การหาปริมาณไบโอดีเซลที่ตกตะกอน

1) นำส่วนผสมที่ตกตะกอนไปกรองด้วยกระดาษกรอง

(1) ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 10 กรัม ไปต้มบน hot plate stirrer ที่อุณหภูมิ 5 °C

(2) นำส่วนผสมที่ตกตะกอนไปต้มบน hot plate stirrer ที่อุณหภูมิ 5% (0.5 กรัม) KOH ที่ดีที่สุด

(3) นำส่วนผสมที่ตกตะกอนไปต้มบน hot plate stirrer ที่อุณหภูมิ 0.75% (0.075 กรัม) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวเร่งปฏิกิริยาตกตะกอน

(4) นำส่วนผสมที่ตกตะกอนไปต้มบน hot plate stirrer ที่อุณหภูมิ 60±5 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

(5) นำส่วนผสมที่ตกตะกอนไปต้มบน hot plate stirrer ที่อุณหภูมิ 60, 120, 180, 240 °C เป็นเวลา 30, 60, 90, 120 นาที

2) ทิ้งไว้ให้แยกชั้นกลีเซอรอลในกรวยแยก จากนั้นถ่ายกลีเซอรอลสีดำที่อยู่ด้านล่างออก (เพื่อให้ได้ไบโอดีเซลที่บริสุทธิ์)

3) นำส่วนผสมที่ตกตะกอนไปต้มบน hot plate stirrer

(1) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 pH 7.0 และปรับ pH ให้เป็น 7.0

(2) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 pH 7.0

4) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1

ไบโอดีเซลจากการล้างอาจมีสารปนเปื้อนหลงเหลืออยู่ เช่น น้ำ ตัวเร่งปฏิกิริยา แอลกอฮอล์ที่เป็นเมทานอลส่วนเกิน อีกทั้งคราบและตะกอนอื่นๆ ปะปน จึงต้องทำให้บริสุทธิ์โดยการกลั่น

(1) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1

(2) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 hot plate stirrer 120 ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 1 ชั่วโมง ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1

(3) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1

(4) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1

5) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 (%yield) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1

3.4.3.5 การกลั่นเอสเตอร์บริสุทธิ์ (FFA) (%)

การกลั่นเอสเตอร์บริสุทธิ์ (FFA) (%) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1

1) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1

(1) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1

(2) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1

(3) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 0.1 M NaOH ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 30 ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1

(4) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 Blank ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1

(5) ใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1

ขั้นตอนที่ 3.6 การหาค่าร้อยละกรดไขมันอิสระ (%FFA)

| ขั้นตอนการปฏิบัติ | ภาพประกอบ |
|---|---|
| <p>1. ใส่น้ำกลั่น 0.5 ลิตร ลงในขวดป้อน</p> |  |
| <p>2. เติมนีเอทานอล 50 มิลลิลิตร
(ใช้สำหรับสกัดไขมัน) ลงในขวดป้อน
แล้ว 2-3 นาที รอให้ไขมันละลาย</p> |  |
| <p>3. ใส่น้ำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 M NaOH ลงในขวดป้อน
แล้ว 30 นาที</p> |  |
| <p>4. ใส่น้ำ Blank ลงในขวดป้อน (ใช้สำหรับวัดค่า
%FFA)</p> |  |

3.4.3.6 การเตรียมสารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย

1) การเตรียมสารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย

(1) การเตรียมสารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย 5 มิลลิโมลาร์

(2) การเตรียมสารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย CaO 5 มิลลิโมลาร์ และ KOH 0.75 มิลลิโมลาร์

60 มิลลิโมลาร์ สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย

(3) การเตรียมสารละลาย (magnetic stir bar) สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์

สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย

(4) การเตรียมสารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย hot plate สารละลาย 60±5 มิลลิโมลาร์

สารละลาย stirrer สารละลาย 600 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย 3 มิลลิโมลาร์ และ 1 มิลลิโมลาร์ สารละลาย CaO และ KOH สารละลาย

2) การเตรียมสารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย

สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย (สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย สารละลาย 2 มิลลิโมลาร์)

3) การเตรียมสารละลาย

(1) การเตรียมสารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ pH สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย pH

สารละลาย

(2) การเตรียม pH สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ (สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย 7)

4) การเตรียมสารละลาย 100 มิลลิโมลาร์

สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย

ปฏิกิริยา แอลกอฮอล์ที่เป็นเมทานอลส่วนเกิน อีกทั้งความชื้นและตะกอนอื่นๆ ปะปน จึงต้องทำให้ สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย

(1) การเตรียมสารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย

(2) การเตรียมสารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย hot plate stirrer

สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย สารละลาย 120 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย สารละลาย 1 มิลลิโมลาร์ สารละลาย สารละลาย (สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย)

(3) การเตรียมสารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย

(4) การเตรียมสารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย สารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย

สารละลาย และเก็บใบโอดีเซลที่ได้ในขวดที่ปิดสนิท

5) การเตรียมสารละลาย 100 มิลลิโมลาร์ของสารละลาย (%yield)

6) 密度の測定 (Density)

3.4.3.7 密度の測定 (Density)

密度は、質量と体積の比で表される。本実験では、試料の質量を精密天秤で測定し、体積を排水法で測定する。測定結果から、試料の密度を計算する。密度の単位は g/cm^3 である。測定値は $0.86 \sim 0.90 \text{ g/cm}^3$ である。

3.7 密度の測定 (Density)

| 測定項目 | 測定方法 |
|-------------|---|
| 1. 試料の質量の測定 |  |
| 2. 試料の体積の測定 |  |

3. 將萃取液與水混合，並加入鹽類，使水相與油相分離，並加入鹽類，使水相與油相分離。

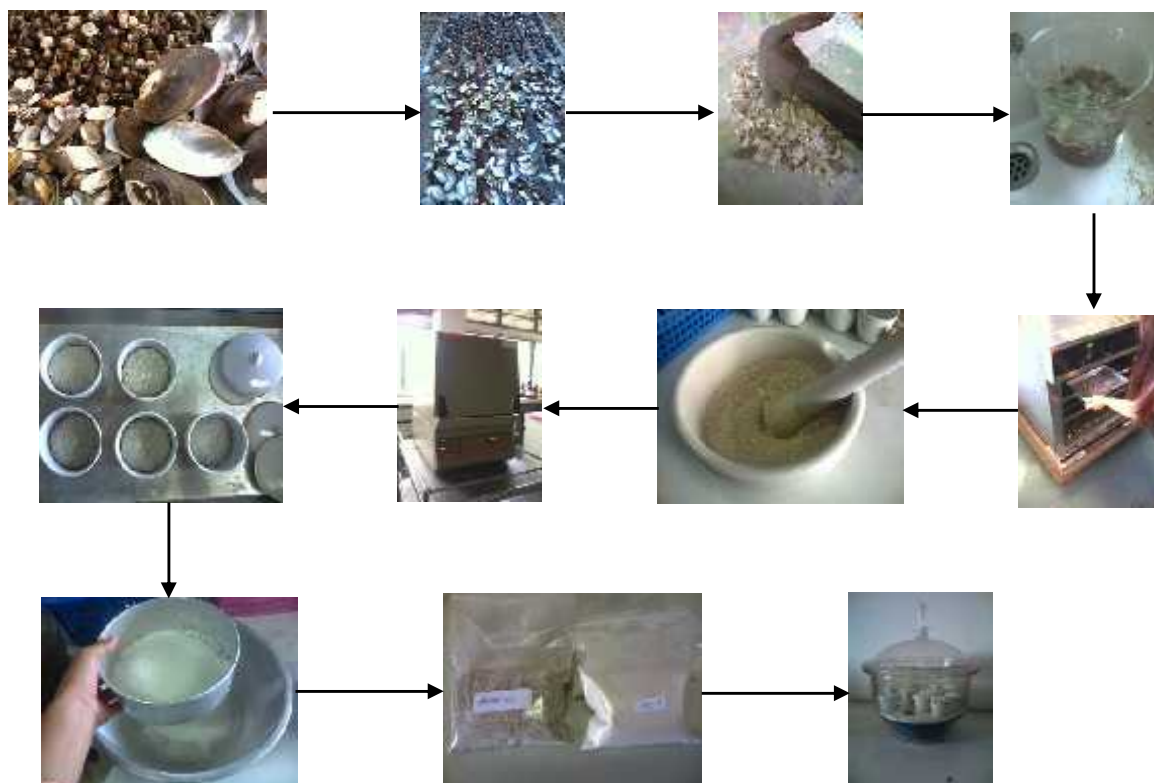


4. 將萃取液與水混合，並加入鹽類，使水相與油相分離，並加入鹽類，使水相與油相分離。



5. 將萃取液與水混合，並加入鹽類，使水相與油相分離，並加入鹽類，使水相與油相分離。





3.2 การผลิตไบโอชาร์จากเปลือกหอย

3.4.5 การผลิตไบโอชาร์จากเปลือกหอย

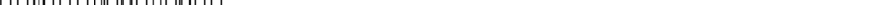
CaO ที่ได้จากการเผานำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพเพื่อยืนยันการเปลี่ยน
 CaCO_3 เป็น CaO โดยใช้ X-ray Diffraction analysis และ Fourier
 transform infrared spectroscopy (FTIR)

3.4.6 การผลิตไบโอชาร์จากเปลือกหอย

เมื่อทำการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตไบโอชาร์จากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว
 ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอชาร์แบบพกพาจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว

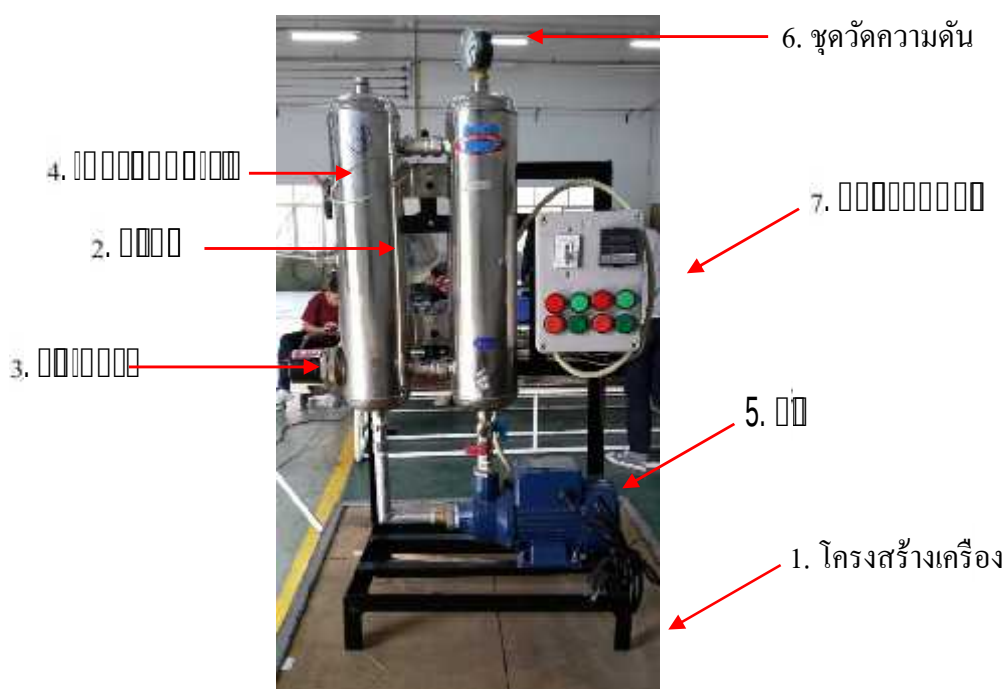
3.4.6.1 การผลิตไบโอชาร์จากเปลือกหอย

ใช้แรงดันจากปั๊มดันน้ำมันเพื่อให้มีความร้อนทั่วถึง เมื่อได้อุณหภูมิที่เหมาะสมจึงนำส่วนผสมทาง
 (ส่วนผสม) ไปผลิตไบโอชาร์



[illegible]

- 1) $\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square$
- 2) $\square\square\square\square$
- 3) $\square\square\square\square\square\square$
- 4) $\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square$
- 5) $\square\square$
- 6) $\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square$
- 7) $\square\square\square\square\square\square\square\square$



3.3 โครงสร้างหลักของเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบพกพาจากและน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว

3.4.7.4 อุปกรณ์ความปลอดภัย

อุปกรณ์ความปลอดภัยที่ใช้ในระบบปั๊มความร้อน ได้แก่ อุปกรณ์ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับฮีตเตอร์ เมื่ออุณหภูมิสูงเกินจะตัดกระแสไฟแต่เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าที่ตั้งค่าไว้จะส่งงานกลับมาทำงานตามปกติ



รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ความปลอดภัย

3.4.7.5 ปั๊ม

ปั๊มที่ใช้ในระบบ 0.5 hp 0.3 kW แรงดันไฟฟ้า 220V ทำหน้าที่ปัมน้ำร้อนให้มีแรงดันสูงขึ้นเพื่อใช้ในการจ่ายน้ำร้อนไปยังพื้นที่ที่ต้องการใช้งาน



รูปที่ 3.6 ปั๊ม

3.4.7.6 การวัดความดัน

ชุดวัดความดันจะทำหน้าที่วัดความดันในถังเมื่อทำการเปิดปั๊มให้ทำงาน เพื่อ
 ตรวจสอบความดันในระบบว่าอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยหรือไม่ โดยค่าความดันที่
 ปลอดภัยจะอยู่ที่ 60 kg/cm^2 ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 การวัดความดัน

3.4.7.7 การตั้งค่า

การตั้งค่าระบบจะทำได้โดยการใช้ชุดเครื่องมือที่เตรียมไว้เพื่อปรับค่าต่างๆ
 ผลิตรไอบีโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วให้เป็นระบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ โดย
 การตั้งค่าจะทำได้โดยการใช้ชุดเครื่องมือที่เตรียมไว้เพื่อปรับค่าต่างๆ (NO/OFF) 1 ชุด
 การตั้งค่าจะทำได้โดยการใช้ชุดเครื่องมือที่เตรียมไว้เพื่อปรับค่าต่างๆ 1 ชุด
 การตั้งค่าจะทำได้โดยการใช้ชุดเครื่องมือที่เตรียมไว้เพื่อปรับค่าต่างๆ 4 ชุด
 การตั้งค่าจะทำได้โดยการใช้ชุดเครื่องมือที่เตรียมไว้เพื่อปรับค่าต่างๆ 2 ชุด
 ดังภาพที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แผงควบคุมอัตโนมัติ

3.4.8 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วมีวิธีการเตรียมวัตถุดิบ [1]

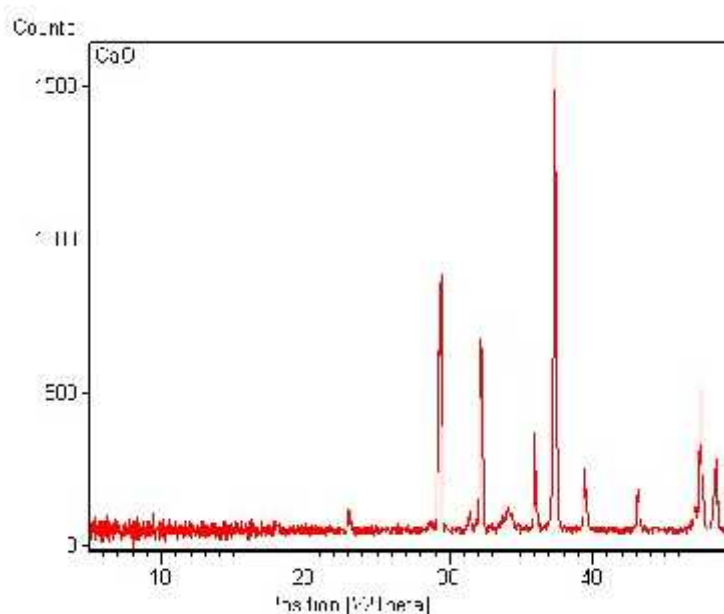
1. วัตถุดิบ KOH และ CaO ที่ใช้ต้องผ่านการอบแห้งในอุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที
 2. นำน้ำมันที่ใช้แล้วไปต้มในถังต้มให้ได้อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที
 3. วัตถุดิบ KOH และ CaO ที่ใช้ต้องผ่านการอบแห้งในอุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที
 4. เปิดปั๊มเพื่อให้ส่วนผสมทำปฏิกิริยากับน้ำมันได้ทั่วถึง 10-15 นาที
 5. วัตถุดิบ KOH และ CaO ที่ใช้ต้องผ่านการอบแห้งในอุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที
- พักเพื่อรอให้น้ำมันที่ได้ตกตะกอนแยกชั้นกลีเซอริน
6. พักเพื่อปล่อยชั้นกลีเซอรินทิ้งให้เหลือแต่น้ำมันไบโอดีเซล
 7. แล้วนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ไปกรองและล้างด้วยน้ำไหลผ่านเพื่อให้สะอาด

4.1 พบว่าค่าปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันก่อนผลิตไบโอดีเซลมีค่าเฉลี่ย FFA เท่ากับ 0.8323 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ตามข้อกำหนดของมาตรฐานน้ำมันดีเซล (C18:1) คิดเป็นร้อยละ 41.98% คิดเป็นร้อยละ 35.33% คิดเป็นร้อยละ 14.11% คิดเป็นร้อยละ

4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบของ CaO

4.2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของ CaO XRD

การวิเคราะห์องค์ประกอบของ CaO โดยใช้เทคนิค XRD พบว่า CaO มีพื้นที่ผิว (strength of basic sites) สูงกว่า Ca(OH)₂ (Kouzu and Hidaka (2012))



รูปที่ 4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของ CaO โดยใช้เทคนิค XRD

4.1 พบว่า 2θ ของ CaO ที่ผ่านการเผาของเปลือกหอยที่ 32° ถึง 37° มีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของ CaO (ค่ามาตรฐานของ CaO อยู่ที่ 32.8° ถึง 37.0°)

4.2 การศึกษาผลของปริมาณสารตั้งต้นโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมไฮดรอกไซด์

| โพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ปริมาณสารตั้งต้น | | แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CaO) ปริมาณสารตั้งต้น | |
|---|---------------------------|---|---------------------------|
| ปริมาตร (ml) | เปอร์เซ็นต์ผลได้ (%yield) | ปริมาตร (ml) | เปอร์เซ็นต์ผลได้ (%yield) |
| 1.5 | 55.49 | 3.0 | 69.97 |
| 3.0 | 88.73 | 4.5 | 60.85 |
| 4.5 | 84.18 | 6.0 | 93.01 |
| 6.0 | 81.50 | 7.5 | 85.83 |
| 7.5 | 84.81 | 9.0 | 71.53 |

จากการศึกษา 4.2 พบว่าปริมาณสารตั้งต้นโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CaO) ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ผลได้ของไบโอดีเซลต่ำที่สุด คือ ปริมาณสารตั้งต้นโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 3 กรัม และปริมาณสารตั้งต้นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 6 กรัม เมทานอลเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญที่ทำให้ปฏิกิริยาดำเนินไปข้างหน้า ปริมาณสารตั้งต้นโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 3.0 กรัม 7.5 กรัม และปริมาณสารตั้งต้นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 4.5 กรัม 9 กรัม โพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CaO) ปริมาณสารตั้งต้นโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 3 กรัม และปริมาณสารตั้งต้นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 6 กรัม โพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ปริมาณสารตั้งต้น 88.73 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณสารตั้งต้นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CaO) ปริมาณสารตั้งต้น 93.01 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารตั้งต้นโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 6 กรัม และปริมาณสารตั้งต้นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 9 กรัม โพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ปริมาณสารตั้งต้น 81.50 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณสารตั้งต้นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CaO) ปริมาณสารตั้งต้น 71.53 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารตั้งต้นโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป เพราะสังเกตจากสีของไบโอดีเซลที่ได้มีความใสมากที่สุด

4.4 การศึกษาผลของปริมาณสารตั้งต้นโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมไฮดรอกไซด์

จากการศึกษา 4.4 พบว่าปริมาณสารตั้งต้นโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CaO) ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ผลได้ของไบโอดีเซลต่ำที่สุด คือ ปริมาณสารตั้งต้นโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัม และปริมาณสารตั้งต้นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 6 กรัม เมทานอลเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญที่ทำให้ปฏิกิริยาดำเนินไปข้างหน้า ปริมาณสารตั้งต้นโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัม และปริมาณสารตั้งต้นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 6 กรัม โพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ปริมาณสารตั้งต้น 88.73 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณสารตั้งต้นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CaO) ปริมาณสารตั้งต้น 93.01 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารตั้งต้นโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 6 กรัม และปริมาณสารตั้งต้นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 9 กรัม โพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ปริมาณสารตั้งต้น 81.50 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณสารตั้งต้นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CaO) ปริมาณสารตั้งต้น 71.53 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารตั้งต้นโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป เพราะสังเกตจากสีของไบโอดีเซลที่ได้มีความใสมากที่สุด

การสังเคราะห์ KOH และ CaO เพื่อใช้ในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืช
 4.3

4.3 การสังเคราะห์ KOH และ CaO เพื่อใช้ในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืช

| KOH | | CaO | |
|-------|----------|-------|----------|
| (%wt) | (%yield) | (%wt) | (%yield) |
| 0.25 | 83.49 | 1.0 | 71.71 |
| 0.50 | 95.08 | 3.0 | 77.06 |
| 0.75 | 90.90 | 5.0 | 99.39 |
| 1.00 | 68.60 | 7.0 | 62.06 |
| 1.25 | 87.84 | 9.0 | 81.13 |

4.3 การสังเคราะห์ KOH 0.25 % และ CaO 1.0 % เพื่อใช้ในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืช พบว่าน้ำมันไม่แยกชั้น ทำให้ได้น้ำมันในปริมาณมาก การสังเคราะห์ KOH 1.25 % และ CaO 9.0% พบว่าน้ำมันไม่แยกชั้น ทำให้ได้น้ำมันในปริมาณมาก การสังเคราะห์ KOH 0.50 และ 0.75 % และ CaO 5.0 % พบว่าน้ำมันไม่แยกชั้น ทำให้ได้น้ำมันในปริมาณมาก การสังเคราะห์ KOH 0.75 % และ CaO 5.0 % พบว่าน้ำมันไม่แยกชั้น ทำให้ได้น้ำมันในปริมาณมาก

4.5 การสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืช

การสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืช โดยใช้ KOH 0.75 % และ CaO 5% พบว่าน้ำมันไม่แยกชั้น ทำให้ได้น้ำมันในปริมาณมาก การสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืช โดยใช้ KOH 0.75 % และ CaO 5% พบว่าน้ำมันไม่แยกชั้น ทำให้ได้น้ำมันในปริมาณมาก

yield) โดยนำน้ำหนักน้ำมันที่ได้ไปหารน้ำหนักน้ำมันเริ่มต้น คูณกับ 100 จะได้เปอร์เซ็นต์ผลผลิต
แปรเวลาหลังการศึกษาสภาพที่เหมาะสม แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบและเมทานอล

| สารละลาย KOH ปริมาณ (กรัม) | | สารละลาย CaO ปริมาณ (กรัม) | |
|----------------------------|----------|----------------------------|----------|
| เวลา (ชั่วโมง) | (%yield) | เวลา (ชั่วโมง) | (%yield) |
| 30 | 88.475 | 60 | 78.13 |
| 60 | 91.038 | 120 | 85.09 |
| 90 | 79.620 | 180 | 87.03 |
| 120 | 67.688 | 240 | 83.30 |
| 150 | 74.296 | 300 | 80.05 |

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า ผลผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบและเมทานอล โดยใช้ KOH ปริมาณ 30 กรัม และ CaO ปริมาณ 60 กรัม ได้ผลผลิตไบโอดีเซลสูงสุดคือ 91.038% ที่เวลา 60 ชั่วโมง ซึ่งในกรณีนี้ ผลผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบและเมทานอล โดยใช้ KOH ปริมาณ 120 กรัม และ CaO ปริมาณ 180 กรัม ได้ผลผลิตไบโอดีเซล 87.03% ซึ่งน้อยกว่าผลผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบและเมทานอล โดยใช้ KOH ปริมาณ 30 กรัม และ CaO ปริมาณ 60 กรัม ได้ผลผลิตไบโอดีเซล 91.038% ดังนั้น สัดส่วนของน้ำมันมีความเข้มข้นตามลำดับตัวแปรเวลา 30, 60, 90, 120, 150 ชั่วโมง ผลผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบและเมทานอล โดยใช้ KOH ปริมาณ 240 กรัม และ CaO ปริมาณ 300 กรัม ได้ผลผลิตไบโอดีเซล 80.05% ซึ่งน้อยกว่าผลผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบและเมทานอล โดยใช้ KOH ปริมาณ 180 กรัม และ CaO ปริมาณ 60 กรัม ได้ผลผลิตไบโอดีเซล 87.03% ดังนั้น CaO เป็นสภาวะเวลาที่ดีที่สุด เพราะสังเกตุไบโอดีเซลที่ได้มีความใส ให้ผลผลิตไบโอดีเซลที่มากที่สุด

4.6 การศึกษาผลผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบและเมทานอล

เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมจากการศึกษาตัวแปรที่ใช้ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบแล้ว คือ สารละลาย KOH ปริมาณ 6 กรัม, 0.75 % KOH ปริมาณ 60 กรัม และสารละลาย CaO ปริมาณ 6 กรัม, CaO 5% ปริมาณ 180 กรัม

0.1 M NaOH FFA KOH 0.4610 % CaO FFA 0.5445%

เมื่อนำสภาวะที่เหมาะสมมาทำการขยายสเกล โดยใช้ไขมันพืชใช้แล้วโดยเพิ่มปริมาณเป็น 20 4.5 4.5 20

| ครั้งที่ | (%yield) | (g/cm ³) |
|----------|----------|-----------------------|
| 1 | 80.395 | 0.8670 |
| 2 | 81.675 | 0.8560 |

4.5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อลดสเกลน้ำมันเริ่มต้นลงมา ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของ 80 81 0.86 g/cm³ 0.86 0.90 g/cm³

2.5 4.6

4.6

| pH | (g/cm ³) |
|------|----------------------|
| 6.54 | 0.8866 |

4.6 pH 7 0.8866 g/cm³ 0.86 0.90 g/cm³ อาจเป็นเพราะเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันที่มากขึ้น 0.86 0.90 g/cm³

บทที่ 5

การวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

5.1 การวิเคราะห์และปรับปรุง

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่าย โดยใช้วัตถุดิบคือ น้ำมันพืชและกรดไขมันอิสระ (FFA) ซึ่งน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงจะเป็นอุปสรรคในการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลในกระบวนการผลิต เนื่องจากกรดไขมันอิสระจะเกิดสบู่กับด่างที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดของเสียและลดประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

1. การศึกษาผลของอัตราส่วนกรดไขมันอิสระต่อกรดไขมันรวม (FFA) ที่มีต่อประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้วัตถุดิบคือ น้ำมันพืชและกรดไขมันอิสระ (FFA) ซึ่งน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงจะเป็นอุปสรรคในการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลในกระบวนการผลิต เนื่องจากกรดไขมันอิสระจะเกิดสบู่กับด่างที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดของเสียและลดประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

2. การศึกษาผลของอัตราส่วนกรดไขมันอิสระต่อกรดไขมันรวม (FFA) ที่มีต่อประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้วัตถุดิบคือ น้ำมันพืชและกรดไขมันอิสระ (FFA) ซึ่งน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงจะเป็นอุปสรรคในการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลในกระบวนการผลิต เนื่องจากกรดไขมันอิสระจะเกิดสบู่กับด่างที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดของเสียและลดประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

การวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเพื่อใช้พหุ
การวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเพื่อใช้พหุ
การวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเพื่อใช้พหุ

การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเพื่อใช้พหุ
การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเพื่อใช้พหุ
การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเพื่อใช้พหุ

5.2 การปฏิบัติ

1. การปฏิบัติของพนักงานปฏิบัติงานต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานที่กำหนดไว้ และต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานที่กำหนดไว้ เพื่อป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดให้น้อยที่สุด
2. ในขั้นตอนของการแยกกลีเซอรอลออกจากไบโอดีเซล ควรทำอย่างระมัดระวังเพื่อไม่ให้
3. การปฏิบัติของพนักงานปฏิบัติงานต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานที่กำหนดไว้ และต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานที่กำหนดไว้ เพื่อป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดให้น้อยที่สุด

: <http://journal.pnu.ac.th/ojs/index.php/pnujr/article/view/440/383>
(22 2559).

(2548). 17 365 ., 2548.
(: <http://www.filterinternational.com>. (8 2559).

(2559). .
(: <http://www.thaibiotech.info/what-is-alternative-energy.php>.
(18 2559).

(2550). .
 .
 .

2546. .
 .

(2553). .
 .
 .

(2557). .
 .
 .
 .
 .

(2553). (Vegetable Oil).
 : <http://www.vcharkarn.com/varticle/40662> (23 2559).

(2554). / (:
 : http://www.sangchaimeter.com/search_list?search_box=SHINKO+ACS-13A. (13 2559).

(2555, .). (:
 <http://www.202.143.154.189/blog/sites/default/files/Bio%20Diesel%201.doc>.
(13 2559).

- ปัทมพร อธิษฐาน (2554). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
 กรดซัลฟูริก (ฉบับปรับปรุง) : http://research.pcru.ac.th/rdb/pro_data/files/5401027.pdf. (ฉบับพิมพ์ 12 ตุลาคม 2558).
- ปัทมพร อธิษฐาน. (2548). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
 กรดซัลฟูริก (ฉบับปรับปรุง) : <https://www.rsu.ac.th/science/file/research/ResearchStaff/researchPublish> (ฉบับพิมพ์ 20 ตุลาคม 2558).
- ปัทมพร อธิษฐาน อธิษฐาน อ. (ฉบับ.). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
 กรดซัลฟูริก (ฉบับปรับปรุง) : http://research.pcru.ac.th/rdb/pro_data/files/5401027.pdf. (ฉบับพิมพ์ 12 ตุลาคม 2558).
- ปัทมพร อธิษฐาน อธิษฐาน อ. 2549. การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
 กรดซัลฟูริก (ฉบับปรับปรุง) : http://research.pcru.ac.th/rdb/pro_data/files/5401027.pdf. (ฉบับพิมพ์ 12 ตุลาคม 2558).
- ปัทมพร อธิษฐาน อธิษฐาน อ. (2556). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
 กรดซัลฟูริก (ฉบับปรับปรุง) : <http://www.journal.kmutnb.ac.th/journal/55208255654117.pdf>. (ฉบับพิมพ์ 28 ตุลาคม 2558).
- ปัทมพร อธิษฐาน อธิษฐาน อ. (2551). สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเนื้อมะพร้าวในเมล็ดสนุ่นดำ
 (ฉบับปรับปรุง) : <http://www.journal.kmutnb.ac.th/journal/55208255654117.pdf>. (ฉบับพิมพ์ 28 ตุลาคม 2558).
- ปัทมพร อธิษฐาน อธิษฐาน อ. (2556). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
 กรดซัลฟูริก (ฉบับปรับปรุง) : <http://www.crdc.kmutt.ac.th/Data%202013/CRDC7/data/553-556.pdf>. (ฉบับพิมพ์ 16 ตุลาคม 2558).
- ปัทมพร อธิษฐาน. (2551). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
 กรดซัลฟูริก (ฉบับปรับปรุง) : <http://www.vcharkarn.com/vcafe/138086>. (ฉบับพิมพ์ 22 ตุลาคม 2559).
- ปัทมพร อธิษฐาน. (2556). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
 กรดซัลฟูริก (ฉบับปรับปรุง) : <http://www.crdc.kmutt.ac.th/Data%202013/CRDC7/data/553-556.pdf>. (ฉบับพิมพ์ 16 ตุลาคม 2558).
- ปัทมพร อธิษฐาน. (2553). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
 กรดซัลฟูริก (ฉบับปรับปรุง) : <http://tujournals.tu.ac.th/tstj/detailart.aspx?ArticleID=255>. (ฉบับพิมพ์ 15 ตุลาคม 2558).
- ปัทมพร อธิษฐาน (2553). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
 กรดซัลฟูริก (ฉบับปรับปรุง) : <http://www.crdc.kmutt.ac.th/Data%202013/CRDC7/data/553-556.pdf>. (ฉบับพิมพ์ 16 ตุลาคม 2558).

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 10 ลิตร สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ประมาณ 10 ลิตร

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 10 ลิตร สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ประมาณ 10 ลิตร

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 10 ลิตร สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ประมาณ 10 ลิตร

http://www.oae.go.th/download/research2557/biodiesel_community.pdf.

(ฉบับแก้ไข 22 มกราคม 2559).

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 10 ลิตร สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ประมาณ 10 ลิตร

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 10 ลิตร สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ประมาณ 10 ลิตร

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 10 ลิตร สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ประมาณ 10 ลิตร

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 10 ลิตร สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ประมาณ 10 ลิตร 66-70.

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 10 ลิตร สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ประมาณ 10 ลิตร

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว 10 ลิตร สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ประมาณ 10 ลิตร (Biodiesel). (ฉบับแก้ไข 19 มกราคม 2559).

Alemayehu Gashaw et al. (2014). Production of biodiesel from waste cooking oil and factors affecting its formation: A review. International Journal of Renewable and Sustainable Energy. 3(5), 92-98.

Cantu, M.S., L.M.P. Dias, I.P. Rosas, E.C. Torres, L.J. Amador, E.R. Rosas, M.R. Acosta and J.S. Valente. 2012. Hydrated lime as an effect heterogeneous catalyst for the transesterification of castor oil and methanol. Fuel. Available online 27 August 2012.

Liu, X., H. He, Y. Wang, S. Zhu and X. Piao. 2008. Transesterification soybean oil to biodiesel using CaO as a solid base catalyst. Fuel. 87: 216-221.

Hossain et al. (2009). Biodiesel production from waste sunflower cooking oil as an environmental recycling process and renewable energy. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 15 (4): 312-317.

Mojtaba Mansourpoor et al. (2012). Optimization of Biodiesel Production from Sunflower Oil Using Response Surface Methodology. Mansourpoor and Shariati, J Chem Eng Process Technol. 3:5.

Siti Fatimah Arifin (2009). Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil and

RBD Palm Oil Using Batch Transesterification Process. A thesis submitted in fulfillment of the requirements for the award of the degree of Bachelor of Chemical Engineering.

- Tang, Y., M. Meng, J. Zhang and Y. Lu. 2011. Efficient preparation of biodiesel from rapeseed oil over modified CaO. *Applied Energy*. 88: 2735-2739.
- Watcharathamrongkul, K., B. Jongsomjit and M. Phisalaphong. 2010. Calcium oxide based catalysts for ethanalysis of soybean oil. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 32(6): 627-634.
- Vujcic, Dj., D. Comic, A. Zarubica, R. Micic and G. Boskovic. 2010. Kinetic of biodiesel synthesis from sunflower oil over CaO heterogeneous catalyst. *Fuel*. 89: 2054-2061.
- Zoran et al. (2009). Effect of Catalyst on Transesterification of Waste Vegetable Oils from Food Processing Facility. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 74 (3): (187-190).

□□□□□□

□□□□□□□□

□□□□□□□□□□□□□□

1. การหาค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันที่ใช้ปรุงอาหาร

Free Fatty Acid as used cooking oil, %

$$\%F = \frac{(A - B) \times N \times 2.2}{W}$$

A ปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตโดยไม่มีน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่าง
 B ปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตโดยมีน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่าง
 N ความเข้มข้น 0.1 M NaOH
 W น้ำหนักน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่าง

การคำนวณ

$$A \text{ ปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตโดยไม่มีน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่าง} = 0.4 \text{ ml}$$

$$B \text{ ปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตโดยมีน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่าง} = 0.1 \text{ ml}$$

$$N \text{ ความเข้มข้น NaOH} = 0.1 \text{ M}$$

$$W \text{ น้ำหนักน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่าง} = 1.0135 \text{ g.}$$

$$\%FFA \text{ as Used cooking oil} = \frac{(0.4 \text{ ml} - 0.1 \text{ ml}) \times 0.1 \text{ M} \times 2.2}{1.0 \text{ g}} = 0.8347\%$$

2. การหาค่าร้อยละของน้ำมันที่ได้ (%yield)

$$\%yield = \frac{\text{น้ำหนักน้ำมันที่ได้}}{\text{น้ำหนักน้ำมันต้น}} \times 100$$

การคำนวณ

$$\%yield = \frac{7.6902}{10.0337} \times 100$$

= 76.643%

ប្រាក់ចំណូល ៥ ប្រាក់ចំណាយ

ប្រាក់ ប្រាក់ចំណូលប្រាក់ចំណាយ

1. ប្រាក់- ប្រាក់ចំណាយ ប្រាក់ចំណូលប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ ៥ ប្រាក់ចំណាយ
2. ប្រាក់ចំណូលប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ 1 6699 00003 16 3
3. ប្រាក់ចំណូលប្រាក់ចំណាយ ប្រាក់ចំណាយ
4. ប្រាក់ចំណូលប្រាក់ចំណាយ ប្រាក់ចំណាយ
5. ប្រាក់ចំណូលប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ

ប្រាក់ចំណូលប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ ៥ ប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ 83

ប្រាក់ 11 ប្រាក់ចំណាយ ប្រាក់ចំណាយ ប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ ប្រាក់ចំណាយ

ប្រាក់ចំណាយ 67000 ប្រាក់ចំណាយ 09-5643-2243

E-mail: preaw_parn@hotmail.com

6. ប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ

ប្រាក់.១. (ប្រាក់) ប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ

ប្រាក់.១. (ប្រាក់) ប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ ប្រាក់ចំណាយ

ប្រាក់.១. (ប្រាក់) ប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ ប្រាក់ចំណាយ

7. ប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ ៥ ប្រាក់ចំណាយ

ប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ

ប្រាក់ចំណាយ

8. ប្រាក់ចំណាយ ៥ ប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ

ប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ

ប្រាក់ ប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ ៥ ប្រាក់ចំណាយ

ប្រាក់ ប្រាក់ចំណាយ ប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ ប្រាក់

ប្រាក់ ប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយប្រាក់ចំណាយ ៥ ប្រាក់ចំណាយ

การดำเนินงานตามแผนงานและโครงการต่าง ๆ ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ
 กระทรวงพาณิชย์

ข้อมูลติดต่อ

1. ชื่อ- นามสกุล ตำแหน่ง/หน้าที่รับผิดชอบ
2. หมายเลขโทรศัพท์มือถือ/บ้าน/สำนักงาน 3 5013 00387 53 0
3. อีเมล/เว็บไซต์
4. ที่อยู่/สถานที่ปฏิบัติงาน
5. ข้อมูลการติดต่ออื่น ๆ

การดำเนินงานตามแผนงานและโครงการต่าง ๆ ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ
 กระทรวงพาณิชย์
 หมายเลขโทรศัพท์มือถือ/บ้าน/สำนักงาน 3 5013 00387 53 0
 อีเมล/เว็บไซต์ 67000 หมายเลขโทรศัพท์ 5-671-7100 ต่อ 2707, 2708
 E-mail: Piyarutto@hotmail.com

6. ข้อมูลการติดต่ออื่น ๆ

นาย.อ. (นาย/นาง/นางสาว) ตำแหน่ง/หน้าที่รับผิดชอบ
 นาย.อ. (นาย) ตำแหน่ง/หน้าที่รับผิดชอบ
 นาย.อ. (นาย) ตำแหน่ง/หน้าที่รับผิดชอบ

7. ข้อมูลการติดต่ออื่น ๆ

นาย/นาง/นางสาว
 นาย/นาง/นางสาว

8. ข้อมูลการติดต่ออื่น ๆ

นาย/นาง/นางสาว
 นาย/นาง/นางสาว
 นาย/นาง/นางสาว
 นาย/นาง/นางสาว
 นาย/นาง/นางสาว

