

การพัฒนาเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำขนาดเล็กโดยการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

ปริญญานิพนธ์

ของ

ชานนท์ โพธิ์เจริญ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

พฤษภาคม 2550

การพัฒนาเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำขนาดเล็กโดยการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

ปริญญานิพนธ์

ของ

ชานนท์ โพธิ์เจริญ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

พฤษภาคม 2550

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสับขนาดเล็กโดยการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

บทคัดย่อ

ของ

ชานนท์ โพธิ์เจริญ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

พฤษภาคม 2550

DEVELOPMENT OF A SMALL BIODIESEL PLANT FROM JATROPHA SEED OIL
USING MICROWAVE AS A HEAT SOURCE

AN ABSTRACT
BY
CHANON POCHAROEN

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Master of Engineering Degree in Mechanical Engineering
at Srinakharinwirot University

May 2007

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ดร.พิชัย อัมภมมงคล ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สินศุภา จัษฎจุลเจิม กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพันธ์ ท่อแก้ว ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ความเข้าใจ มาใช้ในการดำเนินการทำปริญญานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิต ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และนิสิต นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทุกท่านที่ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณบานบุรี พวงภิญโญ ที่ให้การสนับสนุนเมล็ดสับปะรดในการทำวิจัย และขอขอบคุณ คุณวันทศ ย้ายตั้ง ที่กรุณาให้ใช้เครื่องหีบสกัดสับปะรดในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา และทุก ๆ คนในครอบครัว ที่เป็นกำลังใจ และสนับสนุนในการศึกษาแก่ข้าพเจ้าจนสามารถทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปด้วยดี

ชานนท์ โพธิ์เจริญ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
บทปริทัศน์วรรณกรรม.....	4
ไขมันและน้ำมัน.....	8
ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	10
วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล.....	12
สบู่ดำ.....	12
ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล.....	16
ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	19
การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์.....	21
การลงทุนผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ.....	23
3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	25
การทดสอบความสามารถการให้ความร้อนแก่น้ำมันและการควบคุมอุณหภูมิโดย ใช้เทคนิคไมโครเวฟ.....	29
แผนการทดลองผลิตไบโอดีเซล.....	29
การเตรียมน้ำมันสบู่ดำดิบที่จะใช้ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน.....	31

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีการดำเนินการวิจัย(ต่อ)	
การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสนูปดำดิบ โดยขบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน.....	33
การวิเคราะห์ค่าผลได้.....	37
การวิเคราะห์คุณสมบัติไบโอดีเซล.....	37
4 ผลการทดลอง	
ผลการทดลองผลิตไบโอดีเซล.....	46
ผลการทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันสนูปดำดิบ.....	59
ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์.....	60
5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการวิจัย.....	79
ข้อเสนอแนะ.....	81
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	83
ผลการทดสอบส่วนประกอบของกรดไขมันของน้ำมันสนูปดำ.....	84
การคำนวณมวลโมเลกุลของน้ำมันสนูปดำ.....	86
การคำนวณหาค่ากรดไขมันอิสระ.....	86
การคำนวณมวลโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันสนูปดำ.....	87
ขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องผลิตไบโอดีเซล.....	89
กำลังการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสนูปดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอ ริฟิเคชันและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ.....	90
วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซล.....	91
การเปรียบเทียบระหว่างเครื่องผลิตไบโอดีเซลที่ผลิตขึ้นกับเครื่องผลิตไบโอดีเซล แบบอื่น.....	91
บรรณานุกรม.....	94
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	97

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงองค์ประกอบกรดไขมันหลักของน้ำมันพืชต่าง ๆ.....	9
2 แสดงคุณสมบัติและค่าความร้อนของน้ำมันชนิดต่าง ๆ.....	10
3 แสดงองค์ประกอบไขมันของน้ำมันเมล็ดสับดูดำดิบคิดเป็นร้อยละ.....	15
4 แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ – เคมี ของน้ำมันเมล็ดสับดูดำดิบ.....	16
5 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต ราคาต้นทุน ราคาน้ำมันสับดูดำ.....	24
6 แสดงแผนการทดลองผลิตไบโอดีเซลโดยขบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน.....	31
7 แสดงผลการหีสกัดน้ำมันสับดูดำจากเมล็ดสับดูดำ.....	46
8 แสดงผลการหาปริมาณค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันสับดูดำ.....	47
9 แสดงผลการทดลองให้ความร้อนแก่น้ำมันด้วยไมโครเวฟ.....	47
10 แสดงผลการทดลองศึกษาการลดของอุณหภูมิหลังจากการให้ความร้อนแก่น้ำมันสับดูดำ.....	48
11 แสดงผลการหาความเหมาะสมของเมธานอล.....	51
12 แสดงผลการหาความเหมาะสมของตัวเร่งปฏิกิริยา.....	51
13 แสดงผลการหาความเหมาะสมของเวลาในการทำปฏิกิริยา.....	52
14 แสดงผลการหาความเหมาะสมของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา.....	52
15 แสดงผลการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสับดูดำดิบโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน และให้ความร้อนในการทำปฏิกิริยาด้วยคลื่นไมโครเวฟ (น้ำมันสับดูดำ 1,000 กรัม)...	53
16 แสดงผลการแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์กับกลีเซอริน.....	57
17 แสดงคุณสมบัติน้ำมันดีเซลมาตรฐานกับคุณสมบัติไบโอดีเซลจากการทดลอง.....	59
18 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อผลตอบแทนทางการเงิน.....	62
19 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันสับดูดำ.....	85

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงโมเลกุลน้ำมันและไขมัน.....	8
2 แสดงไฮโดรคาร์บอนโซ่ยาว.....	8
3 แสดงปฏิกิริยาระหว่างไขมันหรือน้ำมันกับแอลกอฮอล์.....	11
4 แสดงภาพลักษณะต้นของสบู่ดำ.....	13
5 แสดงภาพดอก ผลอ่อน และผลแก่ของสบู่ดำ.....	13
6 แสดงการผลิตและการใช้ประโยชน์จากสบู่ดำ.....	14
7 แสดงการกะเทาะเปลือกให้เหลือแต่เมล็ดโดยเครื่องกะเทาะเปลือก การบดเมล็ด และการให้ความร้อนโดยการตากแดด.....	15
8 แสดงเครื่องหีบสกัดน้ำมัน น้ำมันที่ได้ไปผ่านเครื่องกรองละเอียดให้น้ำมัน สะอาด พร้อมใช้งาน.....	15
9 แสดงกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชดิบ.....	18
10 แสดงกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำดิบ.....	19
11 แสดงผังการทำงานของเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำดิบโดยกระบวนการ ทรานส์เอสเทอริฟิเคชันและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ.....	26
12 แสดงเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำดิบโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอ ริฟิเคชันและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ.....	27
13 แสดงถังเก็บน้ำมันสบู่ดำดิบและถังเก็บสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และ เมทานอล.....	27
14 แสดงไมโครเวฟสำหรับให้ความร้อนแก่น้ำมัน.....	28
15 แสดงชุดทำปฏิกิริยา แยกชั้น และล้าง.....	28
16 แสดงชุดปั๊มสำหรับปั้มน้ำมันสบู่ดำ.....	28
17 แสดงเครื่องหีบสกัดน้ำมันเมล็ดสบู่ดำ.....	32
18 แสดงเครื่องกรองน้ำมันเมล็ดสบู่ดำ.....	32
19 แสดงการเตรียมน้ำมันเมล็ดสบู่ดำ จำนวน 1,000 กรัม.....	34
20 แสดงการเตรียมโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 10 กรัม.....	34

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
21 แสดงการเตรียมเมธานอล จำนวน 200 กรัม.....	35
22 แสดงน้ำมันสนูปดำที่ทำปฏิกิริยาแล้วทิ้งให้แยกชั้น 90 นาที.....	35
23 แสดงไบโอดีเซลด้านซ้าย และกลีเซอรินด้านขวาหลังจากการแยกแล้ว.....	35
24 แสดงการล้างไบโอดีเซลครั้งที่ 1-3.....	36
25 แสดงการล้างไบโอดีเซลครั้งที่ 4-6.....	36
26 แสดงการไล่ความชื้นออกจากไบโอดีเซล.....	36
27 แสดงอุปกรณ์การทดลองหาค่าความหนืด.....	38
28 แสดงอุปกรณ์สำหรับหาค่าจุดวาบไฟ.....	39
29 แสดงอุปกรณ์การทดลองการหาค่า Pour Point.....	41
30 แสดงอุปกรณ์สำหรับหาค่าพลังงานความร้อน.....	44
31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มอุณหภูมิกับระยะเวลา.....	50
32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของอุณหภูมิกับระยะเวลา.....	50
33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเมธานอลกับเปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซล.....	55
34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไซเตียมไฮดรอกไซด์กับเปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซล	55
35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยากับเปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซล.....	56
36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยากับเปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซล.....	56
37 แสดงการแยกชั้นระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน.....	58
38 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างไบโอดีเซลจากสนูปดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเตอร์ฟิเคชันและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟกับกลีเซอริน.....	58
39 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างไบโอดีเซลจากน้ำมันสนูปดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเตอร์ฟิเคชัน และให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟกับน้ำมันสนูปดำดิบ.....	60

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
40 แสดงมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV).....	77
41 แสดงอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR).....	78
42 แสดงระยะเวลาคืนทุน (PB).....	78
43 แสดงปฏิกริยาระหว่างกลีเซอรอลและกรดไขมัน	87

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วิธีการคำนวณหากรดไขมันอิสระ

ภาคผนวก ข

หนังสือรับรองการยอมรับผลงานปริญญานิพนธ์เพื่อตีพิมพ์

บรรณานุกรม

ประวัติย่อผู้วิจัย

การพัฒนาเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำขนาดเล็กโดยการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

บทคัดย่อ

ของ

ชานนท์ โพธิ์เจริญ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

พฤษภาคม 2550

ชานนท์ โพธิ์เจริญ. (2550). *การพัฒนาเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสนูปดำขนาดเล็กโดยการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ*. ปรินูญานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: ดร.พิชัย อัสภูมิมงคล, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สินศุภา จุ้ยจุลเจิม

ปรินูญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสนูปดำดิบ ซึ่งมีขนาดเล็กและให้ความร้อนในการทำปฏิกิริยาด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาคือ อัตราส่วนของน้ำมันสนูปดำดิบต่อเมธานอล ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา โดยทดลองผลิตไบโอดีเซลที่สภาวะต่าง ๆ ดังนี้ คือ อัตราส่วนของน้ำมันสนูปดำดิบต่อเมธานอล 10 : 1, 6.66 : 1, 5 : 1 และ 4 : 1 ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา 0.5, 1.0 และ 1.5 % โดยน้ำหนัก เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 4, 8, 12 และ 16 นาที และช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 48-50, 54-56 และ 59-61 องศาเซลเซียส พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสนูปดำ และให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ คือ อัตราส่วนของน้ำมันสนูปดำดิบต่อเมธานอลอยู่ที่ 5 : 1 ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ที่ 1.0 % โดยน้ำหนัก เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอยู่ที่ 8 นาที และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอยู่ในช่วง 59-61 องศาเซลเซียส ผลได้เฉลี่ยของไบโอดีเซล (Average biodiesel yield) เท่ากับ 97.6 % นอกจากนี้เมื่อนำไบโอดีเซลไปทดสอบคุณสมบัติโดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล พบว่า มีค่าความหนืด (Viscosity) เท่ากับ 4.0 เซนติสโตก จุดเท็ดว (Pour Point) เท่ากับ 7 องศาเซลเซียส ค่าความร้อน (Heating Value) เท่ากับ 42.0 กิโลจูลต่อกรัม ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) เท่ากับ 0.86 และจุดขุ่น (Cloud Point) ตัวเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส การคำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมดคิดจากค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลรวมกับค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการผลิตไบโอดีเซล ได้แก่ ค่าน้ำมันสนูปดำดิบ ค่าเมธานอล ค่าโซเดียมไฮดรอกไซด์ ค่าน้ำกลั่น และค่าไฟฟ้าจากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์ร่วมกับเงื่อนไขทางเศรษฐศาสตร์ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return) และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) พบว่า มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2 เดือน

DEVELOPMENT OF A SMALL BIODIESEL PLANT FROM JATROPHA SEED OIL
USING MICROWAVE AS A HEAT SOURCE

AN ABSTRACT
BY
CHANON POCHAROEN

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Master of Engineering Degree in Mechanical Engineering
at Srinakharinwirot University

May 2007

Chanon Pocharoen. (2007). *Development of a small Biodiesel plant from Jatropha seed oil using Microwave as a heat source*. Master thesis M.Eng. (Mechanical Engineering). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Pichai Adsadamongkhol, Asst. Prof. Dr. Sinsupha Juyjullajerm.

This study presents the results of biodiesel production from Jatropha seed oil by transesterification using Microwave as a heat source. The important factors that affecting the transesterification reaction including molar ratio of Jatropha seed oil to methanol, amounts of catalyst, reaction time and reaction temperature are studied. Four different molar ratios of Jatropha seed oil to methanol are used (10:1, 6.66:1, 5:1 and 4:1), three different catalyst concentrations are used (0.5, 1.0 and 1.5 %wt NaOH), four different reaction times are used (4, 8, 12 and 16 min), and three different reaction temperatures are used (48-50, 54-56 and 59-61 °C). The results demonstrated that the most optimum molar ratio of Jatropha seed oil to methanol is 5:1. The catalyst concentration is 1.0 %wt NaOH. The reaction time is 8 min where as the reaction temperature is 59-61 °C. Average biodiesel yield is 97.6 % of Jatropha seed oil. Analysis of biodiesel that viscosity of Jatropha biodiesel at 40 °C is 4.0 cSt , pour point is 7 °C, heating value is 42.0 kJ/g, specific gravity is 0.86 and cloud point is 10 °C. Economic worthiness is considered using three parameters including, installation expense, maintenance expense and operating expense. Furthermore, three economic criteria, which are payback period, net present value and internal rate of return are also considered. The payback period is 2 months

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากประชากรของโลกเพิ่มขึ้นโดยทรัพยากรของโลกที่มีอยู่จำกัด เช่น น้ำมันเชื้อเพลิงถูกใช้ไปอย่างมากยิ่งขึ้น ทำให้น้ำมันดิบสำรองปริมาณลดน้อยลงทุกที และอาจจะหมดไปจากโลกในอนาคตอันใกล้นี้ จึงส่งผลให้ราคาเชื้อเพลิงสำเร็จรูป เช่น น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน มีราคาสูงขึ้น ประเทศไทยกำลังเผชิญกับปัญหาราคาน้ำมันที่สูงขึ้น การใช้เชื้อเพลิงจากการเผาไหม้ของฟอสซิล เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก (greenhouse effect) ก่อให้เกิดมลพิษทำลายสุขภาพอนามัยทั้งคนและสัตว์ การใช้น้ำมันจากพืชเป็นพลังงานทดแทน จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขสถานการณ์เรื่องราคาน้ำมันแพง สภาวะเรือนกระจก และมลพิษต่าง ๆ และเป็นไปตามนโยบายของรัฐบาล ตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 8 มิถุนายน 4547 ให้การใช้พลังงานทดแทนเป็นวาระแห่งชาติที่มีความสำคัญเร่งด่วนที่ทุกฝ่ายจะต้องดำเนินการแก้ไขให้เป็นรูปธรรมและต่อเนื่องพลังงานทดแทนเหล่านี้ ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ แก๊สโซฮอล์และไบโอดีเซล หรือเชื้อเพลิงชีวภาพให้มากขึ้น ไบโอดีเซลหรือเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพ (Biodiesel) เป็นชื่อเรียกเชื้อเพลิงเหลวที่เปลี่ยน โครงสร้างทางเคมีของน้ำมันพืชไปเป็นสารเอสเทอร์ (Ester) ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลซึ่งผลิตโดยกระบวนการที่เรียกว่า “ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification)” ของน้ำมันพืชทั้งที่เป็นน้ำมันพืชดิบและน้ำมันที่ใช้งานแล้วกับเมทานอล (Methanol) หรือ เอทานอล (Ethanol) โดยมีไฮดรอกไซด์หรือโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี (Catalyst) เปลี่ยนกรดไขมันให้เป็นเมทิลเอสเทอร์ (Methyl Esters) หรือ เอทิลเอสเทอร์ (Ethyl ester) หรือเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพ และกลีเซอรอล (Glycerol) ซึ่งเป็นผลได้ที่มีค่าทางอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง เชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพ (Biodiesel) เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ไม่มีปัญหาด้านความหนืด จุดไหลเท และปริมาณกากถ่านเหมือนกับน้ำมันดีเซลพืช มีปริมาณกำมะถันต่ำกว่าน้ำมันดีเซล และก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า นอกจากนี้การที่เชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพมีจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก ทำให้มีความปลอดภัยในการใช้และการขนส่งยิ่งขึ้น โดยไบโอดีเซลหรือเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพนี้สามารถผลิตได้จากน้ำมันพืช หรือจากไขมันสัตว์ก็ได้ทำให้มีวัตถุดิบใช้อย่างต่อเนื่อง โครงการวิจัยนี้จึงทำการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากวัตถุดิบที่เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สามารถผลิตได้เองในประเทศ เช่น น้ำมันดิบจากพืช เพื่อเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกต่อไปในอนาคต

ประเทศไทยมีน้ำมันที่ผลิตจากพืชหลายชนิด ได้แก่ ปาล์ม ถั่วเหลือง ละหุ่ง งา รำข้าว สบู่ดำ ทานตะวัน มะพร้าว เป็นต้น การที่เรานำผลผลิตทางการเกษตรมาผลิตเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพทดแทน น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดการนำเข้าด้านพลังงานของประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาเทคนิคการผลิตไบโอดีเซล จากสบู่ดำ โดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ด้วยการใช้อัลกอฮอล์เป็นแหล่งให้ความร้อน
- 1.2.2 สร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซล โดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
- 1.2.3 หาค่าคุณสมบัติของไบโอดีเซล ที่ผลิตได้ เปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล
- 1.2.4 ศึกษาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 สร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซล แบบกะ ขนาดถึง 1 ลิตร โดยใช้แหล่งความร้อนจากแหล่งกำเนิดไมโครเวฟ
- 1.3.2 ผลิตไบโอดีเซล จากน้ำมันสบู่ดำดิบด้วยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้เครื่องผลิตไบโอดีเซลที่สร้างขึ้น
- 1.3.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำมัน เมื่อใช้ระดับพลังงานสูงสุดของไมโครเวฟ ณ เวลาต่าง ๆ
- 1.3.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำมันเมื่อมีการกวนหลังจากการยุติการให้พลังงาน ความร้อน ในถังปฏิกรณ์ที่ผลิตขึ้น
- 1.3.5 ศึกษาอัตราเร็วในการแยกไบโอดีเซลออกจากกลีเซอรินโดยใช้ถังแยกที่สร้างขึ้น
- 1.3.6 ทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ ได้แก่ ความหนืด ความตึงผิว ค่าความร้อนของน้ำมัน จุดชุนตัว จุดวาบไฟและจุดไหลเท

1.4 วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและเทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล จากน้ำมันโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
- 1.4.2 สร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซล จากน้ำมันสบู่ดำ โดยกระบวนการ ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
- 1.4.3 ทดสอบความสามารถของการให้ความร้อนแก่น้ำมันและการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้แหล่งกำเนิดไมโครเวฟ

1.4.4 ทดลองผลิตไบโอดีเซล

1.4.5 ทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันสบู่ดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ตามมาตรฐานคุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล

1.4.6 วิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

1.4.7 สรุปผลการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1.5.1 ได้เครื่องผลิตไบโอดีเซล ขนาดเล็กจากน้ำมันสบู่ดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ เพื่อนำไปถ่ายทอดให้ชุมชน

1.5.2 ได้ทราบถึงวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล จากน้ำมันสบู่ดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

1.5.3 ได้ทราบถึงความเป็นไปได้ของการผลิตไบโอดีเซล จากน้ำมันสบู่ดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

1.5.4 ได้แนวทางการใช้พลังงานจากพืชพลังงาน เพื่อทดแทนการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิง

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทปริทัศน์วรรณกรรม (Literature Reviews)

อัญชลนา ยอดเรืองวงศ์ (2545:ไม่ปรากฏเลขหน้า) ได้ทำการศึกษาการผลิตเมทิลเอสเทอร์ (Methyl ester) จากน้ำมันพืช 2 ชนิด ได้แก่ มันรำข้าวดิบ และน้ำมันถั่วเหลืองดิบ โดยใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ อัตราส่วนของน้ำมันต่อ เมทานอล อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา และชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่อการเกิดเมทิลเอสเทอร์ จากการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันรำข้าวดิบคือ ที่อัตราส่วนน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 6 : 1 ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา 0.85 % โดยน้ำหนัก และอุณหภูมิของการทำปฏิกิริยา คือ 70 องศาเซลเซียส ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ได้เท่ากับ 67.3 % สำหรับน้ำมันถั่วเหลืองดิบ สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเมทิลเอสเทอร์คือ ที่อัตราส่วนน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 15 : 1 ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา 0.75 % โดยน้ำหนัก และอุณหภูมิของการทำปฏิกิริยา 40 องศาเซลเซียส ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ได้เท่ากับ 89.1% เมื่อนำเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติโดยเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลพบว่า ค่าความหนืดมีค่าอยู่ในช่วง 4.4 - 5.51 เซนติสโตก โดยความหนืดที่ได้อยู่ในช่วงกำหนดมาตรฐานของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล จุดวาบไฟมีค่าระหว่าง 135-136 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ทำให้การขนย้ายและการเก็บรักษามีความปลอดภัยมากกว่า จุดเทตมีค่าระหว่าง -3.2 ถึง -1.1 จุดขุ่นตัวมีค่า 3.2 – 5.3 องศาเซลเซียส ซึ่งทั้งจุดเทตและจุดขุ่นตัวมีค่าในช่วงกำหนดมาตรฐานของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ค่าความร้อนมีค่าระหว่าง 40.08-41.11 กิโลจูลต่อกรัม ซึ่งต่ำกว่าค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ประมาณ 5 - 14 % และความถ่วงจำเพาะมีค่าระหว่าง 0.884 – 0.889 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงกำหนดมาตรฐานของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล

กนกอร รจนากิจ (2546:ไม่ปรากฏเลขหน้า) ได้ทำการศึกษาการนำน้ำมันพืชบริสุทธิ์มาใช้โดยตรงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดพบว่าเกิดปัญหา อันเนื่องมาจากการมีค่าความหนืดสูงและการระเหยต่ำ ปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยการนำไปผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการนำไฮปาล์มและน้ำมันมะพร้าว มาผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้เมทานอลและเอทานอลตามลำดับ โดยมีโปดัสเทียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ไบโอดีเซลในรูปของเมทิลเอสเทอร์จากไฮปาล์มและเอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าว ในการทดลองมีการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลที่ได้โดยการใช้แนว

ทางการเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลโดยการเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติ ความหนืด จุดไหลเท จุดวาบไฟ ค่าความร้อน เป็นต้น

จากนั้นนำไปโอดีเซลที่เตรียมได้ไปใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลในระยะสั้นเพื่อศึกษาถึงสมรรถนะและควันดำที่เกิดขึ้นจากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับโอดีเซลผสมน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนในการผสมต่าง ๆ กับน้ำมันดีเซลมาตรฐาน พบว่าที่อัตราส่วนการผสมโอดีเซลต่อน้ำมันดีเซลโดยปริมาตรที่ 10 % มีคุณสมบัติการใช้งานที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโอดีเซลในอัตราส่วนการผสมอื่น ๆ จึงสามารถกล่าวได้ว่าโอดีเซลจากไขมันปาล์มบริสุทธิ์และโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวเป็นทางเลือกใหม่ของการเชื้อเพลิงที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยไม่จำเป็นต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์แต่อย่างใด

เกษมศรี ศรีสัน (2545:ไม่ปรากฏเลขหน้า) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตโอดีเซล (Biodiesel) จากน้ำมันปาล์ม เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ โดยใช้การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ (Cost benefit analysis) ใช้เกณฑ์การตัดสินใจลงทุน (Investment criteria) ดังนี้คือ การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันของผลได้สุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (B/C Ratio) และวิเคราะห์ทางด้านความอ่อนไหวของโครงการ

ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ ที่อัตราคิดลดร้อยละ 12 และขายโอดีเซลในราคาเดียวกับน้ำมันดีเซล คือ 13.12 บาท / ลิตร พบว่า NPV เท่ากับ 1.092 IRR เท่ากับ 17.76 % และ B / C เท่ากับ 1.015 ทำให้โครงการนี้เหมาะสมที่จะลงทุนดำเนินการ นอกจากนี้การใช้น้ำมันพืชล้วนๆ โดยตรงในเครื่องยนต์ทำให้เกิดความยุ่งยาก โดยเฉพาะเมื่อใช้น้ำมันพืชที่อุณหภูมิต่ำนั้นจะเกิดการแข็งตัวทำให้เกิดการอุดตันในท่อส่งน้ำมันและไส้กรอง ขบวนการไหลของน้ำมันไปป้อนที่หัวฉีด ทำให้การสตาร์ทเครื่องยนต์ทำได้ยากมากขึ้น การใช้น้ำมันพืชในเครื่องยนต์ดีเซลจะมีปริมาณกากถ่านหรือคาร์บอนตกค้างในปริมาณที่สูง เมื่อเผาไหม้มีแนวโน้มให้เกิดควันและคราบเขม่าสะสมในห้องเผาไหม้ บริเวณลูกสูบ ฝาสูบ หัวฉีด และร่องแวนในปริมาณสูงกว่าเมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล

ดังนั้น จึงต้องมีการทำการปรับปรุงความหนืดของน้ำมันพืชให้น้อยลงเพื่อให้สะดวกต่อการป้อนเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้ และให้เกิดการสันดาปได้อย่างสมบูรณ์และต่อเนื่อง โดยต้องทำให้โมเลกุลของน้ำมันให้เล็กลงก่อนซึ่งต้องใช้ปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่า ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) และน้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการนี้เราเรียกว่า เชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพ (Biodiesel) หรือนิยามทางเคมีก็คือ อัลคิลเอสเทอร์ ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลเพียง 1/3 ของน้ำมันพืชดิบ โอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลไม่มีปัญหาในด้านความหนืด จุดไหลเท และปริมาณกากถ่าน มีปริมาณกำมะถันต่ำกว่าน้ำมันดีเซลมากและก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมน้อย

กว่า นอกจากการที่เชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพมีจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลมาก ทำให้มีความปลอดภัยในการใช้ และการขนส่งยิ่งขึ้น โดยเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพนี้สามารถผลิตได้จากน้ำมันพืช หรือจากไขมันสัตว์ก็ได้ ซึ่งทำให้หาวัตถุดิบได้ตลอดไป

โครงการวิจัยนี้จึงทำการศึกษาการสังเคราะห์เชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพจากวัตถุดิบที่มีราคาถูก และเป็นผลผลิตทางด้านเกษตรกรรมที่สามารถผลิตได้เองในประเทศ เช่น น้ำมันดิบจากพืช เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือก จึงเป็นการศึกษาที่น่าสนใจซึ่งประเทศไทยก็มีพืชน้ำมันที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ สบู่ดำ ละหุ่ง ปาล์ม ถั่วเหลือง งา รำข้าว ทานตะวัน มะพร้าว เป็นต้น ซึ่งพืชเหล่านี้สามารถนำมาสกัดเป็นเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพเพื่อนำมาใช้ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลได้ นอกจากนี้ยังสามารถสร้างความมั่นคง และสามารถเพิ่มการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานของประเทศไทยอีกด้วย

คูซี (Kusy, 1982:127-133) ได้ทำการศึกษาการสังเคราะห์เชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพจากน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน โดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ในการศึกษานี้ได้นำกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพของบริษัทดูปองและบริษัทคอลเกต - ปาล์มโกลีฟซึ่งได้จดสิทธิบัตรในปี 1940 มาใช้ในการสังเคราะห์ เพื่อที่ต้องการหาตัวแปรที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา ได้แก่ ชนิด และปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา อัตราส่วนโดยปริมาณของน้ำมันต่อเอทานอล เวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้อัตราสภาวะ ผลการศึกษาพบว่าน้ำมันพืชดิบจะให้ปริมาณเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพที่มากกว่าน้ำมันพืชที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพของน้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน คือ โซเดียมเมธีออกไซด์ (NaOCH_3) โดยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพจากน้ำมันถั่วเหลือง คือ อัตราส่วน โดยปริมาตรของน้ำมันถั่วเหลืองต่อเอทานอล เป็น 250 : 77.6 อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ 83 องศาเซลเซียส ที่เวลาของการเกิดปฏิกิริยา 60 นาที และใช้โซเดียมเมธีออกไซด์ 5 มิลลิลิตร จะให้ปริมาณเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพ 96% ของน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ และสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพจากน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันคือ ที่อัตราส่วนโดยปริมาตรของน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันต่อเอทานอลเป็น 250 : 135 อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ 83 องศาเซลเซียส ที่เวลาของการเกิดปฏิกิริยา 60 นาที และใช้โซเดียมเมธีออกไซด์ 5 มิลลิลิตร จะให้ปริมาณเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพ 99 % ของน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ นอกจากนี้ยังได้นำเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพที่ได้มาทดสอบกับเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบอัตราเปิด พบว่าเครื่องยนต์ทำงานได้เป็นปกติ

ฮาสเซทท์ (Hassett, 1982:123-126) ได้ทำการศึกษาการสกัดเชื้อเพลิงดีเซลจากน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน โดยใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ในการศึกษานี้ได้ใช้เอทานอล จำนวน 1,456 กรัม ต่อปริมาณน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน 9,000 ลิตร และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจำนวน 8.4 กรัม โดยเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง และอุณหภูมิที่ใช้ในการ

เกิดปฏิกิริยาอยู่ในช่วง 62 - 65 องศาเซลเซียส โดยจะได้ปริมาณเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพ 87 - 90 % พบว่าเมธิลเอสเทอร์ที่ได้มีความหนืดประมาณ 15 เซนติสโตก ซึ่งมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงความหนืดของ น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลซึ่งมีความหนืด 10 เซนติสโตก โดยวัดที่อุณหภูมิ 40 องศาฟาเรนไฮต์ เมธิลเอสเทอร์ที่ได้จะถูกนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลพบว่าให้ปริมาณควันน้อย เครื่องยนต์สตาร์ทติดง่าย ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนดี ผู้ทำการทดลองได้เสนอว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งในการที่จะทำให้ เมธิลเอสเทอร์มีความบริสุทธิ์ 100% โดยการกลั่นภายใต้ความดันสุญญากาศ ซึ่งในการนำเมธิลเอสเทอร์ที่สกัดได้มาทำการกลั่นอีกครั้งอาจจะทำให้การผลิตเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพมีราคาสูงขึ้นตามไปด้วย

ฟรีแมน (Freeman,1982:117-122) ได้ทำการศึกษาการสังเคราะห์เชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพจาก น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และน้ำมันเมล็ดถั่วเหลืองโดยใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เพื่อที่ ต้องการหาตัวแปรที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา ได้แก่ อัตราส่วนความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมัน ดอกทานตะวันและน้ำมันถั่วเหลือง อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา ชนิดของแอลกอฮอล์และชนิดของ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ ผลที่ได้พบว่า อัตราส่วนความเข้มข้นที่เหมาะสมเป็น 4 : 1 และ 6 : 1 อุณหภูมิที่ใช้ ในการเกิดปฏิกิริยา คือ 46 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียสจะให้ปริมาณเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพ ประมาณ 90 - 98 % สามารถผลิตเมธิลเอสเทอร์ เอธิลเอสเทอร์และไอโซโพรพิลเอสเทอร์ได้ประมาณ 98, 96, และ 96 % ตามลำดับ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากไม่ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงและทำให้เวลาในการสกัดเชื้อเพลิงชีวภาพสั้นกว่าการใช้กรดซัลฟูริก

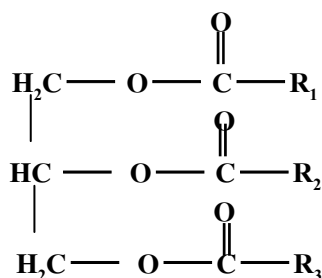
ชิตรา (Chitra,2005:abstract) ได้ทำการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสนปูด้า โดยใช้ กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ในการศึกษาได้ใช้สภาวะต่างๆ ดังนี้ น้ำมันสนปูด้า 100 กรัม เมธานอล (10, 15, 20 และ 25 กรัม) ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (0.5, 1.0 และ 1.5 กรัม ใช้ เวลาในการทำปฏิกิริยา (30, 60, 90 และ 120 นาที) อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา คือ (30, 45 และ 60 องศาเซลเซียส) ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสนปูด้า 30 - 98 %

จากผลการศึกษาพบว่า จะได้ไบโอดีเซลสูงสุดที่ 98 % ที่สภาวะเหมาะสมดังนี้ น้ำมันสนปูด้า 100 กรัม เมธานอล 20 กรัม ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 1.0 กรัม ใช้เวลาในการทำ ปฏิกิริยา 90 นาที อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา คือ 60 องศาเซลเซียส ได้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสนปูด้า 98 กรัม

2.2 ไขมันและน้ำมัน (Fats and oils)

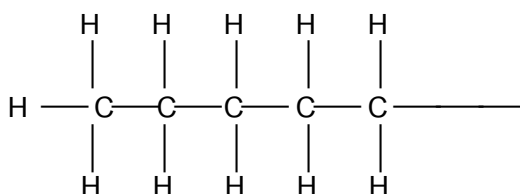
ไขมันและน้ำมัน เป็นเอสเทอร์ (Ester) ที่เกิดจากกลีเซอรอล (Glycerol) ซึ่งเป็นไตรไฮดริกแอลกอฮอล์ (Trihydric alcohol) กับกรดไขมัน เรียกว่า กลีเซอริลเอสเทอร์ (Glyceryl esters) หรือ กลีเซอไรด์ (Glycerides) กลีเซอไรด์ ที่พบแบ่งได้เป็น 3 ชนิดตามจำนวนกรดไขมัน คือ โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ โดยที่อุณหภูมิห้องกลีเซอไรด์ที่เป็นของแข็งเรียกว่า ไขมัน (Fats) ถ้าเป็นของเหลวเรียกว่า น้ำมัน (Oils)

ไขมันหรือน้ำมัน โดยทั่วไปเป็นสารประเภทไตรกลีเซอไรด์ที่มีสูตรโครงสร้างทั่วไปดังแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงโมเลกุลของน้ำมันหรือไขมัน

โดย R ในภาพประกอบ 1 แทน ไฮโดรคาร์บอนโซ่ยาว คือมีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเท่านั้น โดยมีคาร์บอนอะตอมต่อกันเป็นโซ่ ดังแสดงในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงไฮโดรคาร์บอนโซ่ยาว

แต่ละโซ่ของไฮโดรคาร์บอนจะมีจำนวนคาร์บอนอะตอมไม่เท่ากัน โดยทั่วไปมีจำนวนคาร์บอนระหว่าง 11-19 ตัว นอกจากนี้แล้วโซ่คาร์บอนอาจอิมตัว หรือไม่อิมตัวก็ได้ โซ่คาร์บอนอิมตัว หมายถึง พันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด ส่วนโซ่คาร์บอนไม่อิมตัว คือ มีพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนเป็นพันธะคู่ ซึ่งอาจจะมีเพียงหนึ่งพันธะหรือมากกว่าก็ได้ และการที่มีจำนวนพันธะคู่มากจะทำให้มีความอิมตัวสูง โดยน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ มีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบแตกต่างกันไปดังแสดงในตาราง 1

เนื่องจากน้ำมันพืช และสัตว์มีกรดไขมันชนิดต่างกันเป็นองค์ประกอบ โดยมีปริมาณของกรดไขมันอยู่ในโครงสร้างถึงร้อยละ 94 – 96 % ของน้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ทำให้คุณสมบัติทั้งทางเคมี และกายภาพของน้ำมันแต่ละชนิดแตกต่างกันซึ่งคุณสมบัติ และค่าความร้อนของน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 2

โมเลกุลส่วนใหญ่ของน้ำมันพืชมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) มากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) ดังนั้นจึงปรากฏเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง สำหรับโมเลกุลของไขมันสัตว์มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว จึงปรากฏเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง และทำให้ไขมันสัตว์มีลักษณะเฉพาะ คือ มีจุดหลอมเหลวสูงและมีความหนืดสูง นอกจากนี้ยังมีจุดขุ่นตัวและจุดเทตัวสูงกว่าน้ำมันพืชอีกด้วย

ตาราง 1 แสดงองค์ประกอบกรดไขมันหลักของน้ำมันพืชต่าง ๆ

น้ำมันชนิดดิบ	องค์ประกอบกรดไขมันหลัก (%)						
	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
น้ำมันปาล์ม	0-0.5	0.5-2.0	39.3-47.5	3.5-6.0	36.0-44.0	9.0-12.0	0-0.5
น้ำมันปาล์มโกลีน	0.1-0.5	0.5-1.5	38.0-43.5	3.5-5.0	39.8-46.0	10.0-13.5	0-0.6
น้ำมันปาล์มสเตียรีน	01.-0.5	1.0-2.0	48.0-74.0	3.9-6.0	15.5-3.60	3.0-10.0	0.5
น้ำมันเมล็ดในปาล์ม	45.0-55.0	14.0-18.0	6.5-10.0	1.0-3.0	12.0-19.0	1.0-3.5	0-0.2
น้ำมันมะพร้าว	45.1-53.2	16.8-21.0	7.5-10.2	2.0-4.0	5.0-10.0	1.0-2.5	0
น้ำมันถั่วลิสง	0-0.1	0-0.1	8.0-14.0	1.0-4.5	35.0-67.0	13.0-43.0	0-0.3
น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ	0	0	14.9	6.0	41.2	37.4	0
น้ำมันเมล็ดเรพ	0	0-0.2	1.5-6.0	0.5-3.1	8.0-60.0	11.0-23.0	5.0-13.0
น้ำมันถั่วเหลือง	0-0.1	0-0.2	2.0-5.4	2.0-5.4	17.7-28.0	49.8-59.0	5.0-11.0

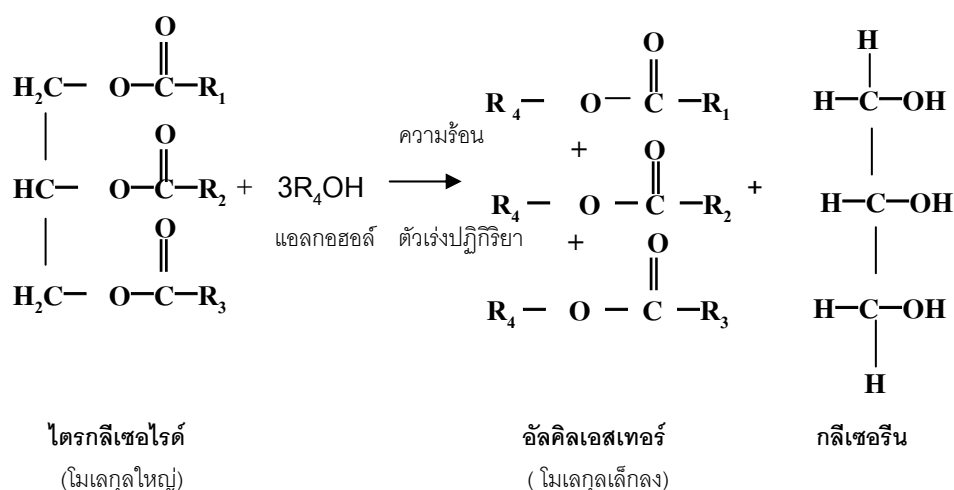
ตาราง 2 แสดงคุณสมบัติและค่าความร้อนของน้ำมันชนิดต่าง ๆ

น้ำมัน	ความถ่วงจำเพาะ (ที่ 21 °C) (กรัม/มล.)	ความหนืด (ที่ 21°C) (เซนติสโตก)	ค่าความร้อน (กิโลจูล / กก.)
ถั่วเหลือง	0.918	57.2	39,350
ทานตะวัน	0.918	60.0	39,490
มะพร้าว	0.915	51.9	37,540
ถั่วลิสง	0.914	67.1	39,470
ปาล์ม	0.898	88.6	39,550
เมล็ดในปาล์ม	0.904	66.3	37,720
เมล็ดสบู่ดำ	0.915	36.9 (วัดที่ 38 °C)	39,000
น้ำมันดีเซล	0.845	3.8	46,800

2.3 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

ไบโอดีเซล คือ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตมาจากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ โดยผ่านกระบวนการที่ทำให้โมเลกุลเล็กลงให้อยู่ในรูปเอทิลเอสเตอร์ (Ethyl esters) หรือ เมทิลเอสเตอร์ (Methyl esters) ซึ่งคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล กระบวนการนี้เรียกว่า กระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification) โมเลกุลของน้ำมันส่วนใหญ่คือ ไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเป็นสารเอสเทอร์ 3 ตัว เกาะกันอยู่กับโมเลกุลของกลีเซอริน โมเลกุลในน้ำมันพืชสามารถเรียกได้อีกชื่อว่ากลีเซอรอลเอสเทอร์ ประมาณ 20 % ของโมเลกุลน้ำมันพืช คือ กลีเซอรอล หรือ กลีเซอไรด์ ตัวกลีเซอรินนี้เองที่ทำให้ น้ำมันพืชเหนียวหนืด ในการทำปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน กลีเซอรินที่จะถูกกำจัดออกจากน้ำมันพืช กรดไขมันจะถูกแยกออกเพื่อทำให้โมเลกุลเล็กลงเพื่อลดความหนืด (Viscosity) เนื่องจากน้ำมันพืชทั่วไปเป็นสารประกอบประเภทไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งตามธรรมชาติจะมีความหนืดสูง มีผลมาจากการที่มีมวลโมเลกุลใหญ่ สามารถนำมาทำให้มีมวลโมเลกุลเล็กลงเพื่อให้ความหนืดลดลงได้ โดยใช้กระบวนการที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งจะได้น้ำมันที่มีความหนืดลดลง

ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันคือ ปฏิกริยาแตกพันธะของเอสเทอร์ ด้วยแอลกอฮอล์โดยมีกรด (Acid) หรือเบส (Alkali) เป็นตัวเร่งปฏิกริยา (Catalyst) ผลิตภัณฑ์ ที่ได้คือ เอสเทอร์ และกลีเซอริน ในทางทฤษฎีการเกิดปฏิกริยาโดยสมบูรณ์จะต้องใช้อัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์กับน้ำมัน เป็น 3 : 1 คูณในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงปฏิกิริยาระหว่างไขมันหรือน้ำมันกับแอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์ที่ใช้ ได้แก่ เมทานอล หรือเอทานอล โดยที่เมทานอลมักจะนิยมใช้มากกว่า เนื่องจากมีราคาถูก และเป็นแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลเล็ก ทำให้สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับไขมันหรือน้ำมันได้ง่าย ถ้าใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาก็จะสามารถละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในเมทานอลในระหว่างเตรียมสารได้ง่ายด้วย ซึ่งสารที่ได้นี้ถูกเรียกว่าโซเดียมเมธีลไฮดรอกไซด์

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบสได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) โซเดียมเมธีลไฮดรอกไซด์ (NaOCH₃) โซเดียมเอทิลไฮดรอกไซด์ (NaOC₂H₅) หรือโพตัสเซียมเมธีลไฮดรอกไซด์ (KOCH₃) เป็นต้น ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบสได้รับความนิยมมากกว่าเนื่องจากเบสให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูง ปฏิกิริยาเกิดได้สมบูรณ์ และให้ผลดีที่อุณหภูมิของการทำปฏิกิริยาดำกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรด อย่างไรก็ตามการใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะต้องให้แอลกอฮอล์ และไขมันหรือน้ำมันที่นำมาใช้นั้นไม่มีน้ำหรือความชื้นปนเพราะจะทำให้เกิดปฏิกิริยาซาปอนิฟิเคชัน (Saponification) ซึ่งจะทำให้เกิดสบู่ ทำให้เกิดอัลคิลเอสเทอร์น้อยลง และทำให้การแยกกลีเซอรินออกจากเอสเทอร์ยาก แต่ถ้าแอลกอฮอล์ ไขมันหรือน้ำมันมีปริมาณน้ำปนอยู่มากก็อาจใช้กรดเป็นเร่งปฏิกิริยาแทนที่จะใช้ต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา กรดที่ใช้ส่วนใหญ่คือ กรดซัลฟูริก (H₂SO₄) และกรดไฮโดรคลอริก (HCl) แต่วิธีง่ายกว่าคือเพิ่มกระบวนการไล่น้ำออกจากน้ำมันเสียก่อน หลังจากปฏิบัติสิ้นสุดลงผลิตภัณฑ์ที่จะได้ถูกแยกออกเป็น 2 ชั้น โดยชั้นบนเป็นอัลคิลเอสเทอร์ ส่วนชั้นล่างเป็นกลีเซอริน ซึ่งจะถูกแยกออกจากสารละลายชั้นบนโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น ชนิดของอัลคิลเอสเทอร์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมันที่ใช้เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยา

2.4 วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล

วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ได้แก่ น้ำมันพืช ซึ่งในการพิจารณาเลือกน้ำมันชนิดใดมาใช้ต้องคำนึงถึง ราคา ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันชนิดนั้น และความเหมาะสมของปริมาณการปลูกพืชน้ำมันในพื้นที่นั้นด้วย เช่น ปาล์มน้ำมันและมะพร้าวเป็นพืชน้ำมันที่มีการปลูกมากในประเทศไทย ปาล์มน้ำมันปลูกมากในประเทศมาเลเซีย ถั่วเหลืองปลูกมากในประเทศสหรัฐอเมริกา เรพและทานตะวันปลูกมากในกลุ่มประเทศยุโรป เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยมีการเพาะปลูกพืชน้ำมันหลัก 6 ชนิด คือ ถั่วเหลือง ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว ถั่วลิสง งาม และละหุ่ง ในจำนวนพืชน้ำมันทั้ง 6 ชนิด ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีปริมาณผลผลิตสูงที่สุด รองลงมาคือ มะพร้าว นอกจากน้ำมันทั้ง 6 ชนิดนี้แล้ว ยังมีแหล่งน้ำมันอื่น ๆ เช่น สบู่ดำ น้ำมันสัตว์ และน้ำมันพืชใช้แล้ว ซึ่งวัตถุดิบจากพืชน้ำมันที่มีความเหมาะสมในผลิตไบโอดีเซลในปัจจุบัน มี 3 ชนิด คือ ปาล์มน้ำมัน สบู่ดำ และน้ำมันใช้แล้ว สบู่ดำมีข้อดีกว่าปาล์มน้ำมันตรงที่น้ำมันจากสบู่ดำเป็นพืชจะไม่มีการแบ่งการตลาดไปทำน้ำมันสำหรับบริโภคได้ ราคาสบู่ดำจึงคงที่กว่า

2.5 สบู่ดำ

สบู่ดำ มีชื่อสามัญว่า Physic nut หรือ Purging nut ชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Jatropha curcas* L. เป็นพืชพื้นเมืองทางทวีปอเมริกาใต้ ชาวโปรตุเกสนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยช่วงปลายสมัยกรุงศรีอยุธยา ปัจจุบันสบู่ดำมีอยู่ทุกภาคของประเทศไทยมีชื่อเรียกต่างกันไป เช่น ภาคเหนือ เรียกว่า มะหุ้งฮั่ว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียกว่า มะเยา หรือสีหลอด ภาคใต้ เรียกว่า หงเทศ หรือภาษายาวี เรียกว่ายาเคาะ ภาคกลาง เรียกว่า สบู่ดำ ดังแสดงในภาพประกอบ 4 ลักษณะโดยทั่วไปของสบู่ดำเป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดกลาง สูงประมาณ 2 - 7 เมตร มีอายุยืนไม่น้อยกว่า 20 ปี ลำต้นและยอดคล้ายละหุ่งแต่ไม่มีขน ลำต้นเกลี้ยงเกลารอบอ้วน แต่อ่อนสามารถใช้มือหักออกได้เพราะเนื้อไม้ไม่มีแก่น ใบหยัก 2 - 3 หยัก ผลัดใบปีละ 1 ครั้ง ผลมีลักษณะเป็นพู่ ส่วนมากจะมี 3 พู่ สีเขียวอ่อนเวลาสุกจะมีสีเหลือง เมล็ดมีสีดำปลายเมล็ดมีจุดสีขาวติดอยู่ ความยาวประมาณ 1.7 - 1.9 เซนติเมตร หนา 0.8 - 0.9 เซนติเมตร น้ำหนัก 100 เมล็ดประมาณ 69.8 กรัม มีปริมาณน้ำมันอยู่ถึงร้อยละ 33.5 ของเมล็ดคิดเป็นร้อยละ 52.8 ของน้ำหนักเนื้อในเมล็ด ดังแสดงในภาพประกอบ 5



ภาพประกอบที่ 4 แสดงลักษณะต้นของสนุ่นดำ



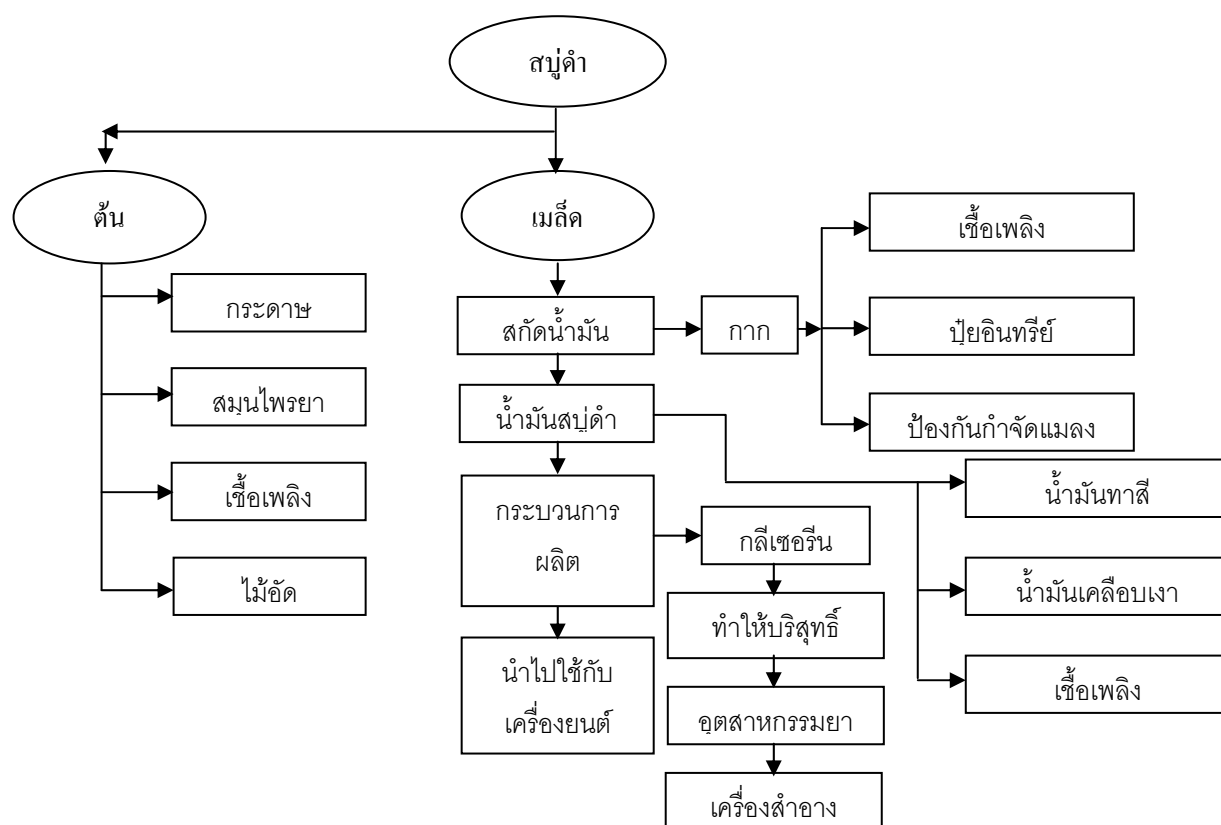
ภาพประกอบ 5 แสดงลักษณะดอก ผลอ่อน และผลแก่ของสนุ่นดำ

2.5.1 การใช้ประโยชน์จากสบู่ดำ

สบู่ดำเป็นพืชน้ำมันที่มีการนำส่วนต่าง ๆ ของต้นมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ซึ่งส่วนที่มีการนำมาใช้ประโยชน์มี ดังนี้

- 1) ยางจากก้านใบ ใช้ป่ายรักษาโรคปากนกกระจอก ห้ามเลือด แก้ปวดฟัน ลื่นเป็นฝ้าขาว (โดยผสมกับน้ำมันมรรดาป้ายลิ้น)
- 2) ลำต้น ตัดเป็นท่อนต้มน้ำให้เด็กทานแก้ซาง ตานขโมย ตัดเป็นท่อนแช่น้ำอาบแก้โรคพุพอง
- 3) เมล็ด หีบเป็นน้ำมัน ใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล ใช้บำรุงรากผม ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ โดยใช้กากที่เหลือจากการหีบน้ำมัน ซึ่งมาธาตุอาหารหลัก NPK (ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โพแทสเซียม, 4.40:2.09:1.68) มากกว่าปุ๋ยหมักและมูลสัตว์หลายชนิด ยกเว้นมูลไก่ที่มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมากกว่า

2.5.2 การผลิตและการใช้ประโยชน์น้ำมันสบู่ดำ



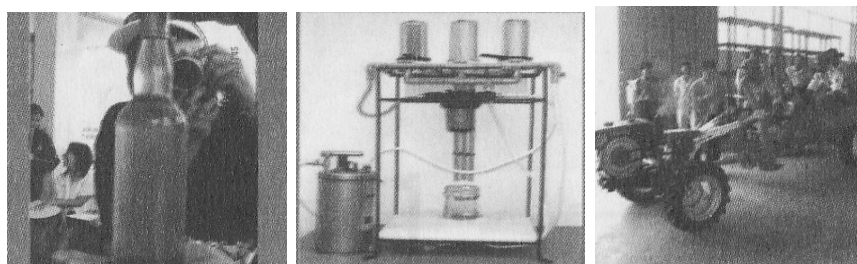
ภาพประกอบที่ 6 แสดงการใช้ประโยชน์จากสบู่ดำ

2.5.3 การหีบสกัดน้ำมันสบู่ดำ

เก็บผลสบู่ดำที่แก่จัดแล้วนำมากะเทาะเปลือกให้เหลือแต่เมล็ดโดยเครื่องกะเทาะเปลือก บดเมล็ดให้แตกหยาบ ๆ ให้ความร้อนโดยการตากแดด คั่ว หรืออบ แล้วนำเข้าสู่เครื่องหีบสกัดน้ำมัน นำ น้ำมันที่ได้ไปผ่านเครื่องกรองละเอียดให้น้ำมันสะอาดพร้อมใช้งาน



ภาพประกอบที่ 7 แสดงการกะเทาะเปลือกให้เหลือแต่เมล็ดโดยเครื่องกะเทาะเปลือก การบดเมล็ดให้แตกหยาบ ๆ และการให้ความร้อนโดยการตากแดด



ภาพประกอบที่ 8 แสดงเครื่องหีบสกัดน้ำมัน นำน้ำมันที่ได้ไปผ่านเครื่องกรองละเอียดให้น้ำมันสะอาดพร้อมใช้งาน

ตาราง 3 แสดงองค์ประกอบไขมันของน้ำมันเมล็ดสบู่ดำคิดเป็นร้อยละ

ชนิดของกรดไขมัน	ร้อยละ
<u>กรดไขมันอิ่มตัว</u>	
กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid)	16.17
กรดสเตียริก (Stearic acid)	5.11
<u>กรดไขมันไม่อิ่มตัว</u>	
กรดโอเลอิก (Oleic acid)	44.88
กรดลิโนลิก (Linoleic acid)	33.83

ตาราง 4 แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ – เคมี ของน้ำมันเมล็ดสบู่ดำดิบ

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ – เคมี	ค่าที่ได้
ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ที่ 25 องศาเซลเซียส	0.9136
ค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid, as oleic)	4.80 %
กรดไขมันอิ่มตัว (Sat. fatty acid)	21.28 %
กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsat. fatty acid)	78.71 %
ปริมาณน้ำและสิ่งระเหยได้ที่ 105 องศาเซลเซียส %	0.107 %
ความหนืด (Viscosity) ที่ 25 องศาเซลเซียส	50 เซนติสโตก

2.6 ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล

2.6.1 การเตรียมน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยา

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตจะถูกเตรียมให้เหมาะสมก่อนเข้าทำปฏิกิริยา โดยหากเป็นน้ำมันพืชดิบจำเป็นต้องผ่านกระบวนการแยกยางเหนียว และลดกรดให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก วัตถุดิบที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่า 5% แล้ว จะถูกนำไปขจัดน้ำออกโดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 นาที

2.6.2 การหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้เมทิลแอลกอฮอล์หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เมทานอล เข้าทำปฏิกิริยากับน้ำมันพืชดิบ โดยโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่เลือกใช้ เมทานอลและโซเดียมไฮดรอกไซด์เพราะมีราคาถูก โดยเมทานอลต้องไม่มีน้ำเจือปนเกินกว่า 1% การเตรียมสารละลายกระทำโดยการนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เตรียมเป็นไปตามปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในวัตถุดิบ หากกรดไขมันอิสระมีปริมาณสูงก็ต้องใช้ NaOH ในสัดส่วนที่สูง

2.6.3 การทำปฏิกิริยา

น้ำมันที่ถูกขจัดน้ำแล้วจากนั้นจึงเติมสารละลายแอลกอฮอล์ที่ผสมตัวเร่งปฏิกิริยาลงไปอย่างช้า ๆ สัดส่วนน้ำมันต่อสารละลายแอลกอฮอล์โดยน้ำหนักเท่ากับ 5 ต่อ 1 ทำการกวนเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างทั่วถึง อุณหภูมิในช่วงทำปฏิกิริยาประมาณ 55 องศาเซลเซียส การเกิดปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้เมทิลเอสเทอร์และกลีเซอริน แต่ปฏิกิริยานี้ผันกลับได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหยุดกวนเพื่อแยกผลผลิตตัวใดตัวหนึ่งออก เมื่อหยุดกวนกลีเซอรินซึ่งมีความหนาแน่นสูงกว่า (ประมาณ 1.26 กรัม/มิลลิลิตร) จะแยกชั้นออกจากชั้นเมทิลเอสเทอร์ โดยแยกตัวตกลงมาที่ก้นถัง ดังนั้นในชั้นเมทิลเอสเทอร์จะเหลือกลีเซอรินอยู่น้อย

2.6.4 การแยกกลีเซอริน

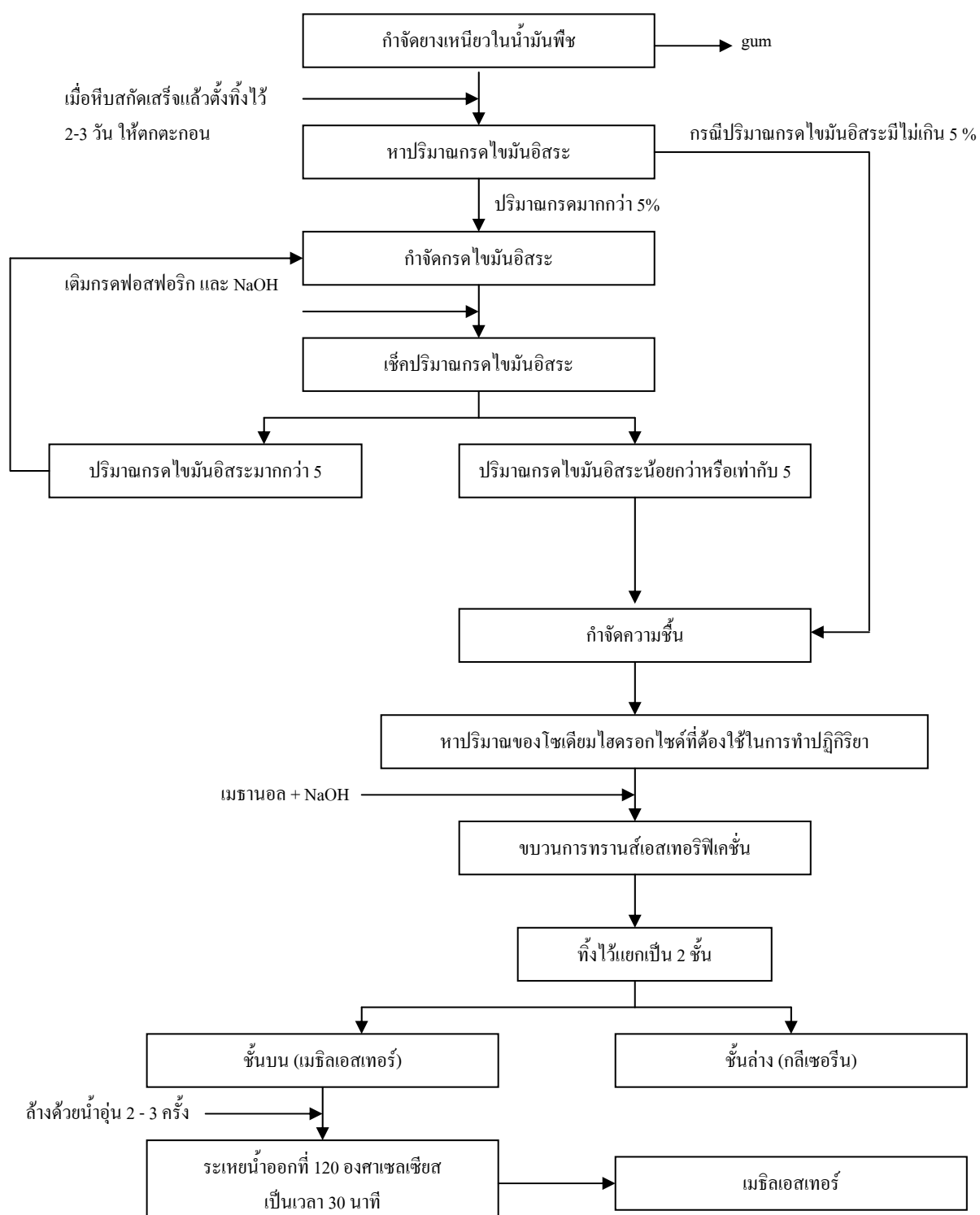
กลีเซอรินจะถูกถ่ายออกไปใส่ภาชนะโดยการถ่ายออกทางด้านล่างของถังปฏิกรณ์ในขณะที่ยังร้อนอยู่เพราะหากทิ้งไว้ให้เย็น ชั้นกลีเซอรินจะกลายเป็นของแข็ง

2.6.5 การล้างสิ่งปนเปื้อนออก

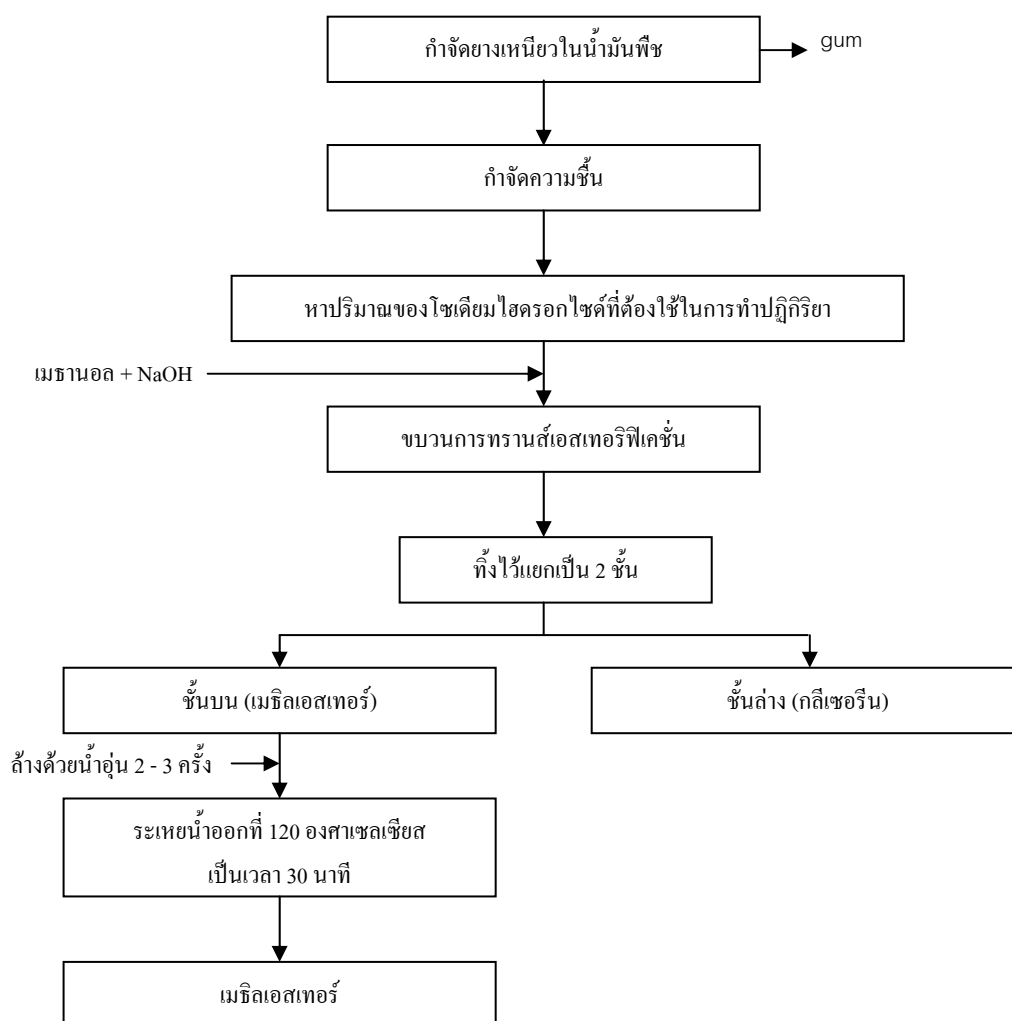
เมธิลเอสเทอร์ที่ได้ยังปนเปื้อนด้วยสารอื่น ๆ เช่น สบู่ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดไขมันอิสระหรือน้ำมัน กลีเซอรินที่ละลายอยู่ในชั้นเมธิลเอสเทอร์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เมทานอลที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาและน้ำมันที่ทำปฏิกิริยาไม่หมด ดังนั้นจึงต้องทำการขจัดออกด้วยการล้างด้วยน้ำอุ่นหลาย ๆ ครั้ง ปริมาณน้ำที่ใช้แต่ละครั้งประมาณ 1 ต่อ 4 ของปริมาณเมธิลเอสเทอร์ เมื่อเติมน้ำเพียงพอแล้วรอให้น้ำแยกชั้นจากเมธิลเอสเทอร์ เมื่อปล่อยน้ำออกด้านล่าง เติมน้ำอุ่นเพื่อล้างใหม่การล้างจะกระทำ 4 - 5 ครั้ง และเพิ่มการกวนในการล้างครั้งหลัง

2.6.6 การขจัดน้ำออกชั้นสุดท้าย

เมื่อล้างสิ่งปนเปื้อนออกหมดแล้ว ขั้นตอนสุดท้าย คือ การขจัดน้ำที่หลงเหลือในชั้นเมธิลเอสเทอร์ออก ซึ่งกระทำโดยการให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 20 นาที เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นก็สามารถนำไปเก็บเพื่อใช้งานต่อไป วิธีการผลิต 6 ขั้นตอน



ภาพประกอบ 9 แสดงกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชดิบ



ภาพประกอบ 10 แสดงกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสุปุดำดิบ

จากภาพประกอบที่ 2.16 และ 2.17 จะเห็นว่าการใช้น้ำมันสุปุดำเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลจะลดขั้นตอนการผลิตลง คือ ในขั้นตอนการหาปริมาณของกรดไขมันอิสระ และการกำจัดกรดไขมันอิสระ เนื่องจากในน้ำมันสุปุดำดิบมีปริมาณกรดไขมันอิสระอยู่ต่ำกว่า 5 % จึงไม่ต้องทำการกำจัดกรดไขมันก่อน

2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ได้แก่ กรดไขมันอิสระ ความชื้น สัดส่วนเชิงโมลระหว่างน้ำมันพืชต่อแอลกอฮอล์ ตัวเร่งปฏิกิริยา เวลาในการทำปฏิกิริยาอุณหภูมิการทำปฏิกิริยา และการกวนผสม

2.7.1 ความชื้น (Moisture) และกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid)

วัตถุดิบเริ่มต้นใช้ไตรกลีเซอไรด์ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งมีต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ต้องมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่า 5% หากปริมาณกรดไขมันอิสระมากกว่า 5% จำเป็นต้องกำจัดกรดไขมันอิสระออกโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยาให้เป็นกลาง แต่ถ้าไม่กำจัดกรดไขมันอิสระออกจะทำให้เกิดสบู่ขึ้นซึ่งมีผลดังนี้

- มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นและลดประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา
- เพิ่มค่าความหนืดและเกิดเจล
- การแยกกลีเซอรินยากมากขึ้น

จากการศึกษาปัจจัยของกรดไขมันอิสระและน้ำจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันพบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระไม่ควรมีมากกว่า 5% และปริมาณความชื้นไม่ควรมากกว่า 5% เพื่อให้การเกิดปฏิกิริยาดี (Canakci, 1999)

2.7.2 สัดส่วนเชิงโมลของน้ำมันกับเมธานอล (molar ratio)

สัดส่วนเชิงโมลของน้ำมันกับเมธานอล ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันตามทฤษฎีจะใช้แอลกอฮอล์ 3 โมลทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ 1 โมล เพื่อให้เกิดผลได้ คือ เอสเตอร์กรดไขมัน 3 โมล และกลีเซอรอล 1 โมล แต่สัดส่วนเชิงโมลในทางปฏิบัติจะต้องใช้ปริมาณของแอลกอฮอล์มากกว่าตามทฤษฎีเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์โดยปกติจะใช้สัดส่วนเชิงโมลของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันระหว่าง 6 : 1 ถึง 15 : 1 (Edward, 2001)

ในการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ โดยใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันจากผลการศึกษาพบว่า จะได้ไบโอดีเซลสูงที่สุดที่ 98 % ที่สภาวะเหมาะสมดังนี้ น้ำมันสบู่ดำ 100 กรัม เมธานอล 20 กรัม หรือคิดเป็นสัดส่วนเชิงโมลประมาณ 8.55 : 1 (Chitra, 2005)

2.7.3 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst)

ตัวเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ประกอบด้วย

1. ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทเบส เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมเมทอกไซด์ โพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ โพตัสเซียมเมทอกไซด์ โพตัสเซียมเอไมด์ และโพตัสเซียมไฮไดรด์
2. ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทกรด เช่น กรดซัลฟิวริก กรดฟอสฟอริก และกรดไฮโดรคลอริก
3. ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทเอนไซม์ เช่น เอนไซม์ไลเปส

ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทต่างในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน จะเกิดปฏิกิริยาเร็วกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทกรด แต่น้ำมันมีปริมาณกรดไขมันอิสระและปริมาณน้ำที่สูงตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทกรดจะเหมาะสมกว่า (Freedman, 1982)

2.7.4 เวลาทำปฏิกิริยา (Reaction time)

ในการศึกษาการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน พบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงจะเพิ่มขึ้นตามเวลาทำปฏิกิริยาและจะมีค่าสูงอยู่ช่วงหนึ่งและจะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น (Freedman, 1982)

ในการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ โดยใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ในการศึกษาได้ใช้สภาวะต่างๆดังนี้ น้ำมันสบู่ดำ 100 กรัม เมทานอล (15, 20 และ 25 กรัม) ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (0.5, 1.0 และ 1.5 กรัม ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา (30, 60, 90 และ 120 นาที) อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาคือ (30, 45 และ 60 องศาเซลเซียส) ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ 30-98 % จากผลการศึกษาพบว่า จะได้ไบโอดีเซลสูงสุดที่ 98 % ที่สภาวะเหมาะสมดังนี้ น้ำมันสบู่ดำ 100 กรัม เมทานอล 20 กรัม ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 1.0 กรัม ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 90 นาที อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาคือ 60 องศาเซลเซียส ได้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ 98 กรัม (Chitra และคณะ , 2005)

2.7.5 อุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยา (Reaction temperature)

ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันอุณหภูมิมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงทำให้แอลกอฮอล์ทำปฏิกิริยาได้ง่ายขึ้นแต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจุดเดือดแอลกอฮอล์จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลงเนื่องจากการสูญเสียแอลกอฮอล์ในระหว่างที่ทำปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิการทำปฏิกิริยาต่ำลงอัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง (Canakci , 1999)

2.7.6 การกวนผสม

เนื่องจากแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ไม่ว่าจะเป็นเมทานอลหรือเอทานอล มีคุณสมบัติที่ไม่ละลายกับไตรกลีเซอไรด์ ณ อุณหภูมิห้อง ดังนั้น การกวนผสมสารทั้งสองด้วยแรงกลจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อเพิ่มอัตราการถ่ายโอนมวลของสารตั้งต้นทั้งสอง รวมถึงตัวเร่งปฏิกิริยาที่ละลายอยู่ในแอลกอฮอล์ให้มาสัมผัสกันมากขึ้น หากเมื่อสารผสมทั้งสองเฟสเกิดการผสมเข้ากันและเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันขึ้นแล้วก็ลดการกวนผสมลงได้

2.8 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการศึกษาการลงทุนผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ โดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันและให้ความร้อนโดยไม่โครเวฟ การศึกษานี้จะคิดต้นทุนของน้ำมันสบู่ดำ (สุรพงษ์ เจริญรัต, 2549) จนถึงการผลิตไบโอดีเซล โดยอ้างอิงจากต้นทุนการผลิตและราคาคู่มือสบู่ดำและผลจากการทดลอง

2.8.1 แนวคิดในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้
ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period ; PB) มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) อัตราผลตอบแทน
ของโครงการ (IRR) (Leland,T.Blank.,and Anthony.J.Tarquin,1998)

2.8.1.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period ; PB)

คือระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงาน เท่ากับ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน
เริ่มแรก

$$N = Ts / Yi \quad (1)$$

โดยที่ n คือ ระยะเวลาคืนทุน (ปี)

Ts คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)

Yi คือ ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี (บาท/ปี)

2.8.1.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV)

คือผลรวมของผลตอบแทน สุทธิที่ได้ปรับค่าของเวลาแล้ว ซึ่งมีสมการการคำนวณ
ดังนี้

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{Bt - Ct}{(1+r)^t} \quad (2)$$

เมื่อ Bt = ผลตอบแทนในปีที่ t

Ct = ต้นทุนในปีที่ t

r = อัตราคิดลด

t = ปีของโครงการ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1,2,3,.....n

n = จำนวนปีทั้งสิ้นของโครงการ หรืออายุโครงการ

2.8.1.3 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR)

คืออัตราคิดลด (r) ที่ทำให้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) มีค่าเท่ากับศูนย์

$$IRR \text{ คืออัตราคิดลด (r) ที่ทำให้ } \sum_{t=1}^n \frac{Bt - Ct}{(1+r)^t} = 0 \quad (3)$$

เมื่อ Bt = ผลตอบแทนในปีที่ t

Ct = ต้นทุนในปีที่ t

r	=	อัตราคิดลด
t	=	ปีของโครงการ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1,2,3,.....n
n	=	จำนวนปีทั้งสิ้นของโครงการ หรืออายุโครงการ

2.8.2 เกณฑ์การตัดสินใจลงทุน

2.8.2.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period ; PB) หลักเกณฑ์นี้ไม่คำนึงถึงกระแสผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานหลังระยะเวลาคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูงมีระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้

2.8.2.2 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR)

ถ้า $IRR >$ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	ลงทุน
ถ้า $IRR <$ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	ไม่ลงทุน
ถ้า $IRR =$ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	ลงทุนหรือไม่ลงทุนก็ได้

2.8.2.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

ถ้า $NPV > 0$	ลงทุน
ถ้า $NPV < 0$	ไม่ลงทุน
ถ้า $NPV = 0$	ลงทุนหรือไม่ลงทุนก็ได้

ถ้าต้องเลือกโครงการเดียว ต้องเลือกโครงการที่ $NPV > 0$ และมีค่าสูงสุด

2.9 การลงทุนผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสุบุดำ

2.9.1 ต้นทุนการผลิตและราคาคู่ทุนการปลูกสุบุดำในประเทศไทย

การผลิตเมล็ดสุบุดำจะมีต้นทุนประมาณกิโลกรัมละ 3 - 5 บาท จากต้นทุนรวม 2,500 บาท ได้ผลผลิต 800 กิโลกรัมต่อไร่ (ระยะปลูก 2x2.5 เมตร, 400 ต้นต่อไร่, น้ำมันสุบุดำดิบ 200 ลิตร) ที่ราคาขายคู่ทุน 3.125 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อราคาของต้นกล้าแพงขึ้นจาก 3 บาทต่อต้นเป็น 5 บาทต่อต้น ทำให้มีต้นทุนการผลิต 3,300 บาทต่อไร่ และราคาขายคู่ทุน 4.125 บาทต่อกิโลกรัม หากราคาของต้นกล้าแพงขึ้นเป็น 7 บาทต่อต้น ทำให้มีต้นทุนการผลิต 4,100 บาทต่อไร่ จากต้นทุนการผลิตเมล็ดสุบุดำกิโลกรัมละ 3.125 บาท (2,500/800) จะมีผลให้ราคาค่าต้นทุนน้ำมันสุบุดำดิบ ลิตรละ 12.50 บาท (2,500/200) ถ้าต้นทุนการผลิต 3,300 บาทต่อไร่ (กรณีต้นกล้าราคา 5 บาท) และจากต้นทุนการผลิตเมล็ดสุบุดำกิโลกรัมละ 4.125 บาท (3,300/800) จะมีผลให้ราคาค่าต้นทุนน้ำมันสุบุดำดิบลิตรละ

16.50 บาท (3,300/200) ถ้าต้นทุนการผลิต 4,100 บาทต่อไร่ (กรณีต้นทุนค่าไร่ราคา 7 บาท) และจากต้นทุนการผลิตเมล็ดสับปะรดดำกิโกรัมละ 4.125 บาท (4,100/800) จะมีผลให้ราคาต้นทุนน้ำมันสับปะรดดำดิบ ลิตรละ 16.50 บาท (3,300/200) ถ้าต้นทุนการผลิต 5,300 บาทต่อไร่ (กรณีต้นทุนค่าไร่ราคา 10 บาท) และจากต้นทุนการผลิตเมล็ดสับปะรดดำกิโกรัมละ 6.625 บาท (5,300/800) จะมีผลให้ราคาต้นทุนน้ำมันสับปะรดดำดิบ ลิตรละ 26.50 บาท (5,300/200)

ตาราง 5 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต ราคาต้นทุน และราคาน้ำมันสับปะรดดำ

รายการ	ราคาต้นทุน 3 บาท	ราคาต้นทุน 5 บาท	ราคาต้นทุน 7 บาท	ราคาต้นทุน 10 บาท
ต้นกล้า 400 ต้น	1,200	2,000	2,800	4,000
ปุ๋ย + ยาฆ่าแมลง	450	450	450	450
ค่าจ้างแรงงาน	500	500	500	500
ค่าไถพรวน	350	350	350	350
รวมต้นทุน (บาท/ไร่)	2,500	3,300	4,100	5,300
ผลผลิตที่ได้(กก./ไร่)	800	800	800	800
ราคาต้นทุน(บาท/ไร่)	3.125	4.125	5.125	6.625
ต้นทุนน้ำมันปีแรก (บาท/ลิตร)	12.50	16.50	20.50	26.50
ต้นทุนน้ำมันปีต่อไป (บาท/ลิตร)	6.50	6.50	6.50	6.50

2.9.2 ต้นทุนการผลิตของไบโอดีเซลจากน้ำมันสับปะรดดำดิบในครัวเรือน

สภาวะที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสับปะรดดำดิบอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำมันต่อเมธานอลเป็น 5 : 1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.00 %โดยน้ำหนัก และอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยาคือ 59-61 องศาเซลเซียส ต้นทุนการผลิตของไบโอดีเซลจากน้ำมันสับปะรดดำดิบในครัวเรือน ประกอบด้วยน้ำมันสับปะรดดำดิบ เมธานอล โซเดียมไฮดรอกไซด์ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ และเครื่องมืออุปกรณ์

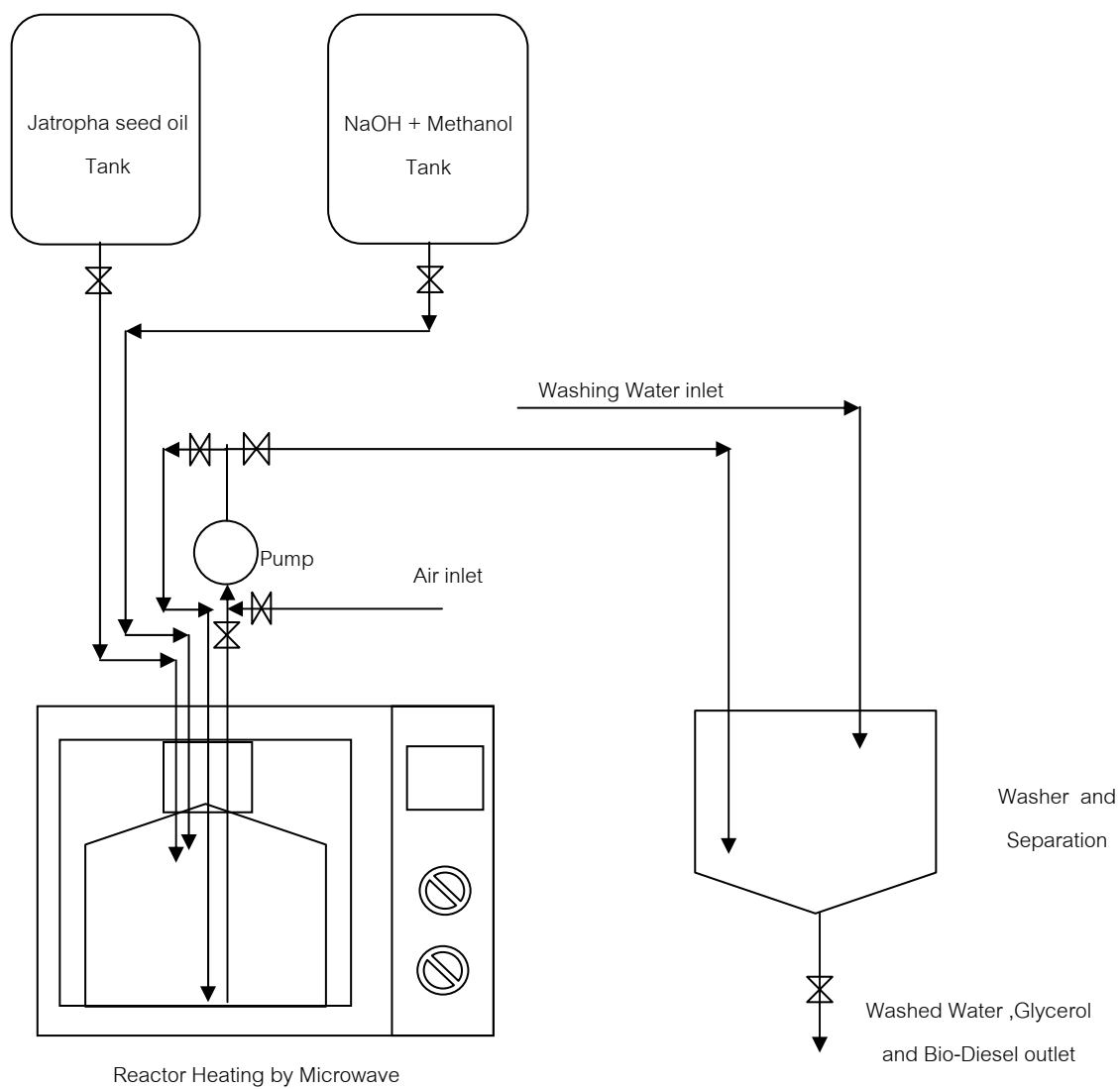
บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

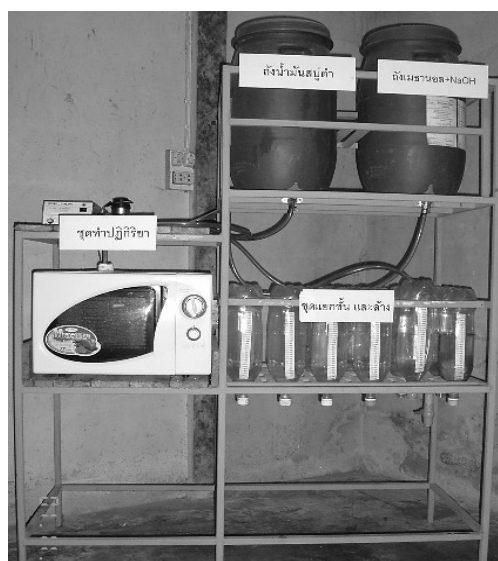
ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาวิธีการผลิตไบโอดีเซลโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน และการให้ความร้อนในการทำปฏิกิริยาโดยคลื่นไมโครเวฟ และการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา สัดส่วนของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา และระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา น้ำมันพืชดิบที่นำมาใช้ในการทดลองคือ น้ำมันสนุ่นดำและการทดลองครั้งนี้ได้ใช้เมทานอลเป็นแอลกอฮอล์ในการทำปฏิกิริยา เพราะว่ามีราคาถูกและตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นด่าง คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เนื่องจากช่วยให้ปฏิกิริยาเร็วกว่ากรด (Freeman et al., 1984)

3.1 การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสนุ่นดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันและให้ความร้อนในการทำปฏิกิริยาด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยมีแผนผังการทำงานดังภาพประกอบ 11 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้ ถังเก็บน้ำมันสนุ่นดำดิบ ถังเก็บสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเมทานอล ชุดให้ความร้อนด้วยเตาไมโครเวฟและทำปฏิกิริยาซึ่งเป็นขวดแก้วที่บรรจุไว้ในตู้ไมโครเวฟ บีมสำหรับปัมน้ำมันสนุ่นดำ ชุดแยกชั้น และล้าง ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 11 แสดงผังการทำงานของเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำโดย
กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน และให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ



ภาพประกอบ 12 แสดงเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสนูปดำดิบโดยกระบวนการทรานซ์เอสเทอริฟิเคชันและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ



ภาพประกอบ 13 แสดงถังเก็บน้ำมันสนูปดำดิบ และถังเก็บสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเมธานอล



ภาพประกอบ 14 แสดงชุดให้ความร้อนแก่น้ำมันด้วยคลื่นไมโครเวฟและทำปฏิกิริยา



ภาพประกอบ 15 แสดงชุดแยกชั้น และล้าง



ภาพประกอบ 16 แสดงชุดปั๊มสำหรับปัมน้ำมันสุดำ

3.2 การทดสอบความสามารถการให้ความร้อนแก่น้ำมันและการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ไมโครเวฟ

3.2.1 ทดสอบความสามารถการให้ความร้อนแก่น้ำมัน

ในการทดลองศึกษาผลการให้ความร้อนแก่น้ำมันสบู่น้ำดิบ ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร โดยใช้ระดับพลังงานสูงสุด (high) ของไมโครเวฟ ณ เวลาต่างๆ ดังนี้คือ 20, 40, 60, 70, 80, 100, 120 และ 140 วินาที แต่แต่ละครั้งจะนำน้ำมันออกแล้วใส่น้ำมันลงไปใหม่ทุกครั้ง และบันทึกผลของอุณหภูมิ ณ เวลาต่างๆที่กำหนด

3.2.2 ทดสอบการลดลงของอุณหภูมิของน้ำมันหลังการหยุดให้ความร้อน

ในการทดลองศึกษาผลการลดลงของอุณหภูมิหลังจากให้ความร้อนแก่น้ำมันสบู่น้ำดิบ ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร ระยะเวลา 120 วินาที และมีการกวนโดยการปั๊มอากาศเข้าไปในน้ำมัน จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงถึง 50 องศาเซลเซียส

3.2.3 นำผลการทดลองที่ได้จากข้อ 3.2.1 และ 3.2.2 มาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์การเพิ่มอุณหภูมิและการลดลงของอุณหภูมิ เพื่อควบคุมอุณหภูมิโดยการควบคุมที่เวลาการให้ความร้อน

3.3 แผนการทดลองผลิตไบโอดีเซล

3.3.1 การหาสัดส่วนของเมธานอลที่เหมาะสม

ในการทดลองศึกษาผลของปริมาณเมธานอลที่มีผลต่อผลได้ไบโอดีเซล เพื่อหาสัดส่วนเมธานอลที่เหมาะสม สัดส่วนของเมธานอลที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาอยู่ระหว่าง 10 ถึง 25 %โดยน้ำหนัก โดยเลือกสัดส่วนของเมธานอลที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาดังนี้คือ 10, 15, 20 และ 25%โดยน้ำหนัก โดยที่มีการควบคุมปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา และเวลาในการทำปฏิกิริยาให้คงที่เสมอในระหว่างการทดลอง

3.3.2 การหาปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม

ในการทดลองศึกษาผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่อผลได้ไบโอดีเซล เพื่อหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่เหมาะสม ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลองอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1.5 %โดยน้ำหนัก โดยเลือกปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทดลองดังนี้คือ 0.5, 1.0 และ 1.5%โดยน้ำหนัก โดยกำหนดให้ปริมาณเมธานอล เวลาในการทำปฏิกิริยาและอุณหภูมิคงที่

3.3.3 การหาเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม

ในการทดลองศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่มีผลต่อผลได้ไบโอดีเซล เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม ในการทดลองครั้งนี้เวลาในการทำปฏิกิริยาอยู่ระหว่าง 4 ถึง 16

นาที่ โดยเลือกเวลาในการทำปฏิริยาดังนี้คือ 4, 8, 12 และ 16 นาที โดยกำหนดให้ปริมาณของเมธานอล ตัวเร่งปฏิริยา และอุณหภูมิในการทำปฏิริยาคงที่

3.3.4 การหาอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิริยาที่เหมาะสม

ในการทดลองศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิริยาที่มีผลต่อผลได้ไบโอดีเซล เพื่อหาอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิริยาที่เหมาะสม อุณหภูมิในการทำปฏิริยาในการทดลองอยู่ระหว่าง 48 ถึง 61 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้จะมีการควบคุมให้อยู่ในช่วง 48-50, 54-56 และ 59-61 องศาเซลเซียส ในแต่ละการทดลอง อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองไม่ควรสูงเกิน 64.7 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นจุดเดือดของเมธานอล โดยกำหนดให้ปริมาณเมธานอล ปริมาณตัวเร่งปฏิริยา และเวลาที่ใช้ในการทำปฏิริยาคงที่ เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำปฏิริยา

ตาราง 6 แสดงแผนการทดลองผลิตไบโอดีเซลโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

การทดลอง ครั้งที่	อุณหภูมิที่ ใช้ทำ ปฏิกิริยา (°C)	เวลาที่ใช้ทำ ปฏิกิริยา (min)	น้ำมัน สุญุดำ (g)	เมทานอล (g)	โซเดียม ไฮดรอกไซด์ (g)	ไบโ อดีเซล (g)
ครั้งที่ 1	54-56	4	1,000	150	10	ค่าที่ได้
ครั้งที่ 2	54-56	4	1,000	200	10	ค่าที่ได้
ครั้งที่ 3	54-56	4	1,000	250	10	ค่าที่ได้
ครั้งที่ 4	54-56	4	1,000	ค่าที่เหมาะสม	5	ค่าที่ได้
ครั้งที่ 5	54-56	4	1,000	ค่าที่เหมาะสม	10	ค่าที่ได้
ครั้งที่ 6	54-56	4	1,000	ค่าที่เหมาะสม	15	ค่าที่ได้
ครั้งที่ 7	54-56	4	1,000	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่ได้
ครั้งที่ 8	54-56	8	1,000	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่ได้
ครั้งที่ 9	54-56	12	1,000	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่ได้
ครั้งที่ 10	54-56	16	1,000	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่ได้
ครั้งที่ 11	48-50	ค่าที่เหมาะสม	1,000	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่ได้
ครั้งที่ 12	54-56	ค่าที่เหมาะสม	1,000	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่ได้
ครั้งที่ 13	59-61	ค่าที่เหมาะสม	1,000	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่ได้

3.4 การเตรียมน้ำมันสุญุดำดิบที่จะใช้ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

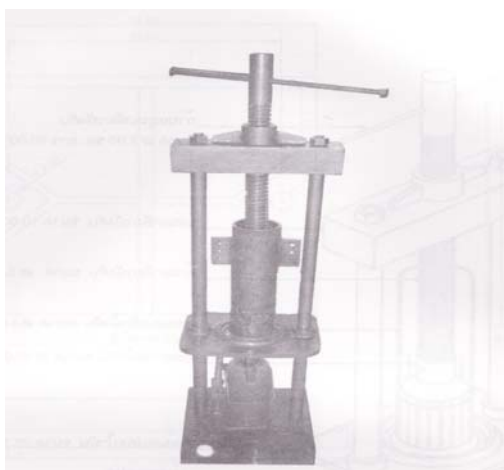
3.4.1 การหีบสกัดน้ำมันจากเมล็ดสุญุดำ

3.4.1.1 นำเมล็ดสุญุดำที่กะเทาะเปลือกแล้วมาบดโดยเครื่องบดให้เมล็ดแตกหยาบ ๆ

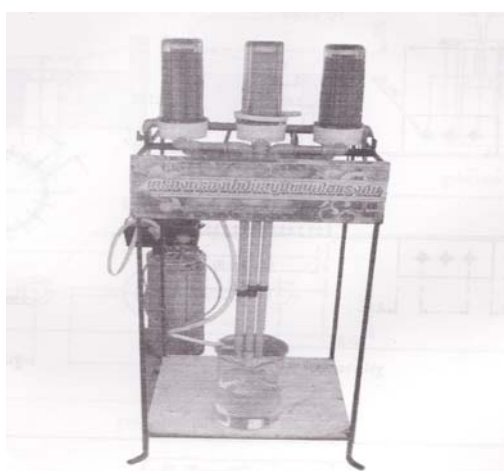
3.4.1.2 นำเมล็ดสุญุดำที่บดให้แตกแล้วไปให้ความร้อนโดยการตาก

3.4.1.3 นำเมล็ดสุญุดำที่บดให้แตกและผ่านการให้ความร้อนโดยการตากแล้วมาหีบสกัดน้ำมันภาพประกอบ 17

3.4.1.5 นำน้ำมันสุญุดำที่ได้ไปผ่านเครื่องกรองละเอียดเพื่อทำให้น้ำมันสะอาด ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 17 แสดงเครื่องบีบสกัดน้ำมันเมล็ดสบู่ดำ



ภาพประกอบ 18 แสดงเครื่องกรองน้ำมันเมล็ดสบู่ดำ

3.4.2 การวิเคราะห์ค่ากรดและค่ากรดไขมันอิสระ

เพื่อที่จะทราบปริมาณค่ากรดและกรดไขมันอิสระในน้ำมันสามารถหาได้โดยวิธีการไตเตรต โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (ัญชณา. 2545 : 18)

3.4.2.1 ชั่งน้ำมันให้ได้น้ำหนัก 2.5 กรัม ใส่ในขวด ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.4.2.2 เติมเอทิลแอลกอฮอล์ที่เป็นกลาง 15 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่างเขย่าอย่างแรงให้ตัวอย่างละลายในแอลกอฮอล์ถ้าละลายได้ไม่ดีให้อุ่นที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส

3.4.2.3 หยดสารละลายฟีนอลทาไลน์เข้มข้น 1.0 % จำนวน 3 หยด

3.4.2.4 ไตเตรตสารละลายตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร ขณะไตเตรตต้องเขย่าอย่างแรงจนกระทั่งได้สารละลายเป็นสีชมพูคงที่อยู่ที่ประมาณ 1 นาที

3.4.2.5 คำนวณค่ากรดและปริมาณกรดไขมันอิสระจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิสระ} = \frac{M_w b}{100 W}$$

เมื่อ M_w คือ มวลโมเลกุลของกรดไขมันอิสระเฉลี่ย

b คือ จำนวนปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต(มิลลิกรัม)

W คือ น้ำหนักของน้ำมันที่นำมาไตเตรต(กรัม)

คำนวณหามวลโมเลกุลของกรดไขมันอิสระเฉลี่ย (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก)

$$M_w = \frac{\sum_{i=1}^n \text{มวลโมเลกุลกรด} \times \text{เปอร์เซ็นต์ที่พบ}}{\text{เปอร์เซ็นต์ของกรดรวมทั้งหมด}}$$

3.4.2.6 ถ้าเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิสระในน้ำมันเกิน 5 % จะต้องกำจัดกรดไขมันอิสระ

3.5 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำดิบ โดยขบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

3.5.1 ชั่งน้ำมันสบู่ดำดิบจำนวน 1,000 กรัม นำมาอุ่นที่อุณหภูมิ 54-56 องศาเซลเซียส ในขวดแก้วซึ่งอยู่ในตู้ไมโครเวฟ

3.5.2 ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ จำนวน 10 กรัม ในเมทานอล 100 กรัม จากนั้นเติมลงในขวดน้ำมันที่อยู่ในตู้ไมโครเวฟที่ให้อุณหภูมิน้ำมัน 54-56 องศาเซลเซียสที่อยู่ในชุดทำปฏิกิริยา

3.5.3 ทำการปั๊มอากาศลงในขวดที่อยู่ในตู้ไมโครเวฟเป็นเวลา 4 นาที และควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 54-56 องศาเซลเซียส

3.5.4 ปั๊มน้ำมันสบู่ดำที่ทำปฏิกิริยาแล้วมายังชุดแยกชั้นทิ้งไว้ให้แยกชั้น 90 นาที โดยกลีเซอรินจะตกลงสู่ด้านล่าง

3.5.5 แยกสารชั้นล่างที่เป็นกลีเซอรินออก จะเหลือสารชั้นบนที่เป็นไบโอดีเซลที่ได้จากการทำปฏิกิริยา

3.5.6 ล้างไบโอดีเซลที่เหลือด้วยน้ำ 4 - 5 ครั้ง ปริมาณน้ำที่ใช้แต่ละครั้ง ประมาณ 1 ต่อ 4 ของปริมาณไบโอดีเซล

3.5.7 นำไบโอดีเซลที่ได้ไประเหยน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

3.5.8 ทำการทดลองผลิตไบโอดีเซล ข้อ 3.4.1 ถึงข้อ 3.4.6 โดยตัวแปรต่าง ๆ ดังตารางที่

3.1



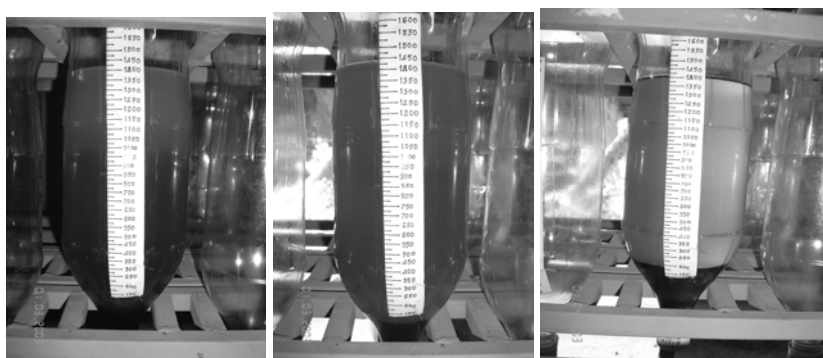
ภาพประกอบ 19 แสดงการเตรียมน้ำมันเมล็ดสนุดำ จำนวน 1,000 กรัม



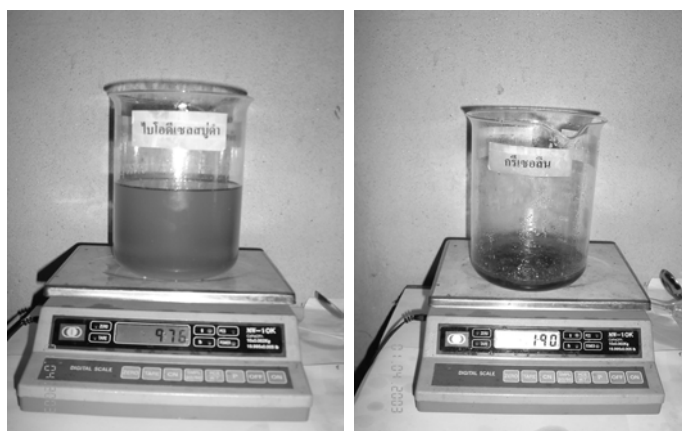
ภาพประกอบ 20 แสดงการเตรียมโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 10 กรัม



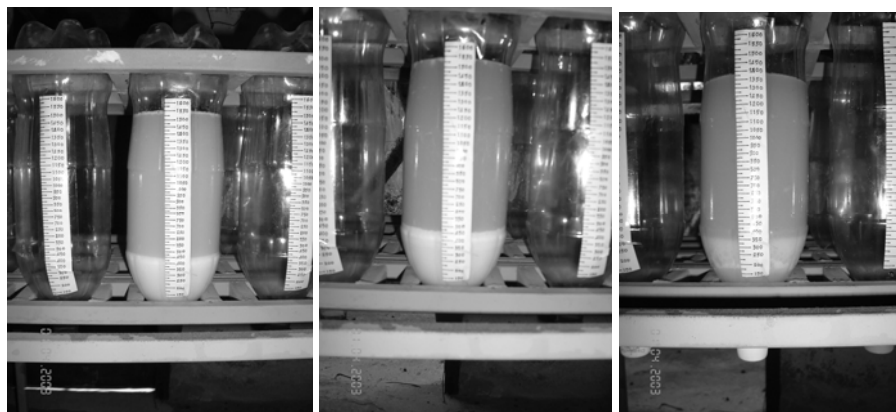
ภาพประกอบ 21 แสดงการเตรียมเมธานอล จำนวน 200 กรัม



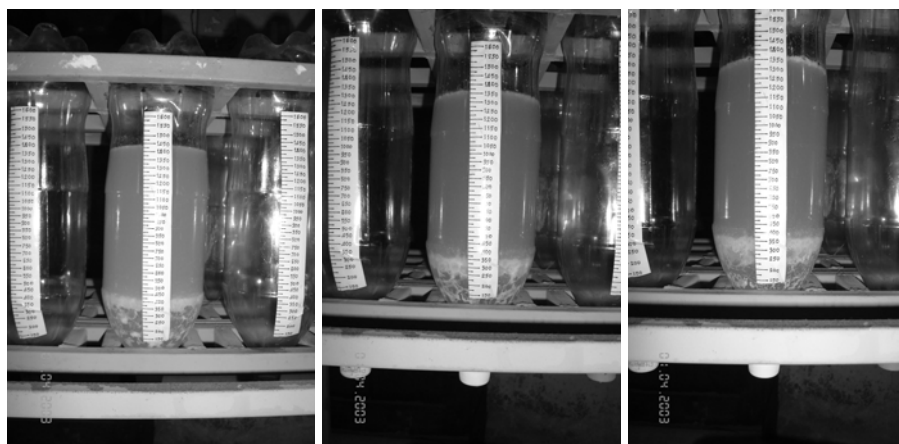
ภาพประกอบ 22 แสดงน้ำมันสบู่ดำที่ทำปฏิกิริยาแล้วปล่อยให้แยกชั้น ภาพซ้ายกลีเซอรินเริ่มแยกตัวออกจากน้ำมัน ภาพกลางกลีเซอรินเพิ่มขึ้น และภาพขวากลีเซอรินแยกตัวออกจากน้ำมันหลังจากปล่อยให้แยกชั้น 90 นาที



ภาพประกอบ 23 แสดงไบโอดีเซลด้านซ้าย และกลีเซอรินด้านขวาหลังจากการแยกแล้ว



ภาพประกอบ 24 แสดงการล้างไบโอดีเซลครั้งที่ 1-3



ภาพประกอบ 25 แสดงการล้างไบโอดีเซลครั้งที่ 4-6



ภาพประกอบ 26 แสดงการไล่ความชื้นออกจากไบโอดีเซล

3.6 การวิเคราะห์ค่าผลได้ (% Yield)

ค่าผลได้จะเป็นการบอกถึงปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันว่าเกิดมากหรือน้อย ซึ่งดูจากปริมาณไบโอดีเซลที่ได้ ถ้าปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเกิดมากจะให้ปริมาณไบโอดีเซลมาก แสดงถึงค่าผลได้ที่ดี

$$\text{ปริมาณค่าผลได้ (\% Yield)} = \frac{\text{ปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้ (กรัม)}}{\text{ปริมาณน้ำมันตั้งต้นทั้งหมด (กรัม)}} \times 100$$

ซึ่งปริมาณไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นจริงวัดได้โดยวิธีการชั่งน้ำหนักน้ำมันที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซลโดยนำน้ำหนักของน้ำมันซึ่งเป็นส่วนผสมของสารตั้งต้นทั้งหมดก่อนที่จะทำปฏิกิริยามาเปรียบเทียบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

3.7 การวิเคราะห์คุณสมบัติไบโอดีเซล

การทดสอบคุณสมบัติที่ได้จากการดำเนินการข้างต้นจะทำการทดสอบหาความหนืด จุดวาบไฟ จุดเทตัว ค่าความร้อน ค่าความถ่วงจำเพาะ และจุดขุ่นตัว รายละเอียดการทดสอบ และมาตรฐาน อธิบายได้ดังนี้

3.7.1 ค่าความหนืด (Viscosity)

ความหนืดคือความสามารถในการต้านทานการไหลของของเหลวใด ๆ ซึ่งน้ำมันที่มีความหนืดสูงจะมีความสามารถในการต้านทานการไหลสูง เครื่องมือที่ใช้ในการหาค่าความหนืดของน้ำมันเรียกว่า viscometer ซึ่งจะใช้วิธีการจับเวลาที่ของเหลวจำนวนหนึ่งไหลผ่านหลอดแก้ว ที่ช่วงระยะทางหนึ่งๆ

อุปกรณ์ที่ใช้วัดความหนืดของของเหลวมักทำด้วยหลอดแก้วมีหลอดรูเล็ก (Capillary tube) อยู่ในเพื่อวัดอัตราการไหลผ่านของของไหลนั้น

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- Ubbelohde viscometer
- นาฬิกาจับเวลา

2. ตัวอย่างน้ำมัน

- น้ำมันไบโอดีเซล

3. วิธีทดลอง

การหาความหนืดเปรียบเทียบ (Relative viscometer)

1. ใส่น้ำกลั่น ลงในมาตรวัดความหนืดที่ใช้วัดประมาณ 3 ใน 4 ของกระเปาะ ยึดหลอดให้อยู่ในแนวตั้งด้วย clamp และ stand (ควรจับอย่างระมัดระวังเนื่องจากเป็นแก้วที่มีความเปราะและบอบบางมาก)
2. ใช้ลูกยางดูดน้ำกลั่นให้ขึ้นไปที่หลอดอีกด้านหนึ่งที่มีหลอด capillary อยู่ ดูดให้สารมีความสูงกว่าขีดด้านบนสุดของมาตรวัดความหนืดนั้น
3. ปลอยลูกยาง และจับเวลาที่น้ำกลั่นไหลผ่านขีดบนของมาตรวัด และหยุดจับเวลาเมื่อผ่านขีดด้านล่างของเครื่องวัด บันทึกเวลาเป็นวินาที
4. ทำซ้ำอีก 2 ครั้งแล้วหาเวลาเฉลี่ย
5. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 แต่เปลี่ยนจากน้ำกลั่นไปเป็นน้ำมันไบโอดีเซล



ภาพประกอบ 27 แสดงอุปกรณ์การทดลองหาค่าความหนืด

หมายเหตุ ก่อนจะเปลี่ยนสารตัวใหม่ในมาตรวัดทุกครั้งให้ล้างด้วย hexane ตามด้วย acetone จำนวนเล็กน้อยแล้วเป่าให้แห้งด้วยเครื่องดูดสุญญากาศ

3.7.2 จุดวาบไฟ (Flash Point) มาตรฐาน ASTM D93

การทดลองหาจุดวาบไฟของน้ำมันไบโอดีเซลโดยใช้เครื่องมือ Pensky Martens Flash Point Tester แบบปิด (GALLENKAMP) ดำเนินการทดลองตามมาตรฐาน ASTM D93 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- Pensky – Martens Close Cup
- Thermometer แบบ Digital

2. ตัวอย่างน้ำมัน

- น้ำมันปาล์ม
- น้ำมันดีเซล
- น้ำมันไบโอดีเซล

3. วิธีการทดลอง

3.1 ใช้น้ำมันตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร

3.2 เติมน้ำมันตัวอย่างในภาชนะทดสอบ จนถึงจุดที่ทำเครื่องหมายไว้ คุณสมบัติของสาร ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบควรจะต่ำกว่าจุดวาบไฟที่ประมาณไว้อย่างน้อย 18 องศาเซลเซียส ปิดฝาครอบของภาชนะที่ใช้ในการทดสอบแล้วนำไปประกอบลงในชุดการทดลอง

3.3 เปิดสวิตช์เครื่องและเปิดวาล์วแก๊ส

3.4 ตั้งค่าที่คาดว่าจะจุดวาบไฟ (expected flash point)

3.5 จุดไฟทดสอบ (test flame) และปรับขนาดของไฟมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ

3.6 ถึง 4.8 มิลลิเมตร โดยปรับปริมาณแก๊ส

3.6 กดสตาร์ทเครื่องจะเริ่มทำการหาค่าจุดวาบไฟ ระวังอย่าให้ไฟทดสอบดับในขณะที่ทำการทดสอบ

3.7 เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นให้ทำการบิด (dip) เพื่อสังเกตว่ามีไฟวาบขึ้นมาทางช่องทั้ง 3 ช่องบนเครื่องหรือไม่ถ้ายังให้ทำการบิดเพื่อสังเกตทุกอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 3 องศาเซลเซียส

3.8 เมื่อมีไฟวาบขึ้นมาทางช่องทั้ง 3 ช่องแล้วให้ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิที่ทำการวัดได้



ภาพประกอบ 28 แสดงอุปกรณ์สำหรับหาค่าจุดวาบไฟ

3.7.3 จุดเทตัว (Pour Point) มาตรฐาน ASTM D97

การทดสอบหาจุดไหลเทของน้ำมันโดยใช้ชุดเครื่องมือ SETA – LEC cloud and pour point refrigerator ดำเนินการทดสอบตามวิธีมาตรฐาน ASTM D97 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- ชุดเครื่องมือ SETA – LEC cloud and pour point refrigerator

2. ตัวอย่างน้ำมัน

- น้ำมันไบโอดีเซล

3. วิธีการทดสอบ

3.1 เทน้ำมันตัวอย่างลงในหลอดแก้วจนถึงขีดที่กำหนด จากนั้นปิดด้วยจุกก๊อกที่มีเทอร์โมมิเตอร์ ASTM 61C แล้วปรับกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อยู่ต่ำกว่าระดับผิวหน้าของสารตัวอย่าง 3 มิลลิเมตร

3.2 นำหลอดแก้วในข้อ 1 ใส่ในอ่างน้ำที่มีอุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส จนน้ำมันตัวอย่างมีอุณหภูมิลดลงเรื่อย ๆ

3.3 เมื่อน้ำมันตัวอย่างมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดไหลเทที่คาดไว้ ให้นำหลอดแก้วออกมาตรวจว่าสารตัวอย่างสามารถไหลได้หรือไม่เมื่อถือตามแนวนอนภายใน 5 วินาที ถ้ายังสามารถไหลได้ภายใน 5 วินาทีให้รีบนำหลอดแก้วใส่ลงในช่องเดิม หลังจากนั้นคอยนำมาตรวจทุกครั้งที่อุณหภูมิลดลง 3 องศาเซลเซียส จนสารตัวอย่างไม่สามารถไหลได้เมื่อถือตามแนวนอนเป็นเวลา 5 วินาที บันทึกค่าอุณหภูมิที่ได้

3.4 เมื่อนำหลอดแก้วออกมาตรวจทุกครั้งจะต้องเช็ดด้วยผ้าชุบด้วยเมทานอลหรือเอทานอลและไม่ควรใช้เวลาเกิน 3 วินาที

3.5 จุดไหลเทคืออุณหภูมิในข้อ 3 บวกด้วย 3 องศาเซลเซียส ให้อ่านเทอร์โมมิเตอร์เมื่อถึงจุดที่น้ำมันเริ่มขุ่นตัว



ภาพประกอบ 29 แสดงอุปกรณ์การทดลองการหาค่า Pour Point

3.7.4 การหาค่าความร้อนจากการเผาไหม้โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Heating Value by Bomb Calorimetric Method)

การหาค่าความร้อนจากการเผาไหม้ (Heating Value) ในน้ำมัน โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) ใช้วิธีการเผาไหม้น้ำมันตัวอย่าง ภายใต้ความดัน 30 atm ของออกซิเจน ซึ่งวิธีการทดลองเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D-238

- การปรับมาตรฐานหรือการหาสมมูลความร้อนของแคลอริมิเตอร์ (Determination of the Energy Equivalent of the Calorimeter)

เพื่อหาค่าสมมูลความร้อนของเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ที่ใช้ โดยการเผาสารที่รู้ค่าความร้อนจากการสันดาป เช่นกรดเบนโซอิก

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter)
- ด้าย Cotton
- ลวดฟิวส์

2. ตัวอย่างน้ำมัน

- น้ำมันไบโอดีเซล

3. วิธีการทดลอง

3.1 การเปิดระบบน้ำหล่อเย็น ต้องเปิดเครื่องทำน้ำหล่อเย็นให้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ทำการทดลองอย่างน้อย 5 องศาเซลเซียส ตลอดเวลา

3.2 ตรวจสอบปริมาณน้ำใน jacket ให้เต็มอยู่ตลอดเวลา ทำการเติมน้ำโดยใช้ น้ำกลั่นเติมทางช่องที่เสียบเทอร์โมมิเตอร์ (jacket thermometer) จนล้นออกมาจากท่อ overflow

3.3 การเตรียมกรดเบนโซอิกที่ใช้ต้องอยู่ในสภาพที่เป็นเม็ดหรืออัดเป็นเม็ดและแห้งมีน้ำหนักสารประมาณ 1 กรัม ถ้าใช้สารเกินปริมาณดังกล่าวอาจเป็นอันตรายกับผู้ทดลองหรือทำให้บอมบ์เกิดการเสียหายได้ ในกรณีที่สารยังไม่อัดเม็ด จะต้องใช้เครื่องอัดเม็ด (ทำการอัดสารให้เป็นเม็ด) โดยชั่งสารมาให้มีน้ำหนักระหว่าง 0.9 ถึง 1.5 กรัม เมื่ออัดเสร็จแล้วให้นำไปชั่งใหม่ให้รู้ค่าน้ำหนักที่แน่นอน 4 ตำแหน่ง

3.4 การต่อหลอดฟิวส์ก่อนอื่นต้องตั้งหัวบอมบ์บนที่ตั้ง (bomb head support stand) แล้วตัดหลอดฟิวส์ยาว 6 เซนติเมตร เอามาพันเข้ากับอิเล็กทรอนิกส์ทรอดทั้งสองข้าง

3.5 เอากรดเบนโซอิกที่อัดเป็นเม็ดแล้ววางบนถ้วยใส่สาร (cup) ที่เป็นโลหะ นำถ้วยวางบนฐานรองถ้วยโดยให้เส้นด้าย (cotton wire) ยาว 12 เซนติเมตร พันกับเส้นหลอดฟิวส์และให้มาสัมผัสกับเม็ดสารที่อัดไว้

3.6 การปิดบอมบ์ เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ลงในหัวบอมบ์แล้วเอาหัวบอมบ์ที่ดำเนินการตามข้อ 3.4 แล้วค่อยๆวางลงในหัวบอมบ์ โดยจะสามารถวางลงบนหัวบอมบ์ได้พอดี และต้องตรวจสอบยางซีล ที่เป็นเส้นกลมดำภายในฝาเกลียว ยางซีลจะต้องอยู่ในร่องซีลด้านในหัวบอมบ์พอดี แล้วจึงเอาฝาเกลียวโลหะขันปิดด้วยมือ จากนั้นให้ทดลองต่อหลอด ignition wire เข้ากับปลายอิเล็กทรอนิกส์ที่หัวของบอมบ์ทดลองกดปุ่มทดสอบ(Test) เพื่อตรวจสอบวงจรถ้ามีไฟแดงแสดงว่าครบวงจร

3.7 เติมหอกซิเจนลงในบอมบ์ โดยต่อสายจากถังออกซิเจนเข้ากับวาล์วที่หัวบอมบ์ให้มีความดันประมาณ 30 บรรยากาศค่อยๆให้ความดันที่อัดเข้าไปเกิน 30 บรรยากาศ

3.8 เติมน้ำลงใน vessel 2 ลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตรตรงหรือชั่งน้ำหนัก 2000 กรัม ลงใน vessel แล้วยก vessel วางลงในตัวถังแคลอริมิเตอร์ (Bucket) จากนั้น ใช้คีมจับบอมบ์หย่อนลงในน้ำให้จมน้ำแล้วค่อยๆดึงคีมออกสลัดน้ำที่ติดอยู่กับคีมลงใน vessel ให้หมด แล้วปิดฝาแคลอริมิเตอร์ ซึ่งที่ฝาจะต้องมีเทอร์โมมิเตอร์ และไบพัดเสียบบอยู่ จากนั้นจึงเปิดมอเตอร์เพื่อให้ไบพัดหมุนกวนน้ำ

3.9 ตรวจสอบให้อุณหภูมิ jacket ต่ำกว่าอุณหภูมิ Calorimeter ประมาณ 2 - 5 องศาเซลเซียส ปลอ่ยให้ไบพัดหมุน 5 นาที จนอุณหภูมิอยู่ในสมดุลแล้ว อ่านอุณหภูมิของ bomb calorimeter ตอนเริ่มต้นกดปุ่มติดไฟ (Fire) เพื่อจุดระเบิดโดยกดปุ่มทิ้งไว้ประมาณ 5 วินาที หลังจากเริ่มกดปุ่มประมาณ 20 วินาที อุณหภูมิจะค่อย ๆ สูงขึ้นบันทึกผลการทดลอง ที่อุณหภูมิสุดท้าย จะสังเกตได้ว่าอุณหภูมิของ jacket จะเท่ากับอุณหภูมิของ calorimeter

3.10 หลังจากอ่านอุณหภูมิสุดท้ายแล้วปิดมอเตอร์ เปิดฝาแคลอริมิเตอร์ แล้วยกตัวบอมบขึ้นมาโดยใช้คีมจับ และทำการเช็ดตัวบอมบให้แห้ง จากนั้นทำการคลาย outlet valve อย่างช้าๆเพื่อปล่อยก๊าซที่เหลือในบอมบออก

3.11 เปิดฝาบอมบตรวจสอบดูภายใน การเผาไหม้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์หรือไม่ ถ้าเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ จะไม่เห็นมีสารหรือเถ้าใดๆ หลงเหลืออยู่ที่ถ้วยใส่สาร และผนังของตัวบอมบเลย (หรืออาจเป็นเถ้าสีขาวเพียงเล็กน้อย) แต่ถ้าเห็นมีสารเหลืออยู่ หรือเห็นเป็นเถ้าสีดำ แสดงว่าการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ต้องทำการทดลองใหม่

3.12 เปลี่ยนสารตัวอย่างเป็นไบโอดีเซล ปฏิบัติตามข้อ 3.1 – 3.11

4. การคำนวณการหาค่าความร้อนของแคลอริมิเตอร์จากกรดเบนโซอิก, W (MJ/°C)

$$\text{สูตรการคำนวณ} \quad W = ((Q \times G) + E_1 + E_2 + E_3 + E_4) / T$$

เมื่อ W = สมดุลความร้อนของแคลอริมิเตอร์ (MJ / °C)

Q = heat of combustion of standard benzoic acid (MJ/g)

= ค่ามาตรฐานมีค่าเท่ากับ 26441.6 J/g

T = อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นซึ่งได้รับการแก้ไขแล้ว (°C)

= อุณหภูมิสูงสุดหลังจากจุดระเบิด - อุณหภูมิที่เริ่มต้นจุดระเบิด

= $T_f - T_a$ (°C)

G = น้ำหนักของ standard benzoic acid (g)

E_1 = ตัวปรับแก้ในหน่วย MJ สำหรับความร้อน ของการเกิดไนตริก

= ประมาณ 25.02 สำหรับกรดเบนโซอิกมาตรฐาน

E_2 = ตัวปรับแก้ในหน่วย MJ สำหรับความร้อน ของการเกิดซัลฟิวริก

= $(58.6) \times (\% \text{ ของกำมะถันในสารตัวอย่าง}) \times (\text{มวลสารตัวอย่าง}) / 10^6$

E_3 = ตัวปรับแก้ในหน่วย MJ สำหรับความร้อนของการเผาไหม้ ลวดฟิวส์ + เส้นด้ายใน

การทดลองนี้ใช้ลวดฟิวส์ซึ่งกำหนดค่าความร้อนที่คายออกมาเท่ากับ 140.64 J/g

หรือ 2.092 J/cm. และเส้นด้ายซึ่งกำหนดค่าที่คายความร้อนออกมาเท่ากับ 4.382

J/cm.

E_4 = ตัวปรับแก้ในหน่วย MJ สำหรับความร้อนของการเผาไหม้ของ Pressure sensitive or capsule and mineral oil

= มวลของ tape or capsule oil, g $\times$ heat of combustion of tape or capsule oil

5. การหาค่าความร้อนจากการสันดาปของสารตัวอย่าง (Gross Heat of Combustion)

หมายถึงปริมาณความร้อนที่ปล่อยออกมาเมื่อสารเชื้อเพลิง 1 หน่วยน้ำหนักถูกเผาไหม้ในภาชนะปริมาตรคงที่โดยจะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นก๊าซ ยกเว้นน้ำซึ่งจะควบแน่นเป็นของเหลว โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

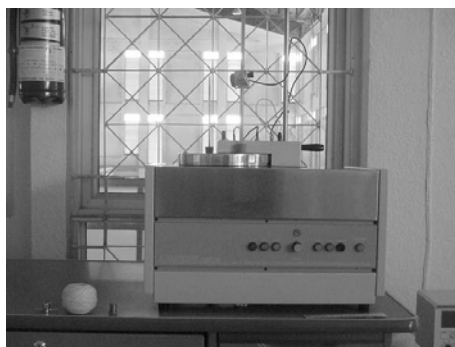
$$Q_g = ((T \times W) - E_1 - E_2 - E_3 - E_4) / (G \times 10^{-3})$$

เมื่อ Q_g = Gross Heat of Combustion ที่ปริมาตรคงที่ (MJ/kg)

T = อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นซึ่งได้รับการแก้ไขแล้ว (° C)

W = สมดุลย์ความร้อนของแคลอริมิเตอร์ (MJ / °C)

G = น้ำหนักสารตัวอย่าง (g)



ภาพประกอบ 30 แสดงอุปกรณ์สำหรับหาค่าพลังงานความร้อน

3.7.5 ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) มาตรฐาน ASTM D128 มีอุปกรณ์ดังนี้

1. ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)
2. เทอร์โมมิเตอร์
3. กระบอกตวงขนาด 500 มลิลิตร

วิธีการทดลอง

1. เทตัวอย่างน้ำมันใส่ลงในกระบอกตวง
2. ปล่อยไฮโดรมิเตอร์ลงในกระบอกตวงที่บรรจุน้ำมันตัวอย่าง อ่านค่า °API ได้โดยตรง จากระดับของน้ำมันที่ท่วมไฮโดรมิเตอร์

3. วัดอุณหภูมิของน้ำมัน

4. ปรับค่า °API ที่อุณหภูมิที่วัด และอ่านได้มาที่ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้สูตร

$$^{\circ}\text{API ที่ } 60^{\circ}\text{F} = [0.002(60 - T_{\text{obs}}) + 1][^{\circ}\text{API}_{\text{obs}}]$$

5. หาค่าความถ่วงจำเพาะได้โดยใช้สูตร

$$^{\circ}\text{API}_{60^{\circ}\text{F}} = \frac{141.5}{\text{sp.gr.60} / 60^{\circ}\text{F}} - 131.5$$

3.6.6 จุดขุ่นตัว (Cloud Point) มาตรฐาน ASTM D2500 มีอุปกรณ์ดังนี้

1. หลอดทดลองพร้อมจุกคอรัทตรงกลางเสียบด้วยเทอร์โมมิเตอร์
2. น้ำมัน
3. เกลือ
4. น้ำแข็ง

วิธีการทดลอง

1. ใส่น้ำมันลงในหลอดประมาณ 10 มิลลิลิตร จากนั้นปิดด้วยจุกคอรัทที่มีเทอร์โมมิเตอร์

เสียบอยู่ตรงกลาง

2. นำหลอดไปใส่ไว้ในบีกเกอร์ที่มีน้ำแข็งผสมเกลือค้อย ๆ ทำให้เย็นลงช้า ๆ
3. ยกหลอดออกมาตรวจดูการขุ่นทุกช่วงอุณหภูมิที่ลดลง (ไม่ต้องคน)
4. บันทึกอุณหภูมิที่เริ่มมองเห็นรอยขุ่น

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินการทดลองการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสนูปดำดิบ โดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน และให้ความร้อนโดยไม่โครเวฟโดย ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ อัตราส่วนน้ำมันสนูปดำดิบต่อเมธานอล ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาและ อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

4.1 ผลการทดลองผลิตไบโอดีเซล

4.1.1 ผลการหีบสกัดน้ำมันสนูปดำจากเมล็ดสนูปดำโดยเครื่องหีบสกัดน้ำมันสนูปดำแบบกระบอกอัดโดยเกลียวและแม่แรงระบบไฮดรอลิก ขนาด 30 ตัน ความจุกระบอกครั้งละ 1 กิโลกรัม ตาราง 7 แสดงผลการหีบสกัดน้ำมันสนูปดำจากเมล็ดสนูปดำ

ครั้งที่	ปริมาณน้ำมันสนูปดำต่อครั้ง (มิลลิลิตร)	ครั้งที่	ปริมาณน้ำมันสนูปดำต่อครั้ง (มิลลิลิตร)
1	248.6	16	249.0
2	248.0	17	248.0
3	247.2	18	247.6
4	248.0	19	248.0
5	247.0	20	248.4
6	247.6	21	248.2
7	248.0	22	249.0
8	247.2	23	248.2
9	248.0	24	247.0
10	248.2	25	248.8
11	247.2	26	249.0
12	247.8	27	247.8
13	247.0	28	248.0
14	248.6	29	248.2
15	247.2	30	248.8

ผลที่ได้จากการหีบสกัด โดยใช้เมล็ดสบู่ดำ จำนวน 1 กิโลกรัม จะได้น้ำมันเฉลี่ย 247.99 มิลลิลิตร

4.1.2 ผลการหาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันสบู่ดำ

จากการไตเตรตเพื่อหาปริมาณค่ากรดและกรดไขมันอิสระในน้ำมันสบู่ดำ ในหัวข้อ 3.3.2 ได้ผลดังตาราง 8 และนำไปหาเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระเฉลี่ย จะได้เปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระเฉลี่ย 4.58 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 8 แสดงปริมาณค่ากรดและกรดไขมันอิสระในน้ำมันสบู่ดำ

ครั้งที่	ปริมาณค่าที่ใช้ไตเตรต (มิลลิกรัม)	เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิสระ (%)
1	4.0	4.44
2	4.5	4.99
3	4.0	4.44
4	5.0	5.55

4.1.3 ผลการศึกษาความสามารถการให้ความร้อนแก่น้ำมัน

จากผลการทดลองให้ความร้อนแก่น้ำมันด้วยไมโครเวฟ ใช้น้ำมันสบู่ดำดิบ ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร โดยการใช้ระดับพลังงานสูงสุด(high) ของไมโครเวฟ ณ เวลาต่างๆ ดังนี้คือ 20, 40, 60, 70, 80, 100, 120 และ 140 วินาที แต่ทุกครั้งจะนำน้ำมันออกแล้วใส่น้ำมันลงไปใหม่ทุกครั้ง และบันทึกผลของอุณหภูมิ ณ เวลาต่างๆที่กำหนด

ตาราง 9 แสดงผลการทดลองให้ความร้อนแก่น้ำมันด้วยไมโครเวฟ

ครั้งที่	เวลาที่ให้ความร้อน (วินาที)	อุณหภูมิเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิสุดท้าย (องศาเซลเซียส)
1	20	29	31
2	40	29	36
3	60	29	41
4	80	29	46
5	100	29	50
6	120	29	56
7	140	29	61

4.1.4 ผลการการศึกษาการลดอุณหภูมิหลังการให้ความร้อนแก่น้ำมัน ในช่วง 61-56 องศาเซลเซียส ในการทดลองศึกษาผลการลดลงของอุณหภูมิหลังจากให้ความร้อนแก่น้ำมันสบูดำดิบ ปริมาณ 1,000 กรัม ระยะเวลา 120 วินาที อุณหภูมิอยู่ที่ 61 องศาเซลเซียส และมีการกวนโดยการป้อนอากาศเข้าไปในน้ำมัน จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงถึง 50 องศาเซลเซียส

ตาราง 10 แสดงผลการทดลองศึกษาการลดลงของอุณหภูมิหลังจากให้ความร้อนแก่น้ำมันสบูดำดิบ

เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
เริ่มต้น	61
1	60.5
2	60
3	59.5
5	59
6	58.5
7	58
8	57.5
9	57
11	56.5
12	56
13	55.5
14	55

เมื่อนำผลการทดลองให้ความร้อนแก่น้ำมันด้วยไมโครเวฟ จากตาราง 9 มาทำการพล็อตกราฟ โดยมีแกน X และ แกน Y คือ เวลา และ อุณหภูมิ ตามลำดับ พบว่า อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา ที่ให้ความร้อนในลักษณะที่เป็นอัตราส่วนที่คงที่เมื่อพิจารณาจากเส้นแนวโน้มจะได้สมการดังนี้ คือ $y = 4.6548x + 23.179$ จากสมการ จะพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 องศาเซลเซียส ภาพประกอบ 31

และเมื่อนำผลการทดลองการลดอุณหภูมิหลังจากการให้ความร้อนจนถึง 120 วินาที แล้วหยุด ให้ความร้อนปล่อยให้อุณหภูมิลดลง โดยมีการกวนในน้ำมันด้วยการป้อนอากาศ จากตาราง 10 มาทำ

การพล็อตกราฟโดยมีแกน X และ แกน Y คือ เวลา และ อุณหภูมิ ตามลำดับ พบว่า อุณหภูมิจะลดลงตามระยะเวลาในลักษณะที่เป็นอัตราส่วนที่คงที่ เมื่อพิจารณาจากเส้นแนวโน้มจะได้สมการดังนี้ คือ $y = -0.5165x + 61.154$ จากสมการ จะพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 60 วินาที อุณหภูมิจะลดลงประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส ภาพประกอบที่ 32

ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ 3 ช่วง คือ 48 - 50 , 54 - 56 และ 59 - 61 องศาเซลเซียส จะต้องควบคุมดังนี้

1. กรณีเวลาการทำปฏิกิริยา 4 นาที

ช่วง 48 - 50 , 54 - 56 และ 59 - 61°C เลือกระดับพลังงานสูงสุด (high) ของตู้อบไมโครเวฟ และตั้งเวลาของตู้อบไมโครเวฟที่ 100 , 120 และ 140 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้น 4 นาที อุณหภูมิจะลดลงมาที่ 48 , 54 และ 59 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เวลาการทำปฏิกิริยาจะได้ตามกำหนด 4 นาที

2. กรณีเวลาการทำปฏิกิริยา 8 นาที

ช่วง 48 - 50 , 54 - 56 และ 59 - 61 องศาเซลเซียส เลือกระดับพลังงานสูงสุด (high) ของตู้อบไมโครเวฟ และตั้งเวลาของตู้อบไมโครเวฟที่ 100 , 120 และ 140 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้น 4 นาที อุณหภูมิจะลดลงมาที่ 48 , 54 และ 59 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เริ่มให้พลังงานตู้อบไมโครเวฟ 10 วินาที หลังจากนั้น 4 นาที อุณหภูมิจะลดลงมาที่ 48 , 54 และ 59 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เวลาการทำปฏิกิริยาจะได้ตามกำหนด 8 นาที

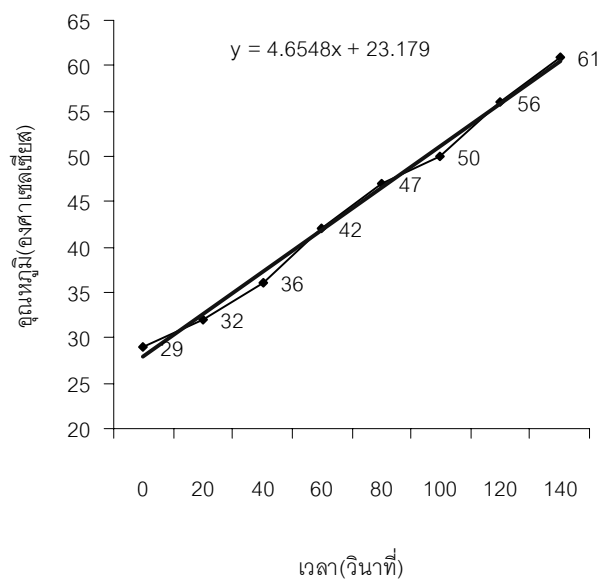
3. กรณีเวลาการทำปฏิกิริยา 12 นาที

ช่วง 48 - 50 , 54 - 56 และ 59 - 61 องศาเซลเซียส เลือกระดับพลังงานสูงสุด (high) ของตู้อบไมโครเวฟ และตั้งเวลาของตู้อบไมโครเวฟที่ 100 , 120 และ 140 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้น 4 นาที อุณหภูมิจะลดลงมาที่ 48 , 54 และ 59 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เริ่มให้พลังงานตู้อบไมโครเวฟ 10 วินาที หลังจากนั้น 4 นาที อุณหภูมิจะลดลงมาที่ 48 , 54 และ 59 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เริ่มให้พลังงานตู้อบไมโครเวฟ 10 วินาที หลังจากนั้น 4 นาที อุณหภูมิจะลดลงมาที่ 48 , 54 และ 59 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เวลาการทำปฏิกิริยาจะได้ตามกำหนด 12 นาที

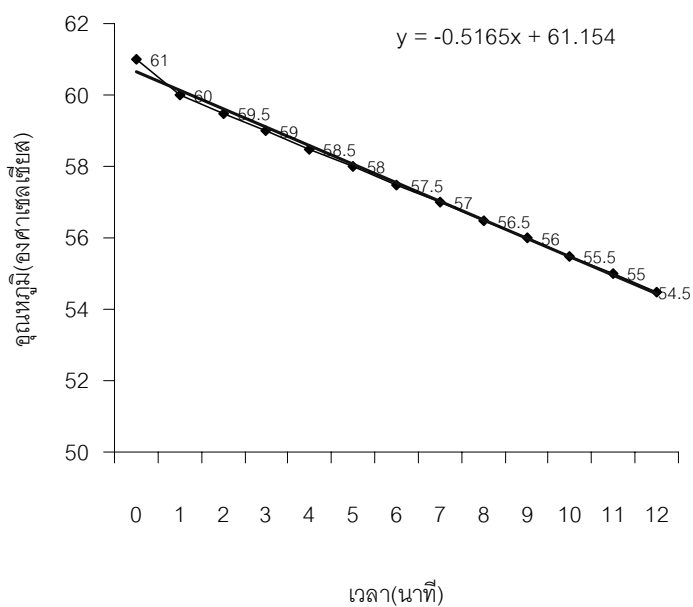
4. กรณีเวลาการทำปฏิกิริยา 16 นาที

ช่วง 48 - 50 , 54 - 56 และ 59 - 61 องศาเซลเซียส เลือกระดับพลังงานสูงสุด (high) ของตู้อบไมโครเวฟ และตั้งเวลาของตู้อบไมโครเวฟที่ 100 , 120 และ 140 วินาที ตามลำดับ หลังจากนั้น 4 นาที อุณหภูมิจะลดลงมาที่ 48 , 54 และ 59 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เริ่มให้พลังงานตู้อบไมโครเวฟ 10 วินาที หลังจากนั้น 4 นาที อุณหภูมิจะลดลงมาที่ 48 , 54 และ 59 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เริ่มให้พลังงานตู้อบไมโครเวฟ 10 วินาที หลังจากนั้น 4 นาที อุณหภูมิจะลดลงมาที่ 48 , 54 และ 59 องศา

เซลเซียส ตามลำดับ เริ่มให้พลังงานตู้อบไมโครเวฟ 10 วินาที หลังจากนั้น 4 นาที อุณหภูมิจะลดลงมาที่ 48 , 54 และ 59 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เวลาการทำปฏิกิริยาจะได้ตามกำหนด 16 นาที



ภาพประกอบที่ 31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มอุณหภูมิกับระยะเวลา



ภาพประกอบที่ 32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของอุณหภูมิกับระยะเวลา

4.1.5 ผลการหาความเหมาะสมของเมธานอล

ในการทดลองครั้งนี้จะใช้น้ำมันสุญุดำดิบ 1,000 กรัม และใช้เมธานอล (10, 15, 20 และ 25%) โดยน้ำหนักของน้ำมันสุญุดำดิบตามลำดับ ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาครั้งที่ 10 กรัม อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาครั้งที่ 54 – 56 องศาเซลเซียส และเวลาในการทำปฏิกิริยาครั้งที่ 4 นาที พบว่าความเหมาะสมของเมธานอลคือ 20 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลได้ของไบโอดีเซลเป็น 95.5 % ดังแสดงในตาราง 11

ตาราง 11 แสดงผลการหาความเหมาะสมของเมธานอล

ครั้งที่	เมธานอล (g)	ผลได้ของ ไบโอดีเซล (g)	ของผสม กลีเซอริน (g)	การสูญเสีย (g)	เปอร์เซ็นต์ผลได้ ของไบโอดีเซล
1	150	795	350	15	79.5
2	200	950	247	13	95.5
3	250	875	370	15	87.0

4.1.6 ผลการหาความเหมาะสมของตัวเร่งปฏิกิริยา

ในการทดลองครั้งนี้ จะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนี้ (0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนัก) โดยที่ปริมาณเมธานอลครั้งที่ 200 กรัม อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาครั้งที่ 54 - 56 องศาเซลเซียสและเวลาในการทำปฏิกิริยาครั้งที่ 4 นาที พบว่าความเหมาะสมของตัวเร่งปฏิกิริยาคือ 10 กรัม ได้ผลได้ของไบโอดีเซลเป็น 95.8 % ดังแสดงในตาราง 12

ตาราง 12 แสดงผลการหาความเหมาะสมของตัวเร่งปฏิกิริยา

ครั้งที่	โซเดียมไฮดร อกไซด์ (g)	ผลได้ของ ไบโอดีเซล (g)	ของผสม กลีเซอริน (g)	การสูญเสีย (g)	เปอร์เซ็นต์ผลได้ ของไบโอดีเซล
1	5	923	266	16	92.5
2	10	958	242	10	95.8
3	15	715	485	15	71.5

4.1.7 ผลการหาความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ในการทดลองครั้งนี้จะใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา คือ 4, 8, 12 และ 16 นาที โดยปริมาณของเมธานอลคงที่ 200 กรัม ตัวเร่งปฏิกิริยาคงที่ 10 กรัม และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาคงที่ 54 - 56 องศาเซลเซียส พบว่าเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา คือ 8 นาที ผลได้ของไบโอดีเซลเป็น 97.5 % ดังแสดงในตาราง 13

ตาราง 13 แสดงผลการหาความเหมาะสมของเวลาในการทำปฏิกิริยา

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ (min)	ผลได้ของ ไบโอดีเซล (g)	ของผสม กลีเซอริน (g)	การสูญเสีย (g)	เปอร์เซ็นต์ผลได้ ของไบโอดีเซล
1	4	941	259	10	94.1
2	8	975	225	10	97.5
3	12	960	235	15	96.0
4	16	878	318	14	87.8

4.1.8 ผลการหาความเหมาะสมของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ในการทดลองครั้งนี้ใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา คือ ช่วง 48 - 50 , 54 - 56 และ 59 - 61 องศาเซลเซียส โดยปริมาณเมธานอลคงที่ 200 กรัม ตัวเร่งปฏิกิริยาคงที่ 10 กรัม และเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 8 นาที เพื่อหาความเหมาะสมของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาเป็น 59 - 61 องศาเซลเซียส ได้ผลได้ของไบโอดีเซลเป็น 97.6 % ดังแสดงในตาราง 14

ตาราง 14 แสดงผลการหาความเหมาะสมของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ครั้งที่	อุณหภูมิ (°C)	ผลได้ของ ไบโอดีเซล (g)	ของผสม กลีเซอริน (g)	การสูญเสีย (g)	เปอร์เซ็นต์ผลได้ ของไบโอดีเซล
1	48-50	586	609	15	58.6
2	54-56	945	252	13	94.5
3	59-61	976	423	11	97.6

จากผลการทดลอง การหาความเหมาะสมของเมธานอล ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ตั้งแต่ข้อ 4.1.3 ถึง 4.1.6 สามารถสรุปผลได้ดังตาราง 15

ตาราง 15 แสดงผลการหาความเหมาะสมของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสนูปดำดิบโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันและให้ความร้อนในการทำปฏิกิริยาด้วยคลื่นไมโครเวฟ(น้ำมันสนูปดำ 1,000 กรัม)

ครั้งที่	อุณหภูมิ (^o c)	เวลา (min)	น้ำมัน สนูปดำ (g)	เมธานอล (g)	โซเดียม ไฮดรอกไซด์ (g)	ผลได้ ของไบ โอดีเซล (g)	ของ ผสม กลีเซอริน (g)	การ สูญเสีย (g)	เปอร์เซ็นต์ ผลได้ ของไบโอดีเซล
1	54-56	4	1,000	150	10	795	350	15	79.5
2	54-56	4	1,000	200	10	950	247	13	95.0
3	54-56	4	1,000	250	10	875	370	15	87.5
4	54-56	4	1,000	200	5	923	266	16	92.5
5	54-56	4	1,000	200	10	958	242	10	95.8
6	54-56	4	1,000	200	15	715	485	15	71.5
7	54-56	4	1,000	200	10	941	259	10	94.1
8	54-56	8	1,000	200	10	975	225	10	97.5
9	54-56	12	1,000	200	10	960	235	15	96.0
10	54-56	16	1,000	200	10	878	318	14	87.8
11	48-50	8	1,000	200	10	846	385	15	84.6
12	54-56	8	1,000	200	10	945	220	13	94.5
13	59-61	8	1,000	200	10	976	220	11	97.6

จากตารางที่ 15 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล คือ ที่ปริมาณเมธานอล 200 กรัม โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 กรัม เวลาในการทำปฏิกิริยา 8 นาที และอุณหภูมิที่ใช้ 59-61 องศาเซลเซียส ได้ผลได้ของไบโอดีเซลเป็น 97.6 เปอร์เซนต์

เมื่อทำการพล็อตกราฟโดยมีแกน X และ แกน Y คือ ปริมาณเมธานอลกับเปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซล โดยพิจารณาที่น้ำมันสบู่ดำดิบ 1,000 กรัม และใช้เมธานอล (10, 15, 20 และ 25 % โดยน้ำหนัก) ของน้ำมันสบู่ดำดิบ ตามลำดับ ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอร์ฟิเคชัน โดยที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 10 กรัม อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 54-56 องศาเซลเซียส และเวลาในการทำปฏิกิริยา 4 นาที พบว่าเมื่ออัตราส่วนของน้ำมันต่อเมธานอลลดลงจะทำให้เปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซลลดลง เนื่องจากปริมาณเมธานอลที่น้อยมีผลให้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นและทำให้เกิดผลข้างเคียง คือ การเกิดปฏิกิริยาซาปอนิฟิเคชัน (Saponification) หรือการเกิดสบู่ แต่ถ้าปริมาณเมธานอลมากเกินไปก็จะทำให้เปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซลลดลงเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเมธานอลที่มากเกินไป ให้ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจาง จากการทดลองพบว่าปริมาณเมธานอลที่เหมาะสมคือ 20 เปอร์เซนต์ แสดงในภาพประกอบ 33

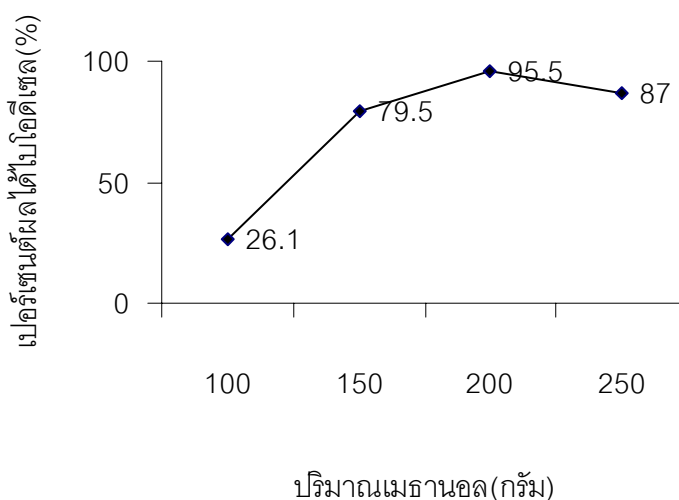
เมื่อทำการพล็อตกราฟโดยมีแกน X และ แกน Y คือ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์กับเปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซล โดยพิจารณาที่น้ำมันสบู่ดำดิบ 1,000 กรัม และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนี้ (0.5, 1.0 และ 1.5 % โดยน้ำหนัก) โดยปริมาณเมธานอลคงที่ 200 กรัม อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 54-56 องศาเซลเซียสและเวลาในการทำปฏิกิริยา 4 นาที พบว่าปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต่ำและสูงเกินไปจะทำให้เปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซลต่ำ โดยถ้าปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์มีค่ามากเกินไปจะทำให้เกิดสบู่ และเปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซลลดลงจากการทดลองพบว่าความเหมาะสมของตัวเร่งปฏิกิริยา คือ 1.0 แสดงในภาพประกอบ 34

เมื่อทำการพล็อตกราฟโดยมีแกน X และ แกน Y คือ ปริมาณเวลาในการทำปฏิกิริยากับเปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซล ในการทดลองครั้งนี้ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา ดังนี้ (4, 8, 12 และ 16 นาที) โดยปริมาณของเมธานอลคงที่ 200 กรัม ตัวเร่งปฏิกิริยา 10 กรัม และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 54-56 องศาเซลเซียส พบว่า ถ้าเวลาในการทำปฏิกิริยาน้อยหรือมากเกินไปจะทำให้เปอร์เซ็นต์การเกิดไบโอดีเซลต่ำ เนื่องจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอร์ฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาที่ย้อนกลับได้ ผลการหาความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา คือ 8 นาที แสดงในภาพประกอบ 35

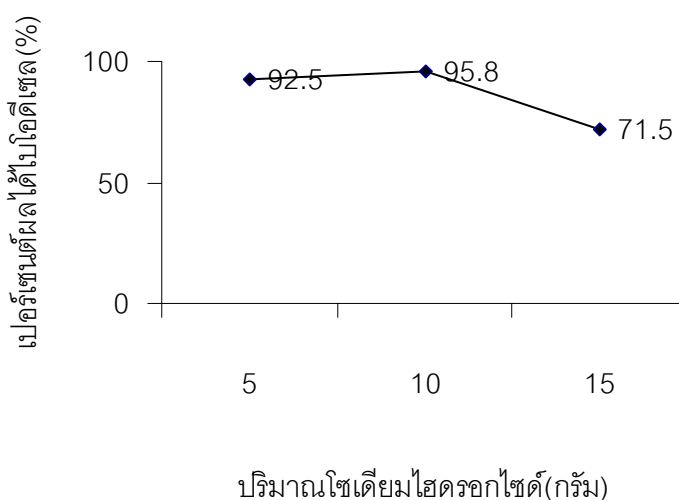
เมื่อทำการพล็อตกราฟโดยมีแกน X และ แกน Y คือ อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยากับเปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซล ในการทดลองครั้งนี้ใช้ช่วงอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาดังนี้คือ ช่วง 48 - 50 , 54 - 56 และ 59 - 61 องศาเซลเซียส โดยที่ปริมาณเมธานอล ตัวเร่งปฏิกิริยา และเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา คงที่ เพื่อหาความเหมาะสมของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา พบว่า เปอร์เซ็นต์การเกิดไบโอดีเซลต่ำ

ที่อุณหภูมิต่ำ และอุณหภูมิไม่ควรสูงเกินจุดเดือดของเมธานอล อยู่ที่ 64.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม คือ 59 – 61 องศาเซลเซียส แสดงในภาพประกอบ 36

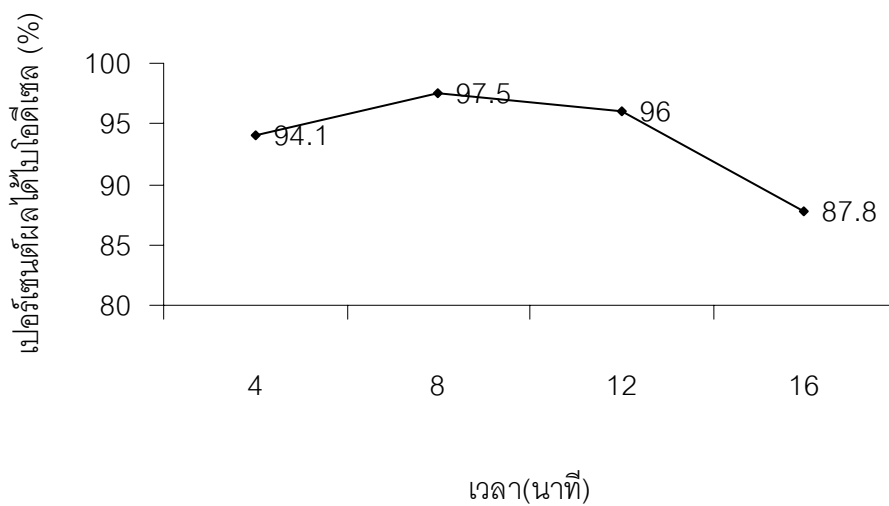
จากภาพประกอบ 33 ถึง 36 พบว่า เปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซลขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำมันต่อเมธานอล ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา โดยสภาวะที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำดิบมากที่สุดคือ น้ำมันสบู่ดำ 1,000 กรัม ปริมาณเมธานอล 200 กรัม โซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 กรัม เวลาในการทำปฏิกิริยา 8 นาที และอุณหภูมิที่ใช้ 59-61 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณไบโอดีเซลเป็น 97.6 เปอร์เซ็นต์



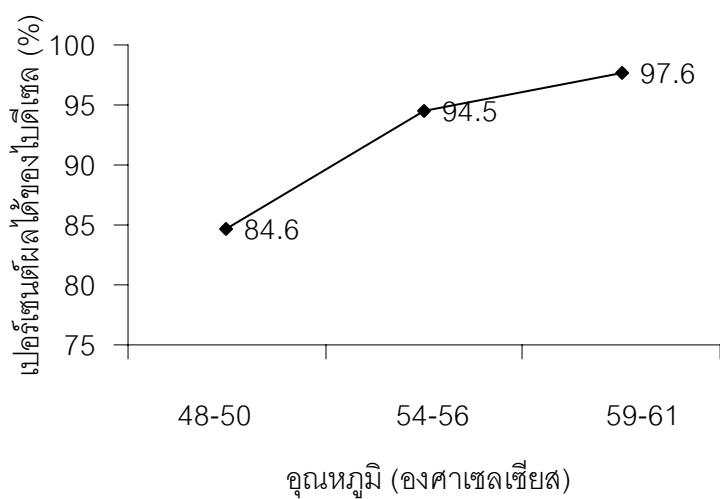
ภาพประกอบที่ 33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเมธานอลกับเปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซล



ภาพประกอบที่ 34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์กับเปอร์เซ็นต์ผลได้ไบโอดีเซล



ภาพประกอบที่ 35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยากับเปอร์เซ็นต์ผลได้โพลีเอทิลีน



ภาพประกอบที่ 36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยากับเปอร์เซ็นต์ผลได้โพลีเอทิลีน

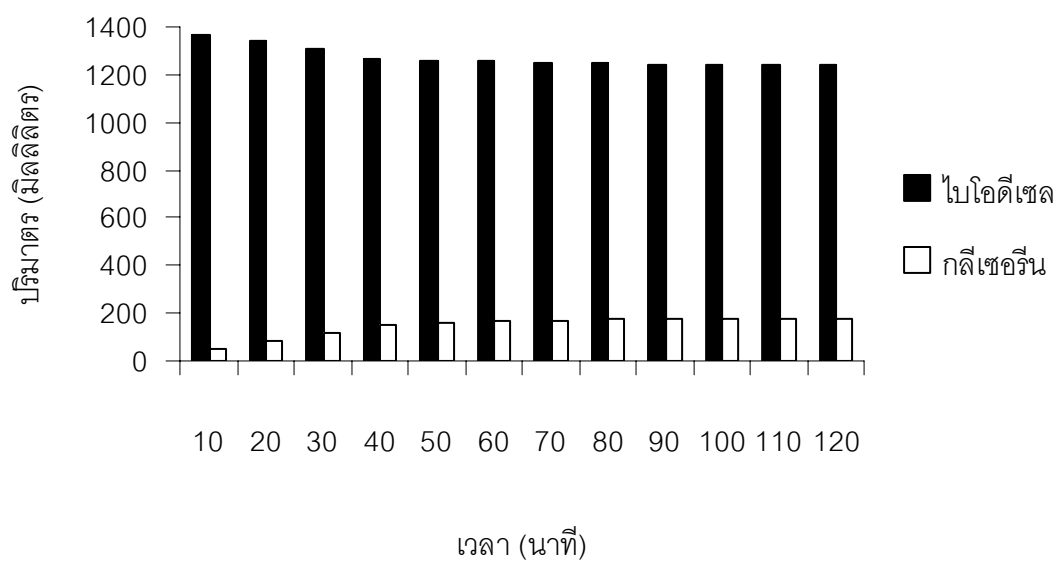
4.1.9 ผลการแยกชั้นระหว่างระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน

ในการทดลองครั้งนี้จะใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาดังนี้คือ ช่วง 54 - 56 องศาเซลเซียส โดยปริมาณเมทานอล 200 กรัม ตัวเร่งปฏิกิริยา 10 กรัม และเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 8 นาที ผลการทดลองแสดงในตาราง 16

ตาราง 16 แสดงผลการแยกชั้นระหว่างระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน

เวลา (นาที)	ปริมาณไบโอดีเซล (มิลลิลิตร)	ปริมาณกลีเซอริน (มิลลิลิตร)
10	1370	50
20	1340	80
30	1305	115
40	1265	155
50	1260	160
60	1255	165
70	1256	170
80	1245	175
90	1240	180
100	1240	180
110	1240	180
120	1240	180
130	1240	180
140	1240	180
160	1240	180

จากข้อมูลในตาราง 16 ผลการแยกชั้นระหว่างระหว่างไบโอดีเซลกับกลีเซอริน ในระยะเวลาต่างๆ หลังจากการหยุดการกวนและการให้ความร้อน น้ำมันจะเริ่มแยกตัวเป็น 2 ชั้น โดยที่กลีเซอรินอยู่ด้านล่างและไบโอดีเซลอยู่ด้านบนของถังตกตะกอน เมื่อเวลาผ่านไปชั้นที่เป็นกลีเซอริน อยู่ด้านล่างจะมีปริมาณมากขึ้นและไบโอดีเซลอยู่ด้านบนของถังตกตะกอนจะลดลงจนในที่สุดจะลดลงจนถึงระยะเวลาหนึ่งนั่นก็คือ 90 นาที แสดงในภาพประกอบที่ 37 ต่อจากนั้นทั้งไบโอดีเซลและกลีเซอรินจะมีปริมาณคงที่



ภาพประกอบที่ 37 แสดงการแยกชั้นระหว่างโพลิเอทิลีนกับกลีเซอริน



ภาพประกอบ 38 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างโพลิเอทิลีนจากสบู่น้ำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟกับกลีเซอริน

4.2 การทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันสบู่ดำดิบ

ไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากการทดลองจะถูกนำไปทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและค่าทางกายภาพ ประกอบด้วย ความหนืด จุดวาบไฟ จุดเท็ดว ค่าความร้อน ค่าความถ่วงจำเพาะ และจุดขุ่นตัว วิธีการทดสอบและค่ามาตรฐานได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.5 ทั้งนี้คุณสมบัติต่าง ๆ ที่ทดสอบจะเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ผลการทดสอบดังแสดงในตาราง 17 ทดสอบคุณสมบัติไบโอดีเซล ณ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตาราง 17 แสดงคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลมาตรฐานกับคุณสมบัติไบโอดีเซลจากการทดลอง

คุณสมบัติ	มาตรฐานที่ใช้	มาตรฐานของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล		น้ำมันสบู่ดำดิบ	ไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลอง
		หมุนเร็ว	หมุนช้า		
ความหนืดที่ 40C (c.St.)	ASTM D88	1.8-4.1	8.0	5.8	4.0
จุดวาบไฟ (C)	ASTM D93	>52	>52	N.A.	N.A.
จุดเท็ดว (C)	ASTM D97	<10	<16	9	7
ค่าความร้อน (KJ/g)	ASTM D240	46.80	-	38.50	42.00
ความถ่วงจำเพาะ(ที่ 60 F)	ASTM D1298	0.81-0.87	0.92	0.9	0.86
จุดขุ่นตัว (C)	ASTM D2500	<10	<16	12	10



ภาพประกอบ 39 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างไบโอดีเซลจากสบู่ดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟกับน้ำมันสบู่ดำดิบ

ไบโอดีเซลและน้ำมันสบู่ดำดิบที่ได้จะถูกนำไปทดสอบคุณสมบัติที่สำคัญเหมือนน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล โดยผลการทดสอบคุณสมบัติน้ำมันสบู่ดำดิบและไบโอดีเซลแสดงในตาราง 17 จากผลการทดสอบพบว่า การนำน้ำมันสบู่ดำดิบมาผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ทำให้คุณสมบัติทางด้านเชิงกล และทางกายภาพดีขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำมันสบู่ดำดิบที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำมันสบู่ดำดิบมีโมเลกุลใหญ่ และเมื่อผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันจะทำให้ น้ำมันสบู่ดำดิบมีโมเลกุลเล็กลงจึงทำให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ได้กับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลพบว่ามีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดของกรมธุรกิจพลังงาน

4.3 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการศึกษาการลงทุนผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำโดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันและให้ความร้อนโดยไม่โครเวฟ การศึกษานี้จะคิดต้นทุนการผลิตตั้งแต่ น้ำมันสบู่ดำดิบจนถึงการผลิตไบโอดีเซล โดยจะอ้างอิงจากต้นทุนการผลิตและราคาต้นทุนสบู่ดำ และผลจากการทดลองและที่ได้สรุปไปในบทก่อน ๆ (สุรพงษ์ เจริญรัก)

4.3.1 แนวคิดในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ

4.3.1.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period ; PB)

4.3.1.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV)

4.3.1.3 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR)

4.3.2 เกณฑ์การตัดสินใจลงทุน

4.3.2.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period ; PB) หลักเกณฑ์นี้ ไม่คำนึงถึงกระแสผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานหลังระยะเวลาคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้

4.3.2.2 อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return ; IRR)

ถ้า $IRR >$ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	ลงทุน
ถ้า $IRR <$ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	ไม่ลงทุน
ถ้า $IRR =$ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	ลงทุนหรือไม่ลงทุนก็ได้

4.3.2.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value ; NPV)

ตารางที่ 18 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อผลตอบแทนทางการเงิน

กรณี	ราคาไบโอดีเซล (บาท/ลิตร)	ราคากลิเซอริน (บาท/ลิตร)	ไบโอดีเซล (ลิตร/ปี)	กลีเซอริน (ลิตร/ปี)
1	20.00	5	14,250	3,212
2	20.50	5	14,250	3,212
3	21.00	5	14,250	3,212
4	21.50	5	14,250	3,212
5	22.00	5	14,250	3,212
6	22.50	5	14,250	3,212
7	23.00	5	14,250	3,212
8	20.00	-	14,250	3,212
9	20.50	-	14,250	3,212
10	21.00	-	14,250	3,212
11	21.50	-	14,250	3,212
12	22.00	-	14,250	3,212
13	22.50	-	14,250	3,212
14	23.00	-	14,250	3,212

ต้นทุนการผลิตและราคาคู่ทุนของไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่นำมาดิบในครัวเรือน อัตราการผลิต 14,600 ลิตร/ปี สภาวะที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่นำมาดิบอัตราส่วนระหว่างน้ำมันต่อเมธานอลเป็น 5 : 1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.00 % โดยน้ำหนัก และอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยาคือ 59-61 องศาเซลเซียส

น้ำมันสบู่นำมาดิบ	12.50	บาท
เมธานอล	5.50	บาท
โซเดียมไฮดรอกไซด์	0.30	บาท
ค่าไฟฟ้า	0.50	บาท
ค่าน้ำกลั่น	2.00	บาท
รวมต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซล	20.80	บาท/ลิตร

4.3.4 ผลจากการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

4.4.4.1 กรณีคิดราคากลิเซอริน

กรณีที่ 1 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
กำลังการผลิต 14,600 ลิตร/ปี ไบโอดีเซลลิตรละ 20 บาท

ข้อมูลโครงการ

เงินลงทุน	5,500.00	บาท
อายุโครงการ	10	ปี
อายุเครื่องจักรและอุปกรณ์	5	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	13.50	%
อัตราภาษี	5	%
ผลผลิต	14,600	ลิตร/ปี
ต้นทุนการผลิต	20.80	บาท/ลิตร
ราคาขายไบโอดีเซล	20.00	บาท/ลิตร
ราคาขายกลีเซอริน	5.00	บาท/ลิตร

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ	286,965.73	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน	622.59	%
ระยะเวลาคืนทุน	0.16	ปี

สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากโครงการนี้มี NPV เป็นบวกหรือมากกว่า 0 แสดงว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณา IRR ที่อัตราดอกเบี้ยของโครงการ 13.5% IRR เท่ากับ 622.59% มากกว่า 13.5% ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณาระยะคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ต้องพิจารณาจากกรณีอื่นด้วย

กรณีที่ 2 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสนำดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

กำลังการผลิต 14,600 ลิตร/ปี ไบโอดีเซลลิตรละ 20.50 บาท

ข้อมูลโครงการ

เงินลงทุน	5,500.00	บาท
อายุโครงการ	10	ปี
อายุเครื่องจักรและอุปกรณ์	5	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	13.50	%
อัตราภาษี	5	%
ผลผลิต	14,600	ลิตร/ปี
ต้นทุนการผลิต	20.80	บาท/ลิตร
ราคาขายไบโอดีเซล	20.50	บาท/ลิตร
ราคาขายกลีเซอริน	5.00	บาท/ลิตร

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ	346,122.86	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน	748.68	%
ระยะเวลาคืนทุน	0.13	ปี

สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากโครงการนี้มี NPV เป็นบวกหรือมากกว่า 0 แสดงว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณา IRR ที่อัตราดอกเบี้ยของโครงการ 13.5% IRR เท่ากับ 748.68% มากกว่า 13.5% ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณาระยะคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ต้องพิจารณาจากกรณีอื่นด้วย

กรณีที่ 3 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสุญ่ดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
กำลังการผลิต 14,600 ลิตร/ปี ไบโอดีเซลลิตรละ 21 บาท

ข้อมูลโครงการ

เงินลงทุน	5,500.00	บาท
อายุโครงการ	10	ปี
อายุเครื่องจักรและอุปกรณ์	5	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	13.50	%
อัตราภาษี	5	%
ผลผลิต	14,600	ลิตร/ปี
ต้นทุนการผลิต	20.80	บาท/ลิตร
ราคาขายไบโอดีเซล	21.00	บาท/ลิตร
ราคาขายกลีเซอริน	5.00	บาท/ลิตร

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ	405,279.64	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน	874.77	%
ระยะเวลาคืนทุน	0.11	ปี

สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากโครงการนี้มี NPV เป็นบวกหรือมากกว่า 0 แสดงว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณา IRR ที่อัตราดอกเบี้ยของโครงการ 13.5% IRR เท่ากับ 874.77% มากกว่า 13.5% ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณาระยะคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ต้องพิจารณาจากกรณีอื่นด้วย

กรณีที่ 4 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสุญ่ดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
กำลังการผลิต 14,600 ลิตร/ปี ไบโอดีเซลลิตรละ 21.50 บาท

ข้อมูลโครงการ

เงินลงทุน	5,500.00	บาท
อายุโครงการ	10	ปี
อายุเครื่องจักรและอุปกรณ์	5	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	13.50	%
อัตราภาษี	5	%
ผลผลิต	14,600	ลิตร/ปี
ต้นทุนการผลิต	20.80	บาท/ลิตร
ราคาขายไบโอดีเซล	21.50	บาท/ลิตร
ราคาขายกลีเซอริน	5.00	บาท/ลิตร

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ	464,436.60	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน	1,000.86	%
ระยะเวลาคืนทุน	0.10	ปี

สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากโครงการนี้มี NPV เป็นบวกหรือมากกว่า 0 แสดงว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณา IRR ที่อัตราดอกเบี้ยของโครงการ 13.5% IRR เท่ากับ 1,000.86% มากกว่า 13.5% ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณาระยะคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อยอาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนานอาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ต้องพิจารณาจากกรณีอื่นด้วย

กรณีที่ 5 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสนำดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
กำลังการผลิต 14,600 ลิตร/ปี ไบโอดีเซลลิตรละ 22 บาท

ข้อมูลโครงการ

เงินลงทุน	5,500.00	บาท
อายุโครงการ	10	ปี
อายุเครื่องจักรและอุปกรณ์	5	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	13.50	%
อัตราภาษี	5	%
ผลผลิต	14,600	ลิตร/ปี
ต้นทุนการผลิต	20.80	บาท/ลิตร
ราคาขายไบโอดีเซล	22.00	บาท/ลิตร
ราคาขายกลีเซอริน	5.00	บาท/ลิตร

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ	523,593.55	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน	1,126.95	%
ระยะเวลาคืนทุน	0.09	ปี

สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากโครงการนี้มี NPV เป็นบวกหรือมากกว่า 0 แสดงว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณา IRR ที่อัตราดอกเบี้ยของโครงการ 13.5% IRR เท่ากับ 1,126.95% มากกว่า 13.5% ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณาระยะคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ต้องพิจารณาจากกรณีอื่นด้วย

กรณีที่ 6 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่นำโดยกระบวนการทรานส์เอสเตอร์ฟิเคชัน
กำลังการผลิต 14,600 ลิตร/ปี ไบโอดีเซลลิตรละ 22.50 บาท

ข้อมูลโครงการ

เงินลงทุน	5,500.00	บาท
อายุโครงการ	10	ปี
อายุเครื่องจักรและอุปกรณ์	5	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	13.50	%
อัตราภาษี	5	%
ผลผลิต	14,600	ลิตร/ปี
ต้นทุนการผลิต	20.80	บาท/ลิตร
ราคาขายไบโอดีเซล	22.50	บาท/ลิตร
ราคาขายกลีเซอริน	5.00	บาท/ลิตร

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ	582,750.51	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน	1,253.04	%
ระยะเวลาคืนทุน	0.58	ปี

สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากโครงการนี้มี NPV เป็นบวกหรือมากกว่า 0 แสดงว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณา IRR ที่อัตราดอกเบี้ยของโครงการ 13.5% IRR เท่ากับ 1,253.40% มากกว่า 13.5% ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณาระยะคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ต้องพิจารณาจากกรณีอื่นด้วย

กรณีที่ 7 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่นำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
กำลังการผลิต 14,600 ลิตร/ปี ไบโอดีเซลลิตรละ 23 บาท

ข้อมูลโครงการ

เงินลงทุน	5,500.00	บาท
อายุโครงการ	10	ปี
อายุเครื่องจักรและอุปกรณ์	5	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	13.50	%
อัตราภาษี	5	%
ผลผลิต	1,000	ลิตร/ปี
ต้นทุนการผลิต	20.80	บาท/ลิตร
ราคาขายไบโอดีเซล	23.00	บาท/ลิตร
ราคาขายกลีเซอริน	5.00	บาท/ลิตร

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ	641,907.47	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน	1,379.13	%
ระยะเวลาคืนทุน	0.07	ปี

สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากโครงการนี้มี NPV เป็นบวกหรือมากกว่า 0 แสดงว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณา IRR ที่อัตราดอกเบี้ยของโครงการ 13.5% IRR เท่ากับ 1,379.13 % มากกว่า 13.5% ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณาระยะคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ต้องพิจารณาจากกรณีอื่นด้วย

4.3.4.2 กรณีไม่คิดราคากลิเซอริน

กรณีที่ 1 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
กำลังการผลิต 14,600 ลิตร/ปี ไบโอดีเซลลิตรละ 20 บาท

ข้อมูลโครงการ

เงินลงทุน	5,500.00	บาท
อายุโครงการ	10	ปี
อายุเครื่องจักรและอุปกรณ์	5	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	13.50	%
อัตราภาษี	5	%
ผลผลิต	14,600	ลิตร/ปี
ต้นทุนการผลิต	20.80	บาท/ลิตร
ราคาขายไบโอดีเซล	20.00	บาท/ลิตร
ราคาขายกลีเซอริน	-	บาท/ลิตร

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ	36,731.80	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน	89.08	%
ระยะเวลาคืนทุน	1.12	ปี

สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากโครงการนี้มี NPV เป็นบวกหรือมากกว่า 0 แสดงว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณา IRR ที่อัตราดอกเบี้ยของโครงการ 13.5% IRR เท่ากับ 89.08% มากกว่า 13.5% ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณาระยะคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ต้องพิจารณาจากกรณีอื่นด้วย

กรณีที่ 2 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสุญ่ดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

กำลังการผลิต 14,600 ลิตร/ปี ไบโอดีเซลลิตรละ 20.50 บาท

ข้อมูลโครงการ

เงินลงทุน	5,500.00	บาท
อายุโครงการ	10	ปี
อายุเครื่องจักรและอุปกรณ์	5	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	13.50	%
อัตราภาษี	5	%
ผลผลิต	14,600	ลิตร/ปี
ต้นทุนการผลิต	20.80	บาท/ลิตร
ราคาขายไบโอดีเซล	20.50	บาท/ลิตร
ราคาขายกลีเซอริน	-	บาท/ลิตร

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ	95,888.76	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน	215.31	%
ระยะเวลาคืนทุน	0.46	ปี

สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากโครงการนี้มี NPV เป็นบวกหรือมากกว่า 0 แสดงว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณา IRR ที่อัตราดอกเบี้ยของโครงการ 13.5% IRR เท่ากับ 215.31% มากกว่า 13.5% ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณาระยะคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ต้องพิจารณาจากกรณีอื่นด้วย

กรณีที่ 3 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสุญ่ดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
กำลังการผลิต 14,600 ลิตร/ปี ไบโอดีเซลลิตรละ 21 บาท

ข้อมูลโครงการ

เงินลงทุน	5,500.00	บาท
อายุโครงการ	10	ปี
อายุเครื่องจักรและอุปกรณ์	5	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	13.50	%
อัตราภาษี	5	%
ผลผลิต	14,600	ลิตร/ปี
ต้นทุนการผลิต	20.80	บาท/ลิตร
ราคาขายไบโอดีเซล	21.00	บาท/ลิตร
ราคาขายกลีเซอริน	-	บาท/ลิตร

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ	155,045.71	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน	341.40	%
ระยะเวลาคืนทุน	0.29	ปี

สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากโครงการนี้มี NPV เป็นบวกหรือมากกว่า 0 แสดงว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณา IRR ที่อัตราดอกเบี้ยของโครงการ 13.5% IRR เท่ากับ 341.40% มากกว่า 13.5% ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณาระยะคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ต้องพิจารณาจากกรณีอื่นด้วย

กรณีที่ 4 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสุญ่ดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
กำลังการผลิต 14,600 ลิตร/ปี ไบโอดีเซลลิตรละ 21.50 บาท

ข้อมูลโครงการ

เงินลงทุน	5,500.00	บาท
อายุโครงการ	10	ปี
อายุเครื่องจักรและอุปกรณ์	5	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	13.50	%
อัตราภาษี	5	%
ผลผลิต	1,000	ลิตร/ปี
ต้นทุนการผลิต	20.80	บาท/ลิตร
ราคาขายไบโอดีเซล	21.50	บาท/ลิตร
ราคาขายกลีเซอริน	-	บาท/ลิตร

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ	214,202.67	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน	467.50	%
ระยะเวลาคืนทุน	0.21	ปี

สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากโครงการนี้มี NPV เป็นบวกหรือมากกว่า 0 แสดงว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณา IRR ที่อัตราดอกเบี้ยของโครงการ 13.5% IRR เท่ากับ 467.50% มากกว่า 13.5% ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณาระยะคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อยอาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนานอาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ต้องพิจารณาจากกรณีอื่นด้วย

กรณีที่ 5 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสุญ่ดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน
กำลังการผลิต 14,600 ลิตร/ปี ไบโอดีเซลลิตรละ 22 บาท

ข้อมูลโครงการ

เงินลงทุน	5,500.00	บาท
อายุโครงการ	10	ปี
อายุเครื่องจักรและอุปกรณ์	5	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	13.50	%
อัตราภาษี	5	%
ผลผลิต	14,600	ลิตร/ปี
ต้นทุนการผลิต	20.80	บาท/ลิตร
ราคาขายไบโอดีเซล	22.00	บาท/ลิตร
ราคาขายกลีเซอริน	-	บาท/ลิตร

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ	273,359.63	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน	593.59	%
ระยะเวลาคืนทุน	0.17	ปี

สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

คําค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากโครงการนี้มี NPV เป็นบวกหรือมากกว่า 0 แสดงว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณา IRR ที่อัตราดอกเบี้ยของโครงการ 13.5% IRR เท่ากับ 593.59% มากกว่า 13.5% ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณาระยะคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ต้องพิจารณาจากกรณีอื่นด้วย

กรณีที่ 6 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่นำโดยกระบวนการทรานส์เอสเตอร์ฟิเคชัน
กำลังการผลิต 14,600 ลิตร/ปี ไบโอดีเซลลิตรละ 22.50 บาท

ข้อมูลโครงการ

เงินลงทุน	5,500.00	บาท
อายุโครงการ	10	ปี
อายุเครื่องจักรและอุปกรณ์	5	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	13.50	%
อัตราภาษี	5	%
ผลผลิต	14,600	ลิตร/ปี
ต้นทุนการผลิต	20.80	บาท/ลิตร
ราคาขายไบโอดีเซล	22.50	บาท/ลิตร
ราคาขายกลีเซอริน	-	บาท/ลิตร

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ	332,516.58	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน	719.68	%
ระยะเวลาคืนทุน	0.14	ปี

สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากโครงการนี้มี NPV เป็นบวกหรือมากกว่า 0 แสดงว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณา IRR ที่อัตราดอกเบี้ยของโครงการ 13.5% IRR เท่ากับ 719.68 % มากกว่า 13.5% ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณาระยะคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ต้องพิจารณาจากกรณีอื่นด้วย

กรณีที่ 7 ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสุญ่ดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

กำลังการผลิต 14,600 ลิตร/ปี ไบโอดีเซลลิตรละ 23 บาท

ข้อมูลโครงการ

เงินลงทุน	5,500.00	บาท
อายุโครงการ	10	ปี
อายุเครื่องจักรและอุปกรณ์	5	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	13.50	%
อัตราภาษี	5	%
ผลผลิต	14,600	ลิตร/ปี
ต้นทุนการผลิต	20.80	บาท/ลิตร
ราคาขายไบโอดีเซล	23.00	บาท/ลิตร
ราคาขายกลีเซอริน	-	บาท/ลิตร

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าในการลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ	391,673.54	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน	845.77	%
ระยะเวลาคืนทุน	0.12	ปี

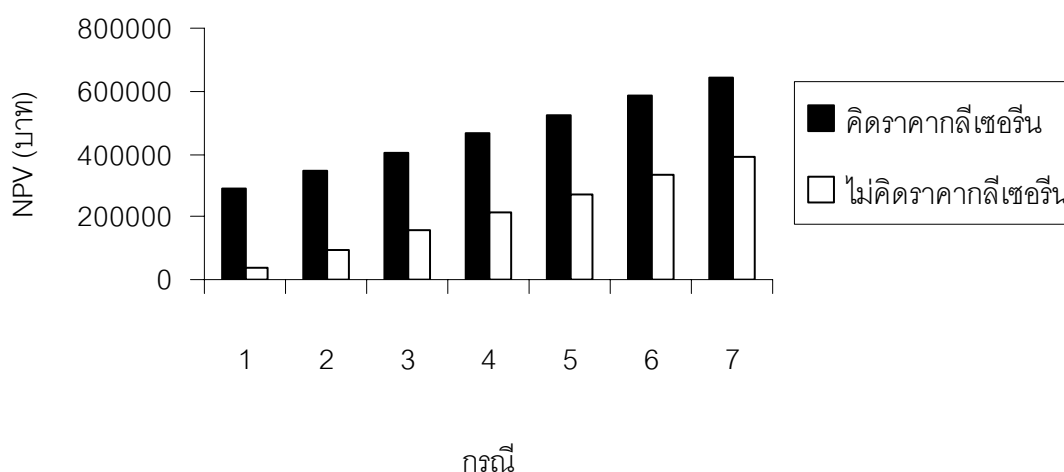
สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากโครงการนี้มี NPV เป็นบวกหรือมากกว่า 0 แสดงว่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

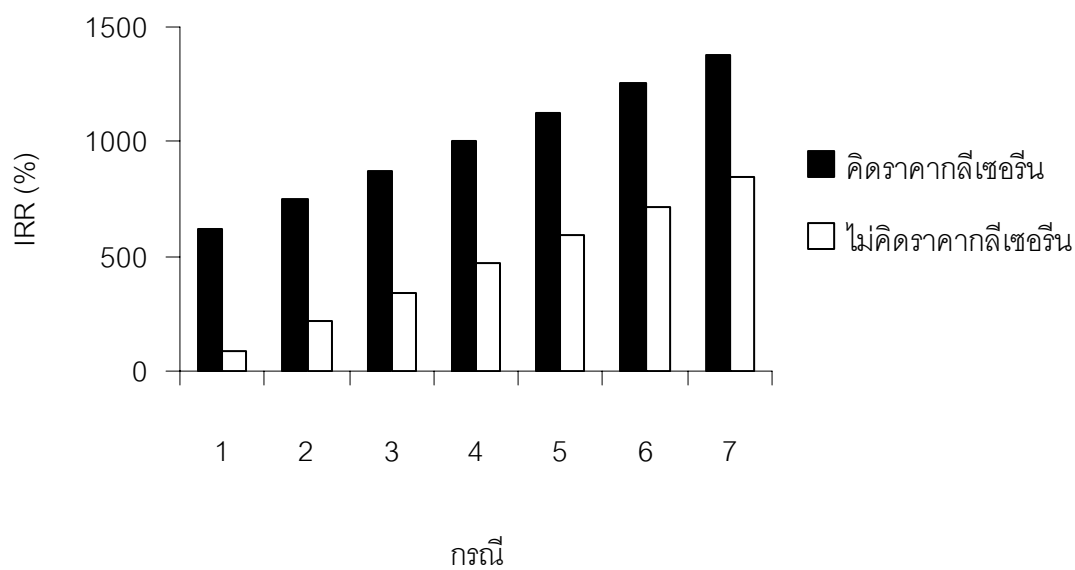
เมื่อพิจารณา IRR ที่อัตราดอกเบี้ยของโครงการ 13.5% IRR เท่ากับ 845.77% มากกว่า 13.5% ดังนั้นจึงสมควรลงทุน

เมื่อพิจารณาระยะคืนทุน โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกน้อย อาจให้ระยะเวลาในการคืนทุนเร็ว ในขณะที่โครงการที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกสูง มีระยะเวลาคืนทุนนาน อาจให้ผลตอบแทนเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น การตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว อาจเป็นการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้ต้องพิจารณาจากกรณีอื่นด้วย

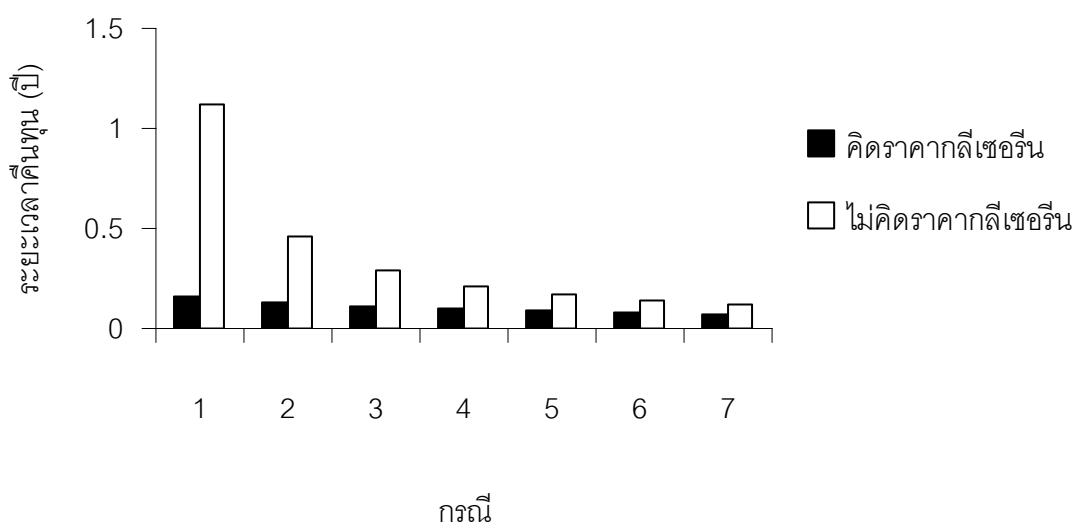
จะเห็นได้ว่าต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลเท่ากับ 20.50 บาท/ลิตร ดังนั้นจะต้องหาราคาขายของไบโอดีเซลที่เหมาะสม โดยจะทำการพิจารณาผลตอบแทนทางการเงิน ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน (PB) มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) โดยจะทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินเมื่อการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสุญุดำดิบแบ่งเป็น 7 กรณีจากนั้นทำการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ แสดงในภาพประกอบ 40 อัตราผลตอบแทน แสดงในภาพประกอบ 41 และระยะเวลาคืนทุน แสดงในภาพประกอบที่ 42 จากผลการวิเคราะห์ทางการเงินเพื่อหาราคาไบโอดีเซลจากน้ำมันสุญุดำดิบ พบว่ากรณีที่ 6 เป็นกรณีที่เหมาะสมในการกำหนดราคาของไบโอดีเซล โดยที่ผลตอบแทนการลงทุนมีค่าเท่ากับ 171.84% มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 75,498.24 บาท และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 0.58 ปี โดยที่ราคาไบโอดีเซลที่เหมาะสมคือ 22 บาท และควรต่ำกว่าราคาน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล



ภาพประกอบ 40 แสดงมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)



ภาพประกอบ 41 แสดงอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)



ภาพประกอบ 42 แสดงระยะเวลาคืนทุน (Payback Period ; PB)

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาและออกแบบการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบูดำดิบโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน และการให้ความร้อนในการทำปฏิกิริยาโดยคลื่นไมโครเวฟ และศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ได้แก่ อัตราส่วนของน้ำมันต่อเมธานอล ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา และระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา คุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ได้ และการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 ผลการศึกษาปัจจัยต่างที่มีผลกระทบต่อการผลิตไบโอดีเซล

5.1.1.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับน้ำมันสบูดำดิบคือ 5 : 1 ถ้าเพิ่มอัตราส่วนของน้ำมันต่อเมธานอลเป็น 4 : 1 ปริมาณไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นจะมีค่าลดลง เนื่องจากปริมาณเมธานอลที่มากเกินไปจะทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาเจือจาง

5.1.1.2 ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมคือ 1.00 % โดยน้ำหนัก เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยามากเกินกว่าค่าที่เหมาะสมจะทำให้ปริมาณการเกิดไบโอดีเซลลดลง เนื่องจากปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่มากเกินไปจะทำให้ปริมาณการเกิดไบโอดีเซลลดลง

5.1.1.3 ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมคือ 8 นาที ถ้าใช้เวลาในการทำปฏิกิริยามากขึ้นจะทำให้ปริมาณการเกิดไบโอดีเซลลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เป็นปฏิกิริยาที่ย้อนกลับได้

5.1.1.4 อุณหภูมิในการให้ความร้อนน้ำมันที่เหมาะสมคือ 59-61 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิต่ำการเกิดไบโอดีเซลจะเกิดน้อย และการเกิดไบโอดีเซลจะต่ำที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของเมธานอล (64.7 องศาเซลเซียส) มาก ๆ จะทำให้การเกิดไบโอดีเซลลดลง เนื่องจากการระเหยของเมธานอล

5.1.1.5 การให้ความร้อนแก่น้ำมันโดยใช้ตู้อบไมโครเวฟที่เหมาะสมคือ ที่ปุ่มการใช้พลังงานสูงสุด high อุณหภูมิอยู่ที่ 61 องศาเซลเซียสในระยะเวลา 140 วินาที หลังจากนั้น 4 นาที อุณหภูมิจะลดลง 2 องศาเซลเซียส อยู่ที่ 59 องศาเซลเซียส เริ่มให้พลังงานตู้อบไมโครเวฟ 10 วินาที อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส อยู่ที่ 61 องศาเซลเซียส ซึ่งตู้อบไมโครเวฟมีปุ่มให้เลือกเวลาและความร้อน ทำให้ง่ายและสะดวกในการควบคุม

สภาวะการผลิตไบโอดีเซลที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนของน้ำมันต่อเมทานอล 5 : 1 ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมคือ 1.00 % โดยน้ำหนัก ระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 8 นาที อุณหภูมิในการให้ความร้อนน้ำมัน 59-61 องศาเซลเซียส ผลได้ของไบโอดีเซลเท่ากับ 97.6 % และผลได้ของกลีเซอรินเท่ากับ 42.3 % มีการสูญเสียในขั้นตอนการผลิตเท่ากับ 1.1 %

5.1.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซล

ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านเชิงกล และทางกายภาพของน้ำมันสบู่ดำดิบและไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำดิบ สภาวะการผลิตไบโอดีเซลที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนของน้ำมันต่อเมทานอล 5 : 1 ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมคือ 1.00 % โดยน้ำหนัก ระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 8 นาที อุณหภูมิในการให้ความร้อนน้ำมัน 59-61 องศาเซลเซียส พบว่าน้ำมันสบู่ดำดิบเมื่อผ่านกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ทำให้คุณสมบัติทางด้านเชิงกลและทางกายภาพดีขึ้น ซึ่งคุณสมบัติต่าง ๆ ใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล โดยมีค่าความหนืดอยู่ที่ 4.0 เซนติสโตก จุดเทตว์ 9 องศาเซลเซียส ค่าความร้อน 42.00 กิโลจูลต่อกรัม ค่าความถ่วงจำเพาะ 0.82 และจุดขุ่นตัว 12 องศาเซลเซียส

5.1.3 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำด้วยคลื่นไมโครเวฟในระดับครัวเรือน โดยสภาวะการผลิตไบโอดีเซลที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนของน้ำมันต่อเมทานอล 5 : 1 ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมคือ 1.00 % โดยน้ำหนัก ระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 8 นาที อุณหภูมิในการให้ความร้อนน้ำมัน 59-61 องศาเซลเซียส ผลได้ของไบโอดีเซลเท่ากับ 97.6 % และผลได้ของกลีเซอรินเท่ากับ 42.3 %

5.1.3.3 กรณีคิดราคากลิเซอริน

ผลตอบแทนการลงทุนมีค่าเท่ากับ 1,126.95% มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 523,593.55 บาท และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 0.09 ปี ราคาไบโอดีเซลที่เหมาะสมคือ 22 บาท และควรต่ำกว่าราคาน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล

5.1.3.4 กรณีไม่คิดราคากลิเซอริน

ผลตอบแทนการลงทุนมีค่าเท่ากับ 593.59% มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 273,359.63 บาท และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 0.17 ปี ราคาไบโอดีเซลที่เหมาะสมคือ 22 บาท และควรต่ำกว่าราคาน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ไม่ควรทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของเมธานอล เพราะจะทำให้เกิดการสูญเสียเมธานอลในระหว่างทำปฏิกิริยาเป็นผลให้ปริมาณของเมธานอลลดลง และผลได้ของไบโอดีเซลลดลงด้วย ถ้ามีความจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของเมธานอลควรใช้แอลกอฮอล์ชนิดอื่นที่มีจุดเดือดสูง

5.2.2 ในการหมวนนํ้ามันสบู่ดำดิบโดยใช้อากาศในขณะทำปฏิกิริยาควรทำการหมวนให้พอเหมาะโดยการเปิดวาล์วหมวนเพียงเล็กน้อย ถ้าเปิดวาล์วมากไปจะทำให้เกิดสบู

5.2.3 ควรมีการศึกษาเรื่องการทดสอบการใช้ไบโอดีเซลจากนํ้ามันสบู่ดำโดยกระบวนการ ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน กับเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล

5.2.4 กากที่เหลือจากการหีบนํ้ามันใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีธาตุอาหารหลัก NPK (ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โพแทสเซียม, 4.40 : 2.09 : 1.68) มากกว่าปุ๋ยหมักและมูลสัตว์หลายชนิด หรือใช้เป็น วัสดุเติมในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งได้

5.2.5 กรณีฤดูที่ไม่มีผลผลิตจากสบู่ดำ สามารถใช้เครื่องนี้ผลิตไบโอดีเซล จากนํ้ามันพืชที่ใช้ แล้ว หรือนํ้ามันจากพืชอื่น ๆ ได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กนกอร วจนาภิจ. (2546). การนำเมทิลเอสเทอร์ ของไขมันปาล์มบริสุทธิ์ และเอทิลเอสเทอร์ ของน้ำมันมะพร้าวไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ถ่ายเอกสาร.
- กรมวิชาการเกษตร.(2525).ผลการวิจัยค้นคว้าการใช้ไขมันสบู่ดำเป็นพลังงานทดแทนเครื่องยนต์ ดีเซล.กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์กรมวิชาการเกษตร.
- กรมส่งเสริมการเกษตร.(2549).แบบการก่อสร้างเครื่องมือการผลิตน้ำมันสบู่ดำระดับเกษตรกร. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กรมส่งเสริมการเกษตร.(2549).สบู่ดำพืชพลังงานทดแทน.กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- เกษมศรี ศรีสันต์. (2545). การศึกษาความเป็นได้ในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม. วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต.(เศรษฐศาสตร์).กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง.ถ่ายเอกสาร.
- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.(2549).เอกสารประกอบการบรรยายพลังงานทดแทน"ไบโอดีเซล". สงขลา. โรงพิมพ์ สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและน้ำมันพืช.
- สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม.(2549).เอกสารประกอบหลักสูตรการผลิตไบโอดีเซล. นครราชสีมา. อนุตร จำลองกุล. (2546).การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ไขมันปาล์มไบโอดีเซล. โครงการวิจัยวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ปทุมธานี: คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.
- อัญชญา ยอดเรืองวงศ์. (2545). คุณสมบัติของเชื้อเพลิงดีเซลชีวภาพจากน้ำมันพืชดิบ โดยกระบวนการ ทรานส์เอสเตอร์ฟิเคชัน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. (สาขาวิศวกรรม พลังงาน). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.ถ่ายเอกสาร.
- ASTM,(1993).Standard test method for flash point. ASTM Fire Test Standards, Forth Edition.Designation:D93.
- ASTM,(1994).Standard test method for pour point of petroleum products. Designation:D97. Annual Book of ASTM Standard. Vol.5.01.pp.63.

- ASTM,(1994).Standard test method for heat of combustion of liquid hydrocarbon fuels by bomb calorimeter. Designation:D240. Annual Book of ASTM Standard. Vol.5.01. pp.117.
- ASTM,(1994).Standard test method for density,relative density (specific gravity), or API gravity of crude – petroleum and liquid petroleum products by hydrometer method. Designation:D128. Annual Book of ASTM Standard. Vol.5.01.pp.449.
- ASTM,(1994).Standard test method for cloud point of petroleum products.Designation: D2500. Annual Book of ASTM Standard. Vol.5.01. pp.852.
- Canakci M.,Gripen Van J.(1999)."Biodiesel Production Via Acid Catalyst".*American Society of Agricultural Engineers*. Vol.42. pp.1203 – 1210.
- Edward A.B.(2001)."Biodiesel Production from crude Oil and Evaluation of Butanol Extraction and Fuel Properties'. *Journal of Food Engineering*.Vol.48.pp.1-6.
- Freeman B. and Pryde E.H. (1982). "Fatty Esters From Vegetable Oils for Use as a Diesel Fuel". *Vegetable Oil Fuels*. Vol.77.pp. 117-122.
- Hassett D.J. and Hasan R.A.(1982). "Sunflower Oil Methyl Ester as Diesel Fuel". *Vegetable Oil Fuels*. Vol.77. pp. 123-126.
- Kusy F.Paul Manager,Organic Materials Research, Deere and Company Moline, Illinois. (1982) "Transesterification of Vegetable Oils for Fuels". *Vegetable Oil Fuels*. Vol.77.pp.127-133.
- Leland,t.Blank.,and Anthony.J.Tarquin.(1998).*Engineering Economics*. Singapore: McGraw-Hill Companies.
- Ma F.,Clements L.D. and Hanna M.A.(1998). "The Effects of Catalyst,Free Fatty Acids, and Water on Transesterification of Beef Tallow".*American Society of Agricultural Engineers*. Vol.41.pp.1261-1265.
- P.Chitra,P.Venkatachalam and A.Sampathrajan.(2005,September) "Optimisation of experimental conditions for biodiesel production from alkali-catalysed transesterification of *Jatropha curcas* oil".*Energy for Sustainable Development*.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วิธีการคำนวณหากรดไขมันอิสระ

ผลการทดสอบส่วนประกอบของกรดไขมันของน้ำมันสุญุดำ

แบบ วศ.1



รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง
น้ำมันสุญุดำ

เครื่องหมาย / ตรา

หมายเลขปฏิบัติการ
YY.979

ผลการทดสอบ

ส่วนประกอบของกรดไขมัน	ร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด
กรดไมริสติก	0.04
กรดปาล์มมิติก	13.8
กรดปาล์มมิโกลิอิก	0.6
กรดสเตียริก	6.3
กรดโอเลอิก	44.4
กรดไลโนเลอิก	34.0
กรดไลโนลินิก	0.1
กรดอาราซิก	0.2
อื่นๆ	0.56

ชื่อผู้ให้บริการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 ที่อยู่ผู้ให้บริการ 1669/538 ซอยสรณคมณ์ ถนนสรองประชา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพฯ 10210
 ลักษณะตัวอย่าง เป็นเหลวใส สีเหลือง
 วันที่ทดสอบ 26 พฤศจิกายน 2549
 วิธีทดสอบ In-house method based on AOAC (2005) 969.33

ผู้รับรอง

ผู้รายงาน

(นางบังอร บุญชู)

นักวิทยาศาสตร์ 8 ว

(นางวิภาวรรณ ศรีบุญ)

นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
 ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร
 กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 ถนนพระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 ประเทศไทย

หน้า 2/2

ตาราง 19 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันสบูดำ

ชนิดกรดไขมันอิสระ	มวลโมเลกุล	%ที่พบ
กรดไขมันอิ่มตัว		
ไมริสติก (Myristic acid)	228	0.04
ปาล์มมิติก (Palmitic acid)	256	13.80
สเตียริก (Stearic acid)	284	6.30
อะราไคติก (Arachidic acid)	312	0.20
กรดไขมันไม่อิ่มตัว		
ปาล์มมีโตเลอิก (Palmitoleic acid)	254	0.60
โอเลอิก (Oleic acid)	282	44.40
ไลโนเลอิก (Linoleic acid)	280	34.00
ไลโนเลนิก (Linolenic acid)	278	0.10

1. การคำนวณมวลโมเลกุลของน้ำมันสบู่ดำ

จากตาราง 19 สามารถนำมาหามวลโมเลกุลของกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ของน้ำมันสบู่ดำได้ดังนี้

มวลโมเลกุลของกรดไขมันอิสระเฉลี่ย

$$= \sum_{i=1}^n \frac{\text{มวลโมเลกุลกรด} \times \text{เปอร์เซ็นต์ที่พบ}}{\text{เปอร์เซ็นต์ของกรดรวมทั้งหมด}}$$

$$= \frac{(228 \times 0.04) + (228 \times 0.04) + (228 \times 0.04) + (228 \times 0.04) + (228 \times 0.04) + (228 \times 0.04) + (228 \times 0.04) + (228 \times 0.04)}{99.44}$$

$$= 277.71$$

2. การคำนวณหาค่ากรดไขมันอิสระ

คำนวณค่ากรดและปริมาณกรดไขมันอิสระจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิสระ} = \frac{M_w b}{100 W}$$

เมื่อ M_w คือ มวลโมเลกุลของกรดไขมันอิสระเฉลี่ย

b คือ จำนวนปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต(มิลลิกรัม)

W คือ น้ำหนักของน้ำมันที่นำมาไตเตรต(กรัม)

$$\begin{aligned} \text{ครั้งที่ 1} \quad \text{เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิสระ} &= \frac{277.71 \times 4.0}{100 \times 2.5} \\ &= 4.44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ครั้งที่ 2} \quad \text{เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิสระ} &= \frac{277.71 \times 4.5}{100 \times 2.5} \\ &= 4.99 \end{aligned}$$

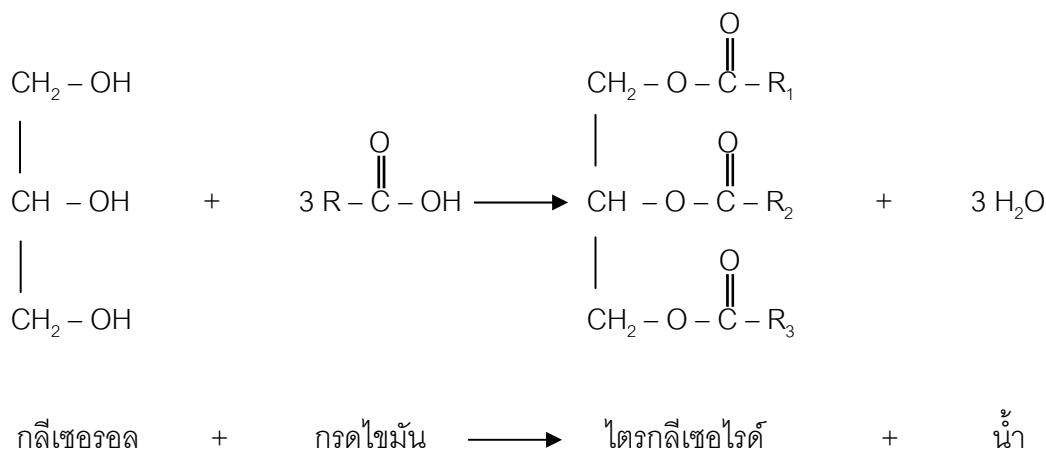
$$\begin{aligned}\text{ครั้งที่ 3} \quad \text{เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิสระ} &= \frac{277.71 \times 4.0}{100 \times 2.5} \\ &= 4.44\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ครั้งที่ 4} \quad \text{เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิสระ} &= \frac{277.71 \times 5.0}{100 \times 2.5} \\ &= 5.55\end{aligned}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิสระเฉลี่ย} = 4.85$$

3. การคำนวณมวลโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันสบู่ดำ

ไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันสบู่ดำเป็นโมเลกุลที่เกิดจากกรดไขมัน 3 โมเลกุลรวมกับกลีเซอรอล 1 โมเลกุล ผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ ไตรกลีเซอไรด์ 1 โมเลกุลกับน้ำ 3 โมเลกุล แสดงดังภาพประกอบ 43



ภาพประกอบ 43 แสดงปฏิกิริยาระหว่างกลีเซอรอลและกรดไขมัน

น้ำมันพืชแต่ละชนิดจะมีมวลโมเลกุลแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืช ในตาราง 19 แสดงองค์ประกอบของน้ำมันสบู่ดำ

จากสมการการผลิตไตรกลีเซอไรด์ดังภาพประกอบ 43 สามารถหามวลโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ได้ดังนี้

กำหนดให้มวลโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์	=	X
มวลโมเลกุลของกลีเซอรอล	=	92
มวลโมเลกุลของกรดไขมันอิสระเฉลี่ย	=	277.71
มวลโมเลกุลของน้ำ	=	18

สมมูลมวล

$$\begin{aligned}
 &\text{มวลสารตั้งต้น} = \text{มวลผลิตภัณฑ์} \\
 \text{จะได้ } 92 + (3 \times 277.71) &= X + (3 \times 18) \\
 X &= 871.3 \\
 \text{มวลโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันสบู่ดำ} &= 871.3
 \end{aligned}$$

การเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันคือ ปฏิกิริยาแตกพันธะของเอสเทอร์ ด้วยแอลกอฮอล์ โดยมีกรด (Acid) หรือเบส (Alkali) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ผลิตภัณฑ์ ที่ได้คือ เอสเทอร์ และกลีเซอรินในทางทฤษฎีการเกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์จะต้องใช้อัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์กับน้ำมันเป็น 3 : 1 แอลกอฮอล์ที่ใช้ คือ เมทานอล (CH_3OH)

จากอัตราส่วนโดยโมลของแอลกอฮอล์กับน้ำมันเป็น 3 : 1

จะได้ มวลโมเลกุลของแอลกอฮอล์ : มวลโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์น้ำมันสบู่ดำ

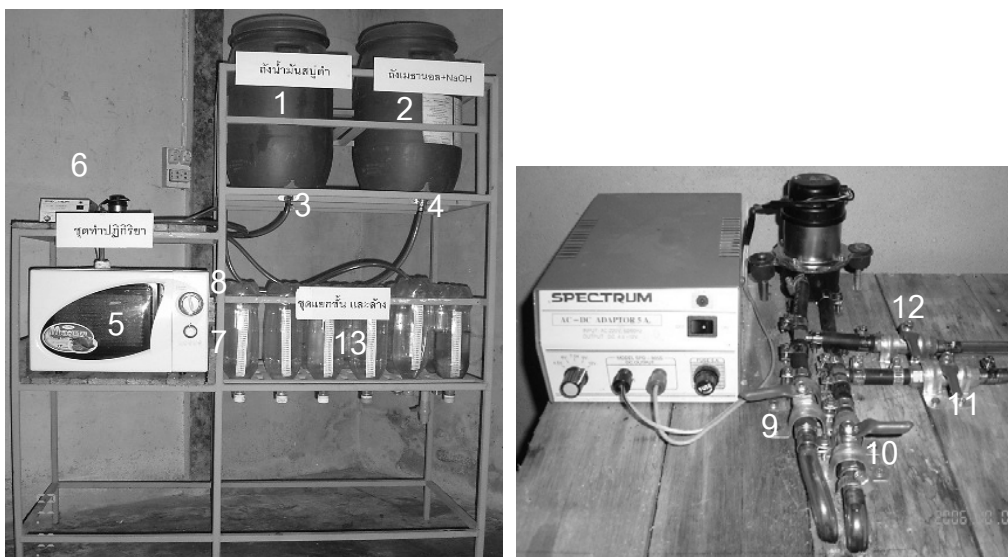
$$3 (\text{CH}_3\text{OH}) : 871.3$$

$$96 : 871.3$$

$$1 : 9$$

แต่ในการทดลองใช้อัตราส่วนมวลโมเลกุลของแอลกอฮอล์ : มวลโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ น้ำมันสบู่ดำเป็น 1 : 5 ปริมาณแอลกอฮอล์มากกว่าทางทฤษฎี แสดงว่าแอลกอฮอล์เพียงพอในการทำปฏิกิริยา

4. ขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับเครื่องผลิตไบโอดีเซล



- 4.1 เติมน้ำมันสุญุดำลงในถังหมายเลข 1 จำนวน 18 ลิตร
- 4.2 เติมสารละลายเมธิลไฮดรอกไซด์ลงในถังหมายเลข 2 จำนวน 3.6 ลิตร
- 4.3 เปิดวาล์วหมายเลข 3 ปล่อยน้ำมันสุญุดำลงในถังปฏิกรณ์หมายเลข 5 จำนวน 1 ลิตร
- 4.4 เสียบปลั๊กไมโครเวฟและบิดปุ่มเลือกหมายเลข 7 ไปตำแหน่ง High
- 4.5 บิดปุ่มเลือกเวลาหมายเลข 8 ไปตำแหน่ง 2.5 นาที เครื่องไมโครเวฟจะทำงานจนปุ่มตั้งเวลาลดลงไปที่ตำแหน่ง 0 จะมีเสียงดังกริ่ง
- 4.6 เปิดวาล์วหมายเลข 4 ปล่อยสารละลายเมธิลไฮดรอกไซด์ลงในถังปฏิกรณ์หมายเลข 5 จำนวน 0.2 ลิตร แล้วปิดวาล์วหมายเลข 4
- 4.7 เปิดวาล์วหมายเลข 9 และ 11 ส่วนหมายเลข 10 และ 12 ปิดอยู่
- 4.8 เปิดสวิตช์หมายเลข 6 ให้ปั๊มทำงาน
- 4.9 เมื่อเวลาผ่านไป 4 นาที บิดปุ่มเวลาหมายเลข 8 ให้ทำงาน 10 วินาที แล้วปิด
- 4.10 หลังจากนั้นอีก 4 นาที ปิดสวิตช์ปั๊มหมายเลข 6 ปิดวาล์วหมายเลข 9 และ 11 เปิดวาล์วหมายเลข 10 และ 12 และเปิดสวิตช์หมายเลข 6 ปั๊มน้ำมันมายังถังแยกหมายเลข 13 และปิดวาล์วหมายเลข 10 และ 12
- 4.11 ทำซ้ำจากข้อ 3.3 ถึง 3.10 แล้วดูน้ำมันที่ทำปฏิกิริยามายังถังปฏิกรณ์หมายเลข 5 ถึงที่ 2 และทำซ้ำจนได้ครบ 18 ถัง
- 4.12 คลายเกลียวฝาถังแยกออก 3/4 รอบ ปล่อยกลีเซอรอลขึ้นข้างล่างลงถังรองรับจนกลีเซอรอลขึ้นเกลียวกลับให้แน่น

- 4.13 ล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำสะอาด โดยการเติมน้ำลงในถังแยกชั้นหมายเลข 13 จำนวน 0.25 ลิตรจนครบ 18 ถัง แล้วเปิดวาล์วหมายเลข 11 และ 12 เปิดปั๊มอากาศลงในถังแยก หมายเลข 13 ถึงละ 5 นาที จนครบ 18 ถัง
- 4.14 คลายเกลียวฝาถังแยกหมายเลข 14 ออก 3/4 รอบเพื่อปล่อยน้ำออก เมื่อน้ำหมดให้ขัน เกลียวกลับให้แน่น ทำการล้างไบโอดีเซลซ้ำ 5-6 ครั้ง
- 4.15 คลายเกลียวฝาถังแยกหมายเลข 14 ออก เพื่อปล่อยไบโอดีเซลลงถังรองรับ แล้วนำไป ไล่ความร้อนที่ 120 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 นาที ปล่อยไบโอดีเซลให้เย็นแล้ว นำไปใช้งาน

5. กำลังการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันและให้ ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

กำลังการผลิตของเครื่อง คำนวณระยะเวลาในการผลิตไบโอดีเซลตามขั้นตอนรวมกันต่อลิตร แล้ว นำมาคิดเป็นลิตรต่อชั่วโมง หรือลิตรต่อปี

เวลาที่ให้ความร้อน	140 วินาที/ลิตร/Batch
เวลาทำปฏิกิริยา	480 วินาที/ลิตร/Batch
เวลาที่สูบน้ำมันเข้าถัง	60 วินาที/ลิตร/Batch
เวลาที่สูบน้ำมันไปยังถังแยก	60 วินาที/ลิตร/Batch
รวมเวลา	740 วินาที/ลิตร/Batch หรือ 12 นาที/ 1 ลิตร/Batch
กำลังการผลิต	5 ลิตร/ชั่วโมง หรือ 40 ลิตร/วัน หรือ 14,600 ลิตร/ปี

5. วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซล

ลำดับที่	รายการวัสดุ	จำนวน	ราคา/หน่วย (บาท)	ราคารวม (บาท)
1	เหล็กกล่องขนาด 3/4 นิ้ว X 3/4 นิ้ว	4 เส้น	150	600
2	ถังที่ใช้บรรจุสารเคมี	2 ถัง	200	400
3	ไมโครเวฟ	1 เครื่อง	1,900	1,900
4	วาล์วของเหลือ 1/4 นิ้ว	6 ตัว	50	300
5	ปั้มน้ำมัน	1 ตัว	900	900
6	หม้อแปลงไฟฟ้า	1 ตัว	600	600
7	สายยาง	5 เมตร	20	100
8	ค่าจ้าง			800
	รวมเป็นเงินทั้งสิ้น			5,500

6. การเปรียบเทียบระหว่างเครื่องผลิตไบโอดีเซลที่ผลิตขึ้นกับเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบอื่น

ลำดับที่	รายการ	เครื่องที่ผลิต	เครื่องแบบอื่น
1	ขนาดความจุ	40 ลิตร/วัน	50 ลิตร/วัน
2	กำลังไฟฟ้า	1,160 วัตต์	3,000 วัตต์
3	ชนิดของแหล่งความร้อน	ไมโครเวฟ	ฮีทเตอร์
4	ราคาเครื่อง	5,500 บาท	45,000 บาท

ภาคผนวก ข

หนังสือรับรองการยอมรับผลงานปริญญานิพนธ์เพื่อตีพิมพ์

นว 69/1

หนังสือรับรอง การยอมรับผลงานปริญญานิพนธ์เพื่อตีพิมพ์

ข้าพเจ้า... นายทวารัฐ สุธะบุตร... ตำแหน่ง... ผู้อำนวยการสำนักบริหารศิลปวัฒนธรรม
สถานที่ทำงาน... สำนักงานปลัดกระทรวงวัฒนธรรม... โทรศัพท์... 0-2550-14550

ขอรับรองว่า (ชื่อนิสิต) นายชานนท์ โพธิ์เจริญ... สาขาวิชา... ศึกษาศาสตร์
ระดับปริญญา... มหามบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มีผลงานปริญญานิพนธ์ หรือส่วนหนึ่งของผลงาน
ปริญญานิพนธ์ ได้รับการยอมรับให้ตีพิมพ์และเผยแพร่ได้

- ☐ * ได้ตีพิมพ์แล้วในวารสาร/สิ่งพิมพ์ทางวิชาการ ชื่อ...
ฉบับที่... ปีที่... พ.ศ. ...
☒ ** จะตีพิมพ์ในวารสาร/สิ่งพิมพ์ทางวิชาการชื่อ... Faculty Plus
ฉบับที่... 14... ปีที่... พ.ศ. 2550

ลงนาม... (นายทวารัฐ สุธะบุตร)
ตำแหน่ง... ผู้อำนวยการสำนักบริหารศิลปวัฒนธรรม
วันที่... 20 / 1 / 2550

ประทับตรา (ถ้ามี)

เรียน คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ข้าพเจ้า (นิสิต) นายชานนท์ โพธิ์เจริญ... สาขาวิชา... ศึกษาศาสตร์
ระดับปริญญา... มหามบัณฑิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขอส่งหนังสือรับรองนี้เพื่อประกอบการพิจารณา
ขอสำเร็จการศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ลงชื่อ... (นิสิต)
ลงชื่อ...
(ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์)
ลงชื่อ...
(ประธานกรรมการบริหารหลักสูตร)
วันที่... 24 / 1 / 2550

- * กรณีได้รับการตีพิมพ์แล้วให้นิสิตสำเนางานที่ได้ตีพิมพ์หรือนำวารสารที่พิมพ์นั้นส่งแนบมาด้วย
- ** กรณีที่ได้รับการยอมรับเพื่อจะตีพิมพ์ให้นิสิตสำเนางานที่จะได้รับการตีพิมพ์นั้นส่งแนบมาด้วย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	ชานนท์ โพธิ์เจริญ
วันเดือนปีเกิด	26 กันยายน 2508
สถานที่เกิด	20 หมู่ 9 ตำบลบางอ้อ อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	60 หมู่ 3 ตำบลดอนทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	นักวิทยาศาสตร์ 5
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักงานพลังงานภูมิภาคที่ 9 สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน 80 หมู่ 3 ตำบลมะขามสูง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2524	มัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนนายกวัดนากร(วัดเลขธรรมกิตติ์)
พ.ศ.2527	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ จากวิทยาลัยเทคนิคนครนายก
พ.ศ.2529	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากวิทยาลัยเทคนิคนครนายก
พ.ศ.2539	ปริญญาตรี อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต