

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการย่อยที่ 4 เรื่อง

การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ

BIODIESEL FROM JATROPA OIL

๒๑ ส.ค. ๒๕๕๒



ชุดโครงการวิจัย เรื่อง

การใช้สบู่ดำเพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทน

**A USE OF CURCAS SEED AND CURCAS OIL AS ALTERNATIVE
FUELS**

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธิพันธ์ ท่อแก้ว

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สนิศุภา จุ้ยจุลเจิม

ผู้ร่วมโครงการ

พฤษภาคม ๒๕๕๑

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากการสนับสนุนและการร่วมมือเป็นอย่างดีจาก บุคคลและเจ้าหน้าที่ภายในภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มศว. องค์กรฯ ตลอดจน ขอขอบคุณ นิสิตช่วยงานวิจัยและผู้ช่วยวิจัยที่ได้ทุ่มเททั้งร่างกายและแรงใจในการทำงานวิจัยนี้จน สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผ.ศ. วีระศักดิ์ สามิ ที่ให้เสียสละเวลา ตลอดจนคณะเภสัชศาสตร์ที่ได้ให้ ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องวิเคราะห์ FTIR

ขอขอบมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัย ตลอดจน เจ้าหน้าที่ฝ่ายวิจัยของมหาวิทยาลัยที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และให้คำแนะนำในการจัดทำงานวิจัยนี้ เป็นอย่างดี

ผศ. ดร. สิทธิพันธ์ ท่อแก้ว

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูป	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ภูมิหลัง	1
1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 แผนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ชนิดน้ำมันพืช	4
2.2 น้ำมันสบู่ดำ	6
2.3 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน	8
2.4 ผลของตัวแปรต่อปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน	10
2.5 ความรู้เบื้องต้น ไมโครเวฟ	13
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	17
3.1 อุปกรณ์	17
3.2 สารเคมี	17
3.3 วิธีการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการทดลอง และ อภิปรายผล	22
4.1 สมบัติกายภาพของน้ำมันสบู่ดำ	22
4.2 การสังเคราะห์ไบโอดีเซล	23
4.3 สมบัติทางกายภาพของน้ำมัน ไบโอดีเซล	28
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุปผลการทดลอง	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	35
เอกสารอ้างอิง	36
ประวัติคณะผู้วิจัย	38

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันพืชชนิดต่างๆ	4
2.2 องค์ประกอบของกรดไขมันและผลผลิตของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ	5
2.3 สมบัติทางกายภาพของน้ำมันชนิดต่างๆ	6
2.4 สมบัติของน้ำมันสบู่ดำและดีเซลหมุนเร็ว	7
3.1 สภาพะในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลโดยใช้ KOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	19
4.1 สมบัติกายภาพของน้ำมันสบู่ดำ	22
4.2 สมบัติของไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบไมโครเวฟที่อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลต่างๆ	29
4.3 สมบัติของไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบไมโครเวฟที่เวลาต่างๆ	29
4.4 สมบัติของไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบไมโครเวฟที่อัตราส่วน KOH ต่างๆ	30
4.5 สมบัติของไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบไมโครเวฟที่กำลังไฟต่างๆ	30
4.6 สมบัติของไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบทั่วไปที่อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลต่างๆ	31
4.7 สมบัติของไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบทั่วไปที่เวลาต่างๆ	31
4.8 สมบัติของไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบทั่วไปที่อัตราส่วน KOH ต่างๆ	32
4.9 สมบัติของไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบทั่วไปที่อุณหภูมิต่างๆ	32

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพต้นสบู่ดำและเมล็ด	7
2.2 ปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างน้ำมันพืชกับเมทานอล	8
2.3 กลไกการเกิดปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์	7
2.4 กระบวนการผลิต ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์	10
2.5 กลไกการเกิดปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันด้วยเบส	11
2.6 กลไกการเกิดปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันด้วยกรด	11
2.7 การให้ความร้อน (ก) แบบธรรมดา และการให้ความร้อน (ข) แบบไมโครเวฟ	14
2.8 ปฏิกริยาของ (ก) สารไอออนิก และ (ข) โมเลกุลมีขั้ว ต่อคลื่น ไมโครเวฟ	14
3.1 ชุดสังเคราะห์ไบโอดีเซลโดยใช้แหล่งความร้อนเป็น (ก) ไมโครเวฟ และ (ข) แบบทั่วไป	18
4.1 FTIR น้ำมันสบู่ดำดิบ	23
4.2 ภาพของ (ก) น้ำมันสบู่ดำดิบ (ข) การแยกชั้น และ (ค) การล้างน้ำ	24
4.3 ผลของอัตราส่วน โดยโมลของน้ำมันต่อเมทานอลต่อค่าคอนเวอร์ชัน เมื่อใช้แหล่งความร้อนเป็นไมโครเวฟและแบบทั่วไปของน้ำมันสบู่ดำ	24
4.4 ผลของอัตราส่วน KOH ต่อค่าคอนเวอร์ชัน เมื่อให้ความร้อนแบบไมโครเวฟและแบบทั่วไปของน้ำมันสบู่ดำ	25
4.5 ผลของเวลาในการทำปฏิกริยาต่อค่าคอนเวอร์ชันในการให้ความร้อนแบบไมโครเวฟและแบบทั่วไปของน้ำมันสบู่ดำ	26
4.6 ผลของกำลังไฟต่อค่าคอนเวอร์ชันในการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟของน้ำมันสบู่ดำ	27
4.7 ผลของอุณหภูมิต่อค่าคอนเวอร์ชันเมื่อให้ความร้อนแบบทั่วไปของน้ำมันสบู่ดำที่อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน เวลาในการทำปฏิกริยา 20 นาที	28
4.8 FTIR ของไบโอดีเซลตัวอย่างสังเคราะห์จากน้ำมันสบู่ดำ เมื่ออัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอล 1 ต่อ 6 เวลาในการทำปฏิกริยา 20 นาที กำลังไฟ 90 วัตต์ ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักน้ำมัน	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.9	โครมาโตแกรมของไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำที่สังเคราะห์โดยใช้ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน ที่อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอล เป็น 1 ต่อ 6 เมื่อใช้แหล่งความร้อนแบบทั่วไปที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที	34



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ทั่วโลกประสบปัญหาทางด้านพลังงานจากการเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมันดิบและน้ำมันสำเร็จรูป ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากน้ำมันของซากพืชซากสัตว์ ซึ่งได้มีการประมาณไว้ว่าน้ำมันดิบสำหรับทั้งหมดจะสามารถใช้ได้ก็เพียง 50 ปีข้างหน้า ดังนั้นทั่วโลกจึงจำเป็นต้องพัฒนาหาแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงในรูปแบบอื่น เช่น พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานลม พลังงานจากแสงอาทิตย์ และพลังงานชีวมวล แต่จากการสำรวจการใช้พลังงานเชื้อเพลิงพบว่า มีการใช้เชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งภายในประเทศ ประมาณ 60% ของพลังงานเชื้อเพลิงทั้งหมด ดังนั้นการพัฒนาเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันจึงมีความจำเป็น เชื้อเพลิงที่สามารถใช้ทดแทนน้ำมันพืชหรือไบโอดีเซลทดแทนน้ำมันดีเซล

จากงานวิจัยต่างๆ พบว่า ไบโอดีเซลที่ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างน้ำมันพืชกับเมทานอลหรือเอทานอล โดยใช้กรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ให้เปอร์เซ็นต์ผลได้ที่ดี โดยสามารถทำได้ที่อุณหภูมิค่า อัตราส่วนระหว่างน้ำมันพืชต่อแอลกอฮอล์ประมาณ 1 ต่อ 4 ถึง 1 ต่อ 6 แต่จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาอย่างต่ำ 30 นาที เพื่อให้ได้ไบโอดีเซลประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเพื่อลดระยะเวลาในการสังเคราะห์ ไบโอดีเซล สามารถทำได้โดยการใช้แหล่งความร้อนที่เป็นคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งสามารถใช้ระยะเวลาในการสังเคราะห์สั้น และให้ผลผลิตที่ดี

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างน้ำมันสบู่ดำกับเมทานอลเมื่อใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำมันสบู่ดำและเมทานอล เวลาในการสังเคราะห์ อัตราส่วนระหว่างน้ำมันและตัวเร่งปฏิกิริยา (ด่าง) และแหล่งความร้อนแบบทั่วไปและคลื่นไมโครเวฟ

ความสำคัญของการวิจัย

โครงการนี้จึงนำเสนอกระบวนการสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำและเมทานอล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นด่าง และเปรียบเทียบแหล่งความร้อนระหว่างการให้ความร้อนด้วยวิธีปกติกับการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำมันสบู่ดำและเมทานอล เวลาในการ

สังเคราะห์ อัตราส่วนระหว่างน้ำมันและตัวเร่งปฏิกิริยา (ค่า) ซึ่งส่งผลต่อสมบัติกายภาพของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

น้ำมันจากสบู่ดำที่ใช้ในการทดลองจะบีบอัดมาจากผลสบู่ดำที่ได้จากจังหวัดชัยนาท โดยใช้เครื่องบีบอัดที่มีอยู่ในภาควิชาหรือเครื่องบีบอัดแบบสกรูที่จะจัดทำในภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ น้ำมันที่ได้จะนำมาหาองค์ประกอบทางเคมี คือชนิดและปริมาณกรดไขมัน ค่าไอโอดีน และคุณสมบัติทางกายภาพในแง่เชื้อเพลิง เช่น ค่าความหนืด ค่าความร้อนเชื้อเพลิง จุดวาบไฟ จุดไหลเท

ไบโอดีเซลสังเคราะห์จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอร์ฟิเคชันระหว่างน้ำมันสบู่ดำและเมทานอล ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้คือ KOH ผลของปัจจัยต่างที่ศึกษาคือ อัตราส่วนระหว่างอัตราส่วนระหว่างน้ำมันสบู่ดำและเมทานอลทำการทดลองระหว่าง 1 ต่อ 3 ถึง 1 ต่อ 9 เวลาในการสังเคราะห์ ตั้งแต่ 0 ถึง 2 ชั่วโมง และ 0 ถึง 30 นาที สำหรับแหล่งความร้อนทั่วไปและแหล่งความร้อนที่เป็นไมโครเวฟ อัตราส่วนระหว่างน้ำมันและตัวเร่งปฏิกิริยา (ค่า) เป็น 0.1 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก น้ำมัน และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาสำหรับแหล่งความร้อนทั่วไป ตั้งแต่ 45 ถึง 80 องศาเซลเซียส

แผนการดำเนินงาน

กิจกรรมที่ 1 การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบปกติ

- ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำมันสบู่ดำและเมทานอล เวลาในการสังเคราะห์ อัตราส่วนระหว่างน้ำมันและตัวเร่งปฏิกิริยา (ค่า) และอุณหภูมิ
- วิเคราะห์สมบัติกายภาพของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ขึ้น

กิจกรรมที่ 2 การสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยวิธีการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

- ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำมันสบู่ดำและเมทานอล เวลาในการสังเคราะห์ อัตราส่วนระหว่างน้ำมันและตัวเร่งปฏิกิริยา (ค่า)
- วิเคราะห์สมบัติกายภาพของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ขึ้น

กิจกรรมที่ 3 การสร้างเครื่องปฏิกรณ์ไบโอดีเซลด้วยวิธีการให้ความร้อนแบบปกติ

- ออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ไบโอดีเซล
- ทดสอบการทำงานและปรับปรุงเครื่องปฏิกรณ์

กิจกรรมที่ 3 การเปรียบเทียบผลการทดลองและเขียนรายงานสรุป

Topics	Expecting Results	Output	Period
กิจกรรม ที่ 1	ได้สถานะในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล โดยใช้แหล่งความร้อนทั่วไป	ได้สถานะในการสังเคราะห์ไบโอ ดีเซล โดยใช้แหล่งความร้อน ทั่วไป	เดือนที่ 4
กิจกรรม ที่ 2	ได้สถานะในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล โดยใช้แหล่งความร้อนด้วยไมโครเวฟ	ได้สถานะในการสังเคราะห์ไบโอ ดีเซล โดยใช้แหล่งความร้อนด้วย ไมโครเวฟ	เดือนที่ 8
กิจกรรม ที่ 3	ได้เครื่องปฏิกรณ์ไบโอดีเซลด้วย วิธีการให้ความร้อนแบบปกติ	ได้พิมพ์เขียว เครื่องปฏิกรณ์ไบโอ ดีเซลด้วยวิธีการให้ความร้อน แบบปกติ	เดือนที่ 11
กิจกรรม ที่ 4		รายงานฉบับสมบูรณ์	เดือนที่ 12

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง และหรือเก็บข้อมูล

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำวิจัย เริ่มตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2549 สิ้นสุดเมื่อ 30 กันยายน 2550

รวมระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินโครงการ 1 ปี

สถานที่ทำการวิจัย : ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร

รวิโรฒ องครักษ์ จ.นครนายก

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชนิดน้ำมันพืช

ในการผลิตไบโอดีเซลที่ได้จากกระบวนการเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างน้ำมันพืชหรือไขสัตว์กับแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอลหรือเอทานอล ซึ่งชนิดของไบโอดีเซลขึ้นกับชนิดของน้ำมันที่ใช้ในการผลิต สำหรับชนิดของน้ำมันพืชที่นิยมใช้ในการผลิตไบโอดีเซล ขึ้นกับภูมิภาค เช่น ในสหรัฐอเมริกา นิยมใช้น้ำมันทานตะวันหรือน้ำมันข้าวโพด ในขณะที่ประเทศแถบยุโรป นิยมใช้น้ำมัน Rapeseed หรือน้ำมันทานตะวัน เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.1 ในตารางที่ 2.2 แสดงชนิดของกรดไขมันและการเรียกชื่อกรดไขมัน ตารางที่ 2.3 แสดงสมบัติทางกายภาพของน้ำมันชนิดต่างๆ ในน้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่มีที่มีปริมาณกรดปาล์มิติก กรดโอเลอิกและกรดไลโนลิกในปริมาณ 39.5 46.0 และ 7.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และมีกำลังการผลิตสูงถึง 5000 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งให้ผลผลิตสูงสุด

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันพืชชนิดต่างๆ [Marchetti et al.,2007]

ชนิด น้ำมัน	องค์ประกอบของกรดไขมัน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)									Acid value	Phos (ppm)	Peroxide value
	16:1	18:0	20:0	22:0	24:0	18:1	22:1	18:2	18:3			
ข้าวโพด	11.67	1.85	0.24	0.00	0.00	25.16	0.00	60.60	0.48	0.11	7	18.4
เมล็ดฝ้าย	28.33	0.89	0.00	0.00	0.00	13.27	0.00	57.51	0.00	0.07	8	64.8
Crambe	20.7	0.70	2.09	0.80	1.12	18.86	58.51	9.00	6.85	0.36	12	26.5
ถั่วลิสง	11.38	2.39	1.32	2.52	1.23	48.28	0.00	31.95	0.93	0.20	9	82.7
Rapeseed	3.49	0.85	0.00	0.00	0.00	64.4	0.00	22.30	8.23	1.14	18	30.2
ถั่วเหลือง	11.75	3.15	0.00	0.00	0.00	23.26	0.00	55.53	6.31	0.20	32	44.5
ทานตะวัน	6.08	3.26	0.00	0.00	0.00	16.93	0.00	73.73	0.00	0.15	15	10.7

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของกรดไขมันและผลผลิตของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ

[www.wmrc.uiuc.edu/main_sections/tech_assist/small-scale-biodiesel.pdf]

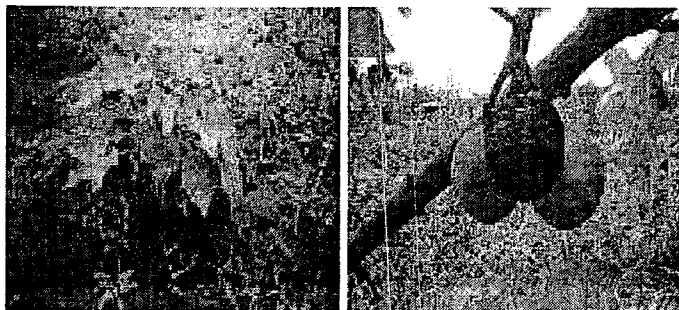
กรดไขมัน	จำนวน คาร์บอน และพันธะ คู่	สูตร โครงสร้าง	จุด หลอมเหลว ว (°C)	จุด เดือด (°C)
Caprylic	C8	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	16.5	239
Capric	C10	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	31.3	269
Lauric	C12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	43.6	304
Myristic	C14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	58	332
Palmitic	C16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	62.9	349
Palmitoleic	C16:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	33	--
Stearic	C18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	69.9	371
Oleic	C18:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	16.3	--
Linoleic	C18:2	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	-5	--
Linolenic	C18:3	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	-11	--
Arachidic	C20:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	75.2	--
Eicosenoic	C20:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$	23	--
Behenic	C22:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	80	--
Eurcic	C22:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$	34	--

ตารางที่ 2.3 สมบัติทางกายภาพของน้ำมันชนิดต่างๆ [Marchetti et al.,2007]

ชนิดน้ำมัน พืช	Kinematics viscosity (mm ² /s)	Cetane number	Cloud point (°C)	Pour point (°C)	Flash point (°C)	Density (kg/l)	Lower heating value (MJ/kg)
Peanut	4.9	54	5	—	176	0.883	33.6
Soya bean	4.5	45	1	-7	178	0.885	33.5
Babassu	3.6	63	4	—	127	0.875	31.8
Palm	5.7	62	13	—	164	0.880	33.5
Sunflower	4.6	49	1	—	183	0.860	33.5
Tallow	—	—	12	9	96	—	—
Diesel 20% biodiesel blend	3.06 3.2	50 51	— —	16 -16	76 128	0.855 0.859	43.8 43.2

2.2 น้ำมันสบู่ดำ [ปัญญา, น้ำมันสบู่ดำกับเครื่องยนต์ดีเซล]

ปัจจุบันน้ำมันสบู่ดำเป็นพืชที่ได้รับความนิยมเนื่องจากไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำสามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ในระดับหนึ่ง โดยการคั้นน้ำมันสบู่ดำลงในเครื่องยนต์ การเกษตรขนาดเล็กก็ทำได้เลย ไม่ต้องนำน้ำมันสบู่ดำไปผสมน้ำมันอื่นๆ หรือวิธีการไบโอดีเซล แต่อย่างใด สบู่ดำเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่ง น้ำมันที่ได้จากเมล็ดสบู่ดำ สามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่เกษตรกรใช้อยู่ได้ เช่นเครื่องสูบน้ำ เครื่องตัดหญ้า เครื่องฉีดยา และอื่นๆ โดยไม่ต้องใช้น้ำมันชนิดอื่นผสม สบู่ดำมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha Curcas Linn.* อยู่ในวงศ์ยางพารา เป็นไม้ผลยืนต้นความสูง 2 ถึง 7 เมตร ดังรูป 2.1 ซึ่งเป็นพืชพื้นเมืองของทวีปอเมริกาใต้ ชาวโปรตุเกสนำเข้ามาปลูกในประเทศไทย ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ ปัจจุบันต้นสบู่ดำมีปลูกอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ถ้าต้นผล และเมล็ดของสบู่ดำมีกรดไซยาไนด์ (Hydrocyanic acid) ซึ่งมีความเป็นพิษเช่นเดียวกับหัวมันสำปะหลัง แต่เมื่อถูกความร้อนก็จะสลายตัวไป



รูปที่ 2.1 ภาพต้นสบู่ดำและเมล็ด

[<http://aopdm02.doae.go.th/black%20oil%201.html>]

การสกัดน้ำมันสบู่ดำ ในห้องปฏิบัติการใช้วิธีบดอัดให้ละเอียดแล้วสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ จะได้น้ำมัน 34.96 เปอร์เซ็นต์ จากเมล็ด (รวมเปลือก) และ 54.68 เปอร์เซ็นต์จากเนื้อเมล็ด

- การสกัดด้วยระบบไฮดรอลิก จะได้น้ำมันประมาณ 25 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำมันตกค้างในกาก 10 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์
- การสกัดด้วยระบบอัลเทิลยว จะได้น้ำมันประมาณ 25 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำมันตกค้างในกาก 10 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์
- การสกัดด้วยสองวิธีหลัง จะต้องนำเมล็ดมาทุบแตก แล้วนำไปเพิ่มความร้อนโดยการนำเอาไปตากแดดหรือหนึ่งหรือเข้าตู้อบก่อนจะนำเข้าเครื่องสกัด

คุณสมบัติของน้ำมันสบู่ดำบางข้อจะใกล้เคียงกับมาตรฐานดีเซลหมุนเร็วของไทย (ปี พ.ศ. 2523) ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สมบัติของน้ำมันสบู่ดำและดีเซลหมุนเร็ว
[ปัญหา, น้ำมันสบู่ดำกับเครื่องยนต์ดีเซล]

ชนิดน้ำมัน	สบู่ดำ	ดีเซลหมุนเร็ว
สมบัติ		
ความถ่วงจำเพาะ	0.9188	0.82-0.90
จุดวาบไฟ	240	ไม่ต่ำกว่า 52
ค่าซีเทน	51.0	ไม่ต่ำกว่า 50
จุดการกลั่น (องศาเซลเซียส)	295	ไม่สูงกว่า 370

สำหรับกระบวนการผลิตไบโอดีเซลสามารถสรุปได้ตามรูปที่ 2.4 สามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนผสม ขั้นตอนปฏิกิริยา ขั้นตอนแยกกลีเซอริน ขั้นตอนแยกแอลกอฮอล์ ขั้นตอนสะเทิน และขั้นล้าง ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด สำหรับกระบวนการที่ใช้ต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาดังนี้

1. **ขั้นผสม** เป็นขั้นตอนการผสมระหว่างแอลกอฮอล์กับตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้ ซึ่งโดยทั่วไปจะต้องนำตัวเร่งปฏิกิริยาไปละลายในแอลกอฮอล์ก่อน ซึ่งอาจใช้การผสมหรือการกวน

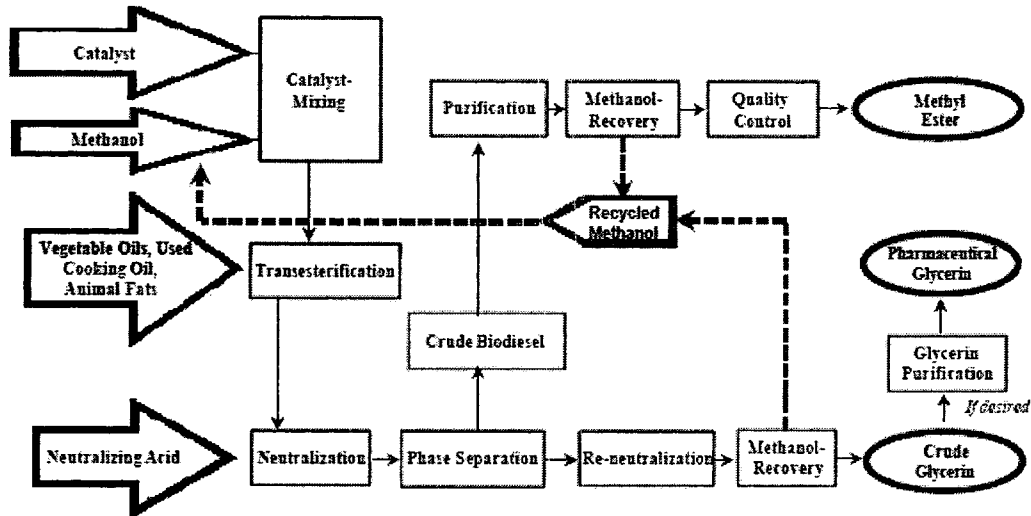
2. **ขั้นปฏิกิริยา** เมื่อตัวเร่งปฏิกิริยาถูกละลายในแอลกอฮอล์แล้ว สารละลายนี้จะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ซึ่งเป็นภาชนะปิด เพื่อป้องกันการระเหยของแอลกอฮอล์ในระหว่างทำปฏิกิริยา หลังจากนั้นน้ำมันจะถูกป้อนเข้าไป ปฏิกิริยาจะถูกควบคุมให้มีอุณหภูมิประมาณ (160 องศาฟาเรนไฮต์) และในระหว่างปฏิกิริยาจะต้องมีการกวนตลอดเวลา เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 – 8 ชั่วโมง สำหรับการป้อนสารละลายแอลกอฮอล์จะป้อนในปริมาณที่มากเกินไปเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ ในระหว่างขั้นนี้จำเป็นต้องให้มีปริมาณน้ำหรือกรดไขมันอิสระที่ปนมากับสารละลายแอลกอฮอล์หรือน้ำมันที่ใช้ในปริมาณต่ำ เพื่อป้องกันการเกิดสบู่และเพื่อให้แยกกลีเซอรินได้ง่ายขึ้น

3. **ขั้นแยกกลีเซอริน** หลังจากเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ในขั้นที่ 2 ในขั้นต่อมาเป็นการแยกเอากลิเซอรินและไบโอดีเซล ซึ่งโดยปกติใช้วิธีการปล่อยให้แยกชั้นในเครื่อง decanter หรือ settling tank โดยกลีเซอรินจะอยู่ด้านล่างในขณะที่ไบโอดีเซลจะอยู่ด้านบน

4. **ขั้นแยกแอลกอฮอล์** เนื่องจากในการผลิตไบโอดีเซลใช้แอลกอฮอล์ในปริมาณที่มากเกินไป ทำให้มีแอลกอฮอล์เหลือในระหว่างการผลิต ซึ่งแอลกอฮอล์สามารถละลายได้ทั้งในไบโอดีเซลและกลีเซอริน ดังนั้นในการแยกแอลกอฮอล์ออกมานิยมใช้กระบวนการ flash evaporation หรือการกลั่น ซึ่งในการแยกเพื่อนำแอลกอฮอล์กลับมาใช้ใหม่จำเป็นต้องระมัดระวังน้ำที่ปนมากับแอลกอฮอล์

5. **ขั้นสะเทิน** เนื่องจากกลีเซอรินที่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มักจะมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหลืออยู่และสบู่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสะเทินด้วยกรด เพื่อให้กลีเซอรินมีสภาพเป็นกลาง เพื่อให้สามารถเก็บได้ ซึ่งเกลือที่เกิดขึ้นระหว่างการสะเทินสามารถนำไปเป็นปุ๋ย ซึ่งโดยปกติกลีเซอรินที่ได้มีความบริสุทธิ์ประมาณ 80-88 เปอร์เซ็นต์ หลังจากแยกน้ำและแอลกอฮอล์เรียบร้อยแล้ว

6. **ขั้นล้าง** เป็นขั้นที่ใช้สำหรับการล้างเบสและสบู่ออกจากไบโอดีเซล



รูปที่ 2.4 กระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์

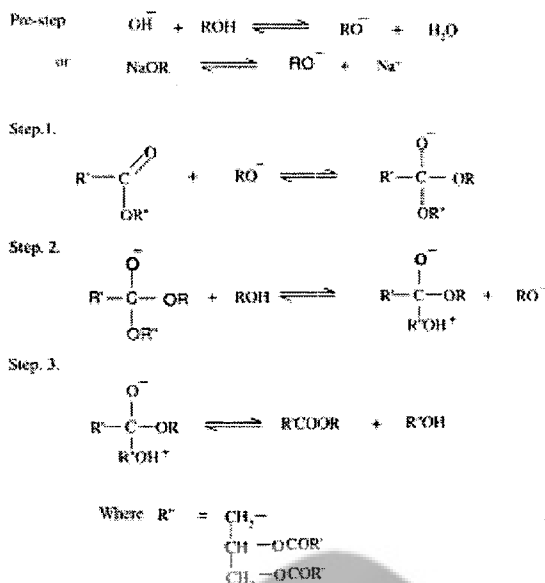
[www.biodiesel.org/pdf_files/fuelfactsheets/prod_quality.pdf]

2.4 ผลของตัวแปรต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริเคชัน

ตัวแปรที่มีผลต่อการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชและแอลกอฮอล์ได้แก่ อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยา อัตราส่วนระหว่างแอลกอฮอล์ต่อน้ำมัน ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ ความเร็วรอบในเครื่องปฏิกรณ์ วัตถุดิบและชนิดของน้ำมันที่ใช้ และชนิดตัวเร่งปฏิกิริยา

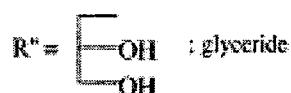
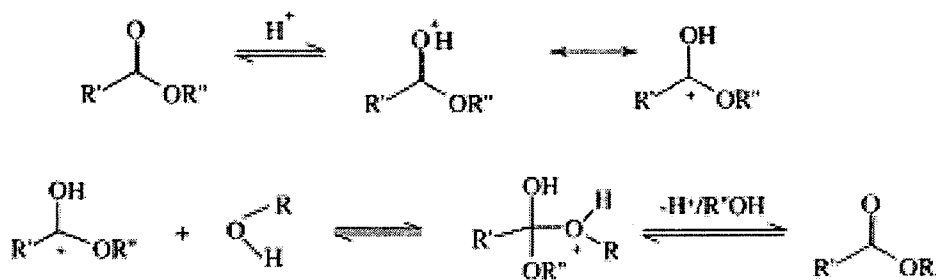
2.4.1 ชนิดตัวเร่งปฏิกิริยา

การเร่งปฏิกิริยาด้วยเบส ตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งแอลกอฮอล์ที่นิยมใช้คือ เมทานอลหรือเอทานอล ซึ่งกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยเบสจะเกิดผ่าน alkoxide ซึ่งอัตราส่วนระหว่างแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันอยู่ระหว่าง 1:1 – 6:1 ซึ่งโดยปกติมักนิยมใช้ที่อัตราส่วน 6:1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาใช้ประมาณ 0.5 – 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักตัวเร่งต่อน้ำหนักน้ำมัน และอุณหภูมิที่ใช้ในระหว่างเกิดปฏิกิริยา คือ 60 องศาเซลเซียส อัตราในการเกิดปฏิกิริยาสามารถสรุปดังรูปที่ 2.5 จากรูปที่ 2.5 พบว่า ในขั้นแรก alkoxide ion จะเข้าทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ โดยอาศัยปฏิกิริยาการเข้าทำแบบ SN_2 หลังจากนั้นจะเกิดการปล่อยเอสเทอร์ ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อไป โดยอาศัยการเข้าทำปฏิกิริยาของ alkoxide ion ต่อไปในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริเคชันที่อาศัยเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจำเป็นต้องทำปฏิกิริยาในสภาวะที่ไม่มีน้ำ เพื่อป้องกันการเกิดสบู่



รูปที่ 2.5 กลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันด้วยเบส [Meher et al.,2006]

การเร่งปฏิกิริยาด้วยกรด ตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้ได้แก่ กรดซัลฟูริก กรดซัลโฟนิค เป็นต้น ตัวเร่งปฏิกิริยาดังนี้จะให้เปอร์เซ็นต์ผลได้สูงแต่เกิดปฏิกิริยาได้ช้า และต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส และใช้เวลาดำเนินการทำปฏิกิริยามากกว่า 3 ชั่วโมง กลไกในการเกิดปฏิกิริยาสามารถแสดงในรูปที่ 2.6 จากรูปที่ 2.6 พบว่าในขั้นแรกกรดจะเข้าทำปฏิกิริยาที่หมู่ $-\text{CO}-$ ซึ่งทำให้เกิดเป็น carbocation หลังจากนั้นแอลกอฮอล์จะเข้าทำปฏิกิริยา และปลดปล่อยเอสเทอร์ออกมา ทำให้เกิด carbocation ของ ไดกลีเซอไรด์และโมโนกลีเซอไรด์ ซึ่งการเกิดกลไกแบบนี้เกิดได้ช้าสำหรับปฏิกิริยาการเกิดทรานเอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันถั่วเหลืองกับเมทานอล พบว่า เมื่อใช้กรดซัลฟูริกในปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันเป็น 30:1 อุณหภูมิในการสังเคราะห์ 65 องศาเซลเซียส พบว่าใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ 20 ชั่วโมง



$\text{R}' = \text{carbon chain of fatty acid}$

$\text{R} = \text{alkyl group of the alcohol}$

รูปที่ 2.6 กลไกการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันด้วยกรด [Meher et al,2006]

การเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ เอนไซม์ที่นิยมใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา คือ เอนไซม์ไลเปส และกลุ่มเอนไซม์ที่ใช้ในปฏิกิริยา hydrolysis, alcoholysis และ acidolysis ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้สามารถใช้งานได้ที่ทั้งในรูปแบบของเอนไซม์อิสระและเอนไซม์ตรึงรูป ข้อจำกัดของเอนไซม์คือไม่สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูง และจำเป็นต้องมีน้ำเป็นตัวทำละลาย เพื่อให้เอนไซม์สามารถทำงานได้

การเร่งปฏิกิริยาด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาวិวิพันธ์ เป็นการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็งแทนการใช้ในรูปสารละลาย ซึ่งทำให้สามารถนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ใหม่ได้ ลดขั้นตอนการล้างไบโอดีเซล แต่วิธีการนี้ใช้พลังงานมาก และให้ค่าคอนเวอร์ชันต่ำ

2.4.2 การผสม

การผสมเป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันกับสารละลายเมทานอล-เบส เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสองวัฏภาค ซึ่งไม่สามารถละลายเข้ากันได้ ซึ่งจำเป็นต้องมีการกวนเพื่อให้ไขมันและสารละลายเมทานอล-เบสเกิดการผสมได้ดีในช่วงแรก

2.4.3 การใช้ตัวทำละลายร่วม

เนื่องจากน้ำมันกับสารละลายเมทานอล-เบส ไม่สามารถผสมกันได้ เมื่อใช้อัตราส่วนระหว่างแอลกอฮอล์ต่อไขมันในระดับ จะทำให้ความสามารถในการละลายลดลง เพื่อให้ไขมันสามารถละลายได้ในเฟสของสารละลายเมทานอล-เบส จึงต้องมีการเติมตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่งลงไป เพื่อให้เกิดเป็นวัฏภาคเดียว ตัวอย่างของตัวทำละลายร่วมได้แก่ tetrahydrofuran (THF) ซึ่งเป็นสารที่มีจุดเดือดประมาณ 67 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถแยกออกมาได้ง่าย

2.4.4 ผลของความชื้นและกรดไขมันอิสระ

ในกรณีที่มีค่าความเป็นกรด (acid value) มากกว่า 1 โซเดียมไฮดรอกไซด์จะถูกใช้ในการสะเทินกับกรดไขมันอิสระ นอกจากนี้การมีน้ำทำให้เกิดเป็นสบู่ ซึ่งทำให้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ลดลง เป็นผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง การเกิดสบู่ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดเจล และทำให้แยกไบโอดีเซลได้ยาก ซึ่งมีรายงานวิจัยว่าปริมาณของกรดไขมันอิสระและปริมาณน้ำควรมีค่าน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ยังพบว่าในบรรยากาศที่มี CO₂ จะทำให้ประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาลดลง

2.5 ความรู้เบื้องต้นไมโครเวฟ

[Buffer, (1993), http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/pep_2_2546_microwave.pdf]

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีความถี่ตั้งแต่ 300 ถึง 10000 เมกะเฮิร์ต แต่เตาไมโครเวฟสำหรับใช้ในบ้านใช้ความถี่ 2450 เมกะเฮิร์ต ซึ่งเป็นความถี่ที่สามารถทำให้อาหารส่วนใหญ่สุกได้เร็วและสุกเข้าไปถึงภายในในระดับความลึกพอดี คลื่นไมโครเวฟมีลักษณะคล้ายกับคลื่นวิทยุแต่มีความถี่ที่สั้นกว่า เตาไมโครเวฟประกอบด้วย ตัวแมกนีตรอนที่จะเป็นตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นไมโครเวฟ การทำงานของคลื่นไมโครเวฟจะพุ่งเข้าสู่ อาหารจากทุกทิศทางโดยรอบของผนังเตาด้านในแล้วแผ่กระจายไปสู่อาหาร เมื่อคลื่นไปกระทบอาหาร ทำให้โมเลกุลน้ำในอาหารสั่น โดยเป็นแบบกลับหัวไปมาอย่างรวดเร็วเป็นจำนวน 4900 ล้านครั้งต่อวินาที ($2450 \times 2 = 4900$) ซึ่งการสั่นและเสียดสีกันก่อให้เกิดเป็นพลังงานความร้อน เป็นเหตุให้อาหารสุกเร็ว

คลื่นไมโครเวฟ มีลักษณะเด่น 3 ประการ ได้แก่

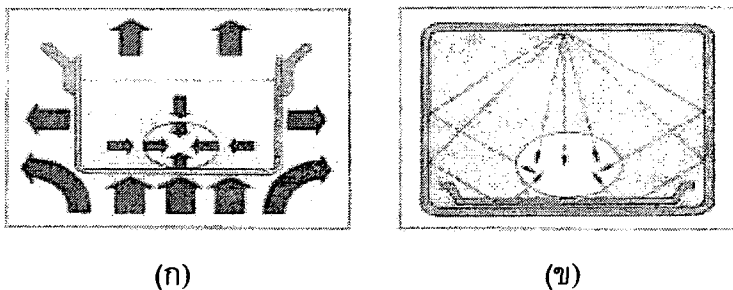
การสะท้อนกลับ (Reflection) คลื่นไมโครเวฟเมื่อไปกระทบกับภาชนะที่เป็นโลหะหรือมีส่วนผสมของโลหะคลื่นไมโครเวฟไม่สามารถทะลุผ่านภาชนะดังกล่าวจะสะท้อนกลับหมด

การทะลุผ่านของคลื่น (Penetration หรือ Transparent) คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านวัสดุบางชนิด คล้ายช่องกระจกหน้าต่างที่ยอมให้แสงธรรมดาส่องผ่านตัวมันได้ วัสดุที่เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายของการทะลุผ่านของคลื่นคือ แก้ว คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านภาชนะที่ทำด้วยแก้ว กระจกใส ไม้ เซรามิกและพลาสติกได้ เพราะวัสดุดังกล่าวไม่มีส่วนผสมของโลหะ

การดูดกลืนของคลื่น คลื่นไมโครเวฟสามารถถูกดูดกลืนได้โดยอาหาร น้ำหรือวัตถุที่ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำอยู่ในอาหารทำให้กำลังงานของคลื่นลดลงซึ่งกำลังงานที่ถูกดูดกลืนไว้จะทำให้วัตถุร้อนขึ้น

หลักการให้ความร้อน

การประกอบอาหารด้วยเตาไมโครเวฟแตกต่างจากการประกอบอาหารด้วยเตาธรรมดาซึ่งแสดงในรูปที่ 2.7 เตาอบธรรมดาให้พลังงานความร้อนโดยเปลวไฟจากแก๊สหรือขดลวดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้อาหารสุกโดยการถ่ายเทความร้อนจากการนำ การพาและการแผ่รังสี แต่เตาไมโครเวฟทำให้อาหารสุกโดยคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่สูง ทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารเกิดการสั่นสะเทือนและชนโมเลกุลอื่นๆ ต่อกันจนเกิดเป็นพลังงานจลน์ และพลังงานจลน์ นี้เองจะกลายสภาพเป็นพลังงานความร้อน จึงทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็วและไม่เสียพลังงานความร้อน

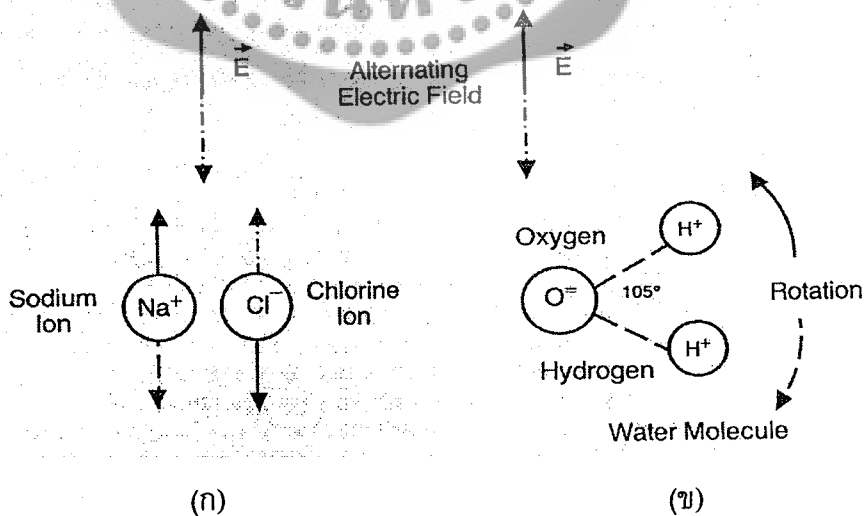


รูปที่ 2.7 การให้ความร้อน (ก) แบบธรรมดา และการให้ความร้อน (ข) แบบไมโครเวฟ

[Buffler (1993)]

ปฏิกิริยาตอบสนองของไมโครเวฟต่อวัตถุ [Buffler (1993)]

ปฏิกิริยาตอบสนองต่อสารไอออนิก อาหาร โดยส่วนใหญ่จะมีน้ำซึ่งมีจำนวนของเกลือละลายอยู่จำนวนมากเช่น โซเดียม โปแทสเซียม และแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อเกลือเหล่านี้ละลาย โมเลกุลจะเกิดการแตกตัวเป็น 2 ประจุหรือไอออน โซเดียม โปแทสเซียม และแคลเซียมจะเป็นประจุบวกหรือเรียกว่า แคตไอออน (Cation) ซึ่งจะถูกดูดเข้าไปทางคาร์โธด (Cathode) หรือแผ่นที่มีประจุลบ ส่วนคลอรีนจะกลายเป็นอนุภาคประจุลบหรือเรียกว่า แอนไอออน (Anion) ซึ่งจะถูกดูดเข้าทางแอโนด (Anode) หรือแผ่นที่มีประจุบวก ผลิตภัณฑ์อาหารหรือวัตถุต่างๆที่มีประจุไอออนสามารถทำปฏิกิริยากับสนามไฟฟ้าได้เช่นเดียวกับสนามไฟฟ้าในไมโครเวฟ พลังงานจะส่งผ่านไปที่ไอออนและอะตอมใกล้เคียงกันหรือโมเลกุลที่มีกลไกการให้ความร้อนของไมโครเวฟ ปฏิกิริยาของโซเดียมและคลอรีนไอออนเป็นดังรูปที่ 2.8 (ก)



รูปที่ 2.8 ปฏิกิริยาของ (ก) สารไอออนิก และ (ข) โมเลกุลมีขั้ว ต่อคลื่นไมโครเวฟ

[Buffler (1993)]

ปฏิกิริยาต่อวัตถุที่มีขั้ว โมเลกุลของน้ำที่มีอยู่ทั่วไปในอาหารและวัตถุต่างๆ เกิด

จากอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอมและออกซิเจน 1 อะตอม โครงสร้างของโมเลกุลอยู่ในรูปของตัววี ดังรูปที่ 2.8 (ข) ไฮโดรเจน 2 อะตอมคุดเข้าหาออกซิเจนทำให้เกิดมุมที่มีค่าประมาณ 105 องศา อะตอมของไฮโดรเจนประกอบด้วยประจุบวก และอะตอมของออกซิเจนประกอบด้วยประจุลบ 2 ดังแสดงในรูปที่ 2.8 (ข) ประจุที่ถูกแยกออกตามกายภาพถูกเรียก ไคโพล คือมี 2 ขั้ว โมเลกุลที่มีประจุต่างกันถูกเรียกว่า โมเลกุลมีขั้ว ไคโพลนี้มีความใกล้เคียงกับเข็มทิศสนามไฟฟ้าและทำปฏิกิริยากับสนามไฟฟ้าเช่นเดียวกับที่เข็มทิศแม่เหล็กทำปฏิกิริยากับสนามแม่เหล็ก ถ้าโมเลกุลของน้ำถูกเข้าไปในส่วนของสนามไฟฟ้าจะเกิดการหมุนรอบเพื่อให้สอดคล้องกับทิศทางของสนามไฟฟ้า

เมื่อสนามไฟฟ้าไมโครเวฟจะถูกนำมาใช้โมเลกุลทั้งหมดพยายามทำตัวให้สอดคล้องกับทิศทางของสนามไฟฟ้า ขณะที่เกิดปฏิกิริยาอนุภาคจะชนกันกับอนุภาคข้างเคียง และเมื่อสนามไฟฟ้าเกิดการผันกลับอนุภาคเหล่านั้นก็จะพยายามผันกลับเพื่อให้อยู่ในทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้า ปฏิกิริยาของไมโครเวฟกับโมเลกุลที่มีขั้วเช่นน้ำในรูปแบบการเกิดปฏิกิริยาแบบที่ 2 ซึ่งในอาหารส่วนใหญ่จะเกิดปฏิกิริยาในรูปแบบนี้ ยกเว้นในอาหารที่มีเกลืออยู่เป็นจำนวนมากเช่น แสม ไมโครเวฟไม่ได้ให้ความร้อน สนามไมโครเวฟเป็นรูปแบบของพลังงานและไมโครเวฟจะเปลี่ยนไปเป็นความร้อนโดยการเกิดปฏิกิริยากับอนุภาคประจุและโมเลกุลที่มีขั้ว

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Lertsathapornsuk et al. (2005) ทำการสังเคราะห์เมทิลเอสเตอร์จากน้ำมัน 3 ชนิด คือ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว น้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว โดยใช้แหล่งความร้อนเป็นคลื่นไมโครเวฟ พบว่า เมื่อใช้กำลังไฟ 800 วัตต์ ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณ 1.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน อัตราส่วนของน้ำมันต่อแอลกอฮอล์ คือ 9 ต่อ 1 เมื่อใช้เวลาในการสังเคราะห์ 30 วินาที ให้ค่าคอนเวอร์ชันสูงสุดเมื่อใช้น้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว และ น้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว เป็น 100 94 และ 83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Felizardo et al. (2006) ศึกษาการสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้วกับเมทานอล เมื่อใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วน โดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน ที่ค่าตั้งแต่ 3.6:1 ถึง 5.4:1 และที่ใช้กับอัตราส่วนตัวเร่งปฏิกิริยา 0.2 – 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน เมื่อใช้เวลาในการสังเคราะห์เป็น 1 ชั่วโมง และใช้แหล่งความร้อนแบบทั่วไปที่ 60 องศาเซลเซียส พบว่า อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมันที่ 4.8:1 จะต้องใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาจำนวน 0.6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักน้ำมัน จะได้เมทิลเอสเตอร์ที่มีค่ามากที่สุดคือ 90 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เมทิลเอสเตอร์ที่ได้ยังง่ายต่อการแยกชั้นและการทำความสะอาดอีกด้วย

ชาคริต และคณะ (2001) ทำการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มการผลิตใช้กระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชันแบบแบทช์ โดยใช้เมทิลแอลกอฮอล์และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่า เมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้มีความบริสุทธิ์เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้สภาวะสัดส่วนเชิงโมลของเมทิลแอลกอฮอล์ต่อน้ำมันเป็น 6 ต่อ 1 และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาคือ 60 ถึง 80 องศาเซลเซียส โดยมีการกวนประมาณ 15 ถึง 30 นาที จากนั้นปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาต่อ 3 ถึง 4 ชั่วโมง และเมทิลเอสเทอร์ที่ได้มีค่าความหนืด ความหนาแน่น และ ค่าความร้อน ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล



บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

3.1 อุปกรณ์

1. เครื่องอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (FTIR) รุ่น Spectrum one บริษัท Perkin Elmer ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. พีเอชมิเตอร์ บริษัท Denver Instrument รุ่น 215 ประเทศสหรัฐอเมริกา
3. เครื่องกวนแม่เหล็ก บริษัท Fisher Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา
4. ไมโครเวฟ รุ่น MS-2022C บริษัท LG ประเทศไทย จำกัด
5. เตาอบรุ่น Lenton Thermal Designs บริษัท Fisher Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา
6. อุปกรณ์วัดความหนืดแบบออปติคัลบริษัท Thomas Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา
7. เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ รุ่น GALLENKAMP Autobomb-Automatic บริษัท Gallenkamp-Sanyo ประเทศอังกฤษ

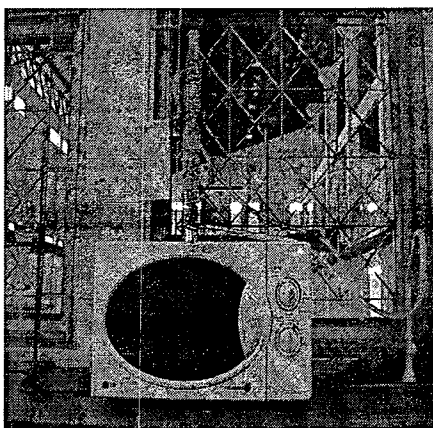
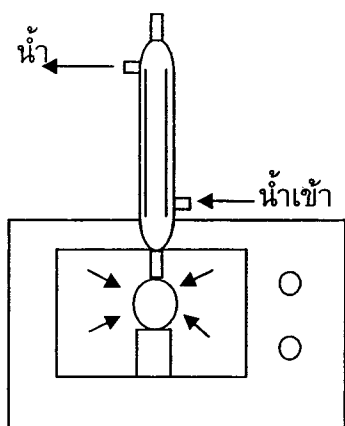
3.2 สารเคมี

1. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) บริษัท Nippon soda ประเทศญี่ปุ่น
2. เมทานอล (CH_3OH) บริษัท J.T. Baker ประเทศสหรัฐอเมริกา
3. น้ำมันสบู่ดำ

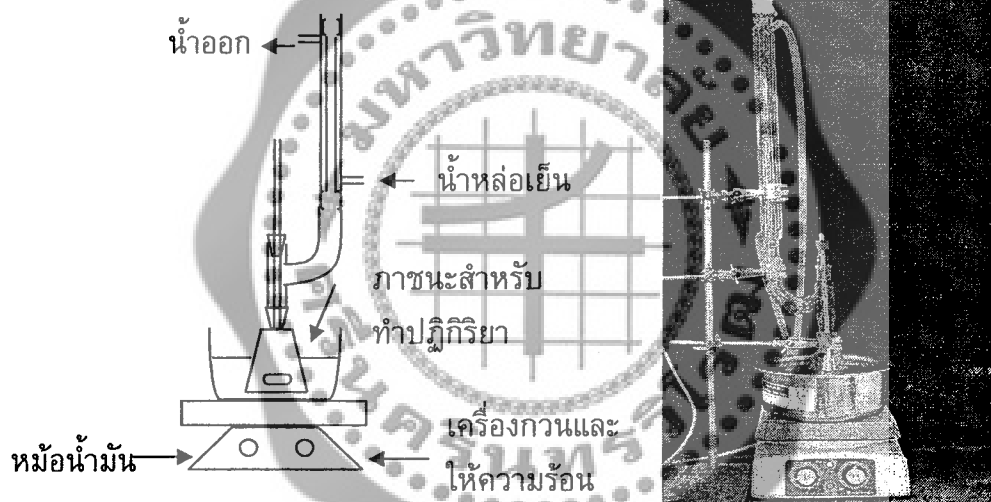
3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การสังเคราะห์ไบโอดีเซล

ในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลโดยใช้แหล่งความร้อนเป็นคลื่นไมโครเวฟ ทำได้โดยจัดอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.1 (ก) ซึ่งประกอบด้วยขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งต่อเข้ากับชุด รีฟลักซ์ โดยใส่ไว้ในเครื่องไมโครเวฟ สำหรับการสังเคราะห์ไบโอดีเซลใช้น้ำมันสบู่ดำเริ่มต้น 100 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในเมทานอล ตามสภาวะที่กำหนดดังตารางที่ 3.1 และการสังเคราะห์โดยให้ความร้อนแบบทั่วไปดังรูปที่ 3.1 (ข) และการทดลองตามสภาวะต่างๆ ในตารางที่ 3.1 เช่นกัน สำหรับน้ำมันสบู่ดำเตรียมได้จากเนื้อเมล็ดสบู่ดำคีบไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำมาเข้าเครื่องไฮดรอลิกเพื่อบีบน้ำมันที่ความดัน 200 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร น้ำมันที่ได้หลังจากการสังเคราะห์นำมาล้างด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จำนวน 10 มิลลิลิตร ไซส่วนล่างทิ้งและล้างด้วยน้ำอุ่น จำนวน 10 ครั้ง ครั้งละ 200 มิลลิลิตร ล้างจนน้ำล้างมีค่าพีเอชเป็นกลาง อบไอน้ำที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.1 ชุดสังเคราะห์ไบโอดีเซลโดยใช้แหล่งความร้อนเป็น (ก) ไมโครเวฟ และ (ข) แบบทั่วไป

ตารางที่ 3.1 สภาวะในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลโดยใช้ KOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

แหล่งกำเนิดความร้อน	แบบ ไมโครเวฟ	แบบทั่วไป
อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอล เมื่อเวลาในการสังเคราะห์ 20 นาที ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน	1:4.5 1:5 1:6 1:12 กำลังไฟ 90 วัตต์	1:4.5 1:5 1:6 1:12 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
กำลังไฟ (วัตต์) เมื่ออัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 โดยโมล เวลาในการสังเคราะห์ 20 นาที ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักน้ำมัน	90 320 360	-
อัตราส่วนน้ำมันต่อตัวเร่งปฏิกิริยา (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน) เมื่ออัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 เวลาใน การสังเคราะห์ 20 นาที	0.25 0.5 1 กำลังไฟ 90 วัตต์	0.25 0.5 1 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
เวลาในการสังเคราะห์ (นาที) เมื่ออัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน	10 20 30 40 กำลังไฟ 90 วัตต์	10 20 30 40 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิในการสังเคราะห์ (องศาเซลเซียส) เมื่ออัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 เวลาใน การสังเคราะห์ 20 นาที ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของ น้ำหนักน้ำมัน	-	50 60 70 80

3.3.2 วิธีการวิเคราะห์

การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน

หมู่เมทิลเอสเทอร์ของไบโอดีเซลวิเคราะห์ด้วยเครื่องฟูเรียทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ รุ่น Spectrum one บริษัท Perkin Elmer ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยหยคน้ำมันตัวอย่างบนแผ่นเซลล์ NaCl แล้วประกบด้วยแผ่น NaCl อีกแผ่นหนึ่ง นำไปวัดการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดด้วยเครื่อง FTIR ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 500 ถึง 4000 เซนติเมตร¹

การวิเคราะห์องค์ประกอบไบโอดีเซล

การวิเคราะห์องค์ประกอบไบโอดีเซล [ชินนพัต (2006)] ใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีรุ่น 2010 ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น โดยเตรียมสารตัวอย่าง 25 มิลลิกรัม จากนั้นเติม 50 ไมโครลิตรของ ไตรแคปรีน (Tricaprin) และ 50 ไมโครลิตรของ MSTFA (N-Methyl-N-(trimethylsilyl)trifluoroacetamide) เขย่าอย่างแรง ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที แล้วเติม n-Haptane จำนวน 8 มิลลิตร ตั้งค่าสภาวะในการวิเคราะห์ของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ดังนี้ คอลัมน์ที่ใช้เป็นคาปิลารีคอลัมน์ DB-5HT ความยาว 15 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.32 มิลลิเมตร ใช้ฮีเลียมเป็นแก๊สพาหุอัตราเร็ว 3 มิลลิตรต่อนาที และความดัน 2.3 กิโลปาสคาล อุณหภูมิของ Injector เป็น 220 องศาเซลเซียส อุณหภูมิคอลัมน์เริ่มต้นจาก 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที เพิ่มขึ้นเป็น 180 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 15 องศาเซลเซียสต่อนาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 230 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 30 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงที่ไว้เป็นเวลา 10 นาที นำตัวอย่างที่เตรียมเรียบร้อยแล้วฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีในปริมาณ 1 ไมโครลิตร

ปริมาณโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ ได้จากโครมาโตแกรมของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี โดยเปรียบเทียบค่า Relative Retention Time (RRT) จากโครมาโตแกรมในผลิตภัณฑ์ที่วิเคราะห์ได้กับค่า RRT ของสารมาตรฐานเพื่อระบุองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ ค่า RRT ของผลิตภัณฑ์คำนวณได้จาก

$$\text{Relative Retention Time (RRT)} = \frac{\text{Retention time ของสารที่ต้องการ}}{\text{Retention time ของอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด}}$$

การคำนวณปริมาณเมทิลเอสเทอร์ โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ คำนวณโดยการนำผลรวมของพื้นที่สารที่ต้องการต่อพื้นที่ของอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด ดังนี้

$$\text{ปริมาณสารที่ต้องการที่อยู่ในผลิตภัณฑ์} = \sum (A_i/A_s)$$

โดย A คือ พื้นที่ใต้กราฟจากโครมาโตแกรมของสารที่ต้องการ

A_s คือ พื้นที่ใต้กราฟจากโครมาโตแกรมของอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด

แล้วนำมาคำนวณเปรียบเทียบ โดยให้มีผลรวมเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

การหาปริมาณน้ำในน้ำมัน

6641000 ต่อ 1250-6

ชั่งน้ำมันสบู่ดำ 100 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จับเวลาทุก 30 นาทีและนำน้ำมันออกมาชั่งหาน้ำหนัก ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนน้ำหนักคงที่และนำไปคำนวณหาปริมาณน้ำในน้ำมันสบู่ดำ

การหาหยงเหนียวในน้ำมัน

ชั่งน้ำมันสบู่ดำ 100 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยกวนและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิคงที่ เติมน้ำร้อน 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน และกรดฟอสฟอริก 0.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมันจากนั้นควบคุมอุณหภูมิให้คงที่และกวนต่อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนด ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นเพื่อให้ยางเหนียวจับตัวกันตกเป็นตะกอน นำน้ำมันที่ได้ไปกรองและหาปริมาณยางเหนียว

การหาค่าความหนาแน่น

ชั่งขวดวัดปริมาตร 50 มิลลิลิตร จดถ่วงน้ำหนักขวด คูณน้ำมันตัวอย่างด้วยปิเปตลงในขวดวัดปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปชั่งน้ำหนักและหาค่าความหนาแน่น

การหาค่าความหนืด

คูณน้ำมันตัวอย่างลงในอุปกรณ์วัดความหนืดแบบอับบีลอนด์ปริมาตร 3 ใน 4 ของกระเปาะควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ 40 องศาเซลเซียส คูณน้ำมันตัวอย่างในอุปกรณ์วัดความหนืดเมื่อถึงขีดที่กำหนดจับเวลาและหาค่าความหนืด

การหาค่าความร้อนจากการเผาไหม้

การหาค่าความร้อนจากการเผาไหม้ในน้ำมัน โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ใช้วิธีการเผาไหม้น้ำมันตัวอย่าง ภายใต้ความดัน 30 เอทีเอ็มของออกซิเจน ซึ่งวิธีการทดลองเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D-238 การปรับมาตรฐานหรือการหาสมมูลความร้อนของแคลอริมิเตอร์ เพื่อหาค่าสมมูลความร้อนของเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ที่ใช้ โดยการเผาสารที่รู้ค่าความร้อนจากการสันดาป

บทที่ 4

ผลการทดลอง และ อภิปรายผล

4.1 สมบัติกายภาพของน้ำมันสบู่ดำ

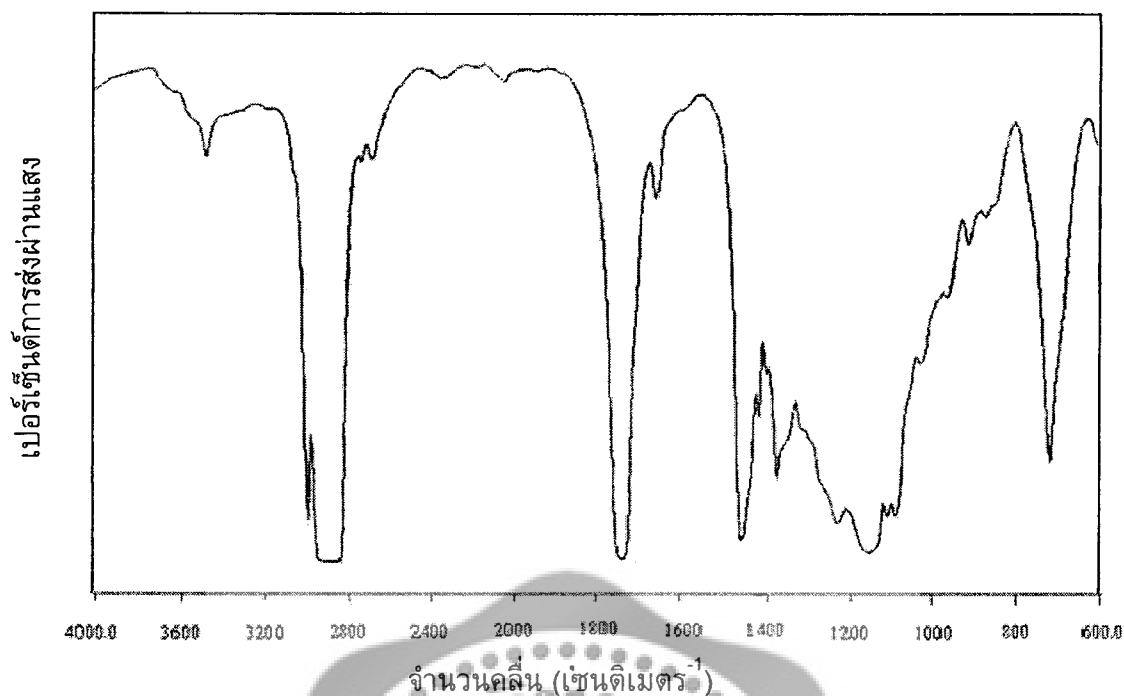
สมบัติกายภาพของน้ำมันสบู่ดำที่ใช้ในการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1 จากตารางที่ 4.1 พบว่าในน้ำมันสบู่ดำมีปริมาณน้ำ 0.78 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน ปริมาณยางเหนียว 0.66 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน ค่าความเป็นกรด 2.83 มิลลิกรัม KOH ต่อกรัมไขมัน ความหนาแน่น 0.9056 กรัมต่อมิลลิลิตร ค่าความหนืด 28.22 เซนติสโตก และ ค่าความร้อน 41.54 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งค่าความเป็นกรด ความหนาแน่นและความร้อนมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของเจนวิทย์ และคณะ (2005) ในขณะที่ค่าความหนืดที่วัดได้จากการทดลองมีค่าน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากงานวิจัยของเจนวิทย์ และคณะ (2005) ได้ใช้เทคนิคการบีบอัดน้ำมันสบู่ดำด้วยเครื่องที่บีบน้ำมันสกรูเดี่ยว ซึ่งในระหว่างการบีบอัดจะทำให้เกิดความร้อน อาจเป็นสาเหตุทำให้น้ำมันสบู่ดำที่ได้มีความหนืดเพิ่มขึ้น มากกว่าการบีบอัดด้วยเครื่องไฮดรอลิกซึ่งไม่เกิดความร้อนในขณะบีบอัด

ตารางที่ 4.1 สมบัติกายภาพของน้ำมันสบู่ดำ

สมบัติ	น้ำมันสบู่ดำ	น้ำมันสบู่ดำ*
ปริมาณน้ำ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน)	0.78	-
ปริมาณยางเหนียว (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน)	0.66	-
ค่าความเป็นกรด (มิลลิกรัม KOH ต่อกรัมไขมัน)	2.83	2.59
ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อมิลลิลิตร)	0.9056	0.9194 (15 °C)
ค่าความหนืด (เซนติสโตก)	28.22	34.36 (40 °C)
ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	41.54	39.4

*ข้อมูลจากงานวิจัยของเจนวิทย์ และคณะ (2005)

การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของน้ำมันสบู่ดำดิบที่ใช้ KOH ด้วยเครื่อง FTIR ให้ผลดังรูป 4.1 จากรูปที่ 4.1 พบว่ามีพีคที่ 1742.21 เซนติเมตร⁻¹ ซึ่งแสดงถึงหมู่คาร์บอนิลของเอสเทอร์ ในไตรกลีเซอไรด์



รูปที่ 4.1 FTIR น้ำมันสบูค์ดำดิบ

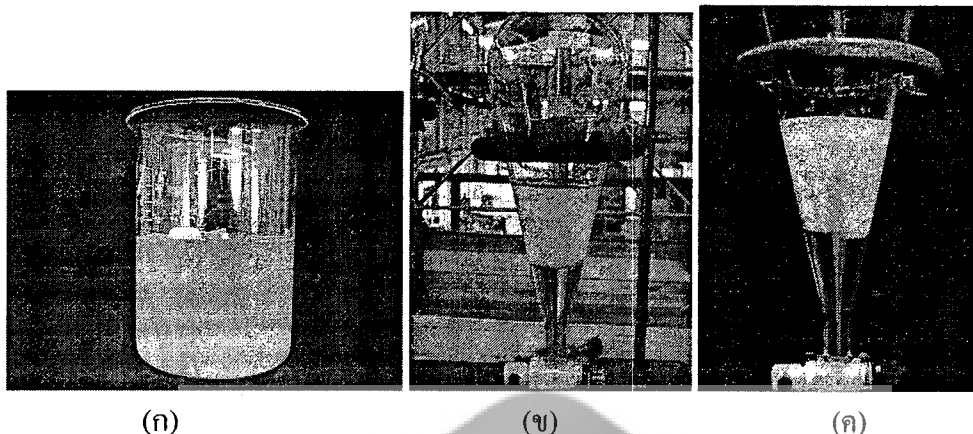
4.2 การสังเคราะห์ไบโอดีเซล

การสังเคราะห์ไบโอดีเซลทำได้โดยการเตรียมสารละลาย KOH ในเมทานอล แล้วเติมลงในขวดกัมกลมที่ข้างในบรรจุน้ำมันสบูค์ดำ ซึ่งน้ำมันสบูค์ดำมีสีเหลืองเข้ม ดังรูปที่ 4.2 (ก) หลังจากทำปฏิกิริยากับสารละลายเมทานอลเรียบร้อยแล้ว สารผสมดังกล่าวจะถูกเทลงในกรวยแยก เพื่อแยกชั้นระหว่างชั้นน้ำมันและชั้นกลีเซอรอล ดังรูปที่ 4.2 (ข) โดยชั้นล่างเป็นชั้นของกลีเซอรอล ในขณะที่ชั้นบนเป็นชั้นน้ำมัน หลังจากนั้นไขชั้นล่างออกให้เหลือเฉพาะชั้นน้ำมันในกรวยแยก หลังจากนั้นทำการล้างด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก 200 มิลลิลิตร ดังรูป 4.2 (ค) ซึ่งจะเห็นว่าเกิดเป็นลักษณะขาวขุ่น เนื่องจากเกิดสบู่เกิดขึ้น และ ตามด้วยน้ำอุ่น จนกระทั่งน้ำล้างมีสภาพเป็นกลาง หลังจากนั้นนำไปอบที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งจะได้เป็นไบโอดีเซล

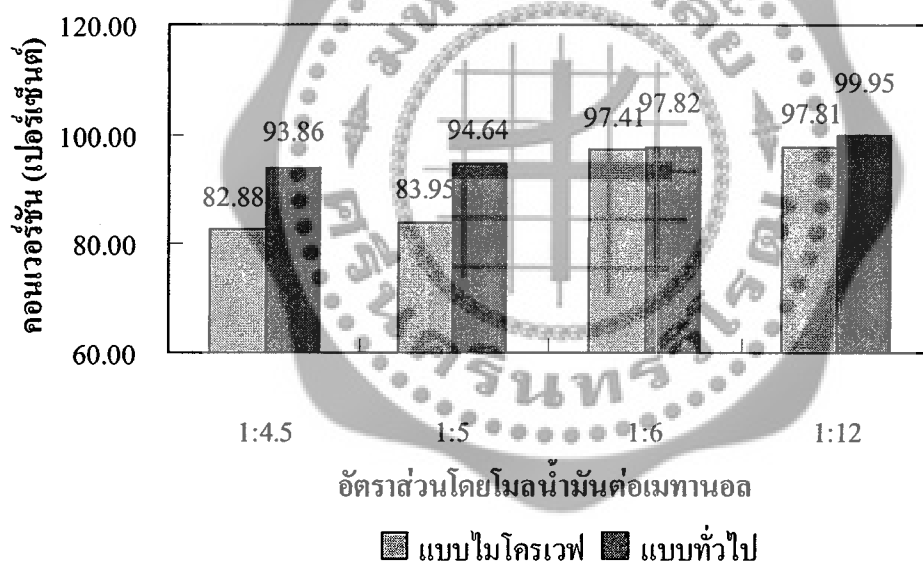
4.2.1 ผลของอัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอล

รูปที่ 4.3 แสดงผลของอัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลต่อค่าคอนเวอร์ชันเมื่อใช้แหล่งความร้อนเป็นไมโครเวฟและแบบทั่วไป โดยใช้สภาวะการทดลองเช่นเดียวกับน้ำมันปาล์ม เป็น ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที และปริมาณ KOH เท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน สำหรับแหล่งความร้อนไมโครเวฟใช้กำลังไฟที่ 90 วัตต์ ในขณะที่แหล่งให้ความร้อนแบบทั่วไปใช้อุณหภูมิในการสังเคราะห์เท่ากับ 60 องศาเซลเซียส จากรูปที่ 4.3 พบว่า เมื่ออัตราส่วนน้ำมันต่อเมทานอลลดลงค่าคอนเวอร์ชันของไบโอดีเซลมีค่ามากขึ้น และเมื่ออัตราส่วนโดยโมล

น้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 12 ให้ค่าคอนเวอร์ชันมากที่สุดทั้งแบบไมโครเวฟและแบบทั่วไป 97.81 และ 99.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการสังเคราะห์ไบโอดีเซลโดยใช้น้ำมันปาล์ม



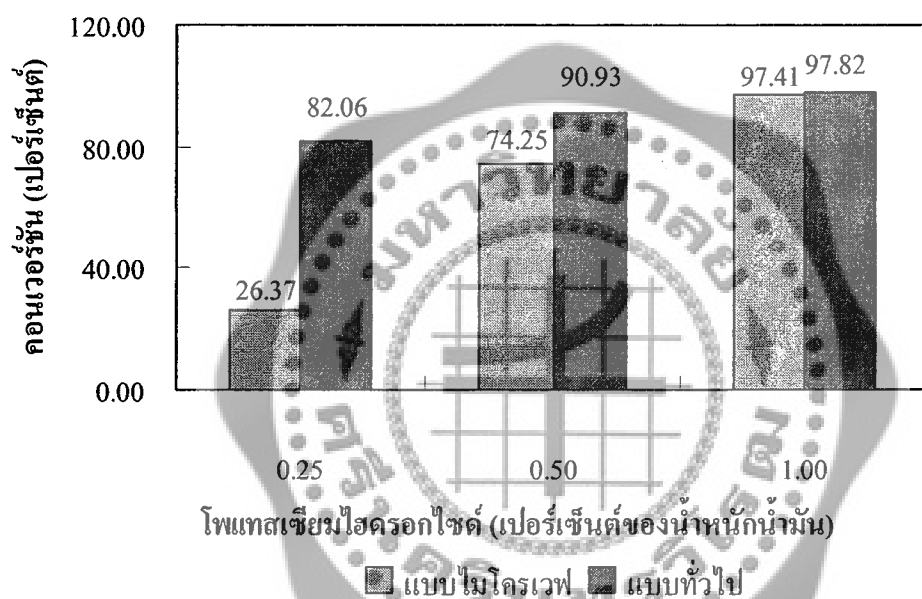
รูปที่ 4.2 ภาพของ (ก) น้ำมันสบู่ดำดิบ (ข) การแยกชั้น และ (ค) การต้มน้ำ



รูปที่ 4.3 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อเมทานอลต่อค่าคอนเวอร์ชัน เมื่อใช้แหล่งความร้อนเป็นไมโครเวฟและแบบทั่วไปของน้ำมันสบู่ดำ เมื่อเวลาการทำปฏิกิริยา 20 นาที ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน เมื่อให้ความร้อนแบบไมโครเวฟที่กำลังไฟ 90 วัตต์ และเมื่อให้ความร้อนแบบทั่วไปที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

4.2.2 ผลของอัตราส่วนน้ำมันต่อ KOH

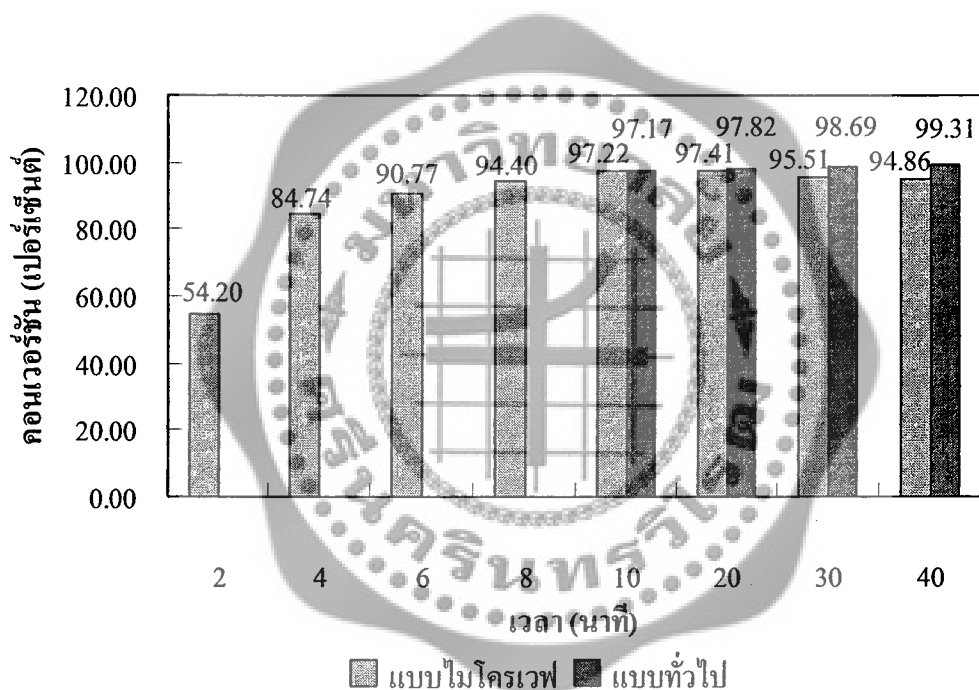
รูปที่ 4.4 แสดงผลของอัตราส่วน KOH ต่อค่าคอนเวอร์ชัน โดยใช้สภาวะการทดลอง คือ อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลคือ 1 ต่อ 6 เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที โดยแหล่งความร้อนที่เป็นไมโครเวฟใช้กำลังไฟ 90 วัตต์ ส่วนแหล่งความร้อนแบบทั่วไปใช้อุณหภูมิในการสังเคราะห์ที่ 60 องศาเซลเซียส จากรูปที่ 4.4 พบว่า ค่าคอนเวอร์ชันสูงขึ้น เมื่ออัตราส่วน KOH เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่ออัตราส่วน KOH เป็น 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน จะมีค่าคอนเวอร์ชันที่เพิ่มขึ้น การให้ความร้อนแบบไมโครเวฟและแบบทั่วไป คือ 97.41 และ 97.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 ผลของอัตราส่วน KOH ต่อค่าคอนเวอร์ชัน เมื่อให้ความร้อนแบบไมโครเวฟและแบบทั่วไปของน้ำมันสบู่ดำ เมื่อใช้อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที เมื่อให้ความร้อนแบบไมโครเวฟที่กำลังไฟ 90 วัตต์ และเมื่อให้ความร้อนแบบทั่วไปที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

4.2.3 ผลของเวลาในการสังเคราะห์

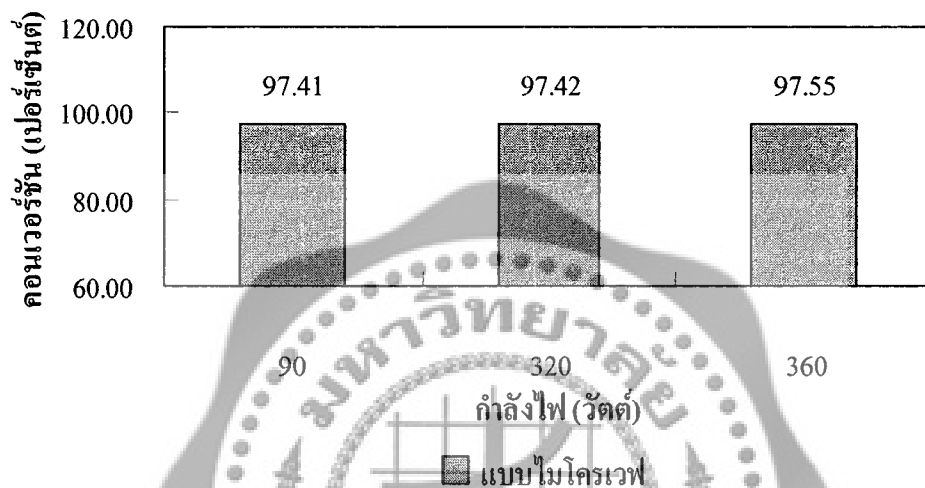
จากรูปที่ 4.5 แสดงผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อค่าคอนเวอร์ชันในการให้ความร้อนแบบทั่วไป เมื่ออัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 ปริมาณ KOH เท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อเวลามากขึ้นค่าคอนเวอร์ชันมีค่าเพิ่มขึ้น แต่มีค่าใกล้เคียงกันจนถึงเวลาที่ 40 นาที ซึ่งให้ค่าคอนเวอร์ชันเป็น 99.31 เปอร์เซ็นต์ การให้ความร้อนโดยไมโครเวฟเป็นความร้อนที่ส่งผ่านไปโมเลกุลของสารที่ทำปฏิกิริยาโดยตรง [Lertsathapornsuk et al., 2005] จากรูปที่ 4.5 พบว่า เวลาในการทำปฏิกิริยามีผลต่อค่าคอนเวอร์ชันในการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟที่เวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 4 นาที ค่าคอนเวอร์ชันมีค่าสูงขึ้น 84.76 เปอร์เซ็นต์ และค่าคอนเวอร์ชันมากที่สุดที่เวลา 20 นาที เป็น 97.41 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.5 ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อค่าคอนเวอร์ชันในการให้ความร้อนแบบไมโครเวฟและแบบทั่วไปของน้ำมันสบู่ดำ เมื่ออัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน เมื่อให้ความร้อนแบบไมโครเวฟที่ กำลังไฟ 90 วัตต์ และ เมื่อให้ความร้อนแบบทั่วไปที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

4.2.4 ผลของกำลังไฟในการให้ความร้อนแบบไมโครเวฟ

จากรูปที่ 4.6 พบว่ากำลังไฟที่มีผลต่อค่าคอนเวอร์ชันในการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟเมื่ออัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที จากการทดลองพบว่าทุกค่ากำลังไฟที่ใช้ให้ค่าคอนเวอร์ชันที่มีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อกำลังไฟเท่ากับ 360 วัตต์ จะมีค่าคอนเวอร์ชัน 97.55 เปอร์เซ็นต์



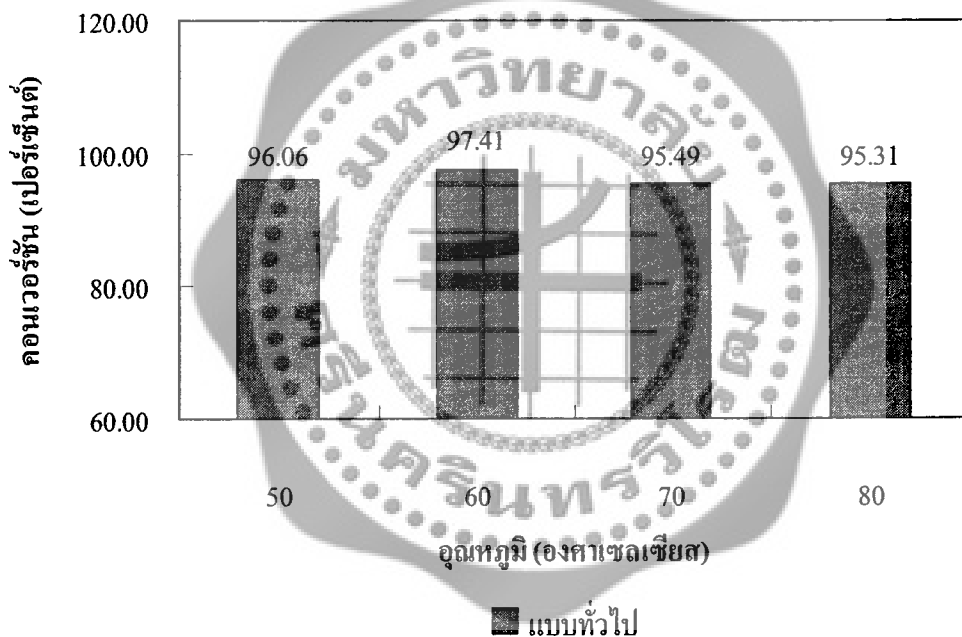
รูปที่ 4.6 ผลของกำลังไฟต่อค่าคอนเวอร์ชันในการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟของน้ำมันสบู่อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที

4.2.5 ผลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนแบบทั่วไป

รูปที่ 4.7 แสดงผลของอุณหภูมิต่อค่าคอนเวอร์ชันเมื่อให้ความร้อนแบบทั่วไป และสถานะที่ใช้ในการทดลองคือ อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที จากรูป 4.7 พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่ 60 องศาเซลเซียส ให้ค่าคอนเวอร์ชันมากที่สุดเป็น 97.41 เปอร์เซ็นต์ และที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาสูงขึ้น ค่าคอนเวอร์ชันลดลง

4.3 สมบัติทางกายภาพของน้ำมันไบโอดีเซล

สมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลเมื่อใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยการให้ความร้อนแบบไมโครเวฟและแบบทั่วไป น้ำมันเริ่มต้นมีความหนาแน่น 0.90 กรัมต่อลบ.ซม. ความหนืด 36.534 เซนติสโตก และค่าความร้อน 35.17 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ถ้าปริมาณเมทิลเอสเตอร์ที่ได้มีค่ามากจะให้ค่าความหนาแน่นและค่าความหนืดมีค่าน้อย ซึ่งค่าความหนาแน่นที่ได้จะอยู่ในช่วง 0.8727 ถึง 0.8995 กรัมต่อลบ.ซม. และค่าความหนืดอยู่ในช่วง 3.499 ถึง 6.619 เซนติสโตก ลดลงจากน้ำมันเริ่มต้น ค่าความร้อนถ้าปริมาณเมทิลเอสเตอร์มากค่าความร้อนมีค่ามาก ซึ่งให้ค่าความร้อนอยู่ในช่วง 37.77 ถึง 41.53 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.2 4.3 4.4 และ 4.5



รูปที่ 4.7 ผลของอุณหภูมิต่อค่าคณวอร์ชันเมื่อให้ความร้อนแบบทั่วไปของน้ำมันสบู่ดำ ที่อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที

ตารางที่ 4.2 สมบัติของไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบไมโครเวฟที่อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลต่างๆ

อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอล	1:4.5	1:5	1:6	1:12
ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลบ.ซม.)	0.876	0.8729	0.8786	0.873
ค่าความหนืด (เซนติสโตก)	3.903	3.781	3.663	3.57
ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	39.89	40.37	38.67	41.1
ค่าความเป็นกรด (มก.KOHต่อมก.น้ำมัน)	1.73	1.72	1.65	1.63

สภาวะในการทดลอง:

การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ เมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที กำลังไฟ 90 วัตต์ ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน

ตารางที่ 4.3 สมบัติของไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบไมโครเวฟที่เวลาต่างๆ

เวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)	10	20	30	40
ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลบ.ซม.)	0.8800	0.8786	0.8693	0.8686
ค่าความหนืด (เซนติสโตก)	3.265	3.112	3.054	2.990
ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	40.27	38.67	40.55	40.48
ค่าความเป็นกรด (มก.KOHต่อมก.น้ำมัน)	1.73	1.65	1.61	1.73

สภาวะในการทดลอง:

การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ เมื่ออัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอล 1 ต่อ 6 กำลังไฟ 90 วัตต์ ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน

ตารางที่ 4.4 สมบัติของไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบไมโครเวฟที่อัตราส่วน KOH ต่างๆ

ปริมาณ KOH (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำมัน)	0.25	1.50	1.00
ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลบ.ซม.)	0.8966	0.8820	0.8786
ค่าความหนืด (เซนติสโตก)	5.148	4.604	3.112
ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	38.67	39.30	41.93
ค่าความเป็นกรด (มก.KOHต่อมก.น้ำมัน)	1.96	1.88	1.65

สภาวะในการทดลอง:

การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ เมื่ออัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอล 1 ต่อ 6 เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที กำลังไฟ 90 วัตต์

ตารางที่ 4.5 สมบัติของไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบไมโครเวฟที่กำลังไฟต่างๆ

กำลังไฟ (วัตต์)	90	320	360
ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลบ.ซม.)	0.8786	0.9050	0.8693
ค่าความหนืด (เซนติสโตก)	3.112	3.093	3.499
ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	37.73	37.87	38.67
ค่าความเป็นกรด (มก.KOHต่อมก.น้ำมัน)	1.65	1.59	1.63

สภาวะในการทดลอง:

การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ เมื่ออัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอล 1 ต่อ 6 เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมัน

น้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยวิธีให้ความร้อนแบบทั่วไปนำมาทดสอบสมบัติพบว่า ค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.8702 ถึง 0.8992 และ ค่าความหนืดอยู่ในช่วง 3.143 ถึง 6.619 เซนติสโตก ซึ่งลดลงเมื่อเทียบกับน้ำมันสบู่อำเริ่มต้น ค่าความร้อนอยู่ในช่วง 37.30 ถึง 40.35 เมกะจูล มีค่าเพิ่มขึ้นจากน้ำมันสบู่อำเริ่มต้น จากการทดสอบสมบัติของไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองในสภาวะต่างๆ ให้ค่าดังตารางที่ 4.6 4.7 4.8 และ 4.9

ตารางที่ 4.6 สมบัติของไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบทั่วไปที่อัตราส่วน โดยโมลน้ำมันต่อ เมทานอลต่างๆ

อัตราส่วน โดยโมลน้ำมันต่อเมทานอล	1:4.5	1:5	1:6	1:12
ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลบ.ซม.)	0.8763	0.8755	0.8779	0.8697
ค่าความหนืด (เซนติสโตก)	3.410	3.263	3.130	3.025
ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	38.35	38.77	37.74	41.71
ค่าความเป็นกรด (มก.KOHต่อมก.น้ำมัน)	1.80	1.68	1.71	1.68

สภาวะในการทดลอง:

การให้ความร้อนแบบทั่วไป เมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน

ตารางที่ 4.7 สมบัติของไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบทั่วไปที่เวลาต่างๆ

เวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)	10	20	30	40
ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลบ.ซม.)	0.8797	0.8779	0.8656	0.8698
ค่าความหนืด (เซนติสโตก)	3.263	3.130	3.101	3.017
ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	40.09	37.74	40.89	40.51
ค่าความเป็นกรด (มก.KOHต่อมก.น้ำมัน)	1.75	1.71	1.69	1.70

สภาวะในการทดลอง:

การให้ความร้อนแบบทั่วไป เมื่ออัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอล 1 ต่อ 6 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน

ตารางที่ 4.8 สมบัติของ ไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบทั่วไปที่อัตราส่วน KOH ต่างๆ

ปริมาณ KOH (เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำมัน)	0.25	1.50	1.00
ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลบ.ซม.)	0.8933	0.8782	0.8779
ค่าความหนืด (เซนติสโตก)	5.132	4.612	3.130
ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	36.71	36.94	37.74
ค่าความเป็นกรด (มก.KOHต่อมก.น้ำมัน)	1.99	1.84	1.71

สภาวะในการทดลอง:

การให้ความร้อนแบบทั่วไป เมื่ออัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอล 1 ต่อ 6 เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

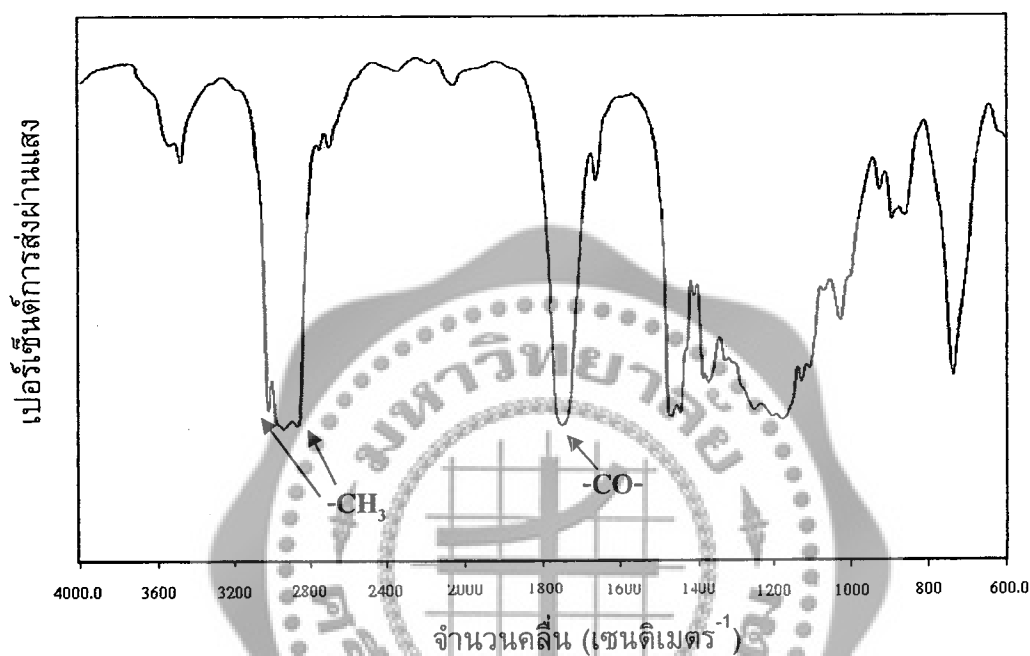
ตารางที่ 4.9 สมบัติของ ไบโอดีเซลที่ให้ความร้อนแบบทั่วไปที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	50	60	70	80
ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลบ.ซม.)	0.8747	0.8779	0.8752	0.8733
ค่าความหนืด (เซนติสโตก)	3.360	3.130	3.093	3.043
ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	36.71	36.94	37.74	41.25
ค่าความเป็นกรด (มก.KOHต่อมก.น้ำมัน)	1.68	1.71	1.61	1.65

สภาวะในการทดลอง:

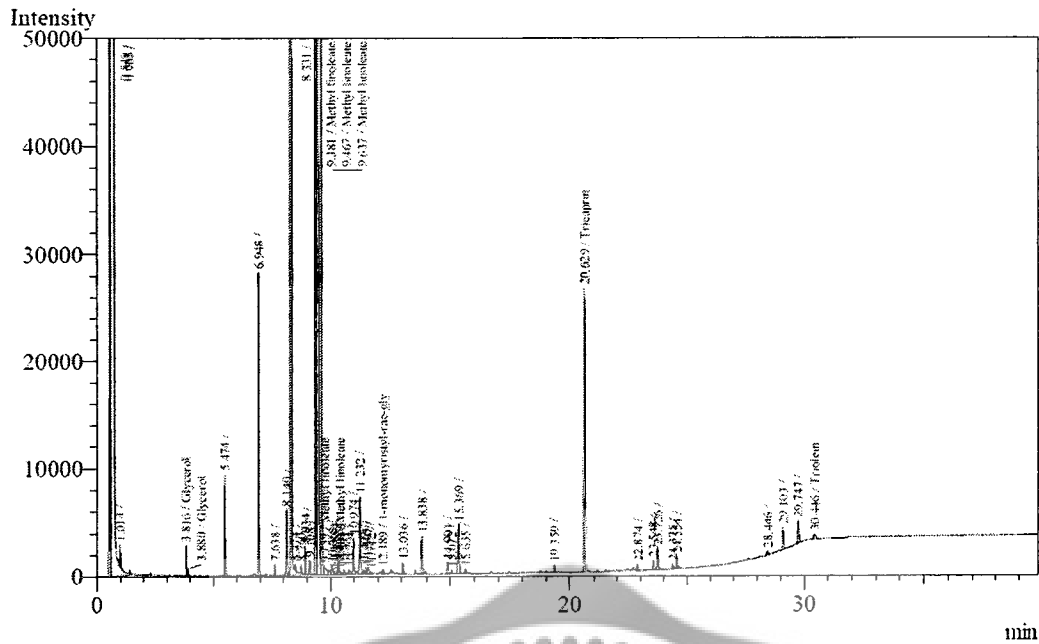
เมื่ออัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอล 1 ต่อ 6 เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมัน

ไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำที่ใช้ KOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อนำมาวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง FTIR ให้ผลดังรูป 4.8 จากรูปที่ 4.8 พบว่ามีพีคที่ 1742.21 เซนติเมตร⁻¹ ซึ่งแสดงถึงหมู่คาร์บอนิลของเอสเทอร์ และพีคที่ 2843.35 และ 2924.49 เซนติเมตร⁻¹ แสดงถึงหมู่เมทิล (CH_3) ที่เกาะกับหมู่คาร์บอนิล ซึ่งเป็นการยืนยันว่าเกิดเมทิลเอสเทอร์



รูปที่ 4.8 FTIR ของไบโอดีเซลตัวอย่างสังเคราะห์จากน้ำมันสบู่ดำ เมื่ออัตราส่วนโดยโมล น้ำมันต่อเมทานอล 1 ต่อ 6 เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที กำลังไฟ 90 วัตต์ ที่ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักน้ำมัน

รูปที่ 4.9 แสดงโครมาโตแกรมของไบโอดีเซลของน้ำมันสบู่ดำเมื่อใช้ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน ที่อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 เมื่อใช้แหล่งความร้อนแบบทั่วไปที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากรูปที่ 4.7 พบว่า โครมาโตแกรมที่ได้รีเทนชันที่ 5.475 ถึง 9.921 นาที เป็นเวลารีเทนชันของสารประกอบเมทิลเอสเทอร์ ในขณะที่เวลา 10.069 ถึง 15.372 จะเป็นเวลารีเทนชันของโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์มีเวลารีเทนชัน ที่ 23.550 ถึง 24.560 นาที และไตรกลีเซอไรด์มีรีเทนชัน ที่เวลา 28.439 ถึง 30.461 นาที โดยสังเกตความสูงของพีคไตรกลีเซอไรด์ที่มีค่าน้อยแสดงถึงปริมาณไตรกลีเซอไรด์ที่เหลืออยู่ในตัวอย่างน้ำมันน้อยลงด้วย



รูปที่ 4.9 โครมาโตแกรมของไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่อัดที่สังเคราะห์โดยใช้ปริมาณ KOH 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน ที่อัตราส่วน โดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 เมื่อใช้แหล่งความร้อนแบบทั่วไปที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการวิจัยนี้เป็นการเตรียมไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำและเมทานอล เมื่อใช้ KOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล คือ อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1 ต่อ 6 ที่ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็น 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักน้ำมัน เมื่อให้ความร้อนในไมโครเวฟใช้เวลา 20 นาที ที่กำลังไฟ 90 วัตต์ เมื่อให้ความร้อนแบบทั่วไปจะใช้เวลา 40 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาการเตรียมไบโอดีเซลในระบบต่อเนื่อง

5.2.2 ควรศึกษาการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็งและการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรดชนิดต่างๆ แทนการใช้ KOH



เอกสารอ้างอิง

- [1] Buffler, C. R. (1993). *Microwave cooking and processing*. Engineering Fundamentals for the food Scientist. Van Nostrand Reinhold. New York
- [2] Felizardo, P., Correia, M. J. N., Raposo, I., Mendes, J. F., Berkemeier R. and Bordado, J. M. (2006) Production of biodiesel from waste frying oils, **Waste Management**, 26(5), 487-494
- [3] Lertsathapornsuk, V., Ruangying, P., Pairintra, R. and Krisnangkura, K. (2005) **Continuous Transesterification of Vegetable Oils by Microwave Irradiation** การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1 11-13 พฤษภาคม 2548 โรงแรมแอมบาสเดอร์ ซิตี้ จอมเทียน จังหวัดชลบุรี
- [4] Marchetti, J. M., Miguel V. U. and Errazu A. F. (2007) Possible methods for biodiesel production, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 11(6), 1300-1311
- [5] Meher, L.C., Sagar, D. V. and Naik, S.N. (2006) Technical aspects of biodiesel production by transesterification, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 10(3), 248-268
- [6] www.wmrc.uiuc.edu/main_sections/tech_assist/small-scale-biodiesel.pdf
- [7] www.biodiesel.org/pdf_files/fuelfactsheets/prod_quality.pdf
- [8] <http://aopdm02.doe.go.th/black%20oil%201.html> สืบค้นวันที่ 3 มิถุนายน 2549
- [9] http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/pep_2_2546_microwave.pdf. สืบค้นวันที่ 1 พฤศจิกายน 2549.
- [10] ชาคริต ทองอุไร, สันหทัย กลิ่นพิกุล, จรัญ บุญกาญจน์, และ พิมพรรณ เกียรติชิมกุล. (2544) การผลิตไบโอดีเซลจากผลผลิตปาล์มน้ำมัน. **วารสารสงขลานครินทร์**, 23, 831-841
- [11] เจนวิทย์ โสภารัตน์, อนเนก ภู่อานงค์, จิรเดช นากเงินทอง, กิตตินันท์ อ้นนานนท์, เอกรัตน์ ไวยนิตย์ (2005) การศึกษาอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการสกัดน้ำมันสบู่ดำด้วยเครื่องหีบน้ำมันสกรูเดี่ยวขนาดกำลังการผลิต 50 – 70 กิโลกรัมเมล็ดต่อชั่วโมง, โครงการสัมมนาวิชาการ เรื่อง “การประชุมวิชาการสบู่ดำแห่งชาติ ครั้งที่ 1” สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 29 – 30 พฤษภาคม 2550, 165-172
- [12] ปัญญา เผ่าจำเริญ. น้ำมันสบู่ดำกับเครื่องยนต์ดีเซล. **วารสารพืชเศรษฐกิจพันธุ์ใหม่**. 12-30.

- [13] ชินนทัต สีนประเสริฐโชค. (2549). การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันทานตะวันโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตเป็นตัวกลาง. วิทยานิพนธ์ มหาบัณฑิต. วิศวกรรมเคมี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ – สกุล (ภาษาไทย) นาย สิทธีนนท์ ท่อแก้ว

(ภาษาอังกฤษ) Mr Sittinun Tawkaew

รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ (ถ้ามี)

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้สะดวกพร้อมโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

ผศ. ดร. สิทธีนนท์ ท่อแก้ว

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ถนน รังสิต-นครนายก อำเภอ องครักษ์ จังหวัด นครนายก 26120

โทรศัพท์ 037-322-608

โทรสาร 037-322-608

e-mail: sittinun@swu.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี สาขาวิชา วท.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปี ที่สำเร็จ 2535

ปริญญาโท สาขาวิชา วศ.ม. (วิศวกรรมเคมี) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปี ที่สำเร็จ 2539

หัวข้อวิทยานิพนธ์ที่ทำ A High Alumina Ceramic Filter for Bioseparation

ปริญญาเอก สาขาวิชา PhD (Applied Chemistry) Tohoku University, Sendai Japan

ปี ที่สำเร็จ 2545

หัวข้อวิทยานิพนธ์ที่ทำ Preparation of Semiconductor/Layered Compound Nanocomposites and Their Photocatalytic Activity for Water Pollution Control

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

Photocatalytic Reaction, Hydrothermal Synthesis, Kinetic Modeling, Ceramic membrane, solid-liquid separation, ethanol fermentation

การพิมพ์วิจัยในวารสารในประเทศ

1. สิทธิพันธ์ ท่อแก้ว, การเตรียมซีโอไซด์และโซดาไลต์จากดินขาว, วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2547, 56-60
2. ความดี เรืองสุข, วิวิริยะ มะเดชะ, สิทธิพันธ์ ท่อแก้ว, การตกตะกอนอนุภาคอะลูมินาในชุดตกตะกอน, วารสารวิชาการวิศวกรรม พลังงานและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 1 พฤษภาคม 2548 ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2548, 73-78
3. สิทธิพันธ์ ท่อแก้ว, อภิวัฒน์ พิทักษ์วงศ์, ศักดิ์ศิริ วงษ์ตั้ง, การเตรียมซีโอไซด์เอบนตัวรองรับดินขาว, วารสารวิชาการวิศวกรรม พลังงานและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 พฤศจิกายน 2548 ถึง เมษายน พ.ศ. 2549, 52-58
4. ปิยพงษ์ พรหมสาดี, มนัสชัย เพชรเมือง, จรัญ นัฏรมานพ, สิทธิพันธ์ ท่อแก้ว, การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงที่มีแกนกลางเป็นแม่เหล็ก, วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 61, เมษายน - กรกฎาคม 2550
5. ผ่องศรี ศิวราศักดิ์, สิทธิพันธ์ ท่อแก้ว, การศึกษาการหมักแบบต่อเนื่องสำหรับการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล, วารสารวิจัยและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ฉบับที่ 1, 10(1), 1-12
6. สิทธิพันธ์ ท่อแก้ว, การปรับปรุงตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงด้วยกระบวนการไมโครเวฟ, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 หน้า 78 มกราคม - มิถุนายน 2550

การพิมพ์วิจัยในวารสารต่างประเทศ

1. Tawkaew S., Sooknoi T., Jaroenworoluck A., Panyathanmaporn T., Supothina S., A Textile Waste Water Treatment System Using Photocatalytic Reactor and Catalyst Recycle Unit, Materials Science Forum, 544-545, 2007, 5-8
2. A. Jaroenworoluck, T. Panyathanmaporn, B. Soontornworajit, S. Supothina, S. Tawkaew, S. Jiamsakul, T. Sooknoi, Synthesis, Preparation and Catalytic Activities of V-Doped TiO₂ Gel Coating on Porous α -Al₂O₃ Beads, Materials Science Forum, 544-545, 2007, 13-16
3. Thackthay J., Supothina S., Tawkaew S. Preparation and Characterization of Immobilized Titanium Dioxide on Glass Powder, Journal of Solid mechanics and Material Engineering, 1(6), 2007, 806-814
4. Sittinun Tawkaew and Sitthisuntorn Supothina, Preparation of agglomerated particles of TiO₂ and silica-coated magnetic particle, Materials Chemistry and Physics, 108(1), 2008, 147-153

การนำเสนอผลงานผลงานวิจัยระดับนานาชาติ (2007)

1. Sinsupha Chuichulcherm, Sittinun Tawkaew, Pichai Asadamongkon, **Butanol Separation from a Model Fermented Broth Using Simplified Pervaporation Process**, PSU-UNS International Conference on Engineering and Enviroment ICEE-2007, May 10-11, 2007 : Phuket Graceland Resort & Spa, Phuket, THAILAND
2. Sittinun Tawkaew, Sirikul Chunsawang, Sittthisuntorn Supothina, **Improvement of TiO₂ by Microwave Treatment**, PSU-UNS International Conference on Engineering and Enviroment ICEE-2007, May 10-11, 2007 : Phuket Graceland Resort & Spa, Phuket, Thailand

การนำเสนอผลงานผลงานวิจัยระดับชาติ (พ.ศ. 2550)

1. คันธารส จักรตอน, ชิดารัตน์ เต็มผล, สิทธีนันท์ ท่อแก้ว และ สีนสุภา จุ้ยจุลเจิม, การทำถลี เซอรินให้บริสุทธิ์จากผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมการผลิตดีเซลชีวภาพ, การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17 ประจำปี 2550, 29-30 ตุลาคม 2550
2. ศรีัญญา พันปี, สีนสุภา จุ้ยจุลเจิม และ สิทธีนันท์ ท่อแก้ว, การเตรียมตัวกรองเซรามิกด้วยวิธีการอัดรีด, การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17 ประจำปี 2550, 29-30 ตุลาคม 2550
3. พีระพัฒน์ เกษรมาสมณี, สีนสุภา จุ้ยจุลเจิม และ สิทธีนันท์ ท่อแก้ว, การเพิ่มความพรุนของตัวรับรองเซรามิก, การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17 ประจำปี 2550, 29-30 ตุลาคม 2550
4. พงศ์นคร ยางงาม, สีนสุภา จุ้ยจุลเจิม และ สิทธีนันท์ ท่อแก้ว, การเตรียมสารประกอบ H₂Ti₄O₉/Fe ด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน, การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17 ประจำปี 2550, 29-30 ตุลาคม 2550