

## บทที่ 5

### อภิปรายและสรุปผล

#### 5.1 อภิปรายผลการทดลอง

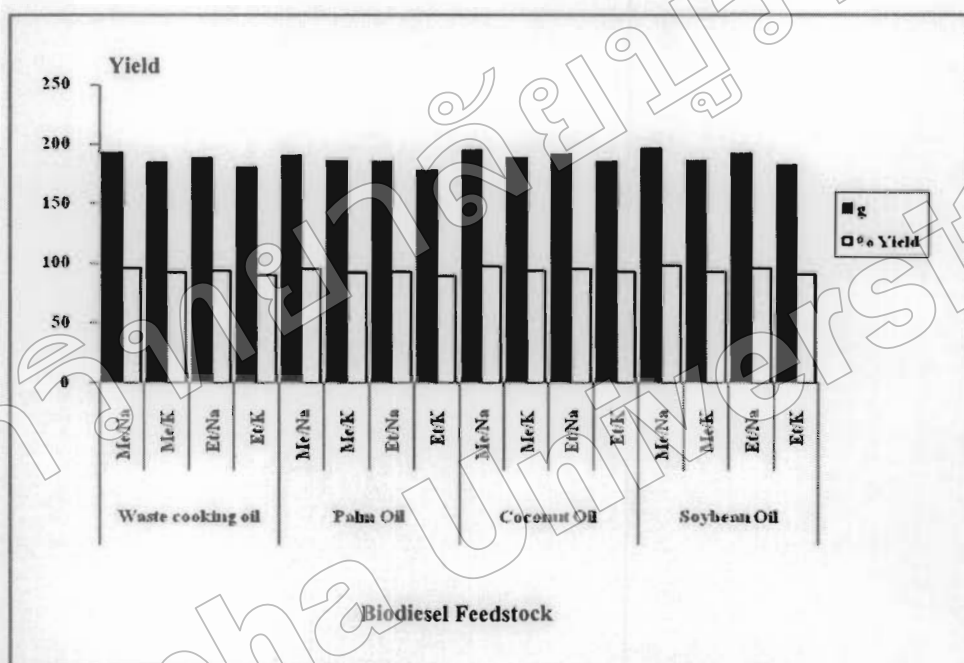
งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบการสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันวัตถุดิบที่มีศักยภาพภายในประเทศ ได้แก่ น้ำมันพืชปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันพืชใช้แล้ว ด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากนั้นทำการทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซลให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดเพื่อนำไปใช้งานต่อไป ซึ่งในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้ คือ การเตรียมน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยา การเตรียมนสารละลายแอลกอฮอล์ (สารเร่งปฏิกิริยา) การทำปฏิกิริยา การแยกกลีเซอริน การล้างสิ่งปนเปื้อนออกและการขจัดน้ำออกขั้นสุดท้าย จากการศึกษาสรุปผลได้ดังนี้

#### 5.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาคือ การใช้น้ำมันวัตถุดิบทำปฏิกิริยากับเมทานอล (Methanol:  $\text{CH}_3\text{OH}$ ) ในอัตราส่วนเชิงโมลของน้ำมันต่อแอลกอฮอล์ที่ใช้คือ 1:6 โดยใช้ด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide:  $\text{NaOH}$ ) 0.5%wt ของน้ำมันบวกกับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์สำหรับทำน้ำมันให้เป็นกลางและจากผลการทดลอง การเปรียบเทียบผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากการทดลองซึ่งใช้วัตถุดิบที่มีศักยภาพภายในประเทศในการผลิตไบโอดีเซล ได้แก่ น้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันถั่วเหลือง พบว่าได้ผลผลิตโดยคิดเป็น ร้อยละของผลผลิตที่ได้ คือ 96.38 95.16 97.50 และ 98.31 ตามลำดับ (ภาพที่ 5.1) โดยวัตถุดิบที่ให้ผลผลิตสูงสุดในการผลิตไบโอดีเซล ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง คิดเป็นร้อยละของผลผลิตที่ได้ คือ 98.31

จากการทดลองพบว่าในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเปรียบเทียบการใช้  $\text{NaOH}$  และเมทานอลทั้งชนิด AR grade และ Commercial grade ในขั้นตอนการทดลองพบว่า น้ำมันถั่วเหลืองจะให้ผลผลิตไบโอดีเซลสูงสุด รองลงมาคือ น้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากในน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ มีกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบต่างชนิดกัน โดยน้ำมันปาล์มมีกรดไขมันอิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ Palmitic acid ซึ่งมีจำนวนคาร์บอน 16 อะตอมโดยมีพันธะเดี่ยวเป็นองค์ประกอบ ( $\text{C}_{16:0}$ ) อยู่ร้อยละ 42.8 น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ Lauric acid มีจำนวนคาร์บอน 12 อะตอมโดยมีพันธะเดี่ยวเป็นองค์ประกอบ ( $\text{C}_{12:0}$ ) อยู่ร้อยละ

46.5 และน้ำมันถั่วเหลืองมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบหลัก คือ Linoleic acid มีจำนวนคาร์บอน 18 อะตอมโดยมีพันธะคู่ 2 ตำแหน่งเป็นองค์ประกอบ (C18:2) อยู่ร้อยละ 53.7 ซึ่งจากการที่น้ำมันถั่วเหลืองมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบหลัก ในขณะที่ น้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบหลักนี้ เป็นผลทำให้น้ำมันถั่วเหลืองซึ่งมีสารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัวอยู่ซึ่งจะเป็นหมู่ฟังก์ชันที่มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าว ที่มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบหลัก



ภาพที่ 5.1 เปรียบเทียบผลผลิตไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้วัตถุดิบชนิดกัน

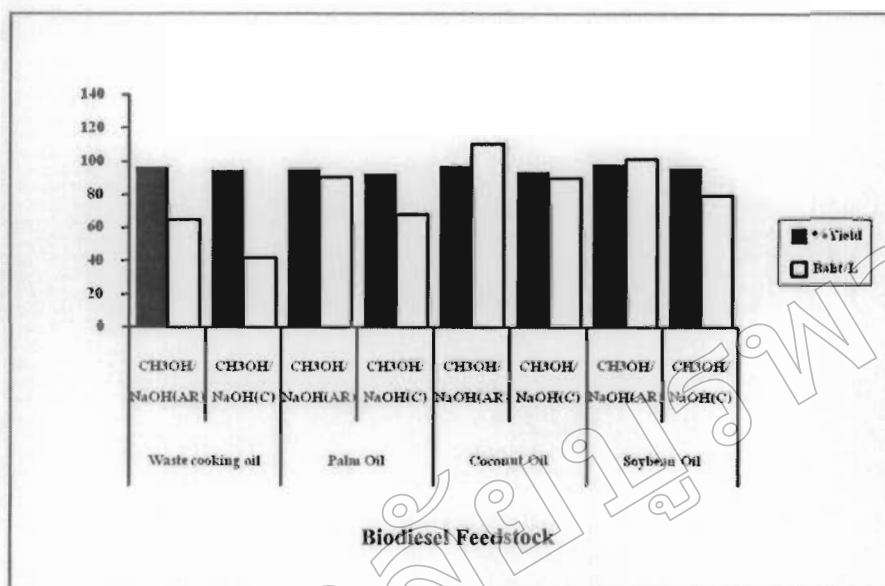
ในด้านของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาแนวทางการผลิตไบโอดีเซลให้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยการศึกษาและเปรียบเทียบดังนี้

5.2.1 เปรียบเทียบการสังเคราะห์ไบโอดีเซลโดยใช้ NaOH และเมทธานอลชนิด AR grade และ Commercial grade ในขั้นตอนการสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าการใช้ NaOH และเมทธานอลชนิด AR grade จะให้ผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้คิดเป็นร้อยละสูงกว่าการใช้ NaOH และเมทธานอลชนิด Commercial grade โดยผลผลิตที่ได้จากน้ำมันวัตถุดิบคือ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะพร้าว น้ำมันพืชใช้แล้ว และน้ำมันปาล์ม ให้ผลผลิตที่ได้คิดเป็นร้อยละ คือ 98.31 97.50 96.38 และ 95.16 ตามลำดับ ในขณะที่การสังเคราะห์

ไบโอดีเซลโดยใช้ NaOH และเมทธานอลชนิด Commercial grade ให้ผลผลิตที่ได้คิดเป็นร้อยละ 96.32 93.72 94.83 และ 92.88 ตามลำดับเช่นเดียวกัน แต่ถึงแม้ว่าไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากการใช้ NaOH และเมทธานอลชนิด AR grade จะให้ผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้คิดเป็นร้อยละสูงกว่าไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากการใช้ NaOH และเมทธานอลชนิด Commercial grade ในทางกลับกันสำหรับไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากการใช้ NaOH และเมทธานอลชนิด Commercial grade จะใช้ต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซล (บาท/ลิตร) ต่ำกว่าไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากการใช้ NaOH และเมทธานอลชนิด AR grade ซึ่งจากการคำนวณต้นทุนไบโอดีเซล (บาท/ลิตร) เบื้องต้น ที่สังเคราะห์ได้จากน้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันมะพร้าว พบว่าอยู่ที่ราคาดังนี้ 41.94 68.65 79.69 และ 90.45 บาท/ลิตร ตามลำดับ ในขณะที่ไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากการใช้ NaOH และเมทธานอลชนิด AR grade พบว่าจากการคำนวณต้นทุนเบื้องต้นอยู่ที่ราคาดังนี้ 101.53 110.64 65.23 และ 91.25 บาท/ลิตร ตามลำดับเช่นเดียวกัน

เปรียบเทียบกับราคาไบโอดีเซลในท้องตลาด ราคาไบโอดีเซล B100 อยู่ที่ 38.89 บาท/ลิตร ราคาไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มดิบ 38.75 บาท/ลิตร ราคาไบโอดีเซลที่ผลิตจากสเดียร์น 34.62 บาท/ลิตร และราคาไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มกึ่งบริสุทธิ์ 40.05 บาท/ลิตร ซึ่งหลักเกณฑ์การคำนวณราคาไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันเป็นไปตามคณะกรรมการบริหารนโยบายพลังงาน (ใช้ในการอ้างอิง วันที่ 16 - 22 กรกฎาคม 2555) โดยปริมาณการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบอยู่ที่ 485,252 ลิตร/วัน ปริมาณการผลิตไบโอดีเซลจาก สเดียร์น 323,299 ลิตร/วัน และปริมาณการผลิตไบโอดีเซลน้ำมันปาล์มกึ่งบริสุทธิ์ 1,246,470 ลิตร/วัน ซึ่งจากการคำนวณราคาค่าต้นทุนเบื้องต้นของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้นี้ พบว่า น้ำมันวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการนำมาสังเคราะห์ไบโอดีเซลมากที่สุด คือ น้ำมันพืชใช้แล้ว ที่ทำการสังเคราะห์ได้จากสารตั้งต้นชนิด Commercial grade เนื่องจากราคาค่าต้นทุนอยู่ที่ 41.94 บาท/ลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับราคาไบโอดีเซลที่ขายในท้องตลาดมากที่สุด โดยราคาไบโอดีเซล B100 ที่ขายอยู่ในท้องตลาดราคา 38.89 บาท/ลิตร

จากการทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้ (วัดค่าบางพารามิเตอร์) ได้แก่ ค่าความหนืด (Viscosity at 40 °C, cSt) ค่าความหนาแน่น (Density at 15 °C, kg/ m<sup>3</sup>) น้ำร้อยละโดยน้ำหนัก (Water, %Wt) และ ค่าความเป็นกรดมิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม (Acid value, mg KOH/g) โดยเปรียบเทียบกับลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2552 ประกาศกรมธุรกิจพลังงานซึ่งพบว่าทั้งไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากด่าง NaOH และเมทธานอลทั้งชนิด AR grade และ Commercial grade มีค่าการทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้



ภาพที่ 5.2 เปรียบเทียบผลผลิตไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จากวัตถุดิบชนิด AR grade และ Commercial grade โดยคิดเป็นร้อยละและราคาต้นทุน(บาท/ลิตร) ที่ใช้ในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล

หมายเหตุ CH<sub>3</sub>OH/NaOH (AR) หมายถึง ไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จาก CH<sub>3</sub>OH และ NaOH ชนิด AR grade

CH<sub>3</sub>OH/NaOH (C) หมายถึง ไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้จาก CH<sub>3</sub>OH และ NaOH ชนิด Commercial grade

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์จากวัตถุดิบที่ใช้เป็นสารตั้งต้นต่างชนิดกัน โดย  
การเปรียบเทียบกับลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของ  
กรดไขมัน พ.ศ. 2552 ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน

| ข้อกำหนดที่ใช้ในการ<br>ทดสอบ        | ค่ามาตรฐานของไบโอดีเซล | ไบโอดีเซล 1 | ไบโอดีเซล 2 |
|-------------------------------------|------------------------|-------------|-------------|
| Viscosity at 40 °C, cSt             | 3.5-5.0                | 3.5-3.8     | 3.5-3.7     |
| Density at 15 °C, kg/m <sup>3</sup> | 0.86-0.90              | 0.87-0.89   | 0.85-0.90   |
| Water, %Wt                          | ไม่สูงกว่า 0.050       | 0.02-0.03   | 0.02-0.03   |
| Acid Value, mg KOH/g                | ไม่สูงกว่า 0.50        | 0.200-0.030 | 0.260-0.300 |

หมายเหตุ ไบโอดีเซล 1 หมายถึง ไบโอดีเซลที่สังเคราะห์จากวัตถุดิบที่ใช้เป็นสารตั้งต้นโดยใช้  
NaOH และเมททานอลชนิด AR grade

ไบโอดีเซล 2 หมายถึง ไบโอดีเซลที่สังเคราะห์จากวัตถุดิบที่ใช้เป็นสารตั้งต้นโดยใช้  
NaOH และเมททานอลชนิด Commercial grade

การทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้ให้เป็นไปตามมาตรฐาน โดยให้  
เป็นไปตามประกาศกรมธุรกิจพลังงานเรื่อง การกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซล

5.2.2 เปรียบเทียบขั้นตอนของการทำปฏิกิริยาในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลที่ได้จาก  
ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยในขั้นตอนของการทำปฏิกิริยา  
ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบการทำปฏิกิริยาโดยการกวนสารด้วย Magnetic bar โดยใช้ความเร็ว  
รอบ 500 รอบ/นาที เปรียบเทียบกับขั้นตอนการทำปฏิกิริยาโดยใช้ระบบการสั่นด้วย Ultrasonic  
ที่ความถี่ 59 kHz และขั้นตอนการทำปฏิกิริยาโดยการกวนสารด้วย Magnetic bar โดยใช้ความเร็ว  
รอบ 500 รอบ/นาที แล้วตามด้วยการทำปฏิกิริยาโดยใช้ระบบการสั่นด้วย Ultrasonic ที่ความถี่  
59 kHz พบว่า ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาโดยการกวนสารด้วย Magnetic bar เป็นขั้นตอนที่ให้ผล  
ผลิตไบโอดีเซลคิดเป็นร้อยละมากที่สุด

5.2.3 ในด้านการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลเบื้องต้นโดยการคำนวณต้นทุนเบื้องต้น (บาท/ลิตร) เพื่อเปรียบเทียบราคา พบว่าการสังเคราะห์ไบโอดีเซลที่ได้จากการใช้ NaOH และเมธานอลชนิด Commercial grade ในขั้นตอนการสังเคราะห์ ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยราคา คือ 41.94 68.65 79.69 และ 90.45 บาท/ลิตร (น้ำมันวัตถุดิบได้จาก น้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันมะพร้าว ตามลำดับ) ซึ่งพบว่ามีราคาถูกกว่ามากถึงแม้ว่า การสังเคราะห์ไบโอดีเซลที่ได้จากการใช้ NaOH และเมธานอลชนิด AR grade จะให้ผลผลิตที่ได้คิดเป็นร้อยละสูงกว่าก็ตามโดยราคา คือ 65.23 91.25 101.53 และ 110.64 บาท/ลิตร (น้ำมันวัตถุดิบได้จาก น้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันมะพร้าว ตามลำดับ)

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาการสังเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่า

5.3.1 การทดสอบคุณสมบัติของไบโอดีเซลได้เลือกทดสอบเฉพาะบางพารามิเตอร์เพื่อความเหมาะสมทางด้านเวลา/ ค่าใช้จ่าย ซึ่งพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการทดสอบ คือ ค่าความหนืด (Viscosity, cSt) ค่าความหนาแน่น (Density,  $\text{kg/m}^3$ ) ร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำ (Water, %Wt) และค่าความเป็นกรดมิลลิกรัม โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม (Acid value, mg KOH/g)

5.3.2 การคำนวณการผลิตไบโอดีเซลเบื้องต้นพบว่าถ้ากำลังการผลิตมีค่าต่ำในความเป็นจริงอาจต้องนำต้นทุนด้านค่าแรงงานมาคำนวณด้วย เนื่องจากเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการผลิตไบโอดีเซลขนาดเล็ก แต่ในทางกลับกันถ้าเปรียบเทียบกับการผลิตไบโอดีเซลขนาดใหญ่ ปัจจัยต้นทุนทางด้านแรงงานจะมีผลน้อยลง