บทที่ 2

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุ

1.1. วัตถุดิบ : เมล็ดยางพาราได้จากทางภาคใต้ของประเทศไทย

1.2. สารเคมี

1.2.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์

1.2.2 เมทานอล

1.2.3 กรดซัลฟิวริก

1.2.4 กรดฟอสฟอริก

1.2.5 เฮกเซน

หมายเหตุ : สารเคมีที่ใช้เป็นเกรดทางการค้า

2. อุปกรณ์

2.1. เครื่องกระเทาะเปลือก

2.2. เครื่องแยกเปลือกและเนื้อในเมล็ดยางพารา

2.3. เครื่องบดละเอียดแบบเกลียวอัด

2.4. เครื่องสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายแบบถังกวน

2.5. เครื่องระเหยตัวทำละลาย

2.6. อ่างน้ำมันควบคุมอุณหภูมิ

2.7. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

2.8. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน

2.9. เครื่องวิเคราะห์การกลั่น

2.10. เครื่องวิเคราะห์จุดขุ่นและจุดไหลเท

2.11. เครื่องวัดความหนืด

2.12. เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ

2.13. เครื่องวัดความชื้น

2.14. เครื่อง Gas Chromatography/Mass Spectrometer (GC/MS)

2.15. เครื่อง Thin Layer Chromatography/Flame Ionization Detection (TLC/FID)

3. วิธีการศึกษา

3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำเมล็ดยางพาราที่คัดเลือกแล้ว (รูปที่ 13) เข้าเครื่องกระเทาะเปลือก (รูปที่ 14) ผ่านการแยกเปลือกและเนื้อในออกด้วยเครื่องแยกเปลือกและเนื้อใน อบเนื้อในเมล็ดยางพาราด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80–100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จึงนำไปบดด้วยเครื่องบดละเอียดแบบเกลียวอัด

รูปที่ 13 เมล็ดยางพารา

รูปที่ 14 เครื่องกระเทาะเปลือกเมล็ดยางพารา

3.2 การสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดยางพาราด้วยตัวทำละลายแบบถังกวน

ชั่งเนื้อในเมล็ดยางพาราที่บดละเอียดแล้วโดยใช้สัดส่วนของเนื้อในเมล็ดยางพาราต่อเฮกเซน 1 : 2 โดยน้ำหนัก นำมาสกัดด้วยตัวทำละลายแบบถังกวน (รูปที่ 15) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปล่อยทิ้งไว้ให้ส่วนที่เป็นของแข็งตกตะกอน 1 คืน นำส่วนที่เป็นของเหลวไประเหยเฮกเซนออกด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย (รูปที่ 16)

รูปที่ 15 เครื่องสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายแบบถังกวน

รูปที่ 16 เครื่องระเหยตัวทำละลาย

3.3 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันเมล็ดยางพาราสำหรับผลิตไบโอดีเซล

นำน้ำมันเมล็ดยางพาราที่สกัดได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและทางกายภาพตามรายละเอียดที่แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

ลำดับ	คุณสมบัติ	อุปกรณ์	วิธีการ	หน่วย
1	จุดวาบไฟ	ชุดอุปกรณ์วัดจุดวาบไฟ	ASTM D 93	°C
2	จุดไหลเท	ชุดอุปกรณ์วัดจุดไหลเท	ASTM D97	°C
3	จุดขุ่น	ชุดอุปกรณ์วัดจุดขุ่น	ASTM D2500	°C
4	ค่าความหนืดที่ 40 °C	เครื่องวัดความหนืด	ASTM D445	Centistokes
5	ค่าความถ่วงจำเพาะที่ 30 °C	เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะแบบ Hydrometer	ASTM D1298	-
6	ปริมาณน้ำมัน	ชุดอุปกรณ์สกัดน้ำมัน	AOAC 1990	%
7	กรดไขมันอิสระ (โอเลอิก)	ชุดอุปกรณ์ไตเตรท	AOCS Ca Method 5a-40	%
8	ปริมาณน้ำ	Karl Fischer Coulometer (รุ่น DL 39)	Typical Standard	%
9	ชนิดกรดไขมัน	GC/MS	Typical Standard	%

3.4 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทด่าง

3.4.1 กระบวนการที่ใช้ในการผลิต การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทด่าง ประกอบด้วยกระบวนการย่อยต่อไปนี้

(1) กระบวนการแยกยางเหนียว

เจือจางกรดฟอสฟอริก 85% ให้มีความเข้มข้น 10% เติมลงไปในน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายโดยใช้กรด 1% โดยน้ำหนักน้ำมัน ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที โดยมีการกวนตลอดเวลา หลังจากนั้นเทใส่กรวยแยก ล้างด้วยน้ำอุ่น (60 องศาเซลเซียส) เพื่อล้างยางเหนียวหลายๆ ครั้ง

(2) กระบวนการกำจัดกรดไขมัน

ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 30% โดยน้ำหนัก ปริมาณ 2% โดยปริมาตรน้ำมัน ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนสบู่ที่เกิดขึ้นลอยตัวขึ้นมาด้านบนจนหมด ปล่อยให้เย็นแล้วจึงตักออก ตรวจสอบค่ากรดไขมันอิสระหากยังเกิน 1% อยู่ก็เติม โซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปจนกรดไขมันอิสระไม่เกิน 1% ล้างด้วยน้ำอุ่น (60 องศาเซลเซียส)

(3) กระบวนการ transesterification

นำน้ำมันเมล็ดยางพาราที่มีปริมาณกรดไขมันน้อยกว่า 1% ขจัดน้ำออกโดยการให้ความร้อน 120 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 นาที มีการกวนตลอดเวลาเพื่อให้การระเหยของน้ำเป็นไปได้ทั่วถึง ทำปฏิกิริยาด้วยกระบวนการ transesterification แยกกลีเซอรีนออกด้วยกรวยแยก แล้วล้างด้วยน้ำอุ่นหลายๆ ครั้งเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนออก ขจัดน้ำที่เหลือในไบโอดีเซลโดยให้ความร้อนถึงอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น

3.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไบโอดีเซลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทด่าง

(1) ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยา

ใช้น้ำมันเมล็ดยางพาราที่ผ่านกระบวนการตามข้อ 3.4.1 ทำปฏิกิริยา transesterification ที่อุณหภูมิ 60 65 70 75 และ 80 องศาเซลเซียส ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 1% โดยน้ำหนักน้ำมัน สัดส่วนเชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 6 : 1 กวนเป็นเวลา 15 นาที และปล่อยให้เกิดปฏิกิริยานาน 4 ชั่วโมง จึงแยก

กลีเซอรีนออก ผ่านกระบวนการล้างน้ำและขจัดน้ำออก นำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเตอร์ด้วยเครื่อง TLC/FID และคำนวณผลได้ของเมทิลเอสเตอร์

(2) ศึกษาผลของระยะเวลาที่ใช้ในการกวน

ใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาจากข้อ 3.4.2(1) ทำปฏิกิริยา transesterification โดยใช้ระยะเวลาในการกวน 15 30 45 60 75 และ 90 นาที ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 1% โดยน้ำหนักน้ำมัน สัดส่วนเชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 และปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาต่อนาน 4 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเตอร์ด้วยเครื่อง TLC/FID และคำนวณผลได้ของเมทิลเอสเตอร์

3.5 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทกรด

นำน้ำมันเมล็ดยางพาราดิบที่ได้จากกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายแบบถังกวน 50 กรัม ใส่ในขวดฝาเกลียว ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมเมทานอลและกรดซัลฟิวริกที่จะทำการศึกษาลงไป ปิดฝาให้แน่นแล้วแช่ลงไปในอ่างน้ำมันที่มีการควบคุมอุณหภูมิและเขย่าได้ โดยทำการศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการผลิตไบโอดีเซล

3.5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไบโอดีเซลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทกรด

(1) ศึกษาผลของสัดส่วนเชิงโมลเมทานอล

ใช้สัดส่วนเชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 3 : 1 6 : 1 9 : 1 12 : 1 18 : 1 24 : 1 และ 30 : 1 ทำปฏิกิริยา transesterification โดยใช้กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 1% ปริมาตรต่อน้ำหนักน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผ่านกระบวนการล้างน้ำและขจัดน้ำออก นำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเตอร์ด้วยเครื่อง TLC/FID และคำนวณผลได้ของเมทิลเอสเตอร์

(2) ศึกษาผลของระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ใช้สัดส่วนเชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่เหมาะสมจากข้อ 3.5.1(1) ทำปฏิกิริยา transesterification โดยใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 3 6 12 18 และ 24 ชั่วโมง ด้วยกรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 1% ปริมาตรต่อน้ำหนักน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส ผ่านกระบวนการล้างน้ำและขจัดน้ำออก นำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเตอร์ด้วยเครื่อง TLC/FID และคำนวณผลได้ของเมทิลเอสเตอร์

(3) ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ใช้สัดส่วนเชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่เหมาะสมจากข้อ 3.5.1(1) ทำปฏิกิริยา transesterification โดยใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมจากข้อ 3.5.2(2) ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้คือกรดซัลฟิวริกปริมาณ 1% ปริมาตรต่อน้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 80 98 110 และ 120 องศาเซลเซียส ผ่านกระบวนการล้างน้ำและขจัดน้ำออก นำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเตอร์ด้วยเครื่อง TLC/FID และคำนวณผลได้ของเมทิลเอสเตอร์

(4) ศึกษาผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา

ใช้สัดส่วนเชิงโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่เหมาะสมจากข้อ 3.5.1(1) ทำปฏิกิริยา transesterification โดยใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมจากข้อ 3.5.2(2) ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้คือกรดซัลฟิวริกปริมาณ 0.05% 0.1% 1% 5% 10% 15% และ 20% ปริมาตรต่อน้ำหนักน้ำมัน และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมจากข้อ 3.5.1(3) ผ่านกระบวนการล้างน้ำและขจัดน้ำออก นำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเตอร์ด้วยเครื่อง TLC/FID และคำนวณผลได้ของเมทิลเอสเตอร์

3.5.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลชีวภาพ

นำน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากสภาวะที่เหมาะสมจากข้อ 3.5.1 มาวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลชีวภาพตามรายละเอียดของอุปกรณ์และวิธีการที่แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 วิธีวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลชีวภาพ

ลำดับ	คุณสมบัติ	อุปกรณ์	วิธีการ	หน่วย
1	จุดวาบไฟ	ชุดอุปกรณ์วัดจุดวาบไฟ	ASTM D 93	°C
2	จุดไหลเท	ชุดอุปกรณ์วัดจุดไหลเท	ASTM D97	°C
3	จุดขุ่น	ชุดอุปกรณ์วัดจุดขุ่น	ASTM D2500	°C
4	อุณหภูมิการกลั่นเทียบเท่าที่ความดันบรรยากาศ กลั่นได้ร้อยละ 90	ชุดกลั่น ASTM D86	ASTM D86	°C
5	ค่าความหนืดที่ 40 °C	เครื่องวัดความหนืด	ASTM D445	Centistokes
6	ค่าความถ่วงจำเพาะที่ 30 °C	เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะแบบ Hydrometer	ASTM D1298	-
7	ร้อยละเมทิลเอสเตอร์	Thin Layer Chromatography (TLC)	Typical Standard	%
8	กรดไขมันอิสระ (โอเลอิก)	ชุดอุปกรณ์ไตเตรท	AOCS Method Ca 5a-40	%
9	ชนิดเอสเตอร์กรดไขมัน	GC/MS	Typical Standard	%

3.5.3 การปรับปรุงคุณภาพไบโอดีเซลที่ได้

นำน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากสภาวะที่เหมาะสมจากข้อ 3.5.1 มาผ่านกระบวนการกลั่นด้วยชุดกลั่น ASTM D86 เก็บตัวอย่างทุกๆ 10% โดยปริมาตรน้ำมัน นำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลเอสเตอร์ด้วยเครื่อง TLC/FID

3.5.4 ศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา

นำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ (3.1) การสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดยางพาราด้วยตัวทำละลาย (3.2) และการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทกรด (3.5) มาคำนวณราคาต้นทุนไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราโดยพิจารณาเฉพาะต้นทุนผันแปรซึ่งประกอบด้วย ค่าวัตถุดิบ ค่าพลังงาน และค่าแรงงาน โดยใช้โปรแกรม

Microsoft Excel โดยเปรียบเทียบราคาต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราภายใต้เงื่อนไขและสถานะการณ์ต่างๆ ต่อไปนี้

(1) ราคาวัตถุดิบ (เมล็ดยางพารา เฮกเซน เมทานอล กรดซัลฟิวริก น้ำ)

(2) ค่าพลังงาน

(3) ค่าแรง

(4) ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมัน

(5) อัตราการคืนกลับของเมทานอล

(6) ราคากากเมล็ดยางพาราที่ผ่านการสกัดน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดยางพาราด้วยตัวทำละลาย (3.2) และการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทกรด (3.5)