บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 แปลงมะเยาหินที่ทำการศึกษาในโครงการ

แปลงทดลองการศึกษาในโครงการตั้งอยู่ที่ สวนแม่นาป้ากตำบลแม่หอพระ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ประมาณ 100 ไร่ ซึ่งปัจจุบันมีต้นมะเยาหินอายุประมาณ 2-3 ปี ซึ่งสายพันธุ์มะเยาหินจะเป็น Vernicia ***montana*** Lour.ดังแสดงในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1พืชน้ำมันชนิดใหม่ (มะเยาหิน) ที่มีการตัดแต่งกิ่งปลูกที่จังหวัดเชียงใหม่

3.2 อุปกรณ์ และเครื่องมือทดสอบ

3.2.1 เครื่องมือ และสารเคมีในการทดลอง

3.2.1.1 น้ำมันมะเยาหินดิบ (Crude Tung oil)

3.2.1.2 เมทานอล ความบริสุทธิ์ 99% AR1115-G4L จากบริษัท RCI Labscan Limited

3.2.1.3 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 85% บริษัท MERCK Germany

3.2.1.4 สารละลายเฮกเซน(n-Hexane)

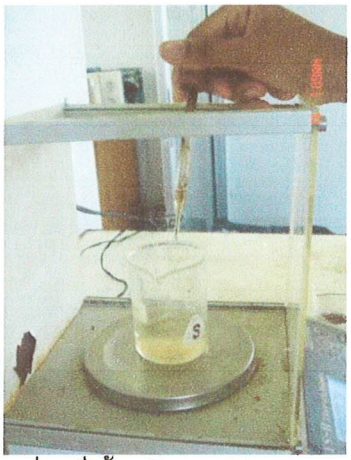
3.2.1.6 กรดซัลฟูริก(H_2SO_4)

3.2.1.7 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

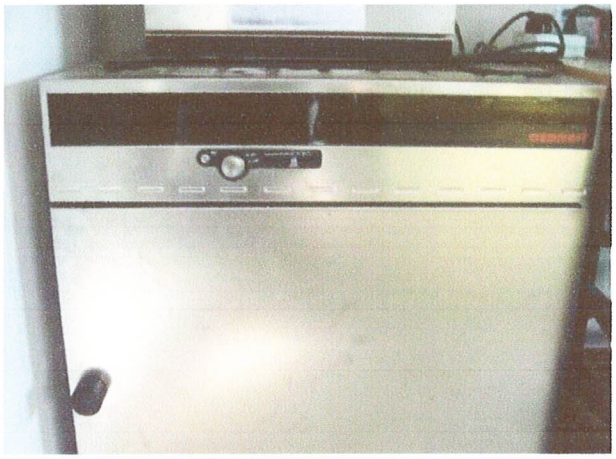
3.2.1.8 เตาอบลมร้อน (Hot Air Oven)

3.2.1.9 เครื่องกวนสารให้ความร้อนนี้ (Hot Plate & Stirred)

3.2.1.10 ชุดกรวยแยกกลีเซอรีน



เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง



เตาอบลมร้อน (Hot Air Oven)

เครื่องกวนสารให้ความร้อน

กรวยแยกกลีเซอรีน (Funnel)

รูปที่ 3.2 ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.2 เครื่องสกัดน้ำมันทางกล และทางเคมี

3.2.2.1 ชุดสกัดน้ำมันทางกล

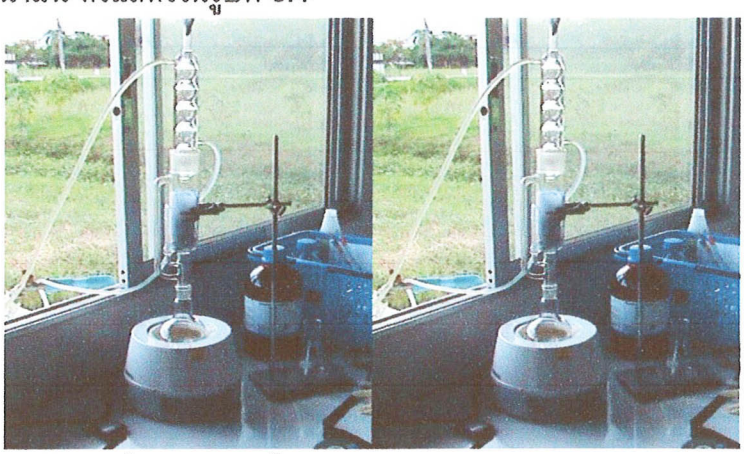
เครื่องหีบสกัดทางกลทั้งแบบสกรูอัดและแบบไฮดรอลิคนี้ สามารถหีบสกัดเมล็ดพืชน้ำมันได้ โดยเมล็ดพืชน้ำมันจะถูกป่อนเข้าในกรวยป้อนหลังจากนั้นจะทำการหีบสกัดผ่านสกรูแล้วหีบสกัดน้ำมันออกมา สำหรับเครื่องแบบสกรูอัด ส่วนเครื่องอัดแบบไฮดรอลิคนี้เมล็ดพืชน้ำมันจะนำไปใส่ในผ้าแล้วใส่ในท่อทรงกระบอกเหล็กแล้วนำไปอัดผ่านไฮดรอลิคเพื่อหีบสกัดน้ำมันออกมา ดังแสดงในรูปที่ 3.3

ก. เครื่องหีบสกัดแบบสกรู ข. เครื่องหีบสกัดแบบไฮดรอลิค

รูปที่ 3.3 เครื่องหีบสกัดน้ำมันทางกล

3.2.2.2 ชุดสกัดน้ำมันทางเคมีด้วยตัวทำละลาย

ชุดสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายจะประกอบไปด้วย ชุดควบแน่น (Condenser) ชุดให้ความร้อนกับตัวทำละลาย พร้อมกับสารเคมี n-Hexane สำหรับใช้เป็นตัวทำละลายเพื่อกลั่นสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชน้ำมัน ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ชุดสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย แบบ Soxhlet

3.2.3 ชุดผลิตไบโอดีเซลด้วยคลื่นอัลตราโซนิค และไมโครเวฟ

3.2.3.1 ชุดกวนผสมและให้ความร้อนด้วยคลื่นอัลตราโซนิค

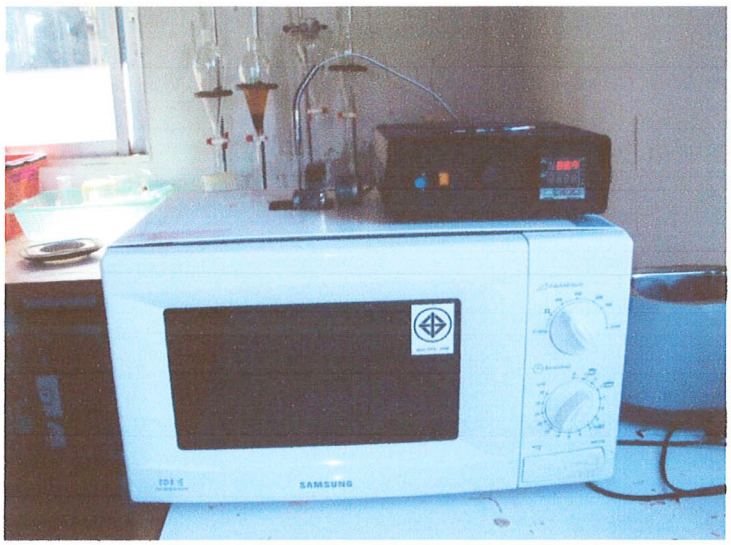
ชุดกวนผสมให้ความร้อนด้วยคลื่นอัลตราโซนิค ยี่ห้อ CT-406 Ultrasonic Cleaner, China ความถี่ 28 kHz กำลังตราโซนิคสูงสุด 50W อุณหภูมิให้ความร้อน 20-80°C

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รูปที่ 3.5 เครื่องอัลตราโซนิคCT-406 ความถี่ 28 kHz กำลังตราโซนิคสูงสุด 50W

3.2.3.2 ชุดกวนผสมและให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ

เนื่องจากไมโครเวฟที่ใช้สำหรับห้องปฏิบัติการนั้นมีราคาสูง โครงการวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้ไมโครเวฟสำหรับครัวเรือน ยี่ห้อ SAMSUNG R-267 ความถี่ 2,450 kHz กำลังไฟฟ้าสูงสุด 800 W โดยนำมาดัดแปลงใส่อุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิเข้าไปเพื่อให้สามารถรักษาอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาได้ ขั้นตอนการดัดแปลงเริ่มจากการนำไมโครเวฟ ทำการถอดฝาครอบตัวเครื่อง และเจาะช่องด้านบน ขนาด 50 x 50 mm. สร้างแท่นยึดเพื่อติดตั้งเทอร์โมคัพเพิลชนิด K แบบมีปลอกหุ้ม เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 mm. และก้านกวน (Stirrer) พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ Digicon Model MD400N เข้าไปแทนตัวตั้งเวลา (Timer Switch) ของตัวเครื่อง พร้อมกับปิดการทำงานของจานหมุน (Turn table)หลังจากดัดแปลงไมโครเวฟเสร็จก็ทำการตรวจสอบรอยรั่วบริเวณรอบแท่นและขอบบานประตู



รูปที่ 3.6 เครื่องไมโครเวฟSAMSUNG R-267ความถี่ 2,450 kHz กำลังตราโซนิคสูงสุด 800W

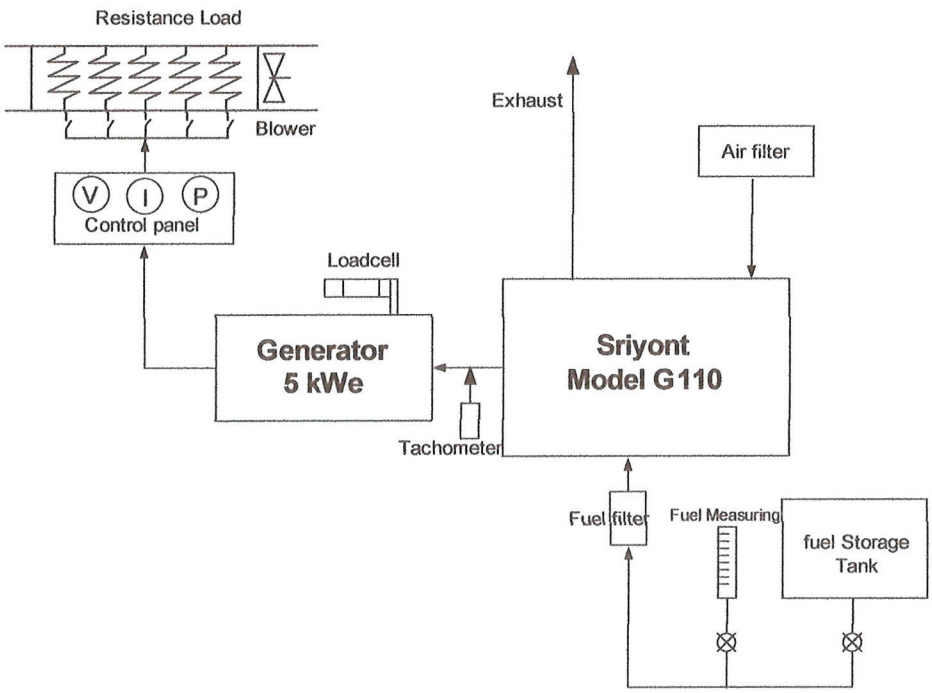
3.2.4 ชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

ชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลเป็นชุดทดสอบสำหรับการวัดหาอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ แรงบิดเครื่องยนต์ กำลังเครื่องยนต์ และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเครื่องยนต์ ซึ่งมีอุปกรณ์ประกอบด้วย คือ เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ชุดภาระโหลด ชุดวัดแรงบิด ชุดวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ และชุดวัดอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง รายละเอียดของอุปกรณ์มีดังนี้

1. เครื่องยนต์ดีเซลใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ขนาด 11hp แบบสูบเดียว ชนิดสูบนอน ยี่ห้อ Sriyont รุ่น G110 ปริมาตรกระบอกสูบ 598cc มีการระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2400rpm
2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ของ Daichi ขนาด 5KW 220/230V ความถี่ 50Hz มีความเร็วรอบการทำงานที่ 1,500rpm
3. ชุดภาระโหลดเป็นฮีตเตอร์แบบครีบทำจาก Tubular Heater ที่ดัดเป็นเส้นตรงและเพิ่มแผ่นครีบกำลังไฟฟ้า 220/230V ขนาด 500W/ตัว ติดตั้งเป็นชุดภาระโหลดทั้งหมด 10 ตัว และใช้พัดลมเป่าการระบายความร้อน
4. ชุดวัดแรงบิดเป็นผลิตภัณฑ์ของ KPT Group รับน้ำหนักสูงสุด 50kg อัตราแรงดันไฟฟ้า 2mV/V และค่าความผิดพลาด 0.02%
5. ชุดวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์จอแสดงผลเป็นแบบดิจิตอล ของ Digiconรุ่น DT2240D หัวอ่านความเร็วรอบ รุ่น PX01 วัดความเร็วรอบอยู่ในช่วง 5-99999rpm มีค่าความคลาดเคลื่อน 0.05%

6. ชุดวัดอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ประกอบด้วย ถังบรรจุเชื้อเพลิง เครื่องชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิงและนาฬิกาจับเวลาโดยเครื่องชั่งน้ำหนักเป็น ผลิตภัณฑ์ของ Jadever สามารถชั่งน้ำหนักได้สูงสุด 1,500g และต่ำสุด 25g ความละเอียด 0.1g ค่าความคลาดเคลื่อน 0.5g เครื่องยนต์ดีเซล

รูปที่ 3.7 ชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก



รูปที่ 3.8 ไดอะแกรมชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซล

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดคุณลักษณะไดนาโม ยี่ห้อ DAICHI

ข้อมูลทางเทคนิค	
รหัสรุ่น	Model DA 5029
ประเทศผู้ผลิต	Japan
กำลังไฟฟ้า	5 KW
แรงดันไฟฟ้า	220V
กระแสไฟฟ้า	22.7 A
ความถี่	50 Hz
ความเร็วรอบสูงสุด	1,500rpm

3.2.5 ชุดวัดมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซล

การทดสอบปริมาณมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก โดยใช้เงื่อนไขการทดสอบเครื่องยนต์ตามมาตรฐาน ตรอ. ของกรมขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม ซึ่งจะศึกษาปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ (Carbonmonoxide; CO) และสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon compound; HC) ทดสอบด้วยเครื่อง Automotive 2Gas Analyzer ยี่ห้อ KOEN รุ่น KEG-200 ดังรูป 3.9 และปริมาณควันดำ (Smoke)ทดสอบด้วยเครื่อง Diesel Smoke Tester ยี่ห้อ HESHBON รุ่น HBN-1500B ดังรูป 3.10

รูปที่ 3.9 เครื่องมือทดสอบและหัวตรวจวัดก๊าซ CO และ HC ยี่ห้อ KOEN

รูปที่ 3.10 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบควันดำ ยี่ห้อ HESHBON

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยของโครงการนี้ อาศัยแนวความคิดเศรษฐกิจพอเพียงของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ซึ่งสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ด้านพลังงานทางเลือกของรัฐบาล ที่จะพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทน เพื่อให้ชุมชนหรือเกษตรกร สามารถที่จะพึ่งพาตนเองด้านพลังงานได้โดยวิธีการดำเนินการวิจัยจะแบ่งเป็นขั้นตอนการศึกษาดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 สำรวจและรวบรวมสายพันธุ์มะเยาหินจากประเทศลาวและประเทศไทย

- **ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจสายพันธุ์มะเยาหินในประเทศลาว และประเทศไทย**

มะเยาหินเป็นไม้ท้องถิ่นที่ปลูกที่ประเทศลาว ยังไม่แน่ใจว่าจะมีเพียงสายพันธุ์เดียวหรือมากกว่า ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงจะทำการสำรวจสายพันธุ์มะเยาหินในประเทศลาว เพื่อศึกษาลักษณะการเพาะปลูก การตลาด และการใช้ประโยชน์ของมะเยาหิน นอกจากนั้นยังทำการศึกษาสำรวจเพิ่มเติมในการปลูกมะเยาหินพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย เพื่อศึกษาศักยภาพ การให้ผลผลิตของมะเยาหิน

ส่วนที่ 2 การศึกษาศักยภาพการให้ผลผลิตและการตอบสนองสภาพแวดล้อมของมะเยาหิน

มะเยาหินที่ปลูกที่ประเทศลาวให้ผลผลิตที่อายุประมาณ 3-4 ปี และมีผลผลิตสูงประมาณ 1,200-1,500 กิโลกรัมต่อไร่ แต่สำหรับประเทศไทยแล้วยังต้องมีการศึกษาการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม ปัจจัยการผลิต การดูแลรักษา การใช้น้ำ การเก็บเกี่ยว และอัตราการให้ผลผลิต ปริมาณน้ำมัน ของสายพันธุ์ต่าง ๆ

- **ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาระยะการปลูกที่เหมาะสม**

ระยะปลูกเป็นปัจจัยในการผลิตชนิดหนึ่ง ในเบื้องต้นจะศึกษาวิธีการปลูกและดูแลรักษาตามการปลูกสบู่ดำ (ชำนาญ ฉัตรแก้ว 2549) ทั้งนี้จะใช้แปลงทดสอบ ที่ได้เริ่มปลูกไว้แล้วมีอายุประมาณ 24-30 เดือน ซึ่งคาดว่าจะให้ผลผลิตในปีนี้ พื้นที่ประมาณ 100 ไร่โดยทำการศึกษาถึงผลของระยะการปลูก ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และสภาพแวดล้อมในแปลงเพาะปลูกมะเยาหิน

- **ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาการจัดการดิน น้ำ โรคแมลง และปุ๋ยเคมี**

การจัดการด้านดิน น้ำ และปุ๋ยเคมี เป็นแนวทางหนึ่งที่จะสามารถเพิ่มผลผลิตได้ โดยในการศึกษาจะทำการศึกษาประเมินการตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีที่อัตราการการใส่ปุ๋ยต่าง ๆอัตราการให้น้ำและระยะเวลาในการให้น้ำ พร้อมทั้งการสำรวจโรค แมลงภายในแปลงเพาะปลูกมะเยาหิน และทำการเก็บตัวอย่างดินในแปลงเพาะปลูกไปวิเคราะห์ธาตุอาหาร และคุณสมบัติของดิน

➢ **ขั้นตอนที่ 4 การศึกษาแนวทางและระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม**

ในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาแนวทางการจัดการเก็บเกี่ยวผลผลิตมะเยาหินจากแปลงสำรวจ และจากการสำรวจข้อมูลในประเทศลาว ซึ่งมีการสุกแก่ที่ไม่พร้อมกัน

<u>ส่วนที่ 3</u> ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลด้วยเทคนิคคลื่นอุลตราโซนิคร่วมกับไมโครเวฟ

➢ **ขั้นที่ 5 การศึกษากระบวนบ่มผลมะเยาหินและกระบวนการหีบสกัดน้ำมัน**

โครงการนี้จะศึกษาการนำเมล็ดมะเยาหินจากต้น โดยนำมาบ่มให้สุก ซึ่งจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการเก็บผลมะเยาหินได้แต่ทั้งนี้จะต้องศึกษาช่วงระยะเวลาในการเก็บให้เหมาะสมเพื่อไม่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันลดลงโดยจะศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรดังนี้

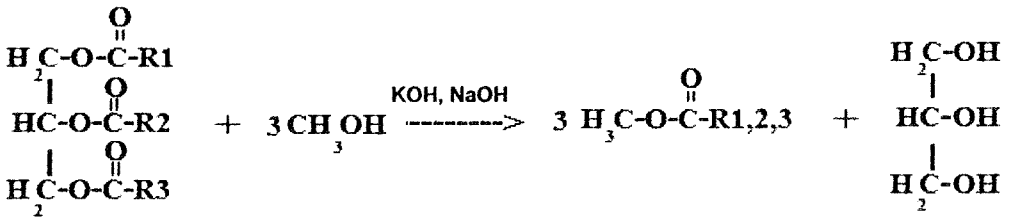
- อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มผลมะเยาหินให้สุก
- ระยะเวลาในการบ่มผลมะเยาหิน
- การเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันและคุณภาพของน้ำมันที่ได้จากการบ่มและไม่บ่มผลมะเยาหิน

ซึ่งขั้นตอนการสกัดน้ำมันจากพืชน้ำมันชนิดใหม่ที่เหมาะสม โดยใช้กระบวนการหีบสกัดเชิงกล ได้แก่ การหีบแบบไฮดรอลิคและการหีบแบบสกรูเพื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดน้ำมันจากเมล็ดมะเยาหิน โดยจะศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรดังนี้

- การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการหีบ แบบไฮดรอลิคและแบบสกรู
- การเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันและคุณภาพของน้ำมันที่ได้จากการสกัดน้ำมัน

➢ **ขั้นที่ 6 การศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันทางเคมีดั้งเดิม และสองขั้นตอน**

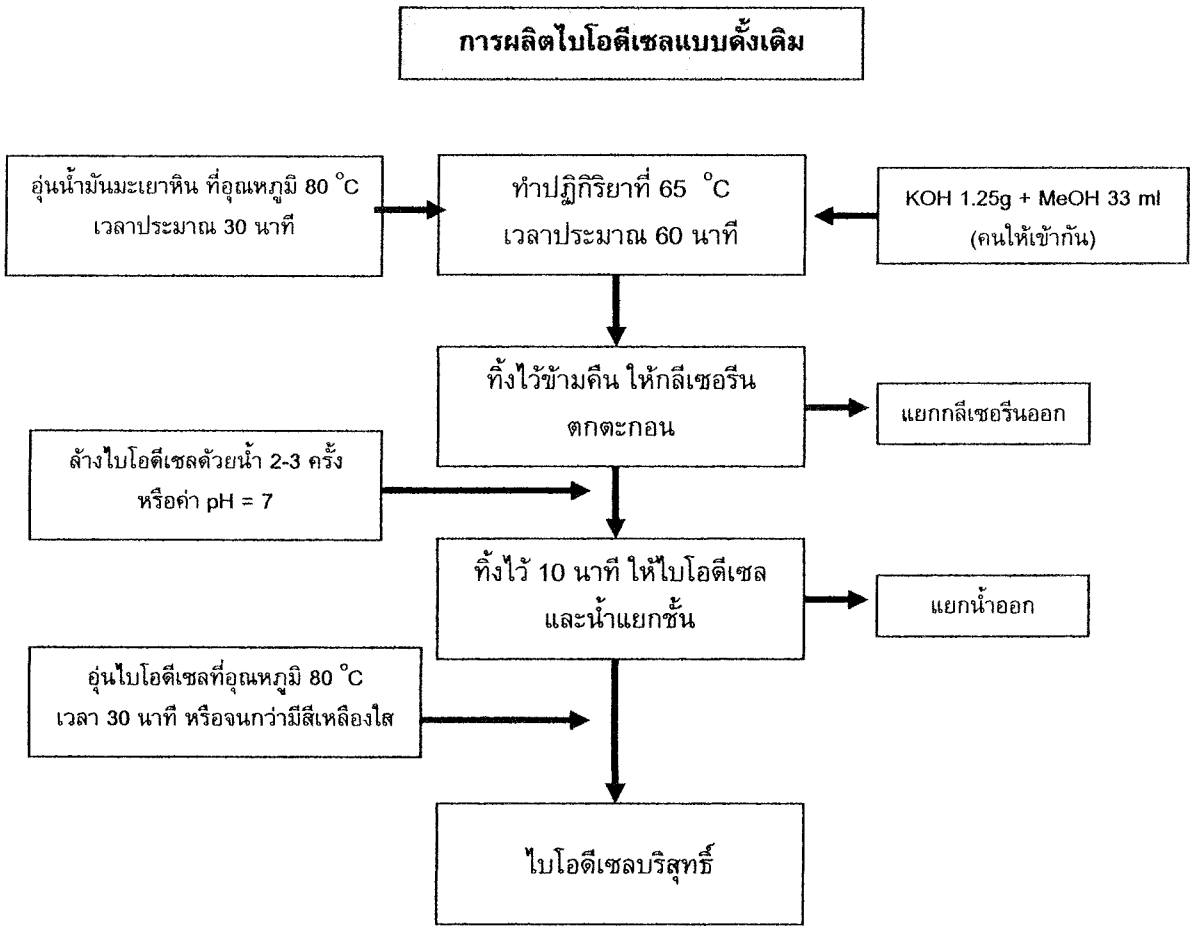
การผลิตไบโอดีเซลจากไขมันพืช (มะเยาหิน) จะใช้กระบวนการแปลงน้ำมันเป็นกรดไขมัน (Fatty acid) จากนั้นแปลงเป็นเอสเตอร์โดยการใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเนื่องจากน้ำมันพืชมีค่า %FFA สูง ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ปฏิกิริยารานเอสเทอริฟิเคชัน

1) การผลิตไบโอดีเซลแบบดั้งเดิม (Conventional Process)

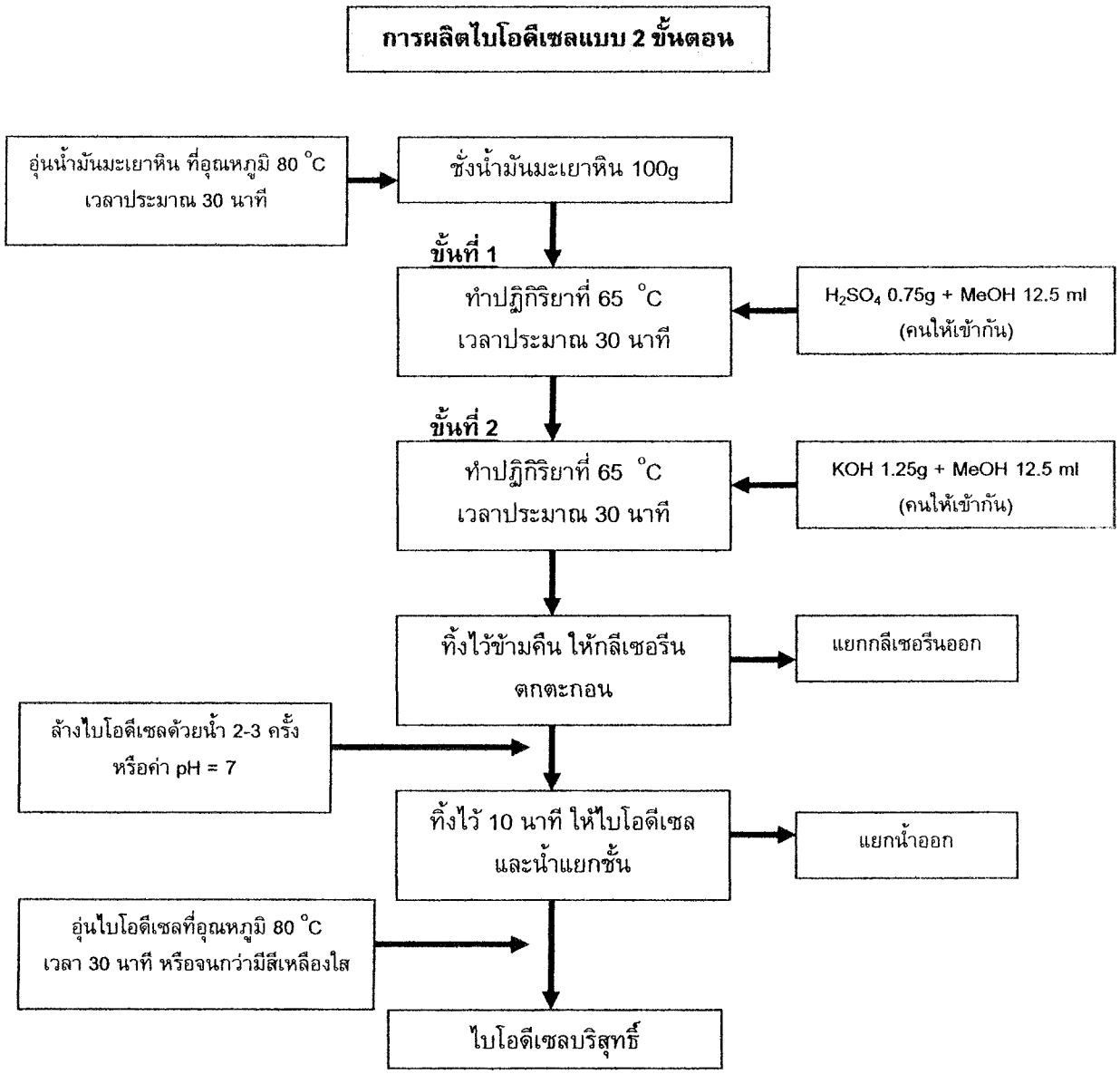
การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะเยาหินด้วยกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิม โดยศึกษาอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันมะเยาหิน (Methanol : Tung oil) ตั้งแต่ 4:1–12:1 และอัตราส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ตั้งแต่ 0.5-2.0% ของน้ำหนักน้ำมัน กำหนดเวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที อุณหภูมิ 65°C และความเร็วรอบปั่นกวน 500 รอบ/นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ข้ามคืนให้กลีเซอรีนตกตะกอน ล้างผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำและต้มไล่น้ำเพื่อให้ได้ไบโอดีเซลบริสุทธิ์ ดังรูปที่ 3.12 นำข้อมูลที่ได้คำนวณหาปริมาณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตต่อไป



รูปที่ 3.12 แผนผังแสดงขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลแบบดั้งเดิม

2) การผลิตไบโอดีเซลแบบ 2 ขั้นตอน

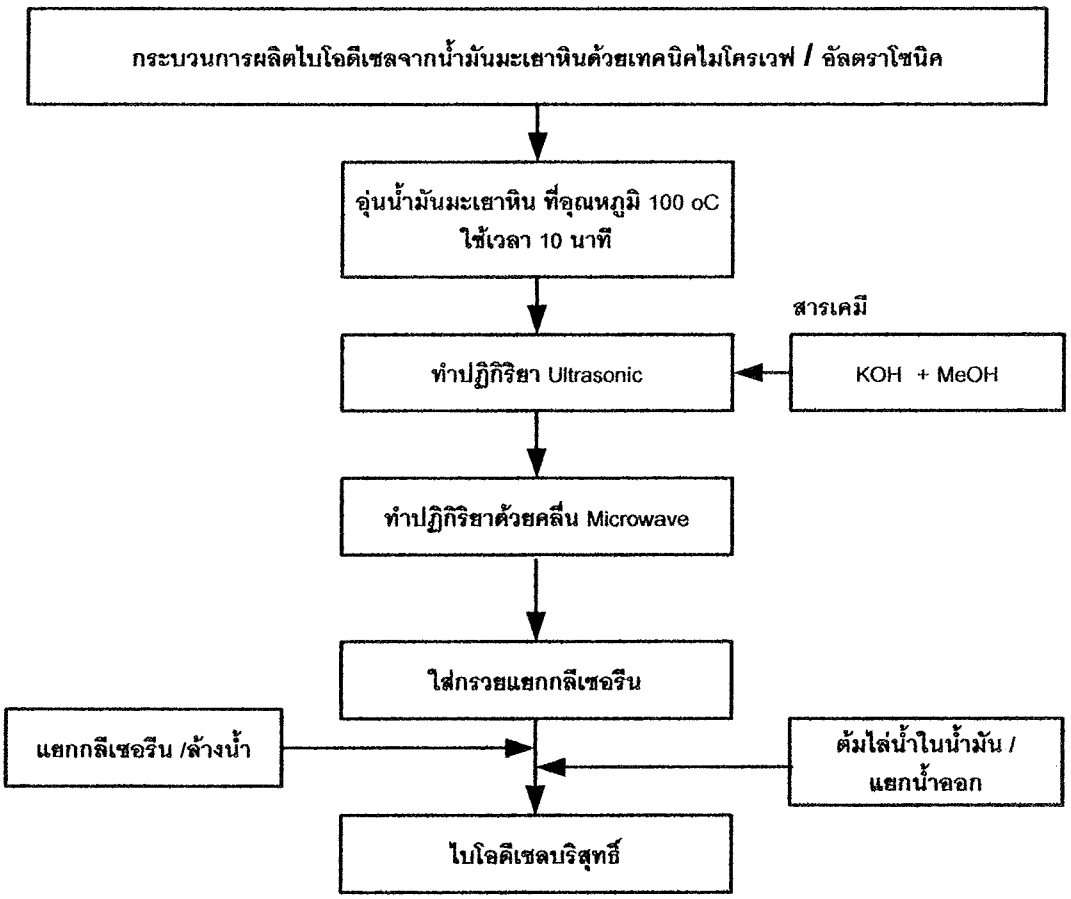
การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะเยาหิน ด้วยกระบวนการผลิตแบบ 2 ขั้นตอน โดยศึกษาอัตราส่วนตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟูริค (H_2SO_4) ตั้งแต่ 0.25-1.25% ของน้ำหนักน้ำมัน กำหนดอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันมะเยาหิน เท่ากับ 6:1 และอัตราส่วนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 1.25% ของน้ำหนักน้ำมัน และกำหนดเวลาในการทำปฏิกิริยารวม 60 นาที อุณหภูมิ 65°C และความเร็วรอบปั่นกวน 500 รอบ/นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ข้ามคืนให้กลีเซอรีนตกตะกอน ล้างผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำและต้มไล่น้ำเพื่อให้ได้ไบโอดีเซลบริสุทธิ์ ดังรูป 3.13 นำข้อมูลที่ได้คำนวณหาปริมาณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตต่อไป



รูปที่ 3.13 แผนผังแสดงขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลแบบ 2 ขั้นตอน

➢ ขั้นที่ 7 การศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันด้วยเทคนิคการใช้คลื่นอัลตราโซนิคร่วมกับไมโครเวฟ

กระบวนการผลิตไบโอดีเซล ด้วยกระบวนการอัลตราโซนิคร่วมกับคลื่นไมโครเวฟ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและเพิ่มปริมาณผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้จากน้ำมันมะเยาหินที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้นและศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ โดยอ้างอิงวิธีการทดสอบตามมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงานเป็นหลัก โดยตัวแปรที่สนใจ ประกอบไปด้วย อัตราส่วนของสารตั้งต้น อุณหภูมิ เวลาของการเกิดปฏิกิริยา และพลังงานที่ใช้ต่อหนึ่งหน่วยกิโลกรัมน้ำมัน



รูปที่ 3.14 แผนผังแสดงขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลแบบอัลตราโซนิคร่วมไมโครเวฟ

1.) การศึกษาอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันมะเยาหินและอัตราส่วนตัวเร่งปฏิกิริยา

ศึกษาอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันมะเยาหินได้แก่ 6:1,7:1, 8:1,9:1, 10:1, 11:1 และ 12:1และศึกษาอัตราส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ได้แก่0.5, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5% ของน้ำหนักน้ำมัน

2.) การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการร่วม

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ด้วยกระบวนการคลื่นอัลตราโซนิคร่วมกับคลื่นรังสีไมโครเวฟ โดยศึกษาผลของกำลัง (อัลตราโซนิคและไมโครเวฟ) และเวลาในการทำปฏิกิริยา

3.) การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากมะเยาหินแบบดั้งเดิม, แบบสองขั้นตอน, แบบแยกส่วน (อัลตราโซนิคและไมโครเวฟ), และแบบกระบวนการร่วม

<u>ส่วนที่ 4</u> ศึกษาผลกระทบเครื่องยนต์และสิ่งแวดล้อมเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากมะเยาหิน

- **ขั้นที่ 8การศึกษาประสิทธิภาพและความทนทานเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันมะเยาหินเป็นเชื้อเพลิง**

การศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากมะเยาหินเป็นเชื้อเพลิง โดยจะทำการทดสอบเพื่อค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง กำลังของเครื่องยนต์ มลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์ กำหนดความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ 1,500 รอบต่อนาที ที่ภาระโหลดทางไฟฟ้าเท่ากับ20%40% และ 60% เพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ ที่ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

- อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
- อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ
- ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์

- **ขั้นที่ 9การตรวจวัดมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล**

การทดสอบปริมาณมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก โดยใช้เงื่อนไขการทดสอบเครื่องยนต์ตามมาตรฐาน ตรอ. ของกรมขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม ซึ่งจะศึกษาปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ (Carbon monoxide; CO) และสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon compound; HC) ทดสอบด้วยเครื่อง Automotive 2Gas Analyzer

➢ ขั้นที่ 10การวิเคราะห์ความทนทานเครื่องยนต์

การประเมินความทนทานของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กกับน้ำมันไบโอดีเซลจากมะเยาหิน ในโครงการวิจัยนี้จะใช้การประเมินจากปริมาณโลหะที่ปนเปื้อนมากับน้ำมันเครื่อง ซึ่งถ้าเครื่องยนต์มีการสึกหรอมาก ก็จะมีปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนออกมามาก โดยเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งวิธีการทดสอบมีขั้นตอนดังต่อไปนี้จัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องยนต์ดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลขนาดเล็ก ภาระโหลดทางไฟฟ้า และอุปกรณ์อื่นที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

1. ทำการถ่ายน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องยนต์ดีเซลใหม่
2. ทำการเดินเครื่องยนต์ที่โหลดทางไฟฟ้าคงที่เท่ากับ 1,500 รอบต่อนาที โดยเดินเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากมะเยาหินอย่างน้อย 100 ชั่วโมง
3. หลังจากเดินเครื่องยนต์แล้วก็ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์หลังจากผ่านการใช้งาน ไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในน้ำมันหล่อลื่น โดยใช้วิธีอะตอมมิคแอบซอร์บชั่นสเปกโทรสปี (Atomic Absorption Spectroscopy, AAS) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ปริมาณ ดีบุก (Sn), เหล็ก (Fe), อลูมิเนียม (Al), โครเมียม (Cr), ตะกั่ว (Pb) และนิกเกิล (Ni)

ส่วนที่ 5 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และค่าความเป็นพิษจากมะเยาหิน

ปัจจัยอย่างหนึ่งที่ต้องให้ความสนใจในการนำมะเยาหินผลิตเป็นน้ำมันนั้น คือ ความเป็นพิษ (Toxicity) ของมะเยาหิน ทั้งนี้เพื่อศึกษาปริมาณสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของมะเยาหิน รวมทั้งสารพิษที่อาจมีในส่วนประกอบมะเยาหิน

➢ ขั้นที่ 11การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ของน้ำมันมะเยาหิน

ภายหลังจากได้น้ำมันไบโอดีเซลแล้วก็จะจากนั้นนำไบโอดีเซลที่ผลิตได้ไป วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพเป็นไปตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน ซึ่งประกาศโดยกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน ปี พ.ศ. 2549 บางประการได้แก่ ค่าความหนืด ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ASTM D445) ความหนาแน่น จุดเทไหล (ASTM D6749) จุดวาบไฟ (ASTM D93) ค่าความร้อน (ASTM D240) ค่าความเป็นกรด (ASTM D664) และปริมาณเถ้า (ASTM D482)โดยจะนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชนที่กำหนดไว้โดยกรมธุรกิจพลังงานและทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันดีเซล โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทรกราฟี(GC-MS)การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมัน และน้ำมันไบโอดีเซลนั้น จะทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ที่กำหนดไว้ในแต่ละพารามิเตอร์ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการส่งตัวอย่างน้ำมันไปทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

1. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตรวจวิเคราะห์ค่า ปริมาณขี้เถ้า (ASTM D2622) เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟและแมสเปกโทรมิเตอร์ (GC-MS)
2. ศูนย์พัฒนาปิโตรเลียมภาคเหนือ กรมพลังงานทหาร ประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ (ASTM D – 1298) จุดไหลเท (ASTM D-6749) จุดขุ่นมัว (ASTM D-6749) จุดวาบไฟ (ASTM D-93) ความหนืด(ASTM D-445) ค่าความเป็นกรด (ASTM D-664)
3. ห้องปฏิบัติการเชื้อเพลิงชีวภาพ ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตรวจวิเคราะห์ค่า ความหนาแน่น (ASTM D44052)
4. ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (ASTM D240)

➢ **ขั้นตอนที่ 12 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสารพิษในมะเยาหิน**

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำส่วนต่าง ๆ ของมะเยาหินไปทดสอบองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณสารเฟอร์บอลเอสเตอร์(phorbol ester) ในห้องปฏิบัติการเคมี ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพ และสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ด้วยเทคนิค HPCL ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ทดสอบสารพิษกับพืชสบู่ดำ (WaledAbdo Ahmed and JumatSalimon, 2009)โดยทำการเก็บตัวอย่างส่งตรวจวิเคราะห์

ส่วนที่ 6 ประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากมะเยาหิน

ปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์จะเป็นตัวกำหนดการส่งเสริมการผลิตมะเยาหิน ซึ่งจำเป็นต้องสามารถแข่งขันกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ ได้ หรืออย่างน้อยต้องแข็งขันกับปาล์มหรือสบู่ดำได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาต้นทุนการผลิตอย่างแท้จริง ตั้งแต่กระบวนการปลูก ดูแลรักษา เก็บเกี่ยว หีบสกัดน้ำมัน ผลิตไบโอดีเซล เพื่อให้ทราบต้นทุนต่อลิตรที่แท้จริง

➢ **ขั้นที่ 13 การวิเคราะห์ทางด้านผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของการปลูกพืชน้ำมันชนิดใหม่**

การที่จะส่งเสริมหรือพัฒนาแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงานจำเป็นต้องทราบต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตน้ำมันโดยจะทำการศึกษา

- ต้นทุนการปลูกต้นมะเยาหินได้แก่ การเตรียมดิน เมล็ดพันธุ์ การปลูก การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว
- ผลผลิตต่อไร่ (กก./ไร่)
- ผลตอบแทนสุทธิ (บาท/ไร่)
- ต้นทุนการสกัดไบโอดีเซลด้วยเทคนิคไมโครเวฟ/อุลตราโซนิค(บาท/ลิตร)

จากผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์จะประเมินต้นแบบกระบวนการผลิตในระดับชุมชนซึ่งในโครงการวิจัยนี้ ได้ทำการประเมินโดยอาศัยข้อมูลต้นแบบระบบผลิตไบโอดีเซลขนาด 1,000 ลิตรต่อชั่วโมง ของโครงการการศึกษาและสาธิตการทดลองผลิตไบโอดีเซลชุมชน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พพ. ปี 2551

ส่วนที่ 7 ศึกษาผลกระทบและผลพลอยได้อื่นจากการปลูกมะเยาหิน

มะเยาหินนอกจากจะให้ผลผลิตเป็นน้ำมันแล้ว ยังสามารถสร้างผลพลอยได้อื่นๆ ที่มีมูลค่า ได้แก่เชื้อเพลิงชีวมวลที่เกิดจากการตัดแต่งกิ่ง เนื่องจากมะเยาหินจะออกลูกที่ยอดดังนั้นจำเป็นต้องมีการตัดแต่งกิ่งนอกจากนั้นแล้วมะเยาหินยังเป็นพืชที่มีใบ ดอกที่สวยงามไม่ผลัดใบในฤดูแล้ง ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะปลูกเป็นไม้ประดับได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งสามารถที่จะประเมินศักยภาพในการลดความร้อนอากาศแวดล้อมได้จากการใช้น้ำของพืช และถ้ามีการส่งเสริมในปริมาณที่มากจะสามารถช่วยลดภาวะโลกร้อนและขายคาร์บอนเครดิตได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 การประเมินปริมาณชีวมวลจากการตัดแต่งกิ่งต้นมะเยาหิน

การประเมินปริมาณชีวมวลจากการตัดแต่งกิ่งจะทำการตรวจวัดปัจจัยต่าง ๆ ประกอบด้วย ขนาดของทรงพุ่มของต้นไม้ ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลาง ลักษณะทรงพุ่ม ระยะการปลูก อายุ และความถี่ของการตัดแต่งกิ่งโดยทำการตรวจคุณสมบัติด้านความชื้นของชีวมวล ทำการประเมินปริมาณชีวมวลที่ได้จากการตัดแต่งกิ่งไม้ต่อไร่ที่ความชื้น 25% และ 50% และทำการเก็บตัวอย่างชีวมวลไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี แบบละเอียด (Ultimate Analysis) และแบบประมาณ (Proximate Analysis) และค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

กรณีที่ 2 การประเมินการลดความร้อนสภาวะอากาศ

การประเมินศักยภาพการลดอุณหภูมิสภาวะแวดล้อมจากการใช้น้ำของมะเยาหินสามารถประเมินได้จาก ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำ โดยขณะที่น้ำกลายเป็นไอจะดึงความร้อนจากอากาศแวดล้อมรอบๆ ต้นไม้ จึงทำให้อุณหภูมิหรือความร้อนรอบๆ ต้นไม้ลดลง สามารถเขียนเป็นสมการโดยเป็นค่าพลังงานที่เปรียบเทียบกับขนาดของพื้นที่ของบริเวณรากพืชรอบต้นไม้ซึ่งในที่นี้จะประเมินให้เท่ากับพื้นที่หน้าตัดของทรงพุ่มต้นไม้

กรณีที่ 3 คาร์บอนเครดิต

"คาร์บอนเครดิต" หมายถึงสิ่งทดแทนการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาผลาญน้ำมันดิบ (Fossil Fuel) ในโรงงานอุตสาหกรรมหรือยานยนต์รวมถึงก๊าซที่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Green House Gas) อันเป็นสาเหตุภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งการปลูกป่าไม้จำนวน2.5 ไร่จะสามารถเก็บคาร์บอนเครดิตได้ 2 ตันเช่นเดียวกันนั้นการปลูกพืชพลังงานมะเยาหิน ซึ่งในงานวิจัยนี้ประเมินหาศักยภาพการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตัน) ของการปลูกพืชพลังงานมะเยาหิน

➢ **โครงการปลูกป่า CDM**

ปัญหาโลกร้อน เป็นภัยอันตรายอย่างใหญ่หลวงต่อมวลมนุษยโลก จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขโดยเร่งด่วน เป็นจุดเริ่มต้นของความร่วมมือกันระหว่างประเทศ ต่อประเทศ ทำให้เกิดการซื้อขายในตลาดคาร์บอนเครดิตจึงทำให้เกิดการแก้ไขสภาวะโลกร้อนด้วยการปลูกป่า และอาศัยประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าไม้

คาร์บอนเครดิตมีการกล่าวถึงในปัจจุบัน คาร์บอนมีการซื้อขายกันในตลาดคาร์บอน และคาร์บอนก็มาจากสารประกอบของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกสำคัญในบรรยากาศ สำหรับทางด้านป่าไม้แล้วคาร์บอนเป็นสารประกอบในเนื้อไม้ที่ได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชที่มีสีเขียวแล้วได้แป้งและน้ำตาลตามส่วนต่างๆ ของต้นไม้และในต้นไม้หรือพืชทุกชนิดจะมีคาร์บอนประกอบอยู่ 50% โดยน้ำหนักแห้ง ดังนั้นเมื่อคิดคำนวณเป็น CO_2 ก็สามารถคิดคำนวณจากคาร์บอนได้ คือ CO_2 มี C และ O ประกอบอยู่ C มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 12 ส่วน O มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 16 เมื่อ O มี 2 อะตอม น้ำหนักโมเลกุลจึงเท่ากับ 16x2 เท่ากับ 32 สารประกอบ CO_2 จึงมีน้ำหนักโมเลกุลรวมกันเป็น 12 + 32 เท่ากับ 44 หน่วยจะเป็นกรัมหรือหน่วยอื่นๆ ก็ได้ อย่างไรก็ตามส่วนมากเป็นหน่วยทางเมตริกซึ่งจะมีหน่วยไปทางเดียวกันคือถ้าน้ำหนักอะตอมของสารประกอบใดใช้เป็นมิลลิกรัม กรัม กิโลกรัมหรือตัน น้ำหนักธาตุอื่นๆ ก็ใช้หน่วยเหมือนกัน สำหรับสัดส่วนระหว่าง CO_2 ต่อ C มีสัดส่วนเป็น 44:12 หรือ CO_2 มีมากกว่า C เท่ากับ 3.6667 เท่า ดังนั้นมวลชีวภาพของไม้ (ทุกส่วนของไม้ เป็นต้นว่า ลำต้น กิ่ง ก้าน ใบ ราก) 1,000 กก จะมี C ประกอบอยู่ 500 กก โดยน้ำหนักแห้งและ C 500 กก เป็น CO_2 เท่ากับ 500x3.6667 เท่ากับ 1,833.35 กก นั่นก็คือเนื้อไม้หรือมวลชีวภาพของพืช 1,000 กก (1 ตัน) น้ำหนักแห้ง มี CO_2 อยู่ 1,833.35 กก (1.83 ตัน) หรือเนื้อไม้ 1 ตัน สามารถดูดซับ CO_2 จากบรรยากาศมาสร้างเนื้อไม้ ได้ 1.83 ตัน ซึ่งเป็นจำนวนไม่น้อยที่พืชสีเขียวช่วยลดก๊าซเรือนกระจกจากบรรยากาศ (CO_2)

คำว่าคาร์บอนเครดิตก็เป็นเครดิตที่ได้จากการรับรองว่าพืชสามารถดูดซับ CO_2 ได้ กี่ตัน CO_2 ใบรับรองเครดิต (certified emissions reduction, CER) 1 ใบหมายความว่าพืชสามารถดูดซับ CO_2 ได้ 1ตัน (ทางด้านป่าไม้) หรือสามารถลดการปลดปล่อย CO_2 ไม่ให้เข้าสู่บรรยากาศได้ 1 ตัน ดังนั้นคาร์บอนเครดิตก็คือเครดิตที่ได้จาก CO_2 นั่นเอง

มะเยาหิน เป็นไม้ยืนต้นที่สามารถนำมาปลูกในพื้นที่ป่าในลักษณะของการปลูกป่าใหม่ (Afforestation) หรือการฟื้นฟูสภาพป่า (Reforestation) เพื่อสามารถเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยลดภาวะโลกร้อน ทั้งนี้โครงการปลูกป่ามีคำนิยามต่างๆ ซึ่งใช้กับโครงการ CDM โดยเฉพาะที่ควรทราบ ดังนี้

- ✓ Forest คือ ป่าที่มีพื้นที่ขนาดระหว่าง 1 ไร่ มีเรือนยอดปกคลุม 30% และต้นไม้มีความสูง 3 เมตร ถ้ามีพื้นที่ขนาดเท่านี้และมีคุณสมบัติดังกล่าว ก็สามารถเรียกได้ว่าเป็นป่าแล้ว
- ✓ Afforestation and Reforestation คือ การปลูกป่าใหม่ในพื้นที่ที่ไม่เคยเป็นป่ามาก่อน ช่วงเวลา 50 ปี และการปลูกป่าขึ้นใหม่ หลังจากป่าถูกทำลายไป ก่อนวันที่ 31 ธันวาคม 2532 (1989)
- ✓ Small-scale afforestation and reforestation projects โครงการปลูกป่าขนาดเล็กที่สามารถดูดซับ CO_2 ได้ไม่เกิน 16,000 ตัน CO_2/ปี โดยไม่จำกัดพื้นที่ว่ามีเท่าไร ตราบที่เข้ากับคำนิยามของป่าแล้ว ความมากน้อยของปริมาณ CO_2 ขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปริมาณน้ำฝน พื้นที่แห้งแล้งต้องใช้พื้นที่มากเพื่อให้ได้ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจก (CO_2) ตามจำนวนที่กำหนด พื้นที่ในป่าเขตร้อนก็สามารถใช้พื้นที่น้อยกว่าเขตที่แห้งแล้ง ต้นไม้ก็สามารถดูดซับCO_2 ได้ 16,000 ตัน/ปี แล้ว

ในการคำนวณการปลดปล่อยหรือเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสาขาป่าไม้นั้น จะคำนวณโดยแบ่งตามลักษณะของกิจกรรมออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

1. การเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของพื้นที่ อันได้แก่ การเก็บกักคาร์บอนอันเนื่องจากการเติบโตของต้นไม้ และการปลดปล่อยคาร์บอนในรูปของการนำเนื้อไม้ไปใช้ประโยชน์
2. การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไปใช้ในกิจการอื่น ๆ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอน
3. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ อันเนื่องมาจากการทำลายป่า
4. การคืนสภาพของพื้นที่ที่ถูกทิ้งร้าง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการเก็บกักคาร์บอน

➢ ลักษณะของโครงการปลูกป่า

สำหรับการปลูกป่า CDM โครงการ CDM ด้านป่าไม้มีทั้งการปลูกป่าขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ โครงการปลูกป่าขนาดเล็กเป็นโครงการที่

- การดูดซับก๊าซ CO_2 ได้ไม่เกิน 16,000 ตัน CO_2 ต่อปี
- ขนาดของพื้นที่ป่าแต่ละโครงการสามารถปลูกเป็นแปลง ๆ และนำปริมาณการดูดซับ CO_2 มารวมกันได้ แต่ต้องไม่เกิน 16,000 ตันต่อ CO_2 ต่อปี
- แต่ละแปลงที่เป็นพื้นที่ปลูกป่าจะต้องมีระยะห่างกันไม่เกิน 1 กิโลเมตร ส่วนการปลูกป่าขนาดใหญ่คือทำการปลูกป่าที่สามารถดูดซับก๊าซ CO_2 ได้มากกว่า 16,000 ตัน CO_2 ต่อปี

➢ **ระยะเวลาการคิดเครดิต**

การคิดเครดิตมีช่วงระยะเวลาการดังนี้

- สิ้นสุดพันธกรณีสมัยแรก 2551-2555 เรียกว่า CER ชั่วคราว (tCERs, Temporary Certified Emission Reductions)
- ถ้ามีสัญญา 30 ปี โดยไม่ต่อสัญญา เรียกว่า CER ระยะยาว (lCERs , Long-term Certified Emission Reductions)
- หรือสัญญา 20 ปี โดยมีการต่อสัญญาได้อีก 2 ครั้ง รวม 60 ปี ก็เป็น lCERs เหมือนกัน

การพิจารณาโครงการ CDM ดำเนินการโดยผู้ที่ได้รับมอบอำนาจเป็นตัวแทนของประเทศ (Designated National Authority, DNA) โดยที่โครงการ CDM จะต้องมีการพัฒนาที่ยั่งยืน

ขั้นที่ 14 เผยแพร่การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากมะเยาหินสู่ชุมชน

ขั้นตอนนี้จะทำการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อที่จะส่งเสริมการผลิตมะเยาหินให้แพร่หลายในประเทศไทย และเผยแพร่กระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากพืชน้ำมัน (ปาล์มน้ำมัน, และสบู่ดำ, มะเยาหิน) ขนาดเล็กพร้อมอุปกรณ์ในการสกัดน้ำมันเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์สาธิตสำหรับชุมชน สาธิตการใช้งานน้ำมันไบโอดีเซลในเครื่องจักรกลเกษตรโดยเชิญตัวแทน อบต.เกษตรกร หน่วยงานราชการ ประมาณ 100 คน