

**การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะเขือเทศด้วยคลื่นอัลตราโซนิคร่วมกับไมโครเวฟ และ
ผลกระทบต่อการใช้งานในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก**
**Transesterification Process of Tung-oil Biodiesel Production by Ultrasonic with
Microwave Irradiation and Its Effects in a Small diesel Engine.**

กิตติกร สาสุจิตต์¹, นิกราน หอมดวง² และ ณัฐวุฒิ ดุษฎี^{1*}

¹ ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² สาขาพลังงานทดแทน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

* ติดต่อ: โทรศัพท์: 053 875 140, โทรสาร: 053 878 333

E-mail: natthawu@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะเขือเทศภายใต้การทำปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันด้วยคลื่นอัลตราโซนิคร่วมกับไมโครเวฟ นำไปทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน ASTM และนำไปทดสอบสมรรถนะและมลพิษในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 11 แรงม้า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ 1500 รอบต่อนาที โดยปรับเปลี่ยนภาระโหลดที่ 1000, 2000 และ 3000 วัตต์ ตามลำดับ เปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ผลการศึกษาพบว่า การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของคลื่นอัลตราโซนิคร่วมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีไมโครเวฟที่อัตราส่วนเชิงโมลของน้ำมันมะเขือเทศ 1 ส่วน ต่อเมทานอล 8 ส่วน โดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งในการทำปฏิกิริยาความเข้มข้นร้อยละ 1.25 โดยน้ำหนัก ทำปฏิกิริยาดังกล่าวด้วยคลื่นอัลตราโซนิคขนาด 50 วัตต์ ที่ความถี่ 28 กิโลเฮิร์ตซ์ เป็นเวลา 15 นาที และให้ความร้อนด้วยรังสีไมโครเวฟ ขนาด 240 วัตต์ เป็นเวลา 2 นาที สามารถเปลี่ยนน้ำมันมะเขือเทศไปเป็นไบโอดีเซลสูงสุดร้อยละ 94.45 โดยน้ำหนัก นอกจากนี้คุณสมบัติของไบโอดีเซล ได้แก่ ความหนืด จุดวาบไฟ จุดหมอกควัน จุดไหลเท ค่าความเป็นกรด และปริมาณเมทิลเอสเทอร์ ผ่านตามมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน ด้านผลกระทบต่อสมรรถนะเครื่องยนต์ พบว่าการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันดีเซล โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.12 ที่ภาระโหลด 3000W ส่วนผลกระทบต่อมลพิษใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล โดยระบบการผลิตไบโอดีเซลด้วยอัลตราโซนิคร่วมไมโครเวฟสามารถลดเวลาในการทำปฏิกิริยาจาก 90 นาที เหลือ 15 นาที ทำให้ช่วยลดการใช้พลังงานทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

คำสำคัญ: มะเขือเทศ, ไบโอดีเซล, อัลตราโซนิคร่วมไมโครเวฟ, ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

Abstract

This paper studied the biodiesel production from *Vernicia fordii* (Hemsl.) by ultrasonic in with microwave process. The physical properties of biodiesel were investigated using ASTM standards. The biodiesel product was fueled in a 11 hp, 1500 rpm small diesel engine for testing term of performance and emission. The engine load was varied from 1000, 2000 and 3000 watt, respectively and comparing its performance to high speed diesel engine.

The results showed that transesterification by ultrasonic in conjunction with microwave irradiation. The molar ratio of methanol to oil is 8:1 and potassium hydroxide catalyst concentration is 1.25 wt.%. Ultrasonic frequency were 28 kHz, 50 watt , 15 min and microwave irradiation were 240 watt, 2 minute. The biodiesel of yields maximum of 94.45 wt.%. The properties of biodiesel are viscosity, flash point, cloud point, pour point, acid value and methyl ester content were investigated and found to meet the standard according to department of energy business. The performance of the engine operated using biodiesel was nearly with diesel and specific fuel consumption rate increase of 21.12% at load engine 3000 watt, emission of gas engine to nearly diesel. Biodiesel production of ultrasonic in conjunction with microwave process could be reduced reaction time from 90 minutes to 15 minutes and its save energy for transesterification reaction.

Keywords: *Vernicia fordii* (Hemsl.), Biodiesel, Ultrasonic in conjunction with Microwave, Transesterification

1. บทนำ

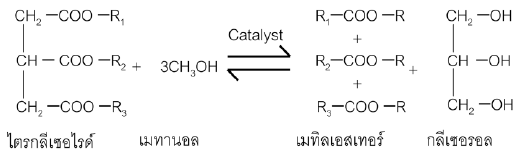
จากสถานการณ์ปัจจุบันที่มีอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ สังคม ที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความต้องการพลังงานมากขึ้นตามไปพร้อมกับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลเริ่มไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน โดยเฉพาะเชื้อเพลิงน้ำมัน ได้แก่ น้ำมันดีเซล ซึ่งนิยมใช้กันในภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง และเครื่องยนต์ทางการเกษตร ด้วยเหตุนี้จึงต้องหาแนวทางในการพัฒนาพลังงานทดแทนจากพืช ได้แก่ไบโอดีเซลจากพืชน้ำมัน เพื่อนำมาทดแทนการใช้ น้ำมันดีเซลในปัจจุบัน

มะเขือหิน หรือสบู่ดำหิน (*Aleurtes fordii* Hemsl.) เป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่ง ที่มีต้นกำเนิดประเทศจีน ปลูกกันในประเทศลาว เวียดนาม และเริ่มมีการเพาะปลูกในประเทศไทย โดยศักยภาพการให้ผลผลิตสูง 2,300-2,500 กิโลกรัมต่อไร่ จากการสำรวจในประเทศ

สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เมื่อเทียบกับสบู่ดำในประเทศไทยให้ผลผลิต 300-500 กิโลกรัมต่อไร่ และ 2,500-3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะการปลูก 4x4 เมตร ตามลำดับ ด้านศักยภาพการให้ปริมาณน้ำมัน พบว่ามะเขือหินให้ผลผลิตน้ำมันร้อยละ 22.16 โดยน้ำหนัก [5] สบู่ดำให้ผลผลิตน้ำมันร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก และปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก [7] ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำมันจากเมล็ดมะเขือหินมีศักยภาพใกล้เคียงกับพืชน้ำมันที่มีการเพาะปลูกในประเทศไทย ประกอบกับไม่ใช่พืชอาหาร ทั้งนี้หากสามารถนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซลใช้งานก็จะได้พืชพลังงานชนิดใหม่

ไบโอดีเซลหรือเมทิลเอสเทอร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ ทำปฏิกิริยากับเมทานอลผ่านกระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 3:1 เพื่อ

ผลิตผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเทอร์ 3 โมล และกลีเซอริน 1 โมล ดังแสดงสมการที่ 1



รูปที่ 1 ปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน
ที่มา : Vicente et al. [12]

กระบวนการผลิตไบโอดีเซลส่วนใหญ่จะใช้ความร้อนโดยตรง ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยานานกว่าการใช้เทคนิคไมโครเวฟ [10] และอัลตราโซนิก ซึ่งเนื่องมาจากไมโครเวฟทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก จึงเกิดการกระตุ้นโมเลกุลของสารโดยตรง ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีอย่างรวดเร็ว [8] ขณะเดียวกันการใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการผสมสารเคมีตั้งต้นการทำปฏิกิริยาระหว่างเมทานอลกับตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้ความถี่ในการผสมสารเคมี จึงทำให้ปฏิกิริยาในการผสมสารเคมีได้ดีกว่าระบบเดิม และลดระยะเวลาผลิตไบโอดีเซลลงเหลือ 5-10 นาที [5] ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้โดยใช้เครื่องไม่เท่ากับร้อยละ 27 โดยน้ำหนัก [11] โดยน้ำมันจะมีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญคือกรด α -eleostearic ประมาณร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก [9] เมื่อนำไปผลิตไบโอดีเซลแบบกระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชันทั่วไป ให้ผลผลิตไบโอดีเซลร้อยละ 91.19 โดยน้ำหนัก [4] กระบวนการสองขั้นตอนให้ผลผลิตร้อยละ 90.2 โดยน้ำหนัก โดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา [9] ซึ่งในการใช้ไบโอดีเซลทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 11 แรงม้า ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดร้อยละ 27.97 และ 27.69 ที่ภาระโหลดสูงสุด 3000W สำหรับไบโอดีเซลจากงาขี้ม้อนและเสาวรสตามลำดับ ส่วนคุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ความหนืด ความหนาแน่น จุดวาบไฟ จุดไหลเท จุดหมอกควัน และค่าความเป็นกรด ผ่านตามมาตรฐานของข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับ

เครื่องยนต์การเกษตร จึงสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์การเกษตรได้ [3] จากการศึกษาวิจัยพบว่าการผลิตไบโอดีเซลด้วยเทคนิคอัลตราโซนิกร่วมกับไมโครเวฟ สามารถลดระยะเวลา และให้ผลผลิตสูงกว่าแบบธรรมดา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาถึงกระบวนการผลิตดังกล่าวโดยใช้น้ำมันจากมะเขือหิน พร้อมทั้งศึกษาผลกระทบของเครื่องยนต์จากการใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันมะเขือหินดังกล่าวด้วย

2. อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ และสารเคมี

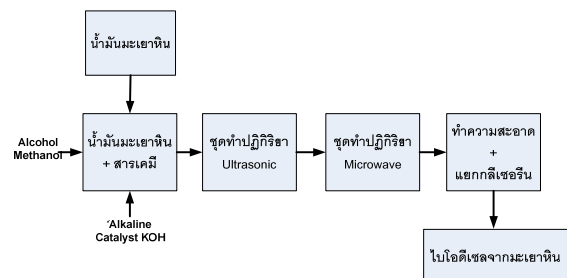
วัตถุดิบหลักสำหรับการผลิตไบโอดีเซลในงานวิจัยนี้ได้แก่น้ำมันมะเขือหิน ซึ่งสั่งซื้อจากประเทศจีน จำนวน 200 ลิตร ส่วนสารเคมีที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลได้แก่ เมทานอลขนาดความเข้มข้นร้อยละ 99.99 (Merck, Germany) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Fluka, Germany)



รูปที่ 1 น้ำมันดิบ และผลมะเขือหิน

2.2 อุปกรณ์ผลิตไบโอดีเซล

อุปกรณ์การผลิตไบโอดีเซลจะใช้แหล่งความร้อนจากไมโครเวฟ รุ่น Samsung R-267 ความถี่ 2,450 kHz 500W และเครื่องอัลตราโซนิก CT-406 ความถี่ 28 kHz 50W



รูปที่ 2 ชุดทดสอบผลิตไบโอดีเซลอัลตราโซนิกพร้อมไมโครเวฟ

2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 การศึกษาอัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อ

เมทานอลที่เหมาะสม

ศึกษาอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อเมทานอลที่ 1:3 – 1:9 โดยใช้อัตราไซคลิกและไมโครเวฟ ทำปฏิกิริยา 10 และ 5 นาที ตามลำดับ

2.3.2 การศึกษาร้อยละน้ำหนักตัวเร่ง

ปฏิกิริยาที่เหมาะสม

ทำการศึกษาร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในช่วงร้อยละ 0.5 – 1.5 โดยน้ำหนักน้ำมัน ที่อัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อเมทานอลที่เหมาะสม

2.3.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของ

กระบวนการผลิตไบโอดีเซลอัลตราไซคลิกร่วมไมโครเวฟ

ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการทำปฏิกิริยาอัลตราไซคลิก 5 – 20 นาที และไมโครเวฟระยะเวลา 0.5 – 3 นาที

2.3.4 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและ

เคมีของน้ำมันไบโอดีเซลจากมะเขายาหิน

ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของน้ำมันไบโอดีเซลจากมะเขายาหิน ประกอบไปด้วยค่าความหนืด ที่ 40°C ASTM D445 จุดวาบไฟ ASTM D93 จุดไหลเท ASTM D97 ค่าความเป็นกรด ASTM D664 และ Fatty Acid Methyl Ester

2.3.5 การศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซล

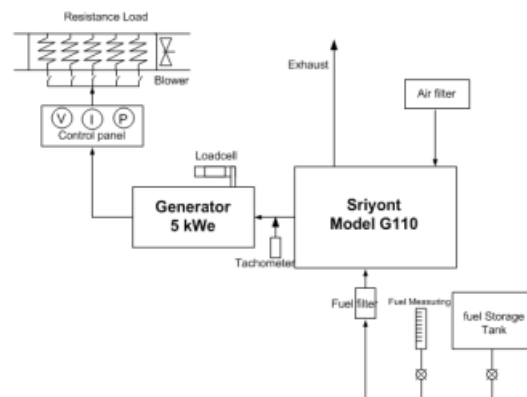
ขนาดเล็กโดยใช้ไบโอดีเซลมะเขายาหิน

ศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลทดสอบขนาดเล็กแบบ 4 จังหวะ สูบเดี่ยวขนาด 11 แรงม้า ติดตั้งร่วมกับชุดกำเนิดไฟฟ้าขนาด 5 kWe แรงดัน 220 V ชุดภาระโหลดฮีทเตอร์ 5 kWe ที่สภาวะรอบเดินเครื่องยนต์คงที่ 1,500 รอบต่อนาที

2.3.6 การตรวจวัดค่ามลพิษไอเสียจาก

เครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากมะเขายาหิน

การตรวจวัดค่ามลพิษไอเสีย จะทำการตรวจวัดปริมาณ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และควันดำ โดยเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล และไบโอดีเซลชุมชน



รูปที่ 3 ชุดเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กสำหรับทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

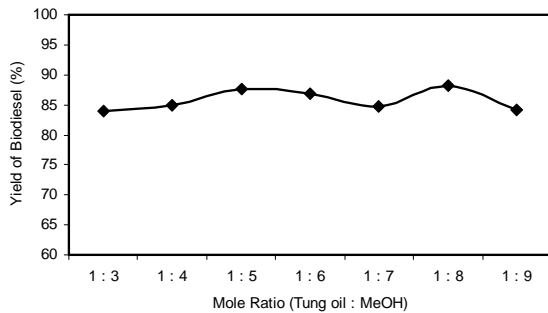
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 การศึกษาอัตราส่วนโดยโมลน้ำมันต่อ

เมทานอลที่เหมาะสม

จากการศึกษาอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อเมทานอล 1:3 1:4 1:5 1:6 1:7 1:8 และ 1:9 โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.25 โดยน้ำหนัก และใช้คลื่นอัลตราไซคลิกขนาดกำลังไฟฟ้า 50W เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นใช้คลื่นไมโครเวฟทำปฏิกิริยาผสมและให้ความร้อนแก่น้ำมันไบโอดีเซลที่กำลังไฟฟ้า 240 W เป็นเวลา

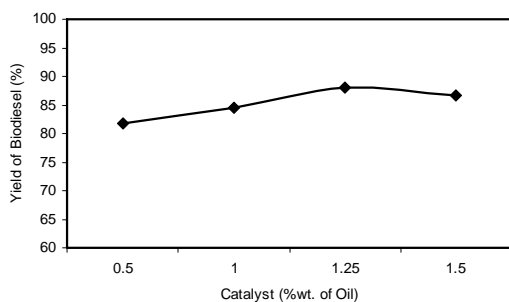
5 นาที พบว่าปริมาณเมทานอลที่เพิ่มขึ้นที่อัตราส่วน 1:8 ส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสมและให้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์สูงสุดร้อยละ 88.21 โดยน้ำหนัก โดยมีค่าความเป็นกรดสูงเล็กน้อย (ASTM D664, <0.5 mgKOH/g) เท่ากับ 0.55 mgKOH/g ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันมะเขือเทศต่อเมทานอล

3.2 การศึกษาร้อยละน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม

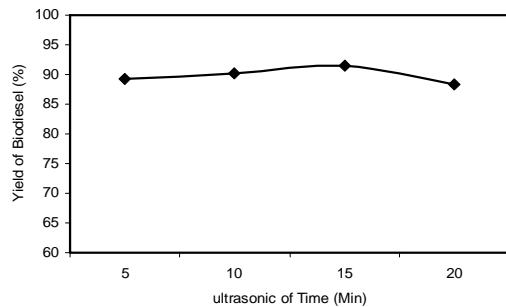
ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยทำการศึกษาร้อยละที่เหมาะสมสำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาในช่วงร้อยละ 0.5–1.0 โดยน้ำหนัก ที่อัตราส่วนน้ำมันต่อเมทานอล 1:8 พบว่าร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น โดยร้อยละ 1.25 โดยน้ำหนัก จะให้ปริมาณผลผลิตไบโอดีเซลสูงสุด 88.06% โดยน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ร้อยละโดยน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสม

3.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการการผลิตไบโอดีเซลอัลตราโซนิกพร้อมไมโครเวฟ

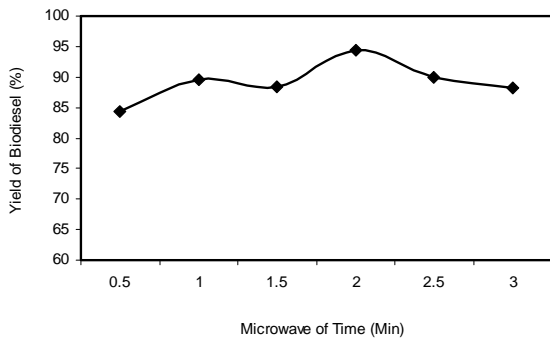
จากผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันของคลื่นอัลตราโซนิกในช่วง 5 - 20 นาที พบว่าระยะเวลาการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพิ่มขึ้น จะให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 88.36 – 91.57% โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ผลของการผสมสารเคมีในการทำปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ที่สุดของคลื่นอัลตราโซนิกขนาด 28 kHz จะต้องใช้ระยะเวลาในการผสมเท่ากับ 15 นาที ซึ่งจะให้ผลผลิตไบโอดีเซลสูงสุดเท่ากับ 91.57% โดยน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 6



Ultrasonic 28 kHz / Microwave 240 W Temp. 60 °C Time 1 Min.

รูปที่ 6 เวลาทำปฏิกิริยาคลื่นอัลตราโซนิกต่อปริมาณผลผลิตไบโอดีเซล

จากระยะเวลาที่เหมาะสมการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ก็จะดำเนินการใช้คลื่นไมโครเวฟในการให้ความร้อน และทำปฏิกิริยาของน้ำมันมะเขือเทศ โดยศึกษาที่ระยะเวลาในช่วง 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 นาที พบว่าเมื่อระยะเวลาการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นแนวโน้มปริมาณผลผลิตไบโอดีเซลก็จะเพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 89.15 – 96.68 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ระยะเวลาที่ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดร้อยละ 94.45 โดยน้ำหนักที่ระยะเวลาทำปฏิกิริยา 2 นาที ดังรูปที่ 7



Ultrasonic 28 kHz Time 15 Min, / Microwave 240 W Temp. 60 °C

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของเวลาทำปฏิกิริยาคลิ้นไมโครเวฟ ต่อปริมาณผลผลิตไบโอดีเซล

3.4 การศึกษาคุณสมบัติน้ำมันไบโอดีเซลจากมะเขายาหิน

ไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันมะเขายาหิน ได้นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติเปรียบเทียบกับมาตรฐานพบว่าค่าความหนืดและจุดวาบไฟยังมีค่าสูงกว่าตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน [1] ทั้งนี้ยังพบว่ามีค่าความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลสูงถึงร้อยละ 98.83 โดยน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 1

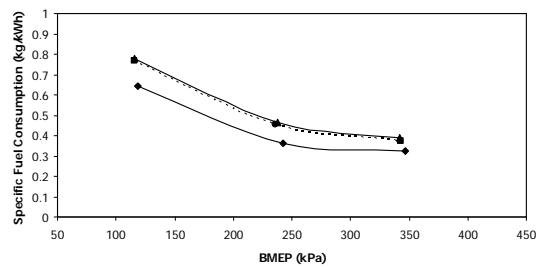
ตารางที่ 1 คุณสมบัติของไบโอดีเซล

Properties	Value of Biodiesel		
	Tung Oil	Standard	Method
Viscosity @ 40 °C (cSt)	7.86	3.5<x>5.0	ASTM D445
Flash point (°C)	196	>120	ASTM D93
Pour point (°C)	-15	<10	ASTM D97
Copper Strip	1b	Number 1	ASTM D130
Acid Value (mg KOH/g)	0.43	<0.50	ASTM D664
Specific Gravity @ 25 °C	0.895	<0.88	Hydrometer
Methyl ester (%wt)	98.83	-	GC-MS
Heating Value (MJ/kg)	42.33	-	ASTM D240
Ash (% wt.)	0.0097	Max 0.02	ASTM D482

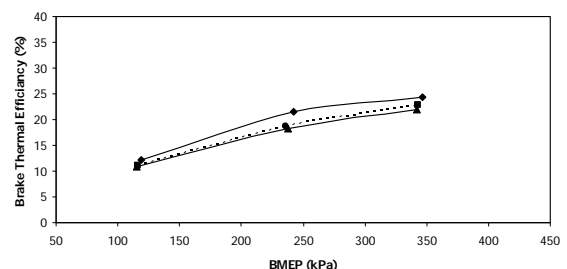
3.5 การศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ใช้ไบโอดีเซลมะเขายาหิน

จากผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 11 แรงม้า ที่รอบเดินเครื่องยนต์คงที่ 1,500 รอบต่อนาที พบว่าเมื่อความดันเบรคเฉลี่ยเพิ่มขึ้น

ส่งผลทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะลดลง โดยไบโอดีเซลชุมชน และไบโอดีเซลจากมะเขายาหิน มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ 0.338-0.779 kg/kWh ซึ่งมากกว่าน้ำมันดีเซล ที่มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ 0.323-0.644 kg/kWh ทุกภาวะโหลด ดังแสดงรูปที่ 8 ในด้านประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ดีเซลพบว่าเมื่อความดันเบรคเฉลี่ยเพิ่มขึ้นแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น โดยที่น้ำมันดีเซลจะให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าไบโอดีเซลชุมชน และไบโอดีเซลจากมะเขายาหินทุกภาวะโหลด ซึ่งประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ดีเซลจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากมะเขายาหิน จะอยู่ในช่วงร้อยละ 11-22 ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 8 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ



รูปที่ 9 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์

3.6 การศึกษามลพิษไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กเมื่อใช้ไบโอดีเซลจากมะเขายาหิน

จากผลการตรวจวัดค่ามลพิษไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากมะเขายาหินที่ภาระโหลดการทำงานเครื่องยนต์ร้อยละ 20 40 และ 60 พบว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของไบโอดีเซลจากมะเขายาหินจะสูงกว่าน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลชุมชนทุกภาระโหลด แก๊สไฮโดรคาร์บอน พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ส่วนปริมาณควันดำตรวจพบเฉพาะการใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ ส่วนไบโอดีเซลพบว่ามีปริมาณควันดำต่ำซึ่งเครื่องตรวจวัดไม่สามารถตรวจพบ อย่างไรก็ตามค่ามลพิษไอเสียดังกล่าวยังมีค่าไม่เกินมาตรฐาน [2] แสดงให้เห็นว่าไบโอดีเซลมะเขายาหินสามารถใช้งานทดแทนน้ำมันดีเซลได้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่ามลพิษไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล

Fuel	Load (%)	CO (%)	HC (ppm)	Smoke (%)
Diesel	20	0.01	1.0	2.0
	40	0.01	2.0	2.6
	60	0.01	3.0	NA
Biodiesel	20	0.01	1.0	0.4
	40	0.01	1.0	NA
	60	0.01	1.0	NA
Tung Biodiesel	20	0.02	1.0	NA
	40	0.02	2.0	NA
	60	0.02	3.0	NA

หมายเหตุ : NA แสดงผลการตรวจวัดไม่พบค่า

4. สรุปผลการทดลอง

การใช้คลื่นอัลตราโซนิคร่วมกับไมโครเวฟ สำหรับการทำให้ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันของการผลิตไบโอดีเซลจากมะเขายาหิน จะช่วยลดระยะเวลาการทำปฏิกิริยาลงจาก 90 นาทีเหลือ 15 นาที โดยมีค่าเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันไบโอดีเซลสูงสุดร้อยละ 98.83 โดยน้ำหนัก ส่วนผลพบต่อเครื่องยนต์ดีเซลพบว่าไม่มีอัตรา

การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงใกล้เคียงไบโอดีเซลชุมชน แต่จะสูงกว่าน้ำมันดีเซล ส่วนมาตรฐานและปริมาณมลพิษไอเสียจากเครื่องยนต์พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกรมธุรกิจพลังงาน และมาตรฐานกรมขนส่งทางบก

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประเภททุนวิจัยนวัตกรรม ประจำปี 2553 ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย แปลงทดสอบการปลูกบ้านแม่เนาปาก ตำบลแม่หอพระ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และหน่วยงานที่ให้ข้อมูลสนับสนุนการวิจัยที่ไม่ได้กล่าวถึง

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมธุรกิจพลังงาน (2552). เรื่องกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ.2552. [ข้อมูลออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.doeb.go.th/index_t.php วันที่ 20 เม.ย.54
- [2] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2535). มาตรฐานคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิด. [ข้อมูลออนไลน์] แหล่งที่มา : http://www.deqp.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=3208&Itemid=53&lang=th วันที่ 28 มิ.ย. 54
- [3] กิตติกร สาสุจิตต์, ณัฐวุฒิ ดุษฎี และนิกราน หอมดวง. (2554). การศึกษาวิธีการสกัดและผลิตไบโอดีเซลจากพืชน้ำมันบนพื้นที่สูงด้วยกระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน. การประชุมวิชาการถ่ายทอดพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

- [4] ณัฐวุฒิ ดุษฎี, อัจฉรา แก้วกล้า, นิกราน หอมดวง, สัมฤทธิ์ อัครปะชะ และณัฐพล อุตเรือน. (2553). รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืช น้ำมันชนิดใหม่ (มะเขยหิน) สำหรับภาคเหนือของประเทศไทย. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (เครือข่ายภาคเหนือ).
- [5] ณัฐวุฒิ ดุษฎี, นิกราน หอมดวง, อุกฤต สมัครสมาน, กิตติกร สาสุจิตต์, อภิชาติ สอนคำกอง, ชยัน สุวรรณ, จุฬารักษ์ มินมุนิน, ชูรัตน์ ธารารักษ์ และสัมฤทธิ์ อัครปะชะ. (2554). รายงานการวิจัยเรื่องศักยภาพในการปลูกมะเขยหินเพื่อควบคุมอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมแบบครบวงจรและการผลิตไบโอดีเซลด้วยเทคนิคไมโครเวฟ/อัลตราโซนิก. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.).
- [6] อุกฤต สมัครสมาน (2552). การผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยกระบวนการคลื่นอัลตราโซนิกร่วมกับคลื่นรังสีไมโครเวฟ. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- [7] ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (2549). รายงานการวิจัยการศึกษาศักยภาพผลผลิตทางการเกษตรเพื่อใช้ในโครงการ Biofuel. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.
- [8] Azcan, N. and A. Danisman. 2008. Microwave assisted transesterification of rapeseed oil. *Fuel* 87:1781-1788.
- [9] Ji-Yeon Park, Deog-Keun Kim, Zhong-Ming Wang, Pengmei Lu, Soon-Chul Park and Jin-Suk Lee. (2008). Production and Characterization of Biodiesel from Tung Oil, *Appl Biochem Biotechnol* 148: 109-117.
- [10] Lertsathopornsuk, V., R. Pairintra, K. Krisanangkura and S. Chindaruksa. n.d. Direct conversion of used vegetable oil to biodiesel and its used as an alternative fuel for compression ignition engine. Available Source: <http://www.energy-based.nrct.go.th/Article/>, July 2, 2007.
- [11] McKinney R.S. and Halbrook N.J.. (1942). *The Processing of Tung Fruit for Oil*. Bureau of Agricultural Chemistry and Engineering. U.S. Department of Agriculture.
- [12] Vicente, G., Martinez, M., and Aracil, J., (2004). "Integrated Biodiesel Production: a Comparison of Different Homogeneous Catalysts Systems". *Bioresource Technology*, Vol.92, pp. 297-305.