

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูง Production of Biodiesel from High Free Fatty Acid Coconut Oil

อณุวัฒน์ ยอดอรุณ, รัตนชัย ไพรินทร² แก้วกันยา สุตประเสริฐ¹

¹สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

²คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 โทร 0-2470-8000 E-mail: auwat007@hotmail.com

Anuwat yodarun, Rattanachai Pairintra² and Kaokanya Sudprasert

Division of Energy Technology, School of Energy Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi,
126 Pracha-uthit Road, Bangmod, Thung Khru District, Bangkok 10140 Thailand Tel: 0-2470-8000 E-mail: auwat007@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อดำเนินการผลิตไบโอดีเซลจากมะพร้าวที่เน่าเสียและเหลือใช้ ที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 0.6 ถึง 7 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำมันที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 5 เปอร์เซ็นต์จะทำกรวดกรดก่อนด้วยกระบวนการเอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้กรดซัลฟิวริก 2.5 เปอร์เซ็นต์โดยมวล และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน คือ 6:1 ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำมาผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันใช้เมทานอลเป็นแอลกอฮอล์ในการทำปฏิกิริยาที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันมะพร้าวเท่ากับ 6:1 ใช้อุณหภูมิทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียสและโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และเวลาในการทำปฏิกิริยา คือ 30, 60, 90 และ 120 นาที เพื่อหาสภาวะที่ทำให้ไบโอดีเซลมีค่าร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์มากที่สุดและมีปริมาณมากที่สุด(%Yield) จากการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 0.6 เปอร์เซ็นต์ คือ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเวลาในการทำปฏิกิริยา คือ 90 นาที ซึ่งได้ปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้คือ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยคุณภาพของไบโอดีเซลที่ผลิตได้นั้นผ่านมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

คำสำคัญ : น้ำมันมะพร้าว, กรดไขมันอิสระ, เมทิลเอสเทอร์

Abstract

The objectives of this research are to produce Biodiesel from coconut scraps that have free fatty acid ranging 0.6% to 7%. Coconut oil that have free fatty acid of 7% is corroded by esterification process by adding 2.5% by mass Sulfuric acid and

6:1 by mole of methanol. The above mixture reacts at 60°C for 30 minutes. Subsequently it is used in biodiesel production through transesterification process by using methanol at the ratio of methanol to coconut oil as a reactant. The temperature of the reaction is at 60°C and Sodium Hydroxyl (NaOH) is used at 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 and 1.0 percent by mole per volume as catalysts. The reaction time is 30, 60, 90 and 120 minutes in order to find the most suitable condition for production the purest and highest volume (%Yield) biodiesel. The results show that the optimum for biodiesel production from coconut oil that have free fatty acid of 0.6 % is Sodium Hydroxyl (NaOH) concentration of 0.6 % by weight of oil and the usage time for reaction is 120 minutes. The biodiesel Yield is 94.5%. and the quality of biodiesel exceeds the standard criteria for community.

Key word : Coconut oil, Free fatty acid, Methyl ester

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการศึกษาถึงพืชน้ำมันเพื่อที่จะนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซล (Biodiesel) ซึ่งเป็นน้ำมันที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล แต่ทำจากพืชหรือไขมันสัตว์ ประเทศไทยสามารถปลูกพืชน้ำมันได้หลายชนิด เช่น ปาล์ม ถั่วเหลือง มะพร้าว ถั่วลิสง สนุ่นตา ละหุ่ง อย่างไรก็ตาม ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมมักประสบปัญหาต่าง ๆ เช่น วัตถุดิบ ปัญหาการเลือกพืชน้ำมันใดมาผลิต ปัญหาความเพียงพอของวัตถุดิบ จึงต้องมีการศึกษาถึงความเหมาะสมของพืชน้ำมันชนิดต่าง ๆ โดยวัตถุดิบที่ดีควรเป็นพืชที่มนุษย์ไม่สามารถบริโภคได้ในการนำวัตถุดิบมาผลิตเป็นไบโอดีเซล[1] ทั้งในเรื่องของเทคโนโลยีและความพร้อมของทรัพยากร เพื่อให้เกิดความเป็นไปได้และคุ้มค่าทาง

เศรษฐศาสตร์สูงสุดในการนำพืชน้ำมันเหล่านี้มาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งในการผลิตต้องศึกษาความเป็นไปได้ ในการนำพืชน้ำมันมาใช้ประโยชน์ไม่ว่าจะเป็นในด้านวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สามารถผลิตเป็นไบโอดีเซล และพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสมเพื่อที่จะส่งเสริมให้เกิดการปลูกเพื่อผลิตไบโอดีเซลในระดับชุมชน

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำน้ำมันจากมะพร้าวเสียซึ่งในปัจจุบันมะพร้าวเสียจะนำไปตากแห้งแล้วนำไปทำอาหารสัตว์หรือทิ้งเป็นขยะโดยไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์มากนักในปัจจุบัน โดยมะพร้าวจะเสียเนื่องจากการป่นเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ภายในลูกมะพร้าวตั้งแต่การเก็บรวบรวมผลผลิตเพราะต้นมะพร้าวมีความสูงในการเก็บรวบรวมจะมีบางส่วนแตกแล้วเน่าเสียและบางส่วนเน่าเสียในระหว่างการผลิตคั้นเป็นน้ำกะทิ และมีราคาซื้อขายมะพร้าวเสียตากแห้งในราคากิโลกรัมละ 7-10 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับ เมล็ดถั่วเหลืองราคากิโลกรัมละ 10-14 บาท ตั้งสิบลูกราคากิโลกรัมละ 10-12 บาทและน้ำมันพืชใช้แล้วราคากิโลกรัมละ 15 บาท[2] จะเห็นว่ามะพร้าวเสียตากแห้งมีราคาถูกกว่าพืชน้ำมันบางชนิดที่สามารถนำไปบริโภคได้และมีปริมาณน้ำมันที่สูงกว่า โดยมะพร้าว 2 กิโลกรัมจะได้น้ำมันมะพร้าวประมาณ 1.2 กิโลกรัมหรือคิดเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ มาผลิตเป็นไบโอดีเซล ซึ่งต้นมะพร้าวนี้สามารถปลูกได้เกือบทุกภาคของประเทศไทย โดยประเทศไทยมีสถิติการผลิตมะพร้าวจากองค์การอาหารและเกษตรกรรมแห่งสหประชาชาติ ใน พ.ศ. 2548 ประมาณ 1,500,000 เมตริกตันปี โดยจะมีมะพร้าวเสียประมาณ 5-8 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 75,000-120,000 เมตริกตันปี และในอนาคตต่ออัตราการผลิตน้ำกะทิมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปีเนื่องจากการบริโภคน้ำกะทิที่เพิ่มขึ้นทั้งในประเทศและร้านอาหารไทยในต่าง

งานวิจัยนี้มุ่งปรับปรุงคุณภาพไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวเสียให้มีคุณสมบัติให้ดียิ่งขึ้นให้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล โดยใช้ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันและทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน(Transesterification)โดยปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิล (OH) ของคาร์บอกซิลิกด้วยหมู่อัลคอกซี(OR)ของอัลกอฮอล์ โดยในงานวิจัยนี้จะใช้กรดซัลฟูริกและเมทานอลเป็นตัวทำปฏิกิริยา ส่วนปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน คือปฏิกิริยาการผลิตเอสเทอร์จากสารตั้งต้นอัลกอฮอล์และไตรกลีเซอไรด์, ไดกลีเซอไรด์หรือโมโนกลีเซอไรด์ โดยในงานวิจัยนี้จะใช้ เมทานอลและโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ภายใต้สภาวะที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อเปลี่ยนเป็น methyl ester หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ไบโอดีเซล” เพื่อขจัดปัญหาความหนืดของน้ำมัน[3]ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในการนำน้ำมันพืชมาใช้ในเครื่องยนต์

2. วิธีการทดลองผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวโดยศึกษาผลของปริมาณกรดไขมันอิสระที่แตกต่างกัน สำหรับมะพร้าวที่ใช้ในการทดลองอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรสงคราม และจากการทดสอบโดยการไตเตรตพบว่าน้ำมันมะพร้าวที่สามารถสกัดได้จะมีค่ากรดไขมันอิสระ 0.6-7% โดยมะพร้าวที่เริ่มเน่าเสียหรือมีกลิ่นเปรี้ยวจะมีค่ากรดไขมันอิสระประมาณ 1-3% และเมื่อมะพร้าวเริ่มเปื่อยจะมีค่ากรดไขมันอิสระประมาณ 4-7% โดยน้ำมันมะพร้าวจะมีมวลโมเลกุล 637.25 g/mol สำหรับการศึกษาลักษณะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวโดยใช้ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันและทรานส์เอสเทอร์ฟิ

เคชันแบบ 1 และ 2 ขั้นตอนนี้ เป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ โดยจะทำการสกัดกรดไขมันอิสระจากน้ำมันมะพร้าว แล้วนำไปใส่น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เพื่อปรับค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ โดยใช้วิธีไตเตรทในการดูค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมัน โดยน้ำมันที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 0.6-3% จะทำการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ส่วนน้ำมันที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 4-7% ต้องทำการลดกรดก่อนโดยกระบวนการเอสเทอร์ฟิเคชัน แล้วนำไปทดสอบค่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์โดยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

2.1 การเตรียมกรดไขมันอิสระจากน้ำมันมะพร้าว

เตรียมโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ละลายใน 80% เอทิลแอลกอฮอล์ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร และผสมกับเอทิลแอลกอฮอล์อีก 400 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 นอร์มัล นำมาผสมกับน้ำมันมะพร้าว 200 กรัม จากนั้นรีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งกวนตัวอย่างด้วย magnetic bar เป็นเวลา 4 ชั่วโมงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเตรียมน้ำมันเพื่อใช้ในการสกัดกรดไขมันอิสระ

ตรวจสอบความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาด้วย Thin layer chromatography (TLC) หรือ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เมื่อไม่พบไตรกลีเซอไรด์แล้ว ให้นำตัวอย่างมาละลายน้ำร้อนให้เข้ากัน เทใส่กรวยแยก เดิมเฮกเซนและเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้จนแยกชั้น เก็บชั้นล่างซึ่งเป็นชั้นน้ำมันสกัดด้วยเฮกเซนอีกครั้งหนึ่ง และนำชั้นน้ำมา acidified ด้วยกรดไฮดรอกจิกที่มี pH เท่ากับ 1 เทใส่กรวยแยก และเติมโทลูอีน เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น เก็บชั้นโทลูอีนไว้หรือชั้นบนมาใส่กรวยแยกและล้างด้วยน้ำอีก 3-4 ครั้ง กรองโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสออก จากนั้นนำไปประเหยโทลูอีนออกด้วยเครื่อง rotary evaporator และเก็บกรดไขมันอิสระของน้ำมันมะพร้าวที่ได้ในขวดสีชา

2.2 การหาปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมัน (%FFA)

- 1 เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.25 N โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 10 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร
- 2 เตรียมฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) ที่ใช้เป็น indicator โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน 2 กรัม ผสมกับ เอทานอล 90% 60 ml แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น
- 3 ทำการชั่งน้ำมันที่เป็นสารตัวอย่าง 7 กรัม ผสมกับตัวทำละลายคือเอทานอลที่ทำให้ร้อนแล้วเป็นปริมาณ 75 ml เดิมฟีนอล์ฟทาลีนปริมาณ 2 ml

4 ทำการไตเตรดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้ในข้อหนึ่งจนกว่าฟีนอล์ฟทาเลิน จะเปลี่ยนเป็นสีชมพูนาน 30 วินาที
5 คำนวณหาปริมาณกรดไขมันอิสระจากสมการ

$$\% \text{free fatty acids} = \frac{V_x N_x 20.0}{g} \quad (1)$$

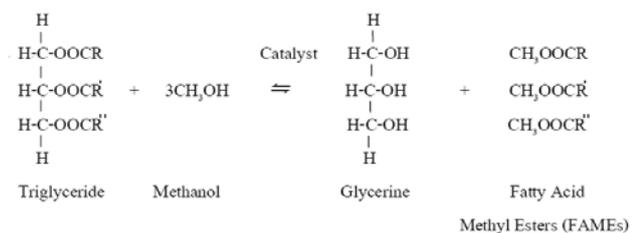
โดย V คือ ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรด
N คือ ความเข้มข้นของ NaOH (0.25N)
g คือ น้ำหนักของน้ำมันที่ใช้

2.3 การทดลองหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และเวลาที่เหมาะสม

การหาระยะเวลาและปริมาณโซเดียมที่เหมาะสมในการการให้ความร้อนเพราะหากให้ความร้อนนานเกินไปอาจทำให้สิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น[4] และอาจทำให้ใช้เวลานานเกินไปทำให้ปฏิกิริยาย่อยกลับ ซึ่งจะให้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีค่าความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์ลดลงและทำให้ได้ปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีค่าลดลง

2.4 การผลิตไบโอดีเซลโดยกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (transesterification)

กระบวนการเคลื่อนย้ายหมู่เอสเทอร์บางครั้งนิยมเรียกว่า แอลกอฮอล์ไลซิส หมายถึง ปฏิกิริยาเคมีระหว่างไตรกลีเซอไรด์ไขมันหรือน้ำมัน (Triglyceride) กับแอลกอฮอล์ เพื่อก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์อัลคิลเอสเทอร์ของกรดไขมันและกลีเซอริน[5] กระบวนการนี้นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางเพื่อปรับปรุงคุณภาพทางเชื้อเพลิงที่พัฒนาจาก ไตรกลีเซอไรด์ให้ดีขึ้นโดยเฉพาะลดค่าความหนืดของเชื้อเพลิงลงในกระบวนการเคลื่อนย้ายเอสเทอร์ส่วนใหญ่จะใช้แอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่คาร์บอนสั้นในการทำปฏิกิริยาดังรูป 2 โดยเฉพาะเมทานอล ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ที่มีข้อได้เปรียบในเชิงพาณิชย์สูง เช่นมีราคาถูก และมีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่เหมาะสม คือ เป็นแอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่สั้นที่สุดและเป็นของเหลวมีขั้วสูงซึ่งช่วยเพิ่มอัตราในการทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ได้มากที่สุด



รูปที่ 2 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification)

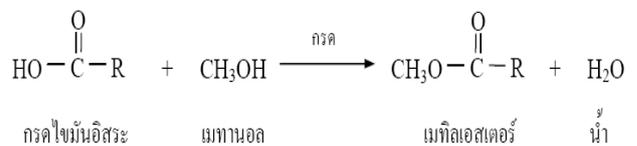
แอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทดลองนี้คือ เมทานอล อัตราส่วน 6:1 โดยโมลและใช้ NaOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาได้ดีและมีราคาถูก โดยจะใช้อุณหภูมิทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 °C ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันจะได้กับน้ำมันที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 0-3% เท่านั้นแต่น้ำมันที่มีค่ากรดไขมันอิสระตั้งแต่ 4% จะต้องทำการลดกรดก่อนโดยกระบวนการเอสเทอร์ฟิเคชันในหัวข้อ 2.5

2.4 การทดลองหาปริมาณกรดไขมันอิสระ

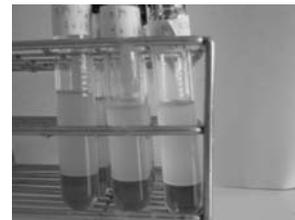
กรดไขมันอิสระเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่างเมทานอลกับน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูง หากใส่กรดไขมันอิสระในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้มีผลในการกัดกร่อนเครื่องยนต์ เพราะกรดไขมันอิสระมีฤทธิ์เป็นกรด อาจมีผลต่อชิ้นส่วนซึ่งเป็นโลหะ[6] เพราะฉะนั้นควรหาเวลาในการทำปฏิกิริยา และปริมาณกรดไขมันอิสระที่เหมาะสมที่สุดเพื่อลดค่ากรดไขมันอิสระ โดยใช้เวลา 60 90 และ 120 นาที และปริมาณกรดไขมันอิสระ 2% 2.5% และ 3% โดยโมล

2.5 กระบวนการเอสเทอร์ฟิเคชัน (Esterification process)

คือ ปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์ โดยการทำให้ปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันอิสระกับแอลกอฮอล์ โดยมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น กรดซัลฟิวริก ที่นิยมใช้กันมาก[7] เป็นต้น ตัวอย่างของปฏิกิริยาเอส-เทอร์ฟิเคชันแสดงไว้ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เอสเทอร์ฟิเคชันของกรดไขมันอิสระ



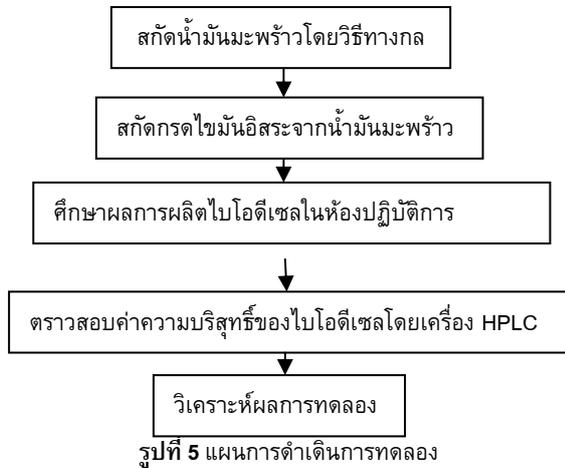
รูปที่ 4 รูปการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน

ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันสามารถใช้ได้กับวัตถุดิบทุกชนิด และค่ากรดไขมันอิสระทุกระดับ สำหรับน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระเจือปนสูง การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันประเภทนี้ สามารถทำได้โดยการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันดังรูปที่ 4 เพื่อกำจัดกรดไขมันอิสระออกจากน้ำมัน ก่อนที่จะนำน้ำมันดังกล่าวไปทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันปกติต่อไป แต่ข้อด้อย คือ ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานาน และใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาสูงกว่าในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน [8] จึงทำให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูงกว่า

2.7 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้ได้ทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้อุณหภูมิ 60 °C และใช้อัตราส่วนเมทานอล 6:1 โดยโมล พิจารณาจากร้อยละผลผลิตและความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งจะศึกษาผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1 % โดยโมล และเวลาในการทำปฏิกิริยา 30, 60, 90 และ 120 นาที ในน้ำมันที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 0.6-3% ส่วนน้ำมันที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 4-7% จะทำการลดกรดโดยใช้กรดซัลฟิวริก 2 MH₂SO₄, 2.5 MH₂SO₄ และ 3 MH₂SO₄ ซึ่งถ้าใช้ปริมาณ H₂SO₄ น้อยกว่านี้จะทำให้ได้ปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีปริมาณน้อย ใช้เวลา 120, 180 และ 240 นาที ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ

60°C และอัตราส่วนเมทานอล 6:1 โดยโมล แล้วนำไปล้างน้ำ และนำไปวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้ด้วยเครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC) ด้วยเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase: isooctane: toluene: acetic acid, 65:35:0.15 v/v) และมีวิธีการทดลองดังรูปที่ 5



3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลองจากการผลิตไบโอดีเซลโดยทำการศึกษา เวลาในการทำปฏิกิริยาและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อหาค่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์และปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้ เพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวที่มีค่ากรดไขมันอิสระต่างๆ

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันมะพร้าว

สมบัติ	มะพร้าว
สี	เหลืองใส
ความหนืด (40°C), mm ² /s	30.94
ความถ่วงจำเพาะ (30°C)	0.920
กรดไขมันอิสระ (ลอริก), %	48.3
ค่าสaponification, mg KOH/g	263.51
ค่าไอโอดีน, g I ₂ /100 g	13.16
ค่าดัชนีซีเทน	64.05
ค่าความร้อนของการเผาไหม้, kJ/kg	37,661
น้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันมะพร้าว, g/mol	637.25

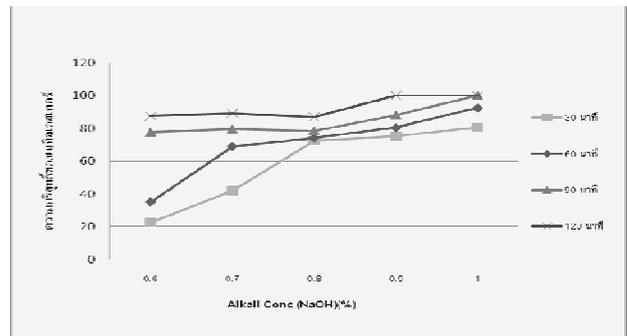
จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าน้ำมันมะพร้าวมีค่าความหนืดสูงถึง 30.94 mm²/s สูงกว่าน้ำมันดีเซล 5 เท่า ซึ่งเป็นไปได้ยากหากใช้น้ำมันมะพร้าวกับเครื่องยนต์โดยตรง เนื่องจากจะเกิดปัญหาที่ระบบหัวฉีด โดยหัวฉีดจะไม่สามารถฉีดเชื้อเพลิงเป็นฝอยละเอียดได้ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และเกิดปัญหาควันดำตามมา ค่าซีเทนซึ่งเป็นค่าการจุดติดไฟและแสดงถึงคุณภาพของน้ำมันนั้น น้ำมันมะพร้าวมีค่า 64.05 ซึ่งมีค่ามากกว่าที่มาตรฐานกำหนดคือ 47 ทำให้มีความปลอดภัยสูงในการขนส่งหรือนำไปใช้งานเนื่องจากติดไฟได้ยาก

3.1 กรดไขมันอิสระ 0.7%

ตารางที่ 2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ %NaOH กับปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้และระยะเวลา

% NaOH	ปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้ (%)			
	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
0.6	82	85	87	88
0.7	93	94.5	94	90
0.8	95	97	97	99
0.9	98	98	96	98
1	95	90	96	91

จากตารางที่ 1 จะพบว่าปริมาณไบโอดีเซล(%yield)จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาและ%NaOH โดยจะมีปริมาณไบโอดีเซลสูงที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH 0.8 % ใช้เวลา 120 นาทีโดยจะมีปริมาณไบโอดีเซล 99% โดยตัวที่ใช้พลังงานต่ำสุดและได้ปริมาณไบโอดีเซลที่สูงคือ ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.9% ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที จะได้ไบโอดีเซล 98%และจะมีปริมาณไบโอดีเซลน้อยเมื่อใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาน้อยไปที่ NaOH 0.6 และ 0.7 % จะได้ปริมาณไบโอดีเซล 82-94.5% เนื่องจากยังทำปฏิกิริยายังไม่สมบูรณ์และจะลดลงเมื่อปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยามากเกินไปที่ 1%NaOH เนื่องจากปฏิกิริยาอาจเริ่มย้อนกลับ



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %NaOH กับค่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ที่เวลาต่างๆ

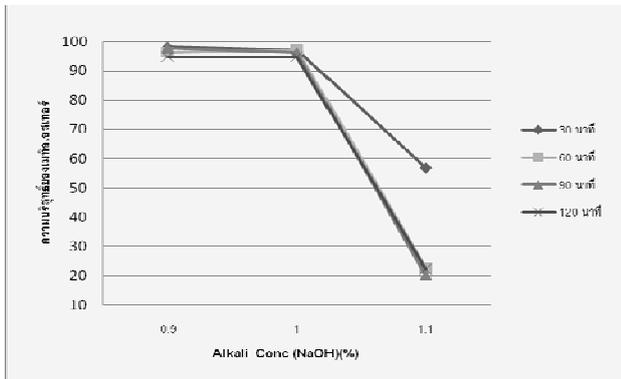
จากรูป 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ต่อการเปลี่ยนปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาไฮดรอกไซด์ แล้วทำการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันแล้วให้ความร้อนที่เวลาแตกต่างกันคือ 30, 60, 90 และ 120 นาที แล้วนำมาทิ้งไว้เป็นเวลา 2 วันน้ำมันจะแยกออกเป็นสองชั้นโดยชั้นบนเป็นเมทิลเอสเทอร์ส่วนชั้นล่างเป็นกลีเซอรินและจากรูปที่ 6 ทำให้ทราบว่าการเพิ่มระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH ค่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาและเวลาที่เหมาะสม ที่จะทำให้ได้ค่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์สูงสุด ใช้เวลาในการให้ความร้อนเหมาะสมที่สุดและได้ 96 %yield คือที่ 1%NaOH และใช้เวลาในการให้ความร้อน 90 นาทีซึ่งจะได้ค่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ 99% ซึ่งเป็นใช้พลังงานในการให้ความร้อนต่ำสุดและได้ค่าความบริสุทธิ์สูง

3.2 กรดไขมันอิสระ 3.46%

ตารางที่ 3 ตารางแสดงความสัมพันธ์%NaOH กับปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้และระยะเวลา

% NaOH	ปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้ (%)			
	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
0.9	88	89	79	79
1	96	97	98	98
1.1	74	88	90	90

จากตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละผลผลิตไบโอดีเซลที่ผลิตได้ต่อปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH ที่เวลาต่างๆ พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาและเพิ่มปริมาตรตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH ถึง 1% จะได้รับร้อยละผลผลิตสูงสุด ที่เวลา 90 และ 120 นาที จะได้รับร้อยละผลผลิตไบโอดีเซล 98% แต่เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นจะเห็นว่าร้อยละผลผลิตไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ 0.9% NaOH ที่เวลา 120 นาที จะได้รับร้อยละผลผลิตไบโอดีเซล 79% เมื่อเพิ่มตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 1% NaOH ที่เวลา 120 นาที จะได้รับร้อยละผลผลิตไบโอดีเซล 98 และร้อยละผลผลิตเริ่มลดลงเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 1.1%NaOH ที่เวลา 120 จะได้รับร้อยละผลผลิต 90 คาดการณ์ได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยามากเกินไปจะเกิดการผันกลับของปฏิกิริยา



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %NaOH กับค่าความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์ที่เวลาต่างๆ

จากรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้ต่อปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที พิจารณาร้อยละความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์จะพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา NaOH จะมีค่าความบริสุทธิ์ลดลงโดยจะได้ค่าร้อยละความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์สูงสุดที่ 0.9% NaOH ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที จะได้ค่าร้อยละความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์ 98.2 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 1%NaOH ค่าความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์จะลดลง จะได้ค่าร้อยละความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์ 97.2 และเมื่อเพิ่มตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 1.1%NaOH ค่าร้อยละความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์จะลดลงอย่างมากเหลือ 20-58% แสดงให้เห็นว่าถ้าเพิ่มตัวเร่งปฏิกิริยามากขึ้นกว่านี้จะได้ค่าความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์ลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาเกิดการผันกลับ และเมื่อน้ำมันที่มีคาร์ดไขมันอิสระ

สูงในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันจะเกิดสบู่ ทำให้ค่าความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์มีค่าต่ำลงไป

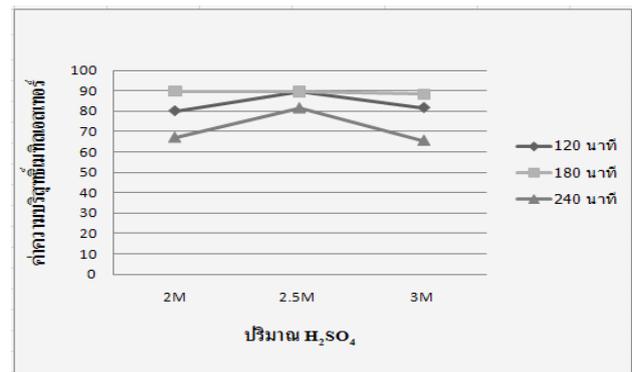
3.3 กรดไขมันอิสระ 7.03%

เนื่องจากน้ำมันมีปริมาณคาร์ดไขมันอิสระสูงทำให้ไม่สามารถใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันได้ต้องทำการลดคาร์ดก่อนโดยใช้ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำปฏิกิริยาเนื่องจากเป็นแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กทำให้สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับไขมันได้ง่าย และใช้กรดซัลฟูริก(H_2SO_4) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 2M H_2SO_4 , 2.5M H_2SO_4 และ 3M H_2SO_4 โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 120, 180 และ 240 นาที จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรดในปริมาณที่มากพอจะทำให้ค่าคาร์ดไขมันอิสระในน้ำมันเหลืออยู่ในปริมาณที่น้อยมากหรือไม่มีเลย

ตารางที่ 4 ตารางแสดงความสัมพันธ์ H_2SO_4 กับปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้และระยะเวลา

H_2SO_4	ปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้(%)		
	120 นาที	180 นาที	240 นาที
2M	88	88	90
2.5M	87	90	90
3M	87	90	88

จากตารางที่ 4 พบว่าปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาและปริมาตรตัวเร่งปฏิกิริยาโดยจะมีปริมาณไบโอดีเซลสูง 90% และใช้พลังงานในการให้ความร้อนต่ำคือ ที่เวลา 180 นาทีใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 2.5M H_2SO_4 และปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้จะเริ่มมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาหรือเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาอาจเริ่มย้อนกลับ



รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาร์ดไขมันอิสระกับระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน

จากรูปที่ 8 เมื่อใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นค่าความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์ก็จะลดต่ำลงและเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา H_2SO_4 เพิ่มขึ้นค่าความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์ก็จะลดต่ำลงเช่นกัน โดยจุดที่ใช้พลังงานในการให้ความร้อนต่ำและได้ค่าความบริสุทธิ์สูงสุดคือ ใช้เวลาในการให้ความร้อน 120 นาทีใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 2.5M H_2SO_4 โดยจะได้ค่าความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์ 89.69%

4. สรุปผลการทดลอง

การดำเนินการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวซึ่งมีค่ากรดไขมันอิสระ 0.7-7% โดยใช้ไขมันมะพร้าวมาจากของเหลือจากภาคการเกษตร เช่น กากมะพร้าวที่หีบเอาน้ำกะทิออกไปแล้วและมะพร้าวที่เน่าเสียจากภาคการผลิตเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่จะผลิตไบโอดีเซลที่มีค่าความบริสุทธิ์สูงสุด

น้ำมันมะพร้าวจะเริ่มเน่าเสียจะมีค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันประมาณ 1-3% และมะพร้าวที่เน่าเสียจนเริ่มเน่าเปื่อยจะมีค่ากรดไขมันอิสระไม่เกิน 7% โดยน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์จะมีค่ากรดไขมันประมาณ 0.6-0.7% โดยน้ำมันที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 0.6-3% ในการผลิตไบโอดีเซลควรใช้ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน น้ำมันที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 4-7% ควรลดกรดก่อนโดยใช้ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันก่อนเพื่อให้ง่ายต่อการผลิตไบโอดีเซลและประหยัดต้นทุนในการผลิตแต่จะใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานกว่าซึ่งทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการให้ความร้อนเพื่อผลิตไบโอดีเซล

น้ำมันมะพร้าวที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 0.6-0.7% สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไบโอดีเซลคือ 1%NaOH โดยใช้เวลาในการให้ความร้อน 90 นาที และได้ปริมาณไบโอดีเซล 96% ค่าความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์ 99% และน้ำมันมะพร้าวที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 3.46% สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไบโอดีเซลคือ 1%NaOH เวลาในการให้ความร้อน 30 นาที และได้ปริมาณไบโอดีเซล 96% โดยมีค่าความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์ 97.2% ซึ่งผ่านมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนโดยน้ำมันที่มีค่ากรดไขมันอิสระ 7.03% จุดที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไบโอดีเซลคือ 2.5M H₂SO₄ ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 120 นาที จะได้ค่าความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์ 89.53% ปริมาณไบโอดีเซลที่ผลิตได้คือ 87% ซึ่งยังไม่ผ่านมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนต้องทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันอีกขั้นตอนหนึ่งเพื่อให้ค่าความบริสุทธิ์เมทิลเอสเทอร์สูงขึ้นและผ่านมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ สาขาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องทุนสนับสนุนในงานวิจัย

ขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี (Lab Lipid) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ และอุปกรณ์ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. อ้อยใจ ทองเสมอ,วิฑูริช กู๊ดวิน,อุกฤษฏ์ สหพัฒน์สมบัติ , 2550, รู้จักไบโอดีเซลใน 4 ชั่วโมง, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี, หน้า 7 – 10
2. ชิน ผางนุญ, 2551, การผลิตไบโอดีเซลจากไขไก่ ในระดับชุมชน, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 10 – 11.
3. Raymond, R., Culaba, A. , and Michael R.I. Purvis, 2004, "Carbon Balance Implications of Philippine Automotive

Transport Sector", Biomass and Bioenergy, Vol 26, No 6, pp 579-585.

4. Freedman, B., Butterfield, R.O. and Pryde, E.H., 1986, "Transesterification Kinetics of Soybean Oil", Journal of the American Oil Chemists' Society, Vol.63, No. 1, pp. 1375-1380.
5. Meher, L., Vidya, S. and Naik, S., 2006, "Technical Aspects of Biodiesel Production by Transesterification Review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 10, pp. 248–268.
6. Zullaikah, S., Lai, C., Vali, S.R. and Ju, y., 2005, "Atwo-stepacid-catalyzed process for the production of biodiesel from rice bran oil", Bioresource Technology, Vol 96, pp. 1889-1896
7. Gemma, V., Mercedes, M. and Jos, A., 2004, "Integrated biodiesel production:a comparison of different homogeneous catalysts systems", BioresourceTechnology, Vol. 92, pp. 297–305.
8. Meher, L.C., Vidya, S.D. and Naik, S.N., 2006, "Technical aspects of biodiesel production by transesterification a review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 10, pp. 248–268.