ภาคผนวก ก

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะที่มีกรดไขมันอิสระสูง

Study on Potential of Biodiesel Production from Rambutan Seeds with High Free Fatty Acids

ศิวัสม์ ไสโต[1] รัตนชัย ไพรินทร์[2] และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ[1]

Saito, S.[1], Pairintha, R.[2], Sudaprasert, K.[1]

Abstract

. This research studies the production of biodiesel from oil extracted from rambutan seeds which are waste from agricultural industry. However, oil from rambutan seed has high free fatty acid affecting trans-esterification process. Therefore, studied parameters in this work are alcohol to oil mole ratio. The catalyst used is 2 mol/l sulfuric acid at temperature of 60 ° C with reaction time of 120 minutes. The result is compared to the standard of biodiesel. It is found that the yield of biodiesel from rambutan seed oil is approximately 90%, with the viscosity of 3 cSt and the cetane index of 64.01 which agree well with the biodiesel standard.

Keywords: Biodiesel, Esterification, Rambutan Seeds, High Free Fatty Acids

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลมีแนวโน้มลดลงแต่อัตราการใช้พลังงานของมนุษย์กลับเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงมีการศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับพลังงานทดแทน ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจอีกทั้งยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือทิ้งทางการเกษตร งานวิจัยนี้จึงศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้น้ำมันเมล็ดเงาะที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบแต่เนื่องจากในน้ำมันเมล็ดเงาะที่เป็นของเหลือทางการเกษตรนั้นมีส่วนประกอบที่เป็นปัญหาต่อการผลิตไบโอดีเซลในกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแบบทั่วไปคือมีกรดไขมันอิสระสูง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการผลิต คือ อัตราส่วนโดยโมลของ เมทานอลต่อน้ำมันเป็น 6, 9 และ 12ต่อน้ำมัน 1ส่วน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นกรดซัลริกความเข้มข้น 2 โมลต่อลิตรที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 120 นาที แล้วทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน จากการทดลองพบ ที่อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 จะให้ผลผลิตมากที่สุดคือ 95.6% สรุปได้ว่าการใช้น้ำมันเมล็ดเงาะเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันจะให้ร้อยละการผลิต (%Yield) มากกว่า 90% มีค่าความหนืดเท่ากับ 3.0 เซนติสโตกส์ ค่าดัชนีซีเทนเท่ากับ 64.01และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนแล้วไบโอดีเซลที่ได้สามารถผ่านค่ามาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล, เอสเทอริฟิเคชัน, เมล็ดเงาะ, กรดไขมันอิสระสูง

คำนำ

ไบโอดีเซลเป็นหลังงานมาทดแทนและพลังงานทางเลือก ซึ่งในปัจจุบันได้ให้ความสำคัญต่อพลังงานทางเลือกมากขึ้น เนื่องจากวิกฤตน้ำมันของโลกมีมากขึ้นเป็นลำดับ และราคาน้ำมันราคาน้ำมันดิบสูงมากเป็นประวัติการณ์ไม่มีท่าว่าจะลดลง ปัญหาต่าง ๆเหล่านี้ทำให้มีการมองหาพลังงานทดแทน ดังนั้นไบโอดีเซลจึงเข้ามามีบทบาท และคาดว่าจะเป็นเชื้อเพลิงหลักของโลกในอนาคต เนื่องจากไบโอดีเซลเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าน้ำมันดีเซล เมื่อนำมาใช้กับเครื่องยนต์แล้วพบว่ามีคุณสมบัติในการเผาไหม้ได้ดีไม่ต่างจากน้ำมันจากปิโตเลียม แต่มีข้อ

[1] **ภาควิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ** 10140 **โทร** 0-2470-8662

[1] Energy of Technology Department, Faculty of School of Energy Environment and Materials King Mongkut's University of Technology Thonburi Thungkru, Bangkok 10140 Thailand

ดีกว่าหลายอย่าง คือ การเผาไหม้ที่สะอาดกว่า ไอเสียมีคุณภาพดีกว่า ไอเสียมีคุณภาพที่ดีกว่าอีกทั้งน้ำมันไบโอดีเซลเป็นน้ำมันทางเลือกใหม่ที่ผลิตจากพืช หรือไขในสัตว์ ทำให้มีการสันดาปที่สมบูรณ์ว่าน้ำมันดีเซลปกติ จึงมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ สารประกอบไฮโดคาร์บอนน้อยกว่า และเนื่องจากไม่มีกำมะถันในไบโอดีเซล จึงไม่มีปัญหาสารซัลเฟต นอกจากนี้ยังมีเม่าคาร์บอนน้อย ไม่ทำให้เกิดการอุดตันของระบบไอเสียง่าย ช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ได้เป็นอย่างดี พร้อมทั้งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย

เมล็ดเงาะเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลอย่างหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตเงาะกระป๋องมีเมล็ดเงาะซึ่งเป็นของเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมากและยังไม่นำไปใช้ประโยชน์เท่าที่ควร ดังนั้นถ้าสามารถนำเมล็ดเงาะที่เหลือไปผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลจะทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลลงไปได้อย่างมาก แต่เนื่องจากเมล็ดเงาะเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานจะทำให้มีกรดไขมันอิสระสูงจึงไม่สามารถทำการผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทั่วไปได้

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง เมล็ดเงาะที่หาได้จากโรงงานเงาะกระป๋องมาลีสามพรานซึ่งเป็นของที่เหลือใช้และไม่ได้นำไปทำประโยชน์อะไรจึงไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆโดยจะนำเมล็ดเงาะที่ได้มาอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นแล้วจึงนำไปบดให้ละเอียดจากนั้นทำการแช่เมล็ดเงาะที่บดแล้วด้วยตัวทำละลายเฮกเซนเป็นเวลา 1 วันแล้วนำมาแยกเฮกเซนออกด้วยเครื่องระเหยสารเคมีที่ใช้ได้แก่ กรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เมทานอลเป็นสารตั้งต้น

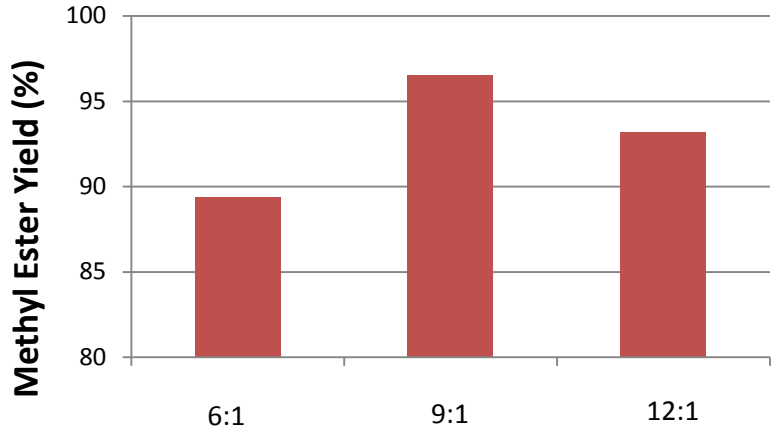
การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะด้วย ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน โดยทำการตวงน้ำมันเมล็ดเงาะใส่กระบอกตวงปริมาตร 60 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์แล้วอุ่นใน water bath ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยาที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นการอุ่นน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยา ตัวเร่งปฏิกิริยาใช้กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 2 โมลต่อลิตร และใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันเมล็ดเงาะเป็น 6:1 9:1 และ12:1 เพื่อหาภาวะที่เหมาะสม ตวงเมทานอลที่ใช้ด้วยกระบอกตวงปริมาตร และตวงกรดซัลฟูริกในกระบอกตวงค่อยๆเทกรดซัลฟูริกที่ตวงไว้ใส่ในเมทานอลแล้วนำสารละลายที่ได้ผสมกับน้ำมันเมล็ดเงาะที่อุ่นไว้ จากนั้นจับเวลาที่ 60 90 และ120 นาที ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาจะต้องปิดจุกที่คอให้มิด เพื่อป้องกันการระเหยของเมทานอล เก็บตัวอย่างทุกช่วงเวลาด้วยปิเปต ใส่หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร ปล่อยให้แยกชั้นเป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง หรือ 1 คืน เมื่อสารละลายแยกตัวเป็น 2 ชั้น แยกกลีเซอรีนที่อยู่ชั้นล่างออกไป จากนั้นนำชั้นบนที่เป็นไบโอดีเซลที่ได้ไปล้างด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส โดยล้างน้ำทั้งหมด 3 ครั้ง จนกว่าน้ำล้างจะใสหรือล้างจนกว่าชั้นของไบโอดีเซลจะมีค่า pH ประมาณ 7 แยกน้ำออกไป นำชั้นไบโอดีเซลที่ได้ใส่โซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสเพื่อกำจัดน้ำที่อาจเหลืออยู่ในน้ำมันแล้ววิเคราะห์ร้อยละการเกิดเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง HPLC

การวิเคราะห์ร้อยละการเกิดของเมทิลเอสเทอร์ โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยใช้คอลัมน์ชนิด Phenogel ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 7.8 mm ความยาว 300 mm ขนาดบรรจุอนุภาค 100 ^{o}A ความพรุน 5 μm ใช้เครื่องตรวจวัดชนิด Evaporative Light Scattering Detector (ELSD)

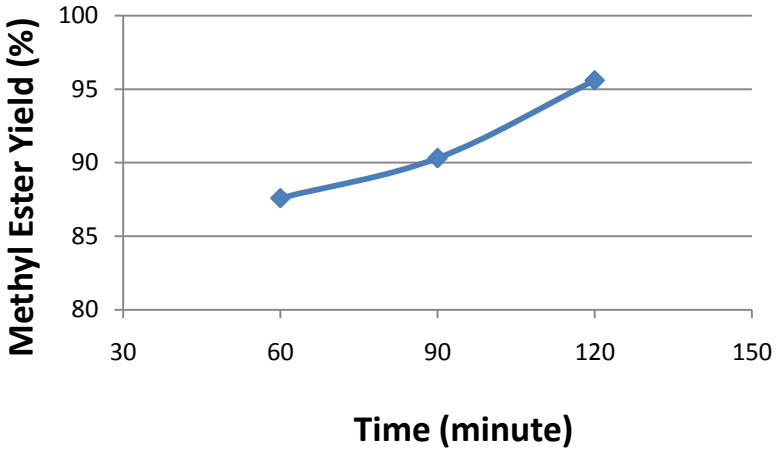
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมล็ดเงาะที่นำมาทดลองจะทำการสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนโดยนำเมล็ดเงาะประมาณ 5 กิโลกรัมมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นนำมาบดให้ละเอียดแล้วแช่ในตัวทำละลายเฮกเซนเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นทำการแยกเฮกเซนออกด้วยเครื่องระเหย จะพบว่าน้ำมันที่ได้จะมีปริมาณ 30% โดยน้ำหนักของเมล็ดแห้งนำน้ำมันที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระด้วยการไตเตรทตามมาตรฐาน ASTM D5555-95 พบว่ามีกรดไขมันอิสระ

เฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 4.6% ซึ่งถือว่าสูงมากและไม่เหมาะที่จะนำมาผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นเนื่องจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งจะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระในน้ำมันทำให้เป็นสบู่ ในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้ปฏิกิริยาเอสริฟิเคชั่นโดยใช้กรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูป 1 กรดซัลฟูริเข้มข้น 2 โมลต่อลิตร เวลา 120 นาที



รูป 2 อัตราส่วนโดยโมล 9:1 กรดซัลฟูริกเข้มข้น 2 โมลต่อลิตร

จากรูปที่ 1 เมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตที่ได้กับอัตราส่วนโดยโมลที่ 6, 9, และ 12 ต่อน้ำมัน 1 ส่วนพบว่าปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จะเป็น 89.4, 96.5, 93.2 เปอร์เซนต์ตามลำดับจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเมทานอลในการทำปฏิกิริยาจะทำให้ปริมาณของเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นแต่เมื่อเมื่อเพิ่มปริมาณเมทานอลเป็น 12:1 จะทำให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ลดลงเนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณเมาทานอลจะทำให้ปฏิกิริยาเดินหน้าได้เร็วขึ้นและทำให้มีผลพลอยได้จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นคือน้ำเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกันจึงทำให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ลดลง จากรูปที่ 2 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเมทิลเอสเทอร์กับเวลาในการทำปฏิกิริยาพบว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการทำปฏิกริยาจะทำให้ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นตามไปด้วยเนื่องจากเมื่อเวลามากขึ้นทำให้โอกาสในการทำปฏิกริยาของสารเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับMa และ Hanna (1998) ที่ทดลองที่ภาวะเดียวกันปริมาณเมทิลเอสเทอร์จะเพิ่มขึ้นตามเวลา

$$CI = 43.3 + \frac{54.58}{SN} - 0.225IV \quad (1)$$

จากนั้นนำไบโอดี่เซลที่ผลิตได้ไปตรวจสอบค่าความหนืดด้วยเครื่องรุคฟิลพบว่าจะได้ค่าความหนืดเฉลี่ยอยู่ที่ 3 cSt และคำนวณค่าดัชนีซีเทนจาสมการที่ 1 จะได้ค่าดัชนีซีเทนอยู่ที่ 64.01 ซึ่งเมื่อเทียบตามข้อกำหนดของกระทรวงพลังงานแล้วถือว่าผ่านตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

สรุปผล

เมล็ดเงาะเมื่อนำมาสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายจะได้น้ำมันประมาณ 30 % ปริมาณกรดไขมันอิสระเท่ากับ 4.6 % อัตราส่วนโดยโมลที่ 9:1 ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่ 2 โมลต่อลิตร อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดเงาะด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นเนื่องจากมีปริมาณเมทิลเอสเทอร์มากที่สุดคือ 96.5 % ไบโอดีเซลที่ได้จะมีความหนืดอยู่ที่ 3 cSt และค่าดัชนีซีเทนอยู่ที่ 64.01เมื่อทำการเทียบมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนจะพบค่าที่วัดได้สามารถผ่านมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ สาขาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องทุนสนับสนุนในงานวิจัย ขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีไขมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ และอุปกรณ์ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Ma, F. and Hanna, A. M., 1998, Biodiesel production a review, Journal of Bioresource Technology, 70(1):1-15.

J.M. Marchetti and A.F. Errazu, 2008, Esterification of free fatty acids using sulfuric acid as catalyst in the presence of triglycerides, Biomass and Bioenergy 32: 892-895