หย่าง ถิ ฉุก เทรือง : การพัฒนาการผลิตเชื้อเพลิงอากาศยานชีวภาพจากน้ำมันเนื้อเมล็ดปาล์มและเอทานอล (DEVELOPMENT OF BIOJET-PRODUCTION USING PALM KERNEL OIL AND ETHANOL) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์.ดร.อภิชาติ บุญทาวัน, 111 หน้า.

จุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันเนื้อเมล็ดปาล์มและเอทานอลเป็นสารตั้งต้นหลักในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์เจ็ทด้วยกระบวนการกลั่นลำดับส่วน โดยปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอริฟิเคชันเกิดจากการผสมระหว่างน้ำมันปาล์มและเอทานอลโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นผลพลอยได้คือ เอทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (FAEE) ที่รวมตัวกับกลีเซอรอล งานวิจัยนี้ได้ศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของปาล์มน้ำมันและทดลองภายใต้ห้องปฏิบัติการอีกด้วย ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้สามารถใช้การวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนองเพื่อศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณการผลิตของเอทิลเอสเตอร์ การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในกระบวนการผลิตถูกกระทำโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบแฟคตอเรียลและวิธีการพื้นผิวตอบสนอง ผลกระทบของพารามิเตอร์ที่หลากหลายรวมถึงสัดส่วนเชิงโมลระหว่างน้ำมันและเอทานอล อุณหภูมิ เวลาที่ทำปฏิกิริยา และความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา อยู่ในช่วง 1:6 ถึง 1:12; 40 °C ถึง 60 °C; 60 ถึง 120 นาที และ 0.5 ถึง 1.5% ตามลำดับ งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีการพื้นผิวตอบสนองนั้นเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของเงื่อนไขปฏิบัติการ เพื่อที่จะได้รับปริมาณผลผลิตของเอทิลเอสเตอร์สูงที่สุด พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตเอทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันที่มีความเข้มข้นสูงสุด อยู่ที่สัดส่วนเชิงโมลของเอทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 9:1 อุณหภูมิ 50 °C ความเข้มข้นของตัวเร่งตัวเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 1% ภายในเวลาทำปฏิกิริยา 120 นาที ภายหลังจากได้รับเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดแล้ว จะถูกนำไปผลิตจำนวน 120 ลิตรด้วยเครื่องทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันในห้องปฏิบัติการ กระบวนการกลั่นลำดับส่วนถูกใช้เพื่อที่จะให้ได้เอทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน C8-C14 ซึ่งกระบวนการนี้ถูกจำลองด้วยโปรแกรม Aspen Plus V8.4 ภายหลังกระบวนกลั่นพบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์เจ็ทนี้ มีความเข้มข้นเท่ากับ 96.84 wt.% ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่การคาดการณ์ไว้ด้วยโปรแกรม Aspen (97 wt.%) จึงสรุปได้ว่า การกลั่นลำดับส่วนคือวิธีการที่ดีที่สุดในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์เจ็ท

คุณสมบัติของเอทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันถูกวิเคราะห์ด้วยวิธีการต่างๆ รวมถึงมาตรฐาน ASTM และ EN เอทิลเอสเทอร์ที่ถูกผลิตด้วยสภาวะที่เหมาะสมนั้นมีคุณสมบัติที่ยอมรับได้ โดยมีซัลเฟอร์ (<0.0001 wt.%) เถ้าซัลเฟต (0.005 wt.%) กากคาร์บอน (0.02 wt.%) และฟอสฟอรัส

(<0.00008 wt.%) ต่ำกว่ามาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์เจ็ท (38.3 MJ/kg^{-1}) มีค่าใกล้เคียงกับค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์เจ็ททั่วไป (42 MJ/kg^{-1}) จุดวาบไฟของน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์เจ็ทเท่ากับ 105 °C ซึ่งสูงกว่าจุดวาบไฟของน้ำมันเครื่องยนต์เจ็ททั่วไปซึ่งเท่ากับ 51°C ด้วยเหตุนี้ น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์เจ็ทจึงมีความปลอดภัยและไม่เป็นอันตรายในการขนส่งรวมถึงการจัดเก็บ นอกจากนี้ น้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพยังมีการปล่อยแก๊ส CO, NO, HC ซึ่งเป็นมลพิษที่ต่ำ เนื่องจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์เจ็ทแบบทั่วไป

สุดท้ายนี้ จึงสรุปได้ว่า น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เจ็ท เหมาะสมกับการเป็นน้ำมันทางเลือกโดยไม่จำเป็นต้องดัดแปลงอุปกรณ์ภายในเครื่องยนต์ใดๆ เนื่องจากเมทานอลที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพแบบทั่วไปนั้นมาจากฟอสซิล งานวิจัยนี้จึงเป็นนวัตกรรมการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากพลังงานหมุนเวียน 100% ซึ่งเกิดจากการนำน้ำมันปาล์มและเอทานอลมาผสม ซึ่งผลที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์เจ็ท

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

NHAN THI THUC TRUONG : DEVELOPMENT OF BIO-JET FUEL PRODUCTION USING PALM KERNEL OIL AND ETHANOL. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. APICHAT BOONTAWAN, Ph.D., 111 PP.

BIO-DERIVED JET FUEL/GAS TURBINE ENGINE/PALM KERNEL OIL/ TRANS-ESTERIFICATION/FATTY ACID ETHYL ESTER

The main objective of this study was to demonstrate the feasibility of using palm kernel oil and ethanol as main substrate for bio-jet fuel production process by fractional distillation. The transesterification reaction was carried out between palm kernel oil and ethanol in the presence of potassium hydroxide as catalyst, fatty acid ethyl ester (FAEE) was formed with glycerol as by-product. This research studies the variables affecting palm kernel oil trans-esterification and was carried out under laboratory conditions. Consequently, using response surface analysis, it was possible to study effect of key parameters on the ethyl ester yield conversion. Process optimization was accomplished by applying factorial design and response surface methodology. The effects of multiple parameters including molar ratio between oil and ethanol, temperature, residence time and concentration of catalyst were investigated in the range of 1:6 to 1:12; 40 to 60 °C; 60 to 120 minutes and 0.5 to 1.5 wt.%, respectively. This study clearly showed that response surface methodology was a suitable method to optimize the operating conditions in order to maximize the ethyl ester yield production. The optimum parameters for the highest concentration of fatty acid ethyl ester was achieved at molar ratio ethanol/oil 9:1, 50 °C with 1 wt.% of catalyst concentration within 120 minutes. The optimal conditions were then applied in 20 L trans-esterification reactor laboratory.

To purify fatty acid ethyl esters C8-C14 of the bio-jet production, the fractional distillation process from laboratory experimental and process simulation design using Aspen Plus V8.4 were carried out. As expected, high concentration of 96.84 wt.% bio-jet was purified from the distillation laboratory system. It was acceptable compared to the predicted result from the model of Aspen (97 wt.%), indicating that the fractional distillation was the best process to purify FAEE production with efficient column.

The FAEE properties were then analyzed by different methods including ASTM and EN standard. The ethyl ester which produced at optimum conditions had acceptable properties. It had lower sulfur content (<0.0001 wt.%), sulfated ash (0.005 wt.%), carbon residue (0.02 wt.%) and phosphorus (<0.00008 wt.%) than the limit standard for biofuel, but kinematic viscosity and heating value of jet fuel is some better relative to bio-jet 42 and 38.3 MJ/kg^{-1}, respectively. The flash point of bio-jet 105 °C is higher than the conventional jet fuel 51 °C, which is safe and non hazardous for transport purpose and constituted a safety guarantee from the point view of storage. Furthermore, bio-jet fuel was performance with lower emission of CO, NO, HC with the completely burning compared to the conventional jet fuel.

Finally, we can conclude which bio-jet will be a suitable alternative for replacement of gas turbine engine without any modification in engine. Since methanol used for biofuel production is produced from fossil fuels, the innovation in this study is the combined of palm kernel oil and ethanol to produce a bio-jet fuel from 100% renewable energy sources.

School of Biotechnology Student's Signature _____

Academic Year 2016 Advisor's Signature _____