

การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลคุณภาพสูงจากน้ำมันใช้แล้วด้วยวิธีการกลั่นแบบลดความดัน

High Quality Biodiesel Producing from Used Oil by Reduced Pressure Distillation

ธนายุทธ สังข์อินทร์ (Thanayut Sung-inthara)* ดร.ฉัตรชัย เบญจปิยะพร (Dr.Chatchai Benjapiyaporn)**

ดร.สมพร เกษแก้ว (Dr.Somporn Katekaew)***

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลคุณภาพสูงจากน้ำมันพืชใช้แล้ว โดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันร่วมกับการกลั่นแบบลดความดัน เบื้องต้นจะสร้างเครื่องกลั่นแบบขนาด 7 ลิตร ประกอบด้วยหน่วยลดความดันที่ -175 mmHg มีท่อควบแน่นหล่อเย็นด้วยน้ำยาว 2 เมตร ให้ความร้อนด้วยเชื้อเพลิงแก๊ส LPG มีระบบตรวจสอบและเก็บข้อมูลอุณหภูมิ จากการศึกษาค้นคว้าของอุณหภูมิในการกลั่นช่วง 500-700 °C และผลของปริมาณน้ำมันที่ใส่เมื่อกลั่นที่อุณหภูมิเหมาะสม ต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ พบว่าที่ 600 °C จะได้ผลผลิตน้ำมันกลั่นสูงสุดร้อยละ 96 และที่อุณหภูมิ 650 °C, 550 °C จะได้ร้อยละ 92 และ 90 ตามลำดับ จุดที่เหมาะสมที่เกิดประสิทธิภาพสูงสุดคือ ที่อุณหภูมิ 600 °C ที่ปริมาณน้ำมัน 5 ลิตร จะทำให้ได้อัตราเร็วการกลั่นสูงสุด 0.24 ลิตรต่อนาที เวลาที่ใช้ในการกลั่นทั้งหมด 25 นาที การกลั่นมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเฉลี่ย 3.33 กรัมเชื้อเพลิงต่อลิตร น้ำมันไบโอดีเซลที่กลั่นได้มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงานทุกประการและมีคุณภาพสูงกว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ไม่ผ่านกระบวนการกลั่น

ABSTRACT

This study is producing high quality biodiesel fuel from used cooking oil by using the transesterification reaction coupled with reduced pressure distillation. The prototype distiller size 7 liters with reduced pressure unit at -175 mmHg and condenser cooling tube contained tap water two meters long were established. The heating unit used the LPG gas and temperature sensors were installed. The effect of the temperature range 500-700 °C and vary amount of the oil fill in distiller at optimum temperature were studied and evaluated the yield obtained. The performance showed at 600 °C of heating unit gave a suitable condition can produce the yield up to 96 percent and temperature at 650 °C, 550 °C gave the yields of 92 and 90 percent, respectively. The oil 5 liters was the suitable volume for distillation at optimum temperature. The distiller gave the speed at 0.24 liters per minute, used a total time of 25 minutes and consumes energy around 3.33 g of fuel. The distilled biodiesel was determined for the quality criteria announced by the department of energy, and found this distilled biodiesel passed all qualification tests.

คำสำคัญ: การผลิตน้ำมันไบโอดีเซล น้ำมันใช้แล้ว การกลั่นน้ำมันไบโอดีเซล

Keywords: Biodiesel production, Used oil biodiesel, Biodiesel distiller

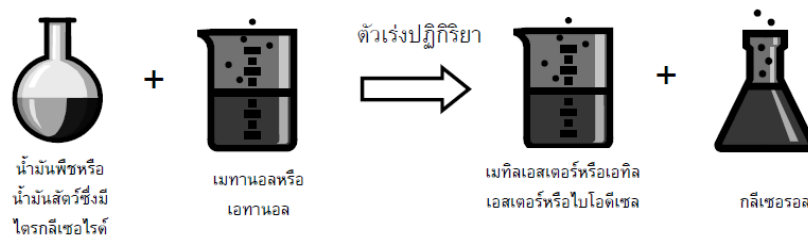
* นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** อาจารย์ ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ด้วยสภาพการณ์ปัจจุบันของสังคมเมือง ผู้คนส่วนใหญ่มักจะไม่ประกอบ/ปรุงอาหารรับประทานเอง นิยมซื้ออาหารสำเร็จรูป อาหารกล่อง อาหารถุง อาหารจานด่วน รวมถึงอาหารประเภททอด ซึ่งจะมีการใช้น้ำมันพืชเพื่อปรุงอาหารจำหน่ายให้กับผู้บริโภคจำนวนมาก และมักจะมีการใช้ทอดซ้ำอยู่เป็นประจำ ปริมาณในการใช้น้ำมันทอดเพื่อปรุงอาหารจำหน่ายในแต่ละวันจำนวน 100 – 150 ลิตร (ประมาณการโดยเฉลี่ยในเขตเทศบาลนครขอนแก่นและเขตเทศบาลใกล้เคียง) การใช้น้ำมันพืชเก่ากลับมาประกอบอาหารซ้ำมีความเสี่ยงต่อการก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ เนื่องจากในน้ำมันพืชใช้แล้วที่นำกลับมาใช้ซ้ำมีสารพิษก่อมะเร็ง (carcinogen) อยู่ 2 กลุ่ม คือ อนุมูลอิสระ (free radicals) และไดออกซิน หากไม่มีการดำเนินการเพื่อส่งเสริมหรือลดการใช้น้ำมันทอดซ้ำ ก็จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคและก่อให้เกิดโรคตามมาเป็นจำนวนมาก จึงสมควรนำน้ำมันพืชใช้แล้วเหล่านั้นมาแปรรูปให้เกิดประโยชน์เป็นพลังงานทดแทน (ไบโอดีเซล) เพื่อป้องกันการนำเอาไปใช้บริโภคกลับคืน ซึ่งในปัจจุบันสถาบันทางการศึกษา/แหล่งวิชาการ และแผนยุทธศาสตร์ด้านพลังงานทดแทนของประเทศไทย ได้มีการส่งเสริมให้มีการลดใช้น้ำมันพืชทอดซ้ำ โดยการนำไปผลิตเป็นไบโอดีเซลใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ด้วยปฏิกิริยาทางเคมีทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) (Gerpen, 2005) ดังรูปที่ 1 ซึ่งการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชหรือน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้วด้วยปฏิกิริยาดังกล่าวนี้นักพบปัญหามากในเรื่องคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิต เพราะน้ำมันที่นำมาใช้ผลิตมีความปนเปื้อนจากสารโพลาร์ชนิดต่างๆ อยู่มากและมีคุณลักษณะที่ไม่คงที่ในแต่ละรอบของน้ำมันที่เข้าสู่กระบวนการผลิต แต่สัดส่วนสารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาดังที่ (Demirbas, 2008) จึงไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ ส่งผลให้บางครั้งปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์ และน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้มีความบริสุทธิ์ต่ำ (กิตติชัย, 2551) เมื่อนำไปใช้มักทำให้เกิดการอุดตันหัวฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์อาจชำรุดเสียหายในที่สุด ทำให้ประชาชนส่วนใหญ่ไม่มั่นใจจึงไม่เป็นที่นิยมใช้น้ำมันไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ของตนเอง ทำให้การนำน้ำมันพืชใช้แล้ว มาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลมีปริมาณน้อย (การุญ, 2557) ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นที่มาของการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วให้มีคุณภาพสูงขึ้นด้วยวิธีการกลั่นแบบลดความดัน ซึ่งเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่มีกรรมวิธีง่าย และสะดวก จึงได้นำไปทดสอบเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ พบว่าเมื่อนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) มากลั่นแบบลดความดันแล้ว น้ำมันที่ได้้นั้นมีความบริสุทธิ์ขึ้น และมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างจากน้ำมันไบโอดีเซลก่อนกลั่นอย่างชัดเจน (ดังรูปที่ 2) โดยน้ำมันพืชใช้แล้วที่มีการปนเปื้อนของสารโพลาร์ต่างๆ มีความขุ่นและสีเข้มดังรูปที่ 2ก ซึ่งเมื่อนำไปผ่านกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยวิธี Transesterification นั้น จะมีความใสขึ้นและมีสีที่อ่อนลงดังรูปที่ 2ข และถ้านำน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ไปผ่านกระบวนการกลั่นจะได้น้ำมันไบโอดีเซลมีความใสและสว่างขึ้นดังรูปที่ 2ค ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลต้นแบบ แล้วทำการทดสอบกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อหาอุณหภูมิและปริมาณของน้ำมันที่เหมาะสม พร้อมทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำมันที่ได้จากการกลั่นตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน



รูปที่ 1 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (วัชรพล, 2549)



ก) น้ำมันพืชใช้แล้ว

ข) น้ำมันไบโอดีเซล

ค) น้ำมันไบโอดีเซลกลั่น

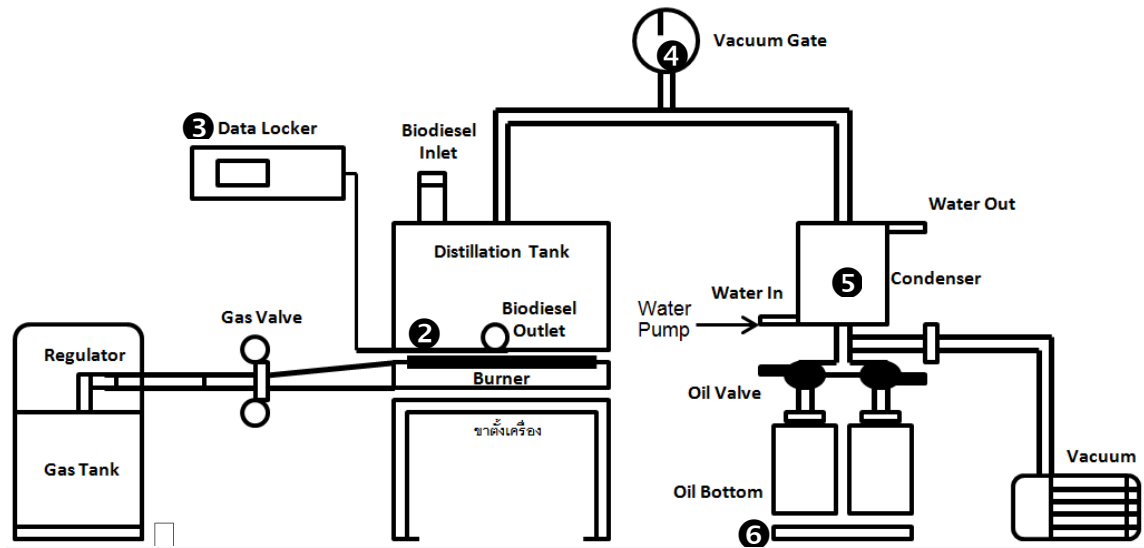
รูปที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันไบโอดีเซลในการทดลอง

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลต้นแบบ แล้วทำการทดสอบหาอุณหภูมิและปริมาณของน้ำมันที่เหมาะสม ในการใช้งานเครื่องกลั่นต้นแบบ พร้อมทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำมันที่ได้จากการกลั่น

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นน้ำมันไบโอดีเซล โดยใช้ข้อมูลจากต้นแบบ (Screening test) จากเครื่องกลั่นในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการออกแบบเครื่องกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลนี้ อาศัยหลักการการกลั่นลำดับส่วน (Fractional distillation) ภายใต้สภาวะสุญญากาศ (vacuum) โดยอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำอยู่ที่ประมาณ 90 – 100 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำมันไบโอดีเซลนั้นอยู่ที่ประมาณ 160 – 180 องศาเซลเซียส จึงทำให้น้ำระเหยและควบแน่นออกมาก่อนน้ำมันไบโอดีเซล (ผลการศึกษาจากห้องปฏิบัติการพบว่า น้ำจะมีปริมาณโดยเฉลี่ยร้อยละ 10 และน้ำมันไบโอดีเซลบริสุทธิ์จะมีปริมาณโดยเฉลี่ยร้อยละ 90) จากแนวคิดข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบเครื่องกลั่นต้นแบบขนาด 7 ลิตร ให้สามารถรองรับสภาวะภายใต้ความดันต่ำกว่า 1 บรรยากาศ ให้ความร้อนด้วยเชื้อเพลิงแก๊ส LPG ทำการควบแน่นไอระเหยด้วยน้ำ พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องมือวัดและทำการเก็บบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องเก็บบันทึกข้อมูล (Data locker) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องกลั่นน้ำมันไบโอดีเซล และอุปกรณ์เก็บข้อมูล

อธิบายจุดติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

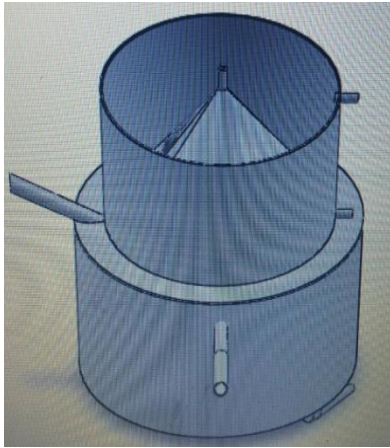
- (1) จุดตรวจวัดน้ำหนักของถังเชื้อเพลิง
- (2) จุดตรวจวัดอุณหภูมิหม้อกลั่น
- (3) เครื่องเก็บบันทึกข้อมูล
- (4) จุดตรวจวัดความดัน
- (5) จุดตรวจวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น
- (6) จุดตรวจวัดปริมาณน้ำมันที่กลั่นได้

ในการทดสอบเครื่องกลั่นเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสม ผู้วิจัยจะทำการทดลองกลั่นน้ำมันจำนวน 5 ลิตร ที่อุณหภูมิ 550 °C, 600 °C, 650 °C และ 700 °C แล้วทำการเก็บข้อมูล ระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น (นาที) ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม) และปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (ลิตร) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปทำการคำนวณอัตราการกลั่น (ลิตร/นาที) อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กรัม/ลิตร) และร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) ซึ่งจะเป็นค่าที่ใช้ในการพิจารณาเลือกค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกลั่น แล้วนำอุณหภูมิที่ได้มาทำการทดสอบกลั่นอีกครั้ง แต่จะทำการปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำมันเป็น 1, 3, 5 และ 7 ลิตร โดยจะทำการเก็บข้อมูล และนำไปคำนวณค่าตามเดิม ซึ่งจะใช้ในการพิจารณาปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการกลั่นที่เหมาะสม

การตรวจวัดคุณภาพน้ำมันจะเป็นการตรวจวัดโดยอ้างอิงค่าตามมาตรฐานของประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2556 ซึ่งผู้วิจัยจะทำการส่งน้ำมันทั้งก่อนและหลังการกลั่น (น้ำมันที่ได้จากการใช้อุณหภูมิและปริมาณที่เหมาะสม) ไปตรวจวัดคุณภาพที่ห้องปฏิบัติการที่ได้การรับรองจากกรมธุรกิจพลังงาน แล้วทำการเปรียบเทียบค่าคุณภาพต่างๆ ของน้ำมันทั้งสอง

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องกลั่นน้ำมันไบโอดีเซล ดังรูปที่ 4ก และได้ทำการสร้าง ดังรูปที่ 4ข โดยเครื่องกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลต้นแบบ มีขนาด 7 ลิตร ทนความดันที่ -175 mmHg ใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิงในการกลั่น ให้ความร้อนจากด้านล่างของหม้อกลั่น มีท่อควมแน่นยาว 2 เมตร



ก) เครื่องกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลที่ออกแบบ



ข) เครื่องกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลที่สร้าง

รูปที่ 4 เครื่องกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลต้นแบบ

เมื่อได้ทำการสร้างเครื่องกลั่นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกลั่นน้ำมัน ตามวิธีวิจัยที่ได้กล่าวในข้างต้น ซึ่งได้ผลการวิจัย ดังนี้

1) การหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกลั่นน้ำมัน

ในการศึกษานี้ได้ทำการทดลองกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลที่อุณหภูมิ 550 °C , 600 °C, 650 °C และ 700 °C โดยควบคุมปริมาณน้ำมันที่ใช้กลั่นเป็นจำนวน 5 ลิตร แล้วทำการเก็บข้อมูล ระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น (นาที) ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม) และปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (ลิตร) ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1 พร้อมทั้งนำข้อมูลที่ได้ไปทำการคำนวณอัตราการกลั่น (ลิตร/นาที) อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กรัม/ลิตร) และร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) เพื่อใช้พิจารณาเลือกค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกลั่น

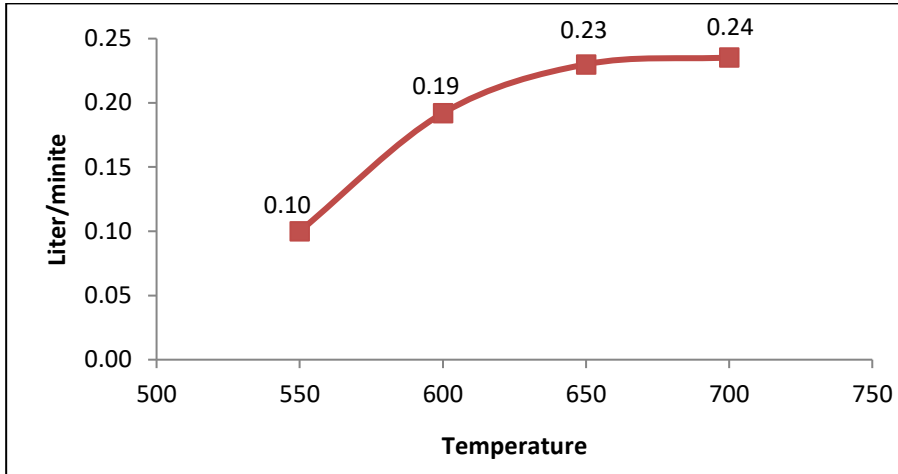
ตารางที่ 1 ผลการกลั่นน้ำมันไบโอดีเซล ณ อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิที่ใช้ในการกลั่น (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น (นาที)	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ปริมาณน้ำมันที่กลั่นได้ (ลิตร)
550	45	32	4.5
600	25	16	4.8
650	20	30	4.6
700	17	32	4.0

จากตารางที่ 1 พบว่า ระยะเวลาในการกลั่น ณ อุณหภูมิ 550 °C , 600 °C, 650 °C และ 700 °C ใช้เวลา 45, 25, 20 และ 17 นาที ตามลำดับ ใช้ปริมาณเชื้อเพลิง ณ อุณหภูมิ 550 °C , 600 °C, 650 °C และ 700 °C จำนวน 32, 16, 30 และ 32 กรัม ตามลำดับ ได้ปริมาณน้ำมันจากการกลั่น ณ อุณหภูมิ 550 °C , 600 °C, 650 °C และ 700 °C จำนวน 4.5, 4.8, 4.6 และ 4.0 ลิตร ตามลำดับ โดยนำข้อมูลที่กล่าวข้างต้นไปคำนวณอัตราการกลั่น (ลิตร/นาที) อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กรัม/ลิตร) และร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) เพื่อใช้พิจารณาเลือกค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกลั่นเป็นลำดับต่อไป

1.1) อัตราการกลั่น (ลิตร/นาทีก)

โดยทำการคำนวณจาก ปริมาณน้ำมันที่กลั่นได้(ลิตร) ต่อระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น (นาทีก) ณ อุณหภูมิต่างๆ ซึ่งสามารถคำนวณได้ 0.10 0.19 0.23 และ 0.24 ลิตรต่อนาที ณ อุณหภูมิ 550 °C , 600 °C, 650 °C และ 700 °C ตามลำดับ โดยแสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 5

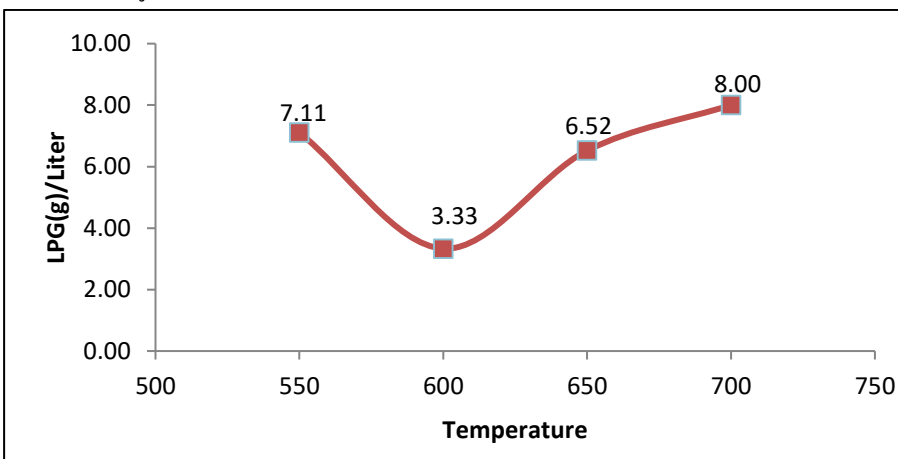


รูปที่ 5 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกลั่น (ลิตร/นาทีก) กับ อุณหภูมิที่ใช้ในการกลั่น (องศาเซลเซียส)

จากรูปที่ 5 พบว่า อัตราการกลั่น ณ อุณหภูมิต่างๆ โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย เป็น 0.24, 0.23, 0.19 และ 0.10 ลิตรต่อนาที จากการให้ความร้อน ณ อุณหภูมิ 700 °C , 650 °C, 600 °C และ 550 °C ตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการกลั่นจะมีค่าสูงขึ้น

1.2) อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กรัม/ลิตร)

โดยทำการคำนวณจาก ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม) ต่อ ปริมาณน้ำมันที่กลั่นได้ (ลิตร) ณ อุณหภูมิต่างๆ ซึ่งสามารถคำนวณได้ 7.11, 3.33, 6.52, และ 8.00 ลิตรต่อนาที ณ อุณหภูมิ 550 °C , 600 °C, 650 °C และ 700 °C ตามลำดับ โดยแสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 6

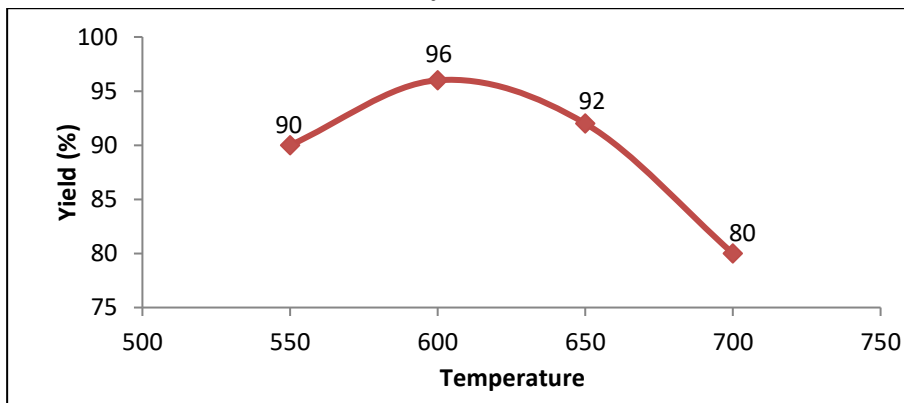


รูปที่ 6 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้เชื้อเพลิง (กรัม/ลิตร) กับ อุณหภูมิที่ใช้ในการกลั่น (องศาเซลเซียส)

จากรูปที่ 6 พบว่า อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กรัม/ลิตร) ณ อุณหภูมิต่างๆ โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย เป็น 8.00, 7.11, 6.52 และ 3.33 กรัมต่อลิตร จากการให้ความร้อน ณ อุณหภูมิ 700 °C , 550 °C, 650 °C และ 600 °C ตามลำดับ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการกลั่น จาก 550 °C เป็น 600 °C อัตราการใช้เชื้อเพลิงจะมีค่าที่ลดลงและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 °C ไปที่ 650 °C และ 700 °C อัตราการใช้เชื้อเพลิงจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อยๆ

1.3) ร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield)

โดยทำการคำนวณจาก ปริมาณน้ำมันที่กลั่นได้(ลิตร) ต่อปริมาณน้ำมันที่ใช้กลั่น(ลิตร) ณ อุณหภูมิต่างๆ ซึ่งสามารถคำนวณร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) ณ อุณหภูมิ 550 °C , 600 °C, 650 °C และ 700 °C ได้ 90, 96, 92 และ 80 ตามลำดับ โดยแสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) กับ อุณหภูมิที่ใช้ในการกลั่น (องศาเซลเซียส)

จากรูปที่ 7 พบว่า ร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) ณ อุณหภูมิต่างๆ โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย เท่ากับ 96, 92, 90 และ 80 จากการให้ความร้อน ณ อุณหภูมิ 600 °C, 650 °C, 550 °C และ 700 °C ตามลำดับ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการกลั่น จาก 550 °C เป็น 600 °C ร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) จะมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 600 °C ไปที่ 650 °C และ 700 °C ร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) มีแนวโน้มลดลง

เมื่อพิจารณาค่าทั้งสาม ได้แก่ อัตราการกลั่น (ลิตร/นาฬิกา) อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กรัม/ลิตร) และร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) พบว่าที่อุณหภูมิ 550 °C ให้อัตราการกลั่นที่ต่ำที่สุด ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่สูง และมีร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) ต่ำ ที่อุณหภูมิ 600 °C ให้อัตราการกลั่นที่ต่ำ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่น้อยที่สุด และมีร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) สูงที่สุด ที่อุณหภูมิ 650 °C ให้อัตราการกลั่นที่สูง ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่สูง และมีร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) สูง ที่อุณหภูมิ 700 °C ให้อัตราการกลั่นที่สูงที่สุด ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่มากที่สุด และมีร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) ต่ำที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเลือกอุณหภูมิที่ 600 °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานเครื่องกลั่นต้นแบบ เพราะให้ค่าร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) สูงที่สุด อีกทั้งยังมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่น้อยที่สุด ซึ่งค่อนข้างแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดจากอุณหภูมิอื่นๆ

2) การหาปริมาณน้ำมันที่เหมาะสมสำหรับการกลั่น

ในการศึกษานี้ได้ทำการทดลองกลั่นน้ำมันไป โอติเซลที่ปริมาณ 1, 3, 5 และ 7 ลิตร โดยควบคุมอุณหภูมิของการกลั่นที่ 600 °C (เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งพิจารณาเลือกจากการทดลองที่ 1) แล้วทำการเก็บข้อมูล

ระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น (นาทิต) ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้(กรัม) และปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (ลิตร) ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2 แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปทำการคำนวณอัตราการกลั่น (ลิตร/นาทิต) อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กรัม/ลิตร) และร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) เพื่อใช้พิจารณาเลือกปริมาณน้ำมันที่เหมาะสมสำหรับการกลั่น

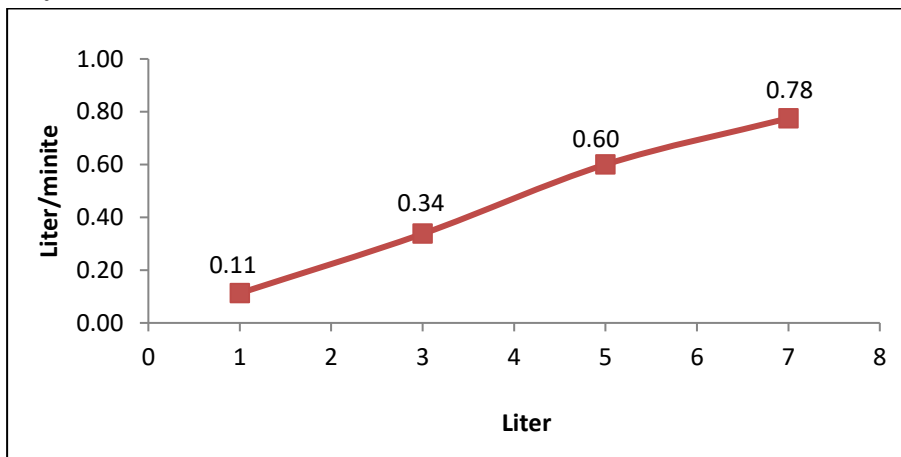
ตารางที่ 2 ผลการกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลที่ปริมาณต่างๆ

ปริมาณน้ำมันที่ใช้กลั่น (ลิตร)	ระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น (นาทิต)	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม)	ปริมาณน้ำมันที่กลั่นได้ (ลิตร)
1	8	11	0.9
3	21	15	2.7
5	25	16	4.8
7	30	20	6.2

จากตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณน้ำมันที่ใช้กลั่น 1, 3, 5 และ 7 ลิตร มีระยะเวลาในการกลั่น เท่ากับ 8, 21, 25 และ 30 นาทีตามลำดับ ใช้ปริมาณเชื้อเพลิง จำนวน 11, 15, 16 และ 20 กรัมตามลำดับ ได้ปริมาณน้ำมันจากการกลั่น จำนวน 0.9, 2.7, 4.8 และ 6.2 ลิตรตามลำดับ โดยนำข้อมูลดังกล่าวข้างต้นไปคำนวณอัตราการกลั่น (ลิตร/นาทิต) อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กรัม/ลิตร) และร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) เพื่อใช้พิจารณาเลือกปริมาณน้ำมันที่เหมาะสมในการกลั่นเป็นลำดับต่อไป

2.1) อัตราการกลั่น (ลิตร/นาทิต)

โดยทำการคำนวณจาก ปริมาณน้ำมันที่กลั่นได้ (ลิตร) ต่อระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น (นาทิต) ซึ่งสามารถคำนวณได้ 0.11, 0.34, 0.60 และ 0.78 ลิตรต่อนาที ตามปริมาณน้ำมันที่ใช้กลั่น 1, 3, 5 และ 7 ลิตรตามลำดับ โดยแสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 8

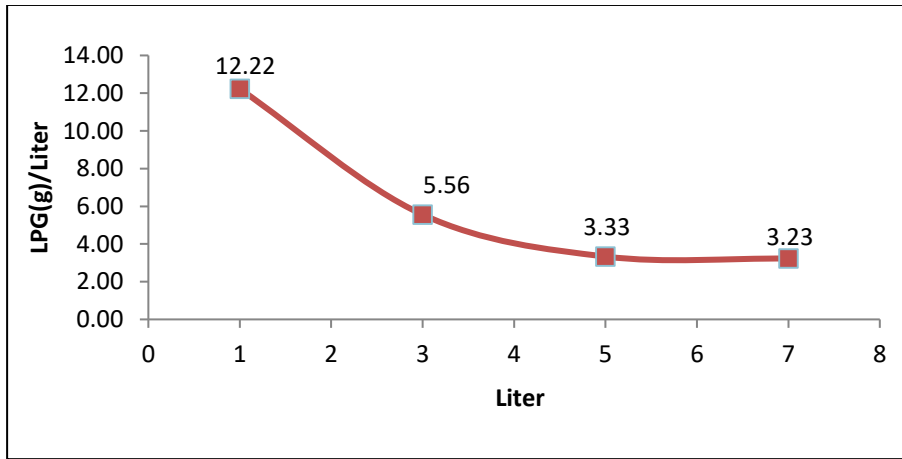


รูปที่ 8 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกลั่น (ลิตร/นาทิต) กับปริมาณน้ำมันที่ใช้กลั่น(ลิตร)

จากรูปที่ 8 พบว่า อัตราการกลั่น (ลิตร/นาทิต) ในปริมาณน้ำมันที่ใช้กลั่น 1, 3, 5 และ 7 ลิตร โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย เป็น 0.11, 0.34, 0.60 และ 0.78 ลิตรต่อนาที เมื่อปริมาณน้ำมันที่ใช้กลั่นสูงขึ้นอัตราการกลั่นมีค่าที่สูงขึ้น

2.2) อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กรัม/ลิตร)

โดยทำการคำนวณจาก ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (กรัม) ต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ (ลิตร) ตามปริมาณน้ำมันที่สกัด 1, 3, 5 และ 7 ลิตร ซึ่งสามารถคำนวณได้ 12.22, 5.56, 3.33 และ 3.23 กรัมต่อลิตรตามลำดับ โดยแสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 9

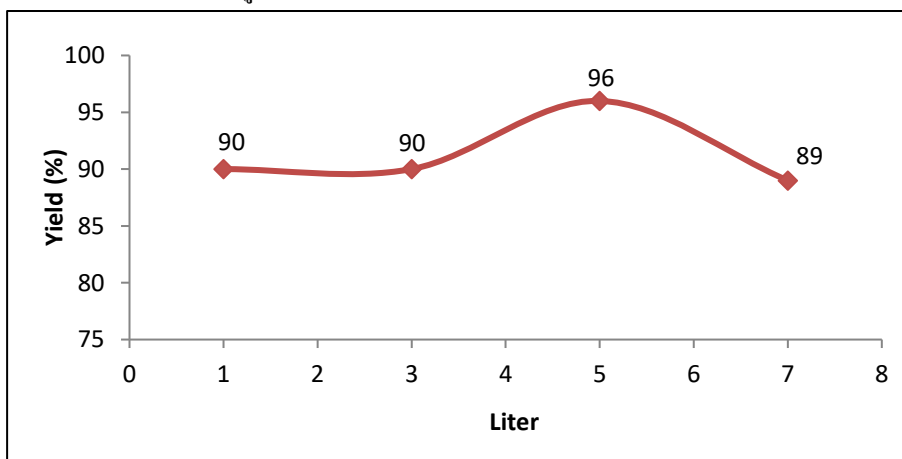


รูปที่ 9 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้เชื้อเพลิง (กรัม/ลิตร) กับปริมาณน้ำมันที่สกัด (ลิตร)

จากรูปที่ 9 พบว่า อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กรัม/ลิตร) ณ ปริมาณน้ำมันที่สกัด 1, 3, 5 และ 7 ลิตร โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย เป็น 12.22, 5.56, 3.33 และ 3.23 กรัมต่อลิตรตามลำดับ เมื่อปริมาณน้ำมันที่สกัดสูงขึ้น อัตราการใช้เชื้อเพลิงมีค่าลดลง

2.3) ร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield)

โดยทำการคำนวณจาก ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ (ลิตร) ต่อระยะเวลาที่ใช้ในการกลั่น (นาที) ซึ่งสามารถคำนวณร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) ปริมาณน้ำมันที่สกัด 1, 3, 5 และ 7 ลิตรได้ 90, 90, 96 และ 89 ตามลำดับ โดยแสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) กับปริมาณน้ำมันที่สกัด (ลิตร)

จากรูปที่ 10 พบว่า ร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย เท่ากับ 96, 90, 90 และ 89 ที่ปริมาณน้ำมันที่สกัด 5, 3, 1 และ 7 ลิตร ตามลำดับ ในปริมาณน้ำมันที่กลั่น 1 และ 3 ลิตร ไม่มีความแตกต่างของร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันที่กลั่นเป็น 5 ลิตร จะ

ได้ค่าร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) ที่สูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันที่กลั่นเป็น 7 ลิตร กลับได้ค่าร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) ที่ลดลง

เมื่อพิจารณาค่าทั้งสาม ได้แก่ อัตราการกลั่น (ลิตร/นาท) อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กรัม/ลิตร) และร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) พบว่าที่ปริมาณของน้ำมันที่กลั่น 1 ลิตร ให้อัตราการกลั่นต่ำที่สุด ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสูงที่สุด และมีร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) ปานกลาง ที่ปริมาณของน้ำมันที่กลั่น 3 ลิตร ให้อัตราการกลั่นที่ต่ำ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่สูง และมีร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) ปานกลาง ที่ปริมาณของน้ำมันที่กลั่น 5 ลิตร ให้อัตราการกลั่นที่สูง ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่ต่ำ และมีร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) สูงที่สุด และที่ปริมาณของน้ำมันที่กลั่น 7 ลิตร ให้อัตราการกลั่นสูงที่สุด ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่มากที่สุด และมีร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) ต่ำที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเลือกใช้ปริมาณของน้ำมันที่กลั่นจำนวน 5 ลิตร เป็นปริมาณน้ำมันที่ใช้กลั่นที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานเครื่องกลั่นต้นแบบ เพราะให้ค่าร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) สูงที่สุด อีกทั้งยังมีค่าอัตราการกลั่นสูงและมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้อย ซึ่งค่อนข้างแตกต่างจากปริมาณของน้ำมันที่กลั่นอื่นๆ

3) การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำมันระหว่างน้ำมันไบโอดีเซลก่อนกลั่นและหลังกลั่น

จากการทดลองกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลด้วยเครื่องกลั่นต้นแบบแล้วทำการเก็บบันทึกข้อมูลแล้วนำมาคำนวณค่าต่างๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ทำให้ได้อุณหภูมิและปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานเครื่องกลั่น (กลั่นที่อุณหภูมิ 600 °C และใช้ปริมาณน้ำมัน 5 ลิตร) ผู้วิจัยจึงได้ทำการกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มเติมเพื่อนำน้ำมันที่ได้ไปส่งตรวจวัดคุณภาพที่ห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองจากกรมธุรกิจพลังงาน พร้อมกับน้ำมันไบโอดีเซลก่อนกลั่น โดยผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำมันทั้งสอง แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำมัน

No.	Property	Unit	Test Method	Standard	ไบโอดีเซลจากน้ำมันใช้แล้ว	ไบโอดีเซลกลั่น
1	Cetane Number	-	ASTM D 976-06	□ 51	43.7	48.6
2	Methyl Ester of Fatty Acid	%wt	EN 14103	> 96.5	92.50	98.50
3	Linolenic Methyl Ester	%wt	EN 14103	□ 12	0.46	0.97
4	Density at 30 deg.C	kg/m ³	ASTM D 4052	860 - 900	871.5	866.5
5	Viscosity at 40 deg.C	cSt	ASTM D 445	3.5 – 5.0	4.988	4.330
6	Flash Point	deg. C	ASTM D 93	□ 120	161	163
7	Carbon Residue on 10% Residue	%wt	ASTM D 86	□ 0.3	0.6	Less than 0.1
8	Total Contaminate	mg/kg	EN 12662	□ 24	24	10
9	Copper Strip Corrosion at 50 deg.C, 3 hrs.	-	ASTM D 130	No. 1	1a	1a
10	Free Glycerin	%wt	EN 14105	< 0.02	0.014	0.002
11	Total Glycerin	%wt	EN 14105	< 0.25	0.227	0.010
12	Monoglyceride	%wt	EN 14105	< 0.7	0.227	0.021
13	Diglyceride	%wt	EN 14105	< 0.2	0.360	0.006
14	Triglyceride	%wt	EN 14105	< 0.2	0.991	0.008

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าจากการตรวจวัดต่างๆ ของน้ำมันไบโอดีเซลก้นมีค่าที่ดีขึ้น เมื่อเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซลก่อนการกลั่น ซึ่งค่าคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลก้นมีค่าคุณสมบัติ 13 ค่าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน โดยในส่วนของ การพิจารณาความบริสุทธิ์ของน้ำมัน สามารถพิจารณาได้จากค่าคุณสมบัติลำดับที่ 2. Methyl Ester of Fatty Acid และค่าคุณสมบัติลำดับที่ 7. Carbon Residue on 10% Residue ซึ่งค่า Methyl Ester of Fatty Acid มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 92.50 %wt เป็น 98.50 %wt และค่า Carbon Residue on 10% Residue มีค่าลดลงจาก 0.6 %wt เหลือน้อยกว่า 0.1 %wt และเมื่อพิจารณาตามค่าที่ตรวจวัดได้แล้วนั้นบ่งชี้ชัดเจนว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านการกลั่นมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชหรือน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้วด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification) มักพบปัญหาในเรื่องคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิต เพราะน้ำมันที่นำมาใช้ผลิตมีความปนเปื้อนจากสารโพลาไรซ์ชนิดต่างๆ อยู่มากและมีคุณลักษณะที่ไม่คงที่ในแต่ละรอบของน้ำมันที่เข้าสู่กระบวนการผลิต แต่สัดส่วนสารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่ จึงไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ ส่งผลให้บางครั้งปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์ และน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้มีความบริสุทธิ์ต่ำ เมื่อนำไปใช้กับทำให้ก่อให้เกิดการอุดตันหัวฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์อาจชำรุดเสียหายในที่สุด ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องกลั่นน้ำมันไบโอดีเซล ที่มีขนาด 7 ลิตร โดยทำการทดลอง ทดสอบกลั่นพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการกลั่นอยู่ที่ 600 °C ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวและเป็นค่าที่เหมาะสมทำให้ได้ ค่าร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) สูงที่สุด 96% และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงน้อยที่สุดเท่ากับ 3.33 กรัมต่อลิตร ซึ่งไม่มีการค้นพบในงานวิจัยก่อนหน้านี้ จากนั้นผู้วิจัยได้นำอุณหภูมิที่เหมาะสมทำการทดลองหาปริมาณน้ำมันที่เหมาะสมสำหรับการกลั่น พบว่า เลือกใช้ปริมาณของน้ำมันที่กลั่นจำนวน 5 ลิตร เป็นปริมาณน้ำมันที่ใช้กลั่นที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานเครื่องกลั่นต้นแบบ เพราะให้ค่าร้อยละปริมาณน้ำมันที่ได้จากการกลั่น (%Yield) สูงที่สุด 96% อีกทั้งยังมีค่าอัตราการกลั่นสูงและมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้อย ซึ่งค่อนข้างแตกต่างจากปริมาณของน้ำมันที่กลั่นอื่นๆ และไม่มี การค้นพบในงานวิจัยก่อนหน้านี้

ทำการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำมันระหว่างน้ำมันไบโอดีเซลก่อนกลั่นและหลังกลั่น ซึ่งใช้อุณหภูมิในการกลั่นที่ 600 °C และปริมาณของน้ำมันที่กลั่นจำนวน 5 ลิตร พบว่า ค่าจากการตรวจวัดต่างๆ ของน้ำมันไบโอดีเซลก้นมีค่าที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซลก่อนการกลั่น ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ได้ว่าน้ำมันไบโอดีเซลก้น มีคุณภาพที่ดีขึ้นทุกค่าการตรวจวัด

จากงานวิจัยนี้เห็นได้ว่า การกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลทำให้คุณภาพของน้ำมันสูงขึ้นและเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด เหมาะสมกับการนำไปใช้กับเครื่องยนต์ และลดปัญหาของเครื่องยนต์ได้เป็นอย่างดี สามารถนำไปขยายผลและเพิ่มคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซลให้เหมาะสมต่อการใช้งานกับเครื่องยนต์ อีกทั้งยังทำให้เป็นการเพิ่มมูลค่าและส่งเสริมให้ลดใช้น้ำมันทอดซ้ำ การวิจัยในระดับต่อไปจะทำการพิจารณาต้นทุนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลก้นเทียบกับการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลทั่วไป และการทดสอบใช้จริงกับเครื่องยนต์ชนิดต่างๆต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ฝ่ายโครงสร้างพื้นฐาน มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่จัดสรรงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2559 ประเภทเงินอุดหนุนทั่วไป สำนักงานจัดการนวัตกรรมการพลังงานและไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ และเทศบาลนครขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์วัดอุบลในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

การุญ พิงสุวรรณรักษ์. การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซลปาล์มด้วยวิธีการผสมสารเติมแต่งและศึกษาผลของ
สมรรถนะและการปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล. [วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิตสาขา
วิศวกรรมเครื่องกล]. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2557.

กิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย และคณะ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์การใช้น้ำมันสบู่น้ำมันกับเครื่องยนต์รอบต่ำ.

กรุงเทพมหานคร:กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน; 2551.

วัชรพล ปุณจันทร์ และคณะ. ผลกระทบของน้ำมันไบโอดีเซลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล.วิศวกรรมสาร มข.
ปีที่ 33 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม-มิถุนายน. 193-208; ขอนแก่น; 2549.

Demirbas, A. Biodiesel a Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines. New York: Springer; 2008.

Gerpen, J. V. Biodiesel processing and production. Fuel Processing Technology. Vol.86. pp. 1097-1107; 2005.