



KKU Engineering Journal

<http://www.en.kku.ac.th/enjournal/th/>

การนำเมทานอลกลับคืนจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันด้วยความร้อนรังสีอาทิตย์

Methanol recovery from transesterification reaction by solar thermal energy

จารุวัฒน์ เจริญจิต* และจีระศักดิ์ เพียรเจริญ

Jaruwat Jareanjit* and Jeerasak Peanjaroen

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

Division of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkla, Thailand, 90000

Received June 2012

Accepted November 2012

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเชิงทดสอบสมรรถนะการนำเมทานอลกลับคืนจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ผ่านกระบวนการกลั่นเมทานอลด้วยรังสีอาทิตย์ โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบเป็นแหล่งความร้อนในการเพิ่มอุณหภูมิไบโอดีเซล 12 ลิตร ที่หมุนเวียนในระบบโดยตรง ที่อัตราการไหล 2.4 ลิตรต่อนาที โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่ 1.การกลั่นเมทานอลจากไบโอดีเซลสำเร็จรูปที่เพิ่มเมทานอลส่วนเกินเข้าไป 5% และ 10% เพื่อจำลองสถานการณ์ตัวแปรของปริมาณเมทานอล และกรณีที่ 2.การกลั่นเมทานอลจากไบโอดีเซลดิบที่มีเมทานอลเหลือจากปฏิกิริยากระบวนการผลิตอยู่ประมาณ 1.3% และ 5% เพื่อทดสอบสภาวะการทำงานจริง จากการทดสอบในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส (ค่ารังสีอาทิตย์ > 17 MJ/m²day ขึ้นไป) ในช่วงเวลา 9:00-15:00น.พบว่าอุณหภูมิไบโอดีเซลในถังกลั่นมีค่าอยู่ที่ 80-100°C แปรผันตามค่ารังสีอาทิตย์ โดยผลการกลั่นเมทานอลจากไบโอดีเซลทั้ง 2 กรณี เป็นไปในแนวทางเดียวกัน คือ กรณีที่ 1.ระบบมีประสิทธิภาพการแยกประมาณ 85% และ 98% มีประสิทธิภาพการกลั่นประมาณ 87% และ 98% ตามลำดับ กรณีที่ 2.ระบบมีประสิทธิภาพการแยกประมาณ 84% และ 97% ในขณะที่มีประสิทธิภาพการกลั่นประมาณ 95% และ 98% ตามลำดับ ขึ้นอยู่กับปริมาณเมทานอลที่กลั่นได้ ซึ่งแปรผันตามอุณหภูมิ และปริมาณเมทานอลเริ่มต้น ในขณะที่ปริมาณความชื้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพการแยกลดลง ตามลำดับ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่เหมาะสม เพื่อสนับสนุนให้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทดแทนที่มีประสิทธิภาพทางพลังงานความร้อนสูงขึ้น โดยใช้พลังงานหมุนเวียนเสริมกระบวนการผลิตต่อไป

คำสำคัญ : การกลั่นด้วยรังสีอาทิตย์ ไบโอดีเซล การนำเมทานอลกลับคืน ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

Abstract

The experimental research was to test the potential of methanol recovery from transesterification reaction by solar distillation process. The flat-plate solar collectors were used as a heat resource to directly increase the temperature of 12 litre biodiesel with a flowing rate at 2.4 litre per minute in the system. The experiment was undertaken in 2 cases. Case 1 , the system in which methanol was distilled from purified diesel and 5% and 10% of methanol added in order to simulate variable condition of methanol quantity, and Case 2, the system in which about 1.3% and 5% of remaining methanol distilled from crude biodiesel after use in the production process reaction was used to test in an actual working condition. The experiments were carried out on the periods of fine weather (solar

*Corresponding author. Tel : +66 7431 7100 ext.1915; Fax: +66 7431 5185

Email address: j.jaruwat@gmail.com

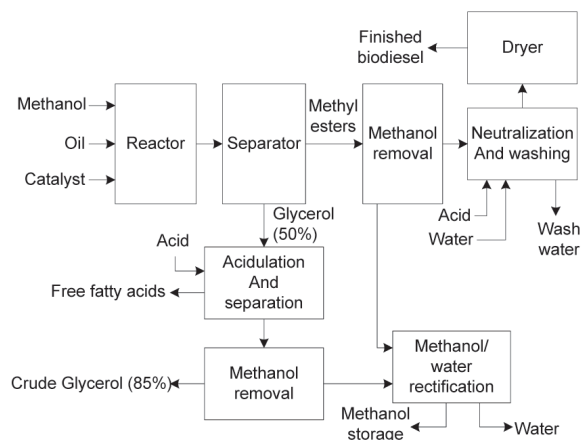
radiation $> 17 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$) between 9:00 pm. - 03:00 pm. The result indicated that the temperature of biodiesel in a distillation tank was $80\text{-}100 \text{ }^\circ\text{C}$ varying with solar radiation values. The product of methanol distilled from biodiesel in the both cases yielded the same tendency. In Case 1, extraction efficiency of the system was 85% and 98% with the distillation efficiency of 87% and 98% respectively. In Case 2, extraction efficiency of the system was 84% and 97% with the distillation efficiency of 95% and 98% respectively. The distillation efficiency depended on a quantity of methanol distilled which was varied with temperature and initial amount of methanol whereas quantity of moisture could decrease the extraction efficiency. As clearly seen from the result of the research, it was an appropriate way to promote the use of biodiesel as efficient alternative fuel for thermal energy and as another kind of renewable energy source in a production process.

Keywords: Solar distillation, Biodiesel, Methanol recovery, Transesterification

1. บทนำ

ปัจจุบันปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลของโลกมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ราคาสูงขึ้น โดยเฉพาะน้ำมันดีเซลซึ่งใช้มากในอุตสาหกรรม การผลิต และการขนส่ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อสถานะเศรษฐกิจโดยรวม จากปัญหาดังกล่าวกระทรวงพลังงานจึงจัดทำแผนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกเพิ่มเป็น 25% ใน 10 ปี (พ.ศ.2555-2565)[1] เพื่อกำหนดทิศทางการพัฒนา และส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนอย่างเป็นรูปธรรม โดยไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification)[2-3] ระหว่างน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ (เนื่องจากมีแหล่งวัตถุดิบในประเทศ) กับเมทานอลหรือเอทานอล โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ประกอบด้วย เอสเทอร์ของกรดไขมัน (Fatty Acid Ester) หรือไบโอดีเซลที่มีสมบัติสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล โดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ [4-5] และกลีเซอรอล (Glycerol) เป็นผลพลอยได้ นอกจากนี้เมื่อมีการศึกษาสมดุลพลังงาน [6] พบว่าไบโอดีเซลมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำ กล่าวคือพลังงานที่ใส่เข้าไปในกระบวนการผลิตมากกว่า หรือใกล้เคียงกับพลังงานที่ได้จากไบโอดีเซล เมื่อวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต (LCA) ในการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มในประเทศไทย [7] พบว่าพลังงานส่วนใหญ่ใช้ในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลมากที่สุด ซึ่งได้มีการประยุกต์ใช้รังสีอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งความร้อนสำหรับปฏิกิริยาเคมี [8-9] ที่อุณหภูมิ $50\text{-}60^\circ\text{C}$ หรือใช้ความร้อนรังสีอาทิตย์ในการผลิตไอน้ำ และไฟฟ้าเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล [10-11]

ตามลำดับ โดยเฉพาะในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล 34.6%เป็นการใช้พลังงานไปในส่วนของการผลิตเมทานอล [7] สำหรับใช้ในปฏิกิริยา ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานส่วนนี้ลงได้โดยการประยุกต์ใช้พลังงานหมุนเวียนในกระบวนการผลิต เช่นการใช้รังสีอาทิตย์ในกระบวนการกลั่นสารละลาย[12-15] หรือในอีกแนวทางคือการใช้เมทานอลให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยการนำเมทานอลกลับคืนจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งโดยทั่วไปมักใช้เมทานอลในปริมาณมาก เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ ดังนั้นหลังการทำปฏิกิริยาจะมีเมทานอลเหลืออยู่ควรนำหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวต้องใช้เวลา ความร้อนสำหรับใช้ในการระเหยเมทานอลออกจากกระบวนการผลิต ตามลำดับ ซึ่งปกติการนำเมทานอลกลับคืนอยู่ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ในขั้นตอนต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพกระบวนการผลิตไบโอดีเซล [16]

งานวิจัยชิ้นนี้จึงมีแนวคิดในการทดสอบสมรรถนะการนำเมทานอลกลับคืนจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันผ่านกระบวนการกลั่นเมทานอลจากไบโอดีเซลสำเร็จรูป และไบโอดีเซลดิบ ด้วยรังสีอาทิตย์ เพื่อลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล 2 ส่วนคือ 1). ในส่วนของการนำเมทานอลที่เหลือจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันกลับคืนด้วยพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ เพื่อลดปริมาณพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง และ 2). ช่วยลดการใช้พลังงานสำหรับการผลิตเมทานอลที่ใช้ในปฏิกิริยา โดยการนำเมทานอลที่เหลือจากปฏิกิริยา กลับมาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อสนับสนุนให้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทดแทนที่มีประสิทธิภาพทางพลังงานความร้อนสูงขึ้น โดยใช้พลังงานหมุนเวียนเสริมกระบวนการผลิตต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 ชุดทดลอง



รูปที่ 2 เครื่องกลั่นเมทานอลออกจากไบโอดีเซลด้วยรังสีอาทิตย์

การทำงานของเครื่องกลั่นเมทานอลจากไบโอดีเซลด้วยรังสีอาทิตย์แบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้วัตถุดิบคือ ไบโอดีเซลสำเร็จรูป (ผ่านการไล่เมทานอลและล้างเรียบร้อยแล้ว) และไบโอดีเซลดิบ (ไม่ผ่านการไล่เมทานอล และล้างทำความสะอาด) จากสถาบันไบโอดีเซล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ผลิตจากปาล์มน้ำมัน เป็นสารทำงานในระบบเพื่อรับความร้อนตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ (Flat Plate Solar Collector) ขนาดพื้นที่รับรังสีขนาด 2 m^2 โดยตรง ซึ่งติดตั้งหันหน้าไปทางทิศใต้เฉียงทำมุม 12 องศา กับแนวระดับ (ตามตำแหน่งละติจูดที่ติดตั้ง) เพื่อให้แสงตกกับรังสีอาทิตย์ และรับรังสี

ได้ตลอดการทดลอง โดยใช้ปั๊มเป็นต้นกำลังในการหมุนเวียนไบโอดีเซลผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่อัตราการไหล 0.02 kg/s-m^2 ผ่านไปยังถังกลั่นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35×42 เซนติเมตร ความจุ 12 ลิตร [17] โดยบริเวณส่วนบนของถังกลั่นจะเป็นส่วนของคอนเดนเซอร์เพื่อควบแน่นเมทานอลในชุดเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2 จากหลักการทำงานดังกล่าวส่งผลให้ไบโอดีเซลในระบบอุณหภูมิสูงขึ้น และส่งผลให้เมทานอลส่วนเกินระเหยแยกตัวออกไปไบโอดีเซลตามลำดับ จากสมบัติจุดเดือดของเมทานอลที่ 64.7°C ซึ่งต่ำกว่าไบโอดีเซล โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ก็จะทำให้ระเหยตัว เนื่องจากความดันไอที่เพิ่มขึ้น และไอมะทานอลก็จะระเหยตัวขึ้นไปยังฝาควบแน่นทรงกรวยด้านบน โดยการถ่ายโอนมวลและความร้อนตามธรรมชาติในภาชนะปิด ซึ่งไอมะทานอลจะกลั่นตัวบริเวณผิวควบแน่นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวระเหย เนื่องจากสามารถระบายความร้อนสู่น้ำหล่อเย็นบนฝาดังกลั่นตามลำดับ และไหลรวมหยดลงภาชนะรองรับสารละลายที่อยู่ด้านล่างของกรวยควบแน่น ตรงแกนกลางของถังกลั่น และไหลออกจากเครื่องกลั่นต่อไป

เมื่อพิจารณาศักยภาพเชิงอุณหภูมิที่ระบบน้ำร้อนรังสีอาทิตย์ทั่วไปทำได้ สามารถระเหยไอมะทานอล ออกจากไบโอดีเซลได้ และการสะสมพลังงานความร้อนภายในเครื่องกลั่นทำให้อุณหภูมิในถังกลั่นค่อนข้างคงที่จากสมบัติค่าความจุความร้อนของไบโอดีเซลที่ 2.3 kJ/kg K ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในถังกลั่นน้อย ในช่วงที่รังสีอาทิตย์ไม่คงที่ ตามลำดับ

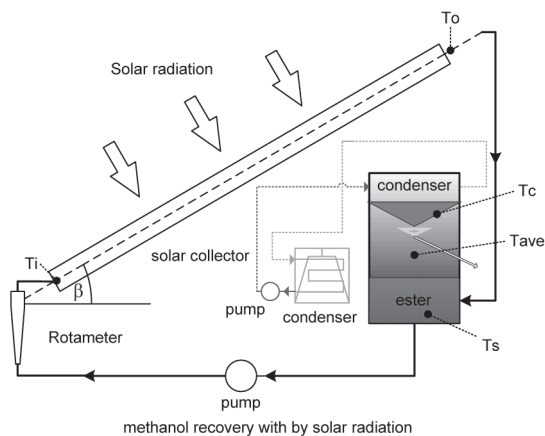
2.2 วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบการทดลองกลั่นเมทานอลออกจากไบโอดีเซล 2 กรณี เพื่อทดสอบสมรรถนะการนำเมทานอลกลับคืนจากปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน ผ่านกระบวนการกลั่นเมทานอลด้วยรังสีอาทิตย์ ในส่วนของอัตรากลั่น ปริมาณการกลั่น ความเข้มข้น และประสิทธิภาพการแยกและการกลั่นเมทานอลจากไบโอดีเซล ตามลำดับ

กรณีที่ 1 การทดสอบการกลั่นเมทานอล ออกจากไบโอดีเซลสำเร็จรูปที่ผ่านการเติมเมทานอลส่วนเกินเข้าไป 2 ค่า คือที่ปริมาณ 5% (600 มิลลิลิตร) และ 10% (1200 มิลลิลิตร) ตามลำดับ เพื่อจำลองสถานการณ์การปรับตัวแปรของปริมาณเมทานอลที่กำหนด ต่อสมรรถนะการกลั่นเมทานอล

กรณีที่ 2 การทดสอบการกลั่นเมทานอลออกจาก ไบโอดีเซลดิบ จากโรงงานผลิตโดยตรง จำนวน 2 รุ่นการผลิต ที่ระบุค่าปริมาณของเมทานอลในวัตถุดิบแต่ละรุ่น ประมาณ 1.3 % และ 5% ตามลำดับ เพื่อทดสอบสภาวะการทำงานจริง

ดำเนินการทดสอบในช่วงระหว่างเวลา 9.00-15.00 น. เป็นเวลา 6 ชั่วโมงต่อวัน ทำการวัดค่ารังสีอาทิตย์ด้วย Pyranometer (Kipp & Zonen) Model CM 11B ความละเอียด $\pm 2 \text{ W/m}^2$ วัดอุณหภูมิภายในเครื่องกลั่นที่ตำแหน่งต่าง ๆ คือ อุณหภูมิทางออกตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (To), อุณหภูมิทางเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Ti), อุณหภูมิในเครื่องกลั่น (Tave), อุณหภูมิสารละลาย (Ts) และอุณหภูมิผิวควบแน่นในถัง (Tc) วัดด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ซึ่งมีความละเอียด $\pm 0.5^\circ\text{C}$ บันทึกข้อมูลค่ารังสีและอุณหภูมิการทดลอง ทุกๆ 1 นาที โดยใช้ Data logger (Yokogawa) Model MW 100 และวัดปริมาณการกลั่นในช่วงเวลาต่าง ๆ เพื่อนำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับสมรรถนะการกลั่นของแต่ละกรณี ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพรายละเอียดของระบบกลั่นเมทานอลออกจากไบโอดีเซลด้วยรังสีอาทิตย์

โดยที่ประสิทธิภาพการแยกพิจารณาจาก ปริมาณเมทานอลบริสุทธิ์ที่กลั่นได้เทียบกับปริมาณเมทานอลบริสุทธิ์เริ่มต้นในไบโอดีเซล สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{Separation Eff}$$

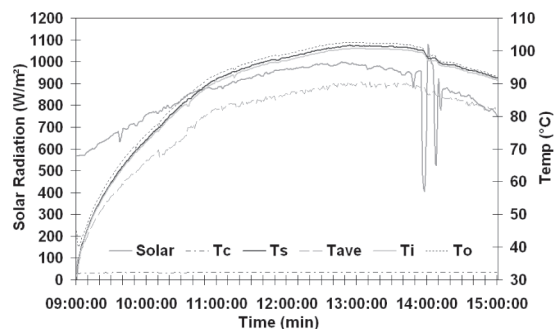
โดยที่ประสิทธิภาพการกลั่นพิจารณาจาก ปริมาณสารละลายที่กลั่นได้เทียบกับปริมาณเมทานอลเริ่มต้นในไบโอดีเซล สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{Distillation Eff} = \frac{\text{product (mL)}_{\text{product}}}{\text{methanol (mL)}_{\text{initial}}} \times 100$$

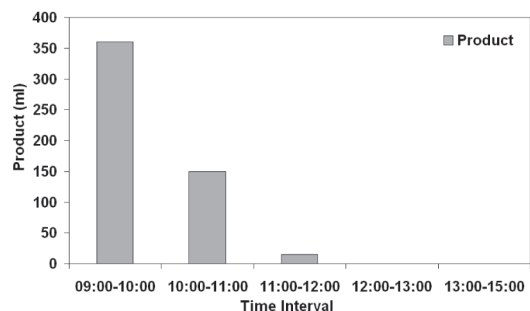
3. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองการกลั่นเมทานอล ออกจากไบโอดีเซลด้วยรังสีอาทิตย์ ซึ่งผลจากการศึกษาสามารถแสดงผลการทดลองได้ดังนี้

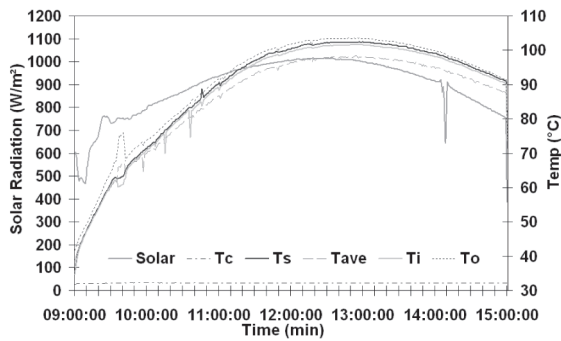
3.1 กรณีที่ 1 ทดสอบการกลั่นเมทานอลออกจากไบโอดีเซลสำเร็จรูป การศึกษาในส่วนนี้ ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลของปริมาณเมทานอล (5% และ 10%) ในไบโอดีเซลสำเร็จรูปต่อสมรรถนะการกลั่นซึ่งมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้



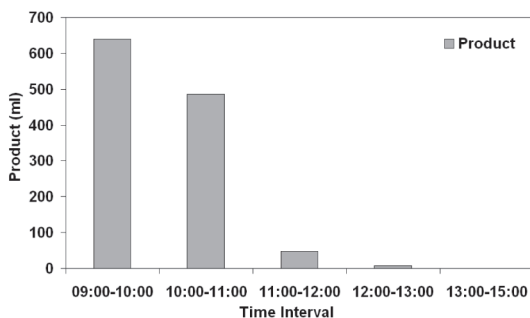
รูปที่ 4 ค่ารังสีอาทิตย์ ($18.55 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$) และอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ (เติมเมทานอล 5%)



รูปที่ 5 ปริมาณสารละลายเมทานอลที่กลั่นได้จากไบโอดีเซลสำเร็จรูป (เติมเมทานอล 5%)



รูปที่ 6 ค่ารังสีอาทิตย์ ($19.23 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$) และอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ (เติมเมทานอล 10%)



รูปที่ 7 ปริมาณสารละลายเมทานอลที่กลั่นได้จากไบโอดีเซลสำเร็จรูป (เติมเมทานอล 10%)

ตารางที่ 1 ปริมาณการกลั่น ความเข้มข้น และประสิทธิภาพการแยกและการกลั่นเมทานอลจากไบโอดีเซลสำเร็จรูป

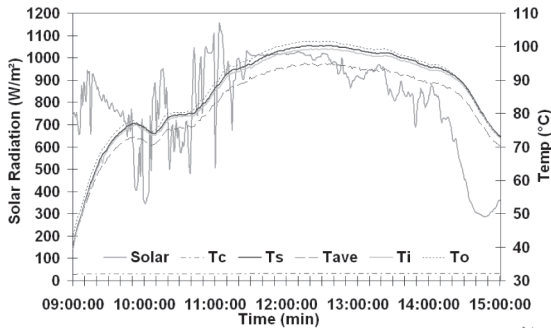
Ester+Methanol 600 ml (5%)					
Time	Product (ml)	Concentration %v/v	Methanol (ml)	Eff (%)	
09:00-10:00	360.00	97.00	349.20	58.32	
10:00-11:00	150.00	98.00	147.00	24.55	
11:00-12:00	15.00	98.00	14.70	2.45	
12:00-13:00	0.00		0.00	0.00	
13:00-15:00	0.00		0.00	0.00	
Total	525.00	97.31	510.90	85.32	
Initial	600.00	99.80	598.80	100.00	
18.55 MJ/m ² day				Separation Eff.	85.32
				Distillation Eff.	87.50

Ester+Methanol 1200 ml (10%)					
Time	Product (ml)	Concentration %v/v	Methanol (ml)	Eff (%)	
09:00-10:00	640.00	99.50	636.80	53.17	
10:00-11:00	486.00	99.80	485.03	40.50	
11:00-12:00	48.00	99.80	47.90	4.00	
12:00-13:00	8.00	99.80	7.98	0.67	
13:00-15:00	0.00		0.00	0.00	
Total	1182.00	99.64	1177.72	98.34	
Initial	1200.00	99.80	1197.60	100.00	
19.23 MJ/m ² day				Separation Eff.	98.34
				Distillation Eff.	98.50

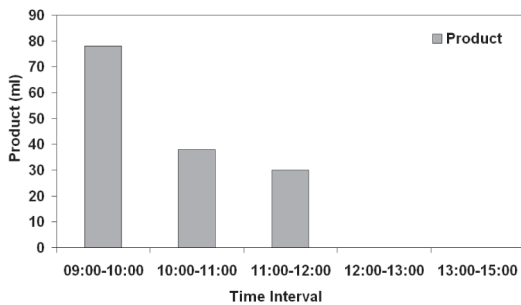
จากรูปที่ 4 และ 6 พบว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ แปรผันตามค่ารังสีอาทิตย์ อย่างช้าๆ จากการสะสมความร้อนของไบโอดีเซล โดยอุณหภูมิสารละลายในถังกลั่นอยู่ที่ประมาณ $80-100^{\circ}\text{C}$ ในช่วงเวลา 11:00-15:00 น. เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5 และ 7 แสดงปริมาณการกลั่นเมทานอล ที่ปริมาณเมทานอล เริ่มต้น 5% และ 10% ในช่วงเวลาต่าง ๆ พบว่าสามารถแยกเมทานอล ออกจากไบโอดีเซลมากที่สุด ในช่วงแรกของการทดลอง หรือในช่วงอุณหภูมิมากกว่าจุดเดือดของเมทานอล ขึ้นไป โดยอัตราการกลั่นแปรผันตามปริมาณเมทานอลเริ่มต้นในระบบ และเมื่อเวลาผ่านไป ปริมาณการกลั่นจะลดลงแปรผันตามปริมาณเมทานอลที่เหลืออยู่ในไบโอดีเซล ตามลำดับ

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาในช่วงเวลา 09:00-10:00 น. สารละลายเมทานอลที่กลั่นได้มีความเข้มข้นระหว่าง 95-99.8% แปรผันตามความชื้นที่มีอยู่ในไบโอดีเซลที่ใช้ในการทดสอบ เมื่อพิจารณาเฉพาะปริมาณเมทานอลบริสุทธิ์ที่แยกมาได้ พบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถแยกเมทานอล ออกมาได้มากกว่า 50% ของปริมาณ เมทานอลทั้งหมดที่เพิ่มเข้าไป และลดลงตามปริมาณเมทานอลที่ลดลงในช่วงเวลาถัดไปตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการแยกประมาณ 85% และ 98% มีประสิทธิภาพการกลั่นประมาณ 87% และ 98% สำหรับปริมาณเมทานอลเริ่มต้นในไบโอดีเซลสำเร็จรูป 5% และ 10% ตามลำดับ แปรผันตาม ปริมาณเมทานอลที่เติมเพิ่มเข้าไป พิจารณาว่าประสิทธิภาพจะสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณเมทานอลสูงเนื่องจากอุณหภูมิไบโอดีเซลในการทดสอบสูงกว่าจุดเดือดของเมทานอลที่ 64.7°C ส่งผลให้เมทานอล และไอน้ำบางส่วนจะระเหยแยกตัวออกจากไบโอดีเซลอย่างชัดเจน ซึ่งอุณหภูมิส่วนใหญ่ในการทดลองสูงกว่าจุดเดือด ส่งผลให้สามารถกลั่นสารละลายเมทานอลได้ตั้งแต่ช่วงแรกของการทดลอง โดยอัตราการกลั่นยังคงแปรผันตามอุณหภูมิ ตามลำดับ

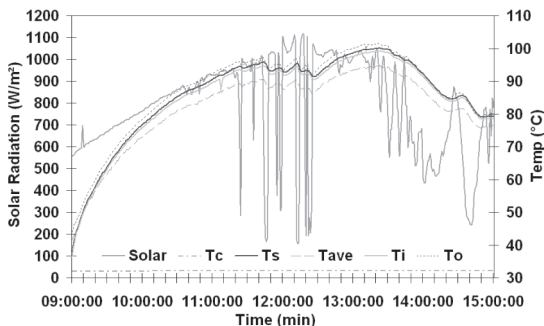
3.2 กรณีที่ 2 ทดสอบสมรรถนะการกลั่นเมทานอลออกจากไบโอดีเซลดิบ การศึกษาในส่วนนี้ ได้ทำการทดลองเพื่อทดสอบสมรรถนะการกลั่นเมทานอลออกจากไบโอดีเซลดิบที่รายงานว่ามีเมทานอลเหลือจากปฏิกิริยาอยู่ประมาณ 1.3% และ 5% ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้



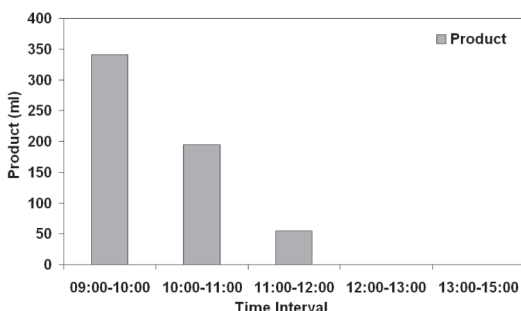
รูปที่ 8 ค่ารังสีอาทิตย์ ($17.46 \text{ MJ/m}^2 \text{ day}$) และอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ (เมทานอล 1.3%)



รูปที่ 9 ปริมาณสารละลายเมทานอลที่กลั่นได้จากไบโอดีเซลดิบ (เมทานอล 1.3%)



รูปที่ 10 ค่ารังสีอาทิตย์ ($17.02 \text{ MJ/m}^2 \text{ day}$) และอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ (เมทานอล 5%)



รูปที่ 11 ปริมาณสารละลายเมทานอลที่กลั่นได้จากไบโอดีเซลดิบ (เมทานอล 5%)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณการกลั่น ความเข้มข้น และประสิทธิภาพการแยกและการกลั่นเมทานอลจากไบโอดีเซลดิบ

Ester (Methanol 1-1.3%)				
Time	Product (ml)	Concentration %v/v	Methanol (ml)	Eff (%)
09:00-10:00	78.00	87.00	67.86	44.44
10:00-11:00	38.00	90.00	34.20	22.40
11:00-12:00	30.00	90.00	27.00	17.68
12:00-13:00	0.00		0.00	0.00
13:00-15:00	0.00		0.00	0.00
Total	146.00	88.40	129.06	84.52
Initial	153.00	99.80	152.69	100.00
17.46 MJ/m ² day				Separation Eff. 84.52
				Distillation Eff. 95.42

Ester (Methanol 5%)				
Time	Product (ml)	Concentration %v/v	Methanol (ml)	Eff (%)
09:00-10:00	341.00	98.00	334.18	55.81
10:00-11:00	195.00	99.00	193.05	32.24
11:00-12:00	55.00	99.00	54.45	9.09
12:00-13:00	0.00		0.00	0.00
13:00-15:00	0.00		0.00	0.00
Total	591.00	98.42	581.68	97.14
Initial	600.00	99.80	598.80	100.00
17.02 MJ/m ² day				Separation Eff. 97.14
				Distillation Eff. 98.50

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาในช่วงเวลา 09:00-10:00 น. สารละลายเมทานอลที่กลั่นได้มีความเข้มข้นระหว่าง 87-99.8% เนื่องจากความชื้นที่มีอยู่ในไบโอดีเซลดิบ ที่ใช้ในการทดสอบมีค่าสูงกว่าไบโอดีเซลสำเร็จรูป เมื่อพิจารณาเฉพาะปริมาณเมทานอลบริสุทธิ์ที่แยกมาได้ พบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถแยกเมทานอล ออกมาได้ร้อยละเมื่อเทียบกับการใช้ไบโอดีเซลสำเร็จรูป โดยมีค่าประมาณ 44 % และ 55% ของปริมาณเมทานอลทั้งหมดที่เหลือจากปฏิกิริยา โดยมีประสิทธิภาพการแยกประมาณ 84% และ 97% ในขณะที่มีประสิทธิภาพการกลั่นประมาณ 95% และ 98% ในไบโอดีเซลดิบที่เหลือเมทานอล 1.3% และ 5% ตามลำดับ

4. สรุป

จากการทดสอบสมรรถนะการนำเมทานอลกลับคืนจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ผ่านกระบวนการกลั่นเมทานอลจากไบโอดีเซลสำเร็จรูป และไบโอดีเซลดิบ ด้วยรังสีอาทิตย์ พบว่าผลที่ได้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน แตกต่างกันในส่วนของปริมาณความชื้นในไบโอดีเซล โดยอัตราการกลั่นแปรผันตามอุณหภูมิ และปริมาณสารละลายเมทานอลเริ่มต้น โดยประสิทธิภาพการแยกแปรผันตามปริมาณเมทานอล และแปรผกผันกับปริมาณความชื้น เนื่องจากเมทานอลสามารถเข้ากันได้ดีกับความชื้นในระบบ ส่งผลให้ความเข้มข้นเมทานอลที่กลั่นได้ต่ำลง แสดงให้เห็นว่าระบบมีศักยภาพในการกลั่นน้ำหรือความชื้นออกจากระบบได้เช่นเดียวกัน ในขณะที่ประสิทธิภาพการกลั่นแปรผันตามอุณหภูมิ และปริมาณสารละลาย (เมทานอล+น้ำ) ตามลำดับ

ดังนั้นการใช้ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ในกระบวนการนำเมทานอลกลับคืนจากปฏิกิริยา ทรานเอสเทอร์ฟิเคชันเป็นแนวทางหนึ่งที่เหมาะสม และไม่ยุ่งยาก นอกจากนี้สามารถประยุกต์ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิไบโอดีเซลให้มีค่าที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันที่เหมาะสมได้ [18] รวมทั้งเมื่อพิจารณาแผนภาพกระบวนการผลิตไบโอดีเซลพบว่า มีแนวทางในการนำระบบดังกล่าวไปใช้ในการแยกเมทานอลออกจากกลีเซอรอลดิบ แยกเมทานอลออกจากน้ำ และแยกน้ำออกจากกระบวนการล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำในขั้นตอนสุดท้ายในการผลิตไบโอดีเซลสำเร็จรูปได้ เพื่อสนับสนุนให้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทดแทนที่มีประสิทธิภาพทางพลังงานความร้อนสูงขึ้น โดยใช้พลังงานหมุนเวียนเสริมกระบวนการผลิตต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายสิทธิพงศ์ ทองสง นายหัตถยา พิทักษ์ นายธนากร หวังพัฒน์ ที่ช่วยดำเนินงานจนสำเร็จ รวมถึงสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Alternative Energy Development Plan: AEDP 2012-2021) [Internet]. 2012 [cited 2012 Feb 16]. Available from: URL: <http://www.dede.go.th/dede/images/stories/aedp25.pdf>
- [2] Fukuda H, Kondo A, Noda H. Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2001; 92(5): 405-416.
- [3] Demiras A. Biodiesel Fuels from Vegetable Oils via Catalytic and Non-Catalytic Supercritical Alcohol Transesterifications and Other Method: a Survey. *Energy Conversion and Management*. 2003; 44: 2093-2109.
- [4] Poonnakhun W, Suntivarakorn P, Theragulpisut S, Sookkumnerd C. The Effect of Biodiesel on Diesel Engine Performance. *KKU Engineering Journal*. 2006; 33(3): 193-208. (In Thai).
- [5] Worapun I, Pianthong K, Pongstabodee S, Soodphakdee D. Performance and Emission Characteristics in Diesel Engine Using Biodiesel from Waste Cooking Oil –Ethanol blend as a Fuel. *KKU Engineering Journal*. 2006; 33(6): 691- 705. (In Thai).
- [6] Pimentel D, Patzek TW. Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. *Natural Resources Research*. 2005; 14(1): 65-76.
- [7] Pleanjai S, Gheewala SH. Full chain energy analysis of biodiesel production from palm oil in Thailand. *Applied Energy*. 2009; 86: S209–S214.
- [8] Buapoom W, Thepa S, Sudaprasert K. Solar Energy Assisted in Biodiesel Production. In: *Proceedings of the 1st Energy, Environment and Materials*; 2007 Aug 31; Twin Tower Hotel Bangkok, Thailand; 2007. p. 1-9. (In Thai).
- [9] Vorayos N, Wongsuwan W, Kiatsiriroat T. Development of Solar Hot Water Systems in Thailand. *Eng.J.CMU*. 2009; 16 (2): 55-69. (In Thai).
- [10] Kalogirou SA. The potential of solar industrial process heat applications. *Apply Energy*. 2003; 76: 337–61.
- [11] Hou Z, Zheng D. Solar utility and renewability evaluation for biodiesel production process. *Applied Thermal Engineering*. 2009; 29(3): 3169–3174.
- [12] Vorayos N, Kiatsiriroat T, Vorayos N. Performance analysis of solar ethanol distillation. *Renewable Energy*. 2006; 31: 2543–2554.
- [13] Jareanjit J, Niyomvas B. An Experimental Study on Performance Desalination of Solar Still with Sunray-Reflecting. *KKU Engineering Journal*. 2011; 38 (3): 265 -274. (In Thai).

- [14] Siangsukone P, Jareanjit J, Therdyothin A, Tia W, Wongwailikit K, Tiansuwan J. The Development of Solar Ethanol Distillation for Thai Local Community. Proceedings of The 8th Asean Science and Technology Week Scientific and Technical Conferences; 2008 July 3-4; Hotel Sofitel, Pasay City. Philippines.
- [15] Jareanjit J, Siangsukone P, Therdyothin A, Tia W, Wongwailikit K, Tiansuwan J. Modification of Thai Local Brewery Tank for a Large Scale Solar Ethanol Distillation Plant. Proceedings of the International Workshop on Advanced Material for New and Renewable Energy 2009; 2009 June 9-11; Putri Duyung Cottage Ancol, Jakarta. Indonesia.
- [16] Gerpen JV. Biodiesel processing and production. Fuel Processing Technology. 2005; 86: 1097–1107.
- [17] Jareanjit J, Tiansuwan J, Amornkitbamrung M, Kiatsiriroat T, Comparison study on ethanol distillation performance using evacuated-heat pipe and flat-plate solar collectors. 3rd CMU Annual Conference on Heat & Mass Transfer; 2004 August 21-22, Chiang Mai, Thailand; p. 5-10. (In Thai).
- [18] Chongkhong S, Tongurai C, Chetpattaranondth P, Bunyakan C. Biodiesel production by esterification of palm fatty acid distillate. Biomass and Bioenergy. 2007; 31: 563-568.