การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรและโรงงานต้นแบบสำหรับผลิตไบโอดีเซลแบบแบทช์โดยใช้กระบวนการเอสเทอร์ริฟิเคชั่นและทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่น

The Development Prototype Machine and Factory for Producing Batchwise Biodisel Process by Esterification and Transesterification

ประสพโชค ตันไทย [1] ศรินณา ชูธรรมธัม [1] สุนันท์ ถีราวุฒิ [1] สุพร มังคมณี [1]
สุรพล จันทร์เรือง [1] อาริยา จูดคง [1] กำพล ประทีปชัยกูร [2] Michael L. Allen [2]
อุดร เจริญแสง [1] นลินี จาริกภากร [1] ไพโรจน์ สุวรรณจินดา [1]

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องจักรและโรงงานต้นแบบสำหรับผลิตไบโอดีเซลแบบแบทช์ที่นำเสนอนี้ สามารถผลิตไบโอดีเซลในรูปแบบเมทิลเอสเตอร์จากน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมกรดไขมันสูงประมาณ 5 - 20 % ได้โดยไม่ต้องลดกรดและกัม แต่ใช้ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชั่นกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาขั้นตอนที่ 1 และทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่นด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาขั้นตอนที่ 2 เปลี่ยนองค์ประกอบหลักของน้ำมันปาล์มดิบ คือ กรดไขมันและไตรกลีเซอไรด์ ให้เป็นเมทิลเอสเตอร์ การดำเนินการพัฒนาเครื่องจักรต้นแบบได้เริ่มศึกษาการทดลองในห้องปฏิบัติการ ได้ออกแบบและทดสอบผลิตไบโอดีเซลขนาด 10 ลิตร พบว่าปฏิกิริยาแต่ละขั้นตอนเกิดสมบูรณ์ได้ในเวลา 90 นาที ที่ความเร็วรอบของการกวน 150 รอบ/นาที ระดับความร้อน 60 °C เมื่อขยายกำลังผลิตโดยพัฒนาเป็นเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 300 ลิตร/วัน

1 : สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8
2 : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

พร้อมออกแบบใบกวนสารละลายน้ำมันให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น พบว่าสามารถลดระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ ในแต่ละขั้นตอนเหลือเพียง 20 นาที (เครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบแบทช์โดยทั่วไปใช้เวลาทำปฏิกิริยา ประมาณ 90 นาที) สามารถเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบเป็นเมทิลเอสเตอร์หรือเชื้อเพลิงไบโอดีเซลได้ถึง 98 % โดยปริมาตร ให้ความบริสุทธิ์ 99-100 % (TLC.) และมีคุณภาพสม่ำเสมอ (เครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบแบทช์โดยทั่วไปผลิตได้คุณภาพไม่สม่ำเสมอ)

รายละเอียดของการผลิตไบโอดีเซลขนาด 300 ลิตร/วัน สรุปได้ดังนี้คือในปฏิกิริยาขั้นตอนที่ 1 ใช้น้ำมันปาล์มดิบหีบรวมทำปฏิกิริยากับเมทานอนและกรดซัลฟูริกในอัตรา 15 % และ 1.25 % โดยปริมาตรตามลำดับ ความเร็วในการกวนที่ 175 รอบ/นาที ให้ความร้อน 60 °C เป็นเวลา 20 นาที พักไว้ 2 ชั่วโมง 15 นาที แยกน้ำที่มีกรดซัลฟูริกละลายอยู่ออกทิ้ง ไตเตรดน้ำมันเพื่อคำนวณหาปริมาณโซดาไฟที่ต้องใช้ เพื่อปรับสภาพให้เป็นกลาง และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในขั้นตอนที่ 2 โดยละลายโซดาไฟในเมทานอล 20 %โดยปริมาตร ดำเนินการเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1 เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดจะได้เมทิลเอสเตอร์และกลีเซอรอล ทำการแยกกลีเซอรอลออก และล้างเมทิลเอสเตอร์ด้วยน้ำให้สะอาดจะได้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล ที่มีต้นทุนการผลิตประมาณ 5 บาท/ลิตร (ไม่รวมราคาน้ำมันปาล์มดิบ) วิธีการผลิตนี้ได้สร้างเครื่องนำไปผลิตใช้จริงในนิคมสหกรณ์จังหวัดกระบี่ และกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ใกล้เคียง พร้อมๆ กับการศึกษาวิจัยต่อเนื่อง ณ ห้างหุ้นส่วนจำกัด รุ่งเรืองกิจน้ำมันพืช จ.สงขลา ไบโอดีเซลที่ได้ขณะนี้ทดสอบกับเครื่องยนต์สูบเดียว 10 แรงม้า B100 และรถยนต์ปิกอัพ 1 ตัน B50 ที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 จ.สงขลา

คำนำ

ไบโอดีเซลเป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่ได้จากการทำปฏิกิริยาแปลงน้ำมันดิบให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล สามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ ไบโอดีเซลผลิตได้จากวัตถุดิบหลายชนิด เช่น พืชน้ำมันพวกปาล์มน้ำมัน สบู่ดำ และถั่วเหลือง เป็นต้น หรืออาจผลิต จากน้ำมันที่ใช้แล้ว ทั้งน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ก็ได้ ในบรรดาวัตถุดิบทั้งหมดนั้น พบว่าปาล์มน้ำมันมีความเหมาะสมสูงสุดทั้งศักยภาพที่จะผลิตและการเพิ่มพื้นที่ปลูกให้เพียงพอกับความต้องการ และเป็นพลังงานสะอาดให้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ จึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม กล่าวคือการเผาไหม้ของไบโอดีเซล จะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และต้นปาล์มน้ำมันที่ปลูกไว้ก็ใช้ก๊าซดังกล่าว เพื่อการเจริญเติบโตในกระบวนการสังเคราะห์แสง จึงไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลือสะสมทำให้ช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน จากการใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล

จากเป้าหมายของกระทรวงพลังงานต้องการให้มีการใช้ไบโอดีเซลผสมร่วมกับน้ำมันดีเซล (น้ำมันดีเซลเป็นตัวทำละลายไบโอดีเซล) ทั่วประเทศไม่ต่ำกว่า 10 % ภายในปี 2555 ซึ่งต้องมีการผลิตไม่ต่ำกว่าวันละ 8.5 ล้านลิตร/วัน เพื่อรองรับการผลิตนี้ต้องปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มจำนวน 10 ล้านไร่ การพัฒนาเครื่องจักรและโรงงานต้นแบบสำหรับผลิตไบโอดีเซลจึงเป็นแนวทางสำคัญในอันที่จะตอบสนองต่อเป้าหมายด้านการใช้พลังทดแทนที่สำคัญของประเทศดังกล่าว ทำให้เกิดการใช้วัตถุดิบที่มีในชุมชน สามารถผลิตเป็นพลังงานใช้ได้เอง ช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจและลดการพึ่งพาจากภายนอก อย่างไรก็ตามการผลิตและจำหน่ายจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดคุณลักษณะและคุณภาพตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน จึงจำเป็นต้องพัฒนาเครื่องจักรและโรงงานต้นแบบที่สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ตามข้อกำหนดดังกล่าว เพื่อลดความยุ่งยากในการตรวจสอบคุณภาพและขออนุญาตขายไบโอดีเซลของชุมชน งานวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาเครื่องจักรต้นแบบที่สามารถผลิตไบโอดีเซลได้จากน้ำมันพืชและสัตว์ทุกชนิด (เช่นน้ำมันใช้แล้ว) ด้วยวิธีการผลิตที่ไม่ซับซ้อน ใช้ระยะเวลาสั้น ให้ความบริสุทธิ์สูง 99-100 % และมีคุณภาพสม่ำเสมอ สามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่ทดสอบได้ดีโดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ ขณะนี้กำลังรอผลการตรวจสอบคุณภาพตามข้อกำหนดดังกล่าว และคาดว่าน่าจะมีผลในทางบวก หรือสามารถพัฒนาให้ผลิตได้ตามข้อกำหนดอย่างแน่นอน

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. กระบอกตวง
2. กรวยล้างและแยก
3. กาน้ำร้อนไฟฟ้า
4. ปิเปต
5. บิวเรท
6. เครื่องชั่งสปริง 2 กิโลกรัม
7. เทอร์โมมิเตอร์
8. เครื่องวัดความเร็วรอบ
9. นาฬิกาจับเวลา
10. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยมสองตำแหน่ง
11. ฮอตเพลสสเตอร์เร่อร์
12. เครื่องทดสอบ TLC.

วิธีการศึกษาวิจัย

1. ทดลองผลิตไบโอดีเซลในห้องปฏิบัติการตามทฤษฎีปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชั่นและทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่นจากน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมกรดไขมันสูง

2. ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบแบทช์ขนาดห้องปฏิบัติการ 10 ลิตร จากน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมกรดไขมันสูง

3. ทดสอบผลิตไบโอดีเซลจากเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดห้องปฏิบัติการ 10 ลิตร เพื่อยืนยันผลก่อนขยายกำลังการผลิต โดยกวนสารละลายน้ำมันที่ 150 รอบ/นาที และให้ความร้อนที่ 60 °C ทุกปฏิกิริยาการทดสอบ ซึ่งประกอบด้วย

- ทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ตัวเร่งปฏิกิริยากรด (ใช้กรดซัลฟูริกมีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 98 %) แตกต่างกัน 8 ระดับ คือ 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1 % โดยปริมาตร และควบคุมปริมาณเมทานอล (ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 98 % ส่วนผสมอื่นๆไม่เกิน 1 %) ไว้ที่ 10 % และ 18 % ในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 ตามลำดับ เก็บตัวอย่างทุกๆ 15 นาที นำไปทดสอบ TLC.

- ทดสอบหาเปอร์เซ็นต์เมทานอลที่เหมาะสมในขั้นตอนที่ 1 โดยควบคุมปริมาณกรดซัลฟูริกไว้ที่ 0.9 % ใช้เมทานอลต่างกัน 9 ระดับ คือ 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 และ 17 % โดยปริมาตร เก็บตัวอย่างทุกๆ 15 นาที นำไปทดสอบ TLC.

- ทดสอบหาระยะเวลาที่เกิดการแยกตัวระหว่างน้ำมันและสารละลายกรด จากขั้นตอนที่ 1 โดยเก็บตัวอย่างไตเตรดทุก 15 นาที บันทึกผลและนำไปปรับใช้

- ทดสอบหาเปอร์เซ็นต์เมทานอลที่เหมาะสมของขั้นตอนที่ 2 ที่ระดับ 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 และ 22 % โดยปริมาตร ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาด่างใช้โซดาไฟ (ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 98 %) ปริมาณ 5 กรัม/ลิตรโดยปริมาตร เก็บตัวอย่างทุกๆ 15 นาที นำไปทดสอบ TLC.

- ตัวอย่างน้ำมันที่เก็บขณะทำปฏิกิริยาทั้ง 2 ขั้นตอนทุกๆ 15 นาที นำไปทดสอบ TLC. เพื่อหาระยะเวลาที่ทำปฏิกิริยาสมบูรณ์ คือ มีกรดไขมันต่ำสุดในขั้นตอนที่ 1 และมีเมทิลเอสเตอร์สูงสุดในขั้นตอนที่ 2

4. ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบแบทช์ขนาด 300 ลิตร/วัน จากน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมกรดไขมันสูง พร้อมออกแบบใบกวนใหม่เพื่อให้ระยะเวลาการทำปฏิกิริยาสมบูรณ์เร็วขึ้น

5. ทดสอบผลิตไบโอดีเซลจากเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 300 ลิตร/วัน เลือกผลทดสอบจากข้อ 3 ที่ระดับซึ่งให้ความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเตอร์สูงสุดพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยากรดที่ 0.9 % เมื่อใช้กับเครื่องผลิต 300 ลิตร/วัน ทำปฏิกิริยากวนที่ 150 รอบ/นาที และความร้อน 60 °C พบว่า150 รอบ/นาทีที่ต่ำ รูปที่ 8 ผังการผลิตไบโอดีเซลน้ำมันที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มีกรดสูงกว่า 2 % ซึ่งอาจทำให้เกิดสบู่ในขั้นตอนที่ 2 จึงทดสอบเปอร์เซ็นต์ตัวเร่งปฏิกิริยากรดอีกครั้ง โดยใช้กรดซัลฟูริกแตกต่างกันที่ระดับ 1, 1.1, 1.2, 1.25, 1.3, 1.35, 1.4 และ 1.5 % เก็บตัวอย่างทุกๆ 15 นาที นำไปทดสอบ TLC.

- ทดสอบหาระยะเวลาที่เกิดการแยกตัวระหว่างน้ำมันและสารละลายกรด ในลักษณะเช่นเดียวกับข้อ 3

- ส่วนเมทานอลทั้ง 2 ขั้นตอนและตัวเร่งปฏิกิริยาด่างที่ระดับซึ่งเหมาะสมกับเครื่องผลิต 10 ลิตร ได้ผลการทดสอบที่เหมาะสมในระดับเดียวกันกับเครื่องผลิต 300 ลิตร/วัน

- ทดสอบเปลี่ยนความเร็วรอบการกวนที่ 150, 155, 160, 165, 170, 175 และ180 รอบ/นาที เก็บตัวอย่างทุกๆ 15 นาที นำไปทดสอบ TLC. และสังเกตปฏิกิริยาที่เกิดสมบูรณ์และสม่ำเสมอที่สุด

- ทดสอบระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์สูงสุด

โดยปรับเปลี่ยนช่วงเวลาเก็บตัวอย่างจากทุกๆ 15 นาที เป็นทุกๆ 5 นาที ทั้ง 2 ขั้นตอน นำไปทดสอบ TLC. เพื่อหาระยะเวลาที่ทำปฏิกิริยาสมบูรณ์ คือ มีกรดไขมันต่ำสุดในขั้นตอนที่ 1 และมีเมทิลเอสเตอร์สูงสุดในขั้นตอนที่ 2

ผลและวิจารณ์

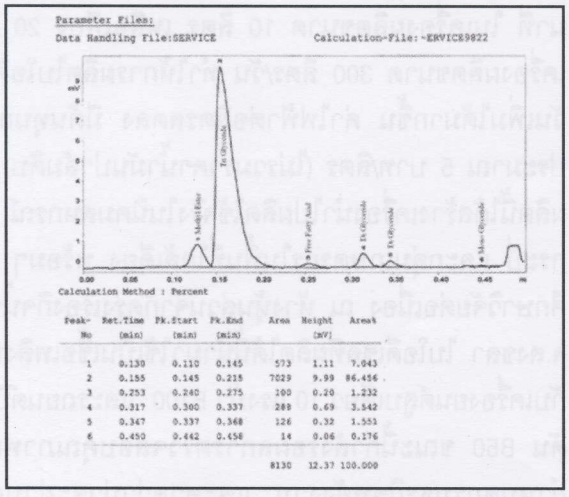
การวิจัยพัฒนาเครื่องจักรและโรงงานต้นแบบสำหรับผลิตไบโอดีเซลแบบแบทช์ในครั้งนี้ ได้ดำเนินการศึกษาวิจัยตั้งแต่ พ.ศ. 2549-จนถึงปัจจุบัน มีผลการดำเนินการศึกษาวิจัยกล่าวได้ดังนี้คือ

1. การศึกษาเบื้องต้นได้เริ่มเมื่อ พ.ศ. 2549 หลังศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการผลิตเมทิลเอสเตอร์แล้ว ก็ทำการทดสอบผลิตเบื้องต้นในบิกเกอร์บนฮอตเพลสสเตอร์เร่อร์ด้วยปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน คือ เอสเทอร์ริฟิเคชั่นและทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่นพบว่าสามารถเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมที่มีกรดไขมันสูงเป็นเมทิลเอสเตอร์ได้ โดยไม่ต้องลดกรดและกัม จึงได้ดำเนินการวิจัย พัฒนาและออกแบบเครื่องผลิต 10 ลิตร ต่อไป

2. การวิจัย พัฒนา ออกแบบ และสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบแบทช์ขนาดห้องปฏิบัติการ 10 ลิตร(ภาพผนวกที่ 1) ผลการทดสอบพบว่า

ขั้นตอนที่ 1 ใช้น้ำมันปาล์มดิบหีบรวมกรดไขมันสูง 13-19 % จำนวน 10 ลิตรทำปฏิกิริยากับเมทานอล 1.5 ลิตร กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและใช้กรดซัลฟูริก 90 มิลลิลิตร กวนสารละลายน้ำมันที่ 150 รอบ/นาที ให้ความร้อนที่ 60 °C สอดคล้องกับการรายงานของ กรมวิชาการเกษตร (2547) ปฏิกิริยาจะเกิดสมบูรณ์เปลี่ยนกรดไขมันเป็นเมทิลเอสเตอร์ได้ดีในเวลา 90 นาที (พิจารณาปริมาณกรดต่ำสุดจากกราฟ TLC. ภาพที่ 1) พักไว้อีก 90 นาที แล้วแยกน้ำที่มีกรดละลายอยู่ออกทิ้ง ทดสอบปริมาณกรดในน้ำมันโดยการไตเตรดด้วยโซดาไฟ 0.1 โมล่าร์ พบว่าจะต้องมีกรดน้อยกว่า 2 % โดยน้ำหนัก จึงทำปฏิกิริยาขั้นตอนที่ 2 ได้โดยไม่เกิดสบู่ ส่วนกรด 2-5 % อาจเกิดเป็นสบู่ได้บ้าง หากมีกรดมากกว่า 5 % จะเกิดเป็นสบู่ค่อนข้างแน่นอน นั่นคือน้ำมันจากขั้นตอนที่ 1 จะต้องมีกรดน้อยกว่า 2 % จึงจะดำเนินการทำปฏิกิริยาในขั้นตอนที่ 2 ต่อไป ขั้นตอนนี้พบว่าควรใช้เมทานอล ในช่วง 12-15 % ถ้าต่ำกว่านี้จะเหลือกรดไขมันมากกว่า 2 % โดยมีระดับดีที่สุด คือ 15% ปฏิกิริยาจะเกิดสมบูรณ์และสม่ำเสมอ และได้เมทิลเอสเตอร์ที่มีความบริสุทธิ์สูง

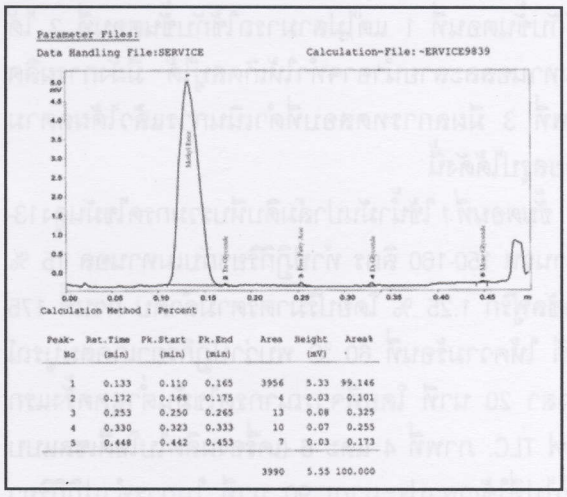
ขั้นตอนที่ 2 ใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ใช้น้ำมันจากขั้นตอนที่ 1 ทำปฏิกิริยากับโซดาไฟที่ละลายในเมทานอล 2 ลิตร ปริมาณโซดาไฟส่วนหนึ่งคำนวณได้จากการไตเตรดที่ต้องใช้เพื่อปรับสภาพน้ำมันให้เป็นกลาง อีกส่วนหนึ่งใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 5 กรัม/ลิตรน้ำมันปาล์มดิบ เช่นเดียวกับการรายงานของชาคริตและคณะ (2547) มีการกวนและให้ความร้อนเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1 พบว่าปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ในเวลา 90 นาที เปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์เป็นเมทิลเอสเตอร์และกลีเซอรอล พักไว้ 20-30 นาที แยกกลีเซอรอลออก และล้างเมทิลเอสเตอร์ที่ได้ด้วยน้ำให้สะอาด จะได้เมทิลเอสเตอร์หรือไบโอดีเซล 7.9-8.8 ลิตร มีความบริสุทธิ์ 95-99.89 % โดย


Parameter Files:
Data Handling File:SERVICE Calculation-File:-ERVICE9822

Calculation Method : Percent

Peak-No	Ret.Time (min)	Pk.Start (min)	Pk.End (min)	Area	Height (mV)	Area%
1	0.130	0.110	0.145	573	1.11	7.043
2	0.155	0.145	0.215	7029	9.99	86.456
3	0.253	0.240	0.275	200	0.20	1.232
4	0.317	0.300	0.337	288	0.69	3.542
5	0.347	0.337	0.368	126	0.32	1.551
6	0.450	0.442	0.458	14	0.06	0.176
				8130	12.37	100.000

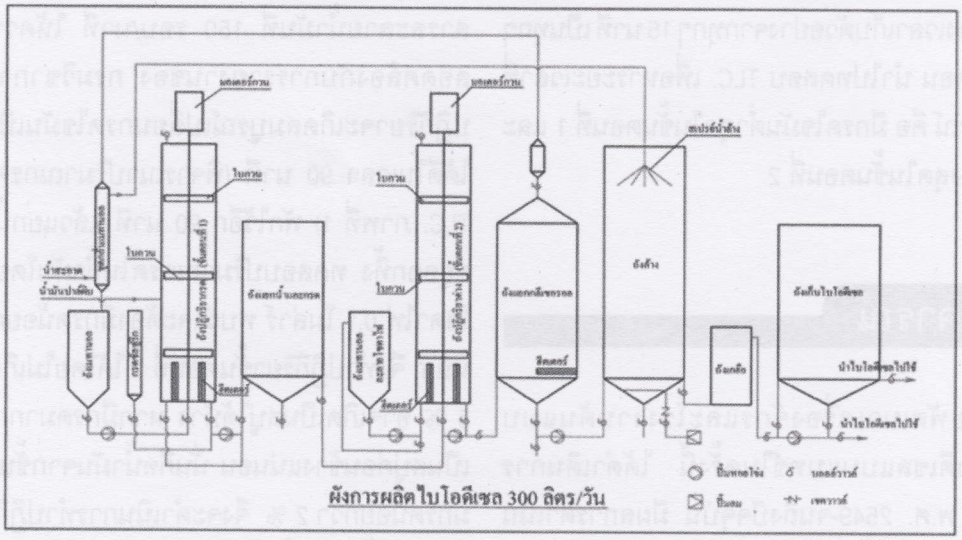
ภาพที่ 1 กราฟ TLC. ขั้นตอนที่ 1


Parameter Files:
Data Handling File:SERVICE Calculation-File:-ERVICE9839

Calculation Method : Percent

Peak-No	Ret.Time (min)	Pk.Start (min)	Pk.End (min)	Area	Height (mV)	Area%
1	0.133	0.110	0.165	3956	5.33	99.146
2	0.172	0.168	0.175	4	0.03	0.101
3	0.253	0.250	0.265	13	0.08	0.329
4	0.330	0.323	0.333	10	0.07	0.255
5	0.448	0.442	0.453	7	0.03	0.173
				3990	5.55	100.000

ภาพที่ 2 กราฟ TLC. ขั้นตอนที่ 2



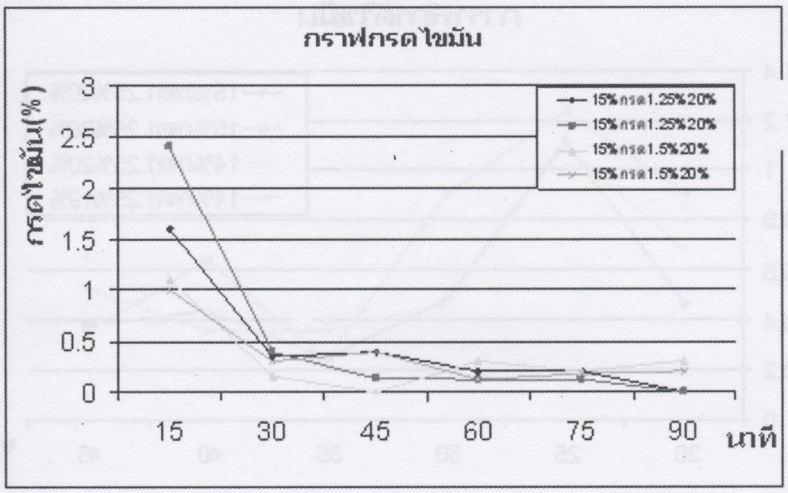
ภาพที่ 3 ผังการผลิตไบโอดีเซลขนาดกำลังผลิต 300 ลิตร/วัน

น้ำหนัก (พิจารณาเมทิลเอสเตอร์สูงสุดจากกราฟ TLC. ภาพที่ 2) จากขั้นตอนนี้พบว่าควรใช้เมทานอล ในช่วง 18-20% ถ้าต่ำกว่านี้จะเกิดไขเป็นจำนวนมากขณะล้าง และควรใช้เมทานอลที่ 20% ปฏิกิริยาจะเกิดสมบูรณ์และสม่ำเสมอ และได้เมทิลเอสเตอร์ที่มีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งผลที่ได้ตามที่กล่าวมาแล้วเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ จึงได้ทำการออกแบบขยายกำลังการผลิตเป็น 300 ลิตร/วัน ต่อไป

3. . การวิจัย พัฒนา ออกแบบ และสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบแบทช์ขนาด 300 ลิตร/วัน โดยใช้น้ำมันปาล์มดิบหีบรวมที่มีกรดไขมันสูง 5- 20 % (ภาพผนวกที่ 2) ได้ทำการออกแบบและพัฒนาใบกวนในถังปฏิกิริยาทั้ง 2 ขั้นตอนใหม่เพื่อให้เกิดการทำปฏิกิริยาที่สมบูรณ์เร็วขึ้น และมีชุดกลั่นเมทานอลกลับมาใช้ในขั้นตอนที่ 1 กลั่นที่อุณหภูมิ 70 - 80 oC ระยะเวลากลั่น 90 นาที ได้เมทานอลกลับมา 4-5 ลิตร นำไปใช้กับขั้นตอนที่ 1 แต่ไม่สามารถใช้กับขั้นตอนที่ 2 ได้ เพราะเมทานอลละลายน้ำอาจทำให้เกิดสบู่ได้ มีผังการผลิตตามภาพที่ 3 มีผลการทดสอบที่ดำเนินการแล้วได้ผลตามเป้าหมายสรุปได้ดังนี้

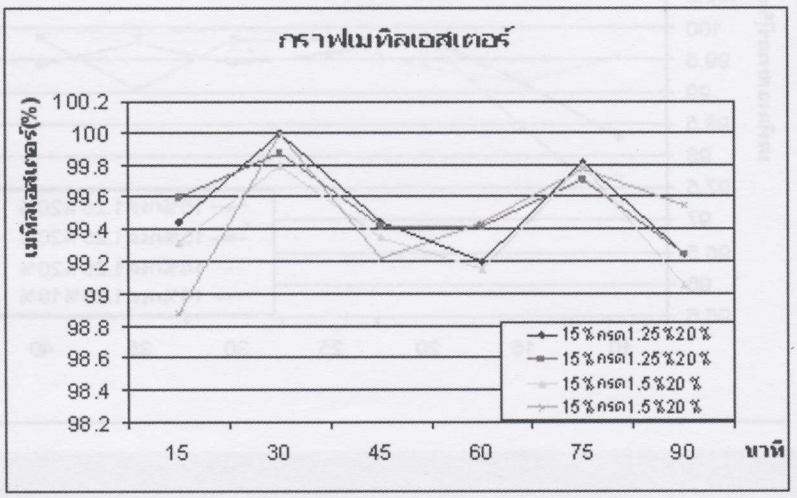
ขั้นตอนที่ 1 ใช้น้ำมันปาล์มดิบหีบรวมกรดไขมันสูง 13-15 % จำนวน 150-160 ลิตร ทำปฏิกิริยากับเมทานอล 15 % และกรดซัลฟูริก 1.25 % โดยปริมาตรตามลำดับ กวนที่ 175 รอบ/นาที ให้ความร้อนที่ 60 °C พบว่าปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ได้ดีในเวลา 20 นาที โดยพิจารณากรดไขมันต่ำสุดครั้งแรกจากกราฟ TLC. ภาพที่ 4 และ 6 (เครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบแบทช์ทั่วไปที่ใช้เวลาประมาณ 90 นาที ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่น) จากนั้นพักไว้ 2 ชั่วโมง 15 นาที แล้วแยกน้ำที่มีกรดละลายอยู่ออกทิ้ง ทดสอบปริมาณกรดในน้ำมันโดยการไตเตรด พบว่ามีกรดประมาณ 1.5 % จึงทำปฏิกิริยาขั้นตอนที่ 2 จากน้ำมันขั้นตอนที่ 1 ใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาละลายในเมทานอล 20% โดยปริมาตร (คำนวณตามวิธีที่กล่าวมาแล้ว) กวนที่ 175 รอบ/นาที ให้ความร้อนที่ 60 oC พบว่าปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ได้ดีในเวลา 20 นาที โดยพิจารณาเมทิลเอสเตอร์สูงสุดครั้งแรกจากกราฟ TLC. ภาพที่ 5 และ 7 พักไว้ 20-30 นาที แล้วแยกกลีเซอรอลออก ล้างเมทิลเอสเตอร์ที่ได้ด้วยน้ำให้สะอาด และดึงน้ำที่เหลือออกด้วยเกลือจะได้เมทิลเอสเตอร์หรือไบโอดีเซล 98 % โดยปริมาตร ให้ความบริสุทธิ์ 99-100 % (TLC.) โดยน้ำหนัก และมีคุณภาพสม่ำเสมอ (เครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบแบทช์ทั่วไปผลิตได้คุณภาพไม่สม่ำเสมอ)

จากปฏิกิริยาแต่ละขั้นตอนเกิดสมบูรณ์ในเวลา 90 นาที ในเครื่องผลิตขนาด 10 ลิตร เหลือเพียง 20 นาทีในเครื่องผลิตขนาด 300 ลิตร/วัน ทำให้การผลิตไบโอดีเซลต่อวันเพิ่มได้มากขึ้น ค่าไฟฟ้าต่อลิตรลดลง มีต้นทุนการผลิตประมาณ 5 บาท/ลิตร (ไม่รวมราคาน้ำมันปาล์มดิบ) วิธีการผลิตนี้ได้สร้างเครื่องนำไปผลิตใช้จริงในนิคมสหกรณ์ จังหวัดกระบี่ และกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ใกล้เคียง พร้อมๆ กับการศึกษาวิจัยต่อเนื่อง ณ ห้างหุ้นส่วนจำกัดรุ่งเรืองกิจน้ำมันพืช จ.สงขลา ไบโอดีเซลที่ผลิตได้นี้นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดสอบกับเครื่องยนต์สูบเดียว 10 แรงม้า B100 และรถยนต์ปิกอัพ 1 ตัน B50 ขณะนี้กำลังรอผลการตรวจสอบคุณภาพตามข้อกำหนดกรมธุรกิจพลังงาน และคาดว่าน่าจะผ่านตามข้อกำหนด



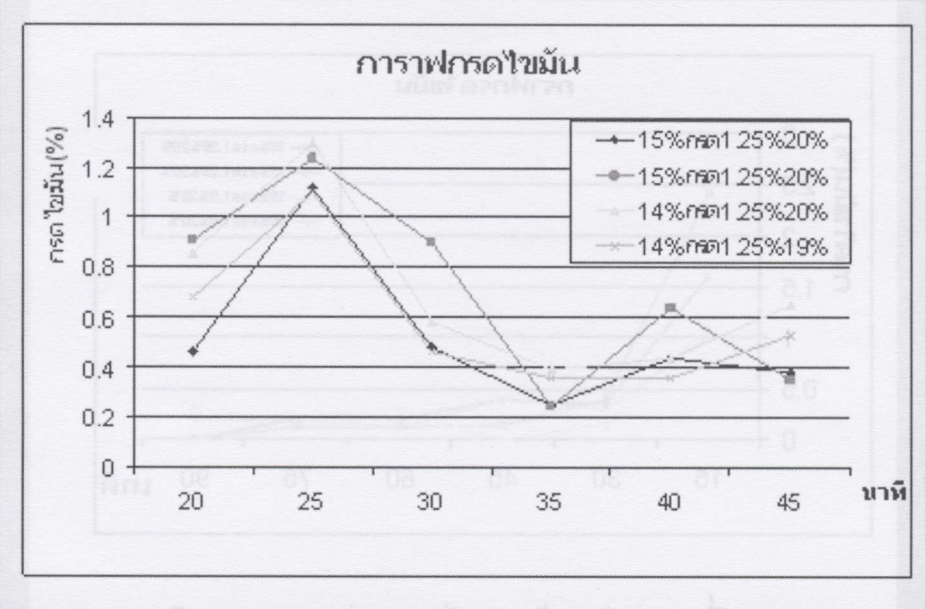
ภาพที่ 4 กราฟกรดไขมันเก็บตัวอย่างทุก 15 นาที

ภาพที่ 4 กราฟกรดไขมันเก็บตัวอย่างทุก 15 นาที

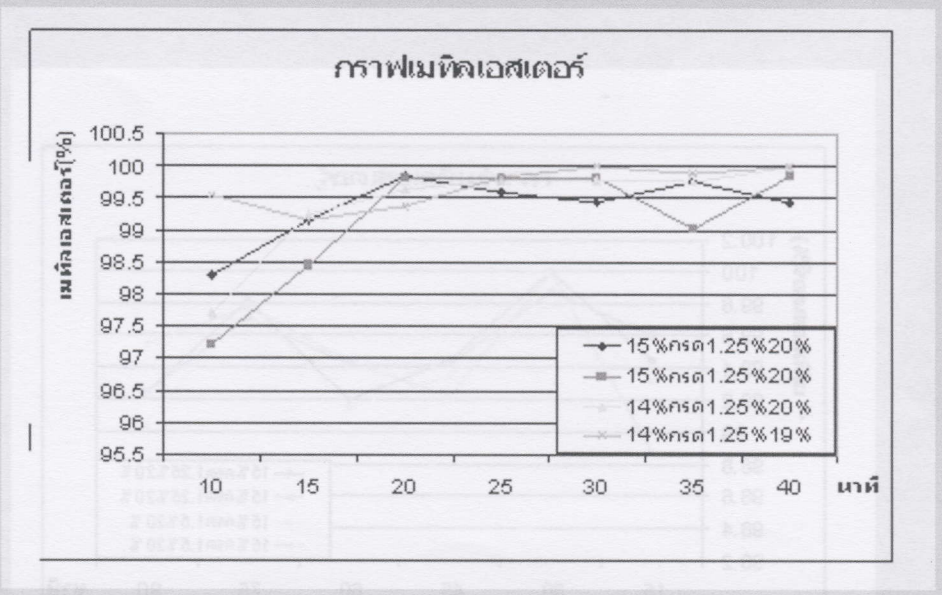


ภาพที่ 5 กราฟเมทิลเอสเตอร์เก็บตัวอย่างทุก 15 นาที

ภาพที่ 5 กราฟเมทิลเอสเตอร์เก็บตัวอย่างทุก 15 นาที



ภาพที่ 6 กราฟกรดไขมันเก็บตัวอย่างทุก 5 นาที



ภาพที่ 7 กราฟเมทิลเอสเตอร์เก็บตัวอย่างทุก 5 นาที

สรุปผลการทดลอง

1. สามารถผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมกรดไขมันสูงได้ โดยไม่ต้องลดกรดและกัมแต่ใช้การทำปฏิกิริยากับเมทานอลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยากรดและด่าง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบสำคัญในน้ำมันปาล์มดิบ คือ กรดไขมันและไตรกลีเซอไรด์เป็นเมทิลเอสเตอร์หรือเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ซึ่งมีคุณภาพทางกายภาพใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล

2. การใช้ปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชั่นแปลงกรดไขมันเป็นเมทิลเอสเตอร์ในเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาด 300 ลิตร/วัน ใช้เมทานอล 15 % โดยปริมาตร ที่ 60 °C และกวนที่ 175 รอบ/นาที จะเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ในเวลา 20 นาที ส่วนปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่นแปลงไตรกลีเซอไรด์เป็นเมทิลเอสเตอร์ใช้โซดาไฟ 5 กรัม/ลิตรน้ำมันปาล์มดิบ บวกกับส่วนของโซดาไฟที่ต้องปรับสภาพกรดในน้ำมันให้เป็นกลางละลายในเมทานอล 20% ให้ความร้อนและการกวนเช่นเดียวกัน จะเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ในเวลา 20 นาที เช่นกัน สิ่งสำคัญส่วนหนึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ คือ มีการพัฒนารูปแบบในการกวนให้สามารถลดระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาได้ดีจาก 90 นาที เหลือเพียง 20 นาที

ข้อควรระวังในการผลิต คือ ต้องตรวจสอบปริมาณกรดในน้ำมันจากขั้นตอนที่ 1 ทุกครั้ง หากพบว่ามีกรดมากกว่า 2% โดยน้ำหนัก ให้นำกลับไปทำปฏิกิริยาใหม่อีกครั้ง มิฉะนั้นจะเกิดสบู่ในขั้นตอนต่อไป และใช้คำนวณหาปริมาณด่างที่จะใช้ปรับสภาพกรดในน้ำมันให้เป็นกลาง

3. เครื่องผลิตไบโอดีเซลต้นแบบขนาดกำลังผลิต 300 ลิตร/วัน ที่ผลิตขึ้นครั้งนี้สามารถเปลี่ยนน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมเป็นไบโอดีเซลได้ 98% ให้ความบริสุทธิ์ 99-100% และมีคุณภาพสม่ำเสมอ สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์

การนำไปใช้ประโยชน์

1. ขณะนี้ได้สร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลใช้จริงให้กลุ่มเกษตรกรได้นำไปใช้ประโยชน์แล้ว ณ นิคมสหกรณ์ จังหวัดกระบี่ และกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ใกล้เคียง

2. เครื่องจักรต้นแบบนี้สามารถผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบหีบรวมหรือวัตถุดิบจากน้ำมันพืชและสัตว์ได้ทุกชนิด เช่นน้ำมันใช้แล้วทั้งน้ำมันพืชและสัตว์ซึ่งเป็นวัตถุดิบในชุมชนนำมาผลิตเป็นพลังงานใช้เอง ช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจ และลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากภายนอก

3. ช่วยสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาเพื่อใช้พลังงานทางเลือกทดแทนนอกจากนี้การใช้ไบโอดีเซลยังช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพราะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำมันมากกว่าเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ไบโอดีเซล

4. ผลการวิจัยที่เกิดขึ้นในครั้งนี้คาดว่าน่าจะพัฒนาเป็นการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องได้ โดยทำถังปฏิกิริยาทั้ง 2 ขั้นตอนให้เล็กลง ผลิตไบโอดีเซลให้มีคุณภาพสม่ำเสมอขึ้น มีต้นทุนการผลิตต่ำลง และมีศักยภาพการผลิตได้มากถึง 1-1,000 ตัน/วัน ชุมชนสามารถผลิตแข่งขันกับผู้ผลิตรายใหญ่ที่นำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศได้ ขณะนี้กำลังเสนอของบประมาณจากกรมวิชาการเกษตร เพื่อจะทำให้การวิจัยและพัฒนาเครื่องต้นแบบการผลิตไบโอดีเซลให้สมบูรณ์สามารถให้ผลผลิตที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ และสังคมสูงสุด

คำขอบคุณ

- ขอขอบคุณกรมวิชาการเกษตรที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัยครั้งนี้มาโดยตลอด

- ขอขอบคุณข้าราชการและเจ้าหน้าที่ทุกคนในสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 และศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี

- ขอขอบคุณคณาจารย์ ข้าราชการ และเจ้าหน้าที่ทุกคนในภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

- ขอขอบคุณห้างหุ้นส่วนจำกัดรุ่งเรืองกิจน้ำมันพืช ที่ให้สถานที่ทดสอบอนุเคราะห์ค่าน้ำ และค่าไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2547. ปาล์มน้ำมัน เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 16/2547. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ .

ชาคริต ทองอุไร และคณะ .2547. การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 12. Session C : Energy : 124-130.

ศิริพร ค่านคร. 2544. ไบโอดีเซลพลังงานเพื่อทางเลือกของชาติ. วิศวกรรมสาร กันยายน2544.

สวิทชาติ ญาณแก้ว. 2547. การทดสอบการใช้น้ำมันปาล์มลดกัมลดกรดและเมทิลเอสเตอร์จากน้ำมันปาล์ม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวเครื่องกล. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อำพล เสนาณรงค์. 2544. พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวกับการพัฒนาน้ำมันดีเซลจากปาล์มน้ำมัน น.ส.พ. กสิกร 74 (6) : 6-13

การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรและโรงงานต้นแบบ
สำหรับผลิตไบโอดีเซลแบบแบทช์
โดยใช้กระบวนการเอสเทอริฟิเคชันและทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

The Development Prototype Machine and Factory for
Producing Batchwise Biodisel Process by Esterification and Transesterification

ภาคผนวก

ภาพผนวกที่ 1 เครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดกำลังผลิต 10 ลิตร

ภาพผนวกที่ 2 เครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดกำลังผลิต 300 ลิตร/วัน