

ปริมาณการใช้น้ำในการทำมาสะอาดไบโอดีเซลในแบบกะโดยการสเปรย์น้ำร่วมกับการผสมด้วยฟองอากาศ

Water Using in Batch Purification of Biodiesel by Water spray and Bubble Mixing

อโนทัย สุธีรยงประเสริฐ* กำพล ประทีปชัยกุล ชีระยุทธ หลีวิจิตร

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

โทร 0-7428-7036 โทรสาร 0-7421-2893 *อีเมลล์ ats_anothai@hotmail.com

บทคัดย่อ

ไบโอดีเซลที่ผลิตจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา ในกระบวนการสุดท้ายของการผลิตยังคงมีสารตกค้างอยู่ในไบโอดีเซล เช่น ตัวเร่งปฏิกิริยา แอลกอฮอล์ สบู่ และกลีเซอรอลบางส่วน ซึ่งหากนำไปใช้จะสร้างความเสียหายให้กับเครื่องยนต์และอุปกรณ์ต่างๆ การทำความสะอาดไบโอดีเซลจึงเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญ จากการศึกษาพบว่าสิ่งตกค้างในไบโอดีเซลสามารถละลายได้ในน้ำ แต่หากมีปริมาณน้ำทั้งจำนวนมากจะส่งผลต่อมลภาวะทางด้านน้ำ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างไบโอดีเซลต่อน้ำในการล้างแบบกะ ด้วยการสเปรย์น้ำผ่านชั้นไบโอดีเซลร่วมกับการผสมด้วยฟองอากาศ โดยตัวแปรในการศึกษาคือ อัตราส่วนของไบโอดีเซลต่อน้ำ pH ของไบโอดีเซลและน้ำก่อนและหลังทำการล้าง เวลา และปริมาณไบโอดีเซลหลังการล้าง (yield) เมื่อปรับใช้ไบโอดีเซลต่อน้ำที่อัตราส่วน 1:2, 1:1, 1:0.5, และ 1:0.25 จากผลการทดลองพบว่า การใช้น้ำในอัตราส่วน 1:2 ใช้ปริมาณน้ำรวมมากที่สุดถึง 12 เท่าของไบโอดีเซลด้วยเวลา 12.55 ชั่วโมง โดยที่อัตราส่วน 1:0.25 ใช้น้ำเพียง 1.75 เท่าของไบโอดีเซล ด้วยเวลา 21.25 ชั่วโมง โดยทั้ง 2 อัตราส่วนได้ไบโอดีเซลคืนมาประมาณ 93% การใช้น้ำในปริมาณที่น้อยกว่าไบโอดีเซลในแต่ละครั้ง สามารถทำความสะอาดไบโอดีเซลให้ได้ค่า pH=7.0±0.1 มีแนวโน้มที่จะลดปริมาณการใช้น้ำโดยไม่มีผลต่อการได้คืนของไบโอดีเซล แต่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนครั้งการล้างและเวลา

Abstract

Crude biodiesel produced from transesterification using base as catalyst still contains some impurities such as catalyst, soap, alcohol, and glycerol. These contaminations will damage diesel-engine whenever it is used immediately as fuel oil. The primary study indicated that almost impurities can be dissolved in water, but the environment will be effected by this waste water. The purpose of this study was to investigate the quantities of water

used at batch purification process for washing all contamination. Water spraying and bubble mixing will be used for washing. In this work, the washing ratio between biodiesel and water were investigated and presented. The pH of biodiesel and water before and after, the washing time, and the yield of biodiesel after washing were compared. The crude biodiesel was washed with the ratio of biodiesel to water at 1:2, 1:1, 1:0.5, and 1:0.25. The result showed that at the ratio of 1:2, the quantity of water would be at maximum and it was found to be at 12 times of biodiesel volume and the washing time was 12.55 hours. At the ratio of biodiesel to water at 1:0.25, the total of water used was 1.75 time of biodiesel with the washing time at 21.25 hours. In summary, using less water than biodiesel could neutralize biodiesel to pH=7.0±0.1. Moreover, the decreasing of water volume is not effected to the yield, but this will increase both the number of washing and time used for purification process.

1. บทนำ

ไบโอดีเซล เป็นเชื้อเพลิงที่มีบทบาทมากขึ้นในปัจจุบันเนื่องจากสามารถผลิตได้โดยกรรมวิธีที่ไม่ยุ่งยากมาก จากการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งมีตัวเร่งปฏิกิริยา หรือปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันซึ่งมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ระหว่างไตรกลีเซอไรด์ซึ่งมีอยู่ในน้ำมันพืชและไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์ จนเกิดเป็นเอสเทอร์และกลีเซอรอลขึ้น เมื่อแยกกลีเซอรอลออกมาหลังจากการทำปฏิกิริยาแล้ว ไบโอดีเซลที่ผลิตได้นั้นยังมีสารตกค้าง เช่น ตัวเร่งปฏิกิริยา สบู่ แอลกอฮอล์ และกลีเซอรอลบางส่วน หากนำไปใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลทันที อาจสร้างความเสียหายรวมทั้งลดประสิทธิภาพ ดังนั้นการทำให้ไบโอดีเซลมีความบริสุทธิ์จึงมีความสำคัญต่อกระบวนการผลิต ไบโอดีเซลที่นำไปใช้งานต้องมีค่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์ไม่น้อยกว่า 96.5% ตามมาตรฐาน EN 14130 ของกรมธุรกิจพลังงาน [1] รวมทั้งสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ที่ตกค้างอยู่ในไบโอดีเซล ต้องทำการกำจัดออกไปจากไบโอดีเซล

ดีเซลก่อนนำไปใช้งาน กระบวนการทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์มีหลายวิธี เช่น การหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ซึ่งเหมาะกับการผลิตไบโอดีเซลแบบ กะขนาดใหญ่ในโรงงานอุตสาหกรรม การกลั่นแบบสุญญากาศ ซึ่งนำไป ไอดีเซลที่ผ่านการผลิต แต่มีค่าความบริสุทธิ์ของเมทิลเอสเทอร์น้อยกว่า 96.5% เพื่อกลั่นเอาเฉพาะเอสเทอร์ที่มีสารอินทรีย์จำพวกกรดไขมันอิสระ กลับมารวมตัวกันอีกครั้ง การใช้แมกนีเซียมซิลิเกตเป็นสารดูดซับ (Magnesium Silicate Adsorbent Treatment) สิ่งตกค้างในไบโอดีเซล นอกจากนั้นยังมีการใช้แผ่นเมมเบรนเป็นตัวกรอง (Filter) ซึ่งมีขนาดของ รูพรุนที่เล็กมากในระดับไมโครเมตร จึงสามารถกรองสิ่งตกค้างในไบโ ออดีเซลได้ เป็นต้น แต่วิธีการที่ได้กล่าวมานั้นต้องใช้กรรมวิธีที่ยุ่งยาก หลายขั้นตอนและต้องลงทุนค่อนข้างสูง วิธีการที่สามารถทำได้สะดวก และเหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศของประเทศไทย คือ การใช้น้ำเป็นตัว ชะล้าง (Water Washing) น้ำเป็นของเหลวที่สามารถรวมตัวกับไบโ ออดีเซล แต่สามารถชะล้างสิ่งปนเปื้อนออกมาได้ กล่าวคือ ในการผลิตที่ใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีสบู่ตกค้างอยู่ในเมทิลเอส เทอร์ รวมทั้งแอลกอฮอล์ที่ใช้ทำปฏิกิริยา สารตกค้างเหล่านี้สามารถ ละลายด้วยน้ำ เมื่อทำการล้างซ้ำด้วยน้ำหลายๆ ครั้งใน แบบกะ (Batch) ซึ่งเหมาะสำหรับกำลังการผลิตไบโอดีเซลที่ไม่ใหญ่มากนัก (100-1000 ลิตร) เช่น การผลิตเมทิลเอสเทอร์ในระดับกึ่งอุตสาหกรรม ในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่มีกำลังการผลิต 1000 ลิตรต่อวัน แต่ ก็ยังมีข้อเสียเรื่องปริมาณน้ำที่ใช้ล้างไบโอดีเซล ที่ยังไม่สามารถกำหนด ได้แน่นอน กล่าวคือ ต้องล้างจนกว่าจะได้ไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ถึงแม้ว่าจะมีอยู่มากในประเทศไทย แต่ก็ควรมีการใช้อย่างประหยัด การศึกษาปริมาณน้ำที่ใช้ล้างจึงเป็น เรื่องที่ควรคำนึงถึง รวมถึงปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการล้างด้วย ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงวิธีที่สามารถประยุกต์ใช้ในการล้างไบโอดีเซล โดยใช้ให้น้ำน้อยลงแต่ยังสามารถล้างไบโอดีเซลได้ดี จึงเป็นที่มาของ งานวิจัยครั้งนี้ เพื่อต้องการศึกษาการทำความสะดวกไบโอดีเซลในแบบ กะโดยใช้ล้างที่มีปริมาณน้อยกว่าไบโอดีเซล หลักการทำงานจะ อาศัยการผสมกันระหว่างน้ำและไบโอดีเซล การผสมจะช่วยให้เกิดการ สัมผัสกันได้มากขึ้นเมื่อน้ำสัมผัสกับไบโอดีเซลได้มากขึ้น สิ่งปนเปื้อน ในไบโอดีเซลก็จะถูกน้ำละลายออกมาได้มากขึ้นด้วย การผสมจึงเป็นวิธี ที่มีความสำคัญต่อกระบวนการทำความสะอาด

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาถึงปริมาณน้ำที่ใช้ใน การทำความสะอาดไบโอดีเซลในแบบกะ เมื่อมีการใช้ปริมาณน้ำที่น้อย กว่าไบโอดีเซลในแต่ละครั้ง จะสามารถทำความสะอาดไบโอดีเซลได้ดี และลดปริมาณน้ำได้อีกหรือไม่ รวมทั้งจำนวนครั้งการล้างและเวลาใน การล้าง พร้อมทั้งเปรียบเทียบปริมาณการได้คืน (yield) ของไบโอดีเซล หลังการล้าง

2. การทำความสะอาดไบโอดีเซล

วิธีการทำความสะอาดไบโอดีเซลสามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การล้างด้วยน้ำ (Water washing), การใช้สารดูดซับ (Solid absorbent), การกรองด้วยแผ่นเมมเบรน (Membrane filter) เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการล้างด้วยน้ำ ซึ่งสามารถแบ่งวิธีการทำ ความสะอาดออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ

2.1 การล้างแบบกะ (Batch Washing)

2.2 การล้างแบบต่อเนื่อง (Continuous Washing)

2.1 การล้างแบบกะ

เป็นการนำเมทิลเอสเทอร์หรือก็คือไบโอดีเซล ที่ทำการแยกกลีเซอรอลออกไปแล้วมาผสมกับน้ำในถังล้าง โดยทำการล้างภายในเวลาที่ กำหนดไว้ จากนั้นจะหยุดการทำงานเพื่อให้เกิดการแยกชั้นระหว่างไบ โอดีเซลและน้ำ โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงพร้อมทั้งปล่อยน้ำที่ใช้แล้วทิ้งไป ในแต่ละครั้ง ทำซ้ำแบบเดิมจนกว่าไม่มีสิ่งปนเปื้อนเหลืออยู่ในไบโ ออดีเซล ซึ่งโดยทั่วไปมีวิธีการล้างดังนี้

2.1.1 การล้างแบบสเปรย์น้ำ

เป็นการนำไบโอดีเซลที่ผ่านการแยกกลีเซอรอลออกไปแล้ว มาฉีด ด้วยน้ำในลักษณะเป็นฝอยกระจายทั่วผิวหน้าของไบโอดีเซล จากนั้นทิ้ง ไว้ให้เกิดการแยกชั้นแล้วปล่อยน้ำที่อยู่ด้านล่างทิ้งไป ทำซ้ำหลายๆ ครั้งจนกว่าไบโอดีเซลที่ได้จะสะอาด วิธีนี้จะปล่อยให้ชั้นของน้ำกับสิ่ง ปนเปื้อนในไบโอดีเซลได้สัมผัสกันเอง แบบไม่มีตัวช่วยเพิ่มพื้นที่ในการ สัมผัส เป็นกรรมวิธีที่ใช้เริ่มแรกของการล้างด้วยน้ำ

2.1.2 การล้างแบบวน

เป็นวิธีที่มีการก่อให้เกิดการผสมกัน ระหว่างน้ำและไบโอดีเซลที่ ผ่านการล้างแบบสเปรย์น้ำมาแล้วหลายๆ ครั้ง จากนั้นวางทิ้งไว้ให้เกิด การแยกชั้น แล้วจึงปล่อยน้ำที่อยู่ด้านล่างทิ้งไป ทำซ้ำหลายๆ ครั้ง จนกว่าไบโอดีเซลที่ได้มีความสะอาด การวนจะช่วยให้เกิดการผสมกัน ได้ดีขึ้น เนื่องจากช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสให้มากขึ้น จึงช่วยลดเวลาการ ล้างในแต่ละครั้งแต่มีข้อควรระวัง คือการเกิดอิมัลชัน เพราะสบู่เป็นสาร อิมัลซิฟาย (Emulsify) ทำให้ไบโอดีเซลซึ่งเป็นสารไม่มีขั้ว (Non-Polar) สามารถรวมตัวกับน้ำ ซึ่งเป็นสารมีขั้ว (Polar) ซึ่งเมื่อเกิดการรวมตัว เป็นเนื้อเดียวกันแล้วจะทำการแยกออกจากกันยาก

2.1.3 การล้างแบบผสมด้วยฟองอากาศ

การล้างด้วยวิธีนี้ช่วยให้เกิดการสัมผัสกันได้มากขึ้น โดยการสร้าง ฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากและต่อเนื่องให้กระจายทั่วชั้นของน้ำที่ ใช้ล้าง ฟองอากาศจะพาเอาน้ำลอยขึ้นไปยังชั้นของไบโอดีเซล น้ำก็จะ ชะล้างเอาสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ตกลงมากับน้ำในชั้นล่าง วิธีนี้นิยมใช้เป็น ขั้นตอนสุดท้ายของการล้างด้วยน้ำโดยทำการล้างซ้ำ 2-3 ครั้ง โดยใน ครั้งแรกจะใช้น้ำประมาณ 1/2 ของไบโอดีเซลใช้เวลา ประมาณ 15 ถึง 20 นาที แล้วหยุดการทำงานเพื่อปล่อยให้เกิดการตกตะกอนของสิ่ง ปนเปื้อนในน้ำพร้อมทั้งปล่อยน้ำทิ้ง จากนั้นเติมน้ำอีกในการล้างครั้ง ต่อไปประมาณ 3/4 ของปริมาณไบโอดีเซล แต่ในครั้งสุดท้ายจะ ดำเนินการทิ้งไว้ประมาณ 10-12 ชั่วโมง จึงปล่อยให้เกิดการตกตะกอน แล้วปล่อยน้ำทิ้ง [2]

2.2 การล้างไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง

การล้างแบบนี้โดยทั่วไปใช้กับกำลังการผลิตขนาดใหญ่ ซึ่งจะทำ การบ่อนเมทิลเอสเทอร์ที่แยกกลีเซอรอลออกไปแล้ว เข้าผสมพร้อมกัน กับน้ำอย่างต่อเนื่อง โดยจะมีอุปกรณ์หลายแบบ เช่น คอลัมน์แบบไหล สวนทาง ถังล้างแบบหมุนเวียน (circulation tank) ชุดล้างแบบผสมและ ตกตะกอนแยกชั้น (mixer-settler) เป็นต้น ส่วนมากจะกระทำในคอลัมน์ ที่มีการบ่อนแบบไหลสวนทาง กล่าวคือ บ่อนน้ำเข้าทางด้านบนของ

คอลัมน์และป้อนเมทิลเอสเทอร์เข้าทางด้านล่าง ในช่วงกลางคอลัมน์ก็ จะมีการสัมผัสกันของชั้นของเหลวทั้งสองชนิด ซึ่งอาจจะเพิ่มอุปกรณ์ สำหรับช่วยในการสัมผัส เช่น ใบกวน แผ่นสกรีน เพื่อทำให้เกิดการ สัมผัสกันมากขึ้น ไบโอดีเซลที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าเมื่อผ่านการ ล้างด้วยน้ำแล้วจะไหลออกทางด้านบนของคอลัมน์ ส่วนน้ำมีความ หนาแน่นมากกว่าจะตกลงอยู่ด้านล่างและไหลออกไป ทั้งนี้ควรจะให้ ช่องทางออกของไบโอดีเซลอยู่สูงกว่าช่องทางเข้าของน้ำ เป็นระยะพอสมควร เพื่อป้องกันน้ำที่ป้อนเข้ามาไหลออกไปพร้อมกับไบโอดีเซล

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการเตรียมไบโอดีเซล

ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.1.1 การตรวจสอบค่ากรดไขมันอิสระของน้ำมัน

นำน้ำมันพืชที่ต้องการ ไปอุ่นให้ร้อนประมาณ 60-80°C เป็นเวลา 15-20 นาทีเพื่อกำจัดน้ำที่ตกค้าง จากนั้นตวงน้ำมันด้วยปิเปตใส่ในขวด รูปชมพู่ (Flask) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมด้วยไอโซโพรพานอล ปริมาตรเล็กน้อย เพื่อทำละลายน้ำมันพร้อมทั้งผสมฟีนอล์ฟทาเลอินดิ เคเตอร์ ลงไปในสารละลายประมาณ 1-2 หยด เพื่อบอกจุดยุติ นำ สารละลายไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ม ีความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เมื่อถึงจุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากใสไม่มีสี เป็นสีชมพู – ม่วง บันทึกปริมาณสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอก ซิดเพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณกรดไขมันอิสระ

การคำนวณ

ปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา โดยทั่ว ไปแล้วจะอยู่ในช่วง 0.5-2.5% wt. [3] สำหรับการไทเทรตปริมาตรของ สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการทดลองได้เท่ากับ 0.9 มิลลิลิตร แสดงว่าต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์จำนวน 0.9 กรัมต่อน้ำมัน 1 ลิตร เพื่อทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระจะเป็นกลาง และต้องใช้อีก จำนวน 5 กรัมต่อน้ำมัน 1 ลิตร เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของระบบ ดังนั้นเมื่อใช้น้ำมันพืชใช้แล้วปริมาตร 500 มิลลิลิตร ต้องใช้โซเดียมไฮ ดรอกไซด์เกรด 98% ปริมาณ 2.95 กรัม

3.1.2 การทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันกับแอลกอฮอล์

เตรียมน้ำมันที่ผ่านการตรวจสอบค่ากรดไขมันอิสระแล้ว นำมาทำ ปฏิกิริยากับเมทิลแอลกอฮอล์ที่ละลายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 2.95 กรัม ตามที่คำนวณไว้แล้ว โดยใช้สัดส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อ เมทิลแอลกอฮอล์เท่ากับ 1:6 หรือประมาณ 23% โดยปริมาตรของ น้ำมัน ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60°C [4] เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 45 นาที ทั้งนี้ไม่ควรให้อุณหภูมิการทำปฏิกิริยามีค่าเกิน 64.5°C เนื่องจากเป็น จุดเดือดของเมทิลแอลกอฮอล์ และทำการแยกกลีเซอรอลโดยวิธีการ วางทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

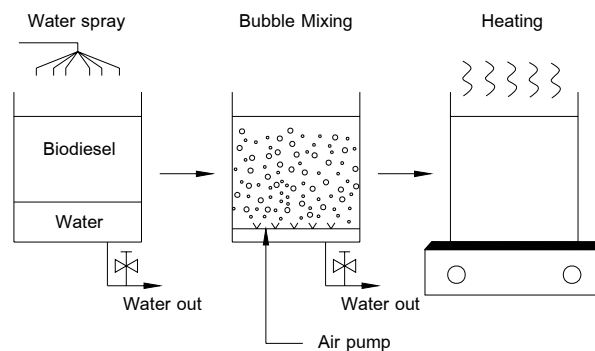
3.2 วิธีการทำความสะอาดไบโอดีเซลไบโอดีเซล

แบ่งไบโอดีเซลที่ผลิตเป็น 3 ชุด โดยใช้ไบโอดีเซล 500 มิลลิลิตร และปรับเปลี่ยนอัตราส่วนต่อน้ำเป็น 1:2, 1:1, 1:0.5 และ 1:0.25 ในครั้ง แรกจะทำการสเปรย์ด้วยน้ำและวางไว้ให้เกิดการแยกชั้นเป็นเวลา 5-10

นาที จากนั้นถ่ายน้ำออกพร้อมทั้งเก็บตัวอย่างไบโอดีเซลและน้ำหลัง การล้างไปตรวจด้วยเครื่อง Titration Excellence T50 เพื่อวัดค่าความ เป็นกรดและเบส ในครั้งต่อไปจะเปลี่ยนวิธีการล้างมาเป็นการผสมด้วย ฟองอากาศโดยใช้ปั๊มลมขนาด 58 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยในการ ผสมครั้งแรกจะใช้เวลา 10 นาที เพื่อป้องกันการเกิดอิมัลชัน จากนั้น วางทิ้งไว้เพื่อให้เกิดการแยกชั้นเป็นเวลา 10-15 นาที ทำการวัดค่า pH ของไบโอดีเซลและน้ำล้าง ทำซ้ำจนกว่าจะได้ไบโอดีเซลที่มีค่าเป็นกลาง โดยในครั้งต่อไปจะเพิ่มเวลาเป็น 30, 60, 120, จนในครั้งหลังๆ ใช้เวลา คงที่ที่ 480 นาที

3.3 วิธีการวัดปริมาณการได้คืนของไบโอดีเซล

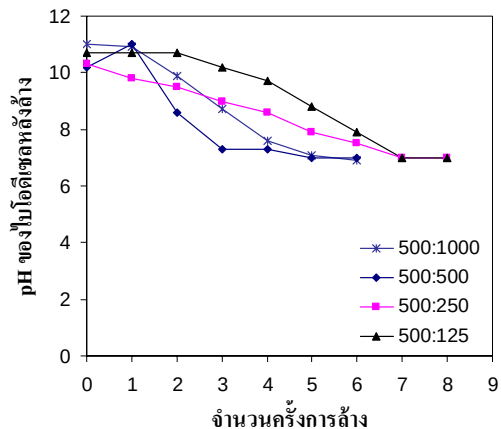
นำไบโอดีเซลที่ล้างจนมีค่า pH=7.0 แล้วไปวัดปริมาตรที่เหลืออยู่ พร้อมทั้งบันทึกค่า จากนั้นนำไปอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 100 ถึง 120°C เป็นเวลา 15-20 นาทีเพื่อกำจัดน้ำตกค้าง และนำไปวัดปริมาตร อีกครั้งพร้อมทั้งบันทึกผลที่ได้



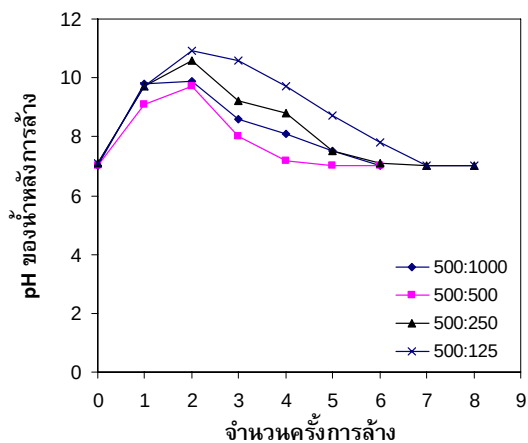
รูปที่ 1 วิธีการล้างไบโอดีเซลในแบบกะ

4. ผลการทดลอง

ผลการทดลองทำความสะอาดไบโอดีเซลในแบบกะโดยการสเปรย์ น้ำร่วมกับการผสมด้วยฟองอากาศ พบว่าความสะอาดของไบโอดีเซล ในการทดลอง สามารถสังเกตได้จากความเป็นกรดและเบสของไบโ อดีเซลและน้ำหลังการล้าง นั่นคือเมื่อมีค่า pH=7 จากการพ่นในรูปที่ 2 และ 3 แสดงค่า pH หลังการล้างของไบโอดีเซลและน้ำ ซึ่งไบโอดีเซล ก่อนล้างมีความเป็นด่างที่สูงมากประมาณ pH=11 เมื่อทำการล้างไป หลายๆ ครั้งจะมีค่าลดลงเนื่องจากสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ละลายออกมารวม กับน้ำ ซึ่งก่อนล้างมีค่าเป็นกลาง (pH=7) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน ช่วงแรก เมื่อล้างไปในครั้งหลังๆ ค่า pH ของน้ำ ก็จะเริ่มลดลงจนมีค่า เป็นกลางอีกครั้ง



รูปที่ 2 แสดงค่า pH ของไบโอดีเซลหลังการล้างในแบบกะเมื่อใช้อัตราส่วนของไบโอดีเซลต่อน้ำเป็น 1:2, 1:1, 1:0.5, และ 1:0.25



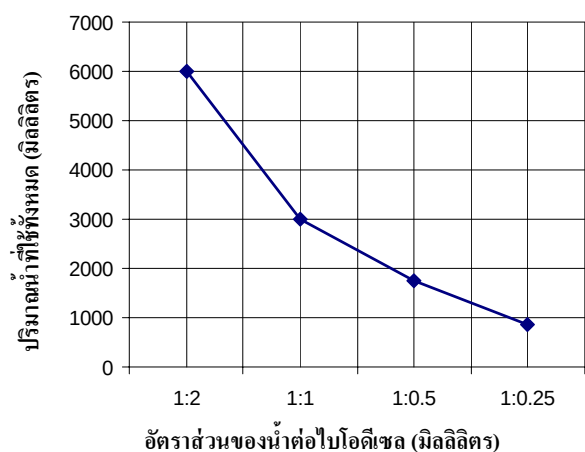
รูปที่ 3 แสดงค่า pH ของน้ำหลังการล้างในแบบกะเมื่อใช้อัตราส่วนของไบโอดีเซลต่อน้ำเป็น 1:2, 1:1, 1:0.5, และ 1:0.25

ปริมาณการใช้น้ำกับจำนวนครั้งการล้าง รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการล้างสามารถแสดงดังในตารางที่ 1 ซึ่งการใช้น้ำในอัตราส่วน 1:2 ต้องทำการล้าง 6 ครั้ง หรือใช้ปริมาณน้ำ 12 เท่าของไบโอดีเซล ใช้เวลา 775 นาที ได้ไบโอดีเซลคีนมา 469 มิลลิลิตร ที่อัตราส่วน 1:1 ต้องทำการล้าง 6 ครั้ง หรือใช้ปริมาณน้ำ 6 เท่าของไบโอดีเซล ใช้เวลา 775 นาที ได้ไบโอดีเซลคีนมา 470 มิลลิลิตร ที่อัตราส่วน 1:0.5 ต้องทำการล้าง 7 ครั้ง หรือใช้ปริมาณน้ำ 3.5 เท่าของไบโอดีเซล ใช้เวลา 1285 นาที ได้ไบโอดีเซลคีนมา 466 มิลลิลิตร และที่อัตราส่วนของไบโอดีเซลต่อน้ำ 1:0.25 ต้องทำการล้าง 7 ครั้งหรือใช้ปริมาณน้ำเพียง 1.75 เท่าของไบโอดีเซล และได้ไบโอดีเซลคีนมา 468 มิลลิลิตร

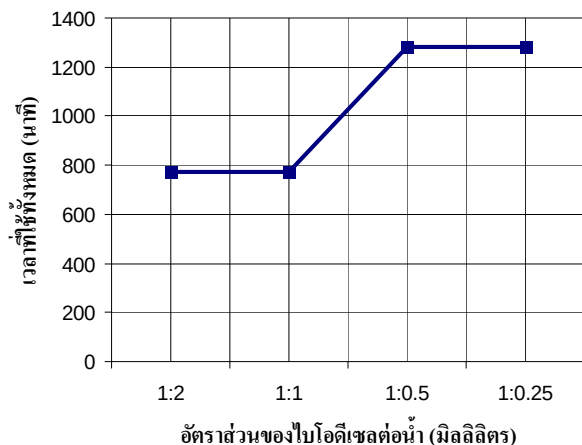
ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการล้างไบโอดีเซลโดยการสเปรย์น้ำรวมกับการผสมด้วยฟองอากาศเมื่อใช้น้ำปริมาณที่ต่างกัน

ไบโอดีเซลต่อน้ำ	น้ำที่ใช้ล้างในแต่ละครั้ง	จำนวนครั้งการล้าง	เวลาที่ใช้ทั้งหมด	ปริมาณไบโอดีเซลหลังล้าง
(มิลลิลิตร)	(มิลลิลิตร)	(ครั้ง)	(นาที)	(มิลลิลิตร)
1:2	1000	6	775	469
1:1	500	6	775	470
1:0.5	250	7	1285	466
1:0.25	125	7	1285	468

เมื่อนำผลการทดลองในตารางที่ 1 มาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำล้างที่ใช้ทั้งหมด ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้น้ำในปริมาณที่น้อยกว่าไบโอดีเซลในการล้างแต่ละครั้ง มีแนวโน้มที่สามารถลดปริมาณการใช้น้ำรวมของระบบให้น้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือที่อัตราส่วนของไบโอดีเซลต่อน้ำ 1:2 ต้องใช้ปริมาณน้ำล้างรวมทั้งหมดมากที่สุด และปริมาณการใช้น้ำรวมได้ลดลงตามอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ให้น้อยลง ดังที่อัตราส่วน 1:0.25 มีการใช้ปริมาณน้ำรวมทั้งหมดน้อยที่สุด แต่ในทางกลับกัน แนวโน้มของเวลาที่ใช้น้ำจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งการล้างดังแสดงในกราฟรูปที่ 5 ซึ่งที่อัตราส่วน 1:2 และ 1:1 ใช้เวลาในการล้างเท่ากัน แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้อัตราส่วน 1:0.5 เวลาการล้างรวมทั้งใช้ก็จะเพิ่มขึ้นอีกครั้งจนกระทั่งคงที่ที่อัตราส่วน 1:0.25



รูปที่ 4 แสดงปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างทั้งหมดในแบบกะเมื่อใช้อัตราส่วนของไบโอดีเซลต่อน้ำเป็น 1:2, 1:1, 1:0.25, และ 1:0.25



รูปที่ 5 แสดงเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการล้างไบโอดีเซลในแบบกะเมื่อใช้อัตราส่วนของไบโอดีเซลต่อน้ำเป็น 1:2, 1:1, 1:0.5, และ 1:0.25

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองทำความสะอาดไบโอดีเซลในแบบกะโดยใช้การสเปรย์น้ำร่วมกับการผสมด้วยฟองอากาศ สามารถสรุปได้ว่า การใช้น้ำในปริมาณที่น้อยกว่าไบโอดีเซลในการล้างแต่ละครั้ง สามารถทำความสะอาดไบโอดีเซลได้ดี โดยสังเกตจากไบโอดีเซลหลังการล้างมีความใสมากกว่าก่อนล้าง และค่า pH หลังการล้างของไบโอดีเซลและน้ำมีค่าเป็นกลาง ($pH=7\pm0.1$) การใช้สัดส่วนของน้ำในปริมาณที่น้อยกว่าไบโอดีเซลในการล้างแต่ละครั้ง มีแนวโน้มที่ลดปริมาณการใช้น้ำล้างรวมในระบบ กล่าวคือ ที่อัตราส่วนของไบโอดีเซลและน้ำเท่ากับ 1:0.25 มีการใช้ปริมาณน้ำรวมน้อยที่สุดคิดเป็น 1.75 เท่าของไบโอดีเซล ซึ่งน้อยกว่าที่อัตราส่วน 1:0.5, 1:1, และที่อัตราส่วน 1:2 มีการใช้ปริมาณน้ำรวมมากที่สุดคิดเป็น 12 เท่าของไบโอดีเซล ทั้งนี้ต้องใช้เวลาในการล้างเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากต้องใช้จำนวนครั้งในการล้างเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณการได้คืนของไบโอดีเซลหลังการล้าง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่เพื่อทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- Department of Energy Business, 2007. "Specification and biodiesel quality of methyl ester (biodiesel community)". Available online: <http://www.doeb.go.th/th/law/data/biodiesel.pdf>
- Suttinee, S., 2006. "Cost Analysis of Biodiesel Production from A 100-Litre-Batch Community Plant", A thesis submitted at The Joint Graduate School of Energy and Environment at King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

- Tomasevic, A.V., Siler-Marinkovic, S.S., 2002. "Methanolysis of used flying oil", Fuel Processing Technology, 81, pp. 1-6.
- Zhang Y., Dube M.A., McLean D.D., Kates M., 2003. "Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment", Bioresource Technology, 89, pp. 1-16.