

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของการผลิตไบโอดีเซลด้วยวิธีการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด A Study of Physical Properties of Biodiesel Production by Infrared Absorption

บัณฑิต ชูดำดี^{1*} รัตนชัย ไพรินทร์² สิริชัย เทพา¹

¹สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

²คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

โทร 0-2470-8662 โทรสาร 0-2470-8663 E-mail: bundit.choodumdee@sccc.co.th

Bundit Chudamdee^{1*} Rattanachai Pairintra² Sirichai Thepa¹

¹Energy of Technology Department, Faculty of School of Energy Environment and Materials,

King Mongkut's University of Technology Thonburi

²Faculty of School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi

126 Pracha-utid Road, Bangmod, Toongkru, Bangkok 10140

Tel: 0-2470-8662 Fax: 0-2470-8663 E-mail: theband_1977@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการผลิตไบโอดีเซลใช้ในระดับชุมชนเป็นทางเลือกหนึ่งของการแก้ไขปัญหาด้านวิกฤติพลังงาน แต่ปัญหาหนึ่งที่มาจากการผลิตไบโอดีเซลในระดับชุมชนก็คือการควบคุมคุณภาพของไบโอดีเซล เนื่องจากเครื่องตรวจคุณภาพไบโอดีเซลมีราคาสูงต้องนำเข้าจากต่างประเทศรวมถึงค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการตรวจสอบคุณภาพไบโอดีเซลงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลด้วยเครื่องตรวจคุณภาพไบโอดีเซล (Biodiesel Tester-01) เครื่อง BIT-01 ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ประกอบด้วยตัวอุ่นน้ำมันไบโอดีเซลที่สามารถปรับอุณหภูมิได้และการทดสอบสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การทดสอบด้วยแสงสีแดงเพื่อวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลด้วยสายตาซึ่งจะมีลำแสงสีแดงเน้นให้เห็นสิ่งเจือปนต่างๆ ได้ง่ายขึ้น และการทดสอบด้วยแสงอินฟราเรดเพื่อวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนและหักเหของแสงในไบโอดีเซล ซึ่งแสงอินฟราเรดส่วนเกินจะตกกระทบลงบนแผ่นรับแสงแล้วแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้า การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตรวจคุณภาพไบโอดีเซลเบื้องต้นใช้ตัวอย่างทดสอบ 5 ตัวอย่าง ได้แก่ น้ำมันปาล์ม ไบโอดีเซลผสมกับสบู่ กลีเซอรอล น้ำ และไบโอดีเซลบริสุทธิ์ ในอัตราส่วน 20:1 ml อุณหภูมิตัวอย่างทดสอบที่ 40°C ผลการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลด้วยสายตาให้ผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถแยกแยะสิ่งที่เจือปนอยู่ในไบโอดีเซลได้อย่างชัดเจน และผลการทดลองวัดค่าการดูดกลืนและหักเหของแสงได้ดังนี้คือ น้ำมันปาล์ม +8.44% ไบโอดีเซลกับสบู่ +10.67% ไบโอดีเซลกับกลีเซอรอล +21.11% ไบโอดีเซลกับน้ำ +7.56% และไบโอดีเซลบริสุทธิ์ -4.67% เมื่อเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้า

มาตรฐาน 1.5 V. โดยไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์จะดูดกลืนแสงไว้ส่วนหนึ่งจึงให้ผลเป็นลบ ส่วนไบโอดีเซลที่มีของเหลวอื่นผสมอยู่จะดูดกลืนและมีการหักเหของแสงกระทบแผ่นรับแสงมากขึ้นจึงให้ผลเป็นบวก เครื่อง BIT-01 สามารถใช้คัดเตาถึงคุณภาพของไบโอดีเซลเบื้องต้นได้ ใช้งานง่ายมีขั้นตอนไม่ซับซ้อน ประหยัดเวลา และมีต้นทุนในการสร้างเครื่องเพียง 5,000 บาท ซึ่งเหมาะสมกับการใช้ในระดับชุมชน
คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความบริสุทธิ์/คุณภาพของไบโอดีเซล/รังสีอินฟราเรด/สมบัติทางกายภาพ

Abstract

Currently, community-scale of biodiesel product has a significant role in the minimizing energy crisis, but the problem of biodiesel product in the community-scale can't control the quality of biodiesel. Because of the high quality of biodiesel testers are expensive and most materials were imported with high service cost. This paper is studies about the physical properties of biodiesel by using biodiesel tester (BIT-01). BIT-01 in this experiment has a heater which can control and adjust temperature. There are two physical properties tests. The red light was used to test impurity of biodiesel by visual analysis as red beam can identify the impurity in biodiesel and red infrared was used to the quantity of absorption and reflection analysis in biodiesel as infrared light was too much affect on solar plate transform to voltage. There are 5 samples in this paper such as

pail oil, soap, glycerol, pure water to biodiesel, and pure biodiesel in ratio of 20:1 ml. Temperature testing was set at 40 °C. The physical property was tested by using visual tester. An impurity in all samples can be seen clearly. The resulting showed the percentage of the pail oil of +8.44%, biodiesel with soap of +10.67%, biodiesel with glycerol of +21.11%, biodiesel with water of +7.56%, and biodiesel pure -4.67%, when compared with the standard voltage at 1.5 Volt. The homogeneous biodiesel absorbed some part was showed negative feedback values and mixed biodiesel absorbed and reflected beam on solar plate so much. Therefore it showed the positive feedback values. BIT-01 can predict basic to quality of biodiesel, furthermore easy to use, short time and cost only for 5,000 baths. Can to use it in the community-scale.

Keywords: Impurities Analysis/Infrared/Physical Properties/Quality of Biodiesel

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการผลิตไบโอดีเซลในระดับครัวเรือนและระดับชุมชนอย่างแพร่หลาย โครงการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานด้วยไบโอดีเซลชุมชนขนาด 100 ลิตร/วัน ที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานให้การสนับสนุนรวมทั้งประเทศ 72 แห่ง และมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณการผลิตไบโอดีเซลชุมชนประมาณ 7,200 ลิตร/วัน [1] ขณะที่ไบโอดีเซลที่ผลิตได้ในระดับชุมชนยังขาดการตรวจสอบและรับรองคุณภาพ ทั้งนี้มีงานวิจัยโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติร่วมกับกรมอุทกหารเรือ ทำการทดลองแล้วพบว่าไบโอดีเซลที่มีคุณภาพไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะเครื่องยนต์ปลอดภัยจากสารกำมะถัน ลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และช่วยลดมลพิษในอากาศ โดยเป็นข้อสรุปที่ได้หลังจากทำการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานมานานกว่า 7 ปี [2]

ไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ หรือน้ำมันที่ใช้แล้วผ่านกระบวนการทางเคมีทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันเพื่อให้ได้สมบัติใกล้เคียงน้ำมันดีเซล โดยไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันพืชต่างชนิดกันจะมีสมบัติแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันพืชเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันอยู่ในโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ถึงร้อยละ 94–96 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักโมเลกุล ทำให้ไบโอดีเซลมีสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพเป็นไปตามกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่ ไบโอดีเซลที่ผลิตจากกรดไขมันที่อิ่มตัวสูงจะทำให้ค่าจุดขุ่น (Cloud Point) จำนวนซีเทน (Cetane Number) สูงขึ้น ปริมาณ NO_x ลดลงและมีเสถียรภาพ (Stability) แต่ถ้ามีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงจะทำให้ค่าจุดขุ่น จำนวนซีเทนเสถียรภาพลดลง และปริมาณ NO_x เพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อนำน้ำมันพืชชนิดนั้นๆ มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ไบโอดีเซลที่ผลิตได้จะมีสมบัติตามกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบนั้นด้วย [3], [4]

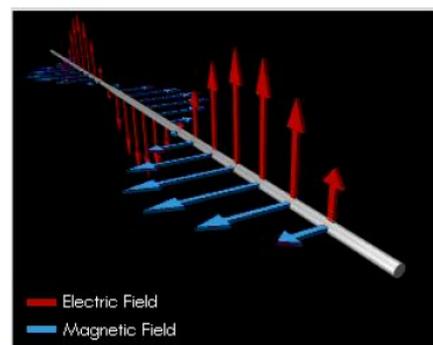
สำหรับประเทศไทยประกาศของกรมธุรกิจพลังงานได้กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2550 (B100) สำหรับนำมาใช้ผสมน้ำมันดีเซล 24 รายการ [5] และไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตรนั้นมี 13 รายการ [6] การตรวจสอบคุณภาพของไบโอดีเซลที่มีอยู่ในปัจจุบัน ต้องส่งตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่รับบริการตรวจวิเคราะห์ซึ่ง

ค่าบริการสูงถึง 3,000 บาทต่อครั้ง การวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลสามารถใช้เทคนิควิเคราะห์ได้หลายวิธีเช่น Thin-Layer Chromatography (TLC) Gas Chromatography (GC) และ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยในแต่ละวิธีนั้นจะมีข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป การวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบของไบโอดีเซลโดยใช้ HPLC ได้รับความนิยมนสูงเนื่องจากเป็นเทคนิคที่ง่ายไม่ยุ่งยากในการเตรียมตัวอย่าง [7]

โดยในปี 2006 Felizardo และคณะ [8] ใช้เทคนิควิเคราะห์ไบโอดีเซลด้วย Near Infrared (NIR) Spectroscopy เพื่อพัฒนาแบบจำลองสมการ Calibration ร่วมกับการวิเคราะห์ทางสถิติ 2 วิธี คือ Partial Least Squares (PLS) และ Principal Component Regression (PCR) และ First and Second Order Savitsky–Golay เพื่อหาค่ากลางเฉลี่ยซึ่งผลการทดลองของไบโอดีเซลที่มีน้ำและเมทานอลเป็นส่วนประกอบทำให้ลดค่าความผิดพลาดและจำนวนของการตัวแปรที่ไม่ทราบค่าจาก 4 เหลือ 1 ตัวแปร และต่อมาในปี 2007 Baptista และคณะ [9] ได้ทำการทดลองกับ Methyl Esters ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของไบโอดีเซลและ Near Infrared (NIR) Spectroscopy ก็เป็นเทคนิคที่นำมาประยุกต์ใช้ที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อทำนายพารามิเตอร์ต่างๆทั้งในห้องทดลองและโรงงานอุตสาหกรรม ในปี 2006 James D. Vande Ven และ Arthur G. Erdman [10] ได้ทำการศึกษาการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของ Vinyl chloride ที่อุณหภูมิสูง งานวิจัยนี้ใช้แสงอินฟราเรดจาก Laser Diode ขนาด Wavelength: 808 nm และใช้วงจรรีเลย์คทรอนิกส์แปลงกระแสไฟฟ้าจาก Photodiode เป็นแรงดันไฟฟ้าเพื่อแสดงผล

2. ทฤษฎี

แสงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งซึ่งประกอบไปด้วยสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) และสนามไฟฟ้า (Electric Field) ที่วางตัวตั้งฉากกัน และสามารถเคลื่อนที่ได้ เราจึงเรียกว่า “Electromagnetic Spectrum” ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า

จากที่กล่าวมาแล้วว่าแสงเป็นคลื่นชนิดหนึ่ง ดังนั้นแสงจึงมีพลังงานซึ่งพลังงานดังกล่าวจะสัมพันธ์กับความถี่ของแสงนั้นๆ สมการข้างล่างนี้เป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน (Energy, E) กับความถี่ (Frequency, ν)

$$E = h\nu \quad (1)$$

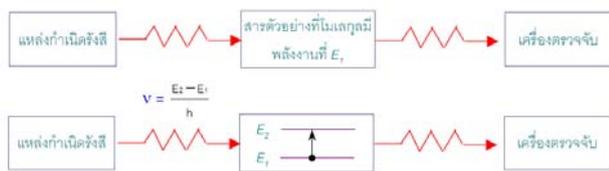
เมื่อ h = Planck's constant

จะเห็นได้ว่าพลังงานจะสูงขึ้นเมื่อความถี่สูงขึ้น เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า ความถี่แปรผกผันกับความยาวคลื่น (Wavelength, λ)

$$v = c/\lambda \quad (2)$$

ดังนั้น $E = hc/\lambda \quad (3)$

สำหรับโมเลกุลของสารหนึ่งๆ จะสามารถที่จะปรากฏอยู่ที่ระดับพลังงานต่างๆ กัน เช่น สำหรับพันธะใดๆในโมเลกุลอาจจะมีการยืด (Stretch) การโค้ง (Bend) หรือการหมุน (Rotate) หรืออิเล็กตรอนอาจจะเคลื่อนที่จาก Orbital หนึ่งไปยังอีก Orbital หนึ่ง ขบวนการเหล่านี้จะมีลักษณะเป็นขั้นๆ (Quantize) อาจจะสามารถกล่าวได้ว่าการยืด โค้ง หรือหมุนจะเกิดขึ้นที่ความถี่หนึ่งๆ เท่านั้น (นั่นคือเกิดขึ้นที่พลังงานหนึ่งๆ) และอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปยัง Orbital ที่มีพลังงานจำกัดเท่านั้น ความแตกต่างระหว่างพลังงานของกระบวนการดังกล่าวสามารถหาได้โดยเทคนิคทางสเปกโทรสโกปีหลายชนิด ลักษณะของสเปกโทรสโกปีสามารถอธิบายได้ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะของสเปกโทรสโกปี

โมเลกุลหนึ่งๆ ที่อยู่ระดับพลังงานหนึ่ง E1 เมื่อฉายแสง แสงดังกล่าวจะผ่านโมเลกุลแล้วผ่านไปยังเครื่องตรวจจับ (Detector) ถ้าโมเลกุลไม่ดูดแสง แสงที่ฉายมาและปล่อยออกไปจะมีปริมาณเท่ากัน แต่เมื่อความถี่ของแสงเท่ากับพลังงานของ Transition ของโมเลกุล เช่น จาก E1 ไป E2 แสงจะถูกโมเลกุลดูดกลืน ทำให้แสงที่ไปตกกระทบบน Detector มีปริมาณลดลง เมื่อเรา Plot ระหว่างพลังงานที่ไปตกกระทบบน Detector กับพลังงานที่ใส่เข้าไป (Input Energy) ก็จะมีค่าเปลี่ยนไปเรื่อยๆ ก็จะได้เป็นสเปกตรัม (Spectrum) การ Transition ต่างๆ ต้องการพลังงานไม่เท่ากัน ซึ่งจะต้องใช้แสงที่มีความถี่ที่เหมาะสมในการตรวจสอบ [11] เทคนิคทางสเปกโทรสโกปีที่สำคัญๆ 3 ชนิด คือ Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Spectroscopy, Infrared (IR) Spectroscopy และ Ultraviolet-Visible (UV-Vis) Spectroscopy ในตารางที่ 1 เป็นการสรุปช่วงของ Electromagnetic spectrum ที่สามารถทำให้เกิด Transition ชนิดต่างๆ ได้

ตารางที่ 1 ช่วงของ Electromagnetic spectrum

ชนิดของสเปกโทรสโกปี	แหล่งกำเนิดรังสี	ช่วงสเปกตรัม			ชนิดของทรานซิชัน
		ความถี่ (เฮิรตซ์)	ความยาวคลื่น (เมตร)	พลังงาน (kcal/mol)	
NMR	คลื่นวิทยุ	$60 - 800 \times 10^6$ (ขึ้นกับความแรงของแม่เหล็กของเครื่อง)	5 - 0.5	$60 - 800 \times 10^{-6}$	Nuclear spin
IR	แสงอินฟราเรด	$0.2 - 1.2 \times 10^{14}$	$15.0 - 2.5 \times 10^{-6}$	2 - 12	การสั่นของโมเลกุล
UV - Vis (Electronic)	รังสีอัลตราไวโอเล็ต-ไวโอเล็ต	$0.375 - 1.5 \times 10^{15}$	$8 - 2 \times 10^{-7}$	37 - 150	Electronic state

โดยทั่วไป Infrared frequency จะเขียนในรูปของ Wavenumber ($1/\lambda, \text{cm}^{-1}$) ซึ่งก็คือจำนวนของคลื่นต่อเซนติเมตร เครื่องมือส่วนใหญ่สามารถ Scan ได้ในช่วง $700-5000 \text{ cm}^{-1}$ โดยที่ความถี่ดังกล่าวจะมีค่าเท่ากับพลังงานประมาณ 2-12 kcal/mol พลังงานจำนวนนี้มีค่ามาก

พอที่จะไปสั่นพันธะต่างๆในโมเลกุล เช่น เกิดการยืด-หดของพันธะ (Bond Stretching) หรือการโค้งงอของพันธะ (Bond Bending) แต่พลังงานจำนวนนี้ก็ไม่สามารถทำให้พันธะแตกได้

ไบโอดีเซลเป็นผลผลิตที่ได้จากน้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการทางเคมีให้มีความบริสุทธิ์ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล อย่างไรก็ตามเนื่องจากน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลมีองค์ประกอบและโครงสร้างที่แตกต่างกัน ทำให้ไบโอดีเซลยังคงมีสมบัติที่แตกต่างจากน้ำมันดีเซล ซึ่งบางสมบัติเป็นข้อได้เปรียบและบางสมบัติเป็นข้อเสียเปรียบ เช่น ไบโอดีเซลมีจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้มีความปลอดภัยในการขนส่งมากกว่า เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วสามารถเปรียบเทียบสมบัติของไบโอดีเซลกับน้ำมันดีเซลได้ดังนี้

- ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสะอาดไม่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ทำให้ไอเสียที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์ไม่ก่อให้เกิดภาวะฝนกรด เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เมื่อถูกเผาไหม้แล้วกำมะถันในน้ำมันดีเซลจะเปลี่ยนรูปเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์และกรดซัลฟิวริกหรือกรดกำมะถัน ตามลำดับ เกิดเป็นมลพิษทางอากาศ เมื่อฝนตกจะชะล้างมลพิษเหล่านี้เกิดเป็นฝนกรดได้

- น้ำมันดีเซลไม่มีออกซิเจนอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลและมีองค์ประกอบของสาร Aromatic Compound ถึงร้อยละ 20-40 ขณะที่ไบโอดีเซลไม่มีสารประกอบประเภท Aromatic Compound แต่มีออกซิเจนอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลถึงร้อยละ 10-12 ทำให้เมื่อใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ไอเสียที่เกิดขึ้นมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กและมีควันดำต่ำกว่าการใช้น้ำมันดีเซล

- ไบโอดีเซลมีจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมันดีเซลจึงมีค่าการจุดระเบิดในเครื่องยนต์ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล

- น้ำมันดีเซลไม่มีพันธะคู่ในโครงสร้างโมเลกุลขณะที่ไบโอดีเซลมีพันธะคู่ในน้ำมันพืช ซึ่งมีปริมาณที่แตกต่างกันตามชนิดของน้ำมันพืช ทำให้ไบโอดีเซลไม่เสถียรตัว เกิดออกซิเดชันได้เร็วกว่าน้ำมันดีเซลและมีระยะเวลาเก็บรักษาหลังการผลิตสั้นกว่าน้ำมันดีเซล

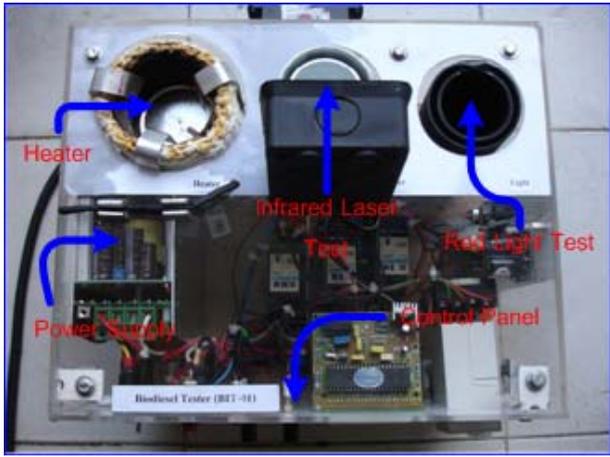
- ไบโอดีเซลมีสมบัติในการหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีกว่าน้ำมันดีเซลทำให้ช่วยลดการสึกหรอของเครื่องยนต์ได้ดี

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาสมบัติทางกายภาพของการผลิตไบโอดีเซลด้วยวิธีการดัดแปลงรังสีอินฟราเรด ได้แบ่งส่วนขั้นตอนการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ ดังนี้

3.1 ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจคุณภาพไบโอดีเซลต้นแบบ

การทำงานของเครื่องตรวจคุณภาพไบโอดีเซลถูกออกแบบให้สอดคล้องกับการนำไปใช้งานประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก คือ แหล่งจ่ายไฟ DC ชุดควบคุมการทำงาน ตัวอุ่นน้ำมัน ชุดทดสอบด้วยแสงสีแดง และชุดทดสอบด้วยแสงอินฟราเรด ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพด้านบนของเครื่องตรวจคุณภาพไบโอดีเซลต้นแบบ

เครื่องตรวจคุณภาพไบโอดีเซล (Biodiesel Tester-01) เครื่อง BIT-01 ที่สร้างขึ้นมาใช้ในการทดลองครั้งนี้มีรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 30.5 cm. ยาว 25.5 cm. และสูงยาว 16.5 cm. ใช้สวิทช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลาย 5 V. และ 24 V. เป็นแหล่งจ่ายไฟของวงจร สวิตช์และปุ่มกดเพื่อเริ่มหยุดการทำงาน มีตัวตั้งเวลาเพื่อควบคุมระยะเวลาการทำงาน มีหลอดไฟแสดงสถานะการทำงานทุกขั้นตอน ตัวอุ่นน้ำมันไบโอดีเซล ประกอบด้วยขดลวดความร้อนขนาด 250 W. วงจรควบคุมอุณหภูมิที่สามารถปรับอุณหภูมิตามต้องการ และการแสดงผลอุณหภูมิด้วยตัวเลขดิจิทัล ชุดทดสอบสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การทดสอบด้วยแสงสีแดง (Red Light Test) จุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลด้วยสายตา (Visual Test) ในการทดสอบคุณภาพด้วยวิธีนี้จะมีส่วนแสงสีแดงส่องผ่านตัวอย่างไบโอดีเซล (Sample Biodiesel) ซึ่งลำแสงสีแดงจะทำหน้าที่สร้างความสว่างให้กับไบโอดีเซลจึงสามารถที่จะสังเกตเห็นสิ่งเจือปนต่างๆ ได้ง่ายขึ้น และการทดสอบด้วยแสงอินฟราเรด (Red Infrared Test) จุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนและหักเห (Absorption and Reflection Analysis) ของแสงในไบโอดีเซล ในการทดสอบคุณภาพด้วยวิธีนี้จะมีแสงอินฟราเรดส่องผ่าน Sample Biodiesel ซึ่งแสงอินฟราเรดส่วนเกินจะตกกระทบบนแผ่นรับแสง(Solar cell) แล้วแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าแสดงผลด้วย DC Digital Voltmeter แสงที่ใช้ในการทดสอบมาจากสองแหล่งคือ หลอด Tungsten ขนาด 4.8V., 0.75A. จำนวน 1 หลอด และหลอด Infrared laser diode ขนาด Wavelength 785 nm. จำนวน 7 หลอด

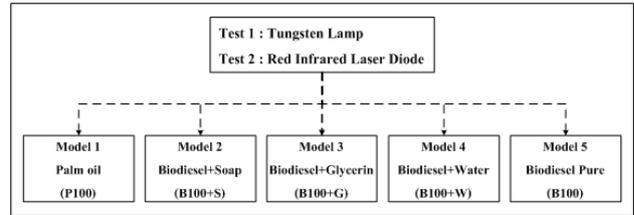
3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตรวจคุณภาพไบโอดีเซล

3.2.1.1 ตัวอย่างทดสอบ

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตรวจคุณภาพไบโอดีเซลเบื้องต้นใช้ตัวอย่าง 5 ตัวอย่าง ได้แก่ น้ำมันปาล์ม ไบโอดีเซลผสมกับสบู่ กลิเซอรอล น้ำ และไบโอดีเซลบริสุทธิ์ ดังรูปที่ 4 (ไบโอดีเซลผลิตจากไขมันไก่ ปริมาณไบโอดีเซล 92% และเมทิลเอสเทอร์บริสุทธิ์ 99%)

3.2.1.2 อัตราส่วนของการผสมไบโอดีเซลกับสบู่ กลิเซอรอล และน้ำ

อัตราส่วนของการผสมไบโอดีเซลกับสบู่ กลิเซอรอล และน้ำที่ 20:1 ml. เป็นค่าสมมุติฐานเริ่มต้นสำหรับการทดลองครั้งนี้



รูปที่ 4 ตัวอย่างทดสอบ

3.2.1.3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของตัวอย่างทดสอบตั้งไว้ที่ 40 °C ตามข้อกำหนดค่าความหนืดมาตรฐานของไบโอดีเซล ซึ่งค่าความหนืดจะส่งผลต่อการฉีกน้ำมันเป็นละอองช่วยให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ในห้องเครื่อง แต่หากค่าความหนืดไม่ได้มาตรฐานก็จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ในห้องเครื่องและเกิดปัญหาควันดำตามมา

3.2.1.4 แรงดันไฟฟ้า

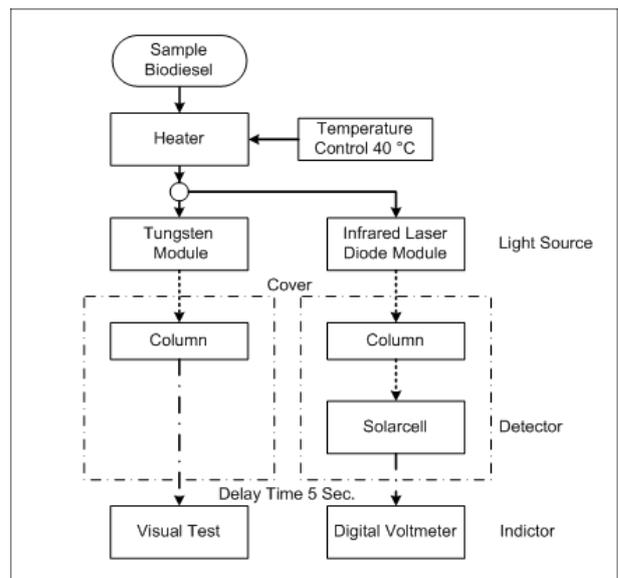
ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ควบคุมหลอด Tungsten เท่ากับ 5 V. ตามขนาดของหลอด Tungsten ที่ใช้ ส่วนหลอด Infrared laser diode ปรับตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงให้ได้ 1.5 V. (เมื่ออ่านค่าจาก DC Digital Voltmeter)

3.2.1.5 การหน่วงเวลา

ระยะเวลาการแสดงผลการทดสอบไบโอดีเซลจะถูกหน่วงไว้ด้วยตัวตั้งเวลาที่ 5 วินาที เพื่อให้ไบโอดีเซลดูดกลืนแสงเท่ากันทุกครั้ง

3.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

เครื่องตรวจคุณภาพไบโอดีเซล ประกอบด้วย การทดสอบ 2 ส่วน เลือกการทดสอบด้วยแสงจากหลอด Tungsten ก่อนเพื่อใช้สายตาสังเกตสิ่งเจือปนต่างๆ ในไบโอดีเซลเบื้องต้นก่อน แล้วจึงทดสอบด้วยแสงจากหลอด Infrared laser diode เพื่อให้เกิดความมั่นใจในตัวอย่างทดลองยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 5



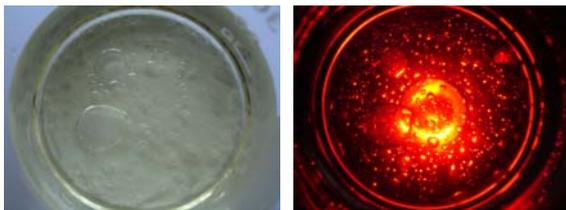
รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนการทดลอง

ในขั้นตอนการศึกษาสมบัติทางกายภาพของไบโอดีเซลด้วยวิธีการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดมีดังนี้

- เตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองโดยการตวงไบโอดีเซลที่มีอุณหภูมิ 40 °C ในอัตราส่วน 20:1 ml. ใส่บีกเกอร์แก้วขนาด 50 ml. (Column ของเครื่อง BIT-01 ถูกออกแบบให้ใช้กับบีกเกอร์แก้วขนาด 50 ml.)
- เลือกชนิดการทดสอบแล้วจึงนำบีกเกอร์แก้วที่มีไบโอดีเซลไปใส่ในช่องทดสอบจากนั้นจึงกดสวิทช์เริ่มต้น ตัวตั้งเวลาจะเริ่มนับถอยหลัง 5 วินาที แล้วจึงจดบันทึกค่าและกดสวิทช์หยุด
- ทดลองซ้ำตามขั้นตอนเดิมอีก 2 ครั้ง จดบันทึกค่า แล้วจึงเปลี่ยนตัวอย่างทดสอบ

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การทดสอบไบโอดีเซลด้วยแสงจากหลอด Tungsten โดยลำแสงสีแดงจะเน้นให้เห็นสิ่งเจือปนในไบโอดีเซลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 6 ซึ่งใช้ไบโอดีเซลผสมกับน้ำในอัตราส่วน 20:1 ml. อุณหภูมิที่ 40 °C ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ควบคุมหลอด Tungsten ที่ 5 V. เมื่อใช้สายตาวิเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยวิธีปกติจากแสงตามธรรมชาติจะเห็นหยดน้ำ และหยดน้ำเล็กๆ เกาะกลุ่มกัน และเมื่อนำไบโอดีเซลไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง BIT-01 จะเห็นหยดน้ำ และหยดน้ำเล็กๆ เพิ่มมากขึ้นและกระจายตัวอย่างทั่วไป



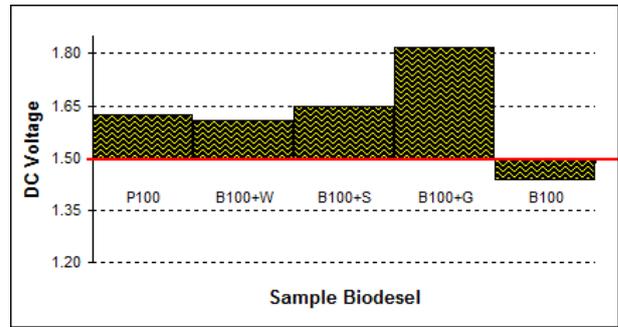
รูปที่ 6 (ซ้าย) การวิเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยแสงตามธรรมชาติ (ขวา) การวิเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยเครื่อง BIT-01

การทดสอบไบโอดีเซลด้วยแสงจากหลอด Infrared Laser Diode ด้วยตัวอย่างทดสอบ 5 ตัวอย่าง อัตราส่วน 20:1 ml อุณหภูมิที่ 40 °C ปรับตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าให้ได้ 1.5 V. ระยะเวลาไว้ที่ 5 วินาที ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง บันทึกผลการทดลองได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองวัดค่าการดูดกลืนและหักเหของแสงในตัวอย่างไบโอดีเซล

Sample	Red Infrared Test (V.)			Average	SD
	1st	2nd	3rd		
P100	1.63	1.61	1.64	1.63	0.0153
B100+S	1.66	1.68	1.64	1.66	0.0200
B100+G	1.79	1.81	1.85	1.82	0.0306
B100+W	1.62	1.63	1.59	1.61	0.0208
B100	1.42	1.43	1.44	1.43	0.0100

เมื่อนำผลการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยพบว่าค่าแรงดันไฟฟ้าของไบโอดีเซลบริสุทธิ์ได้เท่ากับ 1.43 V. น้อยกว่าค่ามาตรฐานอยู่ 0.07 V. และค่าแรงดันไฟฟ้าของไบโอดีเซลบริสุทธิ์ผสมกับกลีเซอรอลได้เท่ากับ 1.82 V. มากกว่าค่ามาตรฐานอยู่ 0.32 V. ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ของตัวอย่างทดสอบในกราฟแห่งรูปที่ 7



รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนและหักเหของแสงในตัวอย่างไบโอดีเซล

ผลจากการทดลองค่าที่อ่านได้จาก DC Digital Voltmeter มีการคาดเคลื่อน ซึ่งเกิดจากสาเหตุของแสงส่วนที่ตกกระทบลงบนแผ่นโซลาร์เซลล์ซึ่งมี Sensitive สูง เมื่อบริเวณพื้นที่ทดสอบหรือตัวอย่างทดสอบเกิดการสั่นไหวขณะทดลอง ค่าที่ DC Digital Voltmeter จะเกิดการแกว่งไปมาไม่คงที่ นอกจากนี้แล้วการปรับค่าแรงดันให้ได้ 1.5 V. ก็เป็นสาเหตุส่วนหนึ่งที่ทำให้ค่าไม่คงที่ สำหรับอัตราส่วน 20:1 ml และค่าหน่วงเวลาที่ 5 วินาที เป็นสมมุติฐานเริ่มต้นที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุดซึ่งจะต้องทำการทดลองต่อไป อุณหภูมิของตัวอุ่นน้ำมันไบโอดีเซล และอุณหภูมิของไบโอดีเซลมีผลกับประสิทธิภาพการทำงานของหลอด Infrared laser diode แต่ไม่ได้นำมาเป็นเงื่อนไขในการทดลอง การทดลองครั้งนี้เป็นเพียงการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตรวจคุณภาพไบโอดีเซลเบื้องต้น จุดมุ่งหมายเพื่อต้องการทราบว่าเครื่องตรวจคุณภาพไบโอดีเซลที่สร้างขึ้นมาสามารถที่จะแยกความแตกต่างของไบโอดีเซลที่มีสิ่งเจือปนผสมอยู่ได้หรือไม่ ซึ่งจะต้องนำเครื่องตรวจคุณภาพไบโอดีเซลไปใช้ทดสอบไบโอดีเซลที่ผลิตขึ้นมาโดยเปรียบเทียบผลการทดลองกับการวิเคราะห์ไบโอดีเซลด้วยเทคนิค HPLC

5. สรุปผลทดลอง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องตรวจคุณภาพไบโอดีเซลเบื้องต้น ผลทดสอบการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลด้วยสายตาให้ผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ดี สามารถที่จะแยกแยะสิ่งเจือปนอยู่ในไบโอดีเซลได้อย่างชัดเจน ผลการทดสอบด้วยแสงอินฟราเรดเพื่อวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนและหักเหของแสงในไบโอดีเซล ให้ค่าร้อยละของน้ำมันปาล์ม +8.44% ไบโอดีเซลกับสบู่ +10.67% ไบโอดีเซลกับกลีเซอรอล +21.11% ไบโอดีเซลกับน้ำ +7.56% และไบโอดีเซลบริสุทธิ์ -4.67% เมื่อเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้ามาตรฐาน 1.5 V. ที่ตั้งไว้ สังเกตเห็นได้ว่าไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์จะดูดกลืนแสงไว้ส่วนหนึ่งจึงให้ผลเป็นลบ ส่วนไบโอดีเซลที่มีของเหลวอื่นผสมอยู่จะดูดกลืนและหักเหแสงตกกระทบแผ่นโซลาร์เซลล์มากขึ้นจึงให้ผลเป็นบวก เครื่องตรวจคุณภาพของไบโอดีเซลสามารถใช้ตรวจสอบคุณภาพของไบโอดีเซลในเบื้องต้นได้ มีต้นทุนการตรวจสอบไบโอดีเซลแต่ละครั้งต่ำ ใช้งานง่ายแปลผลได้รวดเร็วตลอดจนเป็นวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายสามารถนำไปโอดีเซลที่ถูกทดสอบกลับมาใช้ได้

6. ข้อเสนอแนะ

- ควรศึกษาถึงการนำโฟโตไดโอดมาใช้เป็น Detector แทนการใช้แผ่นโซลาร์เซลล์ ซึ่งจะช่วยลดค่าที่แกว่งไปมาให้คงที่มากขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนชัย ไพรินทร์ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี วิทยาเขตบางขุนเทียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553, รายชื่อไบโอดีเซลชุมชน [Online], Available: <http://www.dede.go.th> [15 กุมภาพันธ์ 2553].
2. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2553 เอ็มเทคพัฒนาชุดทดสอบยกระดับไบโอดีเซลชุมชน [Online], Available: <http://www.mtec.or.th> [15 กุมภาพันธ์ 2553].
3. ศิริวรรณ ศิลปสกุลสุข, 2550, การควบคุมคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซล [Online], Available: http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/cp_2_2550_biodiesel.pdf [17 มีนาคม 2551].
4. K.S. Tyson and R.L. McCormick, 2006, **Biodiesel Handling and Use Guidelines**, 3rd ed., National Renewable Energy Laboratory, Colorado, pp. 9-31.
5. กรมธุรกิจพลังงานกระทรวงพลังงาน, 2552, ประกาศกรมธุรกิจพลังงานเรื่องกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2552 [Online], Available:http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bers/biodiesel/quality_FAME_2552.pdf [15 กุมภาพันธ์ 2553].
6. กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2549, ประกาศกรมธุรกิจพลังงานเรื่องกำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. 2549 [Online] Available:http://www.dede.go.th/dede/usr/community_biodiesel_2007.pdf [17 มีนาคม 2551].
7. ประกอบ กิจไชยา และวิชุดา ไชยเขตต์, 2548, “การวิเคราะห์หาองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลโดยใช้ Isocratic HPLC”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15, 27-28 ตุลาคม, โรงแรมจอมเทียนปาล์มบีช รีสอร์ท, พัทยา, จ.ชลบุรี.
8. Felizardo, P., Baptista, P., Menezes, J.C., and Neiva Correia, M.J., 2007 “Multivariate near infrared spectroscopy models for predicting methanol and water content in biodiesel”, **Journal of Science Direct**, Vol. 597, pp. 107-113.
9. Baptista, P., Felizardo, P., Menezes, J.C., and Neiva Correia, M.J., 2008 “Multivariate near infrared spectroscopy models for predicting the methyl esters content in biodiesel”, **Journal of Science Direct**, Vol. 607, pp. 153-159.
10. Vande Ven, J.D. and Erdman, A.G., 2006, “Near-Infrared Laser Absorption of Poly (vinyl chloride) at Elevated Temperatures”, **JOURNAL OF VINYL & ADDITIVE TECHNOLOGY**, Vol. 12, No. 4, pp. 166-173.
11. บัญชา พูลโกคา, ม.ป.ป., สเปกโตรสโกปี [Online], Available: http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course_info/.../NMR_adde d.pdf [9 กุมภาพันธ์ 2553].