วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

การพัฒนาเครื่องล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำ

The Development of a Clear and Fat Separator of the Jatropha Oil

ภานุวัฒน์ ทรัพย์ปรุง[1*] และ วรุณทิพย์ ฉัตรจุฑามณี[2]

[1]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ [2]อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดขอนแก่น 40000

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำและทดสอบประเมินความสามารถ เครื่องล้างและแยกไขมันประกอบด้วย ถังวัตถุดิบ ถังปฏิกรณ์ ถังล้างและแยกไขมัน และชุดควบคุม ถังปฏิกรณ์ เส้นผ่านศูนย์กลาง และความจุ 50 cm และ 90L ขดท่อความร้อนไฟฟ้าขนาด3,000 W ใบกวนแบบใบพาย 4 ครีบ ใช้มอเตอร์ขนาด 0.25 HP ความเร็ว 150 rpm หล่อเย็นด้วยขดท่อน้ำเย็นสแตนเลสเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 cm ถังล้างและแยกไขมันเส้นผ่านศูนย์กลาง และความจุ 50 cm และ 110 L จากการประเมินความสามารถโดยน้ำมันสบู่ดำเริ่มต้น 40 L มีความหนืดและจุดวาบไฟคือ 42.66 cP และ 240°C ผ่านกระบวนการเอสเทอริฟิเคชั่นในถังปฏิกรณ์ที่อุณหภูมิ 60°C ที่ความเร็วใบกวน 150 rpm เวลา 60 min. ล้างน้ำ 5 ครั้งอัตราส่วนน้ำกับน้ำมันคือ 1 : 2 ใช้เวลาครั้งละ 20 min แล้วทำการต้มเพื่อขจัดน้ำเวลา 60 min นำน้ำมันที่ได้ไปทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 60 min และตกตะกอนกลีเซอรีนเป็นเวลา90 min แล้วทำการล้างน้ำและต้มเพื่อขจัดน้ำออก เมื่อสิ้นสุดกระบวนการแล้วได้น้ำมัน 25 L และกลีเซอรีน 15 L ค่าความหนืด และจุดวาบไฟคือ 42.16 cP และ 150°C และสีของน้ำมันเปลี่ยนเป็นสีเหลืองใส มูลค่าเครื่อง 39,690 บาทและมีระยะเวลาคืนทุน 75 วัน

Abstract

This research objectives are to develop a clear and fat separator of the Jatropha oil and to evaluate the performance. A machine consisted raw materials tank, reactor, clear and separated tank and control set. The reactor has diameter and the capacity of 50 cm and 90L and heated by electrical heater (3000 W). Flat blade agitator is driven by 0.25 HP of motor with 150 rpm and cooled by the water tube coil in diameter of 2.5 cm inside reactor tank. The clear and fat separated tank has a diameter and the capacity of 50 cm and 110L. From the evaluation of the machine performance, raw jatropha oil (40 L) properties are viscosity and flash point of 42.66 cP and 240°C. After esterification process at temperature of 60°C at 150 rpm agitation for 60 min washed five times with water oil ratio is 1: 2 at a time for 20 min and then boiled to remove water for 60 min. The oil is reacted in tranesterification process at temperature of 60°C, 150 rpm for 60 min and precipitated glycerol for 90 min and then washed and boiled to remove water. The products are glycerin (15 L) and ester oil (25 L) with the viscosity and flash point are 42.16 cP and 150°C and the color changed to clear yellow. The machine cost is 39,690 THB. and payback period is 75 days

คำสำคัญ : เครื่องล้างและแยกไขมัน น้ำมันสบู่ดำ

Keywords : Clear and fat separator, Jatropha oil

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ panuwatphd1@yahoo.com โทร. 08 9861 7415

1. บทนำ

ความต้องการและราคาที่เพิ่มขึ้นของเชื้อเพลิงปิโตรเลียมและสภาวะโลกร้อนจากการใช้พลังงานปิโตรเลียม ผลักดันให้มีการแสวงหาพลังงานเชื้อเพลิงทดแทนโดยเฉพาะเชื้อเพลิงจากพืช(vegetable oil) (Zhang, et al. 2010, Ramachandran, et al. 2013) และไบโอดีเซล (biodiesel) จากน้ำมันสบู่ดำ (Tiwari, et al. 2007, Vyas, et al. 2009, Juan, et al. 2011, Ko, et al. 2012, Kay and Yasin 2012) สบู่ดำ (Purging Nut หรือ Physic nut) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha curcas L.* วงศ์ *Euphorbiaceae* ในประเทศไทยการปลูกสบู่ดำมีจุดประสงค์เพื่อเป็นแนวรั้วของสวนป้องกันสัตว์ เป็นไม้ยืนต้นซึ่งพบว่าสามารถมีอายุยืนยาวได้กว่า 50 ปี มีลักษณะเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตเร็ว ปลูกง่าย โตเร็ว และให้ผลผลิตค่อยข้างเร็วเมล็ดสบู่ดำสามารถนำมาสกัดน้ำมันได้โดยการนำมาบีบอัดน้ำมันสบู่ดำที่บีบอัดได้ มีคุณสมบัติคล้ายน้ำมันดีเซล เนื้อในเมล็ดสีขาวเรียกว่า albumen หรือ kemel มีประมาณ60-80% ของน้ำหนักเมล็ด น้ำหนักแห้ง 4 กิโลกรัม บีบน้ำมันได้ 1 ลิตร ได้กาก สบู่ดำ 2.5 กิโลกรัม ในพื้นที่ 1 ไร่ หากดูแลมีการจัดการที่ดีและเจริญเติบโตเต็มที่อายุ 2 ปี จะให้ผลผลิตสูงถึง 3200 กิโลกรัม (2 กิโลกรัมต่อต้น) ในสภาพปกติจะให้ผลผลิต 200-500 กิโลกรัม สามารถเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงหรือเป็นพลังงานทดแทนให้แสงสว่าง ทำน้ำมันหล่อลื่น เทียนไข สบู่ และใช้ในอุตสาหกรรมท่อผ้า กากเมล็ดที่สกัดเอาน้ำมันออกแล้วมีเปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารไนโตเจนและฟอสฟอรัสสูง (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดเพชรบุรี, 2547)

น้ำมันสบู่ดำที่ได้จากการบีบอัดมีค่าความถ่วงจำเพาะ ความหนืด และค่าความร้อน คือ 0.92 36.9 เซนติพอยส์ และ 39,000 กิโลจูลล์/กิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันดีเซลจะมีค่าความถ่วงจำเพาะ การระเหย ความหนืด และค่าความร้อน 0.82-0.84 3.8 เซนติพอยส์ และ46,800 กิโลจูลล์/กิโลกรัม ตามลำดับ น้ำมันที่สกัดจากพืชส่วนมากมีข้อดีคือปราศจากสารพวกกำมะถันและตะกั่ว เมื่อมีการเผาไหม้แล้วจึงไม่มีควันพิษ (ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรเพชรบุรี, 2547) Martin, 2002 รายงานผลเกี่ยวกับการทดสอบของน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วในประเทศออตเตรีย พบว่า สามารถนำน้ำมันพืชใช้แล้วมาผลิตน้ำมันดีเซลได้จนถึง 100 เปอร์เซนต์ ไบโอดีเซล โดยมีกระบวนการทางเคมีทำให้น้ำมันพืชใช้แล้วบริสุทธิ์ โดยใช้เมททิลแอลกอฮอล์ (เมทานอล) และสามารถผลิตน้ำมันไบโอดีเซลที่มีคุณภาพได้มาตรฐานตามมาตรฐานน้ำมันดีเซล E-DIN 51606 ซึ่งมีค่าคุณสมบัติได้แก่ค่าความหนาแน่น ค่าจุดวาบไฟ ค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำ ปริมาณซัลไฟต์ ค่าคงที่การออกซิเดชั่น ปริมาณเมทานอล ปริมาณเอสเตอร์ เป็นต้น สำหรับน้ำมันสบู่ดำจะมีความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส 940 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และมีจุดวาบไฟ (flash point) 225 องศาเซลเซียส (Tiwari, et al. 2007) ความหนืด 38.12 เซนติสโตรก (cSt) น้ำหนักโมเลกุล 870 ความชื้น 0.161 เปอร์เซ็นต์ และ ปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) 10.5 เปอร์เซ็นต์ (Badday, et al. 2013)

น้ำมันสบู่ดำที่สกัดได้จะสามารถนำไปใช้กับเครื่องจักรกลทางการเกษตรที่เป็นเครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำได้ เช่น เครื่องปั่นไฟ รถอีแต๋น รถแทรกเตอร์ หรือเครื่องสูบน้ำได้โดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ แต่มีปัญหาด้านคุณภาพ เช่น การมียางเหนียว ค่าความหนืดที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลถึง10 เท่า ทำให้ไม่สามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลรอบสูงทั่วไปได้ จำเป็นต้องนำไปผ่านกระบวนการเอสเตอริฟิเคชั่นและหรือทรานเอสเตอริฟิเคชัน (Vyas, et al. 2009, Jupesta 2012, Ko, et al. 2012, Kouame, et al. 2012, Jairurob, et al. 2013, Ramachandran, et al. 2013) แปลงเป็นไบโอดีเซล ก่อนนำไปผสมกับน้ำมันดีเซลปกติเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงดีเซลรอบสูงทั่วไปได้

การทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นจะทำหน้าที่เปลี่ยนกรดไขมันอิสระให้เป็นไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งจะทำให้น้ำมันสบู่ดำมีกรดไขมันอิสระไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์ ทำโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นกรด โดยทั่วไปนิยมใช้กรดซัลฟูริก (sulfuric acid) หลังจากทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันแล้วเข้าสู่การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น โดยการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์เป็นเมทิลเอสเตอร์หรือไบโอดีเซล ซึ่งใช้สภาวะในกระบวนการทำปฏิกิริยา คือ อุณหภูมิที่ 70 ถึง 95 องศาเซลเซียสใช้เมทานอลผสมกรดซัลฟิวริกต่อน้ำมัน ในสัดส่วน 1 : 5 โดยน้ำหนัก ความดันบรรยากาศ ใช้เวลาทำปฏิกิริยานาน 60 ถึง 120 นาที (วิโรจน์ และคณะ, 2551)

อย่างไรก็ตามในระดับชุมชนหรือครัวเรือนยังขาดความรู้ ความเข้าใจในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่มีคุณภาพจากน้ำมันสบู่ดำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขาดแคลนเครื่องมือ อุปกรณ์ผลิตไบโอดีเซลดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อพัฒนาเครื่อง และกระบวนการล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำ ทดสอบ ประเมินความสามารถและความคุ้มค่าทางศรษฐศาสตร์

2. วิธีการทดลอง

2.1 การออกแบบและสร้างเครื่องล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำ

2.1.1 การออกแบบโครงสร้าง การออกแบบโครงสร้างทำจากวัสดุที่สามารถเชื่อมประกอบขึ้นรูปได้ง่าย สามารถรับน้ำหนักน้ำมันสบู่ดำได้

2.1.2 การออกแบบถังปฏิกรณ์ ในการออกแบบต้องการถังที่มีปริมาตร 90 ลิตรเพื่อรองรับน้ำมันสบู่ดำ 65 ลิตร และเมทานอล 16 ลิตร วัสดุที่ใช้ทำถังต้องไม่เป็นสนิมและทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี สามารถรับน้ำหนักของน้ำมันสบู่ดำได้

2.1.3 การออกแบบใบกวน เพลาใบกวนต้องเชื่อมต่อกับแกนของมอเตอร์พอเหมาะใบพัดต้องมีขนาดของความยาวที่เหมาะสมโดยยาวไม่เกิน 30 – 50 เปอร์เซ็นต์ของเส้นผ่านศูนย์กลางของถังปฏิกรณ์หมุนด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที วัสดุที่ใช้ต้องทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีที่ใช้ทำปฏิกิริยา

2.1.4 การออกแบบถังล้างและแยกไขมัน ในการออกแบบเพื่อต้องการจะให้ถังมีปริมาตร 110 ลิตร เพื่อรองรับน้ำมันสบู่ดำและน้ำในกระบวนการล้างและแยกไขมัน วัสดุที่ใช้ทำถังต้องไม่เป็นสนิมทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ถังล้างและแยกมีช่องมองกระจกใสเพื่อสังเกตุการแยกชั้นของไขมัน

2.2 การทดสอบและประเมินความสามารถในการทำงานของเครื่องมีขั้นตอนดังนี้

2.2.1 การหาค่าเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิใช้งานจาก 29 ถึง 110 องศาเซลเซียส ในการต้มน้ำมันสบู่ดำในถังปฏิกรณ์และเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ได้จากเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ และหาค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 3 ครั้ง

2.2.2 การหาค่าการใช้พลังงานของเครื่องล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำ บันทึกผลค่าพลังงานจากมิเตอร์ไฟฟ้าทุกช่วงการทำงานตลอดกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 1.และหาค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 3 ครั้ง

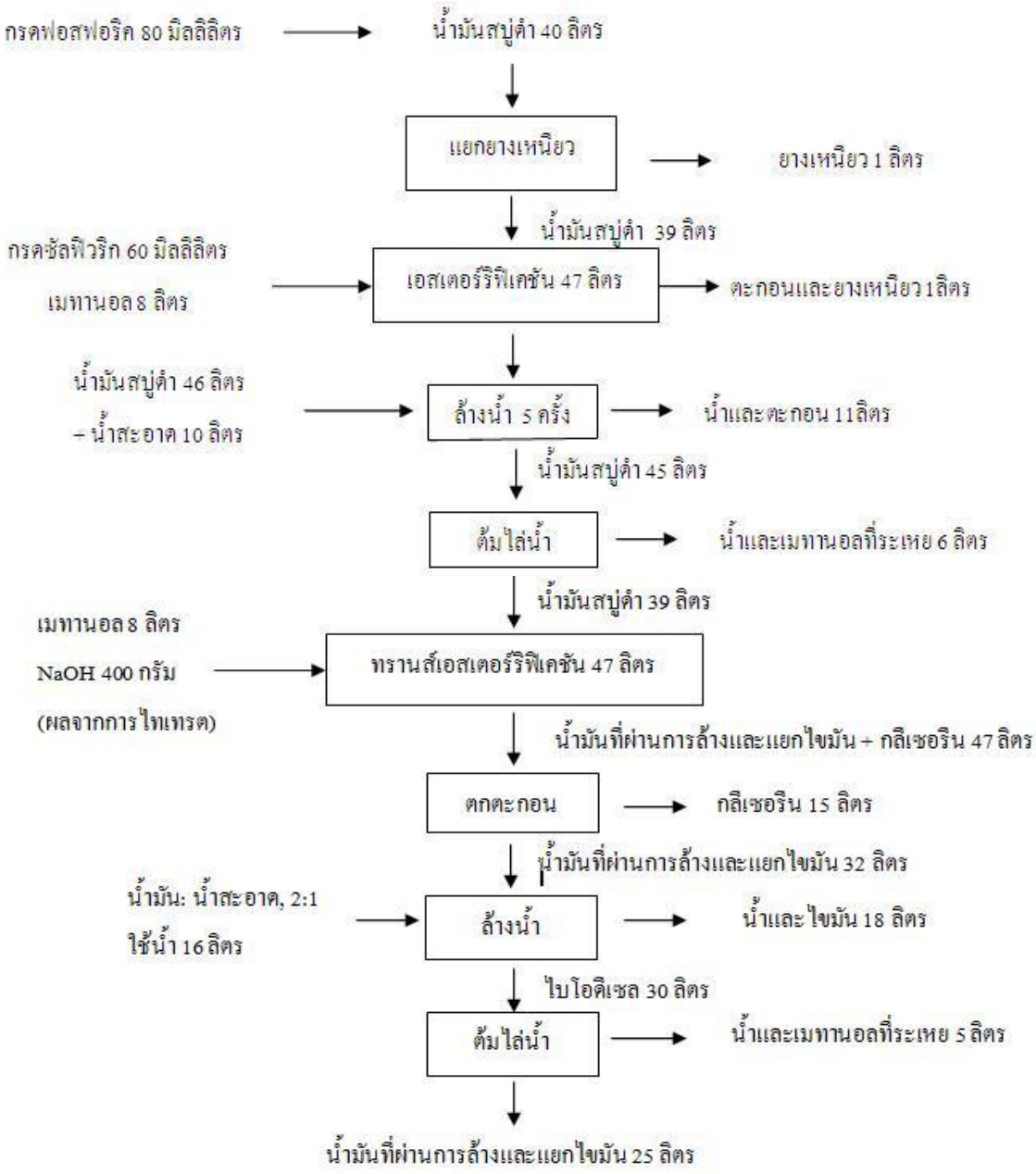
2.2.3 การหาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันสบู่ดำก่อนและหลังทำปฏิกิริยา

2.2.3.1 การหาค่าสีของน้ำมันสบู่ดำ โดยใช้เครื่อง Tristimulus ระบบHunter แล้ววัดค่าสีของน้ำมันสบู่ดำทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

2.2.3.2 การหาค่าจุดวาบไฟและจุดติดไฟของน้ำมันสบู่ดำโดยใช้เครื่อง PMCC Apparatus ทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

2.2.3.3 การหาค่าความหนืดของน้ำมันสบู่ดำ โดยใช้เครื่อง Brookfield Viscometer ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

2.2.4 การวิเคราะห์หาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ในการประเมินผลของความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่อง มีวัตถุประสงค์เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบและประเมินผลเครื่อง ไปใช้ในการหาจุดคุ้มทุนของเครื่องที่สร้างขึ้นและระยะเวลาคืนทุนของเครื่องล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำ



รูปที่ 1 กระบวนการล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำ

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

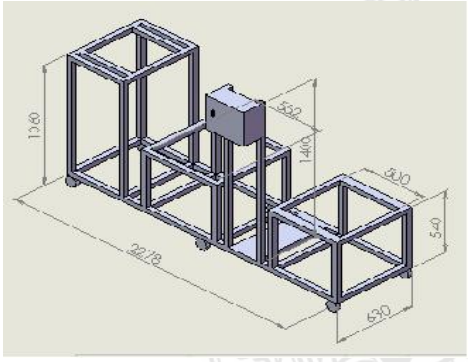
3.1 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำ

เครื่องล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำที่ได้ทำการศึกษาและออกแบบ ดังรูปที่ 2 โดยส่วนประกอบหลัก คือ โครงสร้าง ถังปฏิกรณ์ ถังล้างและแยกไขมัน ถังรับวัตถุดิบ และชุดควบคุม

รูปที่ 2 เครื่องล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำ

3.1.1 ผลการออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างทำจากวัสดุที่สามารถเชื่อมประกอบขึ้นรูปได้ง่าย สามารถรับน้ำหนักน้ำมันสบู่ดำและอุปกรณ์ต่างๆได้ โดยโครงสร้าง มีขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง คือ 630 2,273 1,060 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 3

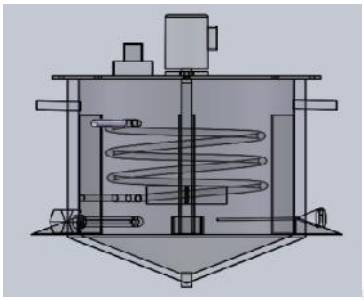


(ก) ภาพลายเส้นโครงสร้าง (ข) โครงสร้างของเครื่อง

รูปที่ 3 โครงสร้างเครื่องล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำ

3.1.2 ผลการออกแบบถังปฏิกรณ์

ในการออกแบบต้องการถังที่มีปริมาตร 90 ลิตรเพื่อรองรับน้ำมันสบู่ดำ 65 ลิตร และเมทานอล 16 ลิตร วัสดุที่ใช้ทำถังต้องไม่เป็นสนิมและทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี สามารถรับน้ำหนักของน้ำมันสบู่ดำได้ โดยใช้สแตนเลส เกรด 304 ถังปฏิกรณ์มีขนาดความกว้าง ความสูง ความหนาและปริมาตร เป็น 500 550 1.2 มิลลิเมตร และ 90 ลิตร ตามลำดับ มีขดท่อสแตนเลสสำหรับหมุนเวียนน้ำหล่อเย็นเพื่อการควบคุมอุณหภูมิการต้มน้ำมันและการทำปฏิกิริยา ติดตั้งท่อความร้อนไฟฟ้า (heater) ขนาดกำลัง 3000 วัตต์พร้อมใบกวนดังรูปที่ 4

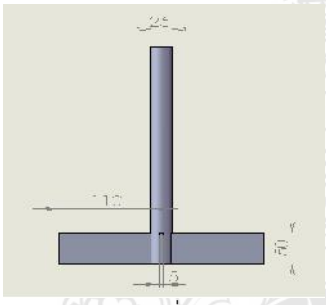

(ก) ลายเส้นถังปฏิกรณ์

(ข) ถังปฏิกรณ์ที่สร้างขึ้น

รูปที่ 4 ถังปฏิกรณ์

3.1.3 ผลการออกแบบใบกวนและเพลาใบกวน

ใบกวนเป็นแบบใบพาย 4 ครีบ ทำจากสแตนเลส มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว และความหนาเป็น 50 110 และ 5 มิลลิเมตรตามลำดับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของเพลา เท่ากับ 25 และ 340 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4 เชื่อมต่อกับแกนของมอเตอร์เกียรขนาด1/4 แรงม้า หมุนด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที

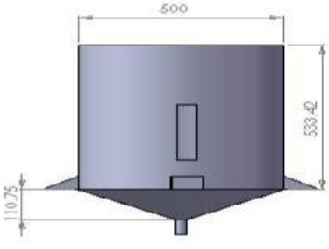

(ก) ใบกวนที่ออกแบบ

(ข) ใบกวนที่สร้างขึ้น

รูปที่ 5 ใบกวน

3.1.4 ผลการออกแบบถังล้างและแยกไขมัน

ถังล้างและแยกไขมัน สร้างจากสแตนเลสเกรด 304 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง ความหนา และปริมาตรเท่ากับ 500 650 1.2 มิลลิเมตร และ110 ลิตร ตามลำดับ ถังล้างและแยกต้องติดกระจกแก้วใสเพื่อการมองเห็นการแยกชั้นของไขมันภายในถัง ดังรูปที่ 6



(ก) ลายเส้นถังล้างและแยกไขมัน

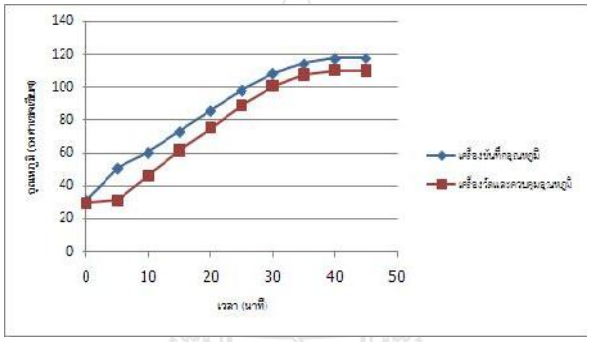
(ข) ถังล้างและแยกไขมัน

รูปที่ 6 ถังล้างและแยกไขมัน

3.2 ผลการทดสอบและประเมินความสามารถในการทำงานของเครื่อง

3.2.1 ผลการหาเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิใช้งานจาก 29 ถึง 110 องศาเซลเซียส

ในการต้มน้ำมันสบู่ดำในถังปฏิกรณ์อุณหภูมิในการต้มคือ 110 องศาเซลเซียส จากการทดสอบความสามารถการเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันสบู่ดำจาก 29 ถึง 110 องศาเซลเซียสและเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ได้จากเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิน้ำมันสบู่ดำเพิ่มขึ้นจาก 29 ถึง 110 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 35-40 นาที อุณหภูมิของเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิที่ถัง กับเครื่องบันทึกอุณหภูมิพบว่าอุณหภูมิจากเครื่องวัดอุณหภูมิทั้ง 2 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน แต่อุณหภูมิที่วัดด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิจะต่ำกว่าประมาณ 10 องศาเซลเซียส ดังในรูปที่ 7.



รูปที่ 7 การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันสบู่ดำด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ 2 แบบ

3.2.2 ผลการหาค่าการใช้พลังงานของเครื่องตลอดกระบวนการล้างและแยกไขมัน

จากการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันใช้แล้ว น้ำมันพืช หรือน้ำมันสบู่ดำจะใช้วิธีทางเคมีได้แก่ กระบวนการเอสเตอริฟิเคชั่น (Jupesta 2012 และ Jairurob, et al. 2013) หรือ ทรานเอสเตอริฟิเคชั่น (Tiwari, et al. 2007, Vyas, et al. 2009, Juan, et al. 2011, Ko, et al. 2012, Kay and Yasin 2012 Ramachandran, et al. 2013) และใช้ทั้งสองกระบวนการโดยใช้กระบวนการเอสเตอริฟิเคชั่น และตามด้วยกระบวนการทรานเอสเตอริฟิเคชั่นซึ่งเหมาะสมกับน้ำมันสบู่ดำเนื่องจากน้ำมันสบู่ดำจะมียางเหนียวและกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) มาก โดยกระบวนการเอสเตอร์ฟิเคชั่นใช้กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ร่วมกับกรดซัลฟูริก(sulfuric acid) และเมทานอล เพื่อแยกยางเหนียวและตะกอน หลังจากล้างด้วยน้ำและแยกน้ำแล้วจะตามด้วยกระบวนการทรานเอสเตอริฟิเคชั่น โดยการทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์และเมทานอลเพื่อแยกไขมันหรือกลีเซอรีนและตะกอนซึ่งสอดคล้องกับวิธีการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันจากเมล็ดพืชจากงานวิจัยของ Zhang, et al. 2010 โดยใช้กระบวนการเอสเตอริฟิเคชั่นและตามด้วยกระบวนการทรานเอสเตอริฟิเคชั่น

จากการวิจัยนี้กระบวนการล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำเป็นกระบวนการเอสเตอร์ฟิเคชั่นตามด้วยกระบวนการทรานเอสเตอริฟิเคชั่น ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆคือต้มไล่น้ำ (อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส) แยกยางเหนียว (อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส) ปฏิกิริยาเอสเตอร์ (อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส) ต้มไล่น้ำ (อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส) ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอร์ (อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส) และต้มไล่น้ำ (อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส) โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละขั้นตอนได้เสนอในตารางที่1

ตารางที่ 1 พลังงานที่ใช้ในการทำงานแต่ละช่วงของเครื่องล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำ

ขั้นตอนการทำงาน	เวลา (นาที)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ ชั่วโมง)
ต้มไล่น้ำ (อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส)	45	18.00±1.45
แยกยางเหนียว (อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส)	60	0.30±0.07
ปฏิกิริยาเอสเตอร์ (อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส)	60	0.30±0.06
ต้มไล่น้ำ (อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส)	45	19.00±1.38
ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอร์ (อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส)	90	0.50±0.12
ต้มไล่น้ำ (อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส)	60	21.00±2.23
รวม	360	59.10±3.64

จากตารางที่ 1 พลังงานที่ใช้ในการทำงานในแต่ช่วงของเครื่องล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำพบว่าปริมาณพลังงานที่ใช้ทั้งหมดเฉลี่ย 59.10±3.64 กิโลวัตต์ ชั่วโมง (kWh) โดยช่วงที่ทำการต้มไล่น้ำเป็นช่วงที่ใช้ปริมาณไฟฟ้ามากที่สุดคือ 18.00±1.45 ถึง 21.00±2.23 กิโลวัตต์ ชั่วโมง เนื่องจากใช้อุณหภูมิสูงและเวลานาน และช่วงที่ทำปฏิกิริยาเป็นช่วงที่ใช้ปริมาณไฟฟ้าน้อยคือ 0.30±0.06 ถึง 0.50±0.12 กิโลวัตต์ ชั่วโมง เพราะเป็นช่วงที่ใช้อุณหภูมิต่ำและคงที่

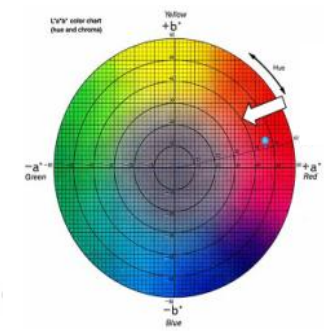
3.2.3 ผลการหาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันสบู่ดำก่อนและหลังทำปฏิกิริยา

การหาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันสบู่ดำก่อนและหลังทำปฏิกิริยาได้แก่ ค่าสี โดยใช้เครื่อง Tristimulus ระบบHunter ค่าจุดวาบไฟโดยใช้เครื่อง PMCC Apparatus และค่าความหนืดของน้ำมันสบู่ดำ โดยใช้เครื่อง Brookfield Viscometer ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2 การหาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันสบู่ดำก่อนและหลังทำปฏิกิริยา

รายการ	ก่อนทำปฏิกิริยา	หลังทำปฏิกิริยา
ความหนืด (เซนติพอยท์, cp)	46.66 ± 0.91	42.16 ± 0.79
จุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส)	240.00 ± 2.51	150.00 ± 2.57
ความสว่าง (L)	48.00 ± 3.11	49.00 ± 4.01
ความเป็นสีแดง (a)	4.20 ± 1.34	3.10 ± 1.14
ความเป็นสีน้ำเงิน (b)	9.30 ± 3.21	8.90 ± 3.51

จากตารางที่ 2 พบว่าความหนืด และจุดวาบไฟของน้ำมันสบู่ดำก่อนทำปฏิกิริยามีค่ามากกว่าหลังทำปฏิกิริยา เพราะในการทำปฏิกิริยาได้มีการเอาไขมันออกจากน้ำมันสบู่ดำทำให้ค่าความหนืดลดลง และในกระบวนการทำปฏิกิริยามีการเติมเมทานอลลงไป จึงทำให้ค่าจุดวาบไฟมีค่าลดลงจาก 240.00 ± 2.51 เป็น 150.00 ± 2.57 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำมันสบู่ดำหลังทำปฏิกิริยามีคุณสมบัติเป็นไบโอดีเซลดีขึ้นสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Tiwari, et al. 2007 และ Vyas, et al. 2009 การจากค่าสีที่วัดได้น้ำมันสบู่ดำหลังทำปฏิกิริยาจะมีสีเหลืองแดง มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น และใสขึ้น เนื่องจากการทำปฏิกิริยาทางเคมี การล้าง และตกตะกอนทำให้แยกยางเหนียวและสารแขวนลอยออกจากน้ำมันได้จึงทำให้น้ำมันใสขึ้นดังรูปที่ 8



สีของน้ำมันที่ผ่านการล้างและแยกไขมัน

(ก) สีของน้ำมันสบู่ดำ (ข) สีของน้ำมันสบู่ดำในระบบ L a b

รูปที่ 8 สีของน้ำมันสบู่ดำหลังทำปฏิกิริยา

3.2.4 ผลการวิเคราะห์หาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ในการประเมินผลของความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่อง โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบและประเมินผลเครื่อง ต้นทุนการสร้างเครื่อง และต้นทุนการดำเนินงานและผลกำไรจากการรับจ้างผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ ไปใช้ในการหาจุดคุ้มทุนของเครื่องที่สร้างขึ้นและระยะเวลาคืนทุนของเครื่องล้างและแยกไขมันจากน้ำมันสบู่ดำ

จากข้อมูลของมูลค่าเครื่อง 39,690 บาท รวมกับค่าเสื่อมราคา 10 เปอร์เซ็นต์ต่อปี รวมกับค่าซ่อมบำรุงเครื่อง 10 เปอร์เซ็นต์ต่อปี รวมค่าใช้จ่ายคงที่เท่ากับ 48,252.92 บาทต่อปี และค่าใช้จ่าย แปรผันต่อปีเท่ากับ 363,345 บาทต่อปี จุดคุ้มทุนคิดจากการนำเครื่องมารับจ้างล้างและแยกไขมันลิตรละ 49.84 บาท เครื่องทำงาน 240 วันต่อปี เครื่องสามารถทำงานได้ 9,840 ลิตรต่อปี กำไร 127,080 บาทต่อปี มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 75 วัน

4. สรุป

เครื่องล้างและแยกไขมันประกอบด้วย ถังวัตถุดิบ ถังปฏิกรณ์ ถังล้างและแยกไขมัน และชุดควบคุม โดยถังปฏิกรณ์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความจุคือ 50 เซนติเมตร และ 90 ลิตร ขดท่อความร้อนไฟฟ้า 3,000 วัตต์ ใบกวนแบบใบพาย 4 ครีบ ใช้มอเตอร์ 0.25 แรงม้า ความเร็วใบกวนคือ 150 รอบต่อนาที ขดท่อน้ำเย็นสแตนเลสเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ถังล้างและแยกไขมันมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความจุคือ 50 เซนติเมตร และ 110 ลิตร การทดสอบกระบวนการน้ำมันสบู่ดำเริ่มต้น 40 ลิตร มีความหนืดและจุดวาบไฟคือ 46.66 เซนติพอยท์ และ 240 องศาเซลเซียส ผ่านกระบวนการเอสเทอริฟิเคชั่นในถังปฏิกรณ์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ล้างน้ำ 5 ครั้ง อัตราส่วนน้ำกับแล้วทำการต้มเพื่อขจัดน้ำ นำน้ำมันที่ได้ไปทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และตกตะกอนกลีเซอรีน แล้วทำการล้างน้ำและต้มเพื่อขจัดน้ำสิ้นสุดกระบวนการแล้วได้น้ำมัน 25 ลิตร และกลีเซอรีน 15 ลิตร ค่าความหนืด และจุดวาบไฟคือ 42.16 เซนติพอยท์ และ150 องศาเซลเซียส สีของน้ำมันเปลี่ยนจากสีเหลืองเข้มเป็นสีเหลืองใส ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าคือ 59.10 กิโลวัตต์ ชั่วโมง มูลค่าเครื่อง 39,690 บาท เมื่อนำเครื่องไปรับจ้างล้างและแยกไขมันในราคา 49.84 บาทต่อลิตร จะมีระยะเวลาคืนทุน 75 วัน

5. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น โดยเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และการใช้ประโยชน์สบู่ดำ และได้รับการอนุเคราะห์เมล็ดสบู่ดำจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรท่าพระ จังหวัดขอนแก่น และเครื่องอัดน้ำมันสบู่ดำจากศูนย์ปฏิบัติการเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ผู้เขียนจึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

6. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.2548. **ความรู้ทั่วไปของสบู่ดำ.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก http://aopdm01.doae .go.th/data/physicnut21.htm

วิโรจน์ พุทธวิถี และคณะ.2551.**รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาและจัดทำเครื่องต้นแบบ ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ**. สมุทรสาคร. ห้างหุ้นส่วนจำกัด วอเตอร์แปซิฟิก

ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดเพชรบุรี, 2547. **สบู่ดำพืชทดแทนน้ำมันดีเซล กระทรวงเกษตรและสหกรณ์**. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จากhttp://www.wdoae.doae.go.th/article41.htm

Badday, A. S., A. Z. Abdullah and K. T. Lee. 2013. **Ultrasound assisted transesterification of crude jatropha oil using alumina supported heteropolyacid catalyst**. Applied Energy. Vol. 105. pp. 380-388.

Jairurob, P., C. Phalakornkule, A. Na-udom and A. Petiraksakul. 2013. **Reactive extraction of after-stripping sterilized palm fruit to biodiesel.** Fuel, Vol. 107, pp. 282-289.

Juan, J. C., D. A. Kartika, T. Y. Wu and T. Y. Y. Hin. 2011. **Biodiesel production from jatropha oil by catalytic and non-catalytic approaches: An overview**. Bioresource Technology. Vol. 102. pp. 452-460.

Jupesta, J. 2012. **Modeling technological changes in the biofuel production system in Indonesia**. Applied Energy, Vol. 90 (1), pp. 211-217.

Kay, K. H. and S. M. Yasin. 2012. **Biodiesel production from low quality crude jatropha oil using heterogeneous catalyst**. APCBEE Procedia. Vol. 3. pp. 23-27.

Ko, C.H., K. W. Yes, Y. N. Wang, C. H. Wu and F. C. Chang. 2012**. Impact of methanol addition strategy on enzymatic transesterification of jatropha oil for biodiesel processing**. Energy. Vol. 48. pp. 375-379.

Kouame, S. D. B., J. Perez, S. Eser and A. Benesi. 2012. **H-NMR Monitoring of the transesterification process of Jatropha oil. Fuel Processing Technology**. Vol. 97. pp. 60-64.

Krokida. M,, D. Marinos-Kouris and A.S. Mujumda. 2007. **Rotary drying. Handbook of Industrial Drying. Taylor and Francis**. Philadelphia.

Martin M. 2002. **Experience with Biodiesel from Used Frying Oil in Austria**. Karl-Franzens University Graz.

Ramachandran, K., T. Suganya, N. N. Gandhi and S. Renganathan. 2013**. Recent developments for biodiesel production by ultrasonic assist transesterification using different heterogeneous catalyst: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Vol. 22. pp. 410-418.

Thiault, J., P. I. Aivarez, R. Blasoo and R. Vega. 2010. **Modeling the mean residence time in a rotary dryer for various types of solids**. Drying Technology, Vol. 28, pp. 1136-1141.

Tiwari, A. K., A. Kumar and H. Raheman. 2007. **Biodiesel production from jatropha oil (*Jatropha curcas*) with high free fatty acids: An optimized process**. Biomass and Bioenergy. Vol. 31 pp. 569-575.

Vyas, A. P., N. Subrahmanyam and P. A. Patel. 2009. **Production of biodiesel through transesterification of jatropha oil using KNO_3/Al_2O_3 solid catalyst**. Fuel. Vol. 88. pp. 625-628.

Zhang, J., S. Chen, R. Yang and Y. Yan. 2010. **Biodiesel production from vegetable oil using heterogenous acid and alkali catalyst**. Fuel. Vol. 89. pp. 2939-2944.