กระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำ

The Bio-diesel Process by Using Low-Pressure Humidity Reducing Machine

อดุลย์ พัฒนภักดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: adual.pa@spu.ac.th

วิทยา พันธ์เจริญศิลป์

อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: vittaya.pa@spu.ac.th

เผชิญ จันทร์สา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: pachern.ja@spu.ac.th

บทคัดย่อ

ขั้นตอนในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วโดยทั่วไปประกอบด้วย การกรองน้ำมันพืชใช้แล้ว การปรับสภาพน้ำมันพืชใช้แล้วโดยใช้ความร้อน การทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน การแยกกลีเซอรีน การทำความสะอาดด้วยน้ำ และการลดความชื้นโดยใช้ความร้อน

บทความนี้ทำการศึกษาเวลาที่ใช้ในกระบวนลดความชื้นโดยใช้ความร้อนภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศ เปรียบเทียบกับกระบวนการลดความชื้นภายใต้สภาวะความดันสุญญากาศ โดยใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำ จากการทดสอบสำหรับการผลิตไบโอดีเซล 50 ลิตร พบว่ากระบวนการลดความชื้นโดยใช้ความร้อนภายใต้สภาวะความดันสุญญากาศโดยใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำใช้เวลาเฉลี่ย 53 นาที ส่วนกระบวนการลดความชื้นของน้ำมันไบโอดีเซลที่สภาวะความดันบรรยากาศ ใช้เวลาเฉลี่ย 83 นาที นอกจากนั้นเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลรวมทุกกระบวนการ พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่ใช้กระบวนการลดความชื้นโดยใช้ความร้อนภายใต้สภาวะความดันสุญญากาศ มีค่าลดลง 16.45 %

คำสำคัญ: ทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน ไบโอดีเซล น้ำมันพืชใช้แล้ว ความดันสุญญากาศ

ABSTRACT

A biodiesel processes from waste cooking oil are consist of a filtration process, a heat treatment of waste cooking oil process, a trans-esterification reaction process, a glycerin-biodiesel separation process, a water cleaning process, and a heat treatment of a biodiesel process.

A comparison of an using time between a heat treatment of a biodiesel process at the atmospheric pressure and a heat treatment of a biodiesel process at the vacuum pressure by using a low pressure humidity reducing machine was investigated. From the experiments, the using time for a heat treatment of a biodiesel process at the vacuum pressure by using a low pressure humidity reducing machine was 53 minutes. And also, the using time for a heat treatment of a biodiesel process at atmospheric pressure was 83 minutes. Moreover, the electrical power was decreasing about 16.45 %, for 50 liters biodiesel process with a heat treatment of a biodiesel process at vacuum pressure by using a low pressure humidity reducing machine.

KEYWORDS: Trans-esterification, Biodiesel, Waste Cooking Oil, Vacuum Pressure

1. บทนำ

ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่สามารถผลิตได้จากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ และสามารถใช้ทดแทนน้ำมันปิโตรดีเซล สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลได้ (นุภาพ แย้มไตรพัฒน์, 2550) น้ำมันไบโอดีเซลที่นิยมผลิตในปัจจุบันเป็นไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ ซึ่งได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันระหว่างน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์กับแอลกอฮอล์ (เมทานอลหรือเอทานอล) ได้ผลลัพธ์เป็นไบโอดีเซลและกลีเซอรีน ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 แสดงปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

ในบทความนี้จะกล่าวถึงการลดเวลาในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซลสำหรับชุมชน เนื่องจากราคาไม่แพงและ เป็นการสร้างทางเลือกที่เหมาะสมในการกำจัดน้ำมันพืชใช้แล้วจากครัวเรือน (ชินนทัต สินประเสริฐโชคและ เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ, 2559)

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วจะเริ่มจากการปรับสภาพน้ำมันพืชใช้แล้วโดยการกรองเพื่อนำสิ่งปนเปื้อนออก และไล่ความชื้น ต่อจากนั้นจึงนำมาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน ที่อุณหภูมิ 60องศาเซลเซียส โดยผสมน้ำมันพืชใช้แล้วกับแอลกอฮอล์และตัวเร่งปฏิกิริยา (โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์) หลังจากผ่านกระบวนการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแล้ว จะได้น้ำมันไบโอดีเซลและกลีเซอรีน เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกลีเซอรีนแยกชั้นออกจากชั้นน้ำมันไบโอดีเซล ก็ทำการแยกกลีเซอรีนออก แล้วจึงนำน้ำมันไบโอดีเซลเข้าสู่กระบวนการล้างน้ำและลดความชื้นเพื่อปรับคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลให้สามารถใช้งานได้ตามเกณฑ์มาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชน ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน

การลดความชื้นเพื่อปรับคุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลสามารถกระทำได้หลายวิธี (Lee K. -T., Foglia T., and Chang K.-S., 2002) เช่นการใช้ตัวดูดซับ (Absorbent) การใช้ไอน้ำร่วมกับการพักน้ำมัน (Steam and sedimentation treatment)ฯ แต่วิธีที่ได้รับความนิยมคือการระเหยน้ำออกจากน้ำมัน โดยการเพิ่มอุณหภูมิให้มีค่าสูงกว่าจุดเดือดปกติของน้ำ แต่อย่างไรก็ตามจุดเดือดของน้ำก็มีค่าแปรเปลี่ยนไปกับความดัน โดยที่จุดเดือดของน้ำจะมีค่าต่ำกว่าจุดเดือดปกติที่ความดันต่ำ ใบบทความนี้จึงทำการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในกระบวนการลดความชื้นที่ความดันบรรยากาศ เปรียบเทียบกับกรณีที่อยู่ในสภาวะความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ

2. วัตถุประสงค์

(1) เพื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในกระบวนการของการผลิตไบโอดีเซลที่ใช้กระบวนการลดความชื้นที่ความดันบรรยากาศ กับกระบวนการลดความชื้นที่มีเครื่องดูดความชื้นความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ

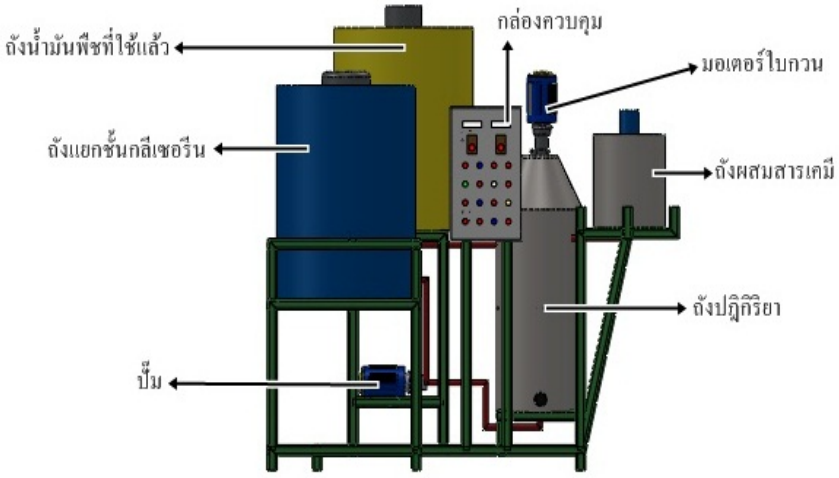
(2) เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้สำหรับชุมชนหรือวิสาหกิจชุมชนที่มีการผลิตไบโอดีเซล

3. อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้และวิธีการทดสอบ

3.1อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.1 เครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

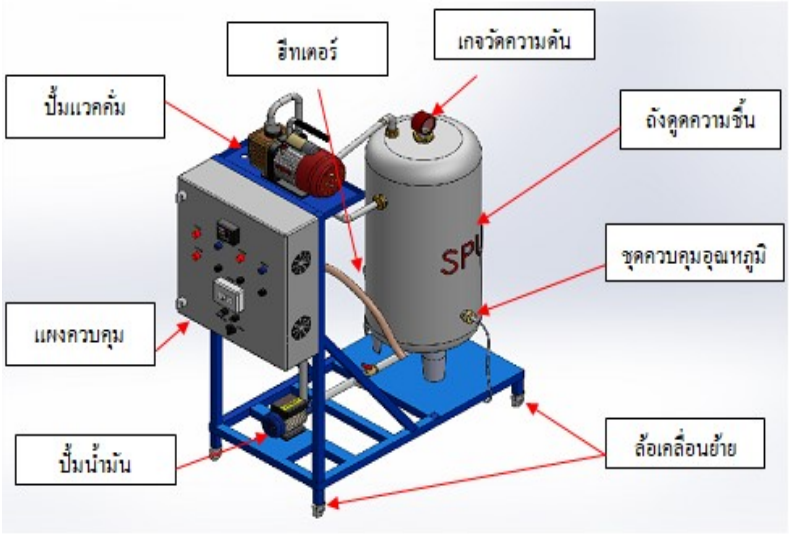
เครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วที่จัดสร้างขึ้นเป็นเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญคือถังน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว ถังผสมสารเคมี ถังปฏิกิริยาพร้อมมอเตอร์ใบกวน ถังแยกชั้นกลีเซอรีน และกล่องควบคุม ทั้งนี้เครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วสามารถใช้ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วครั้งละ 50 ลิตร



รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

3.1.2 เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำ

เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำ ที่จัดสร้างขึ้น มีส่วนประกอบที่สำคัญ ประกอบด้วย ถังดูดความชื้น ปั๊มน้ำมัน ปั๊มแวคคัม ฮีทเตอร์ เกจวัดความดัน ชุดควบคุมอุณหภูมิ และแผงควบคุมดังแสดงในรูปที่3 โดยมีหลักการทำงานดังนี้ ปั๊มน้ำมันจะทำการดูดน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านขบวนการล้างน้ำแล้วเข้าสู่ถังดูดความชื้น ฮีทเตอร์จะทำหน้าที่ให้ความร้อนกับน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อให้น้ำที่ผสมอยู่ระเหยออก โดยมีชุดควบคุมอุณหภูมิทำหน้าที่ตัดต่อการทำงานของฮีทเตอร์ ส่วนปั๊มแวคคัม จะทำหน้าที่ลดความดันในถังดูดความชื้นเพื่อเร่งการระเหยตัวของน้ำที่ผสมอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซล



รูปที่ 3 แสดงส่วนประกอบเครื่องดูดความชื้นความดันต่ำ

3.2วิธีการทดสอบ

สำหรับขั้นตอนในการผลิตไบโอดีเซลมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การเตรียมน้ำมัน

เนื่องจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วจะมีเศษอาหารหรือสิ่งปนเปื้อนติดมาด้วยและยังมีความชื้นอยู่ จึงต้องทำการกรอง น้ำมันพืช เพื่อกำจัดเศษอาหารหรือสิ่งปนเปื้อนออกจากน้ำมัน ต่อจากนั้นจึงนำน้ำมันที่ผ่านการกรองแล้วจำนวน 50 ลิตรมาให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 60 นาที (อ้างอิงตามคู่มือการผลิตไบโอดีเซลชุมชน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน) เพื่อไล่ความชื้นออกจากน้ำมัน (ในขบวนการไล่น้ำนี้จะมีการเปิดมอเตอร์กวนน้ำมันพืชทุก 10 นาที โดยเปิดมอเตอร์ครั้งละ 1 นาที เพื่อให้อุณหภูมิน้ำมันในถังมีค่าสม่ำเสมอกัน)

3.2.2 การปรับสภาพน้ำมัน

ปรับลดอุณหภูมิของน้ำมันพืชใช้แล้วในข้อ 3.2.1 ให้เหลืออุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน

3.2.3 การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

ผสมสารเคมีที่ประกอบไปด้วยเมทานอล 25% (12.5 ลิตรต่อน้ำมันพืชใช้แล้ว 50 ลิตร) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 กรัม ต่อน้ำมันพืชใช้แล้ว 1 ลิตร(0.3 กิโลกรัมต่อน้ำมันพืชใช้แล้ว 50 ลิตร) เพื่อทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่อุณหภูมิ 60องศาเซลเซียส (.ใช้เวลาประมาณ 30 นาทีสำหรับน้ำมันพืชใช้แล้ว 50 ลิตร)

3.2.4 การแยกกลีเซอรีน

นำน้ำมันที่ผ่านการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแล้ว ทิ้งไว้จนชั้นน้ำมันไบโอดีเซลและกลีเซอรีนแยกตัวออกจากกัน จึงทำการแยกกลีเซอรีนออกจากน้ำมันไบโอดีเซล

3.2.5 การล้างน้ำ

ฉีดสเปรย์น้ำผสมเข้าไปในน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากขั้นตอน 3.2.4 แล้วปล่อยให้น้ำกับน้ำมันไบโอดีเซลแยกออกจากกันแล้วจึงปล่อยน้ำที่แยกตัวออกมาทิ้งไป ครั้งแรกน้ำที่ปล่อยทิ้งจะมีลักษณะขาวขุ่น เมื่อดำเนินการฉีดสเปรย์น้ำในครั้งที่สองน้ำก็จะใสขึ้น ให้ดำเนินการทำซ้ำจนสีของน้ำที่ปล่อยทิ้งมีลักษณะใสเหมือนน้ำปกติ (โดยทั่วไปจะดำเนินการล้างน้ำประมาณ 3-4 ครั้ง)

3.2.6 การลดความชื้นด้วยความร้อน

นำน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างน้ำในข้อ 3.2.5 แล้วมาทำการลดความชื้นโดยการให้ความร้อนแก่น้ำมันไบโอดีเซลเพื่อให้น้ำที่ผสมอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลระเหยแยกตัวออกไป โดยทำการทดสอบสองรูปแบบ โดยรูปแบบแรกเป็นการให้ความร้อนแก่น้ำมันไบโอดีเซลเพื่อให้น้ำระเหยออกที่ความดันบรรยากาศและรูปแบบที่สองเป็นการให้ความร้อนแก่น้ำมันไบโอดีเซล เพื่อให้น้ำระเหยออกโดยใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำ เพื่อทำการเปรียบเทียบระยะเวลาและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการลดความชื้นทั้งสองแบบ

4. ผลการทดสอบ

ในการทดสอบเก็บข้อมูลจะทำการผลิตไบโอดีเซลในขั้นตอนที่ 3.2.1-3.2.5 (การเตรียมน้ำมัน การปรับสภาพน้ำมัน การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน การแยกกลีเซอรีน การล้างน้ำ) ในรูปแบบเดียวกันแล้วนำ

น้ำมันไบโอดีเซลที่ได้แบ่งเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งนำไปลดความชื้นภายใต้ความดันบรรยากาศ ส่วนที่สองนำไปลดความชื้นโดยใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำ โดยทำการทดสอบจำนวน 3 ครั้ง ได้ผลการทดสอบดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1-3

ตารางที่1.แสดงค่าพลังงานและระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล 1 รอบการผลิต 50 ลิตร

ขั้นตอน	อุปกรณ์	กำลังไฟฟ้า (w)	เวลาใช้งาน (นาที)	kW.h	เวลารวม (นาที)
การเตรียมน้ำมัน	ปั๊ม	375	10	0.0625	90
	ฮีทเตอร์	3000	60	3.0000	
	มอเตอร์	32	6	0.0032	
การปรับสภาพน้ำมัน	-	-	-	-	30
การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน	ฮีทเตอร์	3000	30	1.5000	30
	ปั๊ม	375	30	0.1875	
การแยกกลีเซอรีน	-	-	-	-	180
การล้างน้ำ	-	-	-	-	30
รวม				4.7532	360

พิจารณาจากตารางที่ 1 สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล 1 รอบการผลิตจำนวน 50 ลิตรขั้นตอนที่ 3.2.1-3.2.5 (การเตรียมน้ำมัน การปรับสภาพน้ำมัน การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน การแยกกลีเซอรีน การล้างน้ำ) มีการใช้พลังงานรวม 4.7532 kW-h และใช้ระยะเวลาในการผลิตรวม 360 นาที (6 ชั่วโมง)

ตารางที่2.แสดงระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการลดความชื้น

ขั้นตอน	การทดสอบ ครั้งที่ 1	การทดสอบ ครั้งที่ 2	การทดสอบ ครั้งที่ 3	เวลาเฉลี่ย
การลดความชื้นแบบถังเปิด ที่ความดันบรรยากาศ	80 นาที	85 นาที	84 นาที	83 นาที
การลดความชื้นโดยใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำกว่าบรรยากาศ	50 นาที	53 นาที	56 นาที	53 นาที

พิจารณาจากตารางที่ 2 สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลขั้นตอนที่3.2.6 การลดความชื้นด้วยความร้อน เมื่อทำการการลดความชื้นแบบถังเปิดที่ความดันบรรยากาศจะใช้เวลาเฉลี่ยในการลดความชื้นเป็นเวลา 83 นาที และเมื่อทำการลดความชื้นโดยใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำกว่าบรรยากาศจะใช้เวลาเฉลี่ยในการลดความชื้นเป็นเวลา 53 นาที

ตารางที่3.แสดงค่าพลังงานเฉลี่ยที่ใช้ในขั้นตอนการลดความชื้น

ขั้นตอน	อุปกรณ์	กำลังไฟฟ้า (w)	เวลาใช้งาน (นาที)	kW.h
การลดความชื้นแบบถังเปิด ที่ความดันบรรยากาศ	ปั๊ม	375	10	0.0625
	ฮีทเตอร์	3000	73	3.6500
การลดความชื้นโดยใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำกว่าบรรยากาศ	ปั๊ม	375	10	0.0625
	ฮีทเตอร์	3000	43	2.1500
	ปั๊มแวคคัม	150	43	0.1075

พิจารณาจากตารางที่ 3 สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลขั้นตอนที่3.2.6 การลดความชื้นด้วยความร้อน เมื่อทำการการลดความชื้นแบบถังเปิดที่ความดันบรรยากาศจะใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 3.7125 kW-h และเมื่อทำการลดความชื้นโดยใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำกว่าบรรยากาศจะใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 2.32 kW-h

5. สรุป

จากข้อมูลผลการทดสอบในตารางที่1-3 สามารถสรุปเวลาเฉลี่ยและพลังงานเฉลี่ยที่ใช้สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล 1 รอบการผลิตจำนวน 50 ลิตร เมื่อทำการการลดความชื้นแบบถังเปิดที่ความดันบรรยากาศและทำการลดความชื้นโดยใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่4.แสดงค่าพลังงานและระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล1 รอบการผลิต 50 ลิตร

กระบวนการผลิต	ระยะเวลาเฉลี่ย (นาที)	พลังงานที่ใช้ (kW.h)
กระบวนการผลิตไบโอดีเซล 1 รอบการผลิต โดยใช้การลดความชื้นแบบถังเปิดที่ความดันบรรยากาศ	443	8.4657
กระบวนการผลิตไบโอดีเซล 1 รอบการผลิต โดยใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำกว่าบรรยากาศ	413	7.0732

พิจารณาจากตารางที่ 4 สำหรับกระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำกว่าบรรยากาศใช้เวลาลดลง 30 นาที หรือคิดเป็นเวลาที่ลดลง 6.77% ของเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต 1 รอบการผลิต ในส่วนของพลังงานที่ใช้สำหรับกระบวนการผลิตไบโอดีโดยใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำกว่าบรรยากาศ มีค่าลดลง 1.3925 kW-h หรือคิดเป็นค่าพลังงานที่ลดลง 16.45% ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต 1 รอบการผลิต

6. ข้อเสนอแนะ

ในการทดสอบในครั้งนี้ทำการทดสอบลดความชื้นโดยใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำกว่าบรรยากาศเฉพาะขั้นตอนที่3.2.6 การลดความชื้นของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างน้ำแล้วเท่านั้น ทั้งนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้เครื่องดูดความชื้นความดันต่ำกว่าบรรยากาศกับขั้นตอนที่3.2.1 การเตรียมน้ำมันได้ด้วย (แต่อย่างไรก็ตามเวลาที่ใช้สำหรับการลดความชื้นสำหรับขั้นตอนที่ 3.2.1 นั้นจะขึ้นอยู่กับสภาพและแหล่งที่มาของน้ำมันพืชใช้แล้ว)

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ได้แก่ นายเกรียงเดช ศรีพิณ นายเฉลิมรัฐ ปาขันแก้ว นายวัชรพงษ์ ถ้ำน้อย, นายยุทธพงศ์ ชัยชิต และนายนพพล อยู่สุขี ที่ช่วยเหลือในการจัดสร้างเครื่องมือทดสอบและเก็บข้อมูลสำหรับการศึกษานี้ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีปทุมที่มีส่วนสนับสนุนการทดสอบและการนำเสนอบทความในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

ชินนทัต สินประเสริฐโชคและ เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ, “น้ำมันพืชใช้แล้ว: วัตถุดิบเพื่อการผลิตไบโอดีเซล” วารสารวิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ Vol29. No97. กรกฎาคม –กันยายน 2559, หน้า1-12

นุภาพ แย้มไตรพัฒน์, ” การศึกษาเชิงทดลองการใช้น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วกับเครื่องยนต์ดีเซล”. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3. 23-25 พฤษภาคม 2550, โรงแรมใบหยกสกาย กรุงเทพมหานคร

Felizardo P., Neiva Correia M. J., Raposo I., Mendes J. F., Berkemeier R., and Bordado J. M., (2006), ”Production of biodiesel from waste fry ing oils”, Waste Management, Vol. 26 No.5, pp 487-494

Lee K. -T., Foglia T., and Chang K.-S., (2002), “Production of alkyl ester as biodiesel from fractionated lard and restaurant grease” Journal of the American Oil Chemists’ Society. Vol. 79. No.2, pp.191-195