

คำนำ (Preface)

รายงานผลการวิจัย เรื่อง “การประยุกต์ใช้หินโคลไลม์ธรรมชาติและกลีเซอรอลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ในทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันสำหรับการสังเคราะห์ไบโอดีเซลภายใต้การฉายรังสีไมโครเวฟ” ฉบับนี้เป็นรายงานฉบับสมบูรณ์ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูล ผลการทดลอง และทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร ประจำปีงบประมาณ 2560

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานผลการวิจัยฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจและหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนเป็นพื้นฐานการวิจัยซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

คณะผู้วิจัย

กรกฎาคม 2562

กิตติกรรมประกาศ
(Acknowledgement)

รายงานผลการวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร ประจำปีงบประมาณ 2560 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่สนับสนุนในการจัดทำโครงการวิจัย เรื่อง “การประยุกต์ใช้หินโดโลไมท์ธรรมชาติและกลีเซอรอลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ในทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันสำหรับการสังเคราะห์ไบโอดีเซลภายใต้การฉายรังสีไมโครเวฟ”

รองศาสตราจารย์ อาชาไนย บัวศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรดา หล่อยืนยง
กรกฎาคม 2562

แบบฟอร์มบทคัดย่อ

ภาษาไทย

ส่วนที่ 1

ชื่อโครงการ...การประยุกต์ใช้หินโดโลไมท์ธรรมชาติและกลีเซอรอลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์
ในทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันสำหรับการสังเคราะห์ไบโอดีเซลภายใต้การฉายรังสีไมโครเวฟ...

ชื่อผู้วิจัย 1. รองศาสตราจารย์ อาชาไนย บัวศรี (หัวหน้าโครงการ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรดา หล่อเย็นง (ผู้ร่วมวิจัย)

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

แหล่งทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2560

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีที่เสร็จ พ.ศ. 2561

ประเภทการวิจัย...การพัฒนาทดลอง...

สาขาวิชา (อ้างอิงตามวช.)...วิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช...วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย...

ส่วนที่ 2 บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันของน้ำมันสบู่ดำกับเมทานอล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดแคลเซียมกลีเซอรอกไซด์ผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์เตรียมจากหินโดโลไมท์สำหรับการใช้ในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลในเครื่องปฏิกรณ์ชนิดไมโครเวฟ ซึ่งหินโดโลไมท์จะถูกบดละเอียดเผาที่อุณหภูมิ 900 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และทำปฏิกิริยาต่อกับเมทานอลกับกลีเซอรอลที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะได้แคลเซียมกลีเซอรอกไซด์ผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ เครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด เครื่องวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน และเครื่องวัดพื้นที่ผิวและรูพรุน โดยทำการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่ทำการสังเคราะห์ขึ้น เช่น เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา กำลังไฟฟ้าของเตาไมโครเวฟ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างแอลกอฮอล์กับน้ำมัน และปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลสูงที่สุดเท่ากับ 98.97% สำหรับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดแคลเซียมกลีเซอรอกไซด์ผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม (เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 3 นาที กำลังไฟฟ้าของเตาไมโครเวฟ 600 W อัตราส่วนโดยโมลระหว่างแอลกอฮอล์กับน้ำมัน 12:1 และปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา 3 wt%) จากผลการทดลองสามารถยืนยันได้ว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ขึ้นมาจากหินโดโลไมท์ จะมีประสิทธิภาพที่สูงเหมาะต่อการนำไปใช้ในการทำทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันของน้ำมันสบู่ดำในเครื่องปฏิกรณ์ชนิดไมโครเวฟ นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลที่ผลิตได้อีกด้วย

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล; น้ำมันสบู่ดำ; หินโดโลไมท์; เครื่องปฏิกรณ์ไมโครเวฟ

ภาษาอังกฤษ

ส่วนที่ 1

Research Title...The Application of Natural Dolomite Rock and Glycerol as a Heterogeneous Catalyst in Transesterification for Biodiesel Synthesis under Microwave Irradiation...

Researcher 1. Associate Professor Achanai Buasri (Project Leader)

Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

2. Assistant Professor Dr. Vorrada Loryuenyong (Co-Researcher)

Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

Research Grants Fiscal Year 2017

Research and Development Institute, Silpakorn University

Year of completion 2018

Type of research...experimental development...

Subjects (based NRCT)...Chemical Science and Pharmacy...Engineering and Industrial Research...

ส่วนที่ 2

Abstract

The transesterification of *Jatropha Curcas* oil with methanol in the presence of calcium glyceroxide ($\text{Ca}[\text{O}(\text{OH})_2\text{C}_3\text{H}_5]_2$)/magnesium oxide (MgO) catalysts was studied. The heterogeneous catalyst has been derived from the dolomite rock for synthesis of biodiesel in a microwave reactor. The dolomite rock was crushed, calcined at 900°C for 2 h, and reacted with methanol and glycerol at 60°C for 8 h to obtain $\text{Ca}[\text{O}(\text{OH})_2\text{C}_3\text{H}_5]_2/\text{MgO}$ as the environmentally friendly catalysts. The catalyst was characterized by X-ray diffraction (XRD), X-ray fluorescence (XRF), Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR), scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX) and the Brunauer-Emmett-Teller (BET) method. The effects of reaction variables such as reaction time, microwave power, methanol/oil molar ratio and catalyst dosage on the %yield of biodiesel were investigated. The highest biodiesel yield of 98.97% for $\text{Ca}[\text{O}(\text{OH})_2\text{C}_3\text{H}_5]_2/\text{MgO}$ catalyst was obtained under the optimum condition (reaction time 3 min, microwave power 600 W, methanol/oil molar ratio 12:1, and catalyst dosage 3 wt%). The results confirmed that $\text{Ca}[\text{O}(\text{OH})_2\text{C}_3\text{H}_5]_2/\text{MgO}$ catalyst from dolomite rock had a great potential to be used for the transesterification of *Jatropha Curcas* oil in a microwave reactor. The fuel properties of biodiesel were also determined.

Key words : Biodiesel; *Jatropha Curcas* Oil; Dolomite Rock; Microwave Reactor

สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

	หน้า
บทนำ	1
1. ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
3. ขอบเขตของงานวิจัย	2
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
5. ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
5.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไบโอดีเซลและกระบวนการผลิต	3
5.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล	6
5.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยา	9
5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
คำสำคัญ	16
วิธีดำเนินการวิจัย	17
1. การสังเคราะห์และพิสูจน์เอกลักษณ์ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิธีพันธะชนิดแคลเซียมออกไซด์ผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ และแคลเซียมกลีเซอรอออกไซด์ผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์	17
2. การผลิตไบโอดีเซลจากเครื่องปฏิกรณ์ชนิดไมโครเวฟ และหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์เชื้อเพลิงชีวภาพ	18
3. การทดสอบสมบัติต่างๆ ของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซล	20
ผลการวิจัยและวิจารณ์	21
1. ผลการพิสูจน์เอกลักษณ์ของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิธีพันธะชนิดแคลเซียมออกไซด์ผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์ และแคลเซียมกลีเซอรอออกไซด์ผสมกับแมกนีเซียมออกไซด์	21
2. ผลการผลิตไบโอดีเซลจากเครื่องปฏิกรณ์ชนิดไมโครเวฟ และหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์เชื้อเพลิงชีวภาพ	27
3. การทดสอบสมบัติต่างๆ ของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของไบโอดีเซล	33
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	34
บรรณานุกรม	35
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รายชื่อผลงานที่ได้รับการเผยแพร่	39
ภาคผนวก ข ประวัติและผลงานที่สำคัญของนักวิจัยและคณะ	40
ผลงานที่ได้รับการเผยแพร่	64

สารบัญตาราง
(List of Tables)

	หน้า	
ตารางที่ 1	องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดสบู่ดำ	7
ตารางที่ 2	สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันสบู่ดำ	8
ตารางที่ 3	ชนิดและปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีในหินโดโลไมท์ก่อนเผา หินโดโลไมท์หลังเผา และหินโดโลไมท์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว	22
ตารางที่ 4	พื้นที่ผิว ปริมาตรรูพรุน และขนาดรูพรุนโดยเฉลี่ยของหินโดโลไมท์หลังเผาและหินโดโลไมท์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว	27
ตารางที่ 5	คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของไบโอดีเซลที่ผลิตด้วยหินโดโลไมท์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว	33

สารบัญภาพ
(List of Illustrations)

		หน้า
รูปที่ 1	ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน	4
รูปที่ 2	แผนผังของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล	5
รูปที่ 3	ลักษณะทางกายภาพของดอกและผลสบู่ดำ	6
รูปที่ 4	ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดสบู่ดำและลำต้นสบู่ดำ	7
รูปที่ 5	โครงสร้างทางเคมีของแรโดโลไมท์	9
รูปที่ 6	ขั้นตอนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาจากเปลือกไข่	11
รูปที่ 7	ขั้นตอนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาจากเปลือกหอยแมลงภู่น้ำจืด	11
รูปที่ 8	กลไกการเกิดทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันของน้ำมันต้นศรีทอง	12
รูปที่ 9	ลักษณะทางกายภาพของหินโดโลไมท์ หินโดโลไมท์หลังเผา เปลือกหอยทะเล และเปลือกหอยทะเลหลังเผา	13
รูปที่ 10	ขั้นตอนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาจากเปลือกหอยกะพงและหินโดโลไมท์ธรรมชาติ	13
รูปที่ 11	ขั้นตอนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาจากเปลือกหอยหลอดและเปลือกหอยลาย	14
รูปที่ 12	ระบบเครื่องปฏิกรณ์แบบคอลัมน์บรรจุ	14
รูปที่ 13	ระบบเครื่องปฏิกรณ์แบบไมโครเวฟต่อเนื่อง	15
รูปที่ 14	ระบบให้ความร้อนแบบไมโครเวฟ	15
รูปที่ 15	ขั้นตอนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาจากหินโดโลไมท์	18
รูปที่ 16	เครื่องปฏิกรณ์ชนิดไมโครเวฟ	19
รูปที่ 17	กราฟ XRD ของหินโดโลไมท์ก่อนเผา หินโดโลไมท์หลังเผา และหินโดโลไมท์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว	21
รูปที่ 18	กราฟ FT-IR ของหินโดโลไมท์ก่อนเผา หินโดโลไมท์หลังเผา และหินโดโลไมท์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว	23
รูปที่ 19	ภาพ SEM ของหินโดโลไมท์ก่อนเผา หลังเผา และที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว	25
รูปที่ 20	ภาพ EDX ของหินโดโลไมท์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว	26
รูปที่ 21	ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ ณ เวลาในการทำปฏิกิริยาต่างๆ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจากหินโดโลไมท์หลังเผาและหินโดโลไมท์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว	28
รูปที่ 22	ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ ณ กำลังไฟฟ้าของเตาไมโครเวฟต่างๆ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจากหินโดโลไมท์หลังเผาและหินโดโลไมท์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว	29
รูปที่ 23	ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ ณ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างแอลกอฮอล์กับน้ำมันต่างๆ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจากหินโดโลไมท์หลังเผาและหินโดโลไมท์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว	30
รูปที่ 24	ค่าร้อยละผลได้ของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ ณ ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจากหินโดโลไมท์หลังเผาและหินโดโลไมท์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว	31