

การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันจากไขมันไก่

Biodiesel production by transesterification from chicken fat

วัลัยพัชร์ ใจเรื่อน¹ รัตนชัย ไพรินทร์² และ แก้วกันยา สุดประเสริฐ¹

Walaipat Jairuan¹, Rattanachai Pairintra² and Kaokanya Sudprasert¹

บทคัดย่อ

ไบโอดีเซลเป็นพลังงานชีวมวลที่ได้รับการสนับสนุนให้มีการผลิตมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ แต่เนื่องจากราคาวัตถุดิบและตัวเร่งปฏิกิริยามีราคาค่อนข้างสูง งานวิจัยนี้จึงมุ่งลดต้นทุนในการผลิต คือ เลือกใช้น้ำมันจากไขมันไก่เป็นวัตถุดิบ และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์คือ CaO ที่ได้จากการเผากระดูกไก่เหลือทิ้ง ซึ่งวัสดุเหล่านี้นอกจากจะเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิตแล้ว ยังช่วยกำจัดของเสียอีกด้วย โดยผลการทดลองที่ดีที่สุดจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ คือ NaOH จากนั้นจะทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันของน้ำมันไก่ ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำปฏิกิริยา คือ อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 ความเข้มข้น CaO 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง ได้ผลผลิตไบโอดีเซลสูงสุด 61 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับ NaOH ได้ผลผลิตไบโอดีเซลสูงถึง 93 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจาก NaOH มีความเป็นเบสสูงจึงทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาที่ดีกว่า แต่ข้อดีของการทำปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์นั้นคือ ตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ในการผลิตไบโอดีเซล

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล ไขมันไก่ แคลเซียมออกไซด์ วิวิธพันธ์ เอกพันธ์ ทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน

Abstract

Nowadays, the biodiesel is a biofuel that has been encouraged to increase the production due to it can use to replace the diesel fuel. However, as the high price of raw materials and catalysts, this research was using the chicken fat as the raw material and CaO from calcined chicken bones as a heterogeneous catalyst. In addition, these materials will be contributed to reduce the cost of the production and eliminate wastes. For the best results, it was compared with the homogeneous catalyst which was NaOH and reacted with the transesterification of chicken oil. Furthermore, the results showed that the optimum conditions in the reaction is the methanol: oil molar ratio of 12:1, 4 %wt CaO, the reaction temperature of 60°C for 2 hrs which yield 61 % methyl ester when compared with NaOH yield 93 % methyl ester. Therefore, when compared with the NaOH, it was produced 93 % yield of methyl ester because of NaOH was high alkaline leading to the better result in a catalyst. On the other hand, the reusable for the production of biodiesel was the advantage of the heterogeneous catalyst.

Keywords: biodiesel, chicken fat, CaO, heterogeneous, homogeneous, transesterification

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

¹ Department of Energy Technology, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

² สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

² Department of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

* Corresponding author. E-mail: iffy_55@hotmail.co.th

บทนำ

พลังงานหรือเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์ และระบบเศรษฐกิจ ในปัจจุบันปริมาณการใช้พลังงานนั้นเพิ่มสูงขึ้นในทุกสาขาซึ่งได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่ง ที่อยู่อาศัย ธุรกิจการค้า และภาคเกษตรกรรม โดยภาคการขนส่งนั้นมีปริมาณการใช้พลังงานสูงที่สุด โดยประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการนำเข้าเชื้อเพลิงมาจากต่างประเทศซึ่งก็คือน้ำมันดีเซล ทำให้ประเทศไทยมีการเสียเงินตราออกนอกประเทศเป็นจำนวนมาก เพราะวิกฤตการณ์ของราคาน้ำมันดีเซลมีการปรับตัวสูงขึ้นเรื่อยๆ อันสืบเนื่องมาจากความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้นของมนุษย์ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2558) ดังนั้นแหล่งพลังงานทดแทนจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากโดยไบโอดีเซลก็เป็นหนึ่งในพลังงานชีวมวลที่ได้รับความสนใจและได้รับการสนับสนุนให้มีการผลิตมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากไบโอดีเซลนั้นสามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2558) ไบโอดีเซลหรืออัลคิลเอสเทอร์เป็นเชื้อเพลิงเหลวที่ผลิตได้จากพืชน้ำมัน ไขมันสัตว์หรือน้ำมันที่ใช้แล้วมาผ่านกระบวนการทางเคมี ที่เรียกว่า ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยทำปฏิกริยากับแอลกอฮอล์และมีตัวเร่งปฏิกริยาเป็นตัวกระตุ้นเร่งให้ปฏิกริยาเกิดเร็วขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้คืออัลคิลเอสเทอร์ และมีกลีเซอรินเป็นผลพลอยได้ ซึ่งไบโอดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติคล้ายกับน้ำมันดีเซล แต่ไบโอดีเซลจะมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าทำให้เกิดเขม่าคาร์บอนน้อย ช่วยทำให้การหล่อลื่นของ

เครื่องยนต์มีอายุการทำงานได้ดี รวมทั้งไบโอดีเซลยังไม่มีส่วนประกอบของสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นผลทำให้ไอเสียของรถที่ออกมาปราศจากมลพิษ เป็นเชื้อเพลิงที่สะอาดสามารถย่อยสลายได้เองตามกระบวนการชีวภาพในธรรมชาติ ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม แต่ปัญหาสำคัญของการผลิตไบโอดีเซลนั้นคือต้นทุนการผลิต ซึ่งหมายถึงราคาของวัตถุดิบและตัวเร่งปฏิกริยามีต้นทุนสูง โดยในการผลิตไบโอดีเซลนั้นควรเลือกวัตถุดิบที่มีต้นทุนต่ำ มีปริมาณมากสามารถหาได้ง่าย หรือเป็นของเสียที่ทิ้งแล้วไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในด้านอื่นๆ

ตัวเร่งปฏิกริยาที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ตัวเร่งปฏิกริยาวิวิธพันธ์ (heterogeneous catalysts) และตัวเร่งปฏิกริยาเอกพันธ์ (homogeneous catalysts) สำหรับตัวเร่งปฏิกริยาเอกพันธ์คือทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จะอยู่ในวัฏภาคเดียวกัน โดยส่วนใหญ่อุตสาหกรรมการผลิตไบโอดีเซลจะนิยมใช้แบบตัวเร่งปฏิกริยาเอกพันธ์ชนิดเบส เนื่องจากสามารถทำปฏิกริยาได้เร็วกว่าตัวเร่งปฏิกริยาเอกพันธ์ชนิดกรด ใช้เวลาน้อยกว่าแต่ข้อเสียของตัวเร่งปฏิกริยาเอกพันธ์คือ ขั้นตอนของการแยกตัวเร่งปฏิกริยาออกจากผลิตภัณฑ์ต้องใช้กระบวนการที่ซับซ้อนทำได้ยาก และต้องใช้น้ำล้างจำนวนมาก ซึ่งตัวเร่งปฏิกริยาเอกพันธ์เบสนี้มีความไวต่อน้ำและกรดไขมันอิสระ หากมีปริมาณน้ำและกรดไขมันอิสระมาก (มากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก) จะส่งผลทำให้เกิดสบูในการทำปฏิกริยาและได้ผลผลิตไบโอดีเซลออกมาน้อย ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้ยังเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลด้วย อีกทั้งตัวเร่งปฏิกริยาชนิดนี้ไม่สามารถ

นำกลับมาใช้ซ้ำได้ แต่สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์เป็นตัวเร่งที่สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จะอยู่คนละภาวภาคกัน มีข้อดีคือ ขั้นตอนการแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์สามารถทำได้ง่ายโดยการหมุนเหวี่ยงหรือการกรอง จึงมีค่าใช้จ่ายน้อย และสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้หลายครั้ง (Tan *et al.*, 2015) ดังนั้นตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์นี้จึงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไบโอดีเซลมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธ์ งานวิจัยนี้จึงศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์เปรียบเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์รวมถึงศึกษาผลของน้ำมันและกรดไขมันอิสระต่อการผลิตไบโอดีเซล

วิธีการศึกษา

ใช้ไขมันไก่ประมาณ 3000 กรัม หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไขมันไก่ที่หั่นแล้วไปเจียวในกระทะไฟฟ้าที่อุณหภูมิประมาณ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นนำน้ำมันไก่ที่ได้มากรองกับผ้าขาวบางเพื่อแยกเอากากไขมันไก่หรือสิ่งสกปรกอื่นๆ ออก และชั่งปริมาณน้ำมันเพื่อนำไปวิเคราะห์ร้อยละปริมาณของน้ำมันที่สกัดออกมาได้ โดยนำน้ำหนักของตัวอย่างแห้งเริ่มต้น (กรัม) และปริมาณของตัวอย่างที่สกัดได้ (กรัม) มาคำนวณร้อยละของปริมาณสารที่สกัดได้จากสมการ (1) เก็บน้ำมันไก่ไว้ในขวดแก้วสีชาที่ปิดมิดชิดเพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ

$$\text{Yield \% } \left(\frac{w}{w} \text{ on dry basis} \right) = \frac{\text{weight of oil (g)}}{\text{weight of raw materials (g)}} \times 100 \quad (1)$$

หลังจากสกัดน้ำมันจากไขมันไก่เรียบร้อยแล้ว นำน้ำมันไก่ไปวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันไก่ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี รุ่น GC-2010 และตรวจสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพต่างๆ ของน้ำมัน ได้แก่ วิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของน้ำมันไก่โดยการใช้ไฮโดรมิเตอร์ในการวัด ค่าที่อ่านได้จะแสดงหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และวิเคราะห์ค่าความหนืดของน้ำมันไก่ด้วยเครื่อง Brookfield รุ่น DV-I+viscometer ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ค่าความหนืดที่ได้จะแสดงหน่วยเป็น centipoise (cP) สรุปลสมบัติต่างๆ ของน้ำมันไก่ได้ดัง (Table 1-2)

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

กระดุกไก่จะถูกทำให้แห้งโดยการอบในตู้ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะถูกบดให้เป็นผงละเอียดด้วยถ้วยบดสารผงกระดุกไก่ที่ได้จะถูกนำไปเผาในเตาจนกระทั่งกลายเป็นแคลเซียมออกไซด์ที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันของน้ำมันไก่

การทดลองนี้ศึกษาปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันโดยใช้ไขมันจากไขมันไก่ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ คือ เมทานอลโดยนำตัวเร่งปฏิกิริยาและ

เมทานอลใส่ในบีกเกอร์ผสมให้เข้ากัน ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้คือ 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมันไก่อคือ 9:1, 12:1 และ 15:1 จากนั้นเตรียมเครื่องควบคุมอุณหภูมิพร้อมกับการอุ่นน้ำมันไก่อที่เตรียมไว้ในขวดรูปชมพู่และกวนด้วยแท่งกวนแม่เหล็กโดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นเทส่วนผสมตัวเร่งปฏิกิริยาและเมทานอลลงในขวดรูปชมพู่ผสมกับน้ำมันไก่อ ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาหยุดกรดแอสติคจนกว่าค่า pH จะเป็นกลาง เพื่อเป็นการหยุดการทำปฏิกิริยา เทส่วนผสมลงในกรวยกรองพักทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการแยกชั้น

ระหว่างไบโอดีเซลและกลีเซอรอล นำไบโอดีเซลมาล้างด้วยน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 4-5 ครั้ง หรือจนกว่าไบโอดีเซลที่ได้จะใส จากนั้นทำการกำจัดน้ำที่เหลืออยู่โดยการเติมสารโซเดียมซัลเฟต-แอนไฮดรัส ประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำมันไก่อที่ใส่ในภาชนะบรรจุ เก็บสารตัวอย่างที่ได้เพื่อนำไปวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ด้วยเครื่อง HPLC แผนผังขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลแสดงดัง (Figure 1) และแผนผังขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของไขมันไก่อ โดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ แสดงดัง (Figure 2)

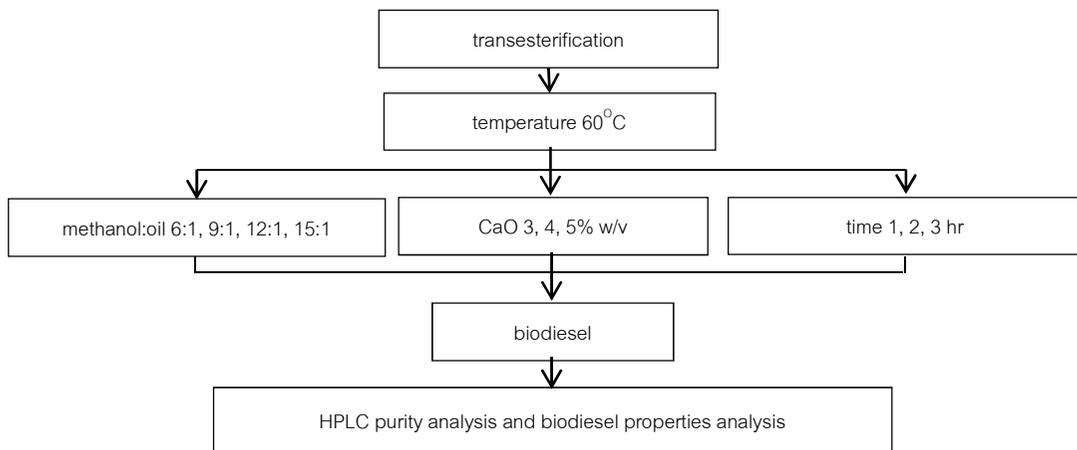


Figure 1 Experimental diagram of biodiesel production using heterogeneous catalyst.

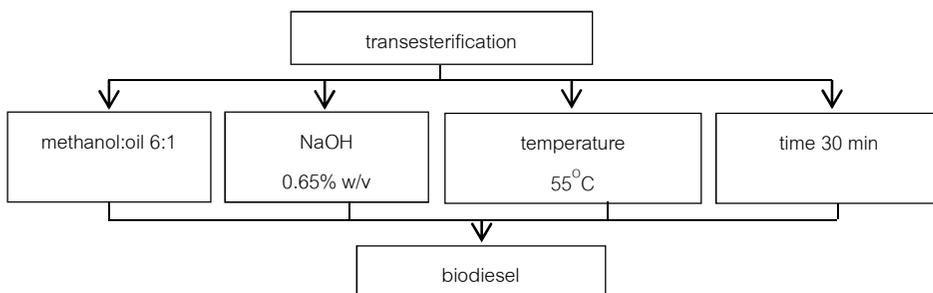


Figure 2 Experimental diagram of biodiesel production using homogenous catalyst.

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ไขมันไก่ที่ใช้ปริมาณ 3 กิโลกรัม สกัดน้ำมัน ออกมาได้ปริมาณ 2,620 มิลลิลิตร คิดเป็นร้อยละ ของน้ำหนักเริ่มต้นได้เท่ากับ 79.49 เปอร์เซ็นต์

และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำมันจากไขมันปลา ไขมันแพะ ไขมันวัว และไขมันจระเข้ ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยท่านอื่นๆ แสดงได้ดัง (Table 1)

Table 1 Comparison the amount of the animal fat.

raw material	amount of oil (%)	method	Ref.
fish fat	85	electric pan	ชิตชนก, 2557
goat fat	80	electric pan	สุรัญ, 2556
chicken fat	79.47	electric pan	Researcher
cow fat	70	electric pan	ภัทรพงศ์, 2552
crocodile fat	62	electric pan	พจนา, 2557

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ รุ่น GC-2010 พบว่า มีองค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นหลักซึ่งมีกรด ไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 71.98 และกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 28.02 แสดงดัง (Table 2) เนื่องจากน้ำมันไก่มีอัตราส่วน ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่ากรดไขมันอิ่มตัวเมื่อ

ผลิตไบโอดีเซลจะช่วยให้ไบโอดีเซลที่ผลิตได้เป็น ผลิตภัณฑ์ชนิดแอลคิลเอสเทอร์ไม่อิ่มตัว (unsaturated alkyl ester) ซึ่งเป็นข้อดีของน้ำมันชนิดนี้แต่อย่างไร ก็ตามไบโอดีเซลประเภทเอสเทอร์ไม่อิ่มตัวจะมี ค่าเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่ำรวมตัว กับออกซิเจนได้ง่าย ส่งผลให้น้ำมันเกิดการเสื่อมสภาพ

Table 2 Fatty acid composition of the chicken oil.

types of fatty acids	carbon number	ratio (%)	weight of fatty acids (g/mol)
saturated fatty acids			
myristic acid	C14:0	0.49	1.19
palmitic acid	C16:0	21.47	58.02
stearic acid	C18:0	6.06	18.08
total saturated fatty acids		28.02	
unsaturated fatty acids			
palmitoleic acid	C16:1	3.97	10.65
oleic acid	C18:1	41.58	123.19
linoleic acid	C18:2	21.90	64.44
linolenic acid	C18:3	2.53	7.39
eicosenoic acid	C20:1	2.00	6.49
total unsaturated fatty acids		71.98	289.45

Table 3 Physical and chemical properties of the various oils.

properties	chicken oil	crocodile oil (พจนา, 2557)	jatropha oil (ศิริวุฒิ, 2550)
color	yellow bright	yellow bright	yellow bright
density at 25°C (g/cm ³)	0.91	0.905	0.87
viscosity at 40°C (cSt)	48.2	45	62
free fatty acid (wt.%)	0.3	0.2	5.39

จาก (Table 3) น้ำมันจากไขมันไก่มีลักษณะทางกายภาพคือมีสีเหลืองใสถ้าทิ้งไว้ประมาณ 1-2 วัน จะเริ่มเป็นไขที่อุณหภูมิห้องมีค่าไอโอดีนเท่ากับ 85.39 ซึ่งค่าไอโอดีนของน้ำมันเป็นดัชนีชี้บอกถึงปริมาณพันธะคู่ (double bond) ที่มีอยู่ในโครงสร้างของน้ำมันชนิดนั้นๆ หมายความว่าน้ำมันจากไขมันไก่มีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบจำนวนมากซึ่งสอดคล้องกับผลข้างต้นดัง (Table 2) และผลของการที่มีค่าไอโอดีนสูงของน้ำมันจากไขมันไก่ จะทำให้เกิดปัญหาความเสถียรภาพของน้ำมันสามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ได้มากและซ้ำกันว่า น้ำมันไขมันจะแข็งและสบูดำที่มีค่าไอโอดีนสูงกว่า และเมื่อพิจารณาค่าความหนืดของน้ำมันจากไขมันไก่ จะมีค่าต่ำกว่าค่าความหนืดของน้ำมันจากสบูดำ แต่มากกว่าน้ำมันไขมันจะแข็งซึ่งค่าความหนืดเป็นสมบัติพื้นฐานที่สำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณาเป็นลำดับแรกๆ ในการเลือกใช้ไขมันให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์หากค่าความหนืดสูงจะเป็นอุปสรรคสำคัญต่อระบบหัวฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ในการป้อนเชื้อเพลิงและเกิดการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์นอกจากนั้นแล้วยังระเหยกลายเป็นไอน้อยกว่าน้ำมันดีเซลมากทำให้เกิดการจุดระเบิดได้ยากเครื่องติดยากและหลงเหลือคราบเขม่าเกาะที่

หัวฉีดแหวนและวาล์วจึงไม่เหมาะสมในการนำน้ำมันไก่ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์โดยตรงจำเป็นต้องผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อลดค่าความหนืดให้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลสำหรับค่าปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันจากไขมันไก่ที่ใช้ในการทดลองมีค่าเริ่มต้นอยู่ที่ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก

ผลของการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์จากการเผากระดูกไก่

กระดูกไก่ที่ใช้ปริมาณ 100 กรัม เมื่อทุบจนละเอียด น้ำหนักของผงกระดูกไก่ลดลงเหลือ 57 กรัม และเมื่อนำไปเผาจนกระทั่งเป็นแคลเซียมออกไซด์แล้ว ปริมาณที่ได้ก็จะลดลงกว่า 1 เท่าของน้ำหนักเดิม คือ 30 กรัม แสดงดัง (Table 4)

Table 4 weight of chicken bone, chicken bone and CaO.

	chicken bone	chicken bone	CaO
weight (g)	100	57	30

ผลกระทบของอัตราส่วนเมทานอล: น้ำมันต่อการผลิตไบโอดีเซล

การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันของไขมันไก่ จำทำที่อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1, 9:1, 12:1 และ 15:1 ควบคุมภายใต้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าที่อัตราส่วนโดยโมล 6:1 ไม่สามารถเร่งการเกิดเมทิลเอสเทอร์ได้ ส่วนที่อัตราส่วนโดยโมลอื่นๆ จะเกิดเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยที่อัตราส่วนโดยโมล 12:1 มีการเกิดเมทิลเอสเทอร์มากที่สุดแต่ที่สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 15:1 ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ลดลงเนื่องจากการใช้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่มากเกินไปจะไปขัดขวางการทำงานของตัวเร่งปฏิกิริยา รวมถึงการผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ เมทิลเอสเทอร์สามารถรวมกับกลีเซอริน อาจเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับเป็นไตรกลีเซอไรด์ ส่งผลทำให้เมทิลเอสเทอร์มีปริมาณที่น้อยลง

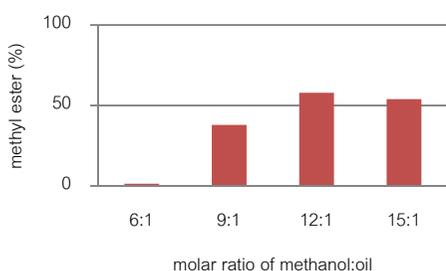


Figure 4 Effect of molar ratio methanol: oil (6:1, 9:1, 12:1 and 15:1) at temperature 60°C, time 3 hr and CaO 4 %wt.

ผลกระทบของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่อการผลิตไบโอดีเซล

ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาคือร้อยละ 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ด้วยอัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 ควบคุมภายใต้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าที่ปริมาณ CaO ที่ 4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักสามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาและเกิดเป็นเมทิลเอสเทอร์ได้ดีที่สุด หลังจากนั้นที่ความเข้มข้น CaO 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักเมทิลเอสเทอร์จะเริ่มลดลงเพราะตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความเข้มข้นสูงทำให้เกิดความหนืด และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาบางส่วนอาจตกค้างเนื่องจากการต้านการส่งผ่านมวลมากขึ้น ซึ่งเป็นผลให้ผลผลิตไบโอดีเซลลดลง

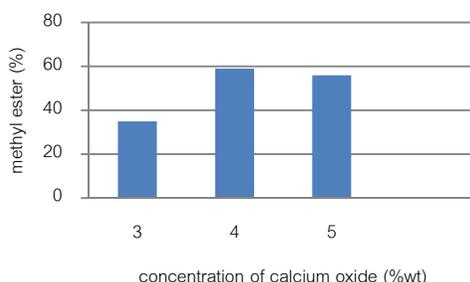


Figure 5 Effect of CaO (3, 4 and 5 %wt), molar ratio methanol:oil 12:1 at the temperature 60°C and time 3 hr.

ผลกระทบของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อการผลิตไบโอดีเซล

ได้รับการตรวจสอบเพื่อให้ได้ระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล โดยการทดลองจะกำหนดเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ 2 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนเมทานอล

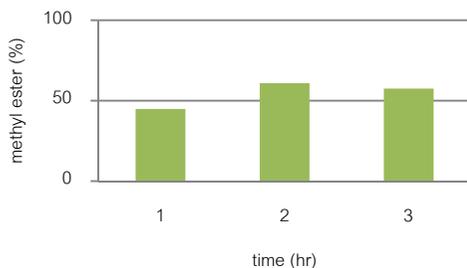


Figure 6 Effect of time (1, 2 and 3 h), molar ratio methanol:oil 12:1 at temperature 60°C and CaO 4 %wt.

จากงานวิจัยของชิน (2551) ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของไขมันไก่ โดยการใช้น้ำมันไก่ปฏิกิริยาเอกพันธ์ชนิดเบสคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ปริมาณความเข้มข้น 0.65 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 อุณหภูมิที่ใช้ 55 องศาเซลเซียส และเวลาในการทำปฏิกิริยาคือ 30 นาที เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ ผลจากการทดลองพบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์มีการเร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่าการใช้แคลเซียมออกไซด์ และได้ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์สูงสุดคือ ร้อยละ 93 ซึ่งสูงกว่าการใช้แคลเซียมออกไซด์ 32 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เป็นเพราะโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความเป็นเบสสูง

ต่อน้ำมัน 12:1 ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ควบคุมภายใต้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า ผลผลิตไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยานานขึ้น และได้ผลผลิตสูงสุดเมื่อใช้เวลา 2 ชั่วโมง

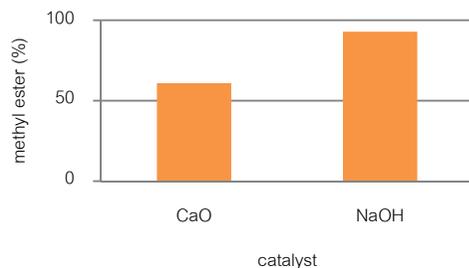


Figure 7 Comparison of percent yield of the methyl ester of the heterogeneous and the homogeneous catalyst.

ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาที่ดีกว่าแสดงการเปรียบเทียบได้ดัง (Figure 7) แต่ข้อดีของแคลเซียมออกไซด์คือ สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ในการผลิตไบโอดีเซลครั้งต่อไป

สรุป

จากการนำไขมันไก่มาผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ชนิดเบส คือ CaO ที่ได้จากการเผากระดูกไก่ ผลการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำมันจากการสกัดไขมันไก่โดยการเจียว ได้ปริมาณน้ำมันถึง 79.47 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำมันไก่มีกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 28.02 ทำให้เป็นไขได้ยากที่

อุณหภูมิห้อง โดยกรดไขมันหลักที่พบในน้ำมันไก่ คือ กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก และกรดปาล์มมิติก และน้ำมันไก่มีปริมาณกรดไขมันอิสระเริ่มต้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก โดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันไก่ควบคุมภายใต้อุณหภูมิการทำปฏิกิริยาที่ 60 องศาเซลเซียส สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไบโอดีเซล คือ อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน คือ 12:1 ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมออกไซด์ คือ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และเวลาในการทำปฏิกิริยา คือ 2 ชั่วโมง ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ที่ได้สูงสุด 61 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธ์ คือ NaOH ซึ่งมีความเป็นเบสสูงกว่า CaO เพียงเล็กน้อย ผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ที่ได้สูงสุด คือ 93 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์นี้จะได้ผลผลิตไบโอดีเซลที่ต่ำกว่าแต่ทั้งนี้ เนื่องจากการเลือกใช้ไขมันไก่และกระดูกไก่เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ไม่เพียงแต่เป็นการช่วยส่งเสริมการผลิตไบโอดีเซลที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเท่านั้นแต่ยังช่วยกำจัดของเสีย และลดต้นทุนในการผลิตอีกด้วย นอกจากนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้ยังสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำในการผลิตไบโอดีเซลได้ในครั้งต่อไป ดังนั้นจึงควรศึกษาและมีการพัฒนาปรับปรุงวัตถุดิบที่มีราคาต่ำต่อไป เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลให้เกิดประสิทธิภาพที่สูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- ชิตชนก กุลพร. 2557. การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์-เอสเทอร์ฟิเคชันจากไขมันปลาโดยใช้สตรอนเทียมออกไซด์เป็นตัวรองรับซิลิกาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.
- ชิน ผางนุญ. 2551. การผลิตไบโอดีเซลจากไข่ไก่ในระดับชุมชน. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- พจนาง บางแสง. 2557. การผลิตไบโอดีเซลจากไข่จะเข้โดยใช้แคลเซียมออกไซด์จากเปลือกไข่จะเข้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.
- ภัทรพงศ์ เขี่ยมสะอาด. 2552. ผลของการสูบลมและการกวนในถังปฏิกรณ์ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณและคุณภาพในการผลิตไบโอดีเซลจากไขมันโค. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ศิริวุฒิ บัวสมาน. 2550. การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำโดยใช้เถ้าธรรมชาติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สุรัญ ชินพัฒน์วานิช. 2556. การผลิตไบโอดีเซลจากไข่แพะโดยใช้ตัวทำละลายร่วม. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2558. แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.eppo.go.th/ccep/energy_3-5.html (15 ตุลาคม 2559).
- Tan, Y.H., M.O. Abdullah, C. Nolasco-Hipolito and Y.H. Taufiq-Yap. 2015. Waste ostrich- and chicken-eggshells as heterogeneous base catalyst for biodiesel production from used cooking oil: Catalyst characterization and biodiesel yield performance. *Applied Energy*. 160 (C): 58-70.