

# การแปรรูปฝาปิดเปลือกหอยตาว่าวเหลือทิ้งสำหรับการผลิตไบโอดีเซล

## Utilization of Modified Waste Outer Lip of *Turbo jourdani*

### (Turbinidae) Shells for Biodiesel Production

สุภกร บุญยีน\*, มณฑา มาลัยทอง และอภิสิทธิ์ โพธิ์แก้ว

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

เบญญา เชิดหิรัญกร และอิสรพงษ์ เชื้อสันเทียะ

ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Supakorn Boonyuen\*, Monta Malaithong and Apisit Prokaew

Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,

Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Benya Cherdhirunkorn and Issarapong Chuesantia

Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,

Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มและเมทานอล โดยใช้ฝาปิดของเปลือกหอยตาว่าวเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ ซึ่งผ่านการแคลไซด์ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างจากแคลเซียมคาร์บอเนตไปเป็นแคลเซียมออกไซด์ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เฝานำมาวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสาร โดยอาศัยสมบัติทางความร้อน (TGA) เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) และวิเคราะห์โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยา โดยการวัดการดูดกลืนรังสีในช่วงอินฟราเรด (FT-IR) นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซล ได้แก่ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา และการทดสอบการใช้ซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์จากฝาปิดเปลือกหอยตาว่าวเผาที่ปริมาณร้อยละ 10 โดยมีอัตราส่วนน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1:3 และเวลาในการทำปฏิกิริยา 7 ชั่วโมง ได้ร้อยละการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลมากกว่า 99 ในการนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ซ้ำสามารถนำกลับมาใช้ได้ถึง 3 ครั้ง

คำสำคัญ : ฝาปิดของเปลือกหอยตาว่าว; ไบโอดีเซล; แคลเซียมออกไซด์

\*ผู้รับผิดชอบบทความ : chemistrytu@gmail.com

## Abstract

In this research, utilization of modified waste outer lip of *Turbo jourdani* shell for biodiesel production via transesterification was studied. The shell was calcined at 900 °C for 5 hr for phase change calcium carbonate to calcium oxide. The calcined catalyst was characterized by thermogravimetric analysis (TGA), x-ray powder diffraction (XRD) and Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR). The effect of reaction variables such as the molar ratio of methanol to oil, catalyst loading, the reaction time and reusability of the catalyst were investigated. The optimal condition for biodiesel synthesis (palm oil and methanol), by using 10 % w/w *Turbo jourdani* (Turbinidae) calcined shells as a heterogeneous catalyst, are 1:3 (oil/methanol ratio), 7 hr reaction time. The product yields 99 % conversion. The catalyst can be reused for 3 times.

**Keywords:** outer lip of *Turbo jourdani*; biodiesel; calcium oxide

## 1. บทนำ

การเกิดวิกฤติการณ์ราคาน้ำมันปิโตรเลียมที่มีการปรับตัวสูงขึ้น ในช่วงปี พ.ศ. 2542 เป็นต้นมา และยังมีแนวโน้มที่จะปรับตัวสูงขึ้นเรื่อย ทำให้ทั่วโลกต้องหันไปใช้พลังงานทดแทนน้ำมันเพิ่มมากขึ้น ซึ่งไบโอดีเซลถือเป็นเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือก โดยไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตจากน้ำมันพืชหรือสัตว์ผ่านกระบวนการทางเคมีกับแอลกอฮอล์ ซึ่งเรียกว่าปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (transesterification) จำเป็นต้องมีตัวเร่งปฏิกิริยา ไม่ว่าจะเป็นกรดหรือด่าง ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ไบโอดีเซลที่ได้จะอยู่ในรูปของแอกิลเอสเทอร์ (alkyl ester) และผลพลอยได้คือกลีเซอรอล [1]

ในช่วงเวลาที่ผ่านมา มีนักวิจัยจำนวนมากได้ศึกษาคิดค้นพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล โดยในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตไบโอดีเซลส่วนใหญ่จะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธ์ (homogeneous catalyst) เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เนื่องจากให้ผลผลิตสูง และปฏิกิริยาดำเนินไปอย่างรวดเร็ว แต่ทั้งนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทนี้ ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากมี

ปัญหาในขั้นตอนการแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์ และตัวเร่งนี้ยังจำเป็นต้องมีขั้นตอนการล้างน้ำ เพื่อล้างเอาตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์ อันเป็นเหตุให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก [2]

จากปัญหาดังกล่าว จึงมีนักวิจัยพยายามที่จะพัฒนาการผลิตไบโอดีเซล โดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ (heterogeneous catalyst) เข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต เพราะตัวเร่งปฏิกิริยานี้สามารถแยกออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่ายโดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการล้าง จึงลดปัญหาการเกิดสบู่อีกทั้งยังลดขั้นตอนในการผลิตและสามารถนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ซ้ำได้อีกหลายครั้ง [3] ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทนี้ ได้แก่สารประกอบพวกออกไซด์ โดยงานวิจัยนี้จะสนใจในตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ เนื่องจากมีความเป็นเบสสูง และสามารถพบได้ง่ายในธรรมชาติ เช่น พบในวัสดุที่ประกอบไปด้วยโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนต [4] ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างแคลเซียมคาร์บอเนต เมื่อได้รับความร้อนสูง จะเกิดการสลายตัวเปลี่ยนโครงสร้างไปเป็นโครงสร้างของแคลเซียมออกไซด์ได้ [5]

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจที่จะนำฝาปิดเปลือกหอย

ดาวัวเหลือทิ้ง มาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบบิวริพันธ์ในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล ซึ่งตัวเร่งนี้เป็นของแข็ง จึงสามารถแยกออกจากร้ำมันไบโอดีเซลได้ง่าย ประกอบกับสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายรอบ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและลดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม

## 2. วิธีการวิจัย

### 2.1 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาจากเปลือกหอย

นำฝาปิดของเปลือกหอยดาวัว บริเวณอำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มาล้างน้ำสะอาด ตากแดดและอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำเปลือกหอยที่แห้งมาบดหยาบ ๆ แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ก่อนทำให้เย็นและบดกรองผ่านตะแกรงขนาด 100 ไมโครเมตร แล้วจึงเก็บตัวอย่างผงเปลือกหอยที่เผาไว้ในเครื่องดูดความชื้น ก่อนนำไปใช้ในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาไบโอดีเซลและศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวเร่งที่เตรียมได้ โดยตัวเร่งที่เตรียมได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยสมบัติทางความร้อน (thermogravimetric analysis, TGA บริษัท NERZSCH STA รุ่น 449 F3) การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (x-ray diffraction บริษัท Bruker รุ่น D8 ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้ Cu-K $\alpha$  ( $\lambda = 1.54056$  อังสตรอม) ที่ 40 กิโลโวลต์ และ 40 มิลลิแอมป์ โดยศึกษา 20-80 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่ม 0.02 องศาเซลเซียส ผลที่ได้จะนำไปเทียบกับข้อมูลที่เป็นมาตรฐานของ The Joint Committee on Powder Diffraction Standard (JCPDS) และการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยการวัดการดูดกลืนรังสีที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด (FT-IR spectrometer,

spectrum GX)

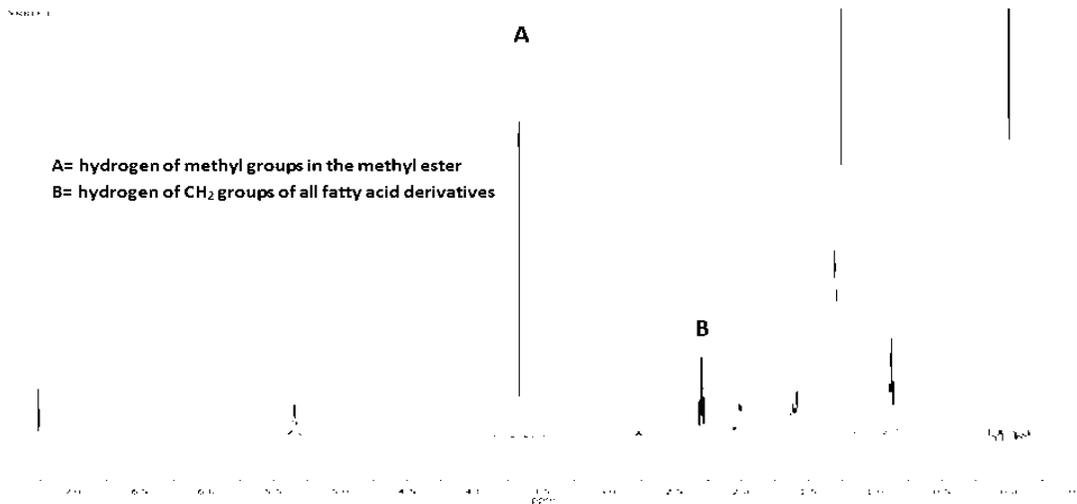
### 2.2 การศึกษากระบวนการทรานเอสเตอริฟิเคชัน

เตรียมน้ำมันปาล์ม เมทานอล และตัวเร่งปฏิกิริยาจากเปลือกหอยเผาแปรรูปที่เตรียมไว้ข้างต้น นำมาให้ความร้อนโดยวิธีรีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พร้อมป้อนกวนสารผสม ในระยะเวลาที่ศึกษาเมื่อครบเวลานำไปเหวี่ยงและกรองเพื่อแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออก หลังจากนั้นนำของเหลวผสมที่ผ่านการกรองตัวเร่งออกไปประเหยเมทานอลออกด้วยการกลั่นระบบสูญญากาศ แล้วเทสารผสมใส่กรวยแยกตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน เพื่อให้เมทิลเอสเทอร์กับกลีเซอรอลแยกตัวออกจากกัน แล้วจึงแยกกลีเซอรอลทิ้ง จะได้เมทิลเอสเทอร์หรือไบโอดีเซลบริสุทธิ์ นำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพและศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาและวิเคราะห์ร้อยละการเปลี่ยนไปเป็นไบโอดีเซล โดยติดตามสัดส่วนพื้นที่ใต้กราฟของโปรตอนตำแหน่งเมทอกซี (-OCH<sub>3</sub>) มีค่าเคมีเคิลซิฟเท่ากับ 2.30 ppm และเมธิลีน (-CH<sub>2</sub>-) มีค่าเคมีเคิลซิฟเท่ากับ 3.68 ppm ด้วยเทคนิคโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตสโคปี (1H-NMR spectroscopy) [6] ดังแสดงในรูปที่ 1

$$\% \text{ conversion} = \frac{2 \times A_{CH_3}}{3 \times A_{CH_2}} \times 100$$

โดย  $A_{CH_3}$  คือ ค่าพื้นที่ใต้กราฟของโปรตอนตำแหน่งเมทอกซี (-OCH<sub>3</sub>);  $A_{CH_2}$  คือ ค่าพื้นที่ใต้กราฟของโปรตอนตำแหน่งเมธิลีน (-CH<sub>2</sub>-); 2 คือ จำนวนโปรตอนของหมู่เมทิลีน; 3 คือ จำนวนโปรตอนของหมู่เมทอกซีตามลำดับ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาอิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา (ร้อยละ 3, 10 และ 15 โดยมวล) อัตราส่วนโดยมวลของน้ำมันต่อเมทานอล (1:1, 1:3 และ 1:9) เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (3, 5 และ 7 ชั่วโมง) และการนำตัวเร่งปฏิกิริยามาใช้ใหม่

รูปที่ 1  $^1\text{H-NMR}$  spectroscopy ของเมทิลเอสเทอร์

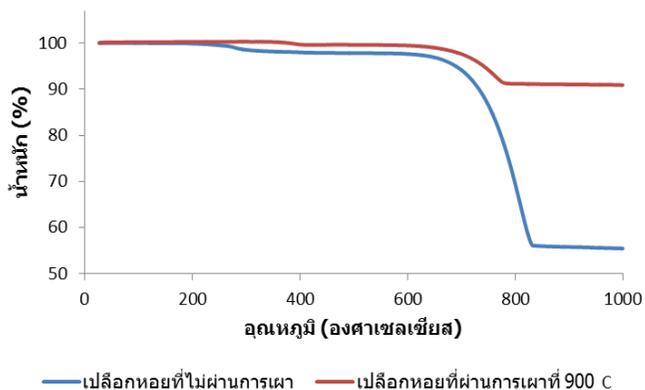
### 3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

การพิจารณาอุณหภูมิที่จะใช้เผาตัวเร่งปฏิกิริยา แคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอย เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างจากแคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ ) ไปเป็นแคลเซียมออกไซด์ ( $\text{CaO}$ ) ก่อนนำไปเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ได้ศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยสมบัติทางความร้อน (thermogravimetric analysis, TGA)

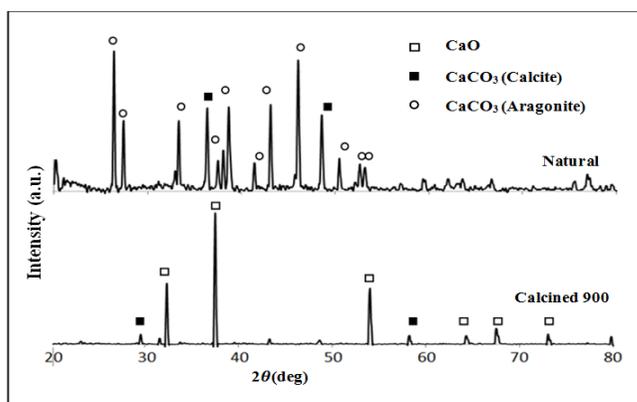
ผลการวิเคราะห์พบว่าฝาปิดเปลือกหอยธรรมชาติเกิดการสลายตัวเป็น 2 ชั้น โดยชั้นแรก ที่ช่วงอุณหภูมิ 200-300 องศาเซลเซียส ซึ่งสารสลายตัว 1.95 % ทั้งนี้เกิดจากการสลายตัวของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ] [7] และชั้นที่สอง ที่ช่วงอุณหภูมิ 600-830 องศาเซลเซียส สารสลายตัวไป 42.58 % ซึ่งเกิดจากการเผาไล่คาร์บอนไดออกไซด์ออก ( $\text{CO}_2$ ) จากกระบวนการดังกล่าวได้เปลี่ยนโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนตไปเป็นโครงสร้างของแคลเซียมออกไซด์ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า [8] ส่วนการวิเคราะห์การสลายตัวของเปลือกหอยแปรรูปที่ผ่านการเผาที่ 900 องศาเซลเซียสมาแล้ว จะมีการสลายตัวสองชั้น

เหมือนเปลือกหอยธรรมชาติ โดยจากรูปที่ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องจากการรวมตัวกันของแคลเซียมออกไซด์กับคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำในอากาศ ทำให้แคลเซียมออกไซด์บางส่วนเกิดกลับไปเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตเพียงเล็กน้อย สังเกตได้จากกราฟดังรูปที่ 2 อย่างไรก็ตาม การสลายตัวอย่างสมบูรณ์เกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิ 775 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อเผาให้ความร้อนแก่ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 900 องศาเซลเซียส คาดว่าตัวเร่งปฏิกิริยาจะเกิดการเปลี่ยนโครงสร้าง

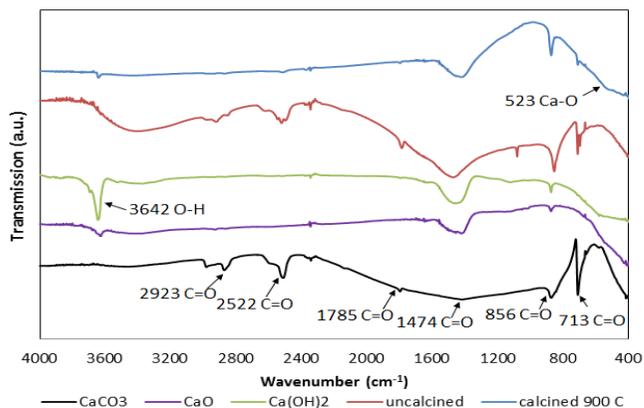
เพื่อยืนยันสมมุติฐานดังกล่าวข้างต้น จึงได้นำตัวอย่างไปวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของสารด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (x-ray diffraction, XRD) พบว่าฝาปิดเปลือกหอยตัวที่ไม่ผ่านการเผาจะมีโครงสร้างแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นหลักในลักษณะที่เป็นออร์โธโรมบิกเป็นส่วนใหญ่ เมื่อให้ความร้อนสูงถึง 900 องศาเซลเซียส โครงสร้างแคลเซียมคาร์บอเนตจะเกิดการสลายตัวเป็นโครงสร้างของแคลเซียมออกไซด์ซึ่งพบพีคที่ตำแหน่ง 32.32, 37.47, 54.05, 64.39 และ 67.62 องศาเซลเซียส (เปรียบเทียบกับฐานข้อมูล JCPDS) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 TGA curve ของฝาปิดเปลือกหอยตาวัชรธรรมชาติ (ไม่ผ่านการเผา) และเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3 การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) ของฝาปิดเปลือกหอยตาวัชรธรรมชาติ (ไม่ผ่านการเผา) และเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4 สเปกตรัมของ CaCO<sub>3</sub>, CaO, Ca(OH)<sub>2</sub>, ฝาปิดของเปลือกหอยตาวัชที่ไม่ผ่านการเผาและผ่านการเผาที่ 900 องศาเซลเซียส

รูปที่ 4 แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของตัวเร่งปฏิกิริยาฝาปิดของเปลือกหอยตาวัชที่ไม่ผ่านการเผาและผ่านการเผาที่ 900 องศาเซลเซียส ที่เตรียมได้ เปรียบเทียบกับสเปกตรัมของ CaCO<sub>3</sub>, CaO และ Ca(OH)<sub>2</sub> จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR พบ

พีกการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของตัวเร่งเปลือกหอยธรรมชาติ จะตรวจพบพีกของการสั่นแบบยืดหดของหมู่ฟังก์ชัน C=O ใน CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ที่ 2923, 2522, 1785 cm<sup>-1</sup> (การสั่นแบบยืดโดยสมมาตร, symmetric stretching) ที่ 1474 cm<sup>-1</sup> (การสั่นแบบยืดโดยไม่สมมาตร,

asymmetric stretching) และที่  $856\text{ cm}^{-1}$  และ ที่  $713\text{ cm}^{-1}$  เป็นพีกของการสั่นที่อยู่ต่างระนาบ (out-of-plane) และระนาบเดียวกัน (in-plane) ตามลำดับของหมู่ฟังก์ชัน C=O [9] ขณะที่สเปกตรัมของตัวเร่งปฏิกิริยาเปลือกหอยเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส จะพบพีกของการสั่นแบบยืดหดของหมู่ฟังก์ชัน Ca-O ที่เลขคลื่นประมาณ  $523\text{ cm}^{-1}$  [10] และนอกจากนี้ยังพบพีกของหมู่ฟังก์ชัน C=O ใน  $\text{CO}_3^{2-}$  อยู่ เนื่องจาก

โครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนตยังสลายตัวเปลี่ยนเป็นโครงสร้างของแคลเซียมออกไซด์ยังไม่หมดจากข้อมูลสเปกตรัมการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดให้ผลสอดคล้องกับเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์

การศึกษากระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชันในการสังเคราะห์น้ำมันไบโอดีเซล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์จากฝาปิดเปลือกหอยตาว่าว เป็นไปตามตารางที่ 1

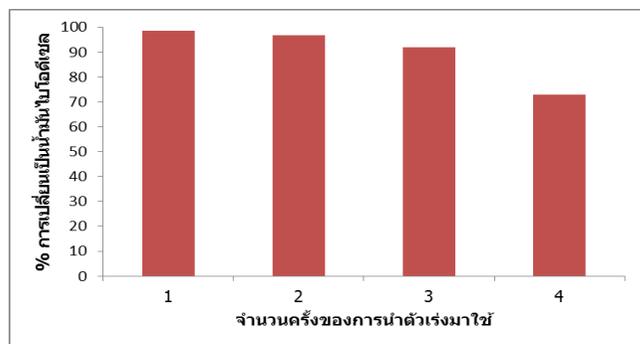
ตารางที่ 1 ผลการทดลองการสังเคราะห์เมทิลเอสเตอริ์โดยกระบวนการทรานส์เอสเตอริ์ฟิเคชัน ( $n = 3$ )

สภาวะในการทดลอง				ผลการทดสอบ
อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา (องศาเซลเซียส)	ปริมาณตัวเร่ง (โดยน้ำหนัก)	อัตราส่วนน้ำมันต่อเมทานอล	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	% การเปลี่ยนแปลงไปเป็นไบโอดีเซล
900	3	3:1	5	$89.33 \pm 1.2$
900	10	3:1	5	$98.67 \pm 1.0$
900	15	3:1	5	$96.67 \pm 1.4$
900	10	1:1	5	$68.67 \pm 1.8$
900	10	9:1	5	$89.33 \pm 1.2$
900	10	3:1	3	$89.33 \pm 1.2$
900	10	3:1	7	$99.33 \pm 1.4$

ตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ร้อยละ 3, 10 และ 15 โดยมวล พบว่าการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มากเกินไปจะส่งผลให้ร้อยละการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลลดน้อยลง เนื่องจากปริมาณแคลเซียมออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น เป็นผลให้การถ่ายเทมวลสารระหว่างน้ำมันต่อเมทานอลแอลกอฮอล์ [11] และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อเมทานอล 1:1, 1:3 และ 1:9 ตามลำดับ พบว่าหากใช้ปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้ไม่สามารถติดตามการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลได้ เนื่องจากการแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเตอริ์และกลีเซอรอลทำได้ยาก ดังที่รายงานไว้ก่อนหน้านี้ [12] ซึ่งเวลาในการทำปฏิกิริยา ถือเป็นปัจจัย

หนึ่งที่ส่งผลต่อค่าร้อยละการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซล โดยเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา จะทำให้ค่าร้อยละการเปลี่ยน เป็นไบโอดีเซลสูงขึ้น

การทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ร้อยละการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลสูงที่สุด คือ ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 โดยมวล อัตราส่วนระหว่างน้ำมันต่อเมทานอล 1:3 และเวลาในการทำปฏิกิริยา 7 ชั่วโมง ให้ร้อยละการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลสูงถึงร้อยละ 99.33 และเมื่อติดตามความสามารถของแคลเซียมออกไซด์ที่เตรียมในการใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์สำหรับไบโอดีเซลต่อประสิทธิภาพการใช้งานซ้ำได้ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ซ้ำ โดยทดสอบจำนวน 3 ครั้ง โดยจะผ่านการล้างด้วยเมทานอลและอบให้แห้งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำกลับมาใช้ซ้ำ พบว่าร้อยละการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลมีแนวโน้มลดลง โดยในการนำตัวเร่งมาใช้ครั้งที่ 2 และ 3 ลดลงจากครั้งแรกไม่มาก แต่จะลดลงอย่างชัดเจนในครั้งที่ 4 เพราะตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์มีประสิทธิภาพในการเร่งลดลง

#### 4. สรุป

การศึกษาการสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากตัวเร่งปฏิกิริยาจากฝาปิดเปลือกหอยดาวัวเผาแปรรูปด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน พบว่าที่อุณหภูมิสูง (มากกว่า 800 องศาเซลเซียส) ทำให้แคลเซียมคาร์บอเนตเกิดการเปลี่ยนโครงสร้างเป็นแคลเซียมออกไซด์ ในการทดลองจะเผาตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ใช้ในการเร่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน พบว่าสถานะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ไบโอดีเซลระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์จากฝาปิดเปลือกหอยดาวัวเผาที่ร้อยละ 10 โดยมวล อัตราส่วนน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1:3 และเวลาในการทำปฏิกิริยา 7 ชั่วโมง ได้ร้อยละการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลมากกว่า 99 ในการนำตัวเร่ง

รูปที่ 5 กราฟแสดงร้อยละการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลเมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ (สถานะ : ตัวเร่งปฏิกิริยาเปลือกหอย 900 องศาเซลเซียส ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 โดยมวล อัตราส่วนระหว่างน้ำมันต่อเมทานอล 1:3 เวลาในการทำปฏิกิริยา 5 ชั่วโมง)

ปฏิกิริยากลับมาใช้ซ้ำสามารถนำกลับมาใช้ได้ถึง 3 ครั้ง โดยไม่ผ่านการปรับสภาพ

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้สนับสนุนทุนวิจัยจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) ทุนสนับสนุนการวิจัย ม.ธ. ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือเพื่อให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งศูนย์เครื่องมือรวม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

#### 6. รายการอ้างอิง

- [1] อ้อยใจ ทองเฉอ และวิฑูรช์ กู๊ดวิน, 2550, รู้จักไบโอดีเซลใน 4 ชั่วโมง, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี.
- [2] Li, M., Zheng, Y., Chen, Y. and Zhu, X., 2014, Biodiesel production from waste cooking oil using a heterogeneous catalyst from pyrolyzed rice husk, *Bioresour. Technol.* 154: 345-348.
- [3] Boey, P.L., Maniam, G.P. and Hamid, S.A.,

- 2011, Performance of calcium oxide as a heterogeneous catalyst in biodiesel production: A review, Chem. Eng. J. 168: 15-22.
- [4] Suryaputra, W., Indraswati, I.W. and Ismadji, S., 2013, Waste capiz (*Amusium cristatum*) shell as a new heterogeneous catalyst for biodiesel production, Renew Energy 50: 795-799.
- [5] Mohamed, M., Yusup, S. and Maitra, S., 2012, Decomposition study of calcium carbonate in cockle shell, J. Eng. Sci. Tech. 7: 1-10.
- [6] Samart, C., Chaiya, C. and Reubroycharoen, P., 2010, Biodiesel production by methanolysis of soybean oil using calcium supported on mesoporous silica catalyst, Energy Conv. Manage. 51: 1428-1431.
- [7] Granados, M.L., Poves, M.D.Z., Alonso, D.M., Mariscal, R., Galisteo, F.C., Moreno-Tost, R., Santamaría, J. and Fierro, J.L.G., 2007, Biodiesel from sunflower oil by using activated calcium oxide, Appl. Catal. B. 73: 326-317.
- [8] Ho, W.W.S., Ng, H.K. and Gan, S., 2012, Development and characterization of novel heterogeneous palm oil mill boiler ash-based catalysts for biodiesel production, Bioresour. Technol. 125: 158-164.
- [9] Boro, J., Thakur, A.J. and Deka, D., 2011, Solid oxide derived from waste shells of *Turbonilla striatula* as a renewable catalyst for biodiesel production, Fuel Process Technol. 92: 2061- 2067.
- [10] Roschat, W., Kacha, M., Yoosuk, B., Sudyoadsuk, T. and Promarak, V., 2012, Biodiesel production based on heterogeneous process catalyzed by solid waste coral fragment, Fuel 98: 194-202.
- [11] Yoosuk, B., Krasae, P., Puttasawat, B., Udomsap, P., Viriya-empikul, N. and Faungnawakij, K., 2010, Magnesia modified with strontium as a solid base catalyst for transesterification of palm olein, Can. J. Chem. Eng. 162: 58-66.
- [12] Kim, H.J., Kang, B.S., Kim, M.J., Park, Y.M., Kim, D.K., Lee, J.S. and Lee, K.Y., 2004, Transesterification of vegetable oil to biodiesel using heterogeneous base catalyst, Catal. Today. 93-95: 315-320.