O-IR11

นวัตกรรมการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์สำหรับการผลิตไบโอดีเซลจากเปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้ง

Innovative Processes for the Production of Calcium Oxide Catalyst for Biodiesel Production from Wasted Green-Mussel Shell

กรกฎ นิยมสัตย์,ดวงกมล ตุงคะสมิต, นำพล อินสิน*
ภาควิชาเคมีคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 10330
*E-mail: Numpon.i@chula.ac.th

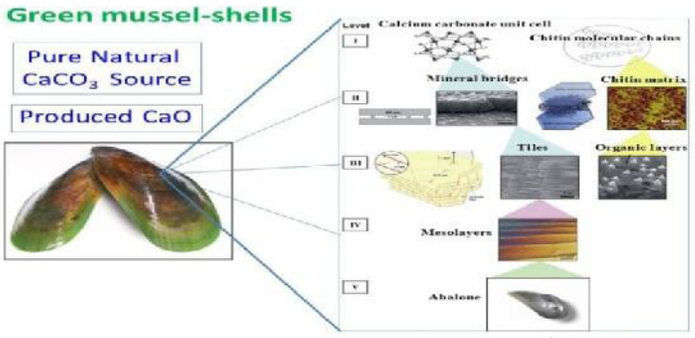
บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการนำนวัตกรรมทางเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้สำหรับการผลิตและแปรรูปวัตถุดิบอาหารจากสัตว์ทะเลหลากหลายชนิด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตที่ต้องแข่งขันให้มีความทัดเทียมนานาประเทศที่เป็นคู่แข่งทางด้านการส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารทะเล ทำให้ผลกระทบที่ตามมาในแต่ละปีมีปริมาณของเสียชนิดต่างๆ หลงเหลือจากกระบวนการผลิตและแปรรูปจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมากซึ่งยากต่อการจัดเก็บและทำลาย อาทิเช่น เปลือกหอยแมลงภู่ที่มีปริมาณสูงถึงหลายหมื่นตันต่อปี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการเพิ่มมูลค่าของเปลือกหอยแมลงภู่ที่เป็นของเสียเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลโดยสังเคราะห์แคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยแมลงภู่ที่ผ่านการสกัดโปรตีนออกแล้วมาผ่านการเผาที่อุณหภูมิ800 - 1000 °C ด้วยกระบวนการดังกล่าว พบว่าได้แคลเซียมออกไซด์ที่มีความบริสุทธิ์และมีความเป็นรูพรุนเหมาะสมกับการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ จากนั้นได้นำตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้มาประยุกต์ใช้สำหรับการผลิตไบโอดีเซลโดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มและเมทานอล พบว่า สภาวะการทดลองที่เหมาะสมที่สุดในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล คือ ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ร้อยละ 5 โดยเทียบกับน้ำหนักน้ำมันปาล์ม สัดส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มต่อเมทานอลเท่ากับ 1:6 อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาที่ 64 °C และอัตราการปั่นกวน500 รอบต่อนาที สามารถให้ร้อยละการเปลี่ยน (%Conversion) จากไตรกลีเซอไรด์ไปเป็นเมทิลเอสเทอร์สูงถึงร้อยละ 98.04 ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมงนอกจากนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำใหม่ได้ถึง 7 ครั้ง โดยค่า% Conversion ของเมทิลเอสเทอร์ยังคงสูงถึงร้อยละ 96.62

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล, ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์, เมทิลเอสเทอร์, เปลือกหอยแมลงภู่, ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

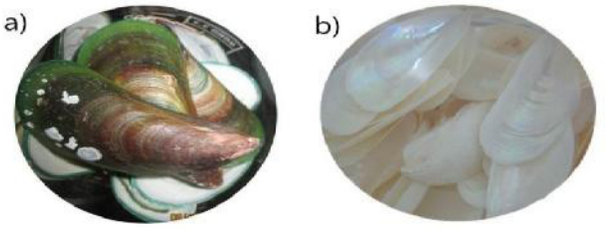
1.บทนำ

นวัตกรรมการแปรรูปทางอาหารทะเลด้วยวิธีการต่างๆ ในปัจจุบันนั้นมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อขยายกำลังการผลิตและแปรรูปอาหารหลากหลายชนิดเพื่อตอบสนองความต้องการของประชากรที่ต้องใช้ในการอุปโภคบริโภคซึ่งประเทศไทยได้มีการนำเครื่องมือที่ทันสมัยมาใช้สำหรับกระบวนการผลิตและแปรรูปภายในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เพื่อให้สามารถแข่งขันกับนานาประเทศที่เป็นคู่แข่งทางเศรษฐกิจได้ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาประเทศไทยจึงประสบผลสำเร็จทำให้ระบบเศรษฐกิจภายในประเทศเกิดการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง และในอนาคตคาดว่าน่าจะมีการเพิ่มกำลังการผลิตสินค้าและอาหารแปรรูปนานาชนิดที่มากยิ่งขึ้น สำหรับอาหารแปรรูปทางทะเลภายในประเทศส่วนใหญ่มาจากหอยแมลงภู่ซึ่งเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่นิยมเลี้ยงมากชนิดหนึ่งในประเทศไทยเนื่องเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ราคาถูก หาง่าย และเป็นที่นิยมบริโภคทั้งคนไทยและต่างชาติ ทำให้เป็นที่สนใจในการนำมาผลิตแปรรูปเป็นอาหารทะเลนานาชนิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นปัญหาที่คาดว่าจะเกิดตามมาหลังกระบวนการผลิตคือโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลส่วนใหญ่จะมีของเสียเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก โดยจากเปลือกหอยแมลงภู่มีปริมาณสูงถึงหลายหมื่นตันต่อปีซึ่งยากต่อการจัดเก็บและทำลาย อีกทั้งหากกำจัดไม่ถูกวิธียังส่งผลถึงธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น การฝังกลบที่ต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายเป็นเวลานาน ทำให้ส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ในการเพาะปลูกหรือการทำลายโดยวิธีเผาไหม้ซึ่งอาจจะส่งผลทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจกและยังทำให้สิ่งแวดล้อมเกิดมลพิษในด้านต่าง ๆ อีกมาก ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน์ เป็นต้น จากข้อมูลทางชีววิทยาพบว่าองค์ประกอบหลักของเปลือกหอยแมลงภู่ คือ แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate, $CaCO_3$) สูงถึงร้อยละ 95-99 ซึ่งอยู่ในรูปของแร่อะราโกไนต์ (aragonite)[1] ลักษณะที่พบจะมีการก่อตัวเป็นชั้นๆ โดยมีขนาดเล็กประมาณ 10 ไมโครเมตร และมีความหนาในแต่ละชั้นไม่เกิน 0.5 ไมโครเมตร [2] นอกจากนี้ยังพบว่าในแต่ละชั้นยังมีการยึดเหนี่ยวกันด้วยโปรตีน เช่นβ-(1-4)-linked N-acetyl-D-glucosamine [3] มีหน้าที่เป็นสารยึดเหนี่ยวทำให้เปลือกหอยมีรูปร่างที่สมบูรณ์ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1องค์ประกอบของเปลือกหอยแมลงภู่ในแต่ละชั้น [4]

สำหรับชั้นแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยแมลงภู่ในแต่ละชั้นมีความบริสุทธิ์สูงเนื่องจากเป็นการเลือกคัดสรรโดยธรรมชาติ (naturalselection) ดังนั้นจึงมีสมบัติที่ดีหลายประการ เช่น ความบริสุทธิ์สูง (high purity) ความขาว (brightness)ความเสถียรทางเคมี (chemicalStability) และไม่เป็นพิษ (non-toxic) ต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งหากสามารถสกัดส่วนที่เป็นโปรตีนและสารอินทรีย์ออกจนหมดจะทำให้ได้แคลเซียมคาร์บอเนตบริสุทธิ์ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้ง a) ก่อนสกัด b) หลังสกัดและทำให้บริสุทธิ์

ทางเลือกหนึ่งเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของเปลือกหอยแมลงภู่ที่เป็นของเสียดังกล่าวคือการนำมาผ่านกระบวนการผลิตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธ์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล ซึ่งเป็นการช่วยแก้ไขปัญหาด้านพลังงานซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการดำรงชีวิตและเป็นสิ่งจำเป็นมากที่สุดหลายหน่วยงานภาครัฐและเอกชนได้ตระหนักถึงปัญหาการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ในระดับประเทศที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน โดยประเทศไทยนั้นมีการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศปีละหลายล้านลิตร ประกอบราคาน้ำมันในตลาดโลกที่มีความผันผวนทำให้มีแนวโน้มของราคาที่เพิ่มสูงขึ้นทุก ๆ ปี ดังนั้นจึงส่งผลให้ผู้ประกอบกิจการทางด้านอุตสาหกรรมทุกภาคส่วนต้องเพิ่มต้นทุนในการผลิตสินค้าชนิดต่างๆทำให้ราคาสินค้าหลายรายการมีราคาสูงส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพของประชากรภายในประเทศ จากปัญหาดังกล่าวทำให้มีความจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานเพิ่มเติมเพื่อนำมาทดแทนพลังงานที่นำเข้าจากต่างประเทศ พบว่าประเทศไทยนั้นเป็นแหล่งที่มีความได้เปรียบทางด้านภูมิศาสตร์ในการเพาะปลูกพืชชนิดต่าง ๆ ที่สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงไบโอดีเซลเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้ อย่างไรก็ตามหากจะนำไบโอดีเซลมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนจำเป็นต้องผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการสำหรับการผลิตไบโอดีเซลนั้นจำเป็นต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตซึ่งมีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

แคลเซียมออกไซด์ (Calcium oxide, CaO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เนื่องจากสามารถกำจัดออกจากระบบการผลิตได้ง่าย ราคาถูก อีกทั้งยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในระบบการผลิตได้หลายครั้ง ในส่วนของวิธีการสังเคราะห์แคลเซียมออกไซด์นั้นมีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อนแต่จำเป็นต้องมีแหล่งของวัตถุดิบหลักคือแคลเซียมคาร์บอเนตบริสุทธิ์ซึ่งสามารถเตรียมได้จากการสกัดโปรตีนและสารอินทรีย์ชนิดต่างๆที่แทรกอยู่บนเปลือกหอยแมลงภู่ออกแล้วนำมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนดังแสดงในสมการที่ 1 [5]

$$CaCO3_{(s)} \rightarrow CaO_{(g)} + CO_{2(g)} \quad (1)$$

ดังนั้นเพื่อเป็นการสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนทางคณะผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นและตระหนักถึงความสำคัญจากความสัมพันธ์ของปัญหาปริมาณของเสียเหลือทิ้งที่เพิ่มขึ้นหลายหมื่นตันต่อปีที่มาจากกระบวนการผลิตและแปรรูปของโรงงานอุตสาหกรรรมอาหารทะเลซึ่งยากต่อการกำจัดและปัญหาที่เกิดจากการขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิงซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ในระดับประเทศ โดยทางเลือกหนึ่งที่จะแก้ไขปัญหาหลักที่มีความสำคัญควบคู่ไปพร้อม ๆ กันภายในระยะเวลาเดียวกันได้นั้น คือ การผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพสูงจากการนำเปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้งที่เป็นขยะจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลเพื่อนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการผลิตไบโอดีเซลให้มีความเพียงพอต่อความต้องการของประชากรภายในประเทศ นอกจากนี้

ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียเหลือทิ้งสำหรับการพัฒนาต่อยอดนวัฒกรรมทางกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นจากเดิมในด้านต่าง ๆ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จากของเสียเหลือทิ้งที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้ง

2.ระเบียบวิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยแมลงภู่

นำเปลือกหอยแมลงภู่ที่ผ่านการสกัดโปรตีนออกแล้วมาบดและกรองผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช (mesh) จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิในช่วง800-1000 °Cตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ได้หลังจากการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ ถูกนำไปวิเคราะห์เอกลักษณ์โครงสร้างด้วยเทคนิคเอกซเรย์พาวเดอร์ดิฟแฟรกชัน (XRD) และตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตรสโกปี (IR)

2.2 การสังเคราะห์ไบโอดีเซล

นำน้ำมันปาล์มรีไฟน์ผสมกับเมทานอลในอัตราส่วน 1:6 โดยโมล จากนั้นเติมตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากการสังเคราะห์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (เทียบกับน้ำหนักของน้ำมันปาล์มรีไฟน์) หลังจากนั้นทำการปั่นกวนที่อุณหภูมิ 64 °Cเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้อัตราการปั่นกวน 500 รอบต่อนาที หลังปฏิกิริยาสิ้นสุดลงทำการกรองของผสมเพื่อแยกตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ออกจากระบบ นำไบโอดีเซลที่ได้จากการสังเคราะห์มาวิเคราะห์ร้อยละการเปลี่ยน(%Conversion)จากไตรกลีเซอร์ไรด์ไปเป็นเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้เทคนิคโปรตรอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์-สเปกโทรสโกปี (Proton Nuclear Magnetic Resonance ; ^{1}H-NMR) และทำการวิเคราะห์ร้อยละผลได้ (%Yield) ของไบโอดีเซล โดยเปรียบเทียบกับน้ำหนักน้ำมันปาล์มรีไฟน์ที่ใช้เป็นสารตั้งต้น โดยใช้สมการที่ 2

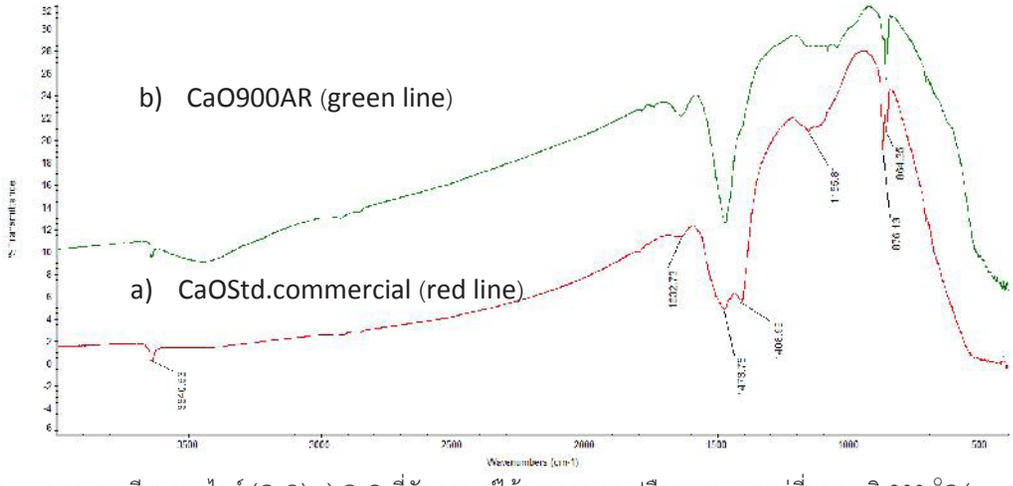
$$\text{ร้อยละผลได้ (\%Yield)} = \frac{\text{น้ำหนักของไบโอดีเซลที่ได้จากการสังเคราะห์ (กรัม)} \times 100\%}{\text{น้ำหนักของน้ำมันปาล์มรีไฟน์ (กรัม)}} \qquad (2)$$

3.ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1การวิเคราะห์เอกลักษณ์เพื่อพิสูจน์ทราบโครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้จากเปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้ง

3.1.1 เทคนิคฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี(FTIR)

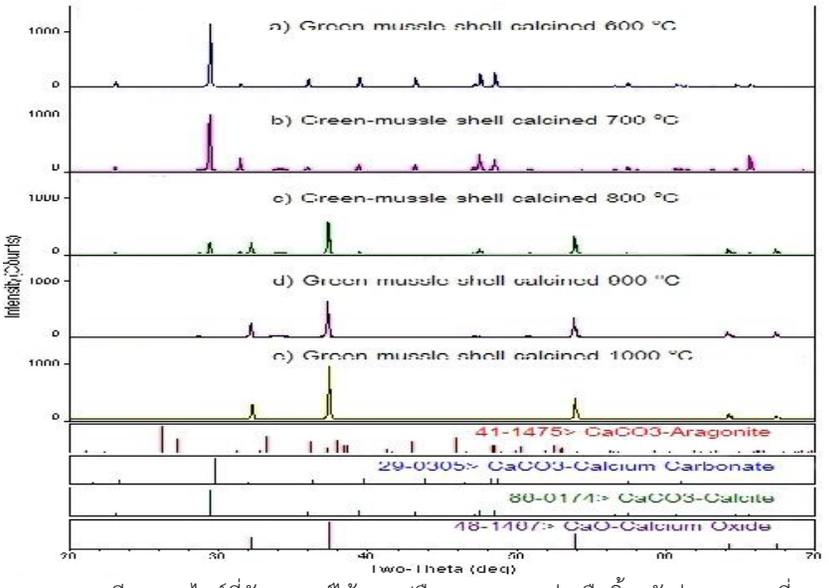
เมื่อนำแคลเซียมออกไซด์ (CaO900AR) ที่สังเคราะห์ได้จากการเผาเปลือกหอยแมลงภู่ที่อุณหภูมิ 900 °Cมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR โดยเปรียบเทียบกับแคลเซียมออกไซด์ที่เป็นสารมาตรฐาน (CaOStd.Commercial) สำหรับใช้เป็นสารมาตรฐานในการเปรียบเทียบข้อมูลของตำแหน่งพีคอ้างอิง (reference peak) ของสารมาตรฐานพบว่า FTIR patternแสดงพีคที่เป็นเอกลักษ์เฉพาะของแคลเซียมออกไซด์ คือ พีคที่ตำแหน่ง 1473.76 cm^{-1}มีสมมาตรการสั่นแบบ asymmetric-stretch ส่วนพีคที่ตำแหน่ง 876.13 cm^{-1}มีสมมาตรการสั่นแบบ out-of plane bend ของโมเลกุล CO_3^{2-}ที่เกิดการสลายตัวของ $CaCO_3$ และพีคที่ตำแหน่ง 3640.53 cm^{-1}เป็นพีคของหมู่ OH^-แบบ stretching band ของ $Ca(OH)_2$โดยเกิดจากการดูดซับ (adsorption) โมเลกุลของน้ำที่มาจากความชื้นในอากาศ (atmospheric air) ซึ่งเกิดขึ้นบริเวณพื้นผิว (surface area) ของแคลเซียมออกไซด์[6]แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 FTIR pattern ของแคลเซียมออกไซด์ (CaO) a) CaO ที่สังเคราะห์ได้จากการเผาเปลือกหอยแมลงภู่ที่อุณหภูมิ 900 °C (green line) b) สารมาตรฐาน CaO Commercial (red line)

3.1.2เทคนิคเอกซเรย์พาวเดอร์ดิฟแฟรกชัน(XRD)

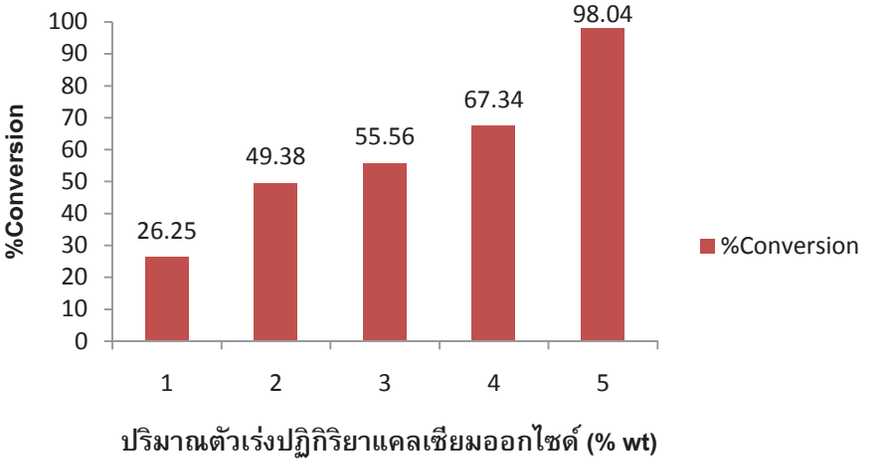
เมื่อเผาเปลือกหอยแมลงภู่ที่อุณหภูมิ 600, 700, 800, 900 และ 1000 °Cพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการเผาสูงกว่า900 °C ขึ้นไปมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากแคลเซียมคาร์บอเนตไปเป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO)อย่างสมบูรณ์ ซึ่งตำแหน่งของพีคที่ 2θเท่ากับ37.38, 53.88, 32.22, 64.19 และ 67.44 เป็นตำแหน่งของพีคที่แสดงเอกลักษณ์เฉพาะของแคลเซียมออกไซด์เมื่อทำการเปรียบเทียบพีคของแคลเซียมออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ร่วมกับJCPDS file no.48-1467 ที่เป็นไฟล์มาตรฐานของแคลเซียมออกไซด์พบว่ามี XRD pattern ตรงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 XRD pattern ของแคลเซียมออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้จากเปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้งหลังผ่านการเผาที่อุณหภูมิ600 - 1000 °C

3.2 การนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากการสังเคราะห์มาประยุกต์ใช้ในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล

จากผลการทดลองเมื่อทำการสังเคราะห์ไบโอดีเซลภายใต้สภาวะที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มรีไฟน์ต่อเมทานอลเท่ากับ 1:6 และอุณหภูมิที่ใช้ในการสังเคราะห์เท่ากับ64 °Cโดยศึกษาการใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากการเผาเปลือกหอยแมลงภู่ที่อุณหภูมิ 900 °Cในอัตราส่วนร้อยละ 1 ถึง 5(เทียบกับน้ำหนักของน้ำมันปาล์มรีไฟน์) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์จะส่งผลทำให้ร้อยละการเปลี่ยนไปเป็นเมทิลเอสเทอร์จากไตรกลีเซอรไรด์ของน้ำมันปาล์มรีไฟน์มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ดังรูปที่ 5 เมื่อมีการเพิ่มปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของSharma และคณะ[7]

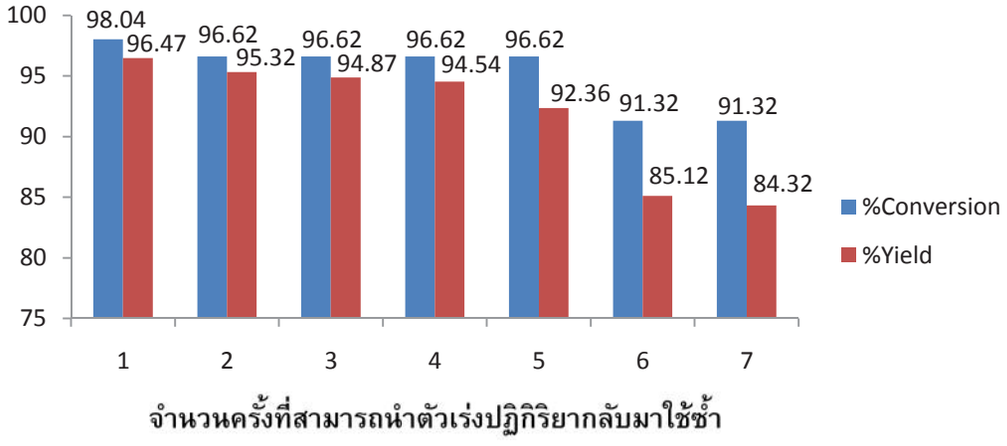


รูปที่ 5ผลของตัวเร่งปฏิกริยาแคลเซียมออกไซด์ที่มีต่อค่า %conversion ในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล

เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาในระบบทำให้สารตั้งต้นสามารถเกิดปฏิกิริยาบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ได้ดียิ่งขึ้นจึงทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้อย่างสมบูรณ์ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่นำมาใช้พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 5 สามารถให้ค่า % conversionได้สูงถึง 98.04 %ภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง

3.3 การนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์กลับมาใช้ซ้ำสำหรับการสังเคราะห์ไบโอดีเซล

การนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์กลับมาใช้ซ้ำใหม่ในระบบพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่เตรียมจากการสังเคราะห์โดยใช้เปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้งเป็นสารตั้งต้นสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยงานวิจัยนี้สามารถนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์กลับมาใช้ซ้ำใหม่ได้ประมาณ 7 ครั้ง จากผลการทดลองพบว่ามีค่า %Conversionอยู่ในช่วง 91 - 98 %ดังแสดงในรูปที่ 6แต่เนื่องจากการนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ซ้ำใหม่ในระบบพบว่ามีการสูญเสียปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาบางส่วนไปกับการเกิดปฏิกิริยาสปอนิฟิเคชันที่ทำให้เกิดไขสบู่ [8]และมีตัวเร่งปฏิกิริยาบางส่วนปะปนอยู่ในไบโอดีเซลหลังจากการแยกสารผลิตภัณฑ์ออกจากระบบทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาหลังจากการแยกออกจากระบบดังนั้นเมื่อมีการนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ซ้ำใหม่ในครั้งต่อไปจึงส่งผลต่อค่าร้อยละผลได้(%Yield)ของไบโอดีเซลซึ่งทำให้มีค่าลดลง นอกจากนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ถูกนำมาใช้ซ้ำหลายครั้ง อาจส่งผลต่อบริเวณพื้นผิวตัวเร่งปฏิกิริยาจากการที่มีสารตั้งต้นหลงเหลือดังนั้นจึงไม่สามารถทำให้เกิดหมู่ -OCH_3เพื่อเข้าทำปฏิกิริยากับกลีเซอไรด์จากน้ำมันปาล์มรีไฟน์ที่เป็นสารตั้งต้นได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้งานครั้งแรก [9] จึงส่งผลทำให้%Yieldของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้มีปริมาณลดลงหลังจากสิ้นสุดปฏิกิริยา



รูปที่ 6การนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์กลับมาใช้ซ้ำสำหรับการสังเคราะห์ไบโอดีเซล

4.สรุปผลการทดลอง

สำหรับการนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์เพื่อสังเคราะห์ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มรีไฟน์ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ไบโอดีเซล คือ อัตราส่วนเชิงโมลระหว่างน้ำมันปาล์มรีไฟน์ต่อเมทานอลเท่ากับ 1:6 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 5 (เทียบกับน้ำหนักของน้ำมันปาล์มรีไฟน์) อุณหภูมิที่ใช้ในการดำเนินปฏิกิริยาเท่ากับ 64 °Cที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมงและอัตราการปั่นกวน 500 รอบต่อนาที (rpm) โดยพบว่าสามารถให้ค่า %Yield และ%Conversion ในการเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ไปเป็นเมทิลเอสเทอร์หรือไบโอดีเซลมีค่าสูงถึงร้อยละ 96.46 และ 98.04 ตามลำดับ นอกจากนี้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ดังกล่าวสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำใหม่ในระบบได้สูงถึง 7 ครั้ง โดยที่ค่า %Conversion มีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย ดังนั้นแนวโน้มการนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้จากเปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้งสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้จริงสำหรับระบบกระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้งซึ่งเป็นของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมโรงงานอาหารทะเลทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มี ราคาถูก ลดการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศที่มีราคาแพง อีกทั้งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้งและไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

5.เอกสารอ้างอิง

[1] Chen, B., Peng, X., Wang, J., Sun, S. “Investigation to interlaced microstructure of aragonite sheets of *Chamidae shell*” *Computational Materials Science*.44, pp. 201-205, 2008.

[2] Rousseau, M., Meibom, A., Gèze, M., Bourrat, X., Angellier, M., Lopez, E. “Dynamics of sheet nacre formation in bivalves” *Journal of Structural Biology*. 165, pp.190-195,2009.

[3] Boro, J., Thakur, A.J., Deka, D. “Solid oxide derived from waste shells of *Turbonillastriatula*as a renewable catalyst for biodiesel production” *Fuel Processing Technology*. 92, pp. 2061-2067, 2011.

[4] Meyers, M., Chen, P., Lopez, M.I., Seki, Y., Lin Y.M.A; "Biological materials: A materials science approach"*Journal of the mechanical behavior of biomedicalmaterials,*4,pp. 626-657,2011.

[5] Kouzu, M., Kasuno, T., Tajika, M., Sugimoto, Y., Yamanaka, S., Hidaka, J. "Calcium oxide as a solid base catalyst for transesterification of soybean oil and its application to biodiesel production" *Fuel*.87, pp.2798-2806, 2008.

[6] Huang, W., Tang, S., Zhao, H., Tian, S. "Activation of commercial CaO for biodiesel production from rapeseed oil using a novel deep eutectic solvent" *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 52, pp. 11943-11947, 2013.

[7] Shama, Y.C., Singh, B., Korstad, J. "Application of an efficient nonconventional heterogeneous catalyst for biodiesel synthesis from Pongamiapinnata oil" *Energy Fuels*. 24, pp. 3223-3231, 2010.

[8] Berrios, M., Skelton, R.L. "Comparison of purification methods for biodiesel" *Chemical Engineering Journal*. 144, pp. 459-465, 2008.

[9] Granados, M.L., Poves, M.D.Z., Alonso, D.M., Mariscal, R., Galisteo, F.C., Moreno-Tost,R., Santamaría, J., Fierro, J.L.G. "Biodiesel from suflower oil by using activated calcium oxide" *Applied Catalysis B: Environmental*. 73, pp. 317-32615, 2007.