

การสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอย

Decomposition Study of Calcium Carbonate in Shells

สุภกร บุญยีน*, มณฑา มาลัยทอง และอภิสิทธิ์ โพธิ์แก้ว

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

เบญญา เชิดหิรัญกร และอิสรพงษ์ เชื้อสันทิยะ

ภาควิชาฟิสิกส์ 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 Itsarapong Chuasantia

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

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอย โดยเตรียมตัวอย่างของเปลือกหอยแมลงภู่ หอยหวาน และหอยแครงในรูปแบบผง นำไปเผาในช่วงอุณหภูมิ 500, 700 และ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง บดและกรองผ่านตะแกรงคัดกรองขนาด 100 ไมโครเมตร พบว่าแคลเซียมคาร์บอเนตที่สะสมอยู่ในเปลือกหอยมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวด้วยการนำมาวิเคราะห์ด้วยการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) และวิเคราะห์พื้นที่ผิวด้วยเทคนิค Brunauer-Emmett-Teller (BET) ผลการวิเคราะห์พบว่าแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยทุกชนิดประกอบด้วยโครงสร้างอะราโกไนต์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดการเปลี่ยนไปเป็นโครงสร้างแคลไซต์ที่อุณหภูมิ 500-700 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส พบว่าแคลเซียมคาร์บอเนตเกิดเปลี่ยนไปเป็นแคลเซียมออกไซด์อย่างสมบูรณ์ ส่วนการเผาเปลือกหอยแมลงภู่จะเปลี่ยนไปเป็นแคลเซียมออกไซด์ได้ดีกว่าเปลือกหอยแครงและเปลือกหอยหวาน ตามลำดับ นอกจากนี้แคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากเปลือกหอยแครงยังมีความไวต่อความชื้น ซึ่งเปลี่ยนเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้ง่าย

คำสำคัญ : เปลือกหอย; แคลเซียมคาร์บอเนต; แคลเซียมออกไซด์; แคลเซียมไฮดรอกไซด์

Abstract

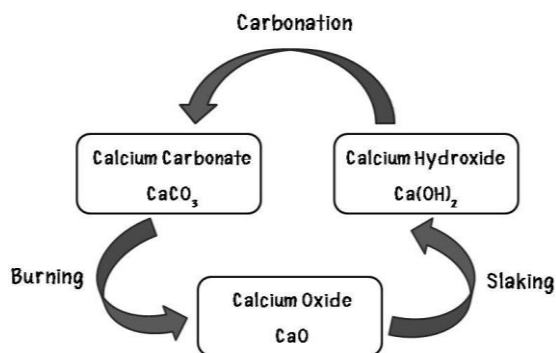
In this research, the decomposition of calcium carbonate from various shells was studied with a function of calcination temperature. The mussel, spotted babylon and cockle shell were calcined. The calcination temperature were in ranged of 500 to 900 °C for 5 hr. Calcined shell were grinded and sieved to select 100 micrometer size particles. The results showed calcium carbonate in each shell turn into calcium oxide and the calcined shell powder were characterized by various techniques such as X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM), and Brunauer-Emmett-Teller (BET) surface analysis. XRD patterns illustrated partial phase changing from aragonite to calcite, when heating at 500-700 °C. However, the greater heating temperature to 900 °C was showed completing phase change to calcite. The calcium oxide from calcined shell powder were very sensitive to the moisture in air, as the calcium hydroxide peak was found in XRD pattern.

Keywords: shell; calcium carbonate; calcium oxide; calcium hydroxide

1. คำนำ

แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นอนินทรีย์สารที่เกิดจากการทับถมของตะกอนคาร์บอเนตในแหล่งน้ำธรรมชาติ มีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่ละลายน้ำ มีสมบัติเฉพาะ ไม่เป็นพิษ และมีความเสถียรทางเคมี จึงนิยมนำไปใช้เป็นวัตถุติดพื้นฐานที่สำคัญในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ใช้เป็นตัวเติม (filler) ในอุตสาหกรรมพลาสติก ยาง กระดาษ และสี แคลเซียมคาร์บอเนตยังใช้เป็นสารที่ควบคุมในการผลิตของอุตสาหกรรมเหล็กกล้าและวัตถุที่ทำจากเหล็ก (Wang *et al.*, 2007) แคลเซียมคาร์บอเนตมีโครงสร้างผลึก 3 แบบ คือ แคลไซต์ (calcite) อะราโกไนต์ (aragonite) และวาเทอร์ไรต์ (vaterite) (Nan *et al.*, 2008) ซึ่งแคลไซต์เป็นโครงสร้างผลึกที่เสถียรที่สุดและวาเทอร์ไรต์จะมีความเสถียรน้อยที่สุด (Nan *et al.*, 2013) เมื่อแคลเซียมคาร์บอเนตได้รับความร้อนสูงจนถึงจุดที่สามารถหลอมละลาย จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเปลี่ยนเป็นแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งจะสามารถดูดความชื้นในอากาศได้ดี และยังสามารถเปลี่ยนเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้ (Hu *et al.*, 2011) โดยวัฏจักรของ

แคลเซียมคาร์บอเนตนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 วัฏจักรของแคลเซียมคาร์บอเนต

ในธรรมชาติพบวัสดุหลายชนิดที่มีส่วนประกอบหลักเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต เช่น ปะการัง เปลือกไข่ เปลือกหอย ซึ่งมีรายงานว่าเปลือกหอยจะประกอบด้วยสารจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนตมากถึงร้อยละ 95-99 และมีโปรตีนเป็นสารเชื่อมต่อยาวร้อยละ 0.1-5.0 โดยน้ำหนัก (Kaplan, 1998) โดยเปลือกหอยจะมีชั้นผิวก (prismatic layer) ซึ่งเป็นชั้นที่แข็งแรง

ที่สุด ประกอบด้วยสารประกอบแคลเซียม ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแคลไซต์ (Jacob *et al*, 2008; Hale *et al.*, 1994) โดยแคลเซียมคาร์บอเนตจะเปลี่ยนไปเป็นแคลเซียมออกไซด์ และนำไปใช้เร่งปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มเพื่อผลิต ไบโอดีเซล ซึ่งการเร่งปฏิกิริยาไบโอดีเซลมักนิยมใช้เป็นแบบวิธีพ่นชั้นเบสสำหรับปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน เนื่องจากมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าและใช้สภาวะในการทำปฏิกิริยาที่ไม่ซับซ้อน จากรายงานวิจัยก่อนหน้านี้ แสดงการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ ร้อยละ 3 โดยมวล โดยให้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 ได้ผลร้อยละผลผลิตถึงร้อยละ 91 ของการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซล ที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (สุภกร และคณะ, 2556) ทั้งนี้การใช้ตัวเร่งวิวิธพันธุ์จะช่วยลดขั้นตอนในการล้างทำความสะอาดน้ำมัน ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเปลี่ยนโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนต เพื่อให้ได้แคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอย โดยใช้เปลือกหอยแมลงภู่ หอยหวาน และหอยแครง ซึ่งหอยทั้งสามชนิดเป็นที่นิยม โดยเปลือกหอยทั้งสามชนิดล้วนเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภค

2. วิธีการวิจัย

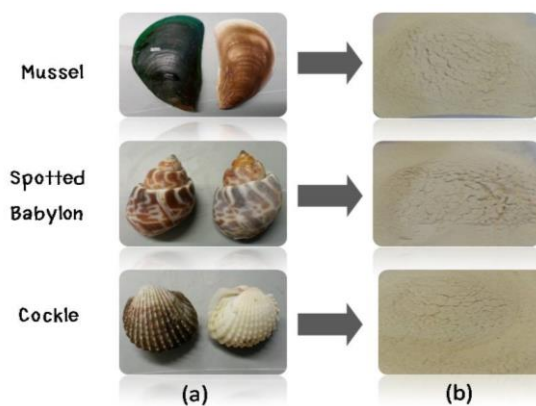
2.1 การเตรียมเปลือกหอยเพื่อศึกษาการเปลี่ยนโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนต

นำเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิด มาล้างทำความสะอาดด้วยสารซักล้างและน้ำกลั่นจนสะอาด แล้วนำไปต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อกำจัดกากโปรตีนที่ปนเปื้อนออก หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด ตากแดด และอบแห้ง นำเปลือกหอยที่แห้งมาบดหยาบ ๆ แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 500, 700 และ 900 องศา

เซลเซียส ตามลำดับ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ก่อนทำให้เย็นและบด กรองผ่านตะแกรงขนาด 100 ไมโครเมตร โดยเปลือกหอยที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction บริษัท Bruker รุ่น D8 ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้ Cu-K [$\lambda = 1.54056$ อังสตรอม) ที่ 40 กิโลโวลต์ และ 40 มิลลิแอมป์ โดยศึกษา 20-80 องศา อัตราการเพิ่ม 0.02 องศา ผลที่ได้จะนำไปเทียบกับข้อมูลที่เป็น มาตรฐาน ของ The Joint Committee on Powder Diffraction Standard (JCPDS)] กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด [scanning electron microscope (SEM) บริษัท Hitachi รุ่น S-2510] และวิเคราะห์พื้นที่ผิวด้วย Brunauer-Emmett-Teller (BET, Quantachrome version 2.0)

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

งานวิจัยนี้ใช้เปลือกหอย 3 ชนิด ได้แก่ เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกหอยหวาน และเปลือกหอยแครง ซึ่งนำมาจากจังหวัดปทุมธานี (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 เปลือกหอยที่ใช้ในการศึกษาและเปลือกหอยที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (a) และเปลือกหอยที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส หลังการบดและกรองผ่านตะแกรง (b)

รายงานวิจัยของ Jacob และคณะ (2008) พบว่าเปลือกชั้นผิวหนังนอก (periostracum layer) ที่เห็นเป็นสีเขียวบนน้ำตาลของหอยแมลงภู่ นั้น เป็นชั้นที่บางและสารส่วนใหญ่จะพบประกอบด้วย โปรตีนประเภทคอนไดโอลิน ปกติจะพบในหอยที่ยังมีชีวิตและจะหลุดหายไปเมื่อหอยไม่มีชีวิตแล้ว โดยจากการวิจัยเมื่อนำเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิด มาต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อล้างคราบโปรตีนออกจากเปลือกหอย ตามวิธีการที่เคย

รายงาน (Hale et al., 1994) พบว่าเปลือกชั้นผิวหนังนอกที่เห็นเป็นสีเขียวบนน้ำตาลของหอยแมลงภู่ ลอกออก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สามารถละลายผิวหนังนั้นให้หลุดออก และสุดท้ายจะเห็นเป็นลักษณะเปลือกหอยสีน้ำตาล บริเวณเปลือกทางส่วนหน้า (anterior) และมีสีขาวบริเวณส่วนหลัง (posterior) และเมื่อนำหอยที่ล้างสะอาดแล้วไปเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าลักษณะทางกายภาพเป็นไปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปของเปลือกหอยบดหลังการเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

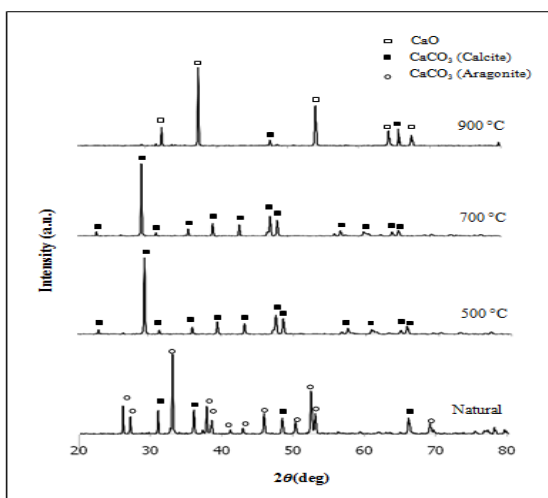
อุณหภูมิ	ลักษณะทางกายภาพของเปลือกหอยแมลงภู่			ลักษณะทางกายภาพของเปลือกหอยหวาน			ลักษณะทางกายภาพของเปลือกหอยแครง		
	% น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง	สี	ความอ่อนตัว	% น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง	สี	ความอ่อนตัว	% น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง	สี	ความอ่อนตัว
อุณหภูมิห้อง	-	ขาวปนน้ำตาล	แข็ง	-	ขาวปนน้ำตาล	แข็ง	-	ขาวปนดำ	แข็ง
500 °C	4.01	เทาเข้ม	เปราะบาง	2.31	เทาอ่อน	เปราะบาง	2.07	เทาอ่อน	เปราะบาง
700 °C	4.85	เทาเข้ม	เปราะบาง	3.82	เทาอ่อน	เปราะบาง	3.41	เทาอ่อน	เปราะบาง
900 °C	39.17	ขาว	เปราะบาง	36.56	ขาว	เปราะบาง	41.16	ขาว	เปราะบาง

ลักษณะทางกายภาพของเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิด ทั้งที่ยังไม่เผาและหลังการเผา จะเห็นได้ว่าเปลือกหอยมีลักษณะความขาวและความอ่อนตัวที่อุณหภูมิการเผาสูงมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ความร้อนยังมีผลให้สีของเปลือกหอยเปลี่ยนแปลงไป โดยที่อุณหภูมิสูง เปลือกหอยจะเปลี่ยนจากสีเทาเป็นสีขาว ซึ่งเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากการเผาให้ผลสอดคล้องกัน เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง น้ำหนักของ

เปลือกหอยจะลดลงประมาณครึ่งของน้ำหนักก่อนเผา ซึ่งตรงกันข้ามกับการเผาที่อุณหภูมิต่ำ น้ำหนักหลังเผาจะลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้สาเหตุที่น้ำหนักและสีของเปลือกหอยเปลี่ยนไป เกิดจากการสลายตัวจากแคลเซียมคาร์บอเนตไปเป็นแคลเซียมออกไซด์ที่แต่ละอุณหภูมิมีค่าแตกต่างกัน เมื่อเผาเปลือกหอยที่อุณหภูมิสูงจะทำให้โครงสร้างประกอบภายในของหอยเปลี่ยนไปและหอยแครงจะให้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงมากที่สุดที่อุณหภูมิ

900 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ผลการทดลองในตารางยังแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยกรณีที่เผาอุณหภูมิ 500 และ 700 องศาเซลเซียส อาจเป็นเพียงการเผาไล่องค์ประกอบจากสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อน เพื่อยืนยันสมมุติฐานดังกล่าว จึงได้นำตัวอย่างไปวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของสารด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ซึ่งเทคนิคนี้สามารถทำการวิเคราะห์ได้ทั้งสารประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง และนำมาใช้ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างผลึกของสารตัวอย่างได้

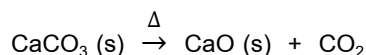
จากการศึกษาโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) ของเปลือกหอยแมลงภูที่อุณหภูมิต่าง ๆ

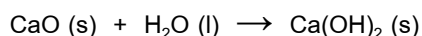
พบว่าเปลือกหอยในธรรมชาติจะมีโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นหลัก ซึ่งมีผลึกเป็นแบบออร์โธโรมบิก (orthorhombic) โดยสามารถตรวจพบพีคที่ตำแหน่ง 26.22° , 27.21° , 33.13° , 37.88° และ 52.46° (เปรียบเทียบกับฐานข้อมูล JCPDS เลขที่ 41-1475) เมื่อให้ความร้อนสูงกว่า 500 องศาเซลเซียส

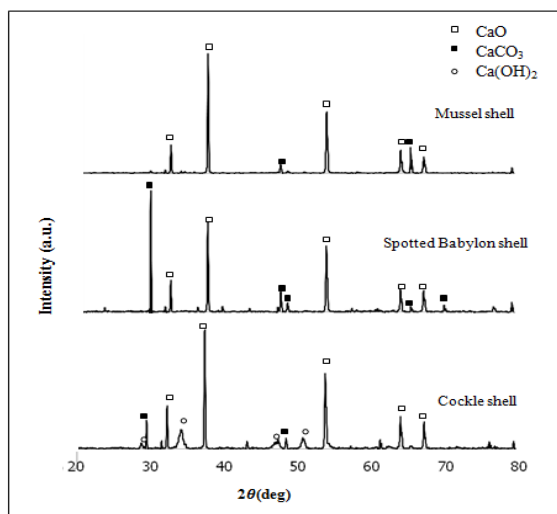
ยังพบโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนตโดยตรวจพบพีคที่ตำแหน่ง 29.48° , 39.44° , 43.17° , 47.72° และ 48.62° (เปรียบเทียบกับฐานข้อมูล JCPDS เลขที่ 72-1651) โดยเปลี่ยนรูปผลึกเป็นแบบแคลไซต์ ซึ่งเป็นรอมโบฮีดรัล (rhombohedral) และเมื่อได้รับความร้อนสูงจนถึง 900 องศาเซลเซียส พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 32.32° , 37.47° , 54.05° , 64.39° และ 67.62° ซึ่งตรงกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแคลเซียมออกไซด์ (เปรียบเทียบกับฐานข้อมูล JCPDS เลขที่ 78-649) ซึ่งมีโครงสร้างผลึกแบบเฟซเซนเตอร์คิวบิก (fcc) เนื่องจากเปลือกหอยอยู่ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต โครงสร้างผลึกแบบแคลไซต์ จะเกิดการสลายตัวเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเป็นแคลเซียมออกไซด์เมื่อได้รับความร้อนสูง ๆ (สุภกรและคณะ, 2556)



หลังจากทำการเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ จะพบว่าเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิด มีสารประกอบโครงสร้างที่คล้ายคลึงกัน ดังรูปที่ 4 ซึ่งเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงจะตรวจสอบโครงสร้างผลึกของแคลเซียมออกไซด์เกิดขึ้น และยังพบว่าโครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือบางส่วน

ระหว่างทำการทดลองเปลือกหอยเผาทั้ง 3 ชนิด ถูกเก็บไว้ในอุปกรณ์ดูดความชื้นเป็นเวลา 7 วัน ก่อนทำการตรวจวัดด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ก่อนการใช้งานพบว่าเปลือกหอยแครงแสดงพีคของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (35°) มากกว่ากรณีเปลือกหอยที่ผ่านการเผาชนิดอื่น ๆ จึงกล่าวได้ว่าแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยแครงที่ผ่านการเผาที่ 900 องศาเซลเซียส สามารถดูดความชื้นได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mustakimah และคณะ (2012)

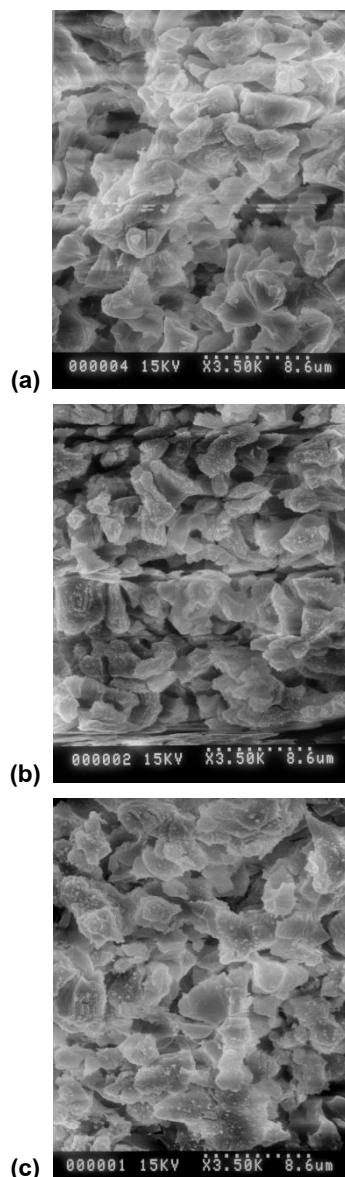




รูปที่ 4 การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) ของเปลือกหอยต่าง ๆ ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

ในการศึกษาโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดอิเล็กตรอน พบว่าเปลือกหอยที่ไม่ผ่านการเผาจะมีลักษณะเม็ดอนุภาคขนาดใหญ่ โครงสร้างผลึกมีลักษณะเรียบแน่น บริเวณพื้นผิวโดยทั่วจะมีรูพรุนขนาดเล็กกระจายอยู่และมีรอยขรุขระเล็กน้อย ซึ่งเมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่เผา 700 องศาเซลเซียส พบว่าโครงสร้างมีรอยขรุขระมากขึ้น เกิดรอยแตกบริเวณพื้นผิว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความร้อนทำให้เกิดการการสลายอินทรีย์สารในเปลือกหอย และอาจเกิดจากการเปลี่ยนโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนตจากโครงสร้างผลึกแบบอะราโกไนต์ไปเป็นโครงสร้างผลึกแบบแคลไซต์ดังรายงานก่อนหน้านี้ (Rivera *et al.*, 1999) แต่เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น (900 องศาเซลเซียส) จะเกิดการเปลี่ยนโครงสร้างผลึกจากแคลเซียมคาร์บอเนตไปเป็นแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งมีรูพรุนสูง จึงมีลักษณะเปราะ หักง่าย และสามารถบดละเอียดได้ง่ายกว่าเปลือกหอยที่เผาที่อุณหภูมิต่ำโดยพิจารณาจากโครงสร้างทางจุลภาคของเปลือกหอย

ดังแสดงในรูปที่ 5 เนื่องจากมีรูพรุนกระจายทั่วบริเวณมากกว่าโครงสร้างเปลือกหอยที่เผาที่อุณหภูมิต่ำ (500-700 องศาเซลเซียส) และลักษณะโดยรวมของเปลือกหอยแต่ละชนิดที่ได้จะมีลักษณะใกล้เคียงกัน



รูปที่ 5 ลักษณะพื้นผิวของเปลือกหอยแมลงภู (a) หอยหวาน (b) และหอยแครง (c) ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2 พื้นที่ผิวของเปลือกหอยเผาที่อุณหภูมิ
ต่าง ๆ

อุณหภูมิที่เผา เปลือกหอย (องศาเซลเซียส)	พื้นที่ผิว (m ² /g)	
	เปลือก หอยแมลงภู่	เปลือก หอยแครง
อุณหภูมิห้อง	27.73	24.02
500	41.57	32.51
700	52.48	42.31
900	89.91	59.91

จากผลการศึกษาโครงสร้างของเปลือกหอยด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ พบว่าเปลือกหอยแมลงภู่สามารถเปลี่ยนเป็นแคลเซียมออกไซด์ได้อย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ขณะที่หอยแครงแสดงพีคของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งอาจเกิดจากการดูดความชื้นของแคลเซียมออกไซด์ที่เตรียมได้ ทั้งนี้การจับตัวของอนุภาคจากทั้งสองตัวอย่าง น่าจะแสดงความแตกต่างในเชิงพื้นที่ผิวสัมผัส ซึ่งในงานวิจัยได้ติดตามหาปริมาณพื้นที่ผิวของตัวอย่างทั้งสองชนิด โดยศึกษาพื้นที่ผิวด้วยเทคนิคของการดูดซับและคายซับแบบกายภาพกับเทคนิค BET ซึ่งเป็นไปตามตารางที่ 2 พบว่าหอยแมลงภู่มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า กล่าวคือ มีขนาดอนุภาคที่มีขนาดเล็ก ซึ่งตรงกันข้ามกับหอยแครงให้พื้นที่ผิวดังกล่าว ขนาดอนุภาคมีขนาดใหญ่ กรณีตัวอย่างหอยแครงที่เผาอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส อาจเกิดการเกาะกลุ่มกันและดูดซึมน้ำในอากาศเพื่อเปลี่ยนเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ดังที่พบในผลการศึกษาโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายลักษณะผิวของผงหอยแมลงภู่จะเห็นว่าปริมาณพื้นที่ผิวดังกล่าว เนื่องจากลักษณะผิวที่มีการเกาะกลุ่มมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลของการวิเคราะห์

4. สรุป

จากการศึกษาการสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอย โดยตัวอย่างที่ใช้ศึกษา คือเปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกหอยหวาน และเปลือกหอยแครง โดยพบว่าอุณหภูมิของการเผาจะมีผลทำให้แคลเซียมคาร์บอเนตเกิดการเปลี่ยนโครงสร้างผลึก นอกจากนั้นยังพบว่าเปลือกหอยที่ไม่ผ่านการเผาและเปลือกหอยที่เผาที่อุณหภูมิต่ำจะพบลักษณะโครงสร้างเหมือนเดิมของแคลเซียมคาร์บอเนต แต่เมื่อให้ความร้อนสูงถึง 900 องศาเซลเซียส แคลเซียมคาร์บอเนตจะเกิดการสลายตัวเปลี่ยนเป็นโครงสร้างแคลเซียมออกไซด์ โดยพบว่าเปลือกหอยแมลงภู่เผาที่ 900 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนเป็นแคลเซียมออกไซด์ได้ดีที่สุด ตามด้วยเปลือกหอยแครงและเปลือกหอยหวาน ตามลำดับ นอกจากนี้ ความชื้นยังมีผลต่อการเปลี่ยนโครงสร้างของแคลเซียมออกไซด์ ไปเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ดังนั้นในการเก็บรักษาแคลเซียมออกไซด์ต้องหลีกเลี่ยงความชื้น ซึ่งแคลเซียมออกไซด์มีประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการผลิตไบโอดีเซลที่ได้รับความนิยมในขณะนี้ (Wijaya *et al.*, 2013)

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้สนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ทุนสนับสนุนการวิจัย ม.ร. และภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือเพื่อให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งศูนย์เครื่องมือรวม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Wang, C., Sheng, Y., Bala, H., Zhao, X., Zhao, J., Ma, X. and Wang, Z., 2007, A

- novel aqueous-phase route to synthesize hydrophobic CaCO_3 particles *in situ*, Mater. Sci.Eng. C. 27: 42-45.
- [2] Nan, Z., Chen, X., Yang, Q., Wang, X., Shi, Z. and Hou, W., 2008, Structure transition from aragonite to vaterite and calcite by assistance of SDBS, J. Colloid Interface Sci. 325: 331-336.
- [3] Gopi, S., Subramanian, V.K. and Palanisamy, K., 2013, Aragonite-calcite-vaterite: A temperature influenced sequential polymorphic transformation of CaCO_3 in the presence of DTPA, Mater. Res. Bull. 48: 1906-1912.
- [4] Hu, S., Wang, Y. and Han, H., 2011, Utilization of waste freshwater mussel shell as an economic catalyst for biodiesel production, Biom. Bioen. 35: 3627-3635.
- [5] Kaplan, D.L., 1998, Mollusk shell structures: Novel design strategies for synthetic materials, Curr. Opin. Solid State Mater. Sci. 3: 232-236.
- [6] Jacob, D.E., Soldati, A.L., Wirth, R., Huth, J., Wehrmeister, U. and Hofmeister, W., 2008, Nanostructure, composition and mechanisms of bivalve shell growth, Geochimica et Cosmochimica Acta 72: 5401-5415.
- [7] Hale, G., Drumm, A., Harrison, P. and Phillips, J., 1994, Repeated cleaning of protein A affinity column with sodium hydroxide, J. Immunol. Meth. 171: 15-21.
- [8] สุกกร บุญยี่น, พัชรพร เทียมปาน และ สมลักษณ์ เรืองสุทธินฤภาพ, 2556, การสังเคราะห์ตัวเร่งวิวิพันธ์จากเปลือกหอยเหลือทิ้งเพื่อใช้เตรียมไบโอดีเซล, ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 21: 526-532.
- [9] Mustakimah, M., Suzana, Y. and Saikat, M., 2012. Decomposition study of calcium carbonate in cockle shell, J. Eng. Sci. Technol. 7: 1-10.
- [10] Rivera, E.M., Araiza, M., Browstow, W., Castano, V.N., Diaz-Estrada, J.R. and Rodriguez, R.J., 1999, Synthesis of hydroxyapatite from eggshells, Mater. Lett. 41: 128-134.
- [11] Wijaya, S., Indra, W., Nani, I. and Suryadi, I., 2013, Waste capiz (*Amusium cristatum*) shell as a new heterogeneous catalyst for biodiesel production, Renew. Ener. 50: 795-799.