

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเซอรี
นิภาพัท เจริญไทย

Structural Transition of Calcium Carbonate in Golden Apple Snail Mollusk Shell

Nipaphat Charoenthai

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 65000

Corresponding author. E-mail: nipaphatc@nu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเซอรี เมื่อนำไปอบให้ความร้อนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิต่าง ๆ จาก 350 ถึง 900 องศาเซลเซียส โดยใช้เทคนิค powder x-ray diffraction และ Fourier transform infrared spectroscopy จากผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นว่า เปลือกหอยเซอรีที่ยังไม่ผ่านการอบให้ความร้อนมีโครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปของอะราโกไนต์ เมื่อนำเปลือกหอยไปผ่านการอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส พบว่าโครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากอะราโกไนต์ไปเป็นแคลไซต์ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของการอบสูงขึ้นเป็น 450 องศาเซลเซียส มีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกนี้เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าโครงสร้างผลึกแบบแคลไซต์เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อไปกลายเป็นสารประกอบแคลเซียมออกไซด์ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของการอบให้สูงขึ้นไปอีกเป็น 900 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: แคลเซียมคาร์บอเนต อะราโกไนต์ แคลไซต์ การเปลี่ยนแปลงวัฏภาค

Abstract

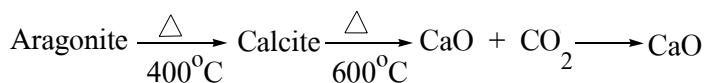
This research investigated structural transitions of calcium carbonate in the mollusk of golden apple snails after annealing for two hours at various temperatures ranging from 350 to 900 °C by utilizing techniques of powder x-ray diffraction and Fourier transform infrared spectroscopy. The measurements detected aragonite form of calcium carbonate in unheated golden apple snail mollusk. Upon annealing at 350 °C, the transformation of calcium carbonate from the aragonite to the calcite form was found to take place. Increasing the annealing temperature to 450 °C resulted in

the completion of the transition process. In addition, the calcite was found to transform to calcium oxide when the annealing temperature was further increased to 900°C.

Keywords: Calcium Carbonate, Aragonite, Calcite, Phase transition

บทนำ

แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เป็นเกลือที่ประกอบด้วยไอออนของแคลเซียม (Ca^{2+} ions) และไอออนของคาร์บอเนต (CO_3^{2-} ions) มีกระจายอยู่มากมายบนโลก โดยทั่วไปแล้วจะเป็นส่วนประกอบของหิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหินปูนและจะมีการสะสมมากขึ้นในน้ำร้อน และเมื่อมีมากขึ้นจะทำให้เกิดหินงอกหินย้อย (Deer *et al.*, 1963) แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างผลึกหลายรูปแบบ ที่พบมากในธรรมชาติได้แก่ อะราโกไนต์ แคลไซต์ และ วาเทอไรต์ ส่วนใหญ่มักจะพบอะราโกไนต์และแคลไซต์มากกว่าวาเทอไรต์ เพราะแร่ทั้งสองชนิดจัดเป็นแร่ที่ค่อนข้างมีความเสถียรบนพื้นโลก นอกจากนี้อะราโกไนต์และแคลไซต์ยังสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกลับไปมาระหว่างกันได้ ขึ้นอยู่กับสภาวะของอุณหภูมิและความดันในขณะนั้น อะราโกไนต์จะไม่เสถียรที่อุณหภูมิและความดันปกติแต่จะเสถียรที่ความดันสูงๆและอุณหภูมิไม่สูงนัก ดังนั้นถ้าต้องการให้อะราโกไนต์เสถียรเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงก็ต้องเพิ่มความดันให้สูงด้วย ถ้าอะราโกไนต์ถูกให้ความร้อนประมาณ 400 องศาเซลเซียส จะเกิดการเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเป็นแคลไซต์ได้ทันทีถ้าความดันไม่เพิ่มขึ้น แสดงว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีโครงสร้างผลึกแบบแคลไซต์ จะเสถียรกว่าแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีโครงสร้างผลึกแบบอะราโกไนต์ และจะเริ่มเปลี่ยนจากแคลเซียมคาร์บอเนตไปเป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO) เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น 600 องศาเซลเซียส (Linga RaJu *et al.*, 2003) ดังสมการ



การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตจากอะราโกไนต์ไปเป็นแคลไซต์ ไอออนของ Ca^{2+} จะยังคงอยู่ที่ตำแหน่งเดิมในโครงสร้างผลึก จะมีการจัดเรียงตัวใหม่เฉพาะไอออนของ CO_3^{2-} เท่านั้น (Nakamoto, 1986) นอกจากนี้จะพบแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในหินต่างๆ ที่มีอยู่บนเปลือกโลกแล้ว ยังพบว่าเปลือกหอยเป็นแหล่งแคลเซียมคาร์บอเนตที่สำคัญในธรรมชาติ โดยทั่วไปเปลือกหอยจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งสารอนินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในเปลือกหอยก็คือแคลเซียมคาร์บอเนต การจัดเรียงตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยค่อนข้างซับซ้อนและมีหลายรูปแบบ โดยผลึก

ของแคลเซียมคาร์บอเนตจะจัดเรียงตัวอยู่ในส่วนอินทรีย์สาร (organic matrix) ของเปลือกหอย โดยมีการจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้างผลึกทั้งแบบอะราโกไนต์ หรือแคลไซต์ ซึ่งแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยจะมีโครงสร้างผลึกในรูปแบบใดนั้นจะขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม อุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส ดินที่อยู่ และอาหารที่หอยชอบกิน (Addadi *et al.*, 1995) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าในเปลือกหอยนางรมซึ่งเป็นหอยทะเลจะมีการจัดเรียงตัวของผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตทั้ง 2 แบบ แต่จะอยู่ในรูปของโครงสร้างผลึกแบบอะราโกไนต์มากกว่าโครงสร้างผลึกแบบแคลไซต์ ส่วนในเปลือกหอยน้ำจืดและหอยทากดินจะมีการจัดเรียงตัวของผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นแบบอะราโกไนต์ (Ziegler *et al.*, 1999) ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเชอรี่ ที่เป็นศัตรูข้าวที่สำคัญที่ระบาดอยู่ในเขตจังหวัดพิษณุโลก เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลที่ได้อาจนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนผสมต่อไป เช่น ทางการแพทย์, ทางอิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีทางด้านพลังงาน เป็นต้น โดยจะทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเชอรี่ด้วยวิธีทางสเปคโตรสโคปี

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างเปลือกหอยเชอรี่ นำไปล้างให้สะอาดด้วยน้ำ ต่อจากนั้นนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.01 โมลต่อลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้สารอินทรีย์ต่างๆ ที่ติดอยู่บนเปลือกหอยหลุดออก หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ล้างแดดให้แห้ง นำเปลือกหอยที่แห้งแล้วไปบดให้ละเอียด นำมาร่อนในตะแกรงร่อนผง ก่อนนำไปบดให้เป็นผงด้วยโกร่ง จากนั้นนำเปลือกหอยตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วใส่ลงในครุซิบิล (crucible) นำไปอบให้ความร้อนในเตาเผาแบบ tube furnace ซึ่งจะทำการอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ตามต้องการคือ 350, 400, 450, 500, 550, 600 และ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง สารตัวอย่างที่ได้ นำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะ โครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเชอรี่ โดยใช้เครื่อง x-ray diffractometer ของ Phillips รุ่น PW 3040/60 X'PERT PRO Console ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง จาก 2θ ตั้งแต่ 20 – 60 องศา และเปลี่ยน step ละ 0.01 องศา ต่อ 6 วินาที โดยใช้รังสีของ Cu K α (40 กิโลโวลต์ต่อ 20 มิลลิแอมแปร์) ที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ 1.549 Å เป็นตัวแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกจากการสั่นสะเทือนของคาร์บอเนตไอออน (CO $_3^{2-}$) ในเปลือกหอยเชอรี่โดยใช้เทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) ของ Perkin Elmer รุ่น spectrometer GX โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ใช้คลื่นความถี่ช่วงกลางอินฟราเรดซึ่งเป็นช่วงที่อยู่ระหว่างความถี่ 4,000-400 cm $^{-1}$ ในการวิเคราะห์

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

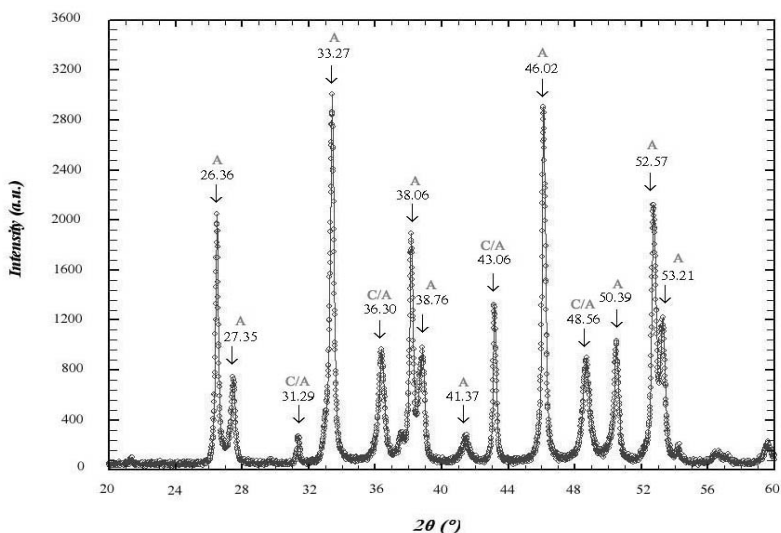
1. ผลจาก powder x-ray diffraction

รูป 1 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของเปลือกหอยเชอริที่ไม่ได้ผ่านการอบให้ความร้อน จากรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์จะพบตำแหน่งพิกที่สำคัญที่ 2 θ ประมาณ 26.36, 27.35, 33.27, 38.06, 38.76, 41.37, 46.02, 50.39, 52.57 และ 53.21 องศา (แทนด้วยตัว A ในรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์) ซึ่งตำแหน่งพิกต่างๆเหล่านี้จะพบเฉพาะในโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนตที่อยู่ในรูปอะราโกไนต์เท่านั้น ตำแหน่งพิกที่ 2 θ เท่ากับ 31.29, 36.30, 43.06 และ 48.56 องศา (แทนด้วยตัว C/A ใน รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์) เป็นตำแหน่งพิกที่สามารถพบได้ทั้งในโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนตที่อยู่ในรูปอะราโกไนต์และแคลไซต์ซึ่งเกิดได้ในตำแหน่งเดียวกัน และเมื่อนำรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ JCPDS file No.83-0578 พบว่าตำแหน่งพิกที่เกิดขึ้นเป็นตำแหน่งพิกของโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปอะราโกไนต์ (Ziegleann *et al.*, 1999) แสดงว่าเปลือกหอยเชอริตามธรรมชาติจะมีโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่ในรูปอะราโกไนต์ ซึ่งมีหน่วยเซลล์ของโครงสร้างผลึกเป็นแบบอโรธอมบิก (orthorhombic) จากนั้นเมื่อนำเปลือกหอยเชอริไปอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิเริ่มต้น คือ 350 องศาเซลเซียส จากรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์จะพบตำแหน่งพิกที่พบเฉพาะในโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปอะราโกไนต์ และยังพบตำแหน่งพิกของแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปแคลไซต์ ปรากฏขึ้นที่ 2 θ ประมาณ 23.19, 29.60, 39.61, 47.64, 56.73 และ 57.57 องศา (แทนด้วยตัว C ใน รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์) ดังรูป 2 แสดงว่าโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเชอริเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากอะราโกไนต์ ไปเป็นแคลไซต์

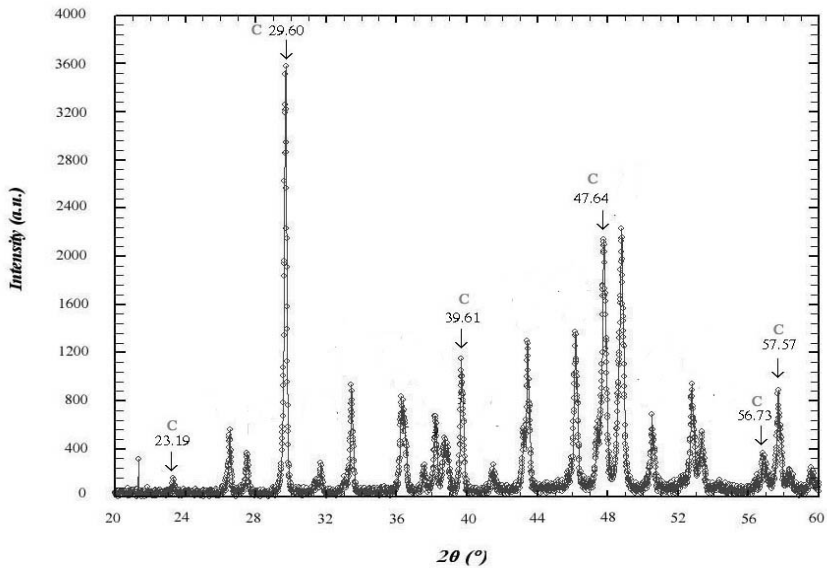
ต่อจากนั้นนำเปลือกหอยเชอริไปอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นไปเป็น 400 องศาเซลเซียส จากรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์พบว่าตำแหน่งพิกของแคลเซียมคาร์บอเนตที่อยู่ในรูปอะราโกไนต์ บางตำแหน่งก็ไม่ปรากฏและตำแหน่งที่ยังปรากฏอยู่มีค่าความสูงของพิกลดลงอย่างมาก ขณะที่ตำแหน่งพิกของแคลเซียมคาร์บอเนตที่อยู่ในรูปแคลไซต์มีค่าความสูงของพิกเพิ่มชัดเจนขึ้นที่ตำแหน่ง 2 θ เท่ากับ 23.05, 29.42, 39.40, 47.50, 56.52 และ 57.36 องศา แสดงว่าแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเชอริเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากอะราโกไนต์ไปเป็นแคลไซต์มากขึ้น ดังแสดงในรูป 3 เมื่อนำเปลือกหอยเชอริไปอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์จะปรากฏตำแหน่งพิกของแคลเซียมคาร์บอเนตที่อยู่ในรูปแคลไซต์ชัดเจนมากขึ้นที่ 2 θ เท่ากับ 23.05, 29.42, 39.40, 47.50, 56.59 และ 57.36 องศา ส่วนพิกในตำแหน่งที่สามารถพบได้ทั้งในแคลเซียมคาร์บอเนตที่อยู่ในรูปอะราโกไนต์และแคลไซต์มีความสูงของพิกไม่เปลี่ยนแปลงมากนักดังรูป 4 แสดงว่าตำแหน่งของพิกที่เกิดขึ้นเป็นของแคลเซียมคาร์บอเนตที่อยู่ในรูปแคลไซต์ ซึ่งแสดงว่า

แคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเชอริมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากอะราโกไนต์ไปเป็นแคลไซต์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

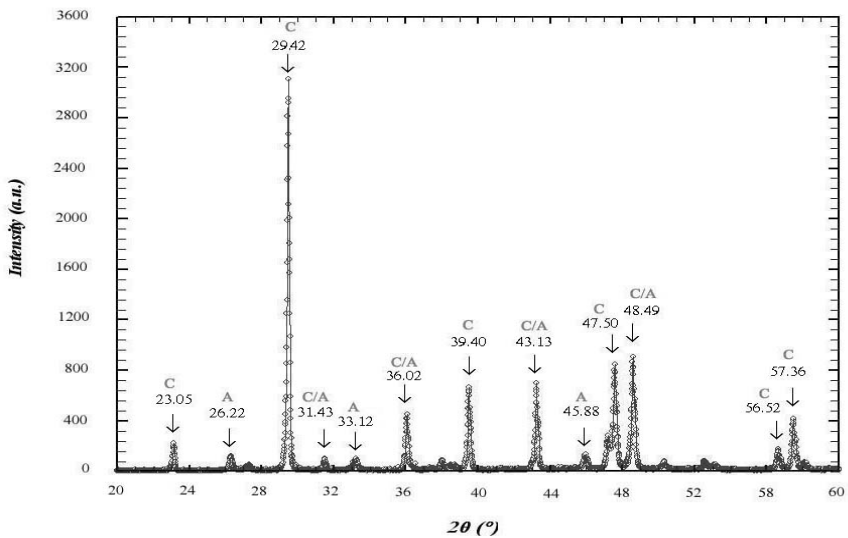
เมื่อทำการอบให้ความร้อนเปลือกหอยเชอริต่อไปที่อุณหภูมิ 500, 550 และ 600 องศาเซลเซียส จะพบตำแหน่งพิกที่พบเฉพาะในแคลเซียมคาร์บอเนตที่อยู่ในรูปแคลไซต์เท่านั้น และไม่ปรากฏตำแหน่งพิกของแคลเซียมคาร์บอเนตที่อยู่ในรูปอะราโกไนต์เกิดขึ้น เช่นเดียวกับตำแหน่งพิกที่เกิดขึ้นในรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของเปลือกหอยเชอริที่ผ่านการอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส แสดงว่าแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเชอริมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากอะราโกไนต์ไปเป็นแคลไซต์เกิดขึ้นจริงอย่างสมบูรณ์เมื่อผ่านการอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงหน่วยเซลล์ของโครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตจากออร์โธโรมบิกไปเป็นรอมโบฮีดรอล (rhombohedral) และเมื่อทำการอบให้ความร้อนเปลือกหอยเชอริต่อไปที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส พบว่าตำแหน่งพิกของเปลือกหอยเชอริที่ได้จากรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์เปลี่ยนแปลงไปแสดงดังรูป 5 โดยมีตำแหน่งพิกเกิดขึ้นที่ 2 θ เท่ากับ 32.50 , 37.60 และ 54.27 องศา ซึ่งเป็นตำแหน่งพิกที่พบในโครงสร้างของแคลเซียมออกไซด์แสดงว่าแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเชอริเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารประกอบตัวใหม่ คือ แคลเซียมออกไซด์ (Linga RaJu *et al.*, 2003) เนื่องจากความร้อนที่ให้กับเปลือกหอยเชอริสูงพอที่จะทำให้แคลเซียมคาร์บอเนตที่มีจุดเดือด 899 องศาเซลเซียส เกิดการเดือดและให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาระหว่างการเผา



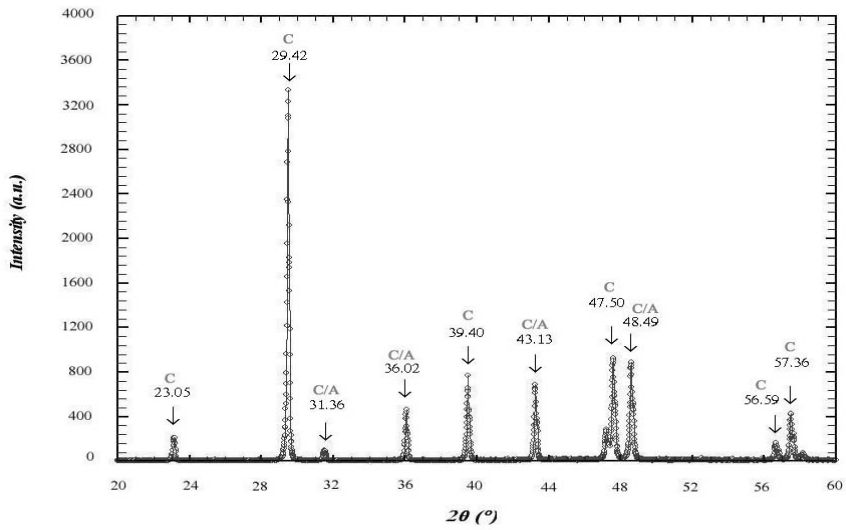
รูป 1 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของเปลือกหอยเชอริที่ยังไม่ผ่านการอบให้ความร้อน



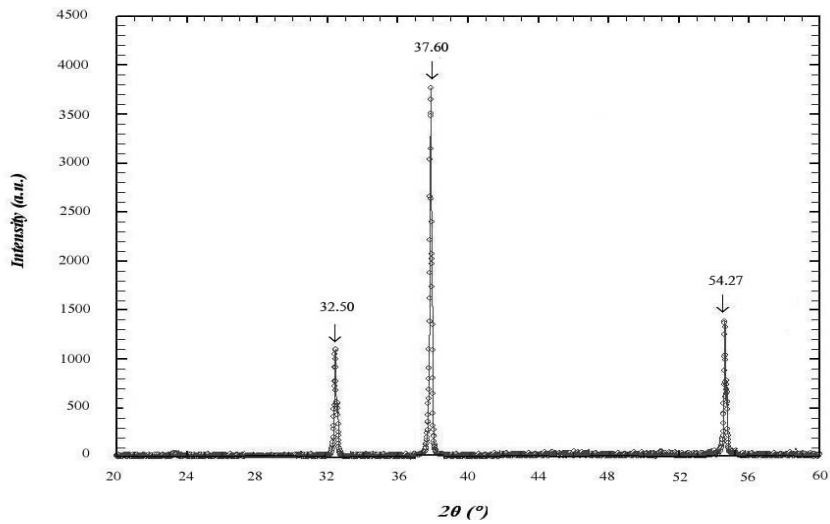
รูป 2 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของเปลือกหอยเซอร์ที่ผ่านการอบให้ความร้อนที่ 350 องศาเซลเซียส



รูป 3 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของเปลือกหอยเซอร์ที่ผ่านการอบให้ความร้อนที่ 400 องศาเซลเซียส



รูป 4 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของเปลือกหอยเซอร์รี่ที่ผ่านการอบให้ความร้อนที่ 450 องศาเซลเซียส

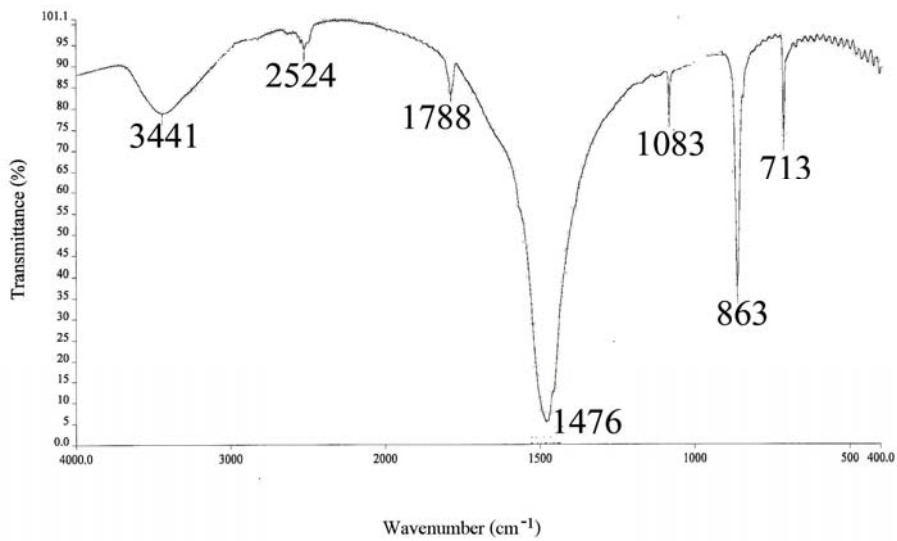


รูป 5 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของเปลือกหอยเซอร์รี่ที่ผ่านการอบให้ความร้อนที่ 900 องศาเซลเซียส

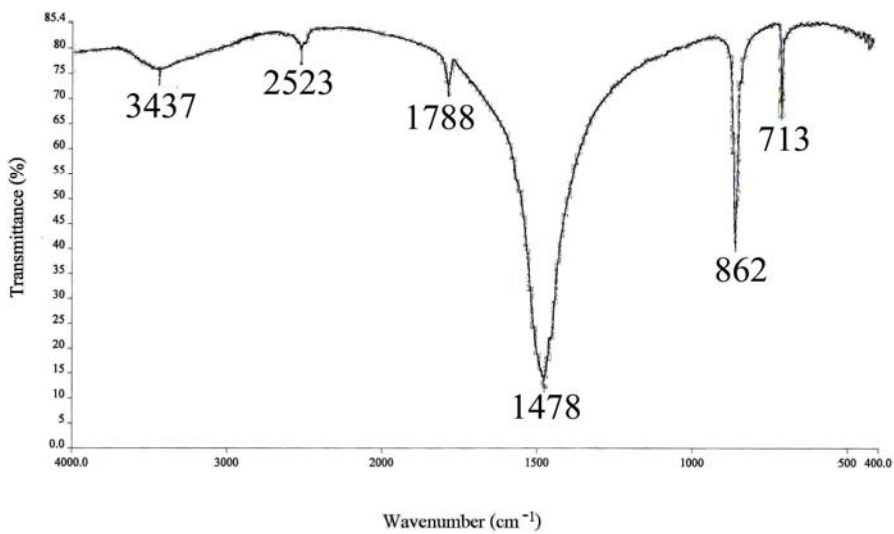
2. ผลจาก Fourier transform infrared spectroscopy

จาก IR สเปกตรัมของเปลือกหอยเชอรี่ที่ยังไม่ได้ผ่านการอบให้ความร้อน แสดงดังรูป 6 ในสเปกตรัมนี้แบนด์ที่ตำแหน่ง 1476 cm^{-1} เป็นแบนด์ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนแบบ doubly degenerate asymmetric stretching, $V_3(E)$ mode, แบนด์ที่ตำแหน่ง 1083 cm^{-1} เป็นแบนด์ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนแบบ symmetric stretching, $V_1(A_1)$ mode, แบนด์ที่ตำแหน่ง 863 cm^{-1} เป็นแบนด์ที่เกิดจากการสั่นงอเข้าออกแบบ out – of – plane bending, $V_2(A_2)$ mode, แบนด์ที่ตำแหน่ง 713 cm^{-1} เป็นแบนด์ที่เกิดจากการสั่นงอเข้าออกแบบ doubly degenerate planar bending, $V_4(E)$ mode แบนด์ทั้ง 4 ที่เกิดขึ้นนี้จัดเป็น fundamental band นอกจากนี้ยังพบแบนด์ที่เกิดจาก combination vibration ต่างๆ ของ fundamental band อีก 2 แบนด์ โดยแบนด์ที่ตำแหน่ง 1787.85 cm^{-1} เป็นแบนด์ของ V_1+V_4 และแบนด์ที่ตำแหน่ง 2524 cm^{-1} เป็นแบนด์ของ V_1+V_3 ส่วนแบนด์ที่ตำแหน่ง 3441 cm^{-1} เป็นแบนด์ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของน้ำ จากแบนด์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับ สเปกตรัมมาตรฐานของ IR (Narasimhulu and Lakshmana, 2000) พบว่าแบนด์ที่ตำแหน่ง 1083 cm^{-1} เป็นแบนด์ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนแบบ symmetric stretching, $V_1(A_1)$ mode ของ CO_3^{2-} ไอออนนั้นจะแสดงแบนด์ในสเปกตรัมของ IR เมื่ออยู่ในรูปของอะราโกไนต์เท่านั้น ดังนั้นเปลือกหอยเชอรี่ที่ยังไม่ได้ผ่านการอบให้ความร้อนจะมีโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่ในรูปของอะราโกไนต์ ซึ่งมีสมมาตรของโครงสร้างผลึก (point group) เป็นแบบ C_s และเมื่อนำเปลือกหอยเชอรี่ไปผ่านการอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิเริ่มต้นคือ 350 องศาเซลเซียส และเพิ่มอุณหภูมิการอบสูงขึ้นเป็น 400 องศาเซลเซียส จาก IR สเปกตรัมที่ได้จะพบตำแหน่งของแบนด์ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของคาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) ในสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตเกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่างๆ เช่นเดียวกันกับเปลือกหอยเชอรี่ที่ยังไม่ได้ผ่านการอบให้ความร้อน แสดงว่ายังไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแคลเซียมคาร์บอเนตจากอะราโกไนต์ ไปเป็นแคลไซต์ เกิดขึ้น

แต่เมื่อนำเปลือกหอยเชอรี่ไปผ่านการอบให้ความร้อนต่อไปที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส แสดง IR สเปกตรัม ดังรูป 7 พบว่ามีแบนด์เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง 1788, 1478, 862 และ 713 cm^{-1} เท่านั้น โดยแบนด์ที่ตำแหน่ง 1083 cm^{-1} ซึ่งเป็นแบนด์ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนแบบ symmetric stretching, $V_1(A_1)$ mode ของ CO_3^{2-} ไอออน ซึ่งเป็นแบนด์ที่จะปรากฏใน IR สเปกตรัมของ CO_3^{2-} ไอออนในรูปของอะราโกไนต์เท่านั้นได้หายไป แสดงว่าแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเชอรี่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากอะราโกไนต์ไปเป็นแคลไซต์แล้ว ทำให้ระบบสมมาตรของโครงสร้างผลึกเปลี่ยนจาก C_s ไปเป็นระบบสมมาตรของโครงสร้างผลึกแบบ D_3 (วิจิตร รัตนพานี, 2537)



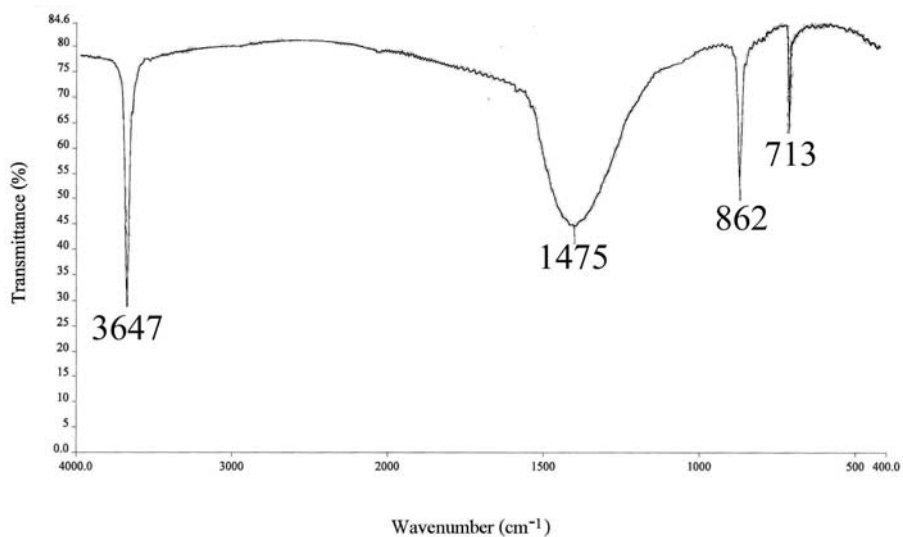
รูป 6 IR สเปกตรัมของเปลือกหอยเชอรี่ที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน



รูป 7 IR สเปกตรัมของเปลือกหอยเชอรี่ที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 450 องศาเซลเซียส

เมื่อทำการให้ความร้อนเปลือกหอยเชอรี่ต่อไปอีกที่อุณหภูมิ 500, 550 และ 600 องศาเซลเซียส ได้ IR สเปกตรัม พบว่ามีแบนด์เกิดขึ้นที่ตำแหน่งเดียวกับตำแหน่งแบนด์ที่เกิดขึ้นใน IR สเปกตรัมของเปลือกหอยเชอรี่ที่ผ่านการให้ความร้อนอุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส แสดงว่า

แคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเชอริเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากอะราโกไนต์ ไปเป็นแคลไซต์ เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์เมื่อผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ต่อจากนั้นทำการให้ความร้อนเปลือกหอยเชอริที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ได้ผลของ IR สเปกตรัม แสดงดังรูป 8 จาก IR สเปกตรัมพบว่าแบนด์ที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง 3647 cm^{-1} เป็นแบนด์ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของน้ำ (หมู่ OH) ในเปลือกหอยเชอริ ขณะที่แบนด์ที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง 1475 cm^{-1} เป็นแบนด์ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ (หมู่ C=O) ในเปลือกหอยเชอริ (วิจิตร รัตนพานี, 2537) ส่วนแบนด์ที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง 862 และ 713 cm^{-1} สันนิษฐานว่าเป็นแบนด์ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของคาร์บอเนตไอออนที่ยังสลายตัวกลายเป็นสารประกอบแคลเซียมออกไซด์ไม่หมดและยังคงอยู่ในรูปโครงสร้างผลึกแบบแคลไซต์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแคลเซียมคาร์บอเนต ในเปลือกหอยเชอริเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารประกอบแคลเซียมออกไซด์ เนื่องจากความร้อนที่ให้แก่เปลือกหอยเชอริสูงพอที่จะทำให้แคลเซียมคาร์บอเนตที่มีจุดเดือด 899 องศาเซลเซียส เกิดการเดือดและให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาระหว่างการเผา



รูป 8 IR สเปกตรัมของเปลือกหอยเชอริที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 900 องศาเซลเซียส

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเชอริที่ยังไม่ผ่านการอบให้ความร้อนและผ่านการอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าผลการศึกษาจาก powder x-ray diffraction และ Fourier transform infrared spectroscopy ได้ผลการ

ทดลองที่สอดคล้องกัน นั่นคือในเปลือกหอยเชอรี่ที่ยังไม่ผ่านการอบให้ความร้อน จะมีโครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นแบบอะราโกไนต์ ซึ่งมี หน่วยเซลล์ของโครงสร้างผลึกเป็นแบบอโรธอมบิก และมีระบบสมมาตรของโครงสร้างผลึกเป็นแบบ C_2 เมื่อนำเปลือกหอยเชอรี่ไปผ่านการอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส จะเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตจากอะราโกไนต์ ไปเป็นแคลไซต์ และเมื่อนำเปลือกหอยเชอรี่ไปผ่านการอบให้ความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น 450 องศาเซลเซียส พบว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตจากอะราโกไนต์ ไปเป็นแคลไซต์ได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้โครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตมีหน่วยเซลล์เปลี่ยนไปเป็นแบบบรอมโบอีทรอลและมีระบบสมมาตรของโครงสร้างผลึกเปลี่ยนไปเป็นแบบ D_3 และเมื่อนำเปลือกหอยเชอรี่ไปผ่านการอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นไป 900 องศาเซลเซียส โครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเชอรี่และจะเกิดการเปลี่ยนรูปไปเป็นสารประกอบแคลเซียมออกไซด์ ที่มีหน่วยเซลล์ของโครงสร้างผลึกเป็นแบบสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ (cubic)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการวิจัย (งบประมาณรายได้ 2547/2548) ให้งานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- วิจิตร รัตนพานี. (2537). สเปกโตรสโคปีทางเคมีอินทรีย์. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Addadi, L., Aizenberg, J., Albeck, S., Falini, G. and Weiner, S. (1995). in : J. S. Siegel (Ed.), *Supramolecular Stereochemistry*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 127-139.
- Deer, H.A., Howte, R.A. and Zurrman, J. (1963). *Rock Forming Minerals*, 5, p.230-225, 305-315.
- Linga RaJu , C.H., Narasimhulu, K.V., Gopal, N.O., Rao, J.L. and Reddy, B.C.V. (2003). Structure studies of marine exoskeletons: redox mechanisms observed in the Cu-supported $CaCO_3$ surfaces studied by EPR: *Journal of Spectrochimica Acta Part A*, 59, 2957.
- Nakamoto, K. (1986) *Infrared and Raman spectra of Inorganic and Coordination Compounds*. (1st ed.). Wiley, New York.

- Narasimhulu, K.V. and Lakshmana, R. J. (2000). EPR and IR spectral studies of the sea water mussel *Mytilus conradinus* shells: *Journal of Spectrochimica Acta Part A*, 56, 1351-1352.
- Ziegleann, B., Bogl, K.W. and Schreiber, G.A. (1999). TL and ESR singles of mollusc shell-correlations and suitability for the detection of irradiated foods: *Journal of Radiation Physics and Chemistry*, 59, 413-423.