วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี | Agriculture and Technology Journal

ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2565 | Vol.3 No.2 May – August 2022

Received: June 8, 2022; Revised: July 20, 2022; Accepted: July 24, 2022

การผลิตแคลเซียมแลคเตทจากเปลือกหอยตลับเหลือทิ้งเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

Calcium lactate production from clam shell waste to reduce environmental issues

หยก วงษ์ชมภู[1] บรรจง บุญชม[1*] นที โอ้ภาษี[1] จินดา ไชยช่วย[1] และสรกิจจ์ มงคล[1]

Yok Wongchompoo[1], Banjong Boonchom[1], Natee Ohpasee[1], Jinda Chaichuay[1] and Sorakit Mongkol[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร

[*]Corresponding Author E-mail Address: 62605105@kmitl.ac.th, banjong.bo@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

เปลือกหอยตลับเหลือทิ้งถูกใช้เป็นสารตั้งต้น ในการสังเคราะห์สารประกอบแคลเซียมแลคเตท ($Ca(C_2H_4OHCOO)_2.5H_2O$) โดยของเสียจากเปลือกหอยตลับจะถูกบดละเอียดซึ่งประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นองค์ประกอบหลักแล้วนำมาทำปฏิกิริยากับกรดแลคติค ความเข้มข้นต่าง ๆ (6, 8, และ 10 โมลาร์) โดยตัวแปรที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์ที่ใช้พิจารณา คือ ระยะเวลาที่สั้นในการเตรียมและร้อยละผลผลิตสูง ผลการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของกรดแลคติคที่เหมาะสม คือ 10 โมลาร์ ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเตรียม 1 ชั่วโมง และให้ร้อยละผลผลิต 93.86 สารตัวอย่างที่เตรียมได้ทั้งหมดจะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต่าง ๆ ได้แก่ TGA XRD SEM XRF และ FTIR เพื่ออธิบายสมบัติเชิงความร้อน โครงสร้างของผลึก สัณฐานวิทยา การวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ และ การวิเคราะห์รูปแบบการสั่น เพื่อยืนยันการเกิดสารประกอบแคลเซียมแลคเตท งานวิจัยนี้รายงานเทคนิคการเตรียมการผลิตแคลเซียมแลคเตทที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และราคาไม่แพง เพื่อลดของเสียจากเปลือกซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีในการจัดการสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: เปลือกหอยตลับเหลือทิ้ง แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมแลคเตท กรดแลคติค

Abstract

The waste clam shells were used as a raw material to prepare calcium lactate, [$Ca(C_2H_4OHCOO)_2$]. The waste clam shells were ground and used as a source of calcium carbonate ($CaCO_3$) and then was reacted with lactic acid by vary concentrations (6, 8, and 10 M). The optimum conditions were considered by short time consumption and higher percentage yield. The results showed that the optimum concentration of lactic acid was 10 M, which used 1 hour of time consumption and gave 93.86 of percentage yield. All

prepared samples were characterized by various techniques as TGA, XRD, SEM, XRF, and FTIR to explain thermal properties, crystal structure, morphology, elemental analysis, vibrational mode analysis, to confirm the formation of calcium lactate samples. This research reports the easy, uncomplicated, and inexpensive preparation technique to produce calcium lactate for reducing shell wastes that is a good choice for environmental management.

Keyword: The clam shells waste, Calcium carbonate, Calcium lactate, Lactic acid

บทนำ

ประเทศไทยมีการบริโภคหอยตลับประมาณ 30,000 ตันต่อปี ตามสถิติของกรมวิชาการเกษตรและทรัพยากรน้ำแห่งประเทศไทย โดยส่วนที่กินได้ของหอยตลับมีน้ำหนักเพียง 30% ของน้ำหนักทั้งหมดและทิ้งเปลือกหอยมากกว่า 24,000 ตันต่อปี เปลือกหอยตลับที่เหลือทิ้งส่วนใหญ่มากจาก อุตสาหกรรมแปรรูป และร้านอาหารทะเล จะถูกทิ้งลงสู่ชายฝั่งทะเล ทำให้เกิดขยะมูลฝอยเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างร้ายแรงต่อ ดิน น้ำ มลภาวะทางอากาศตลอดจนปัญหาสุขภาพและสุขาภิบาลของชุมชนใกล้ๆ ข้อมูลทางสถิติแสดงให้เห็นว่ามีการกำจัดเปลือกหอยตลับหลายตันต่อปี เมื่อเวลาผ่านไปจะเกิดการสลายตัวของจุลินทรีย์และจะค่อยสร้างก๊าซพิษ เช่น NH_3 และ H_2S โดยเปลือกหอยตลับประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต 98-99% (Blanton, 2017) เป็นองค์ประกอบทางเคมีหลัก อีกทั้งยังมีสารปนเปื้อนโลหะออกไซด์เล็กน้อยอยู่ 1-2% (Na_2O, K_2O) เป็นต้น โดยทั่วไปแคลเซียมคาร์บอเนตมีราคาถูก พบได้ในธรรมชาติ เช่น หินปูน อีกทั้งยังมีการนำเปลือกหอยตลับมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง เพื่อใช้ทดแทนหินปูน และใช้เป็นสารบำบัดน้ำ (การควบคุมยูโทรฟิเคชันและการกำจัดฟอสฟอรัส (Nolan, 2013) นอกจากนี้เปลือกหอยตลับยังสามารถใช้เป็นวัสดุเริ่มต้นในการเตรียมสารประกอบต่าง ๆ (Eziefula, 2018) โดยการนำไปอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิที่ 700-900 องศาเซลเซียส (สุภกร และคณะ, 2558) แคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้จากเปลือกหอยตลับจะถูกแปลงสภาพเป็นแคลเซียมออกไซด์ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น การเตรียมสารประกอบ แคลเซียมอินทรีย์ อะซิเตต แลคเตท เป็นต้น

แคลเซียมแลคเตทมีลักษณะเป็นเกลือผลึกสีขาวที่มีสูตร $C_6H_{10}CaO_6$ หรือ $Ca(C_2H_4OHCOO)^2$ ซึ่งประกอบด้วยแอนไอออนแลคเตท $[H_3C(CHOH)CO^{2-}]$ จำนวน 2 หมู่ และแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ในโครงสร้างของแคลเซียมแลคเตทมีจำนวนโมเลกุลของน้ำ (ไฮเดรต) อยู่ในหลายรูปแบบ และแคลเซียมแลคเตทเพนทาไฮเดรต ($C_6H_{10}CaO_6{\cdot}5H_2O$) คือที่พบมากที่สุด แคลเซียมแลคเตทถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในหลายอุตสาหกรรม สำหรับอุตสาหกรรมยาได้ถูกนำมาใช้ในยาสำหรับมนุษย์และสัตวแพทย์ เช่น ใช้ในภาวะแคลเซียมในเลือดต่ำ (การขาดแคลเซียม) การให้แคลเซียมเพื่อป้องกันการบาดทะยักในคนและสัตว์ (Jingbo, 2013) สารป้องกันหินปูนในน้ำยาบ้วนปาก ยาสีฟัน และยาลดกรด สำหรับอุตสาหกรรมอาหารได้มีการประยุกต์ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่มีอีกทั้งยังเป็นสารเพิ่มความคงตัวและสารเพิ่มความข้น, อาหารเสริม, หัวเชื้อ, สารปรุงแต่งรสหรือสารแต่งกลิ่นรส (Lu and Carter, 1980) สำหรับอุตสาหกรรมพืชและสัตว์ มักถูกนำไปใช้เป็นเป็นแหล่งแคลเซียมสำหรับสัตว์และพืช ใช้เพื่อให้ยืดอายุของดอกไม้ ผลไม้ และผัก (Tsuruma, 2020) สำหรับอุตสาหกรรมสิ่งแวดล้อม ใช้เป็นสารตกตะกอนสำหรับการกำจัดสารแขวนลอยจากน้ำ เพราะเป็น ปลอดสารพิษ และสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ สำหรับอุตสาหกรรมเคมี ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต สารประกอบขั้นสูงเช่นกรดแลคติค ($C_2H_4OHCOOH$) เพื่อใช้ในด้านอาหารและการแพทย์และแคลเซียมออกไซด์ (CaO) เพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างจะผสมลงในคอนกรีตเพื่อเพิ่มกำลังอัดและลดการซึมผ่านของน้ำส่งผลให้การก่อตัวของคอนกรีตมีประสิทธิภาพจากการใช้แคลเซียมแลคเตทเป็นจำนวนมากที่อธิบายไว้ข้างต้น ดังนั้น สารประกอบแคลเซียมแลคเตทจึงมีการนำมาใช้เป็นจำนวนมาก (Nguyen, 2013)

วัตถุประสงค์ของงานนี้คือการสังเคราะห์แคลเซียมแลคเตทด้วยกระบวนการที่รวดเร็ว และมีต้นทุนต่ำ โดยใช้เปลือกหอยตลับเป็นสารตั้งต้น ขั้นแรกเปลือกหอยตลับถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต จากนั้นจึงใช้ปฏิกิริยาคายความร้อนระหว่างผงแคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้จากเปลือกหอยตลับผสมกับกรดแลคติคที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน พิจารณาความเหมาะสมของสภาวะจากความเข้มข้นของกรดแลคติคที่ให้เวลาการสังเคราะห์ต่ำที่สุดและให้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด จากนั้นใช้พารามิเตอร์ที่ตรวจสอบทั้งหมดชี้ให้เห็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สามารถสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์แคลเซียมแลคเตทโดยใช้ต้นทุนต่ำจะวิเคราะห์โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์หลายวิธีทั้งการเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนต์ (XRF) การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) การวิเคราะห์รูปแบบการสั่น (IR) การวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักด้วยความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารอนุพันธ์ (TG/DTG) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เพื่อพิสูจน์ว่าสารประกอบที่ต้องการคือแคลเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมแลคเตทที่ไม่มีสารเจือปนที่เป็นพิษจากโลหะซึ่งสามารถนำมาใช้งานได้

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างเปลือกหอยตลับ จากอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี นำเปลือกหอยตลับมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและสิ่งปนเปื้อน จากนั้นนำมาอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และทำให้เย็นแล้วจึงนำมาบดโดยกรองผ่านตะกรงขนาด 100 เมช (Mesh) (ประมาณ 140 ไมโครเมตร)

เติมกรดแลคติค (88% โดยน้ำหนัก $C_2H_4OHCOOH$) เกรดอุตสาหกรรม โดยเติมน้ำเพื่อเจือจางกรดแลคติคจะได้ความเข้มข้นของกรดแลคติคที่แตกต่างกัน (6 โมลาร์, 8 โมลาร์, และ 10 โมลาร์) ในขั้นตอนการเจือจางจะเกิดกระบวนการคายความร้อนสูง ดังนั้นก่อนใช้งานจะต้องปล่อยให้สารละลายเย็นตัวลงก่อน

การเตรียมแคลเซียมแลคเตท $Ca(C_2H_4OHCOO)_2.5H_2O$

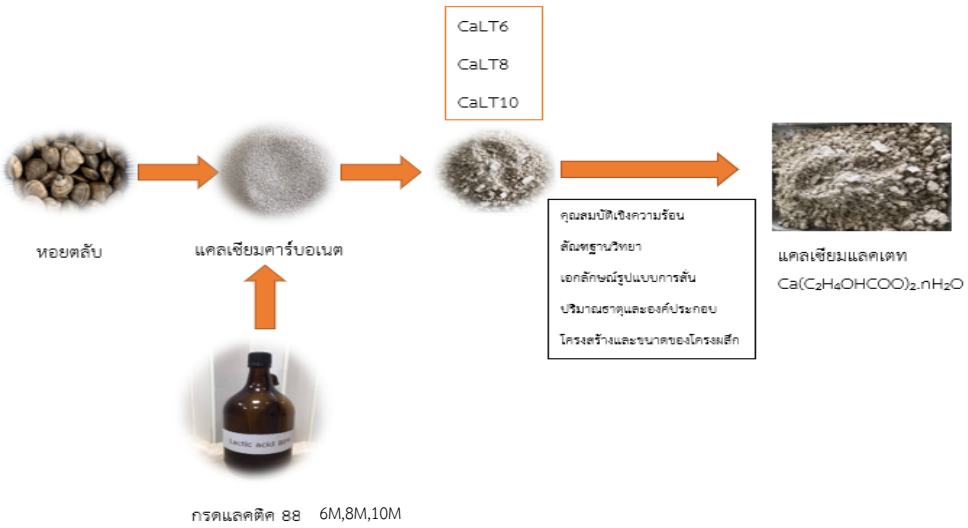
ในการเตรียมตัวอย่างจะใช้กรดแลคติคที่มีความเข้มข้น 6 โมลาร์ จำนวน 29 มิลลิลิตร และเติมผงเปลือกหอยตลับ ($CaCO_3$) 10 กรัม ในอัตราส่วนโมลระหว่างกรดแลคติค : เปลือกหอย = 2 : 1 จากนั้นคนผสมกันอย่างต่อเนื่องจะเกิดปฏิกิริยามีฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น เมื่อปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ ให้นำมาวางทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องจะได้แคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้น 6 โมลาร์ ผลิตภัณฑ์เป็นผงผลึกสีขาวครีม สำหรับตัวอย่างอื่น ๆ ทำกระบวนการซ้ำ ๆ แตกต่างกันที่ความเข้มข้นของกรดแลคติค คือ 8 โมลาร์ จำนวน 22 มิลลิลิตร และ 10 โมลาร์ จำนวน 18 มิลลิลิตร แล้วระบุสารที่เตรียมขึ้นได้คือ แคลเซียมแลคเตท 6 (CaLT6) แคลเซียมแลคเตท 8 (CaLT8) และ แคลเซียมแลคเตท 10 (CaLT10) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1

ลักษณะของแคลเซียมแลคเตท

ผลที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์แคลเซียมแลคเตท ในการวิเคราะห์ทางกายภาพ ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา และการคำนวณร้อยละผลผลิต โดยคำนวณร้อยละผลผลิตของสารประกอบโดยใช้สมการที่ (1)

$$\text{ร้อยละผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักผลผลิตจริง}}{\text{น้ำหนักผลผลิตทางทฤษฎี}} \times 100 \qquad (1)$$

ในการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันขององค์ประกอบภายในโมเลกุล (Fourier Transform Infrared (FT-IR) spectroscopy) จะนำตัวอย่างมาผสมกับโพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) ในอัตราส่วน 1:10 ใส่แม่พิมพ์แล้วนำไปอัดเป็นแผ่นด้วยเครื่องไฮดรอลิก ทิ้งไว้ประมาณ 5-7 นาที จะได้ตัวอย่างลักษณะเป็นแผ่นวงกลมสีขุ่น จากนั้นนำแผ่นตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR โดยกำหนดการวัดค่าการดูดกลืนรังสีอินฟาเรดในช่วง 4000 – 370 cm^{-1} การวิเคราะห์สมบัติเชิงความร้อน (Thermogravimetric Analysis) โดยใช้ในสภาวะแก๊สไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ 30 - 900 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำในโครงผลึกและกลไกการสลายตัวที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักที่หายไปในแต่ละช่วงอุณหภูมิ การวิเคราะห์เอกลักษณ์ทางโครงสร้าง (X-Ray Diffractometry) วิเคราะห์โครงสร้างผลึกของสารประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างด้วยเครื่อง X-Ray Diffractometer โดย Scan method ที่ใช้ คือ 2e เท่ากับ 10 องศา และ 2e เท่ากับ 60 องศา การวิเคราะห์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(SEM) วิเคราะห์สัณฐานและตรวจสอบลักษณะผิวภายนอกของตัวอย่าง การวิเคราะห์ประเภทธาตุและปริมาณของธาตุจะใช้หลักการเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์สเปกโทรเมทรี X-ray fluorescence spectrometers (XRF)



รูปที่ 1 แผนผังการเตรียมแคลเซียมแลคเตท

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

ผลการสังเคราะห์แคลเซียมแลคเตทและร้อยละผลผลิต

จากการทดลองสังเคราะห์แคลเซียมแลคเตทโดยใช้แคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยตลับและกรดแลคติคที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

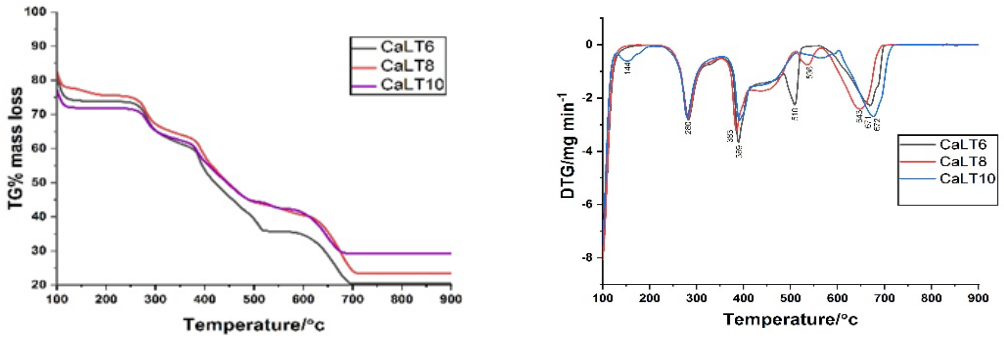
ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิตของแคลเซียมแลคเตทเพททาไฮเดรต ที่ผลิตจากปฏิกิริยาระหว่างผง แคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้จากเปลือกหอยตลับและความเข้มข้นของกรดแลคติคที่ความเข้มข้นต่างกัน

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของกรดแลคติค (โมลาร์)	เวลาในการแห้งเอง (ชั่วโมง)	อุณหภูมิที่เกิดขึ้นเองขณะเกิดปฏิกิริยา (°C)	ร้อยละผลผลิต (%)
CaLT6	6	3	36	89.68
CaLT8	8	2	37	90.49
CaLT10	10	1	37	93.86

แสดงให้เห็นว่า เมื่อความเข้มข้นของกรดแลคติคเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และทำให้เกิดปฏิกิริยาการคายความร้อน โดยการเตรียมแคลเซียมแลคเตทโดยใช้กรดแลคติคที่มีความเข้มข้นสูงจะทำให้ผงแห้งที่เสร็จสมบูรณ์ภายในเวลาอันสั้น ตัวอย่างเช่น CaLT6 จะได้ผงที่แห้งสนิทในเวลา 3 ชั่วโมง แต่สำหรับ CaLT10 ใช้เวลาเพียง 1 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ผลผลิตของผลิตภัณฑ์แคลเซียมแลคเตทที่ได้จากปฏิกิริยาทั้ง 3 พบในช่วง 89 – 93% อย่างไรก็ตาม ผลผลิตสูงสุดที่สังเกตพบเมื่อใช้กรดแลคติก 10 โมลาร์ เหมาะสมที่จะถูกใช้เพื่อเตรียมแคลเซียมแลคเตค

การวิเคราะห์สมบัติเชิงความร้อน

จากการวิเคราะห์สมบัติเชิงความร้อน เทอร์โมแกรม TG/DTG ของตัวอย่างที่เตรียมไว้แสดงในรูปที่ 2



(a) (b)

รูปที่ 2 กราฟเทอร์โมแกวิเมทรี TG (a) และ ดิฟเฟอเรนเชียลเทอร์โมแกวิเมทรี DTG (b) ของแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้น CaLT6 , CaLT8 และ CaLT10

กราฟ TG (a) แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลในช่วง 30 - 900 องศาเซลเซียส ซึ่งสัมพันธ์กับกราฟ DTG (b) แสดงให้เห็นกลไกการสลายตัวของปฏิกิริยา กราฟ TG/DTG ของ CaLT6 ,CaLT8 และ CaLT10 สังเกตว่ามีความคล้ายคลึงกัน ในกราฟ TG จะเกิดการสูญเสียมวล 3 ขั้นตอน ปรากฏในช่วง และ 100 - 200, 200 - 600 และ 600 - 900 องศาเซลเซียส พีค DTG สอดคล้องที่ช่วง 144, 280 - 536 และ 643 - 672 องศาเซลเซียส ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการคายน้ำ (การกำจัด H_2O) การกำจัดเอทิลอะซิเทต ($C_6H_{10}O_3$ หรือ $CH_3CHOHCOOC_2H_5$) ตามลำดับ และการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 (กระบวนการดีคาร์บอเนชั่น; Decarbonation) ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายได้เป็นสมการต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1: การกำจัด H_2O (กระบวนการคายน้ำ) $Ca(C_2H_4OHCOO)_2 \cdot H_2O_{(s)} \longrightarrow Ca(C_2H_4OHCOO)_{2(s)} + H_2O_{(g)}$ (2)

ขั้นตอนที่ 2: การกำจัดเอทิล $(CH_3CHOHCOOC_2H_5)$ $Ca(C_2H_4OHCOO)_{2(s)} \longrightarrow CaCO_{3(s)} + CH_3CHOHCOOC_2H_{5(g)}$ (3)

ขั้นตอนที่ 3: การกำจัดก๊าซ CO_2 $+CaCO_{3(s)} \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$ (4)

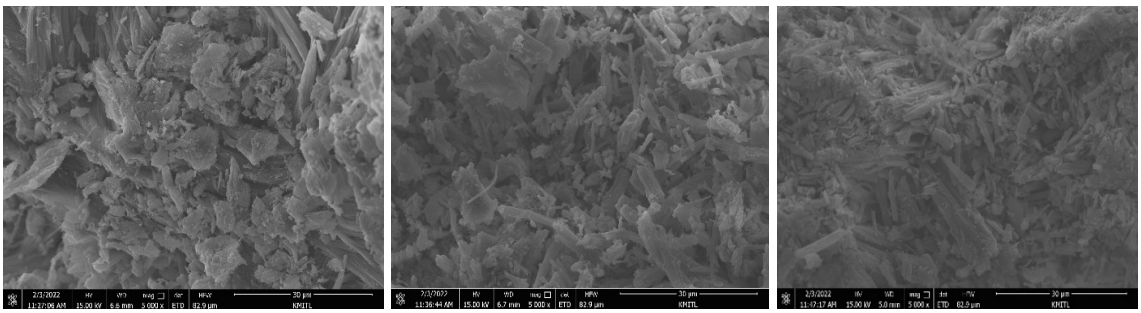
กราฟ TG และ DTG ของ CaLT6 แสดงอุณหภูมิ ช่วง และการสูญเสียมวลด้วยกระบวนการ 3 ขั้นตอน การสลายตัวทางความร้อน ขั้นตอนแรกอยู่ในช่วง ที่ 100 – 300 องศาเซลเซียส ค่าของ DTG มีค่าสูงสุดที่ 280 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าเป็นการสูญเสียน้ำของ $Ca(C_2H_4OHCOO)_2 \cdot 5H_2O$ ที่สังเคราะห์ขึ้น ในช่วงของ 350 – 550 องศาเซลเซียส ค่าของที่ DTG มีค่าสูงสุดที่ 389 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าคือกระบวนการคายน้ำ ส่งผลให้เกิดการก่อตัวของแคลเซียมแลคเตทแอนไฮดรัส ($Ca(C_2H_4OHCOO)_2$) ขั้นตอนที่สอง ค่าของDTG มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 510 องศาเซลเซียส เป็นกระบวนการสลายตัวของ $Ca(C_2H_4OHCOO)_2$ เปลี่ยนเป็น $CaCO_3$ ขั้นตอนสุดท้ายอยู่ในช่วง 600 – 700 องศาเซลเซียส ค่าของ DTG มีค่าสูงสุดที่ 671 องศาเซลเซียส คือกระบวนการดีคาร์บอเนชั่น และเกิด CaO การสูญเสียมวลรวมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์จากการสลายตัวทางความร้อนโดยได้ CaO เท่ากับ 20.05%

กราฟ TG และ DTG ของ CaLT8 แสดงผลคล้ายกับ CaLT6 สังเกตว่าจะมีขั้นตอนการสลายตัวทางความร้อน 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกอยู่ในช่วง ที่ 100 – 400 องศาเซลเซียส ค่าของ DTG มีค่าสูงสุดที่ 383 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าเป็นการสูญเสียน้ำ และมีกระบวนการคายน้ำส่งผลให้เกิดการก่อตัวของแคลเซียมแลคเตทแอนไฮดรัส ($Ca(C_2H_4OHCOO)_2$) ที่สังเคราะห์ขึ้นในช่วงของ 400 – 550 องศาเซลเซียส ขั้นตอนที่สองอยู่ ค่าของ DTG มีค่าสูงสุดที่ 536 องศาเซลเซียส คือ การสลายตัวของ $Ca(C_2H_4OHCOO)_2$ เปลี่ยนเป็น $CaCO_3$ ขั้นตอนสุดท้ายอยู่ในช่วง 600 – 700 องศาเซลเซียส ค่าของ DTG มีค่าสูงสุดที่ 643 องศาเซลเซียส คือกระบวนการดีคาร์บอเนชั่น และเกิด CaO การสูญเสียมวลรวมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์จากการสลายตัวทางความร้อนได้ CaO เท่ากับ 23.32%

กราฟ TG และ DTG CaLT10 แสดงอุณหภูมิ ช่วง และการสูญเสียมวลด้วย 3 ขั้นตอน การสลายตัวทางความร้อน ขั้นตอนแรกอยู่ในช่วง ที่ 100 – 300 องศาเซลเซียส ค่าของ DTG มีค่าสูงสุดที่ 144, 280 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าเป็นการสูญเสียน้ำของ $Ca(C_2H_4OHCOO)_2 \cdot H_2O$ ที่สังเคราะห์ขึ้น และเป็นกระบวนการคายน้ำ ส่งผลให้เกิดการก่อตัวของแคลเซียมแลคเตทแอนไฮดรัส ($Ca(C_2H_4OHCOO)_2$) ในช่วงของ 350–550 องศาเซลเซียส ขั้นตอนที่สองอยู่ที่ ค่าของ DTG มีค่าสูงสุดที่ 389 องศาเซลเซียส คือ การสลายตัวของ $Ca(C_2H_4OHCOO)_2$ เป็น $CaCO_3$ ขั้นตอนสุดท้ายอยู่ในช่วง 600 – 700 องศาเซลเซียส ค่าของ DTG มีค่าสูงสุดที่ 672 องศาเซลเซียส คือกระบวนการดีคาร์บอเนชั่น และเกิด CaO การสูญเสียมวลรวมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์จากการสลายตัวทางความร้อนได้ CaO เท่ากับ 29.95%

การวิเคราะห์สัณฐานวิทยา

เมื่อนำแคลเซียมแลคเตทที่เตรียมได้จากเปลือกหอยตลับผสมกับกรดแลคติค มาวิเคราะห์สัณฐานวิทยาด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) แสดงผลดังรูปที่ 3



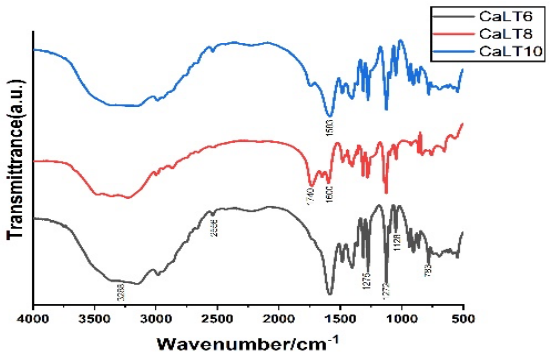
(a) (b) (c)

รูปที่ 3 ภาพกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของ $Ca(C_2H_4OHCOO)_2.5H_2O$ ที่ผลิตจากเปลือกหอยตลับและกรดแลคติคที่มีความเข้มข้น (a) CaLT6, (b) CaLT8 และ (c) CaLT10

ภาพ SEM ของ CaLT6 (รูปที่ 3a) แสดงลักษณะพื้นผิวเป็นชิ้นใหญ่และเล็กหลายชิ้นในแนวนอน ภาพ SEM ของ CaLT8 (รูปที่ 3b) แสดงลักษณะคล้ายแผ่นบางที่มีขนาดและรูปร่างต่างกันไปในทิศทางที่แตกต่างกัน ภาพ SEM ของ CaLT10 (รูปที่ 3c) แสดงลักษณะพื้นผิวแผ่นบางที่มีอนุภาคต่างกันหลายขนาด สัณฐานวิทยาของตัวอย่าง CaLT6 CaLT8 และ CaLT10 มีโครงสร้างจุลภาคที่เป็นเนื้อเดียวกัน โดยที่ขนาดอนุภาคมีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของกรดแลคติคที่เพิ่มขึ้น สามารถอนุมานได้ว่าสัณฐานของผลิตภัณฑ์ได้รับอิทธิพลจากความเข้มข้นของกรดแลคติค

การวิเคราะห์เอกลักษณ์รูปแบบการสั่น

เมื่อนำแคลเซียมแลคเตทที่เตรียมได้จากเปลือกหอยตลับผสมกับกรดแลคติค มาวิเคราะห์หาชนิดของหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิคสเปกโทรสโฟโตมิเตอร์ฟูเรียแทรนฟอร์มอินฟราเรด (Fourier Transform Infrared Spectrophotometer, FT-IR) พบว่าการดูดกลืนแสงรังสีอินฟราเรด ปรากฏพีคของหมู่ฟังก์ชันที่เกิดจากการสั่นของโมเลกุลในแคลเซียมแลคเตท โดยพบหมู่ฟังก์ชันของ C-H stretching ในช่วงเลขที่คลื่น 1272 และ 1128 cm^{-1} และจะพบหมู่ฟังก์ชันของ C=O stretching ในช่วงเลขที่คลื่น 1600 และ 1740 cm^{-1} และพบหมู่ฟังก์ชันของ O-H stretching ในช่วงเลขที่คลื่น 3288 cm^{-1} จะเห็นได้ว่าเปลือกหอยตลับผสมกับกรดแลคติค เป็นแคลเซียมแลคเตทจริง ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ฟูเรียแทรนฟอร์มอินฟราเรดสเปกตรา (FT-IR) ของแคลเซียมแลคเตทที่เตรียมความเข้มข้นของกรดแลคติคที่แตกต่างกัน CaLT6, CaLT8 และ CaLT10

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุองค์ประกอบ

จากตารางที่ 2 แสดงปริมาณองค์ประกอบของสารประกอบแคลเซียมแลคเตทจากเปลือกหอยตลับ ด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ฟูออเรสเซ็นต์ (XRF)

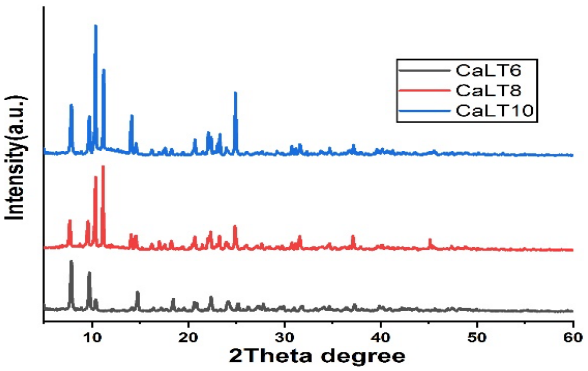
ตารางที่ 2 แสดงปริมาณองค์ประกอบของสารประกอบแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้นแตกต่างกันด้วยเทคนิค XRF

ชนิดของสารประกอบแคลเซียม	องค์ประกอบทางเคมี (%)					
	CaO	Na	Mg	S	P	K
CaLT6	96.6	1.02	0.0852	0.205	0.0130	0.0157
CaLT8	96.4	0.773	0.109	0.239	0.0238	0.0129
CaLT10	96.1	0.765	0.0891	0.243	0.0246	0.0171

พบว่า CaLT6 มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ 96.60% CaLT8 มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ 96.40% CaLT10 มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ 96.10% การสะสมของสารพิษในหอยตลับอาจเกิดขึ้นได้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มา ดังนั้นควรตรวจสอบองค์ประกอบของธาตุ จากผลการศึกษาพบว่า แคลเซียมแลคเตทที่ได้จากของเสียจากเปลือกหอยตลับไม่มีองค์ประกอบที่เป็นพิษ

การวิเคราะห์โครงสร้างและขนาดของโครงผลึก

จากการวิเคราะห์โครงสร้างและขนาดโครงผลึกของแคลเซียมแลคเตทดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของแคลเซียมแลคเตทจากเปลือกหอยตลับ

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffractometer, XRD) พบว่า แคลเซียมแลคเตทที่มีรูปแบบเหมือนกัน ทุกความเข้มข้นของกรดแลคติกที่ใช้ โดยพบตำแหน่งการหมุนเลี้ยวเบนซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของแคลเซียมแลคเตทซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลอ้างอิง ICDD card number: 00–029–1596

บทสรุป

การสังเคราะห์แคลเซียมแลคเตทเพนทาไฮเดรตจากปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยตลับและกรดแลคติค (6 โมลาร์ 8 โมลาร์ และ 10 โมลาร์) ในการเตรียมแคลเซียมแลคเตทที่ได้จากเปลือกนี้ หอยตลับมีประโยชน์อย่างมากในการทดแทนการใช้แร่ปูนขาวหรือแร่โดโลไมต์ที่ได้จากสิ่งไม่มีชีวิตซึ่งมีทรัพยากรอย่างจำกัด และอาจมีการปนเปื้อนโลหะอันตราย โดยศึกษาประสิทธิภาพของการเตรียมแคลเซียมแลคเตทโดยพิจารณาจากร้อยละผลผลิต พบว่า กรดแลคติค 10 โมลาร์ เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเตรียมแคลเซียมแลคเตทเนื่องจากใช้เวลาการเตรียมสั้นที่สุด และให้ปริมาณแคลเซียมแลคเตทสูงที่สุดในการวิเคราะห์เชิงความร้อน สังเกตได้จากการสลายตัวด้วยความร้อนของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้จากหอยตลับ และผลิตภัณฑ์แคลเซียมแลคเตทตามลำดับ และแคลไซต์ เป็นผลิตภัณฑ์จากการสลายตัวด้วยความร้อนขั้นสุดท้าย การใช้เทคนิคการกำหนดคุณลักษณะทั้งหมดยืนยันว่าผลิตภัณฑ์ปฏิกิริยาของแคลเซียมจากผงเปลือกหอยตลับ และกรดแลคติก จากการทดลองครั้งนี้เป็นแคลเซียมแลคเตทเพนทาไฮเดรต ($Ca(C_2H_4OHCOO)_2 \cdot 5H_2O$) ผลการวิเคราะห์เอกลักษณ์รูปแบบการสั่นและการวิเคราะห์โครงสร้างและของโครงผลึกของแคลเซียมแลคเตทที่สังเคราะห์ได้นั้นสอดคล้องกับรายงานผลการทดลองเป็นอย่างดี สัณฐานวิทยาของแคลเซียมแลคเตทที่สังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงความแตกต่างทั้งรูปร่างและขนาด ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดแลคติค

เอกสารอ้างอิง

สุภกร บุญยืน. (2558). การสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอย. วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ปัตตะ ฮาแว, พนิตา สุมานะตระกูล, ชัยรัตน์ ศิริพัธนะ และนิติธร ชูศรี. (2558). การสังเคราะห์อนุภาคนาโนแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยแครงด้วยเทคนิค การขยายตัวอย่างรวดเร็วของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เหนือสภาวะวิกฤต. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 18(2): 31-45.

วิจิตรา แดงปรก และปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา. (2550). โยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพดเสริมแคลเซียมจากเปลือกไข่. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Jingbo Y. and Songyi L. (2013). Optimized Preparation of Eggshells Calcium Citrate (ESCC) by PEF Technology and its Accumulation in Mice Bone. 2013 4th International Conference on Food Engineering and Biotechnology. 2013(50): 136-141.

Kabekkodu T., Blanton S. and Blanton T. (2017). Chemical analysis by diffraction: the Powder Diffraction File™. Powder Diffraction. 32(2): 63-71.

Omran K.H., Mostafa M., AbdEl-sadek M.S., Hemeda O.M. and Ubic R. (2020). Effects of Ca doping on structural and optical properties of PZT nano powders. Results in Physics. 19(103580).

Tsuruma A., Nomoto Y., Nishio M., Ishikawa M. and Sawai J. (2020). Efficacy of sorbitol-coated heated scallop-shell powder for the antimicrobial treatment of fresh vegetables. Food Control. 110(106972)

Nguyen D.H., Boutouil M., Sebaibi N., Leleyter L. and Baraud F. (2013). Valorization of seashell by-products in pervious concrete pavers, Construction and Building Materials. 49: 151–160.

Eziefula J.C., Ezeh U.G. and Eziefula B. I. (2018). Properties of seashell aggregate concrete: a review. Construction and Building Materials. 192: 287–300.

Lu J.Y., Carter E. and Chung R.A. (1980). Use of calcium salts for soybean curd preparation. Journal of Food
Science. 45(1):32-34.

Nolan C.R. and Qunibi W.Y. (2013). Calcium salts in the treatment of hyperphosphatemia in hemodialysis patients. Current Opinion in Nephrology and Hypertension. 12(4): 373–379.