# รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

## การผลิตสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกหอยและเปลือกไข่ เพื่อการใช้งานต่าง ๆ

## Production of organic calcium compounds from shells and egg shells for various applications


นายบรรจง บุญชม

นายภิเษก รุ่งโรจน์ชัยพร



ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

## การผลิตสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกหอยและเปลือกไข่ เพื่อการใช้งานต่าง ๆ

## Production of organic calcium compounds from shells and egg shells for various applications

นายบรรจง บุญชม
นายภิเษก รุ่งโรจน์ชัยพร

EResearch
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....149354
วัน. เดือน. ปี.....13 ก.พ. 2561
b.....0026518 8
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงและราบรื่นเป็นอย่างดี ด้วยการได้รับการสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2560 คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งบประมาณ 860,000 บาท คณะผู้ทำวิจัยต้องขอขอบพระคุณสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ที่เอื้ออำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ ตรวจวิเคราะห์เอกลักษณ์ของสาร ด้วยเทคนิค FTIR, XRF, XRD, TGA และ SEM ขอบพระคุณ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สำหรับความอนุเคราะห์ใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์โครงสร้าง XRD ขอขอบคุณนักวิจัยปลังปริญญาเอก 3 ท่าน คือ ดร.ฮาดี ใบตาเฮ ดร.สายฝน กัลยากุล และดร.ชูชัย ศรศรี ที่ช่วยประสานงาน และทำการทดลองและทำการวิเคราะห์เครื่องมือสำหรับตรวจสอบเอกลักษณ์ที่ทำการวิจัยนี้ และต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่ช่วยให้คำปรึกษา ชี้แนะ ประสานงานและร่วมงานวิจัย คือ อาจารย์ วรุณทิพย์ ฉัตรจุฑามณี อาจารย์ประจำสาขาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น และ อาจารย์ทรงพร จึ่งมั่นคง อาจารย์ประจำคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และสุดท้ายขอขอบประธานสาขาเคมีและท่านคณบดี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มีนโยบายสนับสนุนการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา เป็นแรงบันดาลใจให้นักวิจัยมุ่งทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วง ตามวัตถุประสงค์ที่ว่างไว้

นายบรรจง บุญชม
นายภิเษก รุ่งโรจน์ชัยพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)** การผลิตสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกหอยและเปลือกไข่เพื่อการใช้งานต่าง ๆ

**แหล่งเงิน** เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์

ประจำปีงบประมาณ 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 860,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2559 ถึง 30 กันยายน 2560

1. หัวหน้าโครงการ ดร. บรรจง บุญชม ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 E-mail : kbbanjon@kmitl.ac.th

2. ผู้ร่วมวิจัย ดร. ภิเษก รุ่งโรจน์พรชัย ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 E-mail : krpisak@kmitl.ac.th

## บทคัดย่อ

ขยะเปลือกหอยและเปลือกไข่; หอยแครง หอยนางรม หอยแมลงภู่ ไข่ไก่และไข่เป็ด เป็นผลพลอยได้สำคัญจากอาหารในอุตสาหกรรมและชุมชน จากมุมมองของปัญหาสิ่งแวดล้อม การจัดการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและด้านความประหยัด เป็นที่ต้องการอย่างมากในการแปลงสิ่งตกค้างเหล่านี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มสูงสำหรับการใช้งานในภาคอุตสาหกรรม ในงานวิจัยนี้ขยะของเปลือกหอยและเปลือกไข่ถูกทำความสะอาดและบดให้เป็นผงละเอียดมากกว่า 50 เมช และใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์ สี่ผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มสูงของสารประกอบแคลเซียม; แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟตถูกเตรียมขึ้นด้วยปฏิกิริยาง่ายรวดเร็ว ต้นทุนต่ำ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ระหว่าง แคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้จากเปลือกหอยและเปลือกไข่และความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดอะซิติก กรดแลคติก กรดซิตริกและกรดฟอสฟอริก ตามลำดับ สารประกอบแคลเซียมอินทรีย์ที่ผลิตได้ 20 ตัวอย่าง ชนิดละ 5 ตัวอย่างของแคลเซียมอะซิเตท แคลเซียมแลคเตต แคลเซียมซิเตรตและไตรแคลเซียมฟอสเฟตจากแหล่งแคลเซียม 5 แหล่ง ถูกตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA, FTIR, XRF, XRD และ SEM การวิเคราะห์ทางเคมียืนยันความบริสุทธิ์ของเฟสของสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์ที่ผลิตได้ 20 ชนิด ได้ออกแบบและสร้างเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการผลิต เพื่อเป็นเครื่องต้นแบบ กระบวนการผลิตและเครื่องต้นแบบปูทางสู่อุตสาหกรรมผลิตสารประกอบแคลเซียมราคาสูงจากของเสียจากเปลือกหอยและเปลือกไข่และทำให้เกิดการผลิตที่สะอาดในกระบวนการของอุตสาหกรรมและชุมชน

**คำสำคัญ :** แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต ไตรแคลเซียมฟอสเฟต เปลือกหอย เปลือกไข่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Research Title:** Production of organic calcium compounds from shells and egg shells for various applications

**Researcher:** Banjong Boonchom and Pesak Rungrojchaipon

**Faculty:** Science **Department:** Chemistry

## ABSTRACT

Shell wastes, cockle, oyster, mussel, chicken egg and duck egg shells, represent a considerable quantity of by products in the food industry and community. From the viewpoint of environmental problem, eco-friendly and economical disposal, they are highly desirable to convert these residues into high value-added products for industrial applications. In this work, shell wastes were cleaned and crushed to fine powders more than 50 mesh and then were used starting agents for preparation of organic calcium compounds. Four high value-added products of calcium compounds; calcium acetate, calcium lactate, calcium citrate and tricalcium phosphate were prepared by simple rapid, low cost and environmental benign reactions between obtained calcium carbonate from shells and specific concentrations of acetic, lactic, citric and phosphoric acids, respectively. 20 produced organic calcium samples contained 5 samples of each product (calcium acetate, calcium lactate, calcium citrate and tricalcium phosphate obtained from five starting calcium sources) were identified by TGA, FTIR, XRF, XRD and SEM techniques. Chemical analysis confirmed phase purities of 20 produced organic calcium compounds. Specific Instruments for productions of four calcium compounds were assigned and created for prototypes. The produced processes and tool prototypes pave the way to the industrial productions of high value-added calcium compounds from shell wastes and thus the clean productions of shellfishes and egg shells processing industry and community.

**Keywords :** calcium acetate, calcium lactate, calcium citrate, tricalcium phosphate, shellfishes, egg shells

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| **บทคัดย่อภาษาไทย** | I |
| **บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** | II |
| **กิตติกรรมประกาศ** | III |
| **สารบัญ** | IV |
| **สารบัญตาราง** | VI |
| **สารบัญภาพ** | VII |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 5 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย | 5 |
| 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย | 6 |
| 1.5 สมมุติฐานงานวิจัย (ถ้ามี) | 7 |
| 1.6 คำสำคัญของการวิจัย (ถ้ามี) | 8 |
| 1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 8 |
| 1.9 นิยามศัพท์เฉพาะ (ถ้ามี) | 9 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 11 |
| 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 11 |
| 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 21 |
| **บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย** | 24 |
| 3.1 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ | 25 |
| 3.2 การเตรียมประกอบแคลเซียมรูปต่างๆ | 27 |
| 3.3 การวิเคราะห์เอกลักษณ์ทางเคมีด้วยเทคนิคต่างๆ | 32 |
| 3.4 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับการผลิต | 34 |
| **บทที่ 4 ผลการวิจัย** | 35 |
| 4.1 การศึกษาร้อยละผลผลิต | 37 |
| 4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต่าง ๆ | 37 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 4.3 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับการผลิต | 56 |
| **บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ** | 59 |
| 5.1 สรุปผลการการสังเคราะห์และตรวจสอบ | 60 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 74 |
| **บทที่** 6 **สรุปผลผลิตงานวิจัย** | 76 |
| 6.1 กรรมวิธีการผลิตและผลิตภัณฑ์ที่ได้ | 76 |
| 6.2 สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร | 76 |
| 6.3 บทความทางวิชาการ | 77 |
| 6.4 ผลงานที่คาดว่าจะเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรม | 77 |
| **บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง** | 78 |
| **ภาคผนวก** | 83 |
| ภาคผนวก ก เอกสารหลักฐานอ้างอิงของผลผลิต | 83 |
| ภาคผนวก ข สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย | 122 |
| **ประวัตินักวิจัย** | 126 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 1.1 แสดงคำศัพท์และนิยามคำศัพท์ต่างๆ ของงานวิจัยนี้ | 9 |
| 1.1 (ต่อ)แสดงคำศัพท์และนิยามคำศัพท์ต่างๆ ของงานวิจัยนี้ | 10 |
| 4.1 แสดงผลผลิตและร้อยละผลผลิตจากการทดลองและทฤษฎี | 36 |
| 4.2 แสดงปริมาณองค์ประกอบของธาตุในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในผงแคลเซียมจากเปลือกหอยและเปลือกไข่ชนิดต่างๆ ด้วยเทคนิค XRF | 37 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1.1 | แสดงกองเปลือกหอยเหลือทิ้ง อ่างศิลา พัทยา จังหวัดชลบุรี และดอยหอยหลอด จังหวัดสมุทรสาคร | 4 |
| 1.2 | แผนภาพการผลิตสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกหอยและเปลือกไข่เพื่อการบริโภค | 6 |
| 2.1 | แผนภาพการสังเคราะห์แคลเซียมแลตเทตจากเปลือกไข่ (ทีมา งานวิจัยวิจิตรา แดงปรก ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา (รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปี 2550) | 14 |
| 2.2 | แผนภาพการผลิตแคลเซียมแลคเทต ที่มา Sun Hee Cheong (2016) | 15 |
| 2.3 | แสดงการผลิตปูนต่าง ๆ จากเปลือกหอย และเปลือกไข่ | 20 |
| 3.1 | แสดงผงสีขาวเทาของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผลิตได้จากแหล่งแคลเซียมทั้ง 5 ประเภท | 27 |
| 4.1 | เทอร์โมแกรมของการสลายตัวทางความร้อนของ CC-C, CC-O, CC-M, CC-EC และ CC-ED | 39 |
| 4.2 | เทอร์โมแกรมของการสลายตัวทางความร้อนของ CaAC-C, CaAC-O, CaAC-M, CaAC-EC และ CaAC-ED | 40 |
| 4.3 | เทอร์โมแกรมของการสลายตัวทางความร้อนของ CaLT-C, CaLT-O, CaLT-M, CaLT-EC และ CaLT-ED | 41 |
| 4.4 | เทอร์โมแกรมของการสลายตัวทางความร้อนของ CaCT-C, CaCT-O, CaCT-M, CaCT-EC และ CaCT-ED | 42 |
| 4.5 | เทอร์โมแกรมของการสลายตัวทางความร้อนของ MCP-C, MCP-O, MCP-M, MCP-EC และ MCP-ED | 43 |
| 4.6 | สปกตราการสั่นของ CC-C, CC-O, CC-M, CC-EC และ CC-ED ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด | 44 |
| 4.7 | สปกตราการสั่นของ CaAC-C, CaAC-O, CaAC-M, CaAC-EC และ CaAC-ED ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด | 44 |
| 4.8 | สปกตราการสั่นของ CaLT-C, CaLT-O, CaLT-M, CaLT-EC และ CaLT-ED ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด | 45 |
| 4.9 | สปกตราการสั่นของ CaCT-C, CaCT-O, CaCT-M, CaCT-EC, CaCT-ED ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด | 45 |
| 4.10 | สปกตราการสั่นของ MCP-C, MCP-O, MCP-M, MCP-EC และ MCP-ED ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด | 46 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.11 | สปกตราการสั่นของ TCP-C, TCP-O, TCP-M, TCP-EC และ TCP-ED ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด | 46 |
| 4.12 | รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ CC-C, CC-O, CC-M, CC-EC และ CC-ED | 47 |
| 4.13 | รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ CaAC-C, CaAC-O, CaAC-M, CaAC-EC และ CaAC-ED | 47 |
| 4.14 | รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ CaLT-C, CaLT-O, CaLT-M, CaLT-EC และ CaLT-ED | 48 |
| 4.15 | รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ CaCT-C, CaCT-O, CaCT-M, CaCT-EC และ CaCT-ED | 48 |
| 4.16 | รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ MCP-C, MCP-O, MCP-M, MCP-EC และ MCP-ED | 49 |
| 4.17 | รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ TCP-C, TCP-O, TCP-M, TCP-EC และ TCP-ED | 49 |
| 4.18 | รูปสัณฐานวิทยาของ CC-C, CC-O, CC-M, CC-EC และ CC-ED | 50 |
| 4.19 | รูปสัณฐานวิทยาของ CaAC-C, CaAC-O, CaAC-M, CaAC-EC และ CaAC-ED | 51 |
| 4.20 | รูปสัณฐานวิทยาของ CaLT-C, CaLT-O, CaLT-M, CaLT-EC และ CaLT-ED | 52 |
| 4.21 | รูปสัณฐานวิทยาของ CaCT-C, CaCT-O, CaCT-M, CaCT-EC และ CaCT-ED | 53 |
| 4.22 | รูปสัณฐานวิทยาของ MCP-C, MCP-O, MCP-M, MCP-EC และ MCP-ED | 54 |
| 4.23 | รูปสัณฐานวิทยาของ TCP-C, TCP-O, TCP-M, TCP-EC และ TCP-ED | 55 |
| 4.24 | รูปเครื่องบดและคัดขนาด ขนาด 4-6 ตันต่อวัน | 56 |
| 4.25 | รูปเครื่องเตาเผาสายพานลำเลียงขนาด 2 ตันต่อวัน พร้อมภาชนะสำหรับเผา | 56 |
| 4.26 | รูปเครื่องปั่นกวนต้นแบบขนาดเล็ก และขนาดกลาง | 57 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

โครงการวิจัยเรื่อง "การผลิตสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกหอยและเปลือกไข่เพื่อการใช้งานต่าง ๆ" ได้เกิดขึ้นจากปัญหาขยะเปลือกหอย (หอยแครง หอยนางรม และหอยแมลงภู่) และเปลือกไข่(ไข่ไก่และไข่เป็ด) ที่มีปริมาณมหาศาลสะสมทุกๆ ปี หลายแสนตัน นำมาซึ่งการตั้งสมมุติฐาน และออกแบบการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยคาดหวังว่าจะนำเปลือกหอยและเปลือกไข่ที่กลายเป็นขยะเหล่านั้นนำไปใช้ประโยชน์โดยการเพิ่มมูล ด้วยหลักการว่า เปลือกหอยและเปลือกไข่ มีองค์ประกอบทางเคมีหลักๆ คือ แคลเซียมคาร์บอเนต หรือ หินปูน ซึ่งมักถูกใช้เป็นสารตั้งต้นราคาถูกในภาคอุตสาหกรรม ในการนำไปใช้ผลิตสารประกอบแคลเซียมรูปอื่นๆ ที่มีราคาสูงกว่า และมีการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมที่เฉพาะเจาะจงเพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้นักวิจัยสนใจจะศึกษา โดยในบทนี้จะอธิบายรายละเอียดต่างๆ ประกอบด้วย ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา วิธีการดำเนินงาน สมมุติฐาน กรอบแนวคิด คำสำคัญ ประโยชน์ที่ได้รับ และนิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ดังต่อไปนี้

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แคลเซียม เป็นแร่ธาตุที่พบในเปลือกโลกประมาณ 5.4 % โดยมวล พบอยู่ในรูปของสารประกอบของ $CaCO_3$ ที่เป็นองค์ประกอบของหินปูน หินงอก หินย้อย ดินมาร์ล เปลือกหอย เปลือกไข่ และพบในสารประกอบซัลเฟต เช่น ยิปซัม แคลเซียม ถือเป็นแร่ธาตุสำคัญที่มีต่อมนุษย์ สัตว์ พืช และสิ่งแวดล้อม จัดเป็นแร่ธาตุหลักที่เป็นส่วนประกอบในร่างกายของมนุษย์ซึ่งจำเป็นมากต่อการเจริญเติบโต ส่วนพืชจัดเป็นธาตุอาหารรองที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตเช่นกัน โดยบทบาทที่มีอยู่ในร่างกายมนุษย์ คือ มีบทบาทสำคัญในการสร้างและเป็นองค์ประกอบหลักของกระดูก และฟันในร่างกาย รวมถึงซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของกระดูก และฟัน มีส่วนสำคัญในการแข็งตัวของเลือด ช่วยป้องกันการสูญเสียเลือดหากเกิดบาดแผล ช่วยควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ เป็นองค์ประกอบในเลือดมีความสำคัญต่อการทำงานของระบบประสาท และกล้ามเนื้อ หากมีปริมาณแคลเซียมต่ำ ประสาทจะไวผิดปกติต่อการตอบสนองต่อสิ่งเร้า กล้ามเนื้อเกร็ง และมีอาการชัก แต่หากประมาณแคลเซียมมากกว่าปกติจะทำให้ประสาทช้าลง ช่วยควบคุมการเคลื่อนย้ายของแร่ธาตุต่างๆ ที่เข้าออกภายในเซลล์ ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น เอนไซม์จากตับอ่อนที่ช่วยย่อยไขมัน เอนไซม์ที่เกี่ยวกับการใช้กลูโคส และเอนไซม์ในเยื่อสมองที่เกี่ยวกับการทำงานของระบบประสาท ช่วยในการดูดซึมวิตามินบี 2 ช่วยป้องกันอาการผิดปกติของวัยใกล้หมดประจำเดือน และช่วยป้องกันการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับกระดูก เช่น โรคกระดูกพรุน โรคกระดูกเสื่อม โรคมะเร็งกระดูก เป็นต้น ความต้องการแคลเซียมในคนปกติมีความต้องการแคลเซียมประมาณ 800-1500 มก./วัน สำหรับสตรีในระยะตั้งครรภ์และให้นมบุตรต้องการเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปกติอีก 400 มก./วัน ในวัยหมดประจำเดือนจนกระทั่งวัยสูงอายุในขณะนี้มีแนวโน้มต้องการถึง 1500 มก./วัน

แหล่งแคลเซียมหลัก ๆ ที่ร่างกายได้รับมาจาก 2 แหล่ง คือ จากอาหารที่รับประทาน และ ผลผลิตภัณฑ์เสริมแคลเซียม โดยแหล่งอาหารที่ให้แคลเซียมสูง ได้แก่ นม และผลิตภัณฑ์จากนม ทั้งนมโค นมแพะ และนมจากสัตว์อื่นๆ ถั่ว และผลิตภัณฑ์จากถั่ว เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง เป็นต้น ปลาหรือสัตว์น้ำขนาดเล็ก ที่สามารถกินได้ทั้งกระดูก ผักสีเขียวเข้ม และสัตว์น้ำขนาดเล็ก ส่วนแหล่งที่มาจากผลผลิตภัณฑ์เสริมแคลเซียม ได้แก่ อาหารเสริมแคลเซียม โดยที่ผลิตจำหน่ายในปัจจุบันจะถูกผลิตออกมาในลักษณะของยาเม็ดที่ประกอบด้วยเกลือของแคลเซียม แบ่งเป็น 4 ชนิด ตามลักษณะผลิตภัณฑ์ คือ – ชนิดเม็ดฟู่ – ชนิดเม็ดปกติ– ชนิดแคปซูล และ ชนิดเม็ดสำหรับเคี้ยว นมเสริมแคลเซียม ชนิดนมผง และนมกล่องพร้อมดื่ม ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ที่มีจำหน่าย ได้แก่ แอลลีน แคลซีเมกซ์ นมเปรี้ยวดัชมิลล์ เป็นต้น และ น้ำผลไม้เสริมแคลเซียม เช่น น้ำผลไม้แคล-วี เป็นต้น โดยสารประกอบเกลือแคลเซียมที่ถูกใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แคลเซียมซิเทรต($Ca_3(C_6H_5O_7)_2$) แคลเซียมอะซิเทต ($Ca(CH_3COO)_2$) แคลเซียมออกซาเลต($CaC_2O_4$) ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$) แคลเซียมกูลโคเนต($Ca(CH_2OH(CHOH)_4COO)_2$ แคลเซียมแลคเทต ($Ca(CH_3CHOHCOO)_2$ เป็นต้น โดยผลิตภัณฑ์ใดจะเติมสารประกอบแคลเซียมชนิดใด ก็ขึ้นกับสูตรที่คิดค้นได้ของแต่ละผลิตภัณฑ์ นอกจากจะใช้ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เสริมแคลเซียมเพื่อการบริโภคแล้ว ยังมีการใช้เกลือแคลเซียมในอุตสาหกรรมรมอาหาร เช่น เบอเกอรี ขนมปัง เครื่องดื่ม อาหารแช่แข็ง อาหารกระป๋อง ผักและผลไม้ ฯลฯ โดยบทบาทของเกลือแคลเซียม คือ ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) โดยใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (texture properties) ของผักและผลไม้ ทำหน้าที่เป็น firming agent สารกันบูด (Preservatives) ตัวควบคุมความเป็นกรดด่าง(Acidity/Basicity regulators) สารต้านการแข็งตัว (Anticaking agents) สารต้านการเกิดโฟม (Antifoaming agents) ลดและป้องกันการเกิดฟองในอาหาร สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) สารเติมเพิ่มปริมาณ (Bulking agents) สารเพิ่มความชื้น (Humectants) ป้องกันอาหารจากการทำให้แห้ง สารรักษาความเสถียร (Stabilizers) , สารที่เพิ่มความหนืด (thickeners) และสารที่เป็นเจล (Gelling agents) เหมือนวุ้น หรือ เปคติน (ที่ใช้ในแยม) เป็นต้น

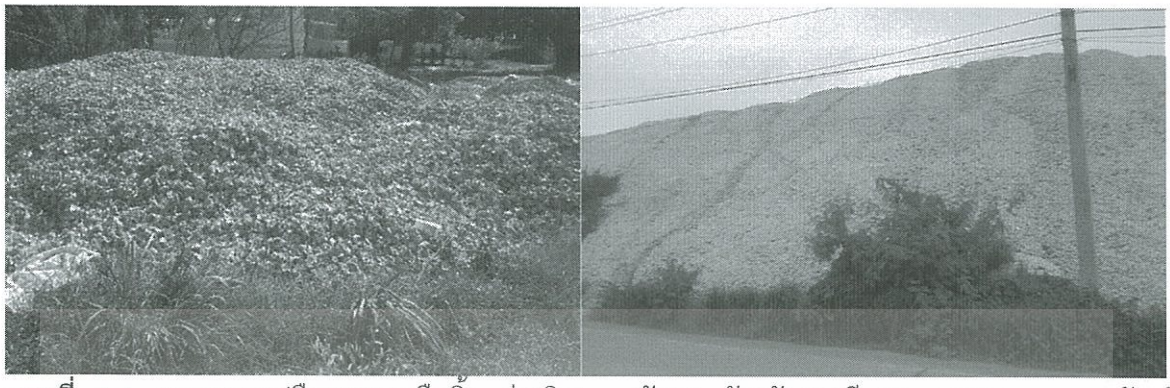
จากบทบาทสำคัญของแคลเซียมต่อร่างกาย ส่งผลให้มีการใช้เกลือแคลเซียมในอุตสาหกรรมผลิตอาหารเสริมแคลเซียมและอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย มีความต้องการใช้ในปริมาณมากในแต่ละปี โดยมีโรงงานผลิตภายในประเทศค่อนข้างน้อยมาก ๆ ส่วนใหญ่อาศัยการนำเข้าจากต่างประเทศ ราคาสารเหล่านี้จึงสูง โดยข้อมูลจาก เวปไซต์ www.alibaba.com ยกตัวอย่างราคา แคลเซียมอะซิเทต ราคาไม่ต่ำกว่า 30 บาทต่อกิโลกรัม แคลเซียมแลคเทต ราคาไม่ต่ำกว่า 30 บาทต่อกิโลกรัม แคลเซียมซิเทรต ราคาไม่ต่ำกว่า 30 บาทต่อกิโลกรัม ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ราคาไม่ต่ำกว่า 20 บาทต่อกิโลกรัม ราคานี้สำหรับเกรดบริสุทธิ์สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร โดยต้องมีการสั่งขั้นต่ำมากกว่า 20 ตัน และยังไม่รวมค่าขนส่ง ด้วยเหตุนี้ จึงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุผลให้งานวิจัยนี้ มุ่งสนใจคิดค้นกรรมวิธีการผลิตเกลือแคลเซียม 4 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต จากวัสดุแคลเซียมที่เป็นขยะภายในประเทศ คือ เปลือกหอยและเปลือกไข่ เพื่อมุ่งหวังให้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าที่มีจำหน่ายและนำเข้าจากต่างประเทศ

เปลือกหอยและเปลือกไข่ มีองค์ประกอบทางเคมีหลัก ๆ คือ แคลเซียมคาร์บอเนต หรือหินปูน ปริมาณเปลือกหอยในประเทศไทย มาจากหอยหลาย ๆ ชนิด เมื่อบริโภคเนื้อหอยแล้ว ได้แก่ หอยเชอรี หอยขม หอยกาบ หอยคราง หอยแครง หอยแมลงภู่ หอยนางรม หอยตลับ หอยหวาน หอยเชลล์ หอยซักตีน หอยหลอด หอยลาย และหอยอื่น ๆ โดยมีปริมาณการบริโภคและการส่งออกปริมาณมากในแต่ละปี ซึ่งหอยบางชนิดกลายเป็นหอยเศรษฐกิจที่มีการเพาะเลี้ยง เช่น หอยทะเล คือ หอยนางรม หอยแครง และหอยแมลงภู่ เป็นต้น โดยจังหวัดในแถบชายฝั่งทะเลมีการเพาะเลี้ยงเป็นอาชีพหลัก เช่น ชลบุรี ระยอง ตราด สมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี สงขลา ฯลฯ โดยมีพื้นที่เพาะเลี้ยงหอยทะเลประมาณ 105,902 ไร่ โดยหอยแครงมีการเพาะเลี้ยงมากที่สุด 84,633 ไร่ รองลงไปคือหอยแมลงภู่และหอยนางรม มีพื้นที่เพาะเลี้ยง 16,508 ไร่ และ 4,761 ไร่ โดยมีผลผลิตรวมจำนวน 216,835 ตัน (หอยแครง 71,323 ตัน, หอยแมลงภู่ 127,918 ตัน และหอยนางรม 17,594 ตัน) มูลค่ารวม 3,837 ล้านบาท (หอยแครง 2,537.7 ล้านบาท, หอยแมลงภู่ 832.8 ล้านบาท และหอยนางรม 465.5 ล้านบาท) สถิติรายงานประจำปี 2556 จากปริมาณเนื้อหอยทั้งสามชนิดที่มีการรายงานการผลิตนี้ จะเห็นได้ว่า เมื่อเนื้อหอยถูกใช้ไป สิ่งที่เหลืออยู่ ก็คือเปลือกหอย โดยปริมาณเปลือกหอยจะมีน้ำหนักมากกว่าเนื้อหอยมากกว่า 70% ดังนั้นจึงคาดคะเนปริมาณเปลือกหอยได้ว่า มีไม่ต่ำกว่า 3.65 แสนตันต่อปี ด้วยเหตุนี้เองปริมาณเปลือกหอยจึงเหลือสะสมมากขึ้นทุกๆ วัน ภาพที่ 1.1 แสดงปริมาณเปลือกหอยกองสะสมในแต่ละวัน ยกตัวอย่างในอ่างศิลาพัทยา จังหวัดชลบุรี และดอยหอยหลอด จังหวัดสมุทรสาคร เป็นตัวอย่างของขยะเปลือกหอยที่กองสะสมทุก ๆ วัน มีไม่ต่ำกว่า 50 ตันต่อวันในแต่ละพื้นที่ โดยประชากรในชุมชนมีอาชีพรับจ้างแกะเนื้อหอย จึงต้องนำเปลือกหอยไปทิ้งในพื้นที่สาธารณะ สะสมเพิ่มมากขึ้นทุกวัน ๆ กลายเป็นขยะ ที่เป็นแหล่งอาหารของแมลงพาหะของเชื้อโรค มีกลิ่นเหม็นรบกวน ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แม้ในอดีต จนถึงปัจจุบัน จะมีการนำเอาเปลือกหอยไปใช้ประโยชน์ คือ บดเป็นอาหารสัตว์ สารปรับปรุงดินปูนเปลือกหอยบด อิฐบล็อก ปูนขาวเปลือกหอยแล้วก็ตาม ปริมาณขยะเปลือกหอยก็ยังไม่ลดน้อยลง ยังเหลือเป็นขยะสะสมทิ้ง เป็นภาระที่ต้องหาวิธีการจัดการไม่ให้เหลือทิ้ง (Zero Waste) ในปัจจุบัน จึงนับว่าแคลเซียมจากเปลือกหอยอยู่ในรูปสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ที่มีความบริสุทธิ์ขึ้นอยู่กับชนิด แหล่งกำเนิดและฤดูกาลที่ได้รับเปลือกหอย มีปริมาณมากไม่มีวันหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาพที่ 1.1** แสดงกองเปลือกหอยเหลือทิ้ง อ่างศิลา พัทยา จังหวัดชลบุรี และดอยหอยหลอด จังหวัดสมุทรสาคร

ขณะที่ปริมาณเปลือกไข่ในประเทศไทย เนื่องจากเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการเลี้ยงสัตว์กันอย่างแพร่หลาย สัตว์ที่มีการเลี้ยงกันมาก ได้แก่ ไก่ เป็ด นกกระทา และห่าน โดยมีความต้องการไข่ไปใช้ประโยชน์ 2 ประเด็น คือ เพื่อการบริโภคเป็นอาหารและแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหาร และ เพื่อการฝักไข่ให้ได้ลูกเพื่อนำไปเพาะเลี้ยง สำหรับการบริโภคเนื้อ รายงานไข่ไก่ในประเทศปี 2556 จะมีปริมาณการผลิตไข่ไก่ 11,360 ล้านฟอง เพิ่มขึ้นจาก 11,022 ล้านฟอง ในปี 2555 3.07% ในส่วนของไก่เนื้อ ปริมาณการผลิตในรอบปี 2556 คาดว่ามีปริมาณการผลิตประมาณ 1,104.05 ล้านตัว เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.6 จากปี 2555 ที่มีปริมาณการผลิต 1,055.93 ล้านตัว ขณะที่ไก่พื้นเมือง 74 ล้านตัว รวมแล้วจะมีไข่ไก่ปริมาณ 12,538.05 ล้านฟอง ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในปีถัด ๆ ไป เนื่องจากการรณรงค์การบริโภคไข่ไก่ จากไข่ไก่ เมื่อบริโภคไข่แล้ว หรือไก่ฝักเป็นตัวแล้ว จะเหลือเปลือกไข่ โดยจากไข่ไก่ 1 ฟอง จะมีน้ำหนักประมาณ 58 กรัม จะมีเปลือกไข่ ประมาณ 12.3% ดังนั้น สำหรับไข่ไก่ที่ผลิตได้ในปี 2556 จะมีปริมาณเปลือกไข่ประมาณ 89,446.5 ตัน ด้านไข่เป็ดนั้น แบ่งเป็นเป็ดเนื้อ และเป็ดไข่ โดยมีเป็ดเนื้อจำนวน 24 ล้านตัว จำนวนไข่เป็ด 1,126.2 ล้านฟอง รวมแล้วทั้งปี 2556 จะมีไข่เป็ดถูกใช้ไปประมาณ 1,150.2 ล้านฟอง โดยไข่เป็ด 1 ฟองจะหนักประมาณ 80 กรัม โดยจะเปลือกไข่เป็ดจะหนักประมาณ 12% ดังนั้น จะมีเปลือกไข่เป็ดปริมาณ 92,016 ตัน รวมแล้วเฉพาะเปลือกไข่ไก่และไข่เป็ดมากกว่าแสนตันต่อปี

จากที่กล่าวมาด้านบน ความสำคัญของแคลเซียม ความต้องการใช้งานสารประกอบแคลเซียมรูปต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมที่หลากหลายมากมาย ทำให้งานที่มุ่งจะค้นหากรรมวิธีการผลิตสารประกอบแคลเซียม 4 ชนิดได้แก่ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต เพื่อให้ได้ราคาถูก โดยอาศัยวัตถุดิบเหลือทิ้งไร้ราคา แถมยังเป็นปัญหาในการกำจัดในทุกวันนี้ ซึ่งมีปริมาณสะสมมากขึ้นทุก ๆ ปี ไม่ต่ำกว่า 5 แสนตัน ได้แก่ เปลือกหอยและเปลือกไข่ โดยเปลือกหอย 3 ชนิด ที่มีปริมาณมาก คือ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม และเปลือกหอยแมลงภู่ ขณะที่เปลือกไข่ 2 ชนิด คือ เปลือกไข่ไก่ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือกไข่เป็ด ซึ่งเมื่อสิ้นสุดโครงการวิจัย คาดว่า จะได้กรรมวิธีการผลิตสารประกอบแคลเซียมทั้ง 4 ชนิด จากแหล่งวัตถุดิบ 5 ชนิด ที่จะเป็นประโยชน์ถูกใช้งานในอุตสาหกรรมอาหาร และผลิตอาหารเสริมแคลเซียมทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ที่สำคัญอีกประเด็น คือ การลดปริมาณเปลือกหอยและเปลือกไข่ที่เป็นปัญหาขยะรบกวนสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัย ที่ยังไม่สามารถหาวิธีการจัดการให้เหลือศูนย์ (Zero waste) ได้แบบสมบูรณ์ในปัจจุบัน

**1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาหากรรมวิธีการผลิตสารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต จากวัตถุดิบแคลเซียมที่เป็นขยะเหลือทิ้ง คือ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด
2. เพื่อตรวจเอกลักษณ์ทั้งทางกายภาพและทางเคมีของสารประกอบแคลเซียมทั้ง 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต ที่เตรียมได้จากวัตถุดิบแต่ละชนิด
3. เพื่อสร้างนวัตกรรมใหม่และยื่นจดสิทธิบัตรในกรรมวิธีการผลิตสารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต จากวัตถุดิบแคลเซียมที่เป็นขยะเหลือทิ้ง คือ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด

**1.3 ขอบเขตของการวิจัย**

1. ศึกษาหาตัวแปรที่เหมาะสม คือ สารตั้งต้น ความเข้มข้นของสารตั้งต้น อุณหภูมิ pH และระยะเวลาของปฏิกิริยา ในการเตรียมสารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด ที่เป็นเทคนิคใหม่ สะดวก รวดเร็ว ต้นทุนต่ำ ที่ไม่เคยมีมาก่อน คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต จากวัตถุดิบแคลเซียมที่เป็นขยะเหลือทิ้ง คือ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ โดยแหล่งของเปลือกหอยคือ อ่างศิลา ชลบุรี และดอนหอยหลอด สมุทรสงคราม เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด จากจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยวัตถุดิบที่ต้องเก็บ 5 ชนิดละ 500 กิโลกรัม เพื่อการผลิตสารประกอบแคลเซียม 4 ชนิดให้สำเร็จและเหลือตัวอย่างผลิตภัณฑ์ตัวอย่างละ 50 กิโลกรัม เพื่อเก็บไว้แสดงจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 20 ตัวอย่าง

2. ศึกษาเอกลักษณ์ทางเคมี โดยการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เอกซ์เรย์ดิฟแฟรคชัน (XRD Technique) และ สเปกโทรสปีการสั่นด้วย FTIR (FTIR spectroscopy) การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเทคนิค (XRF Techniques) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัส และการวิเคราะห์เชิงความร้อน

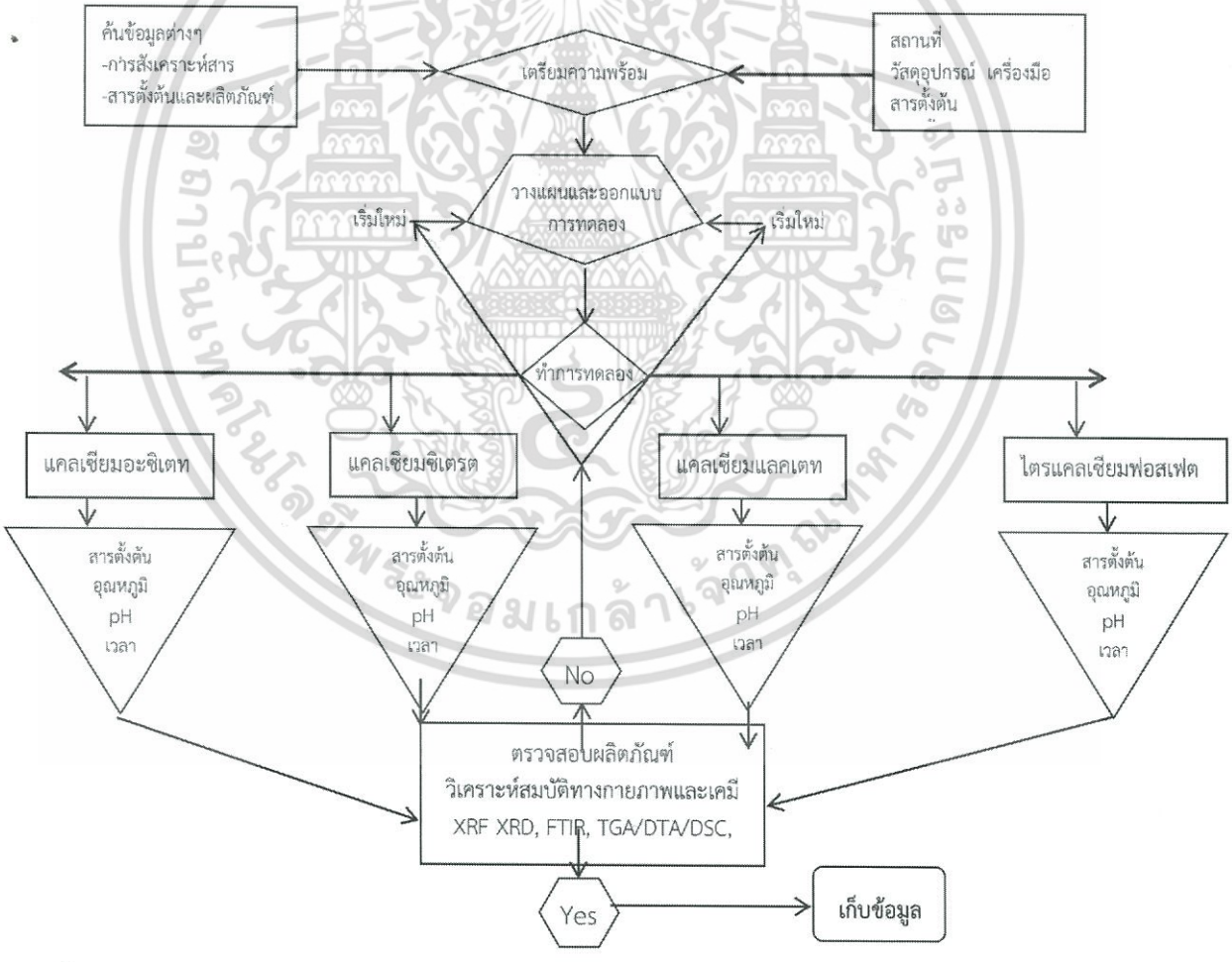
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(TGA/DTA/DSC) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณอะซิเทต แลคเทตและซิเทรต ไอออน ที่สูญหายในโครงสร้าง และการวิเคราะห์ทางกายภาพ ขนาดอนุภาคด้วย กล้องจุลทรรศอิเลคตรอนแบบส่องกราด (SEM)

3. ศึกษานวัตกรรมการผลิตแบบใหม่ของสารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต จากวัตถุดิบแคลเซียมที่เป็นขยะเหลือทิ้ง คือ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด เพื่อนำไปเขียนยื่นขอจดสิทธิบัตร และตีพิมพ์เผยแพร่ในระดับนานาชาติ

### 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยการผลิตสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกหอยและเปลือกไข่เพื่อการบริโภค โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้ 1. การเตรียมความพร้อม 2. การออกแบบการทดลอง และทดลอง 3. การวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ แปรผลข้อมูล 4. การวิเคราะห์ข้อมูลและเก็บข้อมูล




**ภาพที่ 1.2** แผนภาพการผลิตสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกหอยและเปลือกไข่เพื่อการบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมความพร้อม สิ่งที่ต้องเตรียมก่อนลงมือทำวิจัยที่สำคัญ คือ

-การเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสารประกอบแคลเซียมทั้ง 4 ชนิด คือ การสังเคราะห์ด้วยเทคนิคต่างๆ ที่เคยมีมา ข้อมูลเกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายเคมีและทางกายภาพที่รายงานจากเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ทางเคมีต่างๆ ค้นคว้าจากงานข้อมูลวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

-การเตรียมความพร้อมด้านอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการเตรียม เตรียมความพร้อมความรู้เกี่ยวกับสารตั้งต้นที่ใช้ คือ เปลือกหอยแครง เปลือกนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่และเปลือกไข่เป็ด ด้วยการบดให้มีขนาดและความบริสุทธิ์ที่ต้องการ และจัดซื้อและเตรียมสารตั้งต้นอีกชนิด คือกรดต่างๆ ที่มีความเข้มข้นที่พร้อมทดลองสังเคราะห์ สุดท้ายจัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือและเครื่องแก้วให้เหมาะกับสารตั้งต้นที่เลือกใช้ในการสังเคราะห์

การออกแบบการทดลอง และทดลอง จากการเตรียมความพร้อมด้านข้อมูลและวัสดุอุปกรณ์ จะถูกนำมาใช้ออกแบบการทดลอง โดยกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ที่จะถูกใช้เพื่อการสังเคราะห์สารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด โดยตัวแปรที่จะถูกนำไปใช้ คือ ชนิดสารตั้งต้น ความเข้มข้นสารตั้งต้น อุณหภูมิ pH และระยะเวลา จากนั้นเมื่อกำหนดตัวแปรได้แล้ว ก็เป็นการทดลองสังเคราะห์ ในระดับสเกลห้องปฏิบัติการ (Lab scale) เมื่อการสังเคราะห์ได้ผงผลิตภัณฑ์แคลเซียมตามที่ต้องการ จะพัฒนาออกแบบการผลิตใน Field scale ต่อไป

การวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือและแปรผลข้อมูล ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์เพื่อยืนยันสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ดังนี้

-การวิเคราะห์ทางโครงสร้างและองค์ประกอบธาตุในสารประกอบ ด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรคชันและเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (XRD / XRF Techniques) และสเปกโทรสปีการสั่นด้วย FTIR (FTIR spectroscopy)

-การวิเคราะห์ข้อมูลทางความร้อน ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อน (TGA/DTA/DSC)

-การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคและลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศอิเลคตรอนแบบส่องกราด (SEM)

จากการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือที่กล่าวมา ข้อมูลดิบที่ได้จะถูกนำมาแปรผลข้อมูลและเก็บรวบรวม การวิเคราะห์ข้อมูลและเก็บข้อมูล ข้อมูลตั้งแต่ตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการเตรียมที่เหมาะสมที่สุด ข้อมูลผลการวิเคราะห์ทางเครื่องมือ และแปรผลเพื่อยืนยันสมบัติทางกายภาพและทางเคมี เปรียบเทียบกับข้อมูลของสารประกอบแคลเซียมทั้ง 4 ชนิด ในฐานข้อมูลวิจัยที่มีการรายงานไว้ในอดีต จะถูกเก็บและจัดทำเป็นคู่มือเอกสารงานวิจัย โดยระเบียบวิธีวิจัยเขียนเป็นแผนภาพที่ 1.2

### 1.5 สมมุติฐานงานวิจัย

ในอุตสาหกรรมการผลิตสารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด ได้แก่ คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต ปกติแล้วจะใช้สารตั้งต้นเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตหรือแร่หินปูนที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เพราะราคาถูกที่สุด โดยผ่านการเตรียมหินปูนให้เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตด้วยการบดให้ละเอียดตามขนาดที่ต้องการ ซึ่งมักจะมีขนาด 50 เมช ขึ้นไป และมีเกรดความบริสุทธิ์ของแคลเซียมคาร์บอเนตไม่ต่ำกว่าร้อยละ 98 และหากมีการใช้สารแคลเซียมรูปอื่นๆ ก็มักจะใช้เป็น ปูนขาว ซึ่งมี 2 รูป คือ แคลเซียมออกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งสาร 2 ชนิดนี้ ก็ผลิตมาจากหินปูนที่ถูกนำไปเผาที่สภาวะอุณหภูมิสูง จึงทำให้ต้นทุนควรจะแพงกว่าสารตั้งต้นที่เป็นหินปูนหรือแคลเซียมคาร์บอเนต โดยปฏิกิริยาเคมีการเตรียมสารประกอบแคลเซียมทั้ง 4 ชนิด จากแหล่งของแคลเซียมคาร์บอเนต มีดังนี้

$$CaCO_3(s) + 2CH_3COOH(aq) \longrightarrow Ca(CH_3COO)_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g) \quad 1.1$$

$$CaCO_3(s) + 2CH_3CHOHCOOH(aq) \longrightarrow Ca(CH_3CHOHCOO)_2(s) + H_2O(l) + CO_2(g) \quad 1.2$$

$$3CaCO_3(s) + 2C_6H_8O_7\,(aq) \longrightarrow Ca_3(C_6H_8O_7)_2(s) + 3CO_2(g) + O_2(g) \quad 1.3$$

$$CaCO_3(s) + 2Ca(H_3PO_4)_2.H_2O(s) \longrightarrow Ca_3(PO)_2(s) + H_2O(g) + CO_2(g) \quad 1.4$$

ซึ่งจากปฏิกิริยาเคมีทั้ง 4 ปฏิกิริยา อุตสาหกรรมการผลิตสารทั้ง 4 ชนิดนี้ นำมาใช้ผลิตกันไปทั่ว แต่มีข้อแตกต่างในกรรมวิธีการผลิต คือ ตัวแปรสภาวะที่ควบคุม ได้แก่ ปริมาณความเข้มข้นของสารตั้งต้น อุณหภูมิของการผลิต อัตราการปั่นกวนผสม การควบคุม pH ของปฏิกิริยา ระยะเวลาการทำปฏิกิริยา และขั้นตอนแยกให้บริสุทธิ์หรือทำให้แห้งได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงของแข็ง

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้ตั้งสมมุติฐานว่า จะทำการผลิตสารประกอบ 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต จากเปลือกหอย (หอยแครง หอยนางรม และหอยแมลงภู่) และเปลือกไข่(ไข่ไก่และไข่เป็ด) ที่มีองค์ประกอบทางเคมีหลัก คือ แคลเซียมคาร์บอเนตหรือหินปูนที่เกิดขึ้นจากสิ่งมีชีวิต ที่ไม่มีวันหมด และมีความบริสุทธิ์ของแคลเซียมคาร์บอเนตไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 96 ขึ้นอยู่กับชนิดของแหล่งเปลือกหอยและเปลือกไข่ โดยมุ่งหวังจะค้นหากรรมวิธีการผลิตที่ง่าย สะดวกรวดเร็ว ต้นทุนต่ำ ที่จะเป็นไปได้ที่สุด เพื่อเป็นประโยชน์แก่การนำเอาผลงานวิจัยนี้ไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

### 1.6 คำสำคัญของการวิจัย

กรรมวิธีการผลิต เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ เปลือกไข่เป็ด แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ขยะเหลือทิ้ง

### 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้กรรมวิธีการผลิตสารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต จากวัตถุดิบแคลเซียมที่เป็นขยะเหลือทิ้ง คือ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ได้ข้อมูลทางกายภาพและทางเคมีของสารประกอบแคลเซียมทั้ง 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต ที่เตรียมได้จากวัตถุดิบแต่ละชนิด

3. ได้นวัตกรรมใหม่และยื่นจดสิทธิบัตรในกรรมวิธีการผลิตสารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต จากวัตถุดิบแคลเซียมที่เป็นขยะเหลือทิ้ง คือ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด

**1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ**

ศัพท์เฉพาะที่ใช้อธิบายในงานวิจัยเล่มนี้ แสดงไว้ในตารางที่ 1.1

**ตารางที่ 1.1** แสดงคำศัพท์และนิยามคำศัพท์ต่างๆ ของงานวิจัยนี้

| คำศัพท์ | นิยาม |
|---|---|
| AC-50 | กรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยมวล |
| LT-50 | กรดแลคติคความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยมวล |
| CT-50 | กรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยมวล |
| P-70 | กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยมวล |
| CC-C | แคลเซียมคาร์บอเนตบด (100 เมช) ผลิตจากเปลือกหอยแครง (Cockle shell) |
| CC-O | แคลเซียมคาร์บอเนตบด (100 เมช) ผลิตจากเปลือกหอยนางรม (Oyster shell) |
| CC-M | แคลเซียมคาร์บอเนตบด (100 เมช) ผลิตจากเปลือกหอยแมลงภู่ (Mussel shell) |
| CC-EC | แคลเซียมคาร์บอเนตบด (100 เมช) ผลิตจากเปลือกไข่ไก่ (Chicken egg) |
| CC-ED | แคลเซียมคาร์บอเนตบด (100 เมช) ผลิตจากเปลือกไข่เป็ด (Duck egg) |
| CaAC-C | แคลเซียมอะซิเทตผลิตจากเปลือกหอยแครง (Cockle shell) |
| CaAC-O | แคลเซียมอะซิเทตผลิตจากเปลือกหอยนางรม (Oyster shell) |
| CaAC-M | แคลเซียมอะซิเทตผลิตจากเปลือกหอยแมลงภู่ (Mussel shell) |
| CaAC-EC | แคลเซียมอะซิเทตผลิตจากเปลือกไข่ไก่ (Chicken egg) |
| CaAC-ED | แคลเซียมอะซิเทตผลิตจากเปลือกไข่เป็ด (Duck egg) |
| CaLT-C | แคลเซียมแลคเทตผลิตจากเปลือกหอยแครง (Cockle shell) |
| CaLT-O | แคลเซียมแลคเทตผลิตจากเปลือกหอยนางรม (Oyster shell) |
| CaLT-M | แคลเซียมแลคเทตผลิตจากเปลือกหอยแมลงภู่ (Mussel shell) |
| CaLT-EC | แคลเซียมแลคติเทตผลิตจากเปลือกไข่ไก่ (Chicken egg) |
| CaLT-ED | แคลเซียมแลคเทตผลิตจากเปลือกไข่เป็ด (Duck egg) |
| CaCT-C | แคลเซียมซิเทรตผลิตจากเปลือกหอยแครง (Cockle shell) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 1 (ต่อ)** แสดงคำศัพท์และนิยามคำศัพท์ต่างๆ ของงานวิจัยนี้

| คำศัพท์ | นิยาม |
|---|---|
| CaCT-O | แคลเซียมซิเทรตผลิตจากเปลือกหอยนางรม (Oyster shell) |
| CaCT-M | แคลเซียมซิเทรตผลิตจากเปลือกหอยแมลงภู่ (Mussel shell) |
| CaCT-EC | แคลเซียมซิเทรตผลิตจากเปลือกไข่ไก่ (Chicken egg) |
| CaCT-ED | แคลเซียมซิเทรตผลิตจากเปลือกไข่เป็ด (Duck egg) |
| MCP-C | โมโนแคลเซียมฟอสเฟตผลิตจากเปลือกหอยแครง (Cockle shell) |
| MCP-O | โมโนแคลเซียมฟอสเฟตผลิตจากเปลือกหอยนางรม (Oyster shell) |
| MCP-M | โมโนแคลเซียมฟอสเฟตผลิตจากเปลือกหอยแมลงภู่ (Mussel shell) |
| MCP-EC | โมโนแคลเซียมฟอสเฟตผลิตจากเปลือกไข่ไก่ (Chicken egg) |
| MCP-ED | โมโนแคลเซียมฟอสเฟตผลิตจากเปลือกไข่เป็ด (Duck egg) |
| TCP-C | ไตรแคลเซียมฟอสเฟตผลิตจากเปลือกหอยแครง (Cockle shell) |
| TCP-O | ไตรแคลเซียมฟอสเฟตผลิตจากเปลือกหอยนางรม (Oyster shell) |
| TCP-M | ไตรแคลเซียมฟอสเฟตผลิตจากเปลือกหอยแมลงภู่ (Mussel shell) |
| TCP-EC | ไตรแคลเซียมฟอสเฟตผลิตจากเปลือกไข่ไก่ (Chicken egg) |
| TCP-ED | ไตรแคลเซียมฟอสเฟตผลิตจากเปลือกไข่เป็ด (Duck egg) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เรื่อง การผลิตสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกหอยและเปลือกไข่เพื่อการใช้งานต่างๆ จะถูกอธิบายในหัวข้อต่อไปนี้

## 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมุ่งไปที่เทคนิคการสังเคราะห์สารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเตรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต ทั้งจากงานวิจัยและสิทธิบัตรที่มีการยืนจดในอดีต และข้อมูลเบื้องต้นของวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งสารตั้งต้นแคลเซียม คือ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด โดยสรุปรายละเอียดที่น่าสนใจดังนี้

แคลเซียมอะซิเทต (Calcium acetate; CA) เป็นสารประกอบของเกลือแคลเซียมของกรดอะซิติก ที่มีสูตรเคมี เป็น $Ca(CH_3COO)_2$ ($Ca(OAc)_2$) แคลเซียมอะซิเทตที่ปราศจากน้ำในโครงผลึก (Anhydrous form) จะไม่เสถียร มักจะทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศได้ง่าย (Hygroscopic) แล้วกลายเป็นรูปสารประกอบที่มีน้ำในโครงผลึก (Hydrated form) คือ แคลเซียมอะซิเทตโมโนไฮเดรต ($Ca(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$; $Ca(OAc)_2 \cdot H_2O$) หรือชื่ออื่น ๆ คือ แคลเซียมไดอะซิเทต โมโนไฮเดรต (Calcium diacetate monohydrate) และแคลเซียมไดอะซิเทต ไฮเดรต (Calcium diacetate hydrate) ลักษณะผงสีขาว อุตสาหกรรมอาหารใช้เป็นสารเติมแต่งอาหาร (food additive) มีบทบาท คือ ความคงรูป (stabilizer), สารปรับกรด-ด่าง (buffer) และ สารที่ช่วยให้สี กลิ่น รส และลักษณะเนื้อสัมผัส (sequestrant) อุตสาหกรรมอาหารระบุหมายเลข คือ E263

การผลิตแคลเซียมอะซิเทต สามารถผลิตได้จากสารตั้งต้น 2 ชนิด คือ กรดอะซิติก และสารประกอบที่เป็นแหล่งของแคลเซียม โดยที่มักจะถูกเลือกใช้ในการผลิต มักจะต้องหาง่ายและมีราคาถูก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ราคาถูกด้วย นั่นก็คือ มักจะใช้ แคลเซียมคาร์บอเนต ได้มาจาก หินปูน หินอ่อน ปูนมาลย์ เปลือกไข่ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์

$$CaCO_3(s) + 2CH_3COOH(aq) \longrightarrow Ca(CH_3COO)_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g) \quad 2.1$$

$$Ca(OH)_2(s) + 2CH_3COOH(aq) \longrightarrow Ca(CH_3COO)_2(aq) + 2H_2O(l) \quad 2.2$$

$$CaO(s) + 2CH_3COOH(aq) \longrightarrow Ca(CH_3COO)_2(aq) + H_2O(l) \quad 2.3$$

โดยจากปฏิกิริยาพื้นฐานการเตรียม CA ด้านบนนั้น ไม่มีความซับซ้อนใด ๆ แต่กลับพบว่ามีอุปสรรค คือปัจจัยเรื่องความเข้มข้นของกรดอะซิติก ความบริสุทธิ์ของแหล่งแคลเซียม สภาพกรด-เบส อุณหภูมิ และระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยา ที่ส่งผลต่อร้อยละผลผลิต CA อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดอะซิติก ชื่อในระบบทางเคมี อ่านว่า กรดอีทาโนอิก (Ethanoic acid) มีสูตรเคมีเป็น $CH_3COOH$ ($CH_3CO_2H$ หรือ $C_2H_4O_2$) เป็นของเหลวไม่มีสี มีกลิ่นฉุนเปรี้ยวคล้ายน้ำส้ม ถ้าไม่เจือจางเรียกว่า แกรเซียสอะซิติก (Glacial acetic) ถ้าเจือจาง 3-9 % เรียกว่า กรดน้ำส้ม (Vinegar) การผลิตกรดอะซิติก ได้ทั้งการสังเคราะห์ด้วยสารเคมีในโรงงานอุตสาหกรรมและการหมักด้วยแบคทีเรีย โดยมีกระบวนการหลักของการผลิต คือ การผลิตจากปฏิกิริยาระหว่าง เมทานอลกับคาร์บอนมอนอกไซด์ (Methanol carbonylation), การออกซิเดชันอะเซตัลดีไฮด์ (Aceltadehyde oxidation), การออกซิเดชันอีทิลลีน (Ethylene oxidation), การหมักด้วยแบคทีเรียแบบออกวิเดชัน (Oxidative fermentation) และ การหมักด้วยแบคทีเรียแบบเติมออกซิเจน (Anaerobic fermentation) โดยการผลิตประมาณ 75% ผลิตได้จากกระบวนผลิตแบบการผลิตจากปฏิกิริยาระหว่าง เมทานอลกับคาร์บอนมอนอกไซด์

ตัวอย่างการการสังเคราะห์ แคลเซียมอะซิเทต จากเปลือกไข่ (LI Yan-Po, 2010) ทำปฏิกิริยากับกรดอะซิติก ที่มีความเข้มข้น 6 โมลต่อลิตร อุณหภูมิและระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยา เท่ากับ 79.38 องศาเซลเซียส และ 5.98 ชั่วโมง ตามลำดับ อัตราส่วนเปลือกไข่ต่อกรดอะซิติกเท่ากับ 1 ต่อ 5 ร้อยละผลผลิตคือ 98.48 แล้วยังได้ทำการเพิ่มความบริสุทธิ์ของแคลเซียมอะซิเทต ด้วยการแปรรูปเปลือกไข่ไปเป็น แคลเซียมออกไซด์ ซึ่งทำให้อุณหภูมิและระยะเวลาของปฏิกิริยาน้อยกว่าเดิม คือ 65 องศาเซลเซียส และ 15 นาที ตามลำดับ แล้วได้สารมีความบริสุทธิ์ถึง 99.79% โดยกรรมวิธีการผลิตนี้ เนื่องจากเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างของแข็งและของเหลวที่มากกว่าหลายเท่า จึงทำให้เมื่อกระบวนการเสร็จสิ้นจะได้ผลิตภัณฑ์แคลเซียมอะซิเทตที่เป็นของแข็งผสมอยู่กับของเหลวที่เป็นน้ำดังปฏิกิริยาเบื้องต้น นอกจากนั้นการเตรียมแคลเซียมอะซิเทตที่ผ่านมา มีความพยายามที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีต้นทุนต่ำและมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานในแต่ละด้าน จะต้องเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลัก ๆ คือ ต้นทุนของแหล่งวัตถุดิบ คือ กรดอะซิติกและแหล่งแคลเซียม จากสารตั้งต้นที่เกิดปฏิกิริยาดังปฏิกิริยาด้านบนทั้ง 3 ปฏิกิริยานั้น สังเกตเห็นว่า หากแหล่งของแคลเซียมถูกยึดว่า ต้องเป็นสารประกอบแคลเซียมสถานะของแข็งที่ต้นทุนถูก คือ แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมออกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ดังนั้นกรดอะซิติกจะเป็นสารตั้งต้นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตเป็นสำคัญ โดยจะอยู่ในรูปสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย และไม่ทราบความเข้มข้นที่เฉพาะเจาะจง นั่นคือ ความเข้มข้นของกรดอะซิติกนี้จะแตกต่างกันในแต่ละโรงผลิตแคลเซียมอะซิเทต ซึ่งจะส่งผลต่อคือเกี่ยวกับตัวแปรที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส และระยะของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น โดยตัวแปรเหล่านี้จะส่งผลให้แคลเซียมอะซิเทตตกตะกอนเป็นเกลือของแข็ง กระบวนต่อเนื่องถัดไป คือการแยกเกลือของแข็งออกจากน้ำที่เป็นของเหลว โดยหลักการทั่วไป ก็มักจะใช้การกรองแยก หรือไม่ก็การตากให้แห้ง

แคลเซียมแลคเทต(Calcium lactate; CL) เป็นสารประกอบของเกลือแคลเซียมของกรดแลคติก ที่มีสูตรเคมี เป็น $Ca(CH_3CHOHCOO)_2$ ชื่อเรียกตามระบบคือ แคลเซียม 2-ไฮดรอกซีโพรพาโนเอท (Calcium 2-hydroxypropanoate) มีลักษณะผงได้ทั้งสีขาวและสีดำ ถ้าอยู่รูปสารประกอบที่มีน้ำในโครงผลึก (Hydrated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

form) คือ แคลเซียมแลคเทตเพนตระไฮเดรต ($Ca(CH_3CHOHCOO)_2 \cdot 5H_2O$) ลักษณะผงสีขาวหรือดำ อุตสาหกรรมอาหารใช้เป็นสารเติมแต่งอาหาร (food additive) มีบทบาทใช้ในการปรับปรุงความคงตัวและผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ ช่วยให้คงความกรอบ และช่วยการเกิดเจลในผลิตภัณฑ์เยลลี่ต่างๆ โดยทำงานร่วมกับเพกติน เป็นแหล่งของ Calcium ให้กับอาหาร ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ เช่น เหล้าสาเก ประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ผงฟู นมข้นหวาน ชีสและผลิตภัณฑ์นม ขนมหวานต่างๆ เช่น พุดดิ้ง ขนมอบ นอกจากนี้ยังมีการใช้ในอุตสาหกรรมยาอีกด้วย มีหมายเลขระบุทางอุตสาหกรรมอาหารและยา คือ E327

การผลิตแคลเซียมแลคเทต สามารถผลิตได้จากสารตั้งต้น 2 ชนิด คือ กรดแลตติก และสารประกอบที่เป็นแหล่งของแคลเซียม โดยที่มักจะถูกเลือกใช้ในการผลิต มักจะใช้ แคลเซียมคาร์บอเนต ได้มาจาก หินปูน หินอ่อน ปูนมาร์ล เปลือกไข่ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์ ที่มีราคาถูก ดังปฏิกิริยาด้านล่าง

$$CaCO_3(s) + 2CH_3CHOHCOOH(aq) \longrightarrow Ca(CH_3CHOHCOO)_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g) \quad 2.4$$

$$Ca(OH)_2(s) + 2CH_3CHOHCOOH(aq) \longrightarrow Ca(CH_3CHOHCOO)_2(aq) + 2H_2O(l) \quad 2.5$$

$$CaO(s) + 2CH_3CHOHCOOH(aq) \longrightarrow Ca(CH_3CHOHCOO)_2(aq) + H_2O(l) \quad 2.6$$

โดยจากปฏิกิริยาพื้นฐานการเตรียม แคลเซียมแลคเทต จากปฏิกิริยาด้านบนนั่น มีความซับซ้อนคือ ปัจจัยเรื่องความเข้มข้นของกรดแลคติก ความบริสุทธิ์ของแหล่งแคลเซียม สภาพกรด-เบส อุณหภูมิ และระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยา ที่เป็นความลับทางการค้า

กรดแลคติก เป็นกรดอินทรีย์ มีสูตรเคมีเป็น $CH_3CH(OH)COOH$ ชื่อในระบบทางเคมี อ่านว่า กรด 2-ไฮดรอกซีโพรพาโนอิก 2-Hydroxypropanoic acid) หรืออีกชื่อ กรดนม (Milk acid) เป็นของเหลวไม่มีสี ละลายน้ำได้ดี มาจาก 2 แหล่ง คือ เกิดขึ้นในธรรมชาติและสังเคราะห์ด้วยฝีมือมนุษย์เอง โดยจากการสังเคราะห์ ทำได้ 2 กรณี คือ

การสังเคราะห์ทางเคมี ขั้นแรก ใช้กรด HCN ทำปฏิกิริยากับ acetaldehyde เป็น lactonitrille

$$HCN + CH_3CHO = CH_3CH(OH)CN \quad 2.7$$

ขั้นสอง นำ lactonitrille มาทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับ HCl จนได้กรดแลคติก เกลือแอมโมเนีย และสารประกอบอื่น

$$MeCH(OH)CN + H_2O + HCl = MeCH(OH)COOH + NH_4Cl \quad 2.8$$

ขั้นสาม นำกรดแลคติกมาทำให้บริสุทธิ์ ด้วยการทำให้กลายเป็นอนุพันธ์เอสเทอร์ methyl lactate แล้วกลั่นเอาเอสเทอร์ออก ตามด้วยการทำ hydrolyzed methyl lactate จนกลายเป็นกรดแลคติกบริสุทธิ์ โดยระหว่างกระบวนการจะกำจัดเมธานอล HCN และสารอื่นออกด้วย

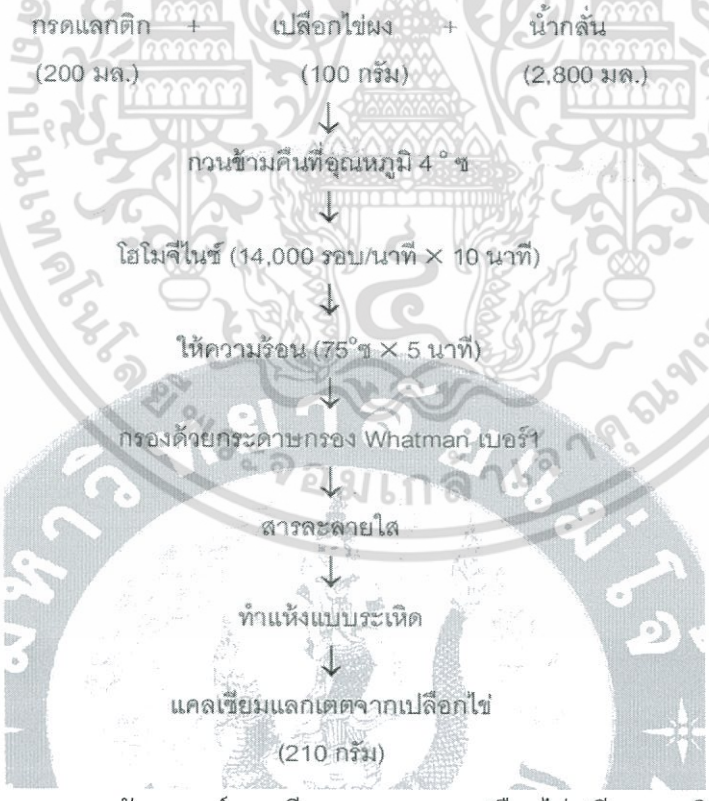
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้จุลินทรีย์ จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตกรดแลคติกได้จะอยู่ในกลุ่ม แลคโตบาซิลลัส (Lactobacillus) ด้วยกระบวนการหมักน้ำตาลกลูโคสด้วยจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิมากกว่า 40 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ผลผลิต คือ กรดแลคติก เอธานอล กลีเซอรอล และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกิริยาการหมักเพื่อให้เกิดกรดแลคติค แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดแลคเทตเพียงอย่างเดียว เรียกว่า โฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (Homofermentative)

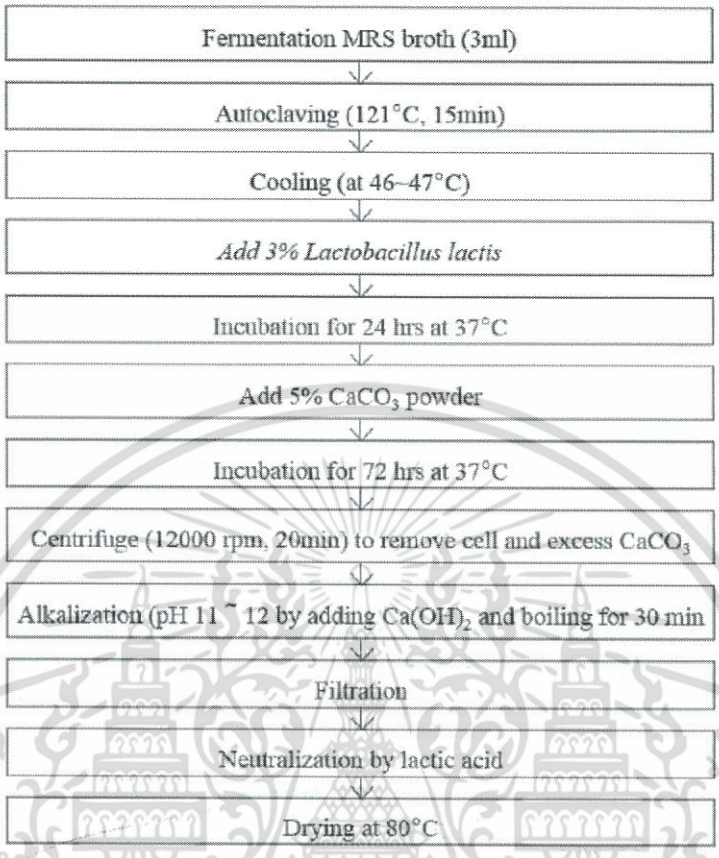
2. ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดแลคเทตร่วมกับสารอื่น เรียกว่า เฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (Heterofermentative)

ตัวอย่างการเตรียมแคลเซียมแลคเทต จากเปลือกไข่ จากงานวิจัยของ วิจิตรา แดงปรก ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา (2550) เริ่มโดยการผลิตเปลือกไข่ผงเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบ ในขั้นตอนต่อไปมีวิธีการ คือ นำเอาเปลือกไข่มาทำการล้างด้วยทำความสะอาด แยกเอาส่วนของเยื่อเปลือกไข่ (shell membrane) และสิ่งสกปรกต่างๆ ออกไป แล้วนำไปอบให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเปลือกไข่แห้งสนิท แล้วนำมาบดเป็นผงละเอียดโดยใช้เครื่องบด ก็จะได้เปลือกไข่ผงตามต้องการ (Daengprok และคณะ, 2002) จากนั้นค่อยนำไปทำปฏิกิริยาดังแผนภาพที่ 2.1




**ภาพที่ 2.1** แผนภาพการสังเคราะห์แคลเซียมแลตเทตจากเปลือกไข่ (ทีมา งานวิจัยวิจิตรา แดงปรก ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา (รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปี 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 2.2** แผนภาพการผลิตแคลเซียมแลคเทต ที่มา Sun Hee Cheong (2016)

การสังเคราะห์แคลเซียมแลตเทตจากแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปผลึก อะราโกไนต์ จากงานวิจัยของ Sun Hee Cheong (2016) ด้วยวิธีการหมัก แสดงรายละเอียดการสังเคราะห์ดังรูปภาพที่ 3

ขณะที่สิทธิบัตรต่างประเทศ เช่น หมายเลขสิทธิบัตร US 2143359A โดย Raymond E Daly, James F Walsh, Haskell C Needle (1939) การผลิตผงผลึกสีขาวแคลเซียมแลตเทตจาก กรดแลคติก ที่หมักแป้งด้วยจุลินทรีย์ แลคโตบาซิลลัสที่ผสมกับแคลเซียมคาร์บอเนต ขณะงานวิจัยด้านการศึกษาก็มีการพยายามสังเคราะห์อย่างมากมาย โดยส่วนใหญ่แล้ว จะทำการศึกษาตัวแปรหลัก ๆ ต่างกัน เช่น สารตั้งต้น ความเข้มข้นสารตั้ง อุณหภูมิ pH ระยะเวลาการทำปฏิกิริยา ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์แคลเซียมแลตเทตคุณภาพความบริสุทธิ์สูงขึ้น ร้อยละผลผลิตสูง และมีต้นทุนสูงไปด้วย

แคลเซียมซิเตรต (Calcium citrate; CC) เป็นสารประกอบของเกลือแคลเซียมของกรดซิตริก ที่มีสูตรเคมี เป็น $Ca_3(C_6H_5O_7)_2$ ชื่อเรียกตามระบบคือ กรด 2-ไฮดรอกซี่-1,2,3- โพรเพน-ไตรคาร์บอกไซลิก (2-hydroxy-1,2,3-propane-tricarboxylic acid) หรือมีอีกชื่อ คือ ไตรแคลเซียม ไดซิเตรต มี 2 รูป คือ ภาพที่มีไม่มีน้ำในโครงผลึก (Anhydrous) และมีน้ำในโครงผลึก (Hydrated) สูตรเคมี $Ca_3(C_6H_5O_7)_2(H_2O)_2]\cdot 2H_2O$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมอาหารใช้เป็นสารเติมแต่งอาหาร (food additive) มีบทบาทใช้ในการเป็นสารกันบูด (preservative) สารปรับความเป็นกรด (acidity regulator) สารปรับปรุงความคงตัว (firming agent) สารสร้างลักษณะเนื้อสัมผัส (sequestrant) และสารแต่งกลิ่น นอกจากนั้นยังใช้ในอุตสาหกรรมยาอีกด้วย มีหมายเลขระบุทางอุตสาหกรรมอาหารและยา คือ E333

การผลิตแคลเซียมซิเทรต สามารถผลิตได้จากสารตั้งต้น 2 ชนิด คือ กรดแลตติก และสารประกอบที่เป็นแหล่งของแคลเซียม โดยที่มักจะถูกเลือกใช้ในการผลิต มักจะใช้ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ดังปฏิกิริยา

$$3Ca(OH)_2(s) + 2C_6H_8O_7\ (L) \longrightarrow Ca_3(C_6H_8O_7)_2(s) + 6H_2O(l) \qquad 2.9$$

โดยแคลเซียมซิเทรต เป็นผลพลอยได้ที่เกิดจากการสกัดกรดซิตริกจากกระบวนหมักในการผลิตกรดซิตริกในอุตสาหกรรม

โดยจะทำการปรับความเป็นกลางด้วยการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ทำให้เกิดเป็นตะกอนแคลเซียมซิเทรต หลังจากนั้นจึงทำการกรองแยกแล้วล้างตะกอนให้สะอาดต่อ

กรดซิตริก เป็นกรดอินทรีย์ มีสูตรเคมีเป็น $C_6H_8O_7$ ชื่อในระบบทางเคมี อ่านว่า กรด 3-คาร์บอกซี่-3-ไฮดรอกซีเพนเทน 1,5- ไดโออิก (3-carboxy-3-hydroxypentane-1,5-dioic acid) หรืออีกชื่อ กรดน้ำมะนาว (lemon acid) เป็นของแข็ง สีขาว ละลายน้ำได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูง สำหรับของแข็งที่ปราศจากน้ำผลึกและน้ำผลึก 1 โมเลกุล ตามลำดับ มีกรดซิตริก มาจาก 2 แหล่ง คือ เกิดขึ้นในธรรมชาติจากผลไม้และสังเคราะห์ด้วยฝีมือมนุษย์เอง โดยจากการสังเคราะห์ กรดซิตริกพบได้ตามธรรมชาติโดยทั่วไปในผักและผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว โดยเฉพาะพืชตระกูลมะนาว สับปะรด และส้ม ซึ่งมีสัดส่วนกรดซิตริกเป็นองค์ประกอบสูง ในระยะแรก ๆ การผลิตกรดซิตริกทำโดยคั้นมะนาวโดยตรงเพื่อ ให้ได้น้ำมะนาวซึ่งจะส่วนประกอบมีกรดซิตริกประมาณร้อยละ 7-9 แต่ในปัจจุบันมีโรงงานผลิตกรดซิตริกจานวนน้อยกว่า 100 โรงงาน ทั่วโลก ซึ่งนิยมผลิตด้วยวิธีการสังเคราะห์กรดซิตริกจากน้ำตาลกลูโคสผ่านวิถีไกลโคไลซีส (Glycolysis Pathway) ได้เป็นสารออกซาโลอะซิเทต (Oxaloacetate) แล้วสะสมเป็นกรดซิตริก โดยจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการผลิตแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เชื้อรา Aspergillus Niger และยีสต์ Cadida Lypolitica วัสดุที่ใช้หมักจะเป็นสารกลุ่มคาร์โบไฮเดรต เช่น กากน้ำตาล และแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น

ตัวอย่างการผลิตแคลเซียมซิเทรต จาก Green consumers newsletter on March 2015 ได้นำเปลือกไข่มาทำปฏิกิริยากับน้ำมะนาว โดยน้ำมะนาวคั้นสด นำไปต้มที่ 62.8 องศาเซลเซียส 30 นาที หรือ 77 องศาเซลเซียส 15 นาที โดยปฏิกิริยาจะทำที่อุณหภูมิต่ำ คือเก็บไว้ในตู้เย็น เป็นเวลาประมาณ 44-48 ชั่วโมง และงานวิจัยของ Yiding Yu และคณะ (2013) เตรียมจากเปลือกไข่ที่บดให้มีขนาดอนุภาค 180 เมช โดยการเตรียม เริ่มด้วย เตรียมเปลือกไข บดและทำให้แห้ง คัดขนาด 180 เมช เติมน้ำในอัตราส่วนน้ำต่อเปลือกไข่ 10 : 1 ปั่นผสม 10 นาที และน้ำไปปั่นอีก 20 นาที ที่ควบคุมอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ค่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



นำไปผลิตด้วยเทคนิค PEF ที่ควบคุมตัวแปร 2.0 % กรดซิตริก , ความเข้มสนามไฟฟ้า 15 kV/cm, และ pulse duration คือ 20 μs.

การเตรียมแคลเซียมซิเทรต ที่มีการยื่นจดสิทธิบัตร เช่น สิทธิบัตรหมายเลข US4814177 A ประดิษฐ์โดย Neill B. และคณะ(1989) สารตั้งที่ใช้ คือ กรดซิตริก กับแหล่งแคลเซียม แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมออกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ สัดส่วนการทำปฏิกิริยา กรดซิตริกต่อแคลเซียม 2 ต่อ 3 โดยโมล โดยสารตั้งต้นแคลเซียมจะเป็นตัวกำหนดควบคุมอุณหภูมิของปฏิกิริยาที่ต่างกัน

ไตรแคลเซียมฟอสเฟต (Tricalcium phosphate; TCP) เป็นสารประกอบของเกลือแคลเซียมของกรดฟอสฟอริก ที่มีสูตรเคมี เป็น $Ca_3(PO_4)_2$ รู้จักกันในชื่อ ฟอสเฟตกระดูกจากปูน (Bone phosphate of lime) มีลักษณะผงสีขาว มี 3 อัญรูป คือ แอลฟา เบต้าและแกมม่า ใช้ในอุตสาหกรรมปุ๋ย (Fertilizer) สารชะล้าง (Detergent) อุตสาหกรรมอาหารใช้เป็นสารเติมแต่งอาหาร (food additive) เป็นสารป้องกันการแข็งตัว (anticaking agent) ที่ ใช้เติมในอาหารแห้ง (dehydrated food) ประเภทที่เป็นผง เช่น นมผง น้ำผลไม้ผง เครื่องดื่มผง ผงฟู (baking powder) ผงปรุงรส (dry mixed seasoning) เกลือบริโภค (table salt) ผงปรุงอาหาร หรือใช้คลุกกับอาหารแห้งที่เป็นชิ้น เพื่อป้องกันการดูดความชื้นทำให้รวมตัวกันเป็น นอกจากนี้ยังมีการใช้ในอุตสาหกรรมยาอีกด้วย มีหมายเลขระบุทางอุตสาหกรรมอาหารและยา คือ E341

การผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟต ไม่สมารถเตรียมได้จากปฏิกิริยาการตกตะกอนโดยตรง ส่วนใหญ่แล้วจะเตรียมผ่านปฏิกิริยาการตกตะกอนแล้วสลายตัวทางความร้อนต่อ ตัวอย่างเช่น การเตรียมผ่านการตกตะกอนด้วยสารฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ กับเกลือแคลเซียมต่าง ๆ เช่น ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต $(NH_4)_2HO_4$ กับแคลเซียมไนเทรต $(Ca(NO_3)_2$ ตะกอนที่ได้จะต้องผ่านการควบคุม pH แล้วจะได้ตะกอนผสมระหว่าง ไตรแคลเซียมฟอสเฟตกับไฮดรอกซีอะปาไทต์ $(Ca_9(HPO_4)(PO_4)_5(OH))$ ต้องนำไปเผาให้ความร้อนจะได้ แอลฟ่าไตรแคลเซียมฟอสเฟต แล้วถ้าอุณหภูมิสูง ๆ จะได้ เบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต (Destainville และคณะ, 2003) อีกวิธีหนึ่ง คือ การผลิตแบบเปียก ด้วยการผสมสารระหว่าง แคลเซียมคาร์บอเนตกับแคลเซียมไพโรฟอสเฟต $(Ca_2P_2O_7)$ ในอัตราส่วนผสมโดยโมล 3 ต่อ 2 ที่อุณหภูมิสูง (Rey และคณะ, 2011) งานวิจัยของสุภาสินี (1999) ได้ทำการเตรียมจากวัสดุเจลลาตินกระดูก ด้วยการเตรียมให้ได้สารไดแคลเซียมไดไฮเดรต $(CaHPO_4•2H_2O)$ ก่อนแล้วค่อยนำไปผสมกับ แคลเซียมคาร์บอเนต ในอัตราส่วนโมล แคลเซียมต่อฟอสฟอรัส เท่ากับ 1.46 เผาที่อุณหภูมิสูง 1,100 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าการเตรียมไตรแคลเซียมฟอสเฟตนี้ จะมีสารตั้งต้นที่หลากหลายที่ถูกเลือกนำมาใช้ เช่น สารตั้งต้นฟอสฟอรัส เป็น $H_3PO_4$ ,$NaH_2PO_4$, $KH_2PO_4$, $Na_2HPO_4$, $(NH_4)_2HPO_4$, $NH_4H_2PO_4$, $Ca(H_2PO_4)•H_2O$, $CaHPO_4•2H_2O$, $Na_4P_2O_7$, $K_4P_2O_7$, $Ca_2P_2O_7$ เป็นต้น ส่วนสารประกอบแคลเซียม ก็มักจะเป็น แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ แคลเซียมไนเทรต แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมซัลเฟต เป็นต้น โดยแม้ใช้สารตั้งต้นเหมือนกัน แต่งานวิจัยมักจะมีกระบวนการผลิตต่างกันออกไป เช่น ตัวแปรที่ควบคุมการผลิต เช่น อุณหภูมิ เวลา pH ต่างกันเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

149354

ตัวอย่างสิทธิบัตรที่มีการยื่นคำขอ คือ Ahmet Tas (2003) US20030235622 A1 ได้เตรียมจาก แคลเซียมไนเทรต กับไดแอมโมเนียมฟอสเฟต เผาที่ 800 องศาเซลเซียม ได้แอลฟ่าไตรแคลเซียม เผาที่ 1200 องศาเซลเซียล แล้วทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว จะได้เบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต และยังมีสิทธิบัตรอีกหลายเรื่อง ที่มีกรรมวิธีการผลิต สารตั้งต้น ความเข้มข้นสารตั้งต้น กระบวนการควบคุมตัวแปรที่แตกต่างกัน ยื่นจด

เปลือกหอย (Shells)

เปลือกหอยได้จากหอยซึ่งจัดอยู่ในไฟลัมมอลลัสคา (Phylum Molluska) ซึ่งจัดเป็นไฟลัมที่ใหญ่ที่สุดไฟลัมหนึ่งของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง พบได้ทั่วไปทั้งในน้ำเค็ม น้ำจืด และบนบก ตัวอย่างสัตว์ในไฟลัมนี้คือ หอยสองฝา (bivalve) หอยฝาเดียว (gastropod) ปลาหมึกและลิ่นทะเล เป็นต้น สัตว์ในไฟลัมนี้มีแผ่นเท้าที่แข็งแรง มีเปลือกที่มีสารประกอบพวกหินปูน(Calcareous) ซึ่งสร้างจากเยื่อใต้เปลือก 2 เปลือกของหอยเกิดขึ้นตั้งแต่หอย ยังเป็นตัวอ่อนระยะเวลิเจอร์ (veliger) และเมื่อหอยโตขึ้นจะสร้างเปลือกเพิ่มขึ้น และเปลือกที่ สร้างเพิ่มเติมขึ้นในช่วงหลังนี้สร้างจากเยื่อแมนติล เปลือกของหอยฝาเดียวและหอยสองฝา

ประกอบด้วยชั้นของสาร 3 ชั้น คือ

1. เพอริโอสทราคัม (periostracum) ชั้นนอกสุด ลักษณะเป็นแผ่นบางมีสี ส่วนประกอบทางเคมีเป็นสารโปรตีนของเขาสัตว์ มีชื่อเฉพาะว่า คอนคิโอลิน (conchiolin)

2. พริสเมทิค (prismatic ) เป็นชั้นกลาง มีความหนามากกว่าชั้นอื่น ส่วนประกอบทางเคมีเป็นผลึกทรงสูงของแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) อัดตัวกันแน่น และเรียงตัวตั้งฉากกับชั้นแรก นอกจากนี้ยังพบแผ่นผลึกแคลไซด์(calcite) และอราโกไนต์(aragonite) ในชั้นนี้อีกด้วย

3. เนเครียส (nacreous) เป็นชั้นในสุด เป็นผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีลักษณะ เป็นแผ่นแบนบางและมันวาวเรียงซ้อนๆ กัน เรียกว่า ชั้นมุก เพราะเป็นบริเวณที่มีการสร้างมุก (pearl) ในหอยสองฝาบางชนิด

หอยยังจัดแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

หอยฝาเดียว จัดอยู่ใน Class Gastropode สามารถดำรงชีวิตอยู่ในแทบทุกสภาพ ของระบบนิเวศและเป็นกลุ่มเดียวที่สามารถขึ้นมาดำรงชีวิตอยู่บนบกได้ หอยฝาเดียวมีรูปร่าง ทรงกรวย (conic) มียอดแหลมและขดเป็นวงกลม ภายใต้เปลือกกลวง และมีตัวหอยบรรจุอยู่ หอยฝาเดียวส่วนใหญ่ประกอบด้วยผลึกของหินปูน หรือแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) พวกอราโกไนต์ (aragonite) หรือ แคลไซด์ (calcite) หรือมีทั้งสองอย่างปนกัน แต่ในหอยบกนั้น สารประกอบแคลเซียมที่พบบ่อยคือ แคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate ) ผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตนี้จะปน หรือแทรกอยู่ในสารประกอบ พวกควิโนนแทนด์โปรตีน (quinonetanned protein) เรียกว่า คอนคิโอลิน หรือ คอนลิน (conchiolin, conchin) ซึ่งสาร

ประกอบอินทรีย์นี้มีอยู่ประมาณ 1/3 ของน้ำหนักเปลือก นอกจากนี้อาจพบสารเคมีพวกซิลิกา (silica) อะลูมินา (alumina) และออกไซด์ (oxide) ของเหล็กปนอยู่ในเปลือกหอยเล็กน้อย

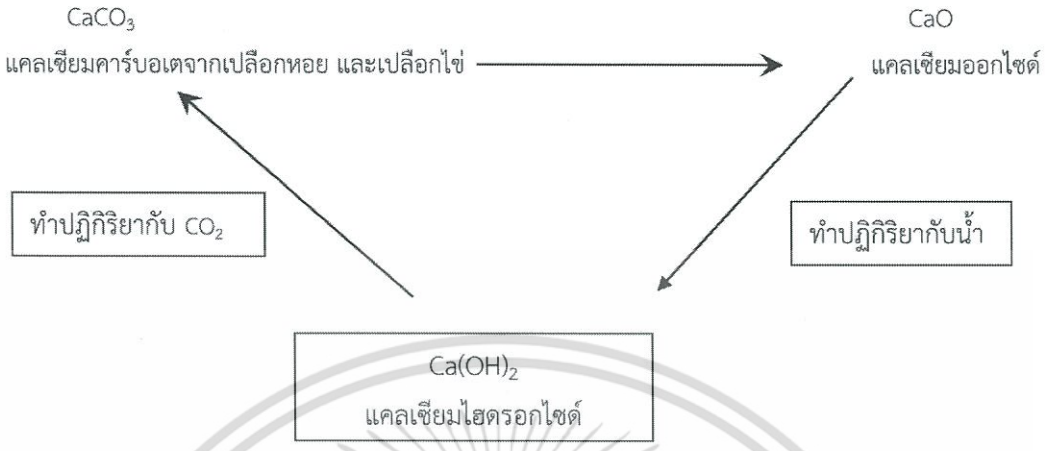
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หอยสองฝาจัดอยู่ใน Class Bivalia (Pelecypode) อาศัยอยู่ในทะเล น้ำกร่อยน้ำจืด แต่ไม่สามารถขึ้นมาอยู่บนบกได้ หอยสองฝาโดยทั่วไปมีลำตัวแบนข้าง (lateral compress ) เพื่อให้เหมาะสมกับการขุดโคลนทรายเพื่อฝังตัว

จากลักษณะองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหอย ได้มีการทำวิจัยวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหอยชนิดต่างๆ ไว้ พบว่า เปลือกชนิดต่าง ๆ จะมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่ในช่วง 80-98 % โดยมีปริมาณแคลเซียมประกอบอยู่ในช่วง 31-42% ขึ้นอยู่กับชนิดเปลือกหอย เช่น หอยเชอรี่ 27.85-32.50 %Ca หอยนางรม 38.0-42.5%Ca หอยแครง 39.0-41.2%Ca และหอยแมลงภู่ 34.4-38.5%Ca โดยปริมาณองค์ประกอบที่เหลือ จะเป็นธาตุชนิดอื่น ๆ เช่น แมกนีเซียม ทองแดง สังกะสี ซิลิกา แมงกานีสและยังมีกลุ่มโปรตีนที่เป็นอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญ โดยองค์ประกอบเหล่านี้ จะมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันตามแหล่งที่หอยเจริญเติบโตในแต่ละภูมิภาคและแหล่งน้ำ ปริมาณเปลือกหอยในประเทศไทย มีไม่ต่ำกว่า ห้าแสนตันต่อปี โดยทุกวันนี้ มีการนำเอาเปลือกหอยไปใช้ประโยชน์อยู่ บ้าง คือ ผลิตเป็นหินปูนเปลือกหอย ปูนดิบและปูนสุกจากเปลือกหอย (ภาพที่ 4) ทำอิฐบล็อก ทำเป็นเกลือแร่อาหารสัตว์ ทำเป็นของตกแต่ง ใช้เป็นสารตั้งต้นของแหล่งแคลเซียมในการทำวิจัย ทำเป็นสารผสมในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ผลิตเป็นสารตั้งต้นทำกระดูกเทียม ใช้เป็นวัสดุดูซับสำหรับงานนักวิจัยมากมาย เหล่านี้เป็นต้น

เปลือกไข่ (Egg shells) “ไข่” สิ่งที่อยู่คู่โลกมานานแล้วนับร้อยล้านปี โดยเฉพาะสัตว์ประเภทนกและสัตว์เลื้อยคลานที่ออกลูกเป็นไข่ที่มีเปลือกแข็ง ก่อนที่จะเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย ลักษณะไข่ของสัตว์แต่ละชนิดมีทั้งขนาด รูปร่าง และสีแตกต่างกันไป โดยส่วนมากไข่จะมีลักษณะกลมรี ซึ่งไข่ บางชนิดมีลักษณะค่อนข้างกลม เช่น ไข่เต่า เป็นต้น ไข่ที่มี ขนาดเล็กที่สุด คือไข่ของแมลง ปัจจุบันไข่ที่มีเปลือกหุ้มขนาด เล็กที่สุดในโลก คือ ไข่ของนกฮัมมิงเบิร์ด ขนาดเล็กกว่าเมล็ด กาแฟ ไข่ที่ครองแชมป์ใหญ่ที่สุดในโลก คือ ไข่นกกระจอกเทศ ไข่มีหลายลวดลายหลากหลายสีสัน เช่น ไข่ไก่มีสีขาว สีครีม สีน้ำตาล ไข่เป็ดจะมีสีขาว ความแตกต่างของสีเปลือก ไข่จะขึ้นอยู่กับพันธุกรรมของสัตว์ และอาหารที่กิน จากการศึกษาเกี่ยวกับสารสีของเปลือกไข่ พบว่าสารสีมา จากการสลายตัวของเม็ดโลหิตแดงและน้ำดี ที่มีสารสีสำคัญได้แก่ porphyrin ได้จาก hemoglobin มีผลทำให้ ไข่มีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลออกเขียว ๆ ส่วน cyanin จากน้ำดีมีผลทำให้ไข่ออกสีน้ำเงินหรือเขียว นอกจากนี้สีของเปลือกไข่ยังขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการวางไข่ให้กลมกลืนกับสภาพแวดล้อม เช่น นกที่วางไข่บนพื้นจะมีสีออกน้ำตาล เหลือง หรืออย่างนกกระทาชอบวางไข่ตรงโขดหิน จึงมีลวดลายเพื่ออำพรางสัตว์ชนิดอื่น นกที่วางไข่ในรังปิดมิดชิดจะมีสีขาว เพื่อให้แม่นกมองเห็น แต่ยังมีนกอีกมากมายที่มีสีไข่มากกว่านี้ เช่น ไข่ของนกโรบิน จะมีสีฟ้า ไข่ของนกอีมูจะมีสีเขียวอะโวกาโด้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 2.3** แสดงการผลิตปูนต่าง ๆ จากเปลือกหอย และเปลือกไข่

เปลือกไข่ (Egg Shell) มีองค์ประกอบ 3 ชั้น คือ เยื่อชั้นโปร่ง(Mammillary layer) เปลือกชั้นนอก (Spongy layer) เป็นส่วนที่มีความแข็งแรง เนื่องจากมีสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต (หินปูน) ประมาณ 94% แมกนีเซียมคาร์บอเนต 1% แคลเซียมฟอสเฟต 1% สารอินทรีย์อื่น ๆ 4% เชื่อมระหว่างชั้นโปร่งกับเปลือกนอกสุดด้วยรูพรุนเล็ก ๆ ด้านในเปลือกไข่ จะเป็นชั้นเคลือบผิวไข่ (Cuticle layer) จะมี เยื่อหุ้มบางๆ 2 ชั้น ชั้นนอกที่ติดเปลือก(shell membrane) ชั้นในที่ติด กับไข่ขาว (egg membrane) มีหน้าที่ป้องกันอันตรายจากภายนอก และให้แคลเซียมในการสร้างกระดูก

ปริมาณเปลือกไข่ในประเทศไทย เนื่องจากเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการเลี้ยงสัตว์กันอย่างแพร่หลาย สัตว์ที่มีการเลี้ยงกันมาก ได้แก่ ไก่ เป็ด นกกระทา และห่าน โดยมีความต้องการไข่ไปใช้ประโยชน์ 2 ประเด็น คือ เพื่อการบริโภคเป็นอาหารและแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหาร และ เพื่อการฝักไข่ให้ได้ลูกเพื่อนำไปเพาะเลี้ยง สำหรับการบริโภคเนื้อ รายงานไข่ไก่ในประเทศปี 2556 จะมีปริมาณการผลิตไข่ไก่ 11,360 ล้านฟอง เพิ่มขึ้นจาก 11,022 ล้านฟอง ในปี 2555 3.07% ในส่วนของไก่เนื้อ ปริมาณการผลิตในรอบปี 2556 คาดว่ามีปริมาณการผลิตประมาณ 1,104.05 ล้านตัว เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.6 จากปี 2555 ที่มีปริมาณการผลิต 1,055.93 ล้านตัว ขณะที่ไก่พื้นเมือง 74 ล้านตัว รวมแล้วจะมีไข่ไก่ปริมาณ 12,538.05 ล้านฟอง ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในปีถัด ๆ ไป เนื่องจากการรณรงค์การบริโภคไข่ไก่ จากไข่ไก่ เมื่อบริโภคไข่แล้ว หรือไก่ฝักเป็นตัวแล้ว จะเหลือเปลือกไข่ โดยจากไข่ไก่ 1 ฟอง จะมีน้ำหนักประมาณ 58 กรัม จะมีเปลือกไข่ ประมาณ 12.3% ดังนั้น สำหรับไข่ไก่ที่ผลิตได้ในปี 2556 จะมีปริมาณเปลือกไข่ประมาณ 89,446.5 ตัน ด้านไข่เป็ดนั้น แบ่งเป็นเป็ดเนื้อ และเป็ดไข่ โดยมีเป็ดเนื้อจำนวน 24 ล้านตัว จำนวนไข่เป็ด 1,126.2 ล้านฟอง รวมแล้วทั้งปี 2556 จะมีไข่เป็ดถูกใช้ไปประมาณ 1,150.2 ล้านฟอง โดยไข่เป็ด 1 ฟองจะหนักประมาณ 80 กรัม โดยจะเปลือกไข่เป็ดจะหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 12% ดังนั้น จะมีเปลือกไข่เป็ดปริมาณ 92,016 ตัน รวมแล้วเฉพาะเปลือกไข่ไก่และไข่เป็ดมากกว่าแสนตัวต่อปี

ประโยชน์การนำเปลือกไข่ไปใช้ในอดีตถึงปัจจุบัน คือ เป็นส่วนผสมในคอนกรีตมวลเบา เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมสารประกอบแคลเซียมซิลิเกต เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไฮดอรกซีอะปาไทต์ ใช้ดูดซับสารพิษต่าง เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และฟอสฟอรัสในอากาศและในน้ำ ใช้ผลิตตัวเร่งปฏิกิริยา Eco Catal เปลือกไข่ไล่มด เปลือกไข่บดเป็นอาหารสัตว์ เปลือกไข่ซักผ้า สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง กินเปลือกไข่เพิ่มแคลเซียม เป็นเครื่องมือทำความสะอาด ใช้เป็นปุ๋ยให้ต้นไม้ได้ ใช้แทนยาฆ่าแมลง เป็นต้น ด้านราคาเปลือกไข่นั้น แทบจะไม่มีราคา

จากสารประกอบแคลเซียมทั้ง 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต ที่มีความต้องการใช้ปริมาณมหาศาล ทางอุตสาหกรรมที่หลากหลาย สามารถผลิตได้จากสารตั้งต้นต่าง ๆ กันขึ้นกับงานวิจัยของแต่ละนักวิจัย ที่กำหนดตัวแปรควบคุม คือ ชนิดสารตั้งต้น ความเข้มข้นสารตั้งต้น อุณหภูมิ pH และเวลาการสังเคราะห์ ต่าง ๆ กัน ก่อให้เกิดการพัฒนาการสังเคราะห์มาจนถึงปัจจุบัน เช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน และเลือกสารตั้งต้นที่จะใช้ จากแหล่งแคลเซียมธรรมชาติที่เป็นขยะเหลือทิ้งปริมาณมหาศาล คือไม่ต่ำกว่า 5 แสนตันต่อปี คือ เปลือกหอย 3 ชนิด คือ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม และเปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกไข่ 2 ชนิด คือ เปลือกไข่ไก่และเปลือกไข่เป็ด โดยวัสดุแต่ละชนิดจะมีปริมาณความบริสุทธิ์ของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ต่างกัน จึงน่าสนใจอย่างยิ่งที่จะทำวิจัยเพื่อค้นหาตัวแปรที่เหมาะสมในการเตรียม โดยใช้วัสดุแต่ละชนิดเหล่านี้ จะมีตัวแปรใดบ้าง ที่จะนำมาควบคุมการผลิต เพื่อก่อให้เกิดผลประโยชน์ ทั้ง เชิงพาณิชย์ และช่วยลดขยะ รักษาสิ่งแวดล้อมของประเทศได้

### 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการเตรียมสารประกอบแคลเซียมทั้ง 4 ชนิด

Margie Joiner. (1997) ได้จดสิทธิบัตรการผลิตแคลเซียมซิเทรต ด้วยการผลิตจากเปลือกไข่สดกับน้ำมะนาว มีการควบคุมทั้ง pH และอุณหภูมิ

Ko MK และ No HK. (2002) ได้ศึกษาการเตรียมเปลือกไข่นกกระจอกเทศเพื่อให้เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมแคลเซียมแลคเทต ได้ระบุสภาวะที่ดีที่สุด คือ 12 ชั่วโมง เผาที่ 700 $^{\circ}$C 80 นาที เผาที่ 800 $^{\circ}$C และ 15 นาที เผาที่ 900 $^{\circ}$C เป็นสภาวะที่ได้จากการศึกษา จะได้เป็นแคลเซียมออกไซด์เป็นสารตั้งต้นไปใช้เตรียมแคลเซียมแลคเทตต่อไป

Lian (2002) ได้เตรียมแคลเซียมแลคเทตจากเปลือกไข่ โดยสภาวะการเตรียมคือ เผาเปลือกไข่ที่ 900 $^{\circ}$C 110 นาที เติมน้ำ 50 มล. ต่อเถ้าที่ได้ 4 กรัม จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับกรดแลคติก 14 มล. 13 M และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บไว้ที่ 80 °C หลังจากนั้นนำมากรองแยกตะกอน และทำให้แห้ง ได้ร้อยละผลผลิต 75.6% มีความบริสุทธิ์ 88.1%

Sheng และคณะ (2003) เตรียมแคลเซียมซิเทรต จากเปลือกไข่ 3 กรัม ทำปฏิกิริยากับ น้ำ 30 มล. 30 มล. ของ 2 M กรดซิตริก ควบคุมอุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ได้ร้อยละผลผลิต 95%

Yu และคณะ (2013) ได้ทำการเตรียมแคลเซียมซิเทรตจากเปลือกหอยกับกรดซิตริก ความเข้มข้น 2.0% ในสนามไฟฟ้า 15 kV

Lee (2004) ทำการเตรียมแคลเซียมอะซิเทต จากปฏิกิริยาระหว่าง เถ้าเปลือกหอยทากสีดำ กับกรดน้ำส้มสายชู โดยมีการควบคุม pH ระหว่าง 2.34-3.06 สัดส่วนการทำปฏิกิริยา คือ กรด 100 mL ทำปฏิกิริยากับเถ้าเปลือกหอยทากสีดำจำนวน 20.43-23.50 กรัม ได้ผลผลิตแคลเซียมอะซิเทตจำนวน 11.02-13.01 กรัม

Lee (2004) ได้ศึกษาการเตรียมแคลเซียมแลคเทต จากเปลือกหอยทากสีดำและถ้าเปลือกหอยทากสีดำ โดยนำมาทำปฏิกิริยากับกรดแลคติก โดยทำการทดลองสัดส่วนการทำปฏิกิริยา คือ เปลือกหอย 10 และ 20 กรัม ต่อ 100 mL กรดแลคติก 10% และ 20% ตามลำดับ โดยมีสภาวะการเตรียม คือ 4 และ 5 ชั่วโมง ที่ 100 °C และ 4 ชั่วโมง ที่ 120 °C และ 1 และ 2 ชั่วโมง ที่ 150 °C ตามลำดับ

Kang และคณะ (2005) นำเปลือกหอยพื้นเมืองเกาหลี มาทำปฏิกิริยากับกรดแลคติก 94.35-96.72% และกรดซิตริก 87.58-93.06% ได้แคลเซียมแลคเทต และแคลเซียมซิเทรตความบริสุทธิ์ 99.53-100.34 และ 99.32-99.88% ตามลำดับ

Lee และคณะ (2007) เตรียม ไตรแคลเซียมฟอสเฟต จากเปลือกไข่ ที่เผา 800 °C 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาผสมกับกรดฟอสฟอริก สัดส่วนผสม 1 ต่อ 1.0 ถึง 1ต่อ 1.17 Ca/P ใช้สารตัวกลางในการผสมคือ ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และผ่านดำเนินการอีกหลายขั้นตอน ค่อยนำไปเผาที่ 900 °C 1 ชั่วโมง แล้วยังมีการลดขนาดอนุภาคให้เล็กลงด้วยหลักการเชิงกล แล้วนำไปเผาต่อที่ 1150 °C 1 ชั่วโมง

งานวิจัย ของ Eric Ryan Sacia (2009) ใช้กรดอะซิติก ความเข้มข้น 0.50 M, 2.0 M, 5.0 M, 50% มาทำปฏิกิริยากับ เปลือกไข่ไก่ที่ถูกเผาที่แล้วจนกลายไปเป็นแคลเซียมออกไซด์ โดยใช้ระยะเวลาตั้งแต่ 15 นาท ขึ้นไป ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดอะซิติกที่ใช้ เมื่อทำปฏิกิริยาเสร็จสิ้น ก็นำมาแยกตะกอนที่ได้ ด้วยการกรอง แล้วนำตะกอบไปทำให้แห้งด้วยการอบที่ 125 °C

Lin และคณะ (2009) ได้เตรียมแคลเซียมซิเทรตจากเป็นไข่ ด้วยวิธีอัลตราโซนิก ใช้พลังงาน 700 w เวลา 25 นาที สารตั้งต้นเปลือกไข่ 180 เมช กับกรดซิตริก คือ 2 ต่อ 1 ได้ร้อยละผลผลิต 90.83%

Liang Chunna (2010) เตรียมแคลเซียมอะซิเทตจากเปลือกไข่ด้วยวิธีอัลตราโซนิก ด้วยการทำปฏิกิริยาเปลือกไข่กับกรดอะซิติก ใช้ระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง อุณหภูมิ 30 °C ทำปฏิกิริยาในเครื่องอัลตราโซนิก พลังงาน 1000 w เป็นเวลา 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Xiong และคณะ (2012) ทำการเปลี่ยนแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไปเป็นแคลเซียมซิเทรต ด้วยการทำปฏิกิริยาระหว่างเปลือกไข่บดขนาด 200 เมช กับกรดซิตริก 15% ที่อุณหภูมิ 60 °C ได้ร้อยละผลผลิต 98% และความบริสุทธิ์ 95%

Min-Soo Heu (2015) ศึกษาการเตรียมแคลเซียมอะซิเทตจากเปลือกหอยเซลล์ทำปฏิกิริยากับกรดอะซิติก ความเข้มข้น 2.70 และ 1.05 M

Shavandi และคณะ (2015) ได้เตรียมเบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟตจากเปลือกหอยแมลงภู่ การเตรียมเปลือกหอยล้างในน้ำต้ม 100 °C 30 นาที แล้วอบให้แห้ง นำไปเผาท่ 900 °C 30 นาที บดให้กลายเป็นแคลเซียมออกไซด์ แล้วนำไปผสมกับกรดฟอสฟอริก สัดส่วนโมล 1.5 Ca/P แล้วจึงนำไปเข้าเครื่องไมโครเวฟ กำลัง 1100 w 30 นาที แล้วนำไปเผาต่อที่ 750 °C

Yoon c และคณะ (2016) ได้นำเอาเปลือกหอยเซลล์มาทำปฏิกิริยากับกรดแลคติกความเข้มข้น 1.75 และ 0.94 M ที่ pH 7.23

Dolinska และคณะ (2016) ผลิตแคลเซียมซิเทรตจากเปลือกไข่ ด้วยการทำปฏิกิริยาระหว่างเปลือกไข่กับกรดซิตริก ที่ 120 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง รายละเอียดเชิงลึกไม่กล่าวถึง

Lertcumfu และคณะ (2016) ได้เตรียม ไตรแคลเซียมฟอสเฟตจากแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผลิตจากเปลือกไข่เผาที่ 650 °C 3 ชั่วโมง มาทำปฏิกิริยาแอมโมเนียมฟอสเฟต

Francis และ Rahman (2016) ได้ทำการผสมเปลือกไข่กับกรดฟอสฟอริกในเอธีลีนไกลคอล EG เพื่อให้เป็นเจลลาติน จากนั้นทำมให้แห้ง ที่ 60 °C 2 วัน แล้วค่อยนำศึกษาอุณหภูมิการเผาตั้งแต่ 700-1200 °C เป็นเวลา 1-5 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาเกี่ยวกับการสังเคราะห์สารด้วยเทคนิคที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว พร้อมไม่ก่อให้เกิดอันตรายในขณะการเตรียม ด้วยเทคนิคการทำปฏิกิริยาระหว่างของแข็งกับของเหลวแบบปฏิกิริยาการแทนที่ ซึ่งได้ทดลองเปรียบเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ พบว่าเป็นเทคนิคนี้ ดีกว่า เทคนิคอื่น ๆ เช่น การเตรียมแบบไอโซเทอร์มอล หรือเทคนิคโซโนเคมีที่สภาวะปกติ หรือเทคนิคไมโครเวฟ สำหรับสารประกอบแคลเซียมรูปต่างๆ 4 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเตรท และไตรแคลเซียมฟอสเฟต ที่มีการเตรียมกับอย่างแพร่หลาย จากสารตั้งต้นแหล่งแคลเซียม มักจะเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมออกไซด์ หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เพราะสารตั้งต้นดังกล่าวมักจะมีราคาถูกที่สุด โดยแต่ละบริษัทที่ผลิตเพื่อการจำหน่าย ก็จะมีความแตกต่างกันของใครของมัน เช่น ความแตกต่าง ด้านกรรมวิธีผลิต สารตั้งต้นและความเข้มข้นสารตั้งต้น ระยะเวลา อุณหภูมิของการทำปฏิกิริยา อัตราเร็วของการผสม สภาพความเป็นกรดเป็นด่างที่ต้องควบคุม ซึ่งล้วนเป็นตัวแปรที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันออกไป จากที่กล่าวมาจึงเป็นเหตุผลให้งานวิจัยนี้สนใจ ศึกษาการเตรียมสารทั้ง 4 ชนิดนี้ จากแหล่งแคลเซียมธรรมชาติที่มีชีวิต คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ที่เป็นองค์ประกอบเคมีหลักในเปลือกหอยและเปลือกไข่ โดยการทดลองภายใต้งานวิจัยนี้จึงออกแบบวิธีการดำเนินงานวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

งานวิจัยนี้ได้คัดเลือกแหล่งแคลเซียมธรรมชาติจากเปลือกหอยและเปลือกไข่ 5 ชนิดได้ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด เพื่อนำมาทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้นที่เป็นสารละลายกรดสถานะของเหลว เพื่อให้กลายเป็นสารประกอบแคลเซียมชนิดใหม่ขึ้นมา 4 ชนิดได้แก่ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเตรท และไตรแคลเซียมฟอสเฟต โดยจากการตั้งแต่แคลเซียมที่ต่างกัน 5 ชนิด ก็จะทำให้ได้ผลิตแคลเซียม 4 ชนิด รวมทั้งสิน 20 ตัวอย่าง ที่จะถูกเตรียมขึ้น จากการค้นหากรรมวิธีการผลิตที่ง่าย รวดเร็วและเป็นมิตรต้อสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญต้นทุนต่ำ ได้ถูกคัดเลือกมาอธิบายในงานวิจัยเล่มนี้ ทั้งๆ ที่ความเป็นจริงมีการทดลองค้นหากรรมวิธีการผลิตมากมายหลายร้อยหลายพันครั้ง จนมาลงเอยที่สารตั้งต้นของเปลือกหอยและเปลือกไข่ ต้องถูกเตรียมด้วยการทำความสะอาดและบดให้ละเอียดขนาด 50 เมช จะได้เป็นสารแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า ร้อยละ 96 ขึ้นไป (ขึ้นกับชนิดของเปลือกหอยและเปลือกไข่) และนำมาผสมกับกรดต่างๆ (กรดอะซิติก กรดแลคติก กรดซิเตริก และกรดฟอสฟอรัก) ที่มีความเข้มข้นที่เฉพาะเจาะจง เพื่อจะทำปฏิกิริยาและได้ผลิตภัณฑ์รวดเร็วที่สุด เปรียบเสมือนหลักการ “แม่กุญแจกับลูกกุญแจ” โดยตัวแปรที่ต้องควบคุมแทบจะไม่มีเลย คือ ไม่ต้องควบคุมอุณหภูมิ ไม่ต้องควบคุม pH ไม่ต้องควบคุมเวลาผสม ใช้อัตราการปั่นกวนเบาๆ สม่ำเสมอไม่เกิน 5 นาที เพียงเท่านั้น แล้วปล่อยให้ของผสมแห้งกลายเป็นผงผลิตภัณฑ์ด้วยตัวเอง นับว่าเป็นกรรมวิธีที่ง่ายและประหยัดต้นทุนมากที่สุด ต่างจากหากนำสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งต้นแหล่งแคลเซียมจากเปลือกหอยและ/หรือเปลือกไข่ ไปผ่านการเผาจนกลายเป็นแคลเซียมออกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ พบว่ากรรมวิธีการเตรียมจะง่าย มีความซับซ้อน และต้นทุนสูงกว่ามาก เพราะสารทำปฏิกิริยาเกิดอุณหภูมิสูง ต้องควบคุมโดยการลดอุณหภูมิ สารผสมไม่แห้งเอง ต้องใช้กรรมวิธีในการทำให้แห้งกลายเป็นผง ด้วยวิธีที่เหมาะสม เช่น การตากแดด การอบแห้ง การกรองแล้วอบแห้ง เป็นต้น ล้วนทำให้ต้นทุนสูงกว่าวิธีที่กล่าวมาก่อนนี้ ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้ จึงรายงานเฉพาะกรรมวิธีการเตรียมสารประกอบแคลเซียม 4 ชนิดด้วย สารตังต้นเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ผลิตได้จากเปลือกหอยและเปลือกไข่ 5 ชนิด เท่านั้น โดยคัดเลือกเทคนิคการเตรียมที่ดีที่สุด ที่ให้ผลด้านคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารที่เตรียมได้นี้ดีที่สุด และแตกต่างจากงานที่ได้มีการศึกษามาในอดีต โดยสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ได้มีการตรวจสอบด้วยเทคนิคต่าง ๆ ได้แก่ การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของสารทั้งหมด ด้วยเทคนิค คือ ตรวจสอบปริมาณน้ำในโครงผลึก ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อน (TGA) ที่กล่าวมาข้างต้น ตรวจสอบปริมาณโลหะ ด้วยเทคนิค Atomic absorption spectrophotometer (AAS) ตรวจสอบปริมาณฟอสฟอรัส โดยการวิเคราะห์เทียบสี (Colorimetric analysis) ของเทคนิคสารประกอบเชิงซ้อนโมลิบโดฟอสเฟต (Molybdophosphate complex) และองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ฟูออเรสเซนต์(XRF) ตรวจสอบเอกลักษณ์รูปแบบการสั่นของพันธะภายในโมเลกุล ของสารกลุ่มนี้ จะมีรูปแบบการสั่นพันธะของหน่วยย่อยต่างๆ ของสารประกอบทั้งชนิด ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์ม อินฟราเรด (Vibrational spectroscopy; Fourier transform infrared, FTIR) ตรวจสอบเอกลักษณ์ทางโครงสร้างและขนาดผลึก ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกส์ (X-ray diffractometer, XRD) และตรวจสอบสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM)

### 3.1 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 ชุดเครื่องแก้ว

3.1.2 โถดูดความชื้น (Desicator)

3.1.3 Hot plate stirrer, Heidolph MR 3001

3.1.4 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Sartorius), Scaltec SBC -31

3.1.5 pH meter (Metrom)

3.1.6 ชุดเครื่องกรองสุญญากาศ (Suction pump), B'U'CHI Type B – 169

3.1.7 Oven (Fisher Scientific)

3.1.8 เตาเผา (Furnace), Isotemp Muffle furnace, Fisher Scientific

3.1. 9 Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FTIR), Spectrum GX, Perkin-Elmer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.10 Thermogravimetric/differential thermal analyzer (TG-DTA), Pyris Diamond TG/DTA, Perkin Elmer apparatus และ Alumina pan

3.1.11 X-Ray powder diffractometer (XRD), Bruker AXS, D8 Advance, Germany

3.1.12 Differential scanning calorimetry (DSC), A Perkin Elmer Diamond

3.1.13 Scanning electron microscope (SEM), LEO SEM VPI450

3.1.14 X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF)

**3.1.2 สารเคมี**

3.1.1 Acetone, $C_3H_6O$, 99.8%, CARLO ERBA

3.1.2 Phosphoric acid, $H_3PO_4$, 86.4%, J.T.Baker

3.1.3 Ethanol 95%, Riedel-deHaen

3.1.4 Methanol >95%, Fluka

3.1.5 Propanol, 98.99%, Aldrich

3.1.6 Manganese (II) nitrate tetrahydrate, $(Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O)$, 98%, Aldrich

3.1.7 Potassium bromide, KBr, spectroscopy grade, Jasco

3.1.8 Water (Deionized water, DI)

3.1.9 Methanol, $CH_3OH$, Carlo Erba reagenti.

3.1.10 Silica gel, Merck.

3.1.11 Sodium hydroxide, NaOH, 98%, Carlo Erba reagent.

3.1.12 Hydrochloric acid 38 %, J.T.Baker.

3.1.13 Nitric acid, $HNO_3$, 65 %, Riedel – deHaën.

3.1.14 Acetic acid 99% Merck.

3.1.15 Lactic acid 88% Merck.

3.1.16 Citric acid 99% Merck.

3.1.17 เปลือกหอยแครงบด จากชลบุรี (แคลเซียมคาร์บอเนตไม่ต่ำกว่าร้อย 98)

3.1.18 เปลือกหอยนางรม จากชลบุรี (แคลเซียมคาร์บอเนตไม่ต่ำกว่าร้อย 97)

3.1.19 เปลือกหอยแมลงภู่ จากสมุทรสาคร (แคลเซียมคาร์บอเนตไม่ต่ำกว่าร้อย 98)

3.1.20 เปลือกไข่ไก่บด จากฉะเชิงเทรา (แคลเซียมคาร์บอเนตไม่ต่ำกว่าร้อย 98.5)

3.1.21 เปลือกไข่เป็ดบด จากฉะเชิงเทรา (แคลเซียมคาร์บอเนตไม่ต่ำกว่าร้อย 99)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การเตรียมประกอบแคลเซียมรูปต่างๆ

ขั้นตอนการเตรียมสารประกอบทั้ง 4 ชนิด จากแหล่งแคลเซียมธรรมชาติที่มีชีวิต 5 ประเภท มีดังนี้ คือ

#### 3.2.1 การเตรียมสารตั้งต้น

3.2.1.1 การเตรียมแคลเซียมธรรมชาติที่มีชีวิต 5 ประเภทให้มีขนาด 50 เมช ขึ้นไปและมีความบริสุทธิ์มากกว่าร้อยละ 96

นำเปลือกหอย (เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม และเปลือกหอยแมลงภู่) และเปลือกไข่ (เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด) ทั้ง 5 ชนิด มาล้างทำความสะอาด ด้วยการแช่ คลอรีน ร้อยละ 10 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด และนำไปเข้าเครื่องบดและคัดขนาดที่ไม่ต่ำกว่า 50 เมช. ดังภาพที่ 3.1 ผงสีขาวเทาของแคลเซียมคาร์บอเนตที่บดได้ เก็บบรรจุใส่ถุงภาชนะเพื่อนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในขั้นตอนต่อไป เรียกสารแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผลิตได้จากประเภทแคลเซียมทั้ง 5 ชนิด คือ

CC-C คือ แคลเซียมคาร์บอเนตบด (100 เมช) ผลิตจากเปลือกหอยแครง (Cockle shell)

CC-O คือ แคลเซียมคาร์บอเนตบด (100 เมช) ผลิตจากเปลือกหอยนางรม (Oyster shell)

CC-M คือ แคลเซียมคาร์บอเนตบด (100 เมช) ผลิตจากเปลือกหอยแมลงภู่ (Mussel shell)

CC-EC คือ แคลเซียมคาร์บอเนตบด (100 เมช) ผลิตจากเปลือกไข่ไก่ (Chicken egg)

CC-ED คือ แคลเซียมคาร์บอเนตบด (100 เมช) ผลิตจากเปลือกไข่เป็ด (Duck Egg)

ขณะที่การเตรียมสารประกอบแคลเซียมออกไซด์ เตรียมได้โดยการนำเอาแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผลิตได้จากเปลือกหอยและเปลือกไข่ทั้ง 5 ชนิดไปเผาที่อุณหภูมิ 900 $^{0}$C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

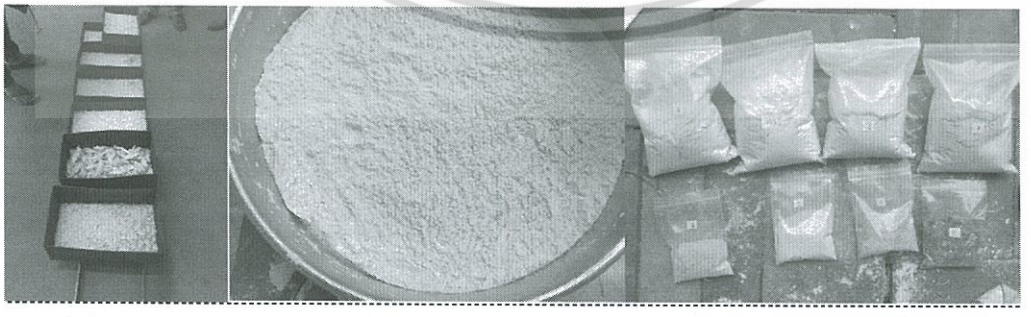
CO-C คือ แคลเซียมออกไซด์ (100 เมช) ผลิตจากเปลือกหอยแครง (Cockle shell)

CO-O คือ แคลเซียมออกไซด์ (100 เมช) ผลิตจากเปลือกหอยนางรม (Oyster shell)

CO-M คือ แคลเซียมออกไซด์ (100 เมช) ผลิตจากเปลือกหอยแมลงภู่ (Mussel shell)

CO-EC คือ แคลเซียมออกไซด์ (100 เมช) ผลิตจากเปลือกไข่ไก่ (Chicken egg)

CO-ED คือ แคลเซียมออกไซด์ (100 เมช) ผลิตจากเปลือกไข่เป็ด (Duck Egg)



ภาพที่ 3.1 แสดงผงสีขาวเทาของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผลิตได้จากแหล่งแคลเซียมทั้ง 5 ประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1 การเตรียมสารละลายกรดให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม

กรดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มี 4 ชนิดหลักๆ คือ กรดอะซิติก 99% กรดแลคติก 88% กรดซิตริก 99% และกรดฟอสฟอริก 85% ดังนั้นการเตรียมความเข้มข้นของกรดให้เหมาะสม เพื่อนำไปทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนต เพื่อให้เป็นไปตามหลักการ แม่กุญแจ (แคลเซียมคาร์บอเนต) กับลูกกุญแจ(กรดที่ความเข้มข้นเหมาะสม) เพื่อจะทำให้ได้ปฏิกิริยาที่ง่ายและรวดเร็ว ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่แห้งเป็นผงรวดเร็วที่สุด

-การเตรียมกรดอะซิติก 50% ชั่งกรดอะซิติก99% 505 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร แล้วเติมน้ำให้มีน้ำหนักรวมเท่ากับ 1000 กรัม ปิดฝาและตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เรียกสารนี้ว่า AC-50

-การเตรียมกรดแลคติก 50% ด้วยการชั่งกรดแลคติก 88% 568.18 กรัม แล้วเติมน้ำสะอาดให้มีน้ำหนักรวมเท่ากับ 1000 กรัม ปิดฝาและตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เรียกสารนี้ว่า LT-50

-การเตรียมกรดซิตริก 99% ชั่งกรดซิตริก99% 505 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร แล้วเติมน้ำให้มีน้ำหนักรวมเท่ากับ 1000 กรัม ปิดฝาและตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เรียกสารนี้ว่า CT-50

-การเตรียมกรดฟอสฟอริก70% ชั่งกรดฟอสฟอริก 85% 824 กรัม แล้วเติมน้ำให้มีน้ำหนักรวม เป็น 1000 กรัม ปิดฝาและตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เรียกสารนี้ว่า P-70

**3.2.2 การสังเคราะห์สารแคลเซียม 4 ชนิด**

3.2.2.1 การเตรียมแคลเซียมอะซิเทต

$$CC\text{-}C(s) + AC\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca(CH_3COO)_2.2H_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.1$$

$$CC\text{-}O(s) + AC\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca(CH_3COO)_2.2H_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.2$$

$$CC\text{-}M(s) + AC\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca(CH_3COO)_2.2H_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.3$$

$$CC\text{-}EC(s) + AC\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca(CH_3COO)_2.2H_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.4$$

$$CC\text{-}ED(s) + AC\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca(CH_3COO)_2.2H_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.5$$

**วิธีการเตรียม**

1. ชั่งสาร CC-C(s) 10.00 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร

2. ค่อยๆ เติมกรด A-50 จำนวน 24 กรัม ลงในบีกเกอร์ข้อ 1) จะมีฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น ให้คนอย่างสม่ำเสมอด้วยแท่งแก้วคนสารปั่นกวน เพื่อให้ฟองยุบแล้วเติมสาร A-50 ลงไปเรื่อยพร้อมคนไปด้วยจนกว่าปริมาณสาร A-50 หมด ระวังไม่ให้ฟองล้นออกจากบีกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อเติม A-50 หมดแล้วคนเบาแล้วนำสารในข้อ 2) ไปตั้งทิ้งไว้ให้แห้งเอง และให้สารทำปฏิกิริยากันเอง จนปริมาณแก๊สฟูขึ้นมา คนให้ยุบแล้วตั้งให้แห้งเอง จะใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง จะได้ผงสีขาวขุ่น ให้บดละเอียดด้วยเครื่องบดและเก็บบรรจุใส่ถุงซิปเพื่อดำเนินการขั้นตอนต่อไป

4. ทำการทดลองแบบเดียวกันนี้อีกสองครั้ง เพื่อหาร้อยละผลผลิต

5. นำตัวอย่างที่เตรียมได้ไปตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณและคุณภาพ ด้วยทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของสารด้วยเทคนิค TG/DTG พิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิค XRF, FTIR, XRD และ SEM

หมายเหตุ สำหรับการเตรียมด้วยสารตั้งต้น CC-O, CC-M, CC-EC และ CC-ED ก็ทำการด้วยกระบวนการคล้ายกันนี้ และทุกตัวอย่างทำการเตรียมอย่างละ 3 ซ้ำ

3.2.2.2 การเตรียมแคลเซียมแลคเทต

$$CC\text{-}C(s) + LT\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca_3(C_6H_5O_7)_2.nH_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.6$$

$$CC\text{-}O(s) + LT\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca_3(C_6H_5O_7)_2.nH_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.7$$

$$CC\text{-}M(s) + LT\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca_3(C_6H_5O_7)_2.nH_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.8$$

$$CC\text{-}EC(s) + LT\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca_3(C_6H_5O_7)_2.nH_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.9$$

$$CC\text{-}ED(s) + LT\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca_3(C_6H_5O_7)_2.nH_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.10$$

**วิธีการเตรียม**

1. ชั่งสาร CC-C(s) 10.00 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร

2. ค่อยๆ เติมกรด LT-50 จำนวน 36 กรัม ลงในบีกเกอร์ข้อ 1) จะมีฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น ให้คนอย่างสม่ำเสมอด้วยแท่งแก้วคนสารปั่นกวน เพื่อให้ฟองยุบแล้วเติมสาร LT-50 ลงไปเรื่อยพร้อมคนไปด้วยจนกว่าปริมาณสาร LT-50 หมด ระวังไม่ให้ฟองล้นออกจากบีกเกอร์

3. เมื่อเติม LT-50 หมดแล้วคนเบาแล้วนำสารในข้อ 2) ไปตั้งทิ้งไว้ให้แห้งเอง และให้สารทำปฏิกิริยากันเอง จนปริมาณแก๊สเป็นฟองฟูขึ้นมาเองแล้วตั้งไว้ให้แห้งเอง จะใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง จะได้ผงสีขาวขุ่น ให้บดละเอียดด้วยเครื่องบดและเก็บบรรจุใส่ถุงซิปเพื่อดำเนินการขั้นตอนต่อไป

4. ทำการทดลองแบบเดียวกันนี้อีกสองครั้ง เพื่อหาร้อยละผลผลิต

5. นำตัวอย่างที่เตรียมได้ไปตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณและคุณภาพ ด้วยทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของสารด้วยเทคนิค TG/DTG พิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิค XRF, FTIR, XRD และ SEM

หมายเหตุ สำหรับการเตรียมด้วยสารตั้งต้น CC-O, CC-M, CC-EC และ CC-ED ก็ทำการด้วยกระบวนการคล้ายกันนี้ และทุกตัวอย่างทำการเตรียมอย่างละ 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 การเตรียมแคลเซียมซิเตรท

$$CC\text{-}C(s) + CT\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca_3(CH_3CH(OH)CO_2)_2.nH_2O\ (s) + CO_2(g) \quad 3.11$$

$$CC\text{-}O(s) + CT\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca_3(CH_3CH(OH)CO_2)_2.nH_2O\ (s) + CO_2(g) \quad 3.12$$

$$CC\text{-}M(s) + CT\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca_3(CH_3CH(OH)CO_2)_2.nH_2O\ (s) + CO_2(g) \quad 3.13$$

$$CC\text{-}EC(s) + CT\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca_3(CH_3CH(OH)CO_2)_2.nH_2O\ (s) + CO_2(g) \quad 3.14$$

$$CC\text{-}ED(s) + CT\text{-}50(aq.) \rightarrow Ca_3(CH_3CH(OH)CO_2)_2.nH_2O\ (s) + CO_2(g) \quad 3.15$$

**วิธีการเตรียม**

1. ชั่งสาร CC-C(s) 10.00 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร

2. ค่อยๆ เติมกรด CT-50 จำนวน 34 กรัม ลงในบีกเกอร์ข้อ 1) จะมีฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น ให้คนอย่างสม่ำเสมอด้วยแท่งแก้วคนสารปั่นกวน เพื่อให้ฟองยุบแล้วเติมสาร CT-50 ลงไปเรื่อยพร้อมคนไปด้วยจนกว่าปริมาณสาร CT-50 หมด ระวังไม่ให้ฟองล้นออกจากบีกเกอร์

3. เมื่อเติม CT-50 หมดแล้วคนเบาแล้วนำสารในข้อ 2) ไปตั้งทิ้งไว้ให้แห้งเอง และให้สารทำปฏิกิริยากันเอง จนปริมาณแก๊สเป็นฟองฟู่ขึ้นมาเอง ให้ตั้งทิ้งไว้แห้งเอง จะใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง จะได้ผงสีขาวขุ่น ให้บดละเอียดด้วยเครื่องบดและเก็บบรรจุใส่ถุงซิปเพื่อดำเนินการขั้นตอนต่อไป

4. ทำการทดลองแบบเดียวกันนี้อีกสองครั้ง เพื่อหาร้อยละผลผลิต

5. นำตัวอย่างที่เตรียมได้ไปตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณและคุณภาพ ด้วยทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของสารด้วยเทคนิค TG/DTG พิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิค XRF, FTIR, XRD และ SEM

หมายเหตุ สำหรับการเตรียมด้วยสารตั้งต้น CC-O, CC-M, CC-EC และ CC-ED ก็ทำการด้วยกระบวนการคล้ายกันนี้ และทุกตัวอย่างทำการเตรียมอย่างละ 3 ซ้ำ

3.2.2.2 การเตรียมไตรแคลเซียมฟอสเฟต

กรรมวิธีการเตรียมสารประกอบไตรแคลเซียมฟอสเฟต เตรียมขึ้นได้ผ่าน 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ทำการเตรียมสาร โมโนแคลเซียมฟอสเฟต สูตรเคมี $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O(s)$ จากเปลือกหอยและเปลือกไข่ชนิดต่างๆ ก่อน จากปฏิกิริยา

$$CC\text{-}C(s) + P\text{-}70(aq.) \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2.H_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.16$$

$$CC\text{-}O(s) + P\text{-}70(aq.) \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2.H_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.17$$

$$CC\text{-}M(s) + P\text{-}70(aq.) \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2.H_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.18$$

$$CC\text{-}EC(s) + P\text{-}70(aq.) \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2.H_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.19$$

$$CC\text{-}ED(s) + P\text{-}70(aq.) \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2.H_2O(s) + CO_2(g) \quad 3.20$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยผลิตภัณฑ์ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O(s)$ ระบุรหัส เป็น MCP-C, MCP-O, MCP-M, MCP-EC และ MCP-ED คือโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรต ที่ผลิตได้จากแคลเซียมคาร์บอนเตที่ผลิตมาจาก เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด ตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 2 นำเอาสารที่ผลิตได้ คือ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O(s)$ จากเปลือกหอยและเปลือกไข่แต่ละชนิด มาทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนต แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 900 $^{\circ}C$ ด้วยเตาเผาแบบสายพานลำเลียงใช้เวลาในการเผาแต่ละภาชนะเผาประมาณ 30-45 นาที

$$CC\text{-}C + MCP\text{-}C(s) \rightarrow Ca_3(PO_4)_2(s) + H_2O(g) + CO_2(g) \quad 3.21$$

$$CC\text{-}O + MCP\text{-}O(s) \rightarrow Ca_3(PO_4)_2(s) + H_2O(g) + CO_2(g) \quad 3.22$$

$$CC\text{-}M + MCP\text{-}M(s) \rightarrow Ca_3(PO_4)_2(s) + H_2O(g) + CO_2(g) \quad 3.23$$

$$CC\text{-}EC + MCP\text{-}EC(s) \rightarrow Ca_3(PO_4)_2(s) + H_2O(g) + CO_2(g) \quad 3.24$$

$$CC\text{-}ED + MCP\text{-}ED(s) \rightarrow Ca_3(PO_4)_2(s) + H_2O(g) + CO_2(g) \quad 3.25$$

**วิธีการเตรียม**

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียม โมโนแคลเซียมฟอสเฟต

1. ชั่งสาร CC-C(s) 9.00 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร
2. ค่อยๆ เติมกรด P-70 จำนวน 27 กรัม ลงในบีกเกอร์ข้อ 1) จะมีฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น ให้คนอย่างสม่ำเสมอด้วยแท่งแก้วคนสารปั่นกวน เพื่อให้ฟองยุบแล้วเติมสาร P-70 ลงไปเรื่อยพร้อมคนไปด้วยจนกว่าปริมาณสาร P-70 หมด ระวังไม่ให้ฟองล้นออกจากบีกเกอร์
3. เมื่อเติม P-70 หมดแล้วคนเบาแล้วนำสารในข้อ 2) ไปตั้งทิ้งไว้ให้แห้งเอง และให้สารทำปฏิกิริยากันเอง จนปริมาณแก๊สฟูขึ้นมาแล้วยุบตัวลง และตั้งทิ้งไว้ให้แห้งเอง จะใช้เวลาประมาณ 10 ชั่วโมง จะได้ผงสีขาวขุ่น ให้บดละเอียดด้วยเครื่องบดและเก็บบรรจุใส่ถุงซิปเพื่อดำเนินการขั้นตอนต่อไป เรียกว่าสารที่ผลิตได้นี้ว่า โมโนแคลเซียมฟอสเฟต ที่ผลิตจาก เปลือกหอยแครง มีรหัส MCP-C(s)

หมายเหตุ การผลิตโมโนแคลเซียมฟอสเฟต จากสารตั้งต้นเปลือกหอยและเปลือกไข่ชนิดอื่นๆ ก็สามารถทำได้ด้วยกระบวนการคล้ายกันนี้

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียม ไตรแคลเซียมฟอสเฟต

1. ชั่ง MCP-C(s) จำนวน 2.52 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะเหล็กสตีล ขนาด 5,000 มล.
2. ชั่ง CC-C(s) จำนวน 1 กิโลกรัม ใส่ลงในภาชนะในข้อ 1 ทำการคนคลุกเคล้าให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำภาชนะที่บรรจุสารผสมในข้อ 2 ไปเผาที่อุณหภูมิ 900 $^{\circ}C$ เป็นเวลาประมาณ 30-45 นาที

4. ทำการทดลองแบบเดียวกันนี้อีกสองครั้ง โดยทำพร้อมกันและนำไปเผาพร้อมกัน เพื่อหาร้อยละผลผลิต

5. นำตัวอย่างที่เตรียมได้ไปตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณและคุณภาพ ด้วยทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของสารด้วยเทคนิค TG/DTG พิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิค XRF, FTIR, XRD และ SEM

หมายเหตุ สำหรับการเตรียมด้วยสารตั้งต้นที่ผลิตขึ้นได้จากเปลือกหอย และเปลือกไข่ชนิดอื่นๆ ก็สามารถทำการด้วยกระบวนการคล้ายกันนี้ และทุกตัวอย่างทำการเตรียมอย่างละ 3 ซ้ำ

### 3.3 การวิเคราะห์เอกลักษณ์ทางเคมีด้วยเทคนิคต่างๆ

**ขั้นตอนการ**

**3.4.1 การวิเคราะห์สมบัติเชิงความร้อน**

งานวิจัยนี้มีสารที่เกี่ยวข้องคือ สารตั้งต้น คือ แคลเซียมคาร์บอเนตที่ผลิตได้ 5 ชนิด คือ CC-C, CC-O, CC-M, CC-EC และ CC-ED และผลิตภัณฑ์สารประกอบแคลเซียมที่ผลิตได้ 5 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต ( 5 ชนิด CaAC-C, CaAC-O, CaAC-M, CaAC-EC และ CaAC-ED) แคลเซียมแลคเทต (5 ชนิด CaLT-C, CaLT-O, CaLT-M, CaLT-EC และ CaLT-ED) แคลเซียมซิเทรต (5 ชนิด CaCT-C, CaCT-O, CaCT-M, CaCT-EC และ CaCT-ED) และไตรแคลเซียมฟอสเฟต (5 ชนิด TCP-C, TCP-O, TCP -M, TCP-EC และ TCP-ED) รวมทั้งหมดมีสาร 25 ตัวอย่าง ที่ต้องนำไปศึกษาพฤติกรรมการสลายตัวทางความร้อน เพื่อให้เข้าใจถึงกลไกการสลายตัวของสารและอุณหภูมิสูงสุดที่สารสลายตัวอย่างสมบูรณ์ ด้วยเครื่อง Thermogravimetric/Differential Thermal Analyzer ,Pyris Dimond TG/DTA ,Perkin Elmer โดยใส่สารตัวอย่างที่บดละเอียดและสารอ้างอิง(Aluminum oxide, $Al_2O_3$) ลงใน Alumina pan โดยแต่ละ pan ต้องมีน้ำหนักผลรวมใกล้เคียงกัน ซึ่งน้ำหนักของสารตัวอย่างที่ใช้อยู่ในช่วง 5-6 mg กำหนดสภาวะของการวิเคราะห์ คือ ความดันของแก๊ส 3 bar ช่วงอุณหภูมิในการวิเคราะห์ 30-1000 $^{\circ}C$ อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 10 $^{\circ}C\ min^{-1}$ และอัตราการไหลของแก๊สออกซิเจน 100 mL $min^{-1}$ ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำในโครงผลึก วิเคราะห์จากเทอร์โมแกรมของ TG

**3.4.2 การวิเคราะห์รูปแบบการสั่นขององค์ประกอบย่อยภายในโมเลกุล**

งานวิจัยนี้มีสารที่เกี่ยวข้องคือ สารตั้งต้น คือ แคลเซียมคาร์บอเนต (5 ชนิด คือ CC-C, CC-O, CC-M, CC-EC และ CC-ED) และสารตั้งต้นแคลเซียมออกไซด์(5 ชนิด คือ CO-C, CO-O, CO-M, CO-EC และ CO-ED) กับโมโนแคลเซียมฟอสเฟต ( 5 ชนิด คือ MCP-C, MCP-O, MCP-M, MCP-EC และ MCP-ED) ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตไตรแคลเซียมฟอสเตฟ พร้อมผลิตที่ผลิตภัณฑ์สารประกอบแคลเซียมที่ผลิตได้ 5 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต ( 5 ชนิด CaAC-C, CaAC-O, CaAC-M, CaAC-EC และ CaAC-ED) แคลเซียมแลคเทต (5 ชนิด CaLT-C, CaLT-O, CaLT-M, CaLT-EC และ CaLT-ED) แคลเซียมซิเทรต (5 ชนิด CaCT-C, CaCT-O, CaCT-M, CaCT-EC และ CaCT-ED) และไตรแคลเซียมฟอสเฟต (5 ชนิด TCP-C, TCP-O, TCP -M, TCP-EC และ TCP-ED) รวมทั้งหมดมีสาร 35 ตัวอย่าง ที่ได้ไปบันทึกสเปกตรัมการสั่นด้วยเครื่อง FTIR spectrum GX Perkin-Elmer Spectrophotometer โดยใช้เทคนิค KBr-pellet มีขั้นตอนดังนี้ ใส่สารตัวอย่างลงในโกร่งบดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันกับ KBr ในอัตราส่วน sample : KBr เป็น 1 :10 แล้วอัดให้เป็นแผ่นบางๆ ด้วย Hand press จากนั้นใส่ลงใน disc holder และทำการบันทึกสเปกตรัมการสั่น โดยกำหนดสภาวะของการวิเคราะห์ คือบันทึกความความยาวคลื่น(Wavenumber) ในช่วง 4000-370 $cm^{-1}$ จำนวนครั้งการการรัน (Scan Number) เท่ากับ 4 และ Resolution : 4 $cm^{-1}$

### 3.4.3 การวิเคราะห์ทางโครางสร้าง

นำสารที่ได้ทั้ง 35 ตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยนี้ มาตรวจวัดการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์เพื่อหาค่าแลตทิซพารามิเตอร์ (a, b, c และมุม $\beta$) และคำนวณขนาดผลึกด้วยสมการ Scherrer จากการเปรียบเทียบ XRD patterns ของสารตัวอย่างกับสารมาตรฐาน ด้วยเครื่อง X-Ray powder diffractometer โดยบดสารให้ละเอียดแล้วใส่ลงใน sample holder และทำการวิเคราะห์ต่อไป โดยกำหนดสภาวะของการวิเคราะห์ ดังนี้ Voltage : 40 kV; Current : 35 ml

Identity

Type of scan : Continuous; Scan mode: Normal $\theta$ / 20; Step size ($^{\circ}2\theta$) : 0.020; Start angle ($^{\circ}2\theta$): 10; End angle ($^{\circ}2\theta$): 60; Scan time (h:m:s) : 30 min; Time / Step : 0.50 sec

### 3.4.4 การวิเคราะห์สัณฐานวิทยา

นำสารที่ได้ทั้ง 35 ตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับวิจัยนี้ ทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ มาตรวจวิเคราะห์สัณฐานวิทยาด้วยเครื่องจุลทรรศ์อิเลคตรอนแบบส่องกราด โดยการเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์ด้วยการเคลือบทองแล้วค่อยวิเคราะห์ด้วย SEM

### 3.4.5 การวิเคราะห์ วิเคราะห์ชนิดของธาตุ (Qualitative) และปริมาณธาตุ (Quantitative)

นำสารที่ได้ทั้ง 35 ตัวอย่างที่ใช้เป็นสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นได้นี้ไปวิเคราะห์ปริมาณของธาตุ (Qualitative) และปริมาณธาตุ (Quantitative) ด้วยเทคนิค เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ (XRF Techniques) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ปริมาณ ธาตุหลัก ๆ ในงานวิจัยนี้ คือ แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับการผลิต

จากกาค้นหากรรมวิธีการผลิตสารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต จาก วัตถุดิบแคลเซียม 5 ชนิด คือ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด เมื่อค้นพบวิธีการเตรียมที่ ง่าย สะดวก รวดเร็ว ประหยัดต้นทุน แล้ว จึงได้นำมาออกแบบเครื่องจักรต้นแบบเพื่อให้เหมาะสมกับกรรมวิธีการผลิต โดยมีเครื่องจักรพร้อมรายละเอียดที่จำเป็นในกระบวนการดังนี้

1. เครื่องบดละเอียด ต้องการขนาดของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผลิตได้จากเปลือกหอยและเปลือกไข่ไม่ต่ำกว่า 50 เมช และมีกำลังการบดประมาณ 4-6 ตันต่อวัน มอเตอร์กำลัง 5 แรง เพื่อให้สามารถบดเปลือกหอยที่แข็งๆ อย่าง เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยนารมได้ มีตะแกรงโลหะเพื่อคัดขนาดให้สูงกว่า 50 เมช ในขณะบด มีช่องในเปลือกหอยและเปลือกไข่ มีช่องออกหลังจากบดเรียบร้อยแล้ว และมีภาชนะรองรับเปลือหอยและเปลือกไข่ที่ผ่านการบดเรียบร้อยแล้ว และมีระบบป้องกันการฟุ้งกระจายของผงเปลือกหอยและเปลือกไข่ที่บดแล้ว

2. เตาเผา เพื่อใช้เตรียมเปลือกหอย เปลือกไข่ และไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่ ต้องเผาที่อุณหภูมิสูง เตาเผาสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 200-1500 $^{\circ}$C มีค่าผิดพลาด $\pm$ 10 $^{\circ}$C เป็นระบบสายพานลำเลียง ตัวอย่างเข้าไป ความยาวท่อเตา 2 เมตร ควบคุมระบบลำเลียงอัตโนมัติ มีภาชนะบรรจุวัตถุดิบสำหรับเผาเป็นเหล็กทนไฟ ขนาด 15 x 30 เซนติเมตร ระบบพลังงานใช้ได้ทั้งไฟฟ้า และแก๊สหุงต้ม

3. เครื่องปั่นกวนผสมสาร มี 3 ขนาด ขนาดเล็กกำลังการผลิต 2-5 กิโลกรัมต่อครั้ง ขนาดกลางกำลังการผลิต 20-30 กิโลกรัมต่อครั้ง และขนาดใหญ่ผลิตได้ครั้งละ 80-120 กิโลกรัมต่อครั้ง โดยขึ้นอยู่กับถังผสมที่ต้องมีขนาดเหมาะสมในการผลิตสารประกอบแคลเซียมแต่ละชนิด ซึ่งถังผสมต้องทนความร้อนและเป็นพลาสติก

จากเครื่องจักรที่จำเป็นต้องใช้ดังรายละเอียดที่กำหนด ได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นเคร่าองต้นแบบ ดังแสดงในบทที่ 4 เนื้อหาผลจากการออกแบบและสร้างเคร่าองจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้คิดค้นการสังเคราะห์สารประกอบ 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต จากแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ผลิตมาจาก เปลือกหอย(หอยแครง หอยนางรม และหอยแมลงภู่) และเปลือกไข่ (ไข่ไก่และไข่เป็ด) ด้วยเทคนิคที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว พร้อมไม่ก่อให้เกิดอันตรายในขณะการเตรียม ซึ่งเรียกเทคนิคการเตรียมว่า "การทำปฏิกิริยาระหว่างของแข็งกับของเหลวแบบปฏิกิริยาการแทนที่" โดยกว่าจะค้นพบกรรมวิธีการผลิตได้สารผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ได้ทดลองทำการสังเคราะห์เป็นจำนวนหลายร้อยหลายพันครั้ง จนมาสรุปได้ที่การใช้สารตั้งต้น คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ที่ผลิตมาจากการบดเปลือกหอยและเปลือกไข่ทั้ง 5 ชนิดให้มีขนาดไม่ต่ำกว่า 50 เมช มาทำปฏิกิริยากับกรด 4 ชนิด ที่แต่ละชนิดจะต้องมีความเข้มข้นเฉพาะ และปริมาณการผสมทำปฏิกิริยาก็เฉพาะเจาะจง ห้ามขาดหรือเกิน ต้องลงล็อกพอดี เปรียบเสมือนหลักการ "แม่กุญแจกับลูกกุญแจ" โดยจากการศึกษาได้เตรียมสารประกอบ 4 ชนิด จากวัตถุดิบแคลเซียม 5 ชนิด ได้ผลิตภัณฑ์ ทั้งหมด 20 ชนิด โดยในรายละเอียดบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลอง ที่ประกอบด้วย ผลการศึกษาร้อยละผลผลิตและต้นทุนการผลิตเบื้องต้น ผลการตรวจวิเคราะห์ เพื่อยืนยันสมบัติทางเคมีและกายภาพของทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นได้ ด้วยเทคนิค คือ ตรวจสอบปริมาณน้ำในโครงผลึก ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อน (TGA) ที่กล่าวมาข้างต้น ตรวจสอบปริมาณโลหะ ด้วยเทคนิค Atomic absorption spectrophotometer (AAS) ตรวจสอบปริมาณฟอสฟอรัสโดยการวิเคราะห์เทียบสี (Colorimetric analysis) ของเทคนิคสารประกอบเชิงซ้อนโมลิบโดฟอสเฟต (Molybdophosphate complex) และองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ฟูออเรสเซนต์(XRF) ตรวจสอบเอกลักษณ์รูปแบบการสั่นของพันธะภายในโมเลกุล ของสารกลุ่มนี้ จะมีรูปแบบการสั่นพันธะของหน่วยย่อยต่างๆ ของสารประกอบทั้งชนิด ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด (Vibrational spectroscopy; Fourier transform infrared, FTIR) ตรวจสอบเอกลักษณ์ทางโครงสร้างและขนาดผลึก ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกส์ (X-ray diffractometer, XRD) และตรวจสอบสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) เมื่อยืนยันสมบัติทางเคมีได้แล้ว ขั้นตอนต่อไป จึงเป็นขั้นตอนการออกแบบเครื่องผลิตต้นแบบ ที่สามารถผลิตสารได้แต่ละครั้ง จำนวน 25 กก. ประกอบด้วย เครื่องบด เตาเผา และเครื่องปั่นกวนผสม จะได้แสดงรูปภาพประกอบและขั้นตอนการผลิตต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.1** แสดงผลผลิตและร้อยละผลผลิตจากการทดลองและทฤษฎี

| สารประกอบแคลเซียม | แหล่งสารตั้งต้นแคลเซียม | ผลผลิตและร้อยละผลผลิต | | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|
| | | ทดลอง นน.(g)/% | ทฤษฎี นน.(g)/ % | |
| $CaCO_3$ (แคลเซียมคาร์บอเนต) | เปลือกหอยแครง | 9.80/98 | 10.00/100 | CC-C |
| | เปลือกหอยนางรม | 9.60/96 | 10.00/100 | CC-O |
| | เปลือกหอยแมลงภู่ | 9.70/97 | 10.00/100 | CC-M |
| | เปลือกไข่ไก่ | 9.80/98 | 10.00/100 | CC-EC |
| | เปลือกไข่เป็ด | 9.80/98 | 10.00/100 | CC-ED |
| $Ca(OOCCH_3)_2.2H_2O$ (แคลเซียมอะซิเทตไดไฮเดรต) | เปลือกหอยแครง | 18/94.66 | 19.01/100 | CaAC-C |
| | เปลือกหอยนางรม | 17.75/95.31 | 18.62/100 | CaAC-O |
| | เปลือกหอยแมลงภู่ | 18.00/95.65 | 18.82/100 | CaAC-M |
| | เปลือกไข่ไก่ | 18.05/94.94 | 19.01/100 | CaAC-EC |
| | เปลือกไข่เป็ด | 18.75/98.62 | 19.01/100 | CaAC-ED |
| $C_6H_{10}CaO_6.5H_2O$ (แคลเซียมแลคเทตเพนตระไฮเดรต) | เปลือกหอยแครง | 29.50/97.73 | 30.18/100 | CaLT-C |
| | เปลือกหอยนางรม | 28.75/97.23 | 29.57/100 | CaLT-O |
| | เปลือกหอยแมลงภู่ | 28.60/95.73 | 29.88/100 | CaLT-M |
| | เปลือกไข่ไก่ | 29.62/98.13 | 30.18/100 | CaLT-EC |
| | เปลือกไข่เป็ด | 29.84/98.86 | 30.18/100 | CaLT-ED |
| $Ca_3(C_6H_5O_7)_2$ (แคลเซียมซิเทรต) | เปลือกหอยแครง | 15.55/95.59 | 16.27/100 | CaCT-C |
| | เปลือกหอยนางรม | 15.12/94.88 | 15.94/100 | CaCT-O |
| | เปลือกหอยแมลงภู่ | 15.87/98.56 | 16.10/100 | CaCT-M |
| | เปลือกไข่ไก่ | 15.98/98.23 | 16.27/100 | CaCT-EC |
| | เปลือกไข่เป็ด | 15.24/93.68 | 16.27/100 | CaCT-ED |
| $Ca_3(PO_4)_2$ (ไตรแคลเซียมฟอสเฟต) | เปลือกหอยแครง | 29.50/97.10 | 30.38/100 | TCP-C |
| | เปลือกหอยนางรม | 28.98/97.38 | 29.76/100 | TCP-O |
| | เปลือกหอยแมลงภู่ | 28.75/95.61 | 30.07/100 | TCP-M |
| | เปลือกไข่ไก่ | 28.88/95.06 | 30.38/100 | TCP-EC |
| | เปลือกไข่เป็ด | 29.24/96.25 | 30.38/100 | TCP-ED |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.1 การศึกษาร้อยละผลผลิต

จากปฏิกิริยาการเตรียมสารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต โดยใช้ตั้งต้นเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่เตรียมมาจากเปลือกหอยแครง เปลือกนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด มาทำปฏิกิริยากับกรด คือ กรดอะซิติก กรดแลคติก กรดซิตริก และกรดฟอสฟอริก โดยเมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลงแล้วจะได้ผงผลิตภัณฑ์เป็น แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต ตามลำดับ โดยแต่ละการทดลองใช้สารตั้งต้นแคลเซียม 10 กรัม และทำการซ้ำ 3 ครั้ง โดยร้อยละผลผลิตจากการทดลองกับทษฎีแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

### 4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต่าง ๆ

ขั้นตอนการเตรียมสารประกอบทั้ง 4 ชนิด ที่ทำการผลิตจากแหล่งแคลเซียมธรรมชาติที่มีชีวิต 5 ประเภท คือ จากเปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด ได้ผงผลิตภัณฑ์แคลเซียมจำนวน 20 ตัวอย่าง ได้นำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพด้วยเทคนิคต่างๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

**ตารางที่ 4.2** แสดงปริมาณองค์ประกอบของธาตุในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในผงแคลเซียมจากเปลือกหอยและเปลือกไข่ชนิดต่างๆ ด้วยเทคนิค XRF

| ชนิดแหล่งวัตถุดิบแคลเซียม | ล้างและเผาที่สภาวะ 400 °C | แคลเซียมอะซิเทต | แคลเซียมแลคเทต | แคลเซียมซิเทรต | ไตรแคลเซียมฟอสเฟต | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | %$CaCO_3$ | %CaO | %CaO | %CaO | %CaO | %P |
| เปลือกหอยแครง | 98.95 | 28.57 | 18.15 | 29.31 | 54.15 | 19.95 |
| เปลือกหอยนางรม | 98.71 | 28.23 | 17.08 | 29.16 | 54.10 | 19.87 |
| เปลือกหอยแมลงภู่ | 97.43 | 28.14 | 17.57 | 29.02 | 54.01 | 19.92 |
| เปลือกไข่ไก่ | 98.66 | 28.65 | 18.11 | 29.19 | 54.13 | 19.85 |
| เปลือกไข่เป็ด | 98.25 | 28.45 | 18.23 | 29.18 | 54.45 | 19.56 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2.1 การการวิเคราะห์ปริมาณธาตุองค์ประกอบด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ฟูออเรสเซนต์(XRF)**

จากการนำตัวอย่างสารตั้งต้นที่ใช้ผลิตได้ และผงผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นได้ทั้งหมด ไปตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเครื่อง เอกซ์เรย์ฟูออเรสเซนต์(XRF) ทำให้ได้ทราบปริมาณธาตุแคลเซียม และฟอสฟอรัส ที่เป็นองค์ประกอบของสารทั้งหมด ซึ่งผลการวิเคราะห์ สรุปไว้ในตารางที่ 4.2

**4.2.2 การการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนเทคนิคเทอร์มัลกราวิเมทรี (TGA)**

จากการวิจัยนี้ได้นำเอ สารตั้งต้น แคลเซียมคาร์บอเนต 5 ชนิด ที่ผลิตได้จากวัตถุดิบต่างกัน 5 ประเภท คือ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด มาผลิตสารประกอบ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต ได้โดยตรง ซึ่งสรุปแล้วได้ตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 15 ตัวอย่าง เหลือผลิตภัณฑ์อีก 1 ชนิด คือ ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ที่ต้องผลิตจากสารตั้งต้นโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรต และแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งสารนี้ เตรียมขึ้นจากวัตถุดิบหลักคือ แคลเซียมคาร์บอเนต ที่มาจากแหล่งวัตถุดิบ 5 แหล่งที่กล่าวมา ดังนั้นการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน จึงได้มีการวิเคราห์ด้วย เทคนิคเทอร์มัลกราวิเมทรี (TGA) ของสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ คือ แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และ โมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรต เทอร์โมแกรมที่วิเคราะห์ที่ได้แสดงในภาพที่ 4.1-4.5

**4.2.3 การการวิเคราะห์เอกลักษณ์รูปแบบการสั่นของพันธะภายในโมเลกุลด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด (FTIR)**

จำนวนสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ ประกอบด้วยสารตั้งต้น สารที่ผลิตขึ้นเพื่อเป็นสารตั้งต้น และสารผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ได้ถูกนำไปตรวจวิเคราะห์เอกลักษณ์ของการสั่นพันธะด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด (FTIR) ผลการวิเคราะห์ แสดงในภาพที่ 4.6-4.11

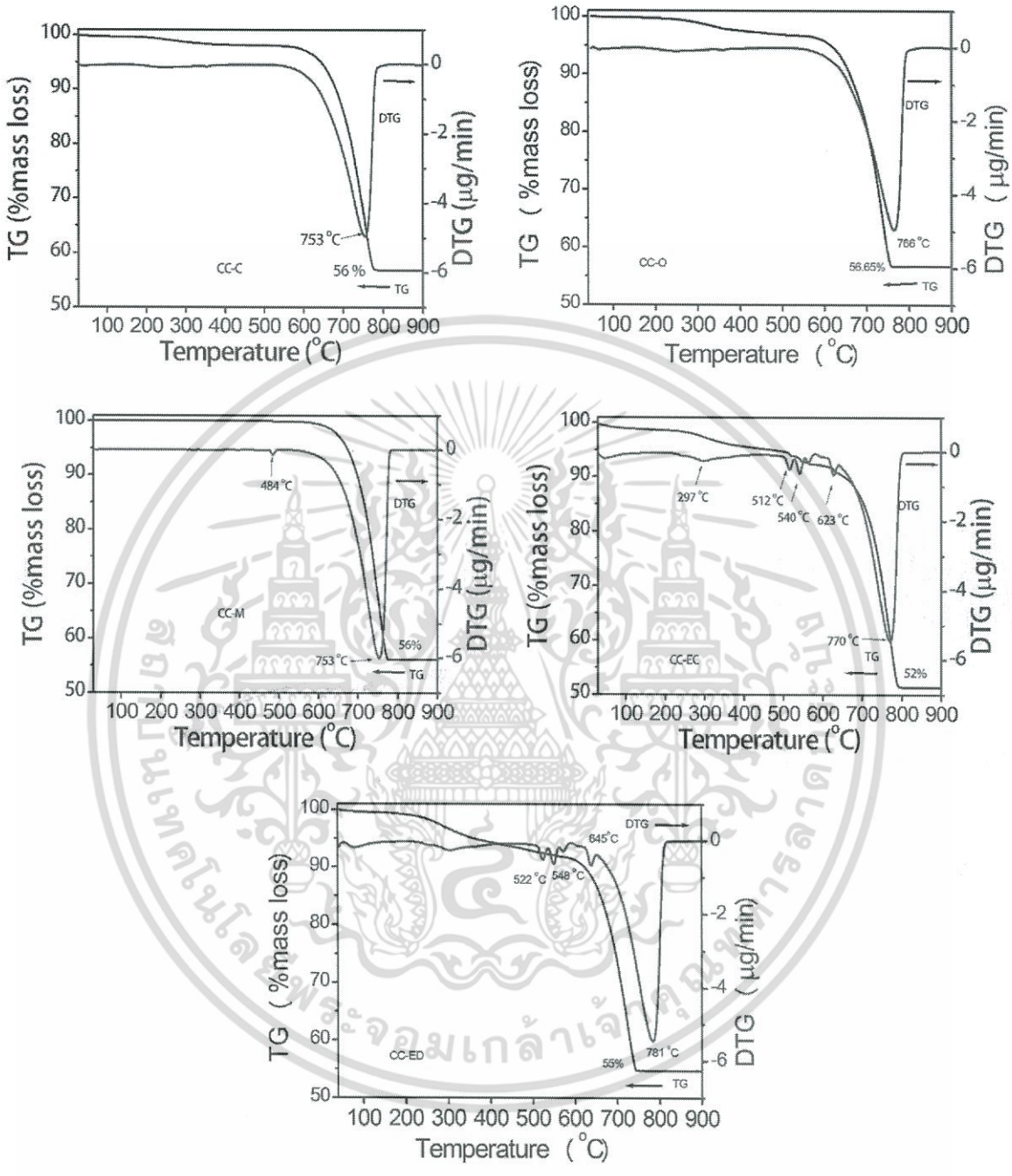
**4.2.4 การการวิเคราะห์เอกลักษณ์ทางโครงสร้างและขนาดผลึก ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกส์ (XRD)**

สารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ ได้แก่ สารตั้งต้น และสารที่ผลิตเพื่อเป็นสารตั้งต้นไตรแคลเซียมฟอสเฟต และสารผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ได้ถูกตรวจสอบยืนยันลักษณะทางโครงสร้างด้วยการเลี้ยวเบนรังสีเอกส์ (XRD) ผลการวิเคราะห์รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ แสดงไว้ในภาพที่ 4.12-4.17

**4.2.5 การการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (SEM)**

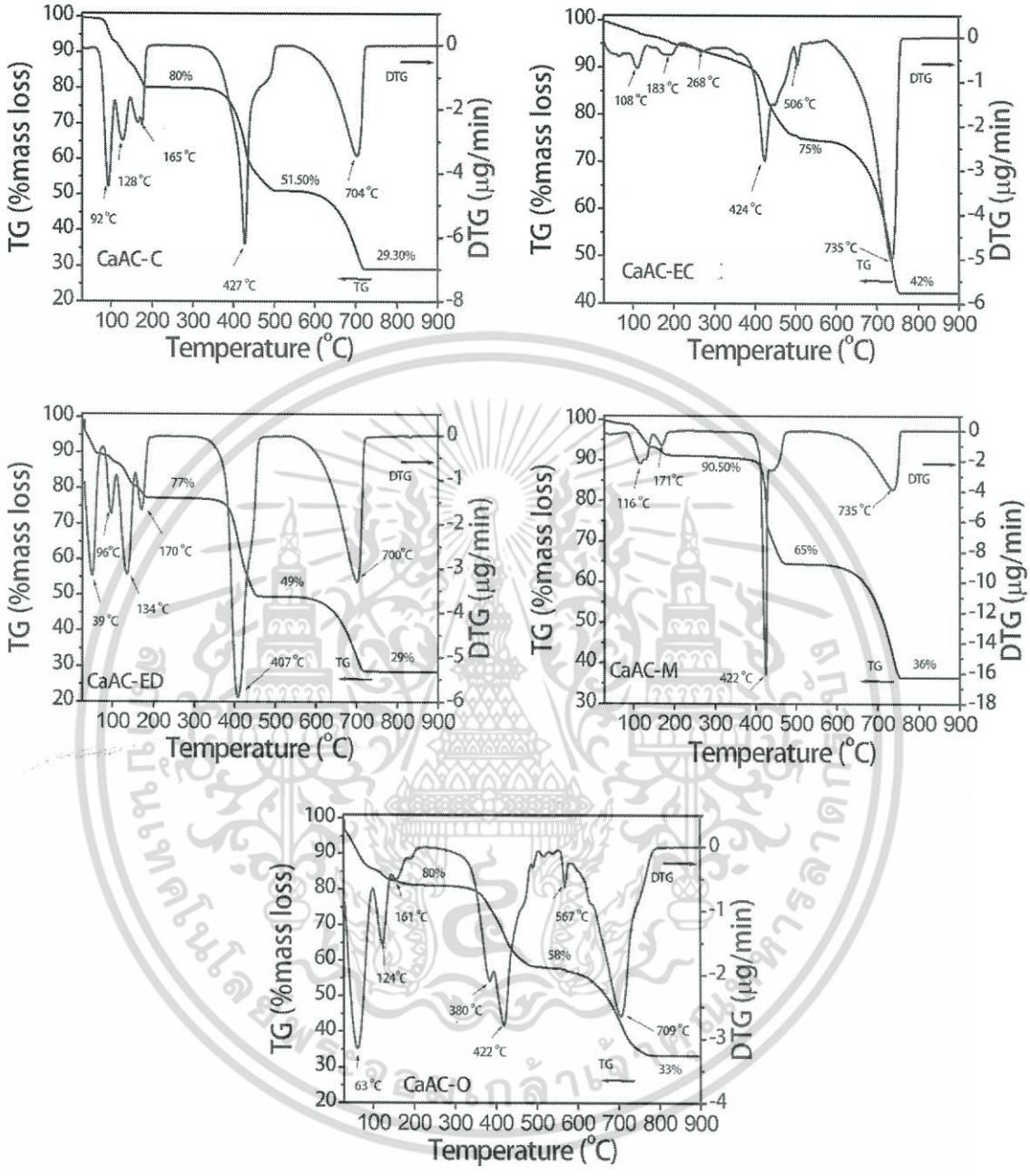
รูปร่าง สัณฐานวิทยาของสารตั้งต้น สารที่ถูกผลิตเพื่อเป็นสารตั้งต้น และสารผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องการทำวิจัยนี้ ได้ถูกคัดเลือกผงผลิตบางส่วนไปวิเคราะห์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (SEM) โดยมีรูปร่างสัณฐานวิทยาดังแสดงในภาพที่ 4.18-4.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



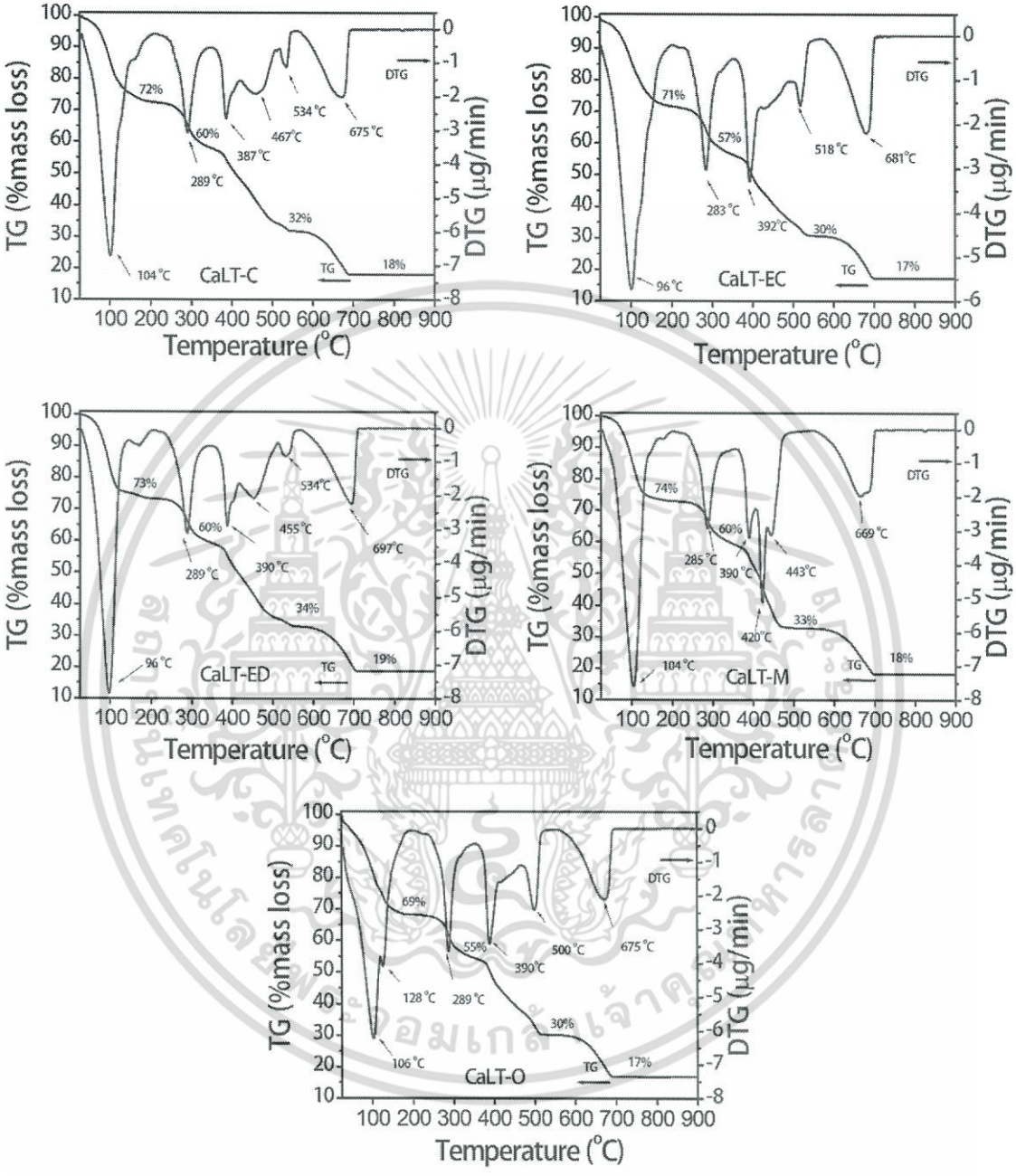

**ภาพที่ 4.1** เทอร์โมแกรมของการสลายตัวทางความร้อนของ CC-C, CC-O, CC-M, CC-EC และ CC-ED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



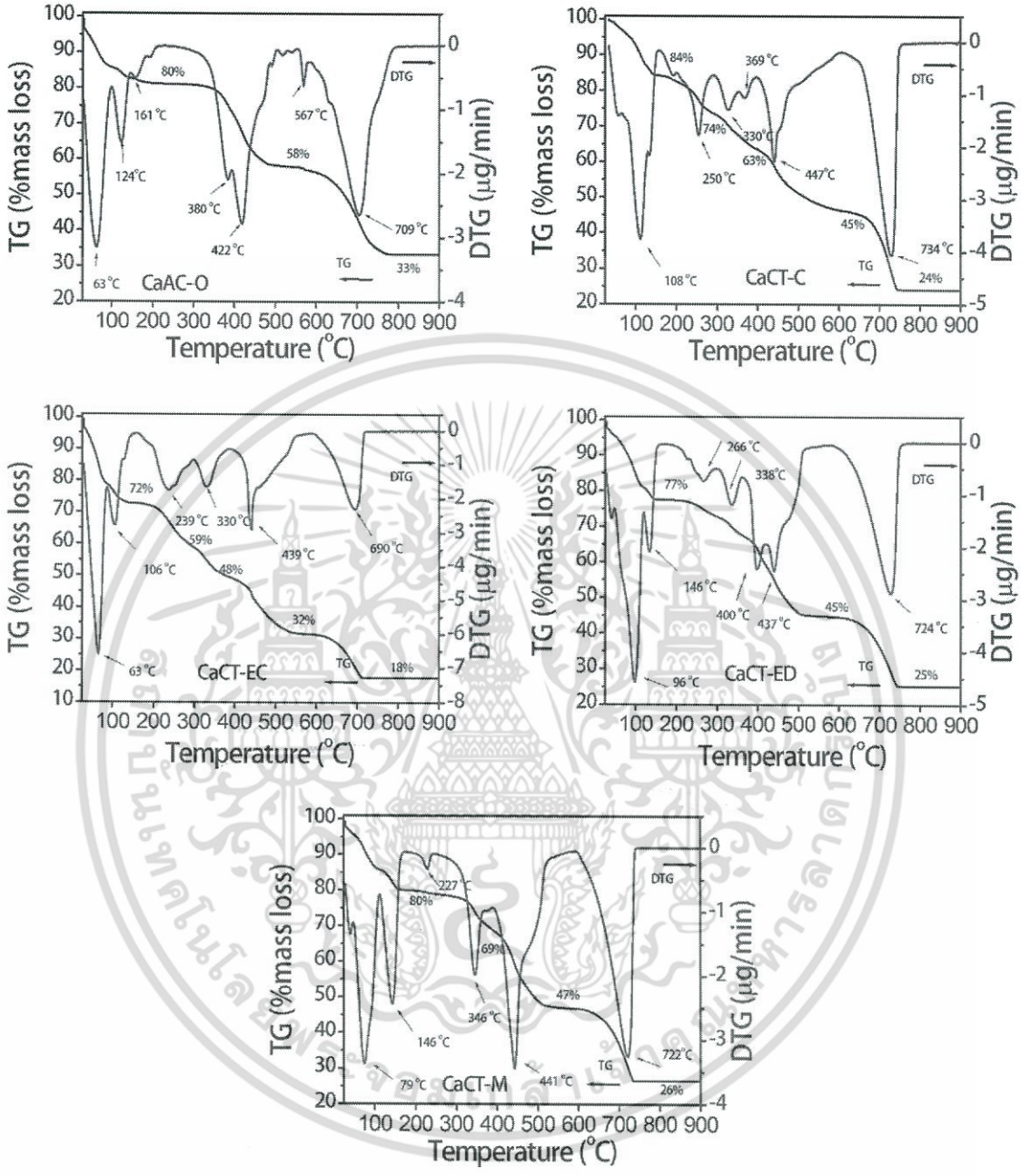

**ภาพที่ 4.2** เทอร์โมแกรมของการสลายตัวทางความร้อนของ CaAC-C, CaAC-O, CaAC-M, CaAC-EC และ CaAC-ED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



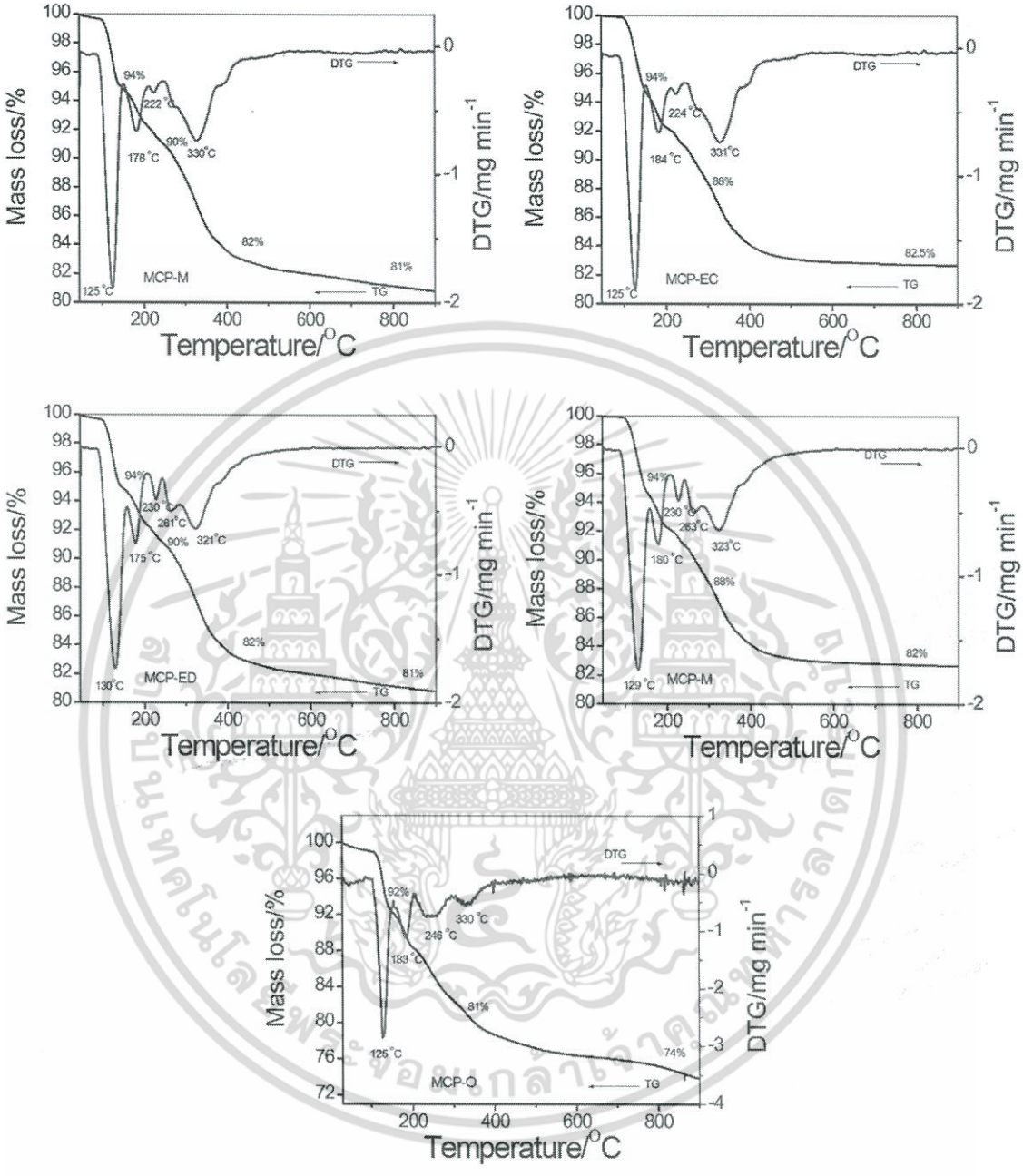

**ภาพที่ 4.3** เทอร์โมแกรมของการสลายตัวทางความร้อนของ CaLT-C, CaLT-O, CaLT-M, CaLT-EC และ CaLT-ED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



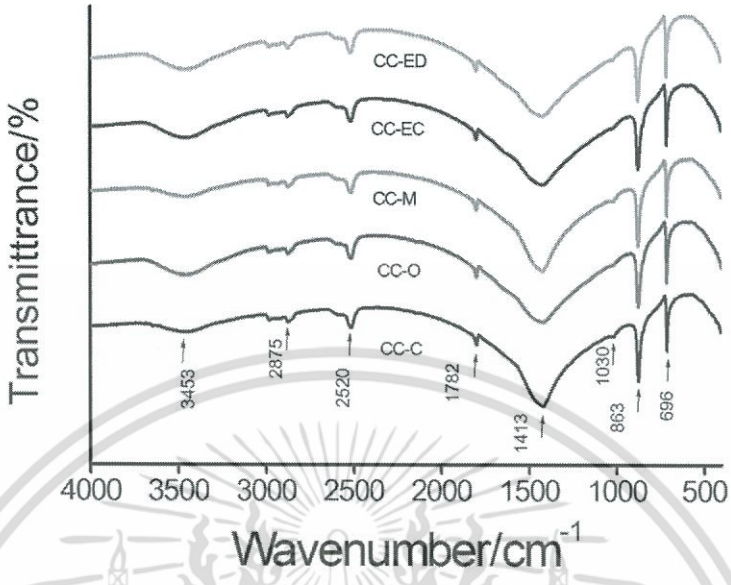

**ภาพที่ 4.4** เทอร์โมแกรมของการสลายตัวทางความร้อนของ CaCT-C, CaCT-O, CaCT-M, CaCT-EC และ CaCT-ED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

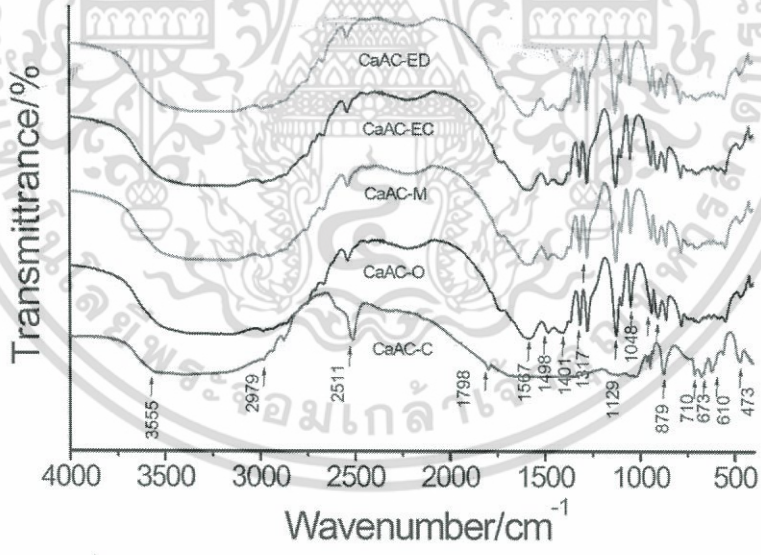



**ภาพที่ 4.5** เทอร์โมแกรมของการสลายตัวทางความร้อนของ MCP-C, MCP-O, MCP-M, MCP-EC และ MCP-ED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

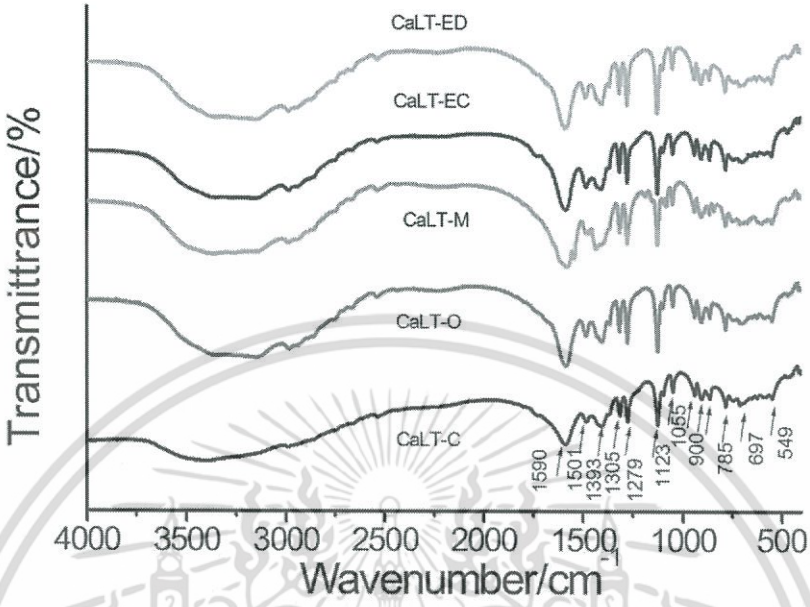



**ภาพที่ 4.6** สปกตราการสั่นของ CC-C, CC-O, CC-M, CC-EC และ CC-ED ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด

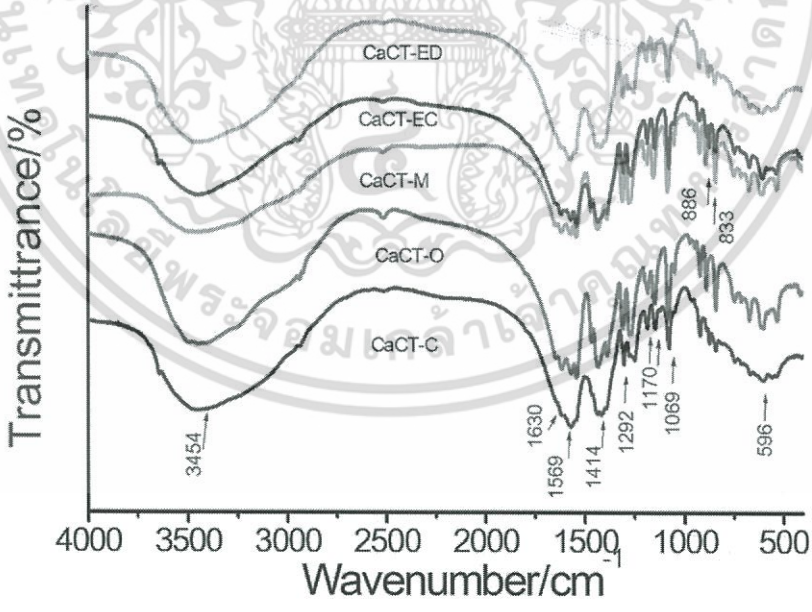



**ภาพที่ 4.7** สปกตราการสั่นของ CaAC-C, CaAC-O, CaAC-M, CaAC-EC และ CaAC-ED ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

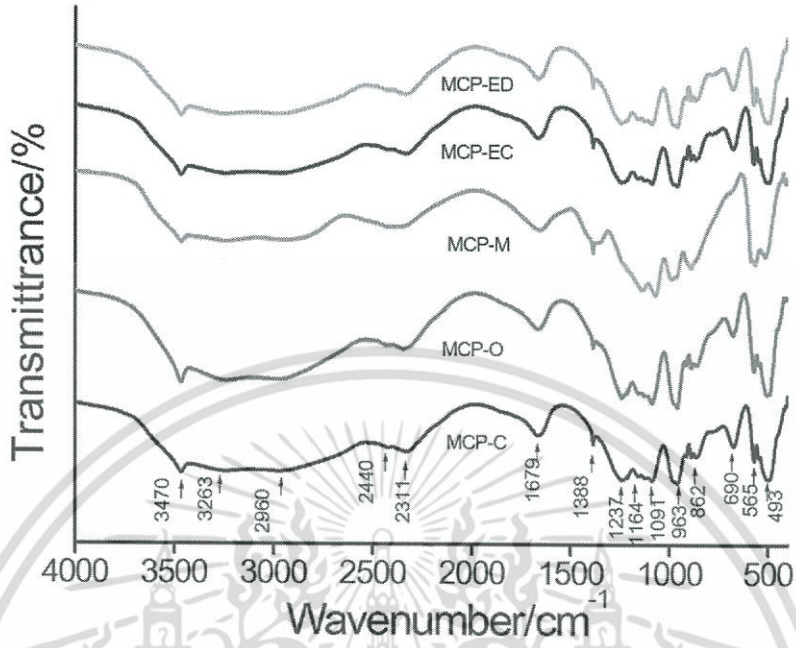



**ภาพที่ 4.8** สปกตราการสั่นของ CaLT-C, CaLT-O, CaLT-M, CaLT-EC และ CaLT-ED ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด

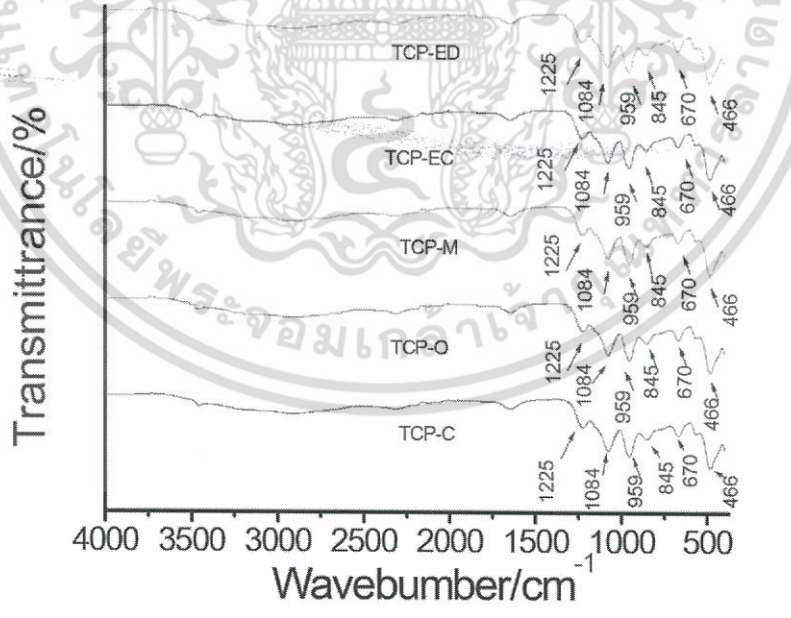



**ภาพที่ 4.9** สปกตราการสั่นของ CaCT-C, CaCT-O, CaCT-M, CaCT-EC, CaCT-ED ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

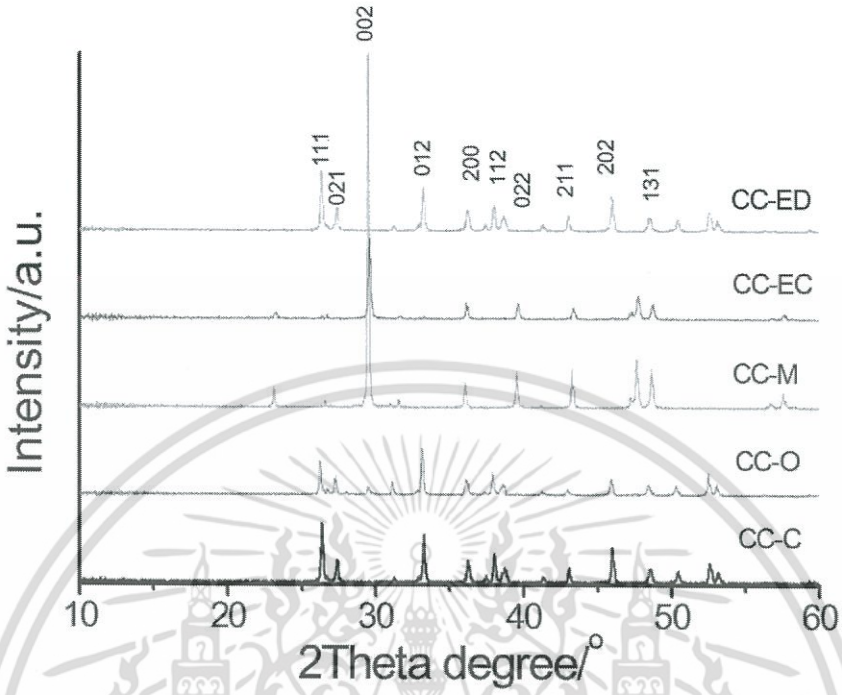



**ภาพที่ 4.10** สปกตราการสั่นของ MCP-C, MCP-O, MCP-M, MCP-EC และ MCP-ED ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด

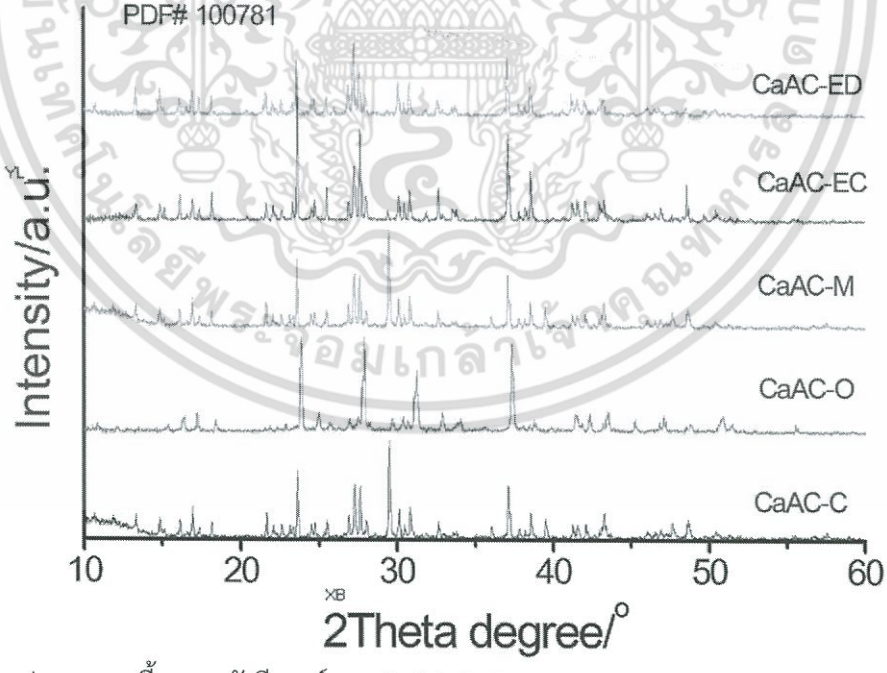



**ภาพที่ 4.11** สปกตราการสั่นของ TCP-C, TCP-O, TCP-M, TCP-EC และ TCP-ED ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

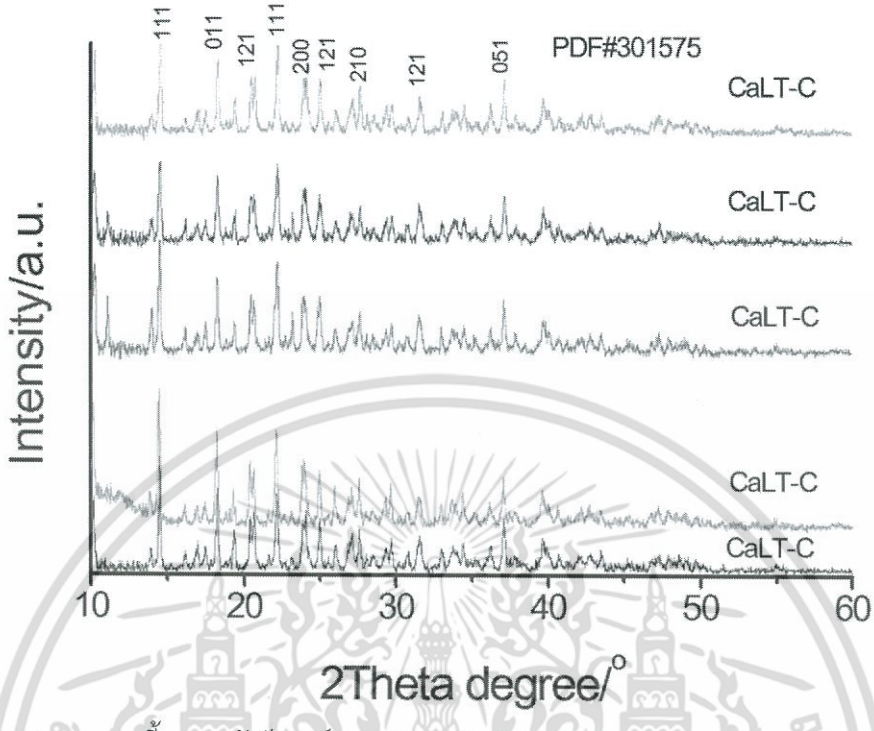



**ภาพที่ 4.12** รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ CC-C, CC-O, CC-M, CC-EC และ CC-ED

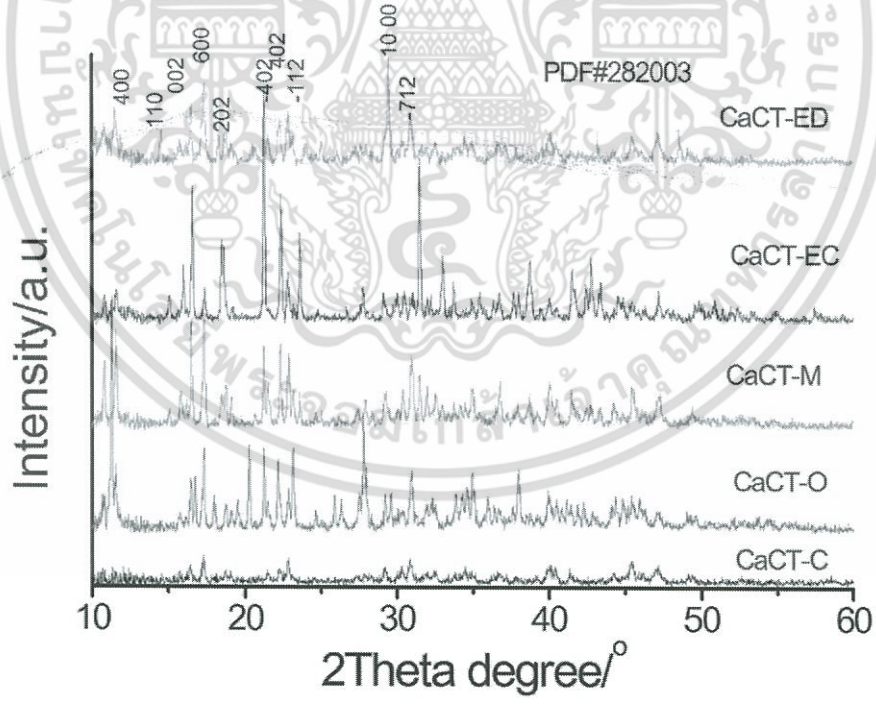



**ภาพที่ 4.13** รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ CaAC-C, CaAC-O, CaAC-M, CaAC-EC และ CaAC-ED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

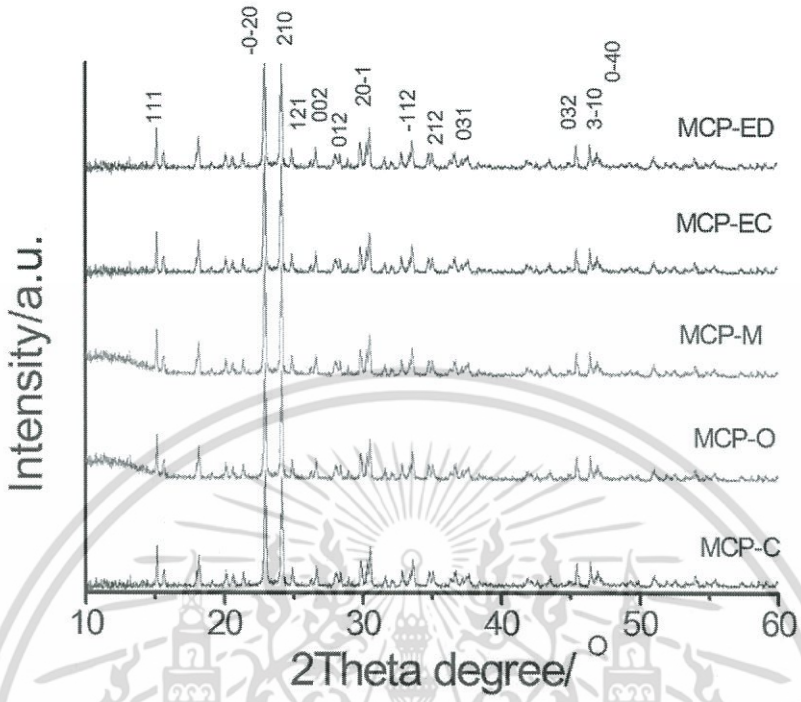



**ภาพที่ 4.14** รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ CaLT-C, CaLT-O, CaLT-M, CaLT-EC และ CaLT-ED

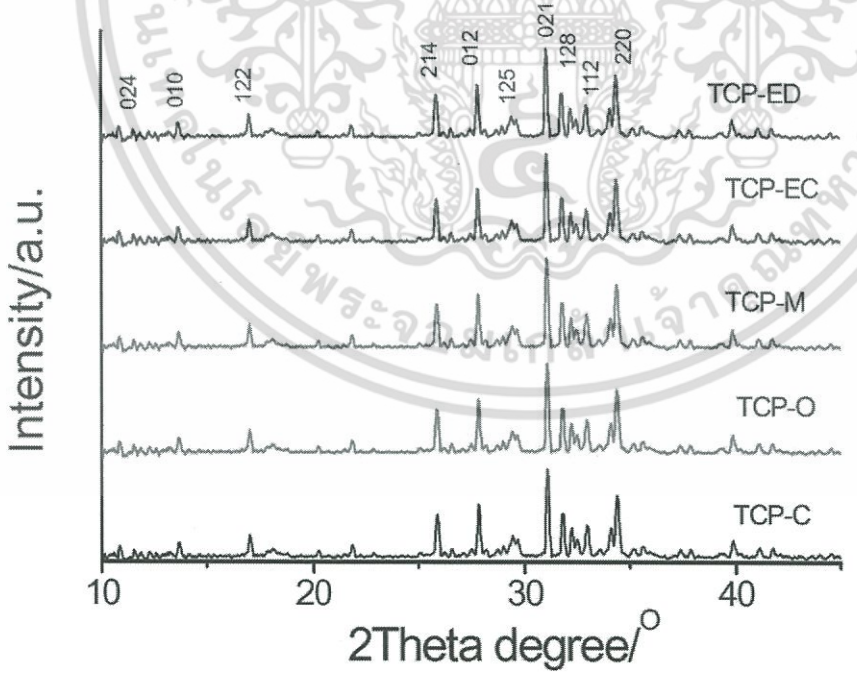



**ภาพที่ 4.14** รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ CaCT-C, CaCT-O, CaCT-M, CaCT-EC และ CaCT-ED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

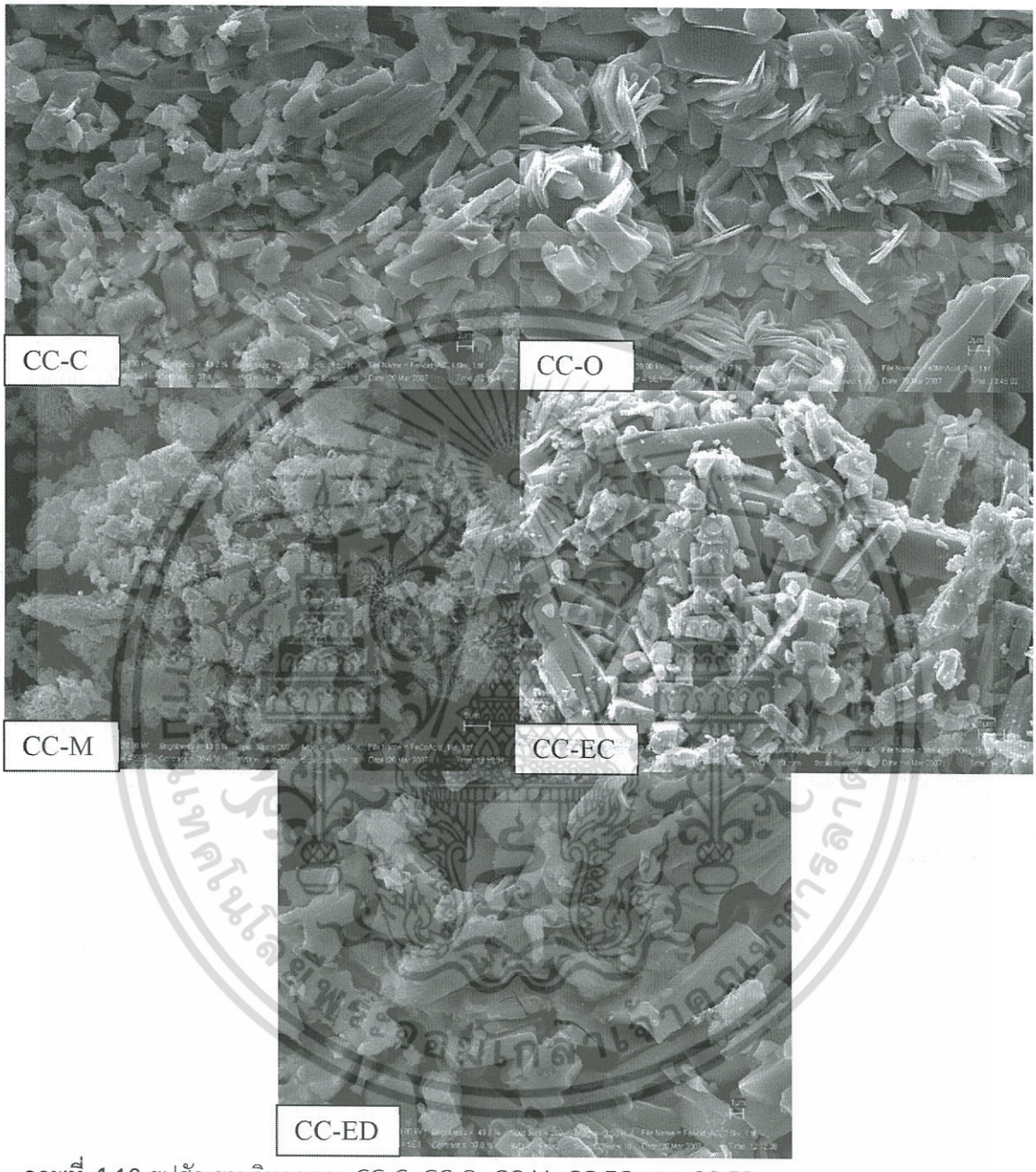



**ภาพที่ 4.16** รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ MCP-C, MCP-O, MCP-M, MCP-EC และ MCP-ED



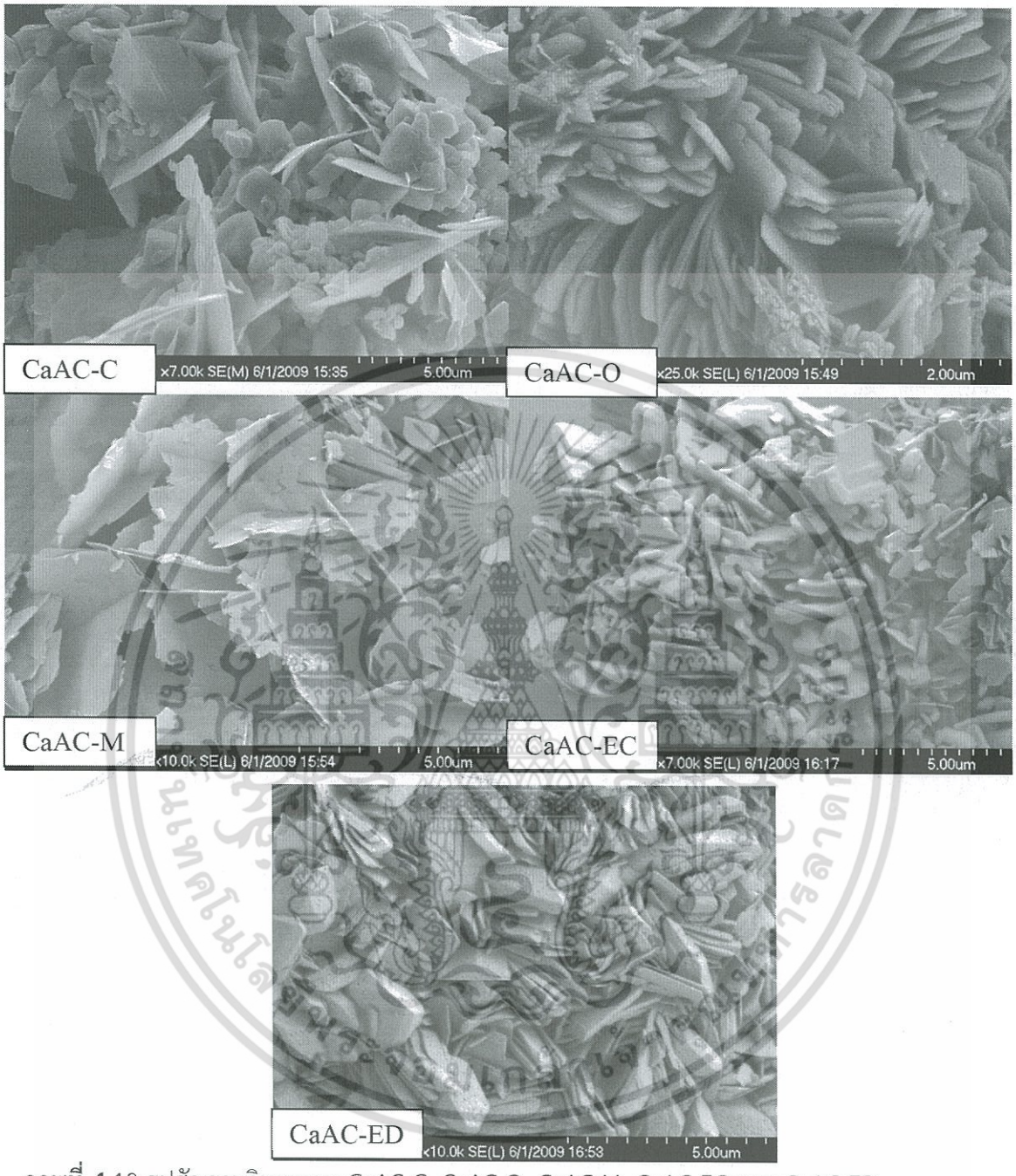

**ภาพที่ 4.17** รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ TCP-C, TCP-O, TCP-M, TCP-EC และ TCP-ED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



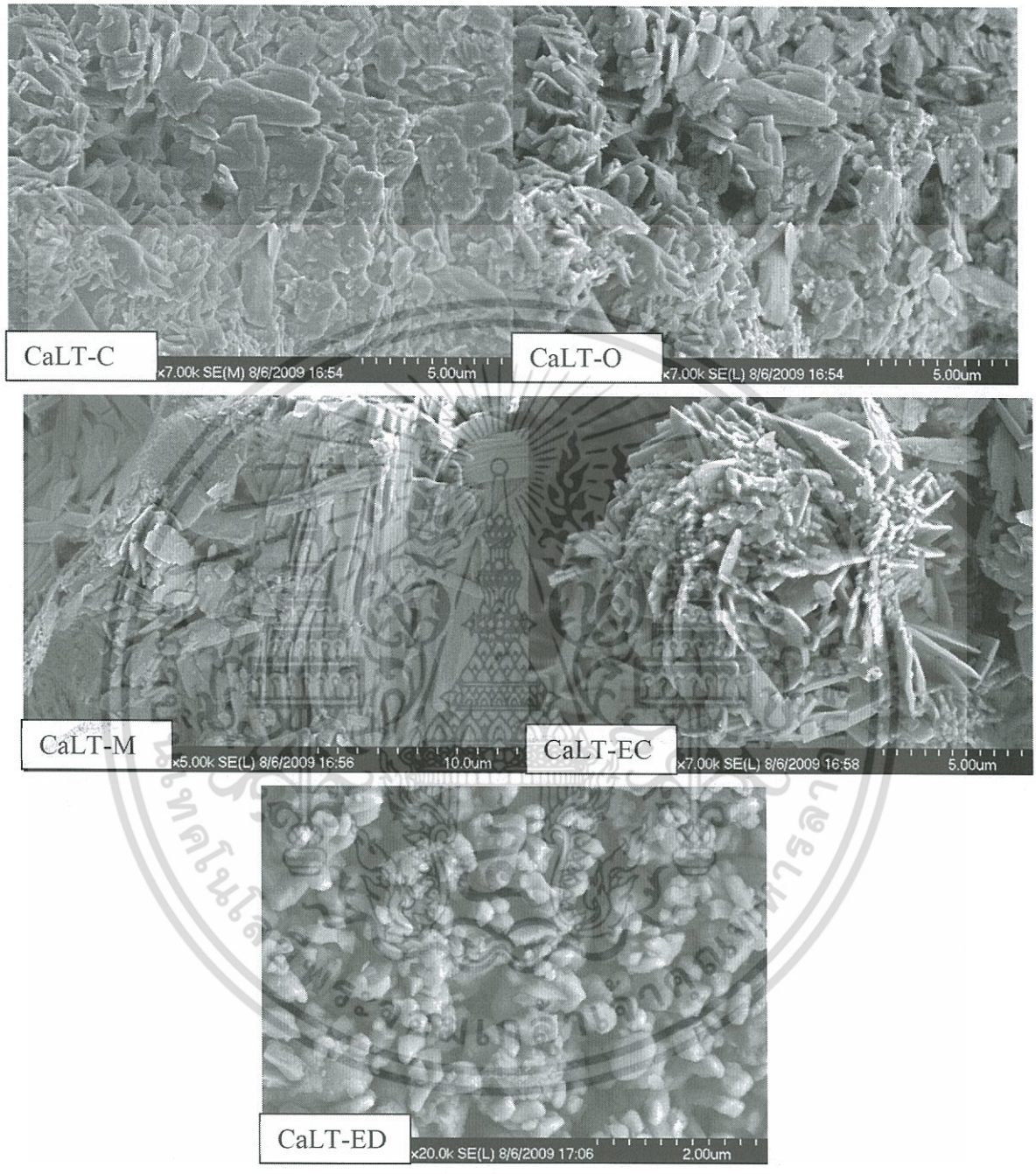

**ภาพที่ 4.18** รูปสัณฐานวิทยาของ CC-C, CC-O, CC-M, CC-EC และ CC-ED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



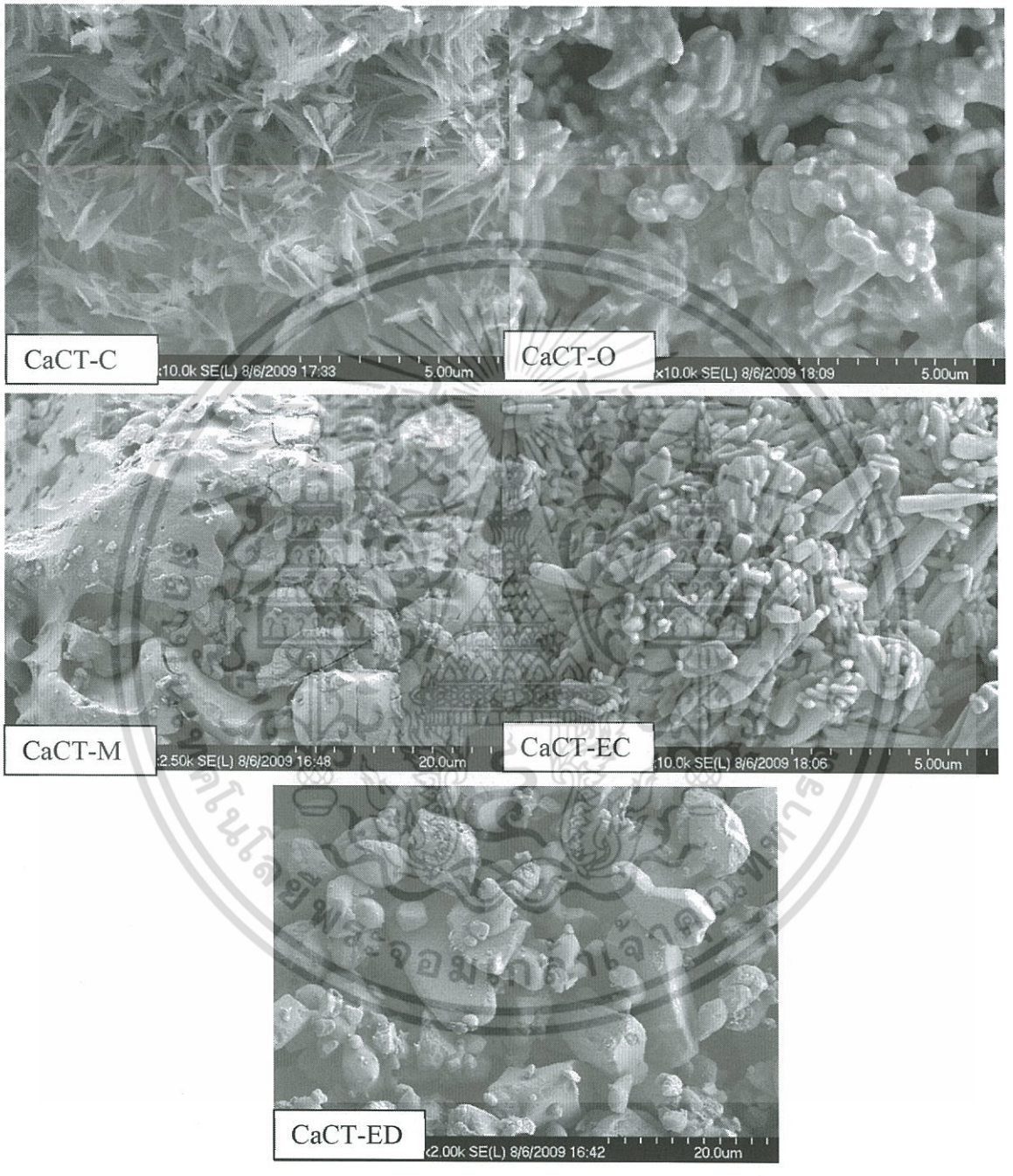

**ภาพที่ 4.**19 รูปสัณฐานวิทยาของ CaAC-C, CaAC-O, CaAC-M, CaAC-EC และ CaAC-ED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



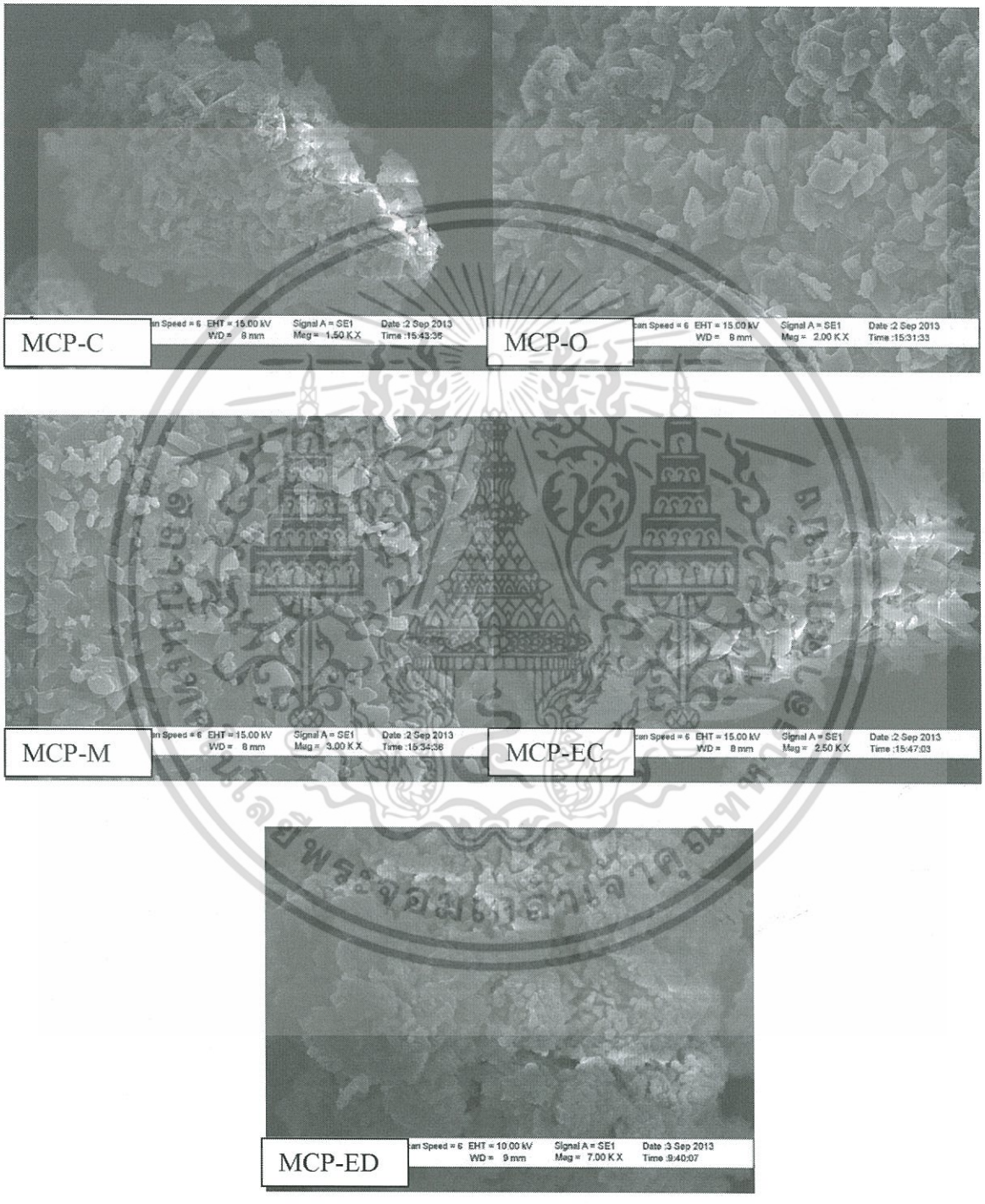

**ภาพที่ 4.20** รูปสัณฐานวิทยาของ CaLT-C, CaLT-O, CaLT-M, CaLT-EC และ CaLT-ED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



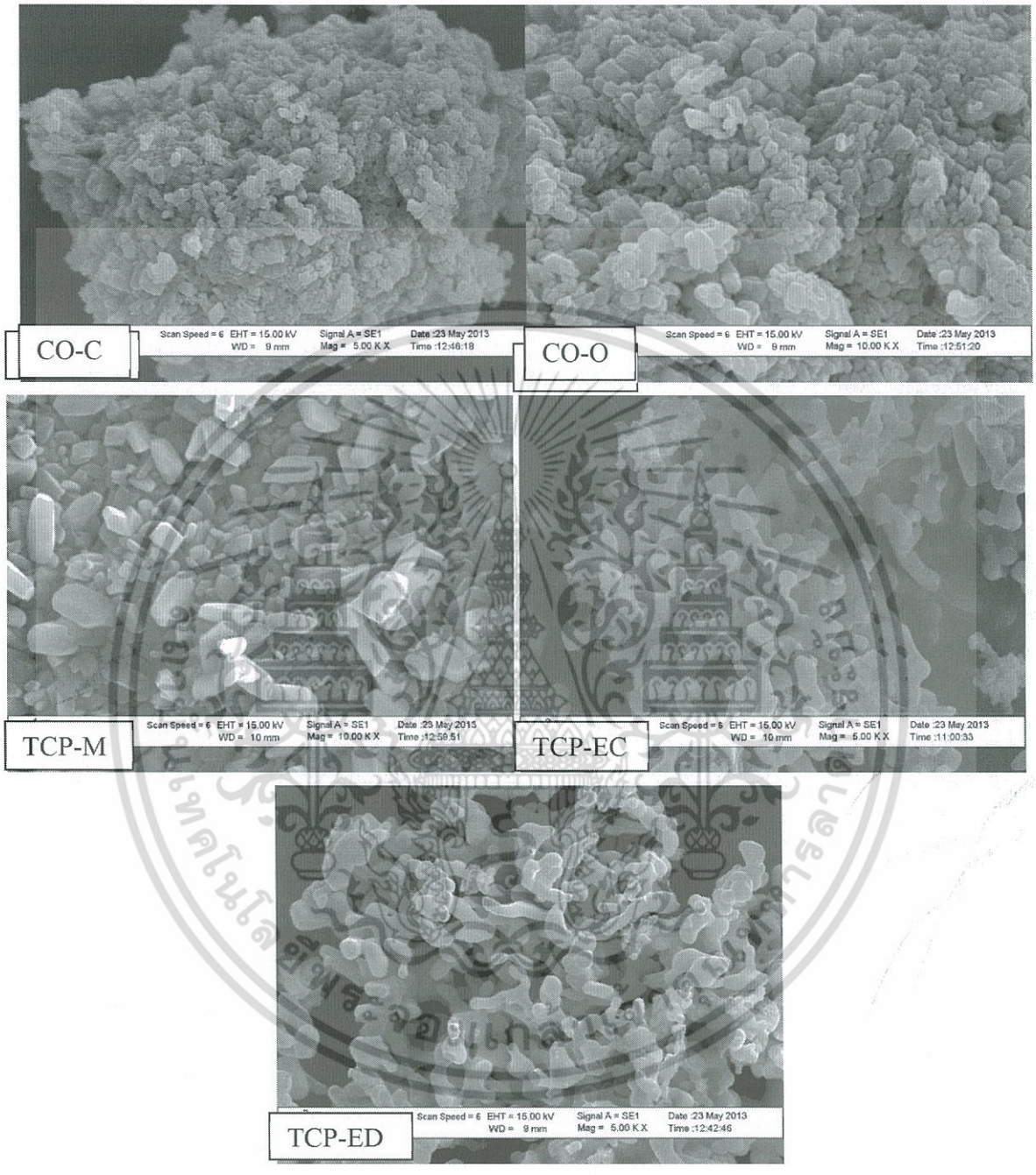

**ภาพที่ 4.21** รูปสัณฐานวิทยาของ CaCT-C, CaCT-O, CaCT-M, CaCT-EC และ CaCT-ED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 4.22** รูปสัณฐานวิทยาของ MCP-C, MCP-O, MCP-M, MCP-EC และ MCP-ED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



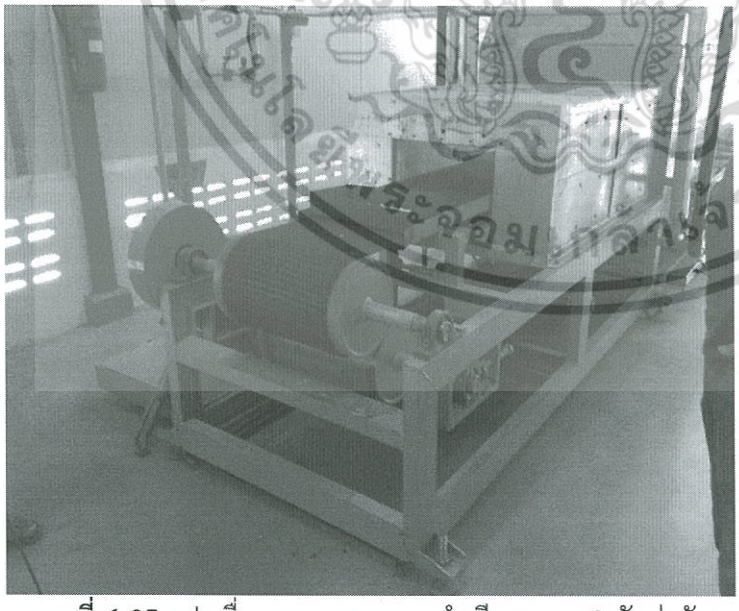

**ภาพที่ 4.23** รูปสัณฐานวิทยาของ TCP-C, TCP-O, TCP-M, TCP-EC และ TCP-ED

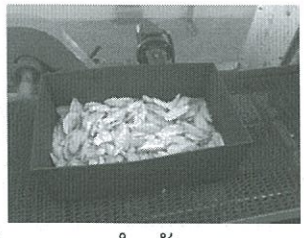
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับการผลิต

จากการออกแบบและสร้างเครื่องจักรต้นแบบตามกรรมวิธีการผลิตที่ค้นพบ ได้เครื่องจักร 3 ประเภท ดังรูปต่อไปนี้

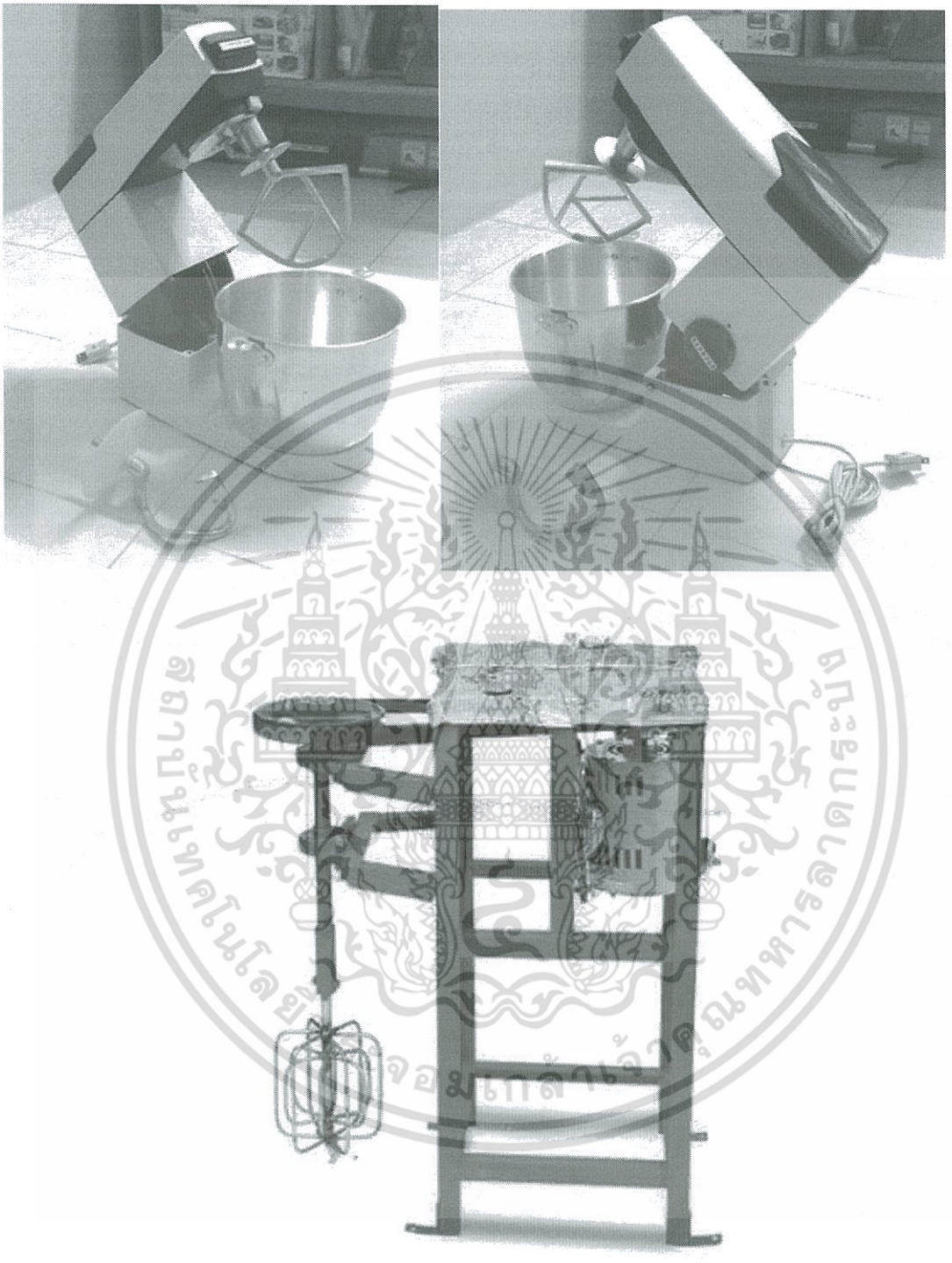
**ภาพที่ 4.24** รูปเครื่องบดและคัดขนาด ขนาด 4-6 ตันต่อวัน





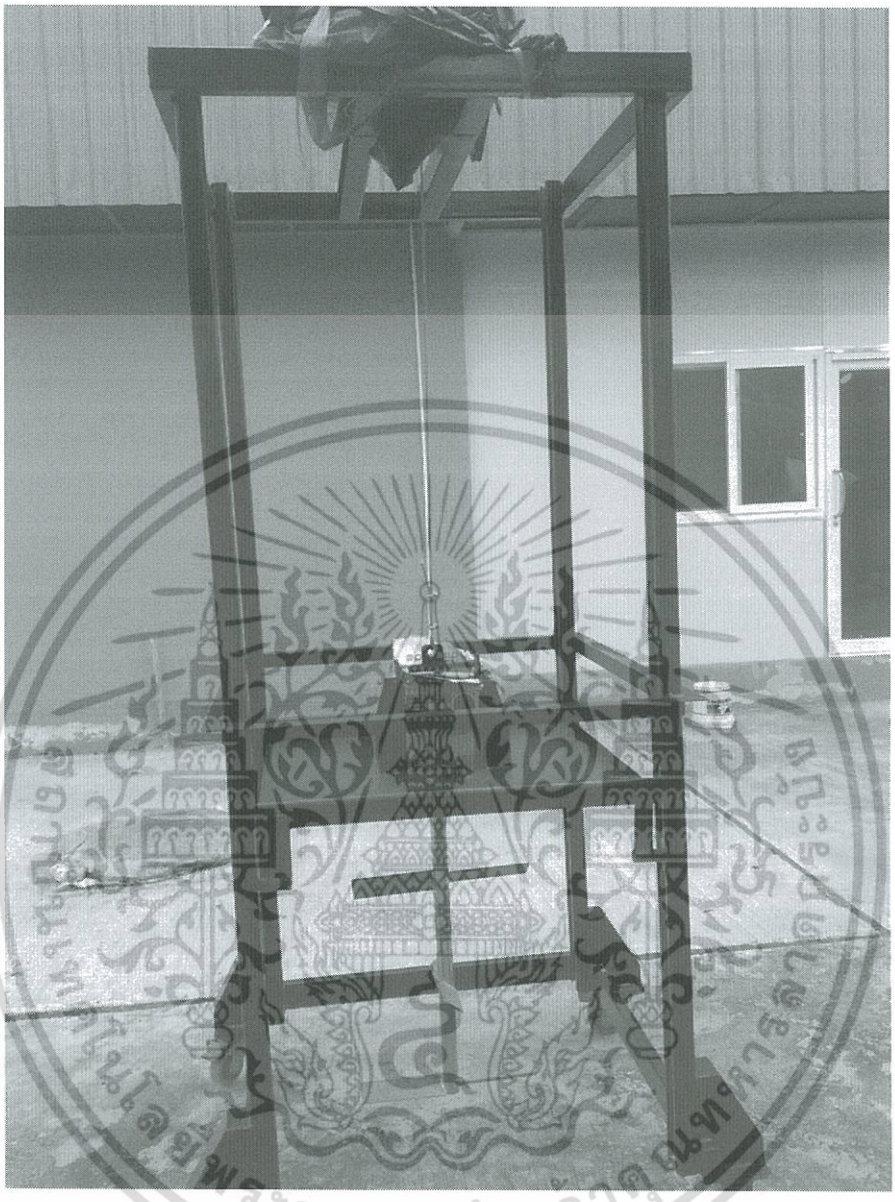
**ภาพที่ 4.25** รูปเครื่องเตาเผาสายพานลำเลียงขนาด 2 ตันต่อวัน พร้อมภาชนะสำหรับเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาพที่ 4.26** รูปเครื่องปั่นกวนต้นแบบขนาดเล็ก และขนาดกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาพที่ 4.27** รูปเครื่องปั่นกวนขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัย เรื่อง "การผลิตสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกหอยและเปลือกไข่" ได้คิดค้นหากรรมวิธีการผลิตสารประกอบแคลเซียมที่มีมูลค่าสูงขึ้นกว่า แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมออกไซด์ คือ สารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต โดยการทดลองต้องเตรียมวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของแคลเซียม 5 ชนิด ได้แก่ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด โดยได้ทดลองเตรียมเปลือกหอยและเปลือกไข่ ทั้งหมด ให้เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมออกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ก็จะได้สารตั้งต้นที่เป็นแหล่งของแคลเซียม ทั้งหมด คือ 5 (ชนิดของแหล่งแคลเซียม) คูณด้วย 3 (ชนิดของสารแคลเซียม) รวมเป็น 15 ชนิดของสารตั้งต้นแคลเซียม แล้วเมื่อนำมาเตรียมให้ได้ผลิตภัณฑ์สารประกอบแคลเซียม 4 ชนิดที่ต้องการ จะได้สารผลิตภัณฑ์รวม คือ แคลเซียมอะซิเทต 15 ตัวอย่าง แคลเซียมแลคเทต 15 ตัวอย่าง แคลเซียมซิเทรต 15 ตัวอย่าง และไตรแคลเซียมฟอสเฟต 15 ตัวอย่าง รวมเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ จำนวนทั้งสิ้น 60 ตัวอย่าง แต่รายงานวิจัยเล่มนี้ จะนำเสนอเพียง การใช้สารตั้งต้น แคลเซียมคาร์บอเนต ที่ผลิตได้จากเปลือกหอยและเปลือกไข่ เท่านั้น ด้วยเหตุผล คือ การเตรียมเปลือกหอยและเปลือกไข่ไปเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต นั้นต้นทุนต่ำที่สุด เพียงการทำความสะอาด ล้างให้สะอาด แล้วนำไปบดละเอียดให้มาขนาด 50 เมช เท่านั้น แล้วค่อยนำมาทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้นที่เป็นกรดชนิดต่างๆ ต่อไป โดยเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมค่าหนึ่ง ที่ต้องเฉพาะเจาะจง เปรียบเสมือนหลักการ "แม่กุญแจกับลูกกุญแจ" คือ แคลเซียมคาร์บอเนต เปรียบเป็นแม่กุญแจ ส่วนกรดและความเข้มข้นที่เหมาะสมจะเป็น ลูกกุญแจ จะทำให้กระบวนการสังเคราะห์ มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นรวดเร็ว ปั่นกวนผสม ใช้ระยะเวลา ไม่นาน และปล่อยให้แห้งเองอัตโนมัติ โดยไม่ต้องอาศัยการอบหรือการกรองแยกสารของแข็งกับของเหลวออกจากกัน ซึ่งสิ่งนี้ ทำให้ต้นทุนของสารประกอบแคลเซียมทั้ง 4 ชนิด มีราคาต้นทุนที่ถูกลง และสามารถนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ โดยจากการศึกษาครั้งนี้ จะรายงานผลการเตรียมสารประกอบ 4 ชนิด จากวัตถุดิบแคลเซียมคาร์บอเนตจากแหล่งวัตถุดิบ 5 ชนิด ได้ผลิตภัณฑ์ ทั้งหมด 20 ชนิด ที่มีต้นทุนต่ำและมีกรรมวิธีการผลิตที่สะดวก รวดเร็ว โดยในรายละเอียดบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลอง ที่ประกอบด้วย ผลการศึกษาร้อยละผลผลิต ผลการตรวจวิเคราะห์ เพื่อยืนยันสมบัติทางเคมีและกายภาพของทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นได้ ด้วยเทคนิค คือ ตรวจสอบปริมาณน้ำในโครงผลึก ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อน (TGA) ที่กล่าวมาข้างต้น ตรวจสอบปริมาณโลหะ ด้วยเทคนิค Atomic absorption spectrophotometer (AAS) ตรวจสอบปริมาณฟอสฟอรัส โดยการวิเคราะห์เทียบสี (Colorimetric analysis) ของเทคนิคสารประกอบเชิงซ้อนโมลิบโดฟอสเฟต (Molybdophosphate complex) และองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ด้วยเทคนิคเอกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรย์ฟูออเรสเซนต์(XRF) ตรวจสอบเอกลักษณ์รูปแบบการสั่นของพันธะภายในโมเลกุล ของสารกลุ่มนี้ จะมีรูปแบบการสั่นพันธะของหน่วยย่อยต่างๆ ของสารประกอบทั้งชนิด ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์ม อินฟราเรด (Vibrational spectroscopy; Fourier transform infrared, FTIR) ตรวจสอบเอกลักษณ์ทางโครงสร้างและขนาดผลึก ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกส์ (X-ray diffractometer, XRD) และตรวจสอบสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) เมื่อยืนยันสมบัติทางเคมีได้แล้ว ขั้นตอนต่อไป จึงเป็นขั้นตอนการออกแบบเครื่องผลิตต้นแบบ ที่สามารถผลิตสารได้แต่ละครั้ง จำนวน 25 กก. ประกอบด้วย เครื่องบด เตาเผา และเครื่องปั่นกวนผสม จะได้แสดงรูปภาพประกอบและขั้นตอนการผลิตต่อไปนี้ รายละเอียดผลการดำเนินต่างๆ จะอธิบายดังต่อไปนี้

## 5.1 สรุปผลการการสังเคราะห์และตรวจสอบ

### 5.1.1 สรุปผลการคิดค้นกรรมวิธีการสังเคราะห์

การสังเคราะห์เริ่มด้วยการเตรียมวัตถุดิบแหล่งแคลเซียมทั้ง 5 แหล่ง คือ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด ด้วยการล้างทำความสะอาดแล้วนำไปบดคัดขนาดให้ขนาด 50 เมช ขึ้นไป เพื่อตรวจวิเคราะห์ความบริสุทธิ์สารแคลเซียมคาร์บอเนต พบว่า มีร้อยละความบริสุทธิ์เรียงต่ำสุดคือ 96 (เปลือกหอยนางรม) และสูงสุดร้อยละ 98 (เปลือกหอยแครง เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด แต่เปลือกไข่เป็ดและเปลือกไข่ไก่ จะบดง่ายกว่า โดยแคลเซียมคาร์บอเนตที่เตรียมจากวัตถุดิบ 5 ชนิด จะถูกแยกนำไปเป็นสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากับกรดต่างๆ คือ กรดอะซิติก กรดแลคติก กรดซิตริก และกรดฟอสฟอริก ที่ความเข้มข้นที่ได้ทดลองค้นหา ที่มีค่าเฉพาะเจาะจง คือ ความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 50 โดยมวล ของ กรดอะซิตก กรดแลคติก และกรดซิตริก ขณะที่กรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 70 โดยสภาวะการเตรียม และตัวแปรที่ข้องกับการเตรียม สรุปผลได้ดังนี้

1. $CaCO_3(g)$ + 50%w/w $CH_3COOH$ (aq.) จะได้ $Ca(CH_3COO)_2.2H_2O(s)$

กรรมวิธี เท 50% w/w กรดอะซิติก ลงทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนตทันที่ เกิดปฏิกิริยาแบบคายความร้อน มีอุณหภูมิของปฏิกิริยาสูงขึ้น จนถึง 35-42 $^{\circ}C$ ปั่นกวน 5-10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งเอง ที่อุณหภูมิห้องอาจใช้ระยะเวลาในการแห้งตั้งแต่ 6-24 ชั่วโมง ขึ้นกับขนาดของอนุภาคและความบริสุทธิ์ของสารตั้งต้นแคลเซียมแต่ละชนิด สุดท้ายจะได้แคลเซียมอะซิเทต มีลักษณะเป็นเกล็ดใส่หรือขุ่น ขึ้นกับแหล่งแคลเซียมที่ใช้ โดยร้อยละผลผลิตต่ำสุดคือ ร้อยละ 94 (เปลือกหอยแครงและเปลือกไข่ไก่) และผลผลิตสูงสุด คือ ร้อยละ 98 (เปลือกไข่เป็ด)

2. $CaCO_3(g)$ + 50%w/w $CH_3COOH$ (aq.) จะได้ $C_6H_{10}CaO_6{\cdot}5H_2O(s)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธี เท 50% w/w กรดแลคติก ลงทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนตที่ละน้อยๆ พร้อมปั่นกวนสม่ำเสมอ เกิดปฏิกิริยาแบบคายความร้อน มีอุณหภูมิของปฏิกิริยาสูงขึ้น จนถึง 40-48 °C เมื่อเทกรดลงไปทำปฏิกิริยาหมดแล้ว ปั่นกวน 5-10 นาที จะได้ผงผลิตภัณฑ์แคลเซียมแลคเทตที่แห้งพอประมาณ โดยระยะเวลาการผลิตไม่เกิด 40 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งสนิทเอง ใช้ระยะเวลาประมาณ 5-10 ชั่วโมง จะได้ลักษณะผงผลิตภัณฑ์สีขาว โดยร้อยละผลผลิตต่ำสุดคือ ร้อยละ 95 (เปลือกหอยแมลงภู่) และผลผลิตสูงสุด คือ ร้อยละ 98 ( เปลือกไข่เป็ด และไข่ไก่)

3. $CaCO_3(g)$ + 50%w/w $CH_3COOH$ (aq.) จะได้ $Ca_3(C_6H_5O_7)_2$ (s)

กรรมวิธี เท 50% w/w กรดซิตริก ลงทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนตที่ละน้อยๆ พร้อมปั่นกวนสม่ำเสมอ เกิดปฏิกิริยาแบบคายความร้อน มีอุณหภูมิของปฏิกิริยาสูงขึ้น จนถึง 47-53 °C เมื่อเทกรดลงไปทำปฏิกิริยาหมดแล้ว ปั่นกวน 15-20 นาที จะได้ผงผลิตภัณฑ์แคลเซียมซิเทรตที่แห้งพอประมาณ โดยระยะเวลาการผลิตไม่เกิด 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งสนิทเอง ใช้ระยะเวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง จะได้ลักษณะผงผลิตภัณฑ์ สีขาว โดยร้อยละผลผลิตต่ำสุดคือ ร้อยละ 93 (เปลือกหอยไข่เป็ด) และผลผลิตสูงสุด คือ ร้อยละ 98 ( เปลือกหอยแมลงภู่และไข่ไก่)

4. $CaCO_3(g)$ + 70%w/w $H_3PO_4$ (aq.) จะได้ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ (s)

$CaO$(น้ำปูน) + $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ (s) จะได้ $Ca_3(PO_4)_2$(s)

กรรมวิธี เท 70% w/w กรดฟอสฟอริก ลงทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนตที่ละน้อยๆ พร้อมปั่นกวนสม่ำเสมอ เกิดปฏิกิริยาแบบคายความร้อน มีอุณหภูมิของปฏิกิริยาสูงขึ้น จนถึง 35-40 °C เมื่อเทกรดลงไปทำปฏิกิริยาหมดแล้ว ปั่นกวน 5-10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งเอง ใช้ระยะเวลาไม่เกิน 12 ชั่วโมง จะได้ผงผลิตภัณฑ์แคลเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตโมโนไฮเดรต ที่แห้งสนิท ร้อยละของการผลิตสารนี้ไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 97 ทุกแหล่งแคลเซียม จากนั้นนำมาทำปฏิกิริยา กับน้ำปูน ในปริมาณตามสัดส่วนโมล พบว่าแค่ปั่นกวนผสมให้เข้ากันเป็นปฏิกิริยาในสถานะของแข็งกับของเหลว ใช้ระยะเวลาปั่นกวนไม่เกิด 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งสนิทเอง ใช้ระยะเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง แต่ถ้าตากแดดผึ่งลม จะใช้ระยะเวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง จะได้ลักษณะผงผลิตภัณฑ์ สีขาวขุ่น โดยร้อยละผลผลิตต่ำสุดคือ ร้อยละ 95 (เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกไข่ไก่) และผลผลิตสูงสุด คือ ร้อยละ 97 ( เปลือกหอยนางรมและหอยแครง)

5.1.2 สรุปผลการตรวจวิเคราะห์เพื่อยืนยันเอกลักษณ์ทางกายภาพและเคมี

สรุปผลการตรวจวิเคราะห์เพื่อยืนยันเอกลักษณ์ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ต่างๆ จะอธิบายตามชนิดของสารประกอบแคลเซียมดังนี้

1. แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการยืนยันเอกลักษณ์ทางเคมีและฟิสิกส์ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อน (TGA) เทอร์โมแกรมของสารแคลเซียมคาร์บอเนตที่เตรียมได้จากการบด เปลือกหอยแครง (CC-C) เปลือกหอยนางรม (CC-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CC-M) เปลือกไข่ไก่ (CC-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CC-ED) แสดงในรูปที่ 4.1 เนื่องจากองค์ประกอบเคมี หลักของเปลือกหอยและเปลือกไข่ที่ผ่านการทำให้สะอาดเรียบร้อยแล้ว เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ดังนั้น ปฏิกิริยาการสลายตัวทางความร้อน จึงมีปฏิกิริยารวมเหมือนกัน คือ สลายตัวที่อุณหภูมิสูงค่าหนึ่งๆ ที่เฉพาะเจาะลงขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบ แล้วได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่เหลืออยู่สุดท้ายเป็น แคลเซียมออกไซด์ โดยมีมวลที่สูญหายไป คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยหากสารแคลเซียมคาร์บอเนตที่บริสุทธิ์ ร้อยละ 100 จะมีมวลเหลืออยู่ ร้อยละ 56 และมีมวลสูญหายร้อยละ 44 ปฏิกิริยาทั่วไปของการสลายตัว คือ

$$CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g) \qquad 5.1$$

สำหรับ การสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยแครง (CC-C) มีการสูญเสียมวลเล็กน้อยในช่วงอุณหภูมิ 200-600 $^{\circ}C$ และมีการสูญเสียมวล 600-800 $^{\circ}C$ สอดคล้องกับพีค DTG ที่ 753 $^{\circ}C$ มีมวลสูญหายไป ร้อยละ 44 เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เหลือมวลแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 56

การสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยนางรม (CC-O) จะลักษณะเทอร์โมแกรมคล้ายกับเทอร์โมแกรมของการสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยแครง (CC-C) คือมีการสูญเสียมวลเล็กน้อยในช่วงอุณหภูมิ 200-600 $^{\circ}C$ และมีการสูญเสียมวล 600-800 $^{\circ}C$ สอดคล้องกับพีค DTG ที่ 766 $^{\circ}C$ มีมวลสูญหายไป ร้อยละ 43.44 เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เหลือมวลแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 56.56

การสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยแมลงภู่ (CC-M) มีพีค DTG ที่ 484 $^{\circ}C$ แต่ไม่มวลสูญหายปรากฏในเส้น TG บ่งบอกถึงการเปลี่ยนรูปผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่มี 3 อัญรูป คือ แคลไซต์ วาริสไซต์ และอะราโกไนต์ ซึ่งไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าเปลี่ยนรูปใดเป็นรูปใด และมีการสูญเสียมวล 600-800 $^{\circ}C$ สอดคล้องกับพีค DTG ที่ 753 $^{\circ}C$ มีมวลสูญหายไป ร้อยละ 44 เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เหลือมวลแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 56

การสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่ (CC-EC) มีการสูญเสียมวลในช่วง 200-300 $^{\circ}C$ สอดคล้องกับพีค DTG ที่ 297 $^{\circ}C$ มวลสูญเสียช่วง 300-600 $^{\circ}C$ สอดคล้องกับ DTG 4 พีค คือ 512, 540, 580 และ 623 $^{\circ}C$ โดยทั้งสองช่วงของการสูญเสียมวลน่าจะมีจากการปนเปื้อนของสารโปรตีนเยื้อไข่ที่ทำความสะอาดไม่หมด และมีมวลสูญเสียอย่างรวดเร็วและปริมาณมาก ในช่วง 600-800 $^{\circ}C$ สอดคล้องกับพีค DTG ที่ 770 $^{\circ}C$ มีมวลสูญหายไป ร้อยละ 41 เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เหลือมวลแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่เป็ด (CC-ED) มีการสูยเสียมวลในช่วง 200-300 °C สอดคล้องกับพีค DTG ที่ 300 °C มวลสูญเสียช่วง 300-600 °C สอดคล้องกับ DTG 4 พีค คือ 522, 548, 589 และ 630 °C โดยทั้งสองช่วงของการสูญเสียมวลน่าจะมีจากการปนเปื้อนของสารโปรตีนเยื่อไข่ที่ทำความสะอาดไม่หมด และมีมวลสูญเสียอย่างรวดเร็วและปริมาณมาก ในช่วง 600-800 °C สอดคล้องกับพีค DTG ที่ 781 °C มีมวลสูญหายไป ร้อยละ 41 เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เหลือมวลแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 55

สรุปจากเทอร์โมแกรมของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผลิตจากวัตถุดิบ 5 ชนิด ทีได้แก่ เปลือกหอยแครง (CC-C) เปลือกหอยนางรม (CC-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CC-M) เปลือกไข่ไก่ (CC-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CC-ED) บ่งบอกความบริสุทธิ์ของการเตรียมสารตั้งต้นได้เบื้องต้นว่า ความบริสุทธิ์ของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เตรียมจากเปลือกหอยแครงและแมลงภู่สูงที่สุด รองลงไปคือ เปลือกหอยนางรม เปลือกไข่เป็ด และเปลือกไข่ไก่ ตามลำดับ

สรุปผลการยืนยันรูปแบบการสั่นของหน่วยย่อยภายในโมโลกุลด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์ม อินฟราเรด (Vibrational spectroscopy; Fourier transform infrared, FTIR) รูปการสั่นของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CC-C) เปลือกหอยนางรม (CC-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CC-M) เปลือกไข่ไก่ (CC-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CC-ED) แสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งจะเห็นพีคตรงตำแหน่งเหมือนกันไม่ว่าจะเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่เตรียมขึ้นจากวัตถุดิบตั้งต้นอะไร คือ 3453, 2875, 2520 1782, 1143, 1030, 863, และ 696 $cm^{-1}$ แต่จะมีพีคเลื่อนขึ้นหรือเลื่อนลงลงน้อย โดยทั้งหมดเป็นรูปแบบการสั่นของ คาร์บอเนตไอออน ($CO_3^{2-}$) พีคเข้มๆ คือ 1143 และ 696 $cm^{-1}$ เป็นเอกลักษณ์การสั่นของรูปแบบการสั่นที่ไม่ซ้อนสภาวะของ E ขณะที่พีคเข้มอีกหนึ่งพีค ตรงตำแหน่ง 863 $cm^{-1}$ เป็นเอกลักษณ์การสั่นแบบไม่ซ้อนสภาวะ $A_2$ ส่วนพีคอื่นๆ เกิดการการสั่นแบบโอเวอร์โทนหรือ การรวมกันของพีคหลักทั้งสามพีค

สรุปผลเอกลักษณ์ทางผลึกและโครงสร้างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกส์ (X-ray diffractometer, XRD) การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CC-C) เปลือกหอยนางรม (CC-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CC-M) เปลือกไข่ไก่ (CC-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CC-ED) แสดงในรูปที่ 4.12 โดยสามารถสรุปได้ว่า การเลี้ยวเบนมีรูปแบบที่ต่างกัน 2 ชุด คือ เปลือกหอยแครง (CC-C) เปลือกหอยนางรม (CC-O) และเปลือกไข่เป็ด (CC-ED) จะมีรูปแบบการเลี้ยวเบนที่เหมือนกัน โดยมีตำแหน่งมุนการเลี้ยวเบนและระนาบ (h k l) คือ 27.21 (111) 27.31(021) 33.16(002) 36.38(012) 37.90(200) 38.70(022) และ 45.94(002) สอดคล้องกับไฟล์มาตรฐาน PDF หมายเลข 752230

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(อะราโกไนต์) ขณะที่ เปลือกหอยแมลงภู่ (CC-M) เปลือกไข่ไก่ (CC-EC) ก็มีรูปแบบการเลี้ยวเบนที่เหมือนกัน โดยมีตำแหน่งมุมการเลี้ยวเบนเพิ่มมาและระนาบ (h k l) คือ (002) สอดคล้องกับไฟล์มาตรฐาน PDF หมายเลข 721937 (แคลไซต์)

สรุปผลรูปร่างสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) รูปร่างสัณฐานวิทยาของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CC-C) เปลือกหอยนางรม (CC-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CC-M) เปลือกไข่ไก่ (CC-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CC-ED) แสดงในรูปที่ 4.20 มีลักษณะการจับกันเป็นก้อน ที่มีรูปร่างและขนาดที่ต่างกันออกไปตามแต่ละชนิดของวัตถุดิบ โดยรูปร่างของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CC-C) จะมีรูปร่างเป็นแท่งเหลี่ยมยาว ขนาดระหว่าง 1-6 ไมโครเมตร รูปร่างของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เตรียมได้จากเปลือกหอยนางรม (CC-O) เป็นลักษณะแผ่นๆ ทั้งขนาดเล็กและใหญ่เกาะเป็นก้อน เป็นชั้น มีตั้งแต่ 1-2 และ 2-6 ไมโครเมตร รูปร่างของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแมลงภู่ (CC-M) ลักษณะเป็นเหมือนทรงกลมมีพื้นผิวขรุขระคล้ายดอกเข็ม เกาะรวมกันอยู่ รูปร่างของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เตรียมได้จากเปลือกไข่ไก่ (CC-EC) เป็นแท่งเหลี่ยมยาว ขนาดเล็กระหว่าง 1-2 ไมโครเมตร และขนาดใหญ่และยาว ระหว่าง 2-6 ไมโครเมตร สุดท้าย รูปร่างของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยไข่เป็ด (CC-ED) มีรูปร่างที่ไม่แน่นอน เป็นเหลี่ยมๆ จับรวมตัวกันแน่น ไร้ระเบียบพื้นผิวขรุขระและมีรูพรุน

2. แคลเซียมอะซิเทตไดไฮเดรต ($Ca(CH_3COO)_2.2H_2O$)

สรุปผลการยืนยันเอกลักษณ์ทางเคมีและฟิสิกส์ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อน (TGA) เทอร์โมแกรมของสารแคลเซียมอะซิเทตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaAC-C) เปลือกหอยนางรม (CaAC-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CaAC-M) เปลือกไข่ไก่ (CaAC-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CaAC-ED) แสดงในรูปที่ 4.2 โดยอธิบายได้ดังนี้

CaAC-C มีการสลายตัวทางความร้อน 3 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 100-200 $^{\circ}$C (-20%) DTG พีค 92, 128 และ 165 $^{\circ}$C, 300-550 $^{\circ}$C (-28.50%) DTG พีค 427 $^{\circ}$C และ 550-750 $^{\circ}$C (-22.20%) DTG พีค 704 $^{\circ}$C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 29.30

CaAC-O มีการสลายตัวทางความร้อน 3 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 100-300 $^{\circ}$C (-12%) DTG พีค 108, 182 และ 268 $^{\circ}$C, 300-600 $^{\circ}$C (-13%) DTG พีค 424 $^{\circ}$C และ 600-800 $^{\circ}$C (-33%) DTG พีค 735 $^{\circ}$C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 42

CaAC-M มีการสลายตัวทางความร้อน 3 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 50-200 °C (-13%) DTG พีค 39,96, 134 และ 170 °C, 300-550 °C (-28%) DTG พีค 407 °C และ 550-750 °C (-20%) DTG พีค 700 °C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 29

CaAC-EC มีการสลายตัวทางความร้อน 3 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 100-200 °C (-9.5%) DTG พีค 116 และ 171 °C, 300-500 °C (-25.50%) DTG พีค 422 °C และ 600-800 °C (-29%) DTG พีค 735 °C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 36

CaAC-ED มีการสลายตัวทางความร้อน 3 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 50-200 °C (-20%) DTG พีค 63, 124 และ 161 °C, 300-550 °C (-22%) DTG พีค 380 และ 422 °C และ 600-800 °C (-25%) DTG พีค 709 °C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 33

จากเทอร์โมแกรมของสารแคลเซียมอะซิเทตที่เตรียมได้จากทุกสารตั้งต้นทั้ง 5 ชนิด สรุปกลไกการสลายตัวทางความเป็น 3 กลไกเหมือนกัน แต่ต่างกันตรงมวลที่สูญหายและตำแหน่งอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนเปลี่ยนแปลง ดังนี้

$$Ca(CH_3COO)_2.2H_2O(s) \rightarrow Ca(CH_3COO)_2(s) + 2H_2O(g) \quad 5.2$$

$$Ca(CH_3COO)_2(s) \rightarrow CaCO_3(s) + 3H_2O(g) + 3CO_2(g) \quad 5.3$$

$$CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g) \quad 5.4$$

สรุปผลการยืนยันรูปแบบการสั่นของหน่วยย่อยภายในโมโลกุลด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์ม อินฟราเรด (Vibrational spectroscopy; Fourier transform infrared, FTIR) รูปการสั่นของแคลเซียมอะซิเทตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaAC-C) เปลือกหอยนางรม (CaAC-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CaAC-M) เปลือกไข่ไก่ (CaAC-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CaAC-ED) แสดงในรูปที่ 4.7 โดยอธิบายได้ดังนี้ ซึ่งสารนี้มีหน่วยย่อย คือ $CH_3$ และ $COO^-$ ซึ่งปรากฏพีคการสั่น การสั่นแบบไม่สมมาตร($\nu_{asym}COO^-$) และสมมาตร($\nu_{sym}COO^-$) ของ $COO^-$ 1567 และ 1401 $cm^{-1}$ การสั้นการโค้งงอแบบไม่สมมาตร ($\delta_{asym}CH_3$)และสมมาตร($\delta_{sym}CH_3$) ที่ตำแหน่ง 1498 และ 1317 $cm^{-1}$ มีการสั่นแบบหมุน $\rho$ $CH_3$ 1149 และ 1088 $cm^{-1}$ การสั่นของพันธะ C-C ที่ตำแหน่ง 965, 950 และ 920 $cm^{-1}$ การสั่นแบบโค้งงอ ($\delta_{sym}OCO$) ของ OCO ตรงตำแหน่ง 710, 673 และ 610 $cm^{-1}$ การสั่นของ Ca-O พบตำแหน่องที่ 473 $cm^{-1}$ ขณะที่แถบพีคกว้าง 3000-3400 $cm^{-1}$ เป็นแถบการสั่นของน้ำแบบสมมาตรและไม่สมมาตร พีคตำแหน่ง 2979 $cm^{-1}$ เกิดจากสั่นของพันธะ C-H -ขณะที่พีคตำแหน่ง 2511 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นของการรวมพีคของการสั่นของพันธะ C-O (1556 $cm^{-1}$) กับ การสั่นแบบหมุน Rocking ของ $CH_3$ (1048 $cm^{-1}$) โดยพีคที่กล่าวมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดเป็นเอกลักษณ์การสั่นของ แคลเซียมอะซิเทตโมโนไฮเดรต และมีลักษณ์ที่คล้ายกันกับสารที่ถูกเตรียมขึ้น ไม่ว่าจะใช้สารตั้งต้นเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผลิตได้จากวัตถุดิบชนิดใด ก็ได้สเปกตราการสั่นเหมือนกันทุกสเปกตรา ดังรูปแสดงที่ 4.7

สรุปผลเอกลักษณ์ทางผลึกและโครงสร้างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกส์ (X-ray diffractometer, XRD) การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแคลเซียมอะซิเทตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaAC-C) เปลือกหอยนางรม (CaAC-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CaAC-M) เปลือกไข่ไก่ (CaAC-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CaAC-ED) แสดงในรูปที่ 4.13 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนเหมือนไฟล์มาตรฐาน PDF หมายเลข 100781 ทุกสารตั้งต้นที่ถูกใช้เตรียม แต่ไฟล์มาตรฐานนี้ไม่มีระนาบเอกซ์เรย์ระบุ มีเพียงตำแหน่งมุนการเลี้ยวเบนเท่านั้น คือ 13.39 14.92 17.15 23.70 27.58 30.52 31.21 37.76 39.28 และ 42.07

สรุปผลรูปร่างสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) รูปร่างสัณฐานวิทยาของแคลเซียมอะซิเทตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaAC-C) เปลือกหอยนางรม (CaAC-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CaAC-M) เปลือกไข่ไก่ (CaAC-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CaAC-ED) แสดงในรูปที่ 4.19 มีลักษณะเป็นแผ่นบางจับกันเป็นก้อน ไม่มีรูปร่างและขนาดที่ไม่แน่นอนต่างกันออกไปตามแต่ละชนิดของวัตถุดิบ โดย ของแคลเซียมอะซิเทตเตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaAC-C) จะมีรูปร่างเป็นแผ่นบางกว้างและยาง ขนาดระหว่าง 1-10 ไมโครเมตร รูปร่างของแคลเซียมอะซิเทตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยนางรม (CaAC-O) เป็นลักษณะแผ่นหนา จับรวมกันเหมือนมัดรวมกันไว้ มีขนาดตั้งแต่ 2-10 ไมโครเมตร รูปร่างของแคลเซียมอะซิเทตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแมลงภู่ (CaAC-M) ลักษณะเป็นแผ่นบางๆ เหมือนใบไม้แห้ง เกาะรวมกันอยู่ รูปร่างของแคลเซียมอะซิเทตเตรียมได้จาก เปลือกไข่ไก่ (CaAC-EC) เป็นแผ่นหนาไม่มีเหลี่ยม ขนาดอยู่ระหว่าง 1-6 ไมโครเมตร สุดท้าย รูปร่างของแคลเซียมอะซิเทตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยไข่เป็ด (CaAC-ED) มีรูปร่างเป็นแผ่นหนา มีเหลี่ยม ขนาดเล็กและใหญ่จับรวมกันเป็นก้อนหนา มีขนาดระหว่าง 5-10 ไมโครเมตร

3. แคลเซียมแลคเทตเพนตระไฮเดรต ($Ca(C_3H_5O_3)_2.5H_2O$)

สรุปผลการยืนยันเอกลักษณ์ทางเคมีและฟิสิกส์ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อน (TGA) เทอร์โมแกรมของสารแคลเซียมแลคเทตเพนตระไฮเดรต ที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaLT-C) เปลือกหอยนางรม (CaLT-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CaLT-M) เปลือกไข่ไก่ (CaLT-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CaLT-ED) แสดงในรูปที่ 4.3 โดยอธิบายได้ดังนี้

CaLT-C มีการสลายตัวทางความร้อน 4 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 100-200 °C (-28%) DTG พีค 104 °C, 200-400 °C (-8%) DTG พีค 289 และ 387 °C, 400-550 °C (-28%) DTG พีค 467 และ 534 °C และ 550-750 °C (14%) DTG พีค 675 °C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 18

CaLT-O มีการสลายตัวทางความร้อน 4 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 50-200 °C (-29%) DTG พีค 96 °C, 200-400 °C (-14%) DTG พีค 283 และ 392 °C, 400-600 °C (-27%) DTG พีค 518 °C และ 600-750 °C (13%) DTG พีค 681 °C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 17

CaLT-M มีการสลายตัวทางความร้อน 4 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 50-200 °C (-27%) DTG พีค 96 °C, 200-400 °C (-7%) DTG พีค 289 และ 390 °C, 400-600 °C (-26%) DTG พีค 455 และ 534 °C และ 600-750 °C (15%) DTG พีค 697 °C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 19

CaLT-EC มีการสลายตัวทางความร้อน 4 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 100-200 °C (-26%) DTG พีค 104 °C, 200-300 °C (-6%) DTG พีค 285 และ 390 °C, 300-550 °C (-27%) DTG พีค 420 และ 443 °C และ 600-750 °C (15%) DTG พีค 669 °C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 18

CaLT-ED มีการสลายตัวทางความร้อน 4 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 100-200 °C (-41%) DTG พีค 106 °C, 200-350 °C (-14%) DTG พีค 289 และ 390 °C, 350-600 °C (-25%) DTG พีค 500 °C และ 600-750 °C (13%) DTG พีค 675 °C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 17

จากเทอร์โมแกรมของสารแคลเซียมอะซิเทตที่เตรียมได้จากทุกสารตั้งต้นทั้ง 5 ชนิด สรุปกลไกการสลายตัวทางความเป็น 4 กลไกเหมือนกัน แต่ต่างกันตรงมวลที่สูญหายและตำแหน่งอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนเปลี่ยนแปลง ดังนี้

$$Ca(C_3H_5O_3)_2.5H_2O(s) \rightarrow Ca(C_3H_5O_3)_2.(x\text{-}y)H_2O(s) + yH_2O(g) \quad 5.5$$

$$Ca(C_3H_5O_3)_2.(x\text{-}y)H_2O(s) \rightarrow Ca(C_3H_5O_3)_2(s) + (x\text{-}y)H_2O(g) \quad 5.6$$

$$Ca(C_3H_5O_3)_2(s) \rightarrow CaCO_3(s) + 5H_2(g) + 3CO(g) \quad 5.7$$

$$CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g) \quad 5.8$$

เมื่อ $x+y \leq 5$

สรุปผลการยืนยันรูปแบบการสั่นของหน่วยย่อยภายในโมโลกุลด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์ม อินฟราเรด (Vibrational spectroscopy; Fourier transform infrared, FTIR) รูปการสั่นของแคลเซียมแลคเทตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaLT-C) เปลือกหอยนางรม (CaLT-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CaLT-M) เปลือกไข่ไก่ (CaLT-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CaLT-ED) แสดงในรูปที่ 4.8 โดยอธิบายได้ดังนี้ ซึ่งสารนี้มีหน่วยย่อย คือ $CH_3$ CHOH และ $COO^-$ ซึ่งปรากฏพีคการสั่นไม่สมมาตรและสมมาตรของ C-H ตรงตำแหน่ง 3400 และ 2900 $cm^{-1}$ การสั่นแบบไม่มาตรและสมมาตรของ C=O ตำแหน่ง ที่ 1590 และ 1501 $cm^{-1}$ การสั่นแบบโค้งงอของ $CH_3$ 1393 และ 1305 $cm^{-1}$ พีคเข้มสูงที่ 1279 และ 1123 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นแบบไม่สมมาตรและสมมาตรของ C-O-C การสั่นในช่วง 1000-900 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นแบบไม่สมมาตรและสมมาตรของ C-OH การสั่นตรงตำแนห่ง 785 และ 697 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นแบบผิดรูปของ $CH_2$ สุดท้ายการสั่น ที่ ตำแหน่ง 549 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นของพันธะ Ca-O โดยสเปกตรัมการสั่นของสารที่ถูกเตรียมได้จากสารตั้งต้นทั้ง 5 ชนิด แสดงรูปแบบการสั่นเหมือนกันทุกสเปกตรัม บ่งบอกว่าสารที่เตรียมขึ้นได้นี้ น่าจะเป็นสารประกอบแคลเซียมแลคเทตเตทระไฮเดรต

สรุปผลเอกลักษณ์ทางผลึกและโครงสร้างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกส์ (X-ray diffractometer, XRD) การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแคลเซียมแลคเทตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaLT-C) เปลือกหอยนางรม (CaLT-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CaLT-M) เปลือกไข่ไก่ (CaLT-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CaLT-ED) แสดงในรูปที่ 4.14 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนเหมือนไฟล์มาตรฐาน PDF หมายเลข 301575 ทุกสารตั้งต้นที่ถูกใช้เตรียม มีเพียงตำแหน่งมุนการเลี้ยวเบน และระนาบ ระบุดังนี้ 14.92(111) 18.54(011) 20.64(121) 22.44(111) 23.98(200) 25.36(121) 27.60(210) 31.48(121) และ 37.06(051)

สรุปผลรูปร่างสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) รูปร่างสัณฐานวิทยาของแคลเซียมแลคเทตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaLT-C) เปลือกหอยนางรม (CaLT-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CaLT-M) เปลือกไข่ไก่ (CaLT-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CaLT-ED) แสดงในรูปที่ 4.20 มีลักษณะเป็นจับกันเป็นพื้นผิวหลากหลายรูปแบบ ไม่มีรูปร่างและขนาดที่ไม่แน่นอน ต่างกันออกไปตามแต่ละชนิดของวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิด โดย ของแคลเซียมแลคเทตเตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaLT-C) จะมีรูปร่างเป็นแผ่นบางไร้รูปทรง วางซ้อนกันมีพื้นผิวขรุขระ รูปร่างของแคลเซียมแลคเทตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยนางรม (CaLT-O) เป็นลักษณะไร้รูปทรง ทั้งมีเหลี่ยมและมีเหลี่ยมวางซ้อนทับกัน รวมกันเป็นพื้นผิวขรุขระ รูปร่างของแคลเซียมแลคเทตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแมลงภู่ (CaLT-M) ลักษณะไร้รูปทรง จับรวมตัวเป็นก้อน พื้นผิวขรุขระ ไร้ระเบียบ รูปร่างของแคลเซียมแลคเทตเตรียมได้จาก เปลือกไข่ไก่ (CaLT-EC) เป็นรูปทรงท่อกลมไร้เหลี่ยม จับรวมเป็นกัน ไร้ระเบียบ สุดท้ายรูปร่างของแคลเซียมแลคเทตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยไข่เป็ด (CaLT-ED) มีรูปร่างเป็นทรงกลมหรือทรงกระบอกไร้เหลี่ยม ขนาดเล็กและใหญ่จับรวมตัวกันเป็นก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แคลเซียมซิเทรตเทตระไฮเดรต ($Ca_3(C_6H_5O_7)_2.4H_2O$)

สรุปผลการยืนยันเอกลักษณ์ทางเคมีและฟิสิกส์ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อน (TGA) เทอร์โมแกรมของสารแคลเซียมซิเทรตเทตระไฮเดรต ที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaCT-C) เปลือกหอยนางรม (CaCT-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CaCT-M) เปลือกไข่ไก่ (CaCT-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CaCT-ED) แสดงในรูปที่ 4.4 โดยอธิบายได้ดังนี้

CaCT-C มีการสลายตัวทางความร้อน 3 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 50-200 $^{\circ}$C (-20%) DTG พีค 63, 124 และ 161 $^{\circ}$C, 300-500 $^{\circ}$C (-22%) DTG พีค 380 และ 422 $^{\circ}$C, และ 550-750 $^{\circ}$C (-25%) DTG พีค 567 และ 709 $^{\circ}$C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 33

CaCT-O มีการสลายตัวทางความร้อน 5 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 50-200 $^{\circ}$C (-16%) DTG พีค 108 $^{\circ}$C, 200-300 $^{\circ}$C (-10%) DTG พีค 330 $^{\circ}$C, 300-400 $^{\circ}$C (-11%) DTG พีค 369 $^{\circ}$C, 400-650 $^{\circ}$C (-18%) DTG พีค 447 $^{\circ}$C และ 650-750 $^{\circ}$C (21%) DTG พีค 734 $^{\circ}$C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 25

CaCT-M มีการสลายตัวทางความร้อน 4 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 50-200 $^{\circ}$C (-28%) DTG พีค 63 และ 106 $^{\circ}$C, 200-400 $^{\circ}$C (-34%) DTG พีค 239 และ 330 $^{\circ}$C, 400-600 $^{\circ}$C (-16%) DTG พีค 439 $^{\circ}$C และ 600-750 $^{\circ}$C (14%) DTG พีค 690 $^{\circ}$C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 18

CaCT-EC มีการสลายตัวทางความร้อน 4 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 50-200 $^{\circ}$C (-23%) DTG พีค 96 และ 146 $^{\circ}$C, 200-400 $^{\circ}$C (-16%) DTG พีค 266 และ 338 $^{\circ}$C, 400-600 $^{\circ}$C (-16%) DTG พีค 400 และ 437 $^{\circ}$C และ 600-750 $^{\circ}$C (20%) DTG พีค 724 $^{\circ}$C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 25

CaCT-ED มีการสลายตัวทางความร้อน 4 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 50-200 $^{\circ}$C (-20%) DTG พีค 79 และ 146 $^{\circ}$C, 200-350 $^{\circ}$C (-21%) DTG พีค 346 $^{\circ}$C, 350-500 $^{\circ}$C (-32%) DTG พีค 441 $^{\circ}$C และ 600-750 $^{\circ}$C (21%) DTG พีค 772 $^{\circ}$C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 26

จากเทอร์โมแกรมของสารแคลเซียมอะซิเทตที่เตรียมได้จากทุกสารตั้งต้นทั้ง 5 ชนิด สรุปกลไกการสลายตัวทางความเป็น 4 หรือ 5 กลไกเหมือนกัน แต่ต่างกันตรงมวลที่สูญหายและตำแหน่งอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนเปลี่ยนแปลง

ดังนี้

$$Ca_3(C_6H_5O_7)_2.nH_2O(s) \rightarrow Ca_3(C_6H_5O_7)_2(n-m)H_2O(s) + mH_2O(g) \qquad 5.9$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$Ca_3(C_6H_5O_7)_2(n\text{-}m)(s) \rightarrow Ca_3(C_6H_5O_7)_2(s) + (n\text{-}m)H_2O(g)$ 5.10

$Ca_3(C_6H_5O_7)_2(s) \rightarrow 3CaCO_3(s) + 5H_2O(g) + 9CO_2(g)$ 5.11

$CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$ 5.12

สรุปผลการยืนยันรูปแบบการสั่นของหน่วยย่อยภายในโมโลกุลด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์ม อินฟราเรด (Vibrational spectroscopy; Fourier transform infrared, FTIR) รูปการสั่นของแคลเซียมซิเทรตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaCT-C) เปลือกหอยนางรม (CaCT-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CaCT-M) เปลือกไข่ไก่ (CaCT-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CaCT-ED) แสดงในรูปที่ 4.9 โดยอธิบายได้ดังนี้ ซึ่งสารนี้มีหน่วยย่อย คือ $CH_3$ CHOH และ $COO^-$ การสั่นยืดหดของ C-H เกิดพีคที่รอบ 3454 $cm^{-1}$ พีคตำแหน่ง 1630 และ 1569 $cm^{-1}$ การสั่นของ O-C=O แบบไม่สมมาตร ขณะที่การสมแบบสมมาตรของ O-C=O ปรากฏที่ตำแหน่งที่ รอบ 1414 $cm^{-1}$ การสั่นแบบโค้งงอ O-H ปรากฏที่ตำแหน่งที่ รอบ 1292 $cm^{-1}$ การสั่นแบบยืดหดของ C-OH ปรากฏที่ตำแหน่ง 1170, 1130 และ 1069 $cm^{-1}$ ส่วนพีคที่เกิดบริวณตำแหน่ง 750-650 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นของ $CH_2$ สุดท้ายการสั่นตำแหน่งพีค 569 cm-1 เป็นการสั่นของ Ca-O โดยสเปกตรัมของสารที่ถูกเตรียมขึ้นจากสารตั้งต้นทั้ง 5 ชนิด มีสเปกตรัมการสั่นคล้ายกับแคลเซียมซเทรตทั้งหมด ดังรูปที่ 4.9

สรุปผลเอกลักษณ์ทางผลึกและโครงสร้างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกส์ (X-ray diffractometer, XRD) การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของแคลเซียมซิเทรตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaCT-C) เปลือกหอยนางรม (CaCT-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CaCT-M) เปลือกไข่ไก่ (CaC-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CaCT-ED) แสดงในรูปที่ 4.15 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนเหมือนไฟล์มาตรฐาน PDF หมายเลข 282003 ทุกสารตั้งต้นที่ถูกใช้เตรียม มีเพียงตำแหน่งมุมการเลี้ยวเบน และระนาบ ระบุดังนี้ 11.30(400) 16.74(002) 17.56(600) 20.22(400) 21.74(402) 23.42(-112) 28.00(10 00) และ 31.08(-712)

สรุปผลรูปร่างสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) รูปร่างสัณฐานวิทยาของแคลเซียมซิเทรตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaCT-C) เปลือกหอยนางรม (CaCT-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (CaCT-M) เปลือกไข่ไก่ (CaCT-EC) และเปลือกไข่เป็ด (CaCT-ED) แสดงในรูปที่ 4.20 มีลักษณะเป็นจับกันเป็นพื้นผิวหลากหลายรูปแบบ ไม่มีรูปร่างและขนาดที่ไม่แน่นอน ต่างกันออกไปตามแต่ละชนิดของวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิด โดย ของแคลเซียมซิเทรตเตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (CaCT-C) จะมีรูปร่างเป็นต้นหญ้าหนาทึบ วางรวมกันอยู่ ขนาดยาวประมาณ 5 ไมโครเมตร รูปร่างของแคลเซียมซิเทรตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยนางรม (CaCT-O) เป็นลักษณะหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลี่ยมจับรวมกันเป็นก้อน รูปร่างของแคลเซียมซิเทรตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแมลงภู่ (CaCT-M) ลักษณะไร้รูปทรง พื้นผิวเรียบหลอมรวมกัน รูปร่างของแคลเซียมซิเทรตเตรียมได้จาก เปลือกไข่ไก่ (CaCT-EC) เป็นรูปทรงท่อกลมไร้เหลี่ยม ขนาดเล็กและใหญ่จับรวมเป็นกัน ไร้ระเบียบ สุดท้าย รูปร่างของแคลเซียมซิเทรตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยไข่เป็ด (CaCT-ED) มีรูปร่างเป็นทรงกลมและเป็นทรงเหลี่ยม หลายขนาดจับรวมกันอยู่

5. ไตรแคลเซียม ($Ca_3(PO_4)_2$)

-แคลเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตโมโนไฮเดรต ($Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$)

สรุปผลการยืนยันเอกลักษณ์ทางเคมีและฟิสิกส์ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อน (TGA) เทอร์โมแกรมของสารแคลเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตโมโนไฮเดรต ($Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$) ที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (MCP-C) เปลือกหอยนางรม (MCP-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (MCP -M) เปลือกไข่ไก่ (MCP-EC) และเปลือกไข่เป็ด (MCP-ED) แสดงในรูปที่ 4.5 โดยอธิบายได้ดังนี้

MCP-C มีการสลายตัวทางความร้อน 1 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 50-600 $^{o}$C (-19%) DTG พีค 125, 178 และ 330 $^{o}$C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 81

MCP-O มีการสลายตัวทางความร้อน 1 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 50-600 $^{o}$C (-17.5%) DTG พีค 125, 184 และ 331 $^{o}$C, มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 82.5

MCP-M มีการสลายตัวทางความร้อน 1 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 50-600 $^{o}$C (-18%) DTG พีค 130, 175, 230, 281 และ 321 $^{o}$C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 81

MCP-EC มีการสลายตัวทางความร้อน 1 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 50-600 $^{o}$C (-18%) DTG พีค 129, 180, 230, 263 และ 323 $^{o}$C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 82

MCP-ED มีการสลายตัวทางความร้อน 1 ช่วง เห็นได้จากช่วงอุณหภูมิและมวลที่สูญหายจากเส้นกราฟ TG และสอดคล้องกับพีค DTG ดังนี้ 50-600 $^{o}$C (-26%) DTG พีค 125, 183, 246 และ 330 $^{o}$C มีสารอนุพันธุ์สุดท้ายเหลืออยู่ร้อยละ 74

จากเทอร์โมแกรมของสารแคลเซียมอะซิเทตที่เตรียมได้จากทุกสารตั้งต้นทั้ง 5 ชนิด สรุปกลไกการสลายตัวทางความเป็น 4 หรือ 5 กลไกเหมือนกัน แต่ต่างกันตรงมวลที่สูญหายและตำแหน่งอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนี้

$$Ca(H_2PO_4)_2.H_2O(s) \rightarrow Ca(PO_3)_2(s) + 3H_2O(g) \quad 5.13$$

สรุปผลการยืนยันรูปแบบการสั่นของหน่วยย่อยภายในโมเลกุลด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์ม อินฟราเรด (Vibrational spectroscopy; Fourier transform infrared, FTIR) รูปการสั่นของโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (MCP-C) เปลือกหอยนางรม (MCP-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (MCP-M) เปลือกไข่ไก่ (MCP-EC) และเปลือกไข่เป็ด (MCP-ED) แสดงในรูปที่ 4.10 โดยสปกตรามีลักษณะคล้ายกันทุกสารตั้งต้นทั้ง 5 ชนิด ซึ่งสารนี้มีหน่วยย่อย คือ $H_2O$ และ $H_2PO_4^-$ ปรากฏพีคการสั่น คือ 3470, 3263, 2960, 2440, 2311, 1679, 1388, 1237, 1164, 1091, 963, 852, 690, 565 และ 493 $cm^{-1}$ สามารถจำแนกพีคการสั่นเป็น การสั่นของ ยืดหดแบบไม่สมมาตร OH ของน้ำ การสั่นแบบยืดหดแบบสมมาตรของ OH ของน้ำ การสั่นแบบรวมพีคของ $H_2PO_4^-$ 3 พีค การสั่นแบบโค้งงอของน้ำ การสั่นแบบผิดรูปแบบไม่สมมาตรของ P-OH การสั่นแบบไม่สมมาตรของ $PO_2$ การสั่นแบบไม่สมมาตรของ PO3 2 พีค การสั่นแบบผิดรูปแบบสมมาตร P-OH 2 พีค การสั่นแบบสมมาตรของ $PO_2$ และการสั่นของพันธะ Ca-O ตามลำดับ

สรุปผลเอกลักษณ์ทางผลึกและโครงสร้างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกส์ (X-ray diffractometer, XRD) การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (MCP-C) เปลือกหอยนางรม (MCP-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (MCP-M) เปลือกไข่ไก่ (MCP-EC) และเปลือกไข่เป็ด (MCP-ED) แสดงในรูปที่ 4.16 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนเหมือนไฟล์มาตรฐาน PDF หมายเลข 0903047 ทุกสารตั้งต้นที่ถูกใช้เตรียม มีเพียงตำแหน่งมุมการเลี้ยวเบน และระนาบ ระบุดังนี้ 15.11(111) 22.96(0-20) 24.16(210) 24.94(121) 26.74(002) 28.24(012) 30.42(20-1) 33.80(-112) 34.90(212) และ 45.54(032)

สรุปผลรูปร่างสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) รูปร่างสัณฐานวิทยาของโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (MCP-C) เปลือกหอยนางรม (MCP-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (MCP-M) เปลือกไข่ไก่ (MCP-EC) และเปลือกไข่เป็ด (MCP-ED) แสดงในรูปที่ 4.20 มีลักษณะเป็นจับกันเป็นพื้นผิวหลากหลายรูปแบบ ไม่มีรูปร่างและขนาดที่ไม่แน่นอน ต่างกันออกไปตามแต่ละชนิดของวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิด โดย ของโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรตเตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (MCP-C) จะมีรูปร่างเป็นแผ่นหลายขนาดแต่ละแผ่นมีพื้นที่ผิวขรุขระ จับรวมอยู่ด้วยกัน รูปร่างของโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยนางรม (MCP-O) เป็นลักษณะเป็นแผ่นหลายเหลี่ยมทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่จับรวมกันเป็นก้อน รูปร่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแมลงภู่ (MCP-M) ลักษณะเป็นแผ่น มีขนาดแตกต่างกันซ้อนทับกันอยู่ รูปร่างของโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรตเตรียมได้จาก เปลือกไข่ไก่ (MCP-EC) เป็นรูปทรงแผ่นเรียวหลายขนาดมัดรวมกันอยู่ สุดท้าย รูปร่างของโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยไข่เป็ด (MCP-ED) มีรูปร่างเป็นทรงกลมและเป็นทรงเหลี่ยม วางซ้อนทับกันจับรวมกันเป็นก้อน

ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$)

สรุปผลการยืนยันรูปแบบการสั่นของหน่วยย่อยภายในโมโลกุลด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์ม อินฟราเรด (Vibrational spectroscopy; Fourier transform infrared, FTIR) รูปการสั่นของไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (TCP-C) เปลือกหอยนางรม (TCP-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (TCP-M) เปลือกไข่ไก่ (TCP-EC) และเปลือกไข่เป็ด (TCP-ED) แสดงในรูปที่ 4.11 สเปกตรัมของสารไตรแคลเซียมที่ถูกเตรียมขึ้นจากวัตถุดิบแคลเซียม 5 ชนิด มีเอกลักษณ์การสั่นเหมือนกันคือ รูปแบบการสั่นของ $PO_4^{3-}$ ทำให้สเปตราทั้งหมดมีรูปร่างหน้าตาเหมือนกันหมด โดยปรากฏพีคการนั่น แบบไม่สมมาตรของ $PO_4^{3-}$ ที่ 1225 และ 1084 $cm^{-1}$ พีคการนั่น แบบสมมาตรของ $PO_4^{3-}$ ที่ 959 $cm^{-1}$ การสั่นแบบโค้งงอแบบไม่สมมาตรของ $PO_4^{3-}$ ที่ 845 และ 670 $cm^{-1}$ และการสั่นของพันธะ Ca-O ปรากฏที่ 466 $cm^{-1}$

สรุปผลเอกลักษณ์ทางผลึกและโครงสร้างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกส์ (X-ray diffractometer, XRD) การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (TCP-C) เปลือกหอยนางรม (TCP-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (TCP-M) เปลือกไข่ไก่ (TCP-EC) และเปลือกไข่เป็ด (TCP-ED) แสดงในรูปที่ 4.17 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนเหมือนไฟล์มาตรฐาน PDF หมายเลข 702065 ทุกสารตั้งต้นที่ถูกใช้เตรียม มีเพียงตำแหน่งมุมการเลี้ยวเบน และระนาบ ระบุดังนี้ 11.76(024) 15.04(040) 19.20(122) 26.24(214) 27.84(012) 29.82(125) 31.42(021) 31.82(128) 32.80(112) และ 34.30(200)

สรุปผลรูปร่างสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) รูปร่างสัณฐานวิทยาของไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (TCP-C) เปลือกหอยนางรม (TCP-O) เปลือกหอยแมลงภู่ (TCP-M) เปลือกไข่ไก่ (TCP-EC) และเปลือกไข่เป็ด (TCP-ED) แสดงในรูปที่ 4.23 มีลักษณะทรงกลมเล็กและใหญ่ จับรวมกันเป็นก้อน และมีรูพรุนพื้นที่ผิวขรุขระ ขนาดที่ไม่แน่นอน ต่างกันออกไปตามแต่ละชนิดของวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิด โดย ของไตรแคลเซียมฟอสเฟตโมเตรียมได้จาก เปลือกหอยแครง (TCP-C) จะมีรูปร่างทรงกลม พื้นผิวขรุขระ หลอมรวมกันอยู่ รูปร่างของไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยนางรม (TCP-O) เป็นลักษณะเม็ดเล็ก เหมือนเมล็ดข้าว จับรวมอยู่ด้วยกัน รูปร่างของไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยแมลงภู่ (TCP-M) ลักษณะแผ่นเหลี่ยมหลายเหลี่ยม จับรวมกันอยู่ รูปร่างของไตรแคลเซียมฟอสเฟตเตรียมได้จาก เปลือกไข่ไก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(TCP-EC) เป็นลักษณะไร่รูปทรง หลอมรวมกันมีพื้นผิวเรียบและมีรูพรุน สุดท้าย รูปร่างของไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่เตรียมได้จาก เปลือกหอยไข่เป็ด (TCP-ED) มีลักษณะไร้รูปร่าง ผิวเรียบ ต่อกันเหมือนปะการัง

**5.2 สรุปผลการออกแบบและสร้างเครื่อง**

จากการได้ออกแบบการสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานผลิตปริมาณมากๆ ได้ผลคือ ประกอบด้วยเครื่อง 3 ประเภท คือ 1. เครื่องบด มี 2 ชนิด คือ เครื่องบดหยาบ โดยสามารถบดเปลือกหอยและเปลือกไข่ให้มีขนาดระดับไมโครเมตร สามารถบดได้อย่างรวดเร็ว มีกำลังการบดวันละ 4-6 ตัน มีขนาดกะทัดรัดน้ำหนักประมาณ 50 กิโลกรัม เมื่อบดหยาบแล้วค่อยนำมาบดละเอียดให้มีขนาดไม่ต่ำกว่า 50 เมช ผ่านตะแกรงร่อนเพื่อคัดขนาด สามารถบดได้วันละ 4-6 ตัน มีน้ำหนักประมาณ 50-80 กิโลกรัม 2. เครื่องกวนและถังผสม ได้ออกแบบ 3 ขนาดการผลิต คือ การผลิตครั้งละ 1-5 กิโลกรัมต่อครั้ง ใช้ระยะเวลาการผสมและปั่นกวนไม่เกิน 30 นาที อัตราการปั่นกวน 100-1000 รอบต่อนาที มีน้ำหนักเครื่องประมาณ 5-10 กิโลกรัม เครื่องกำลังการผลิต 20-30 กิโลกรัมต่อครั้ง ใช้ระยะเวลาการผสมและปั่นกวนไม่เกิน 30 นาที อัตราการปั่นกวน 100-1000 รอบต่อนาที มีน้ำหนักเครื่องประมาณ 10-20 กิโลกรัม และเครื่องกำลังการผลิต 80-120 กิโลกรัมต่อครั้ง ใช้ระยะเวลาการผสมและปั่นกวนไม่เกิน 30 นาที อัตราการปั่นกวน 100-1000 รอบต่อนาที มีน้ำหนักเครื่องประมาณ 50-100 กิโลกรัม และสุดท้ายเป็นเตาเผา เป็นเตาเผาระบบสายพานลำเลียงตัวอย่างที่ต้องการเผาเข้าไปในเตาที่ควบคุมอุณหภูมิได้ระหว่าง 300-1500 $^{\circ}$C โดยใช้เตรียมไตรแคลเซียมฟอสเฟตเป็นสำคัญ มีภาชนะบรรจุสารที่ต้องการเผาปริมาตร 5 ลิตร เป็นเหล็กสตีลทนความร้อนสูง ระยะเวลาการเผา 30-45 นาทีต่อหนึ่งภาชนะ 1 ชั่วโมงสามารถเผาได้ 300-500 กิโลกรัม

**5.3 ข้อเสนอแนะ**

งานวิจัยในหัวข้อ “การผลิตสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกหอยและเปลือกไข่” ได้คิดค้นหากรรมวิธีการผลิตสารประกอบแคลเซียมที่มีมูลค่าสูงขึ้นกว่า แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมออกไซด์ คือ สารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต โดยการทดลองต้องเตรียมวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของแคลเซียม 5 ชนิด ได้แก่ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด ซึ่งวัสดุแคลเซียมนี้ มีปริมาณมหาศาลไม่มีวันหมด มีสะสมกลายเป็นขยะไร้ราคา เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย อาทิเช่น ชุมชนเขาสามมุข อ่างศิลา และชุมชนดอกหอยหลอด และมีอีกมากมายทั่วประเทศ ขณะที่เปลือกไข่ไก่และไข่เป็ด ก็มีปริมาณมหาศาล เพราะไข่เป็นอาหารที่คนเราบริโภคแทบทุกวัน ซึ่งปริมาณรวมกันแล้วเปลือกหอยและเปลือกไข่จากข้อมูลเศรษฐกิจแห่งชาติ ระบุว่า น่าจะมีขยะเปลือกหอยและเปลือกไข่เหลือทิ้งกองสะสมไม่ต่ำกว่า แสนๆ ตันต่อปี อีกประเด็นความต้องการใช้สารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต มีการใช้งานในหลายๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมเกษตร และอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมการยาและทางการแพทย์ และอุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น ดังนั้นประเทศไทยจึงมีการนำเข้าสารเหล่านี้ทุกปี ปริมาณมาก

จากที่กล่าวมาด้านบน เมื่อประเทศไทยมีวัตถุดิบที่ไร้ค่ามากมายไม่มีวันหมด และอุตสาหกรรมในประเทศมีความจำเป็นต้องใช้ และต้องนำเข้าเท่านั้น งานวิจัยนี้ได้คิดค้นกรรมวิธีการผลิตสารประแคลเซียมทั้ง 4 ชนิดนี้ได้ด้วยกรรมวิธีที่ง่าย สะดวกรวดเร็ว ไม่เป็นอันตราย ไม่ต้องอาศัยเครื่องมือ และเครื่องจักรราคาแพง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีราคาต้นทุนต่ำ ใกล้เคียงกับที่นำเข้าจากต่างประเทศ จึงอยากเสนอแนะว่า ควรมีการส่งเสริมและประชาสัมพันธ์ให้หน่วยงานราชการและเอกชนที่สนใจนำไปต่อยอด เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่การพัฒนาประเทศต่อไปในอนาคต โดยผลจากการวิจัยที่ได้รับในครั้งนี้ **มีข้อมูลมากมายที่กำลังร่างเพื่อตีพิมพ์ในวารสารทั้งระดับชาติและระดับนานาชาติต่อไป และยื่นขอจดสิทธิบัตร หรืออนุสิทธิบัตร**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 6
# สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

ผลงาน/ผลผลิต ที่ได้รับจากโครงการวิจัยเรื่อง "การผลิตสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกหอยและเปลือกไข่(Production of organic calcium compounds from shells and egg shells)" โดยมีผลลัพธ์ในลักษณะของต้นแบบผลิตภัณฑ์ ขบวนการใหม่และ/หรือบทความทางวิชาการ สิทธิบัตร การผลิตบัณฑิต และในอนาคตคาดว่าผลงานมีโอกาสเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

## 6.1 กรรมวิธีการผลิตและผลิตภัณฑ์ที่ได้

จากงานวิจัยนี้ได้ค้นพบกรรมวิธีการผลิตสารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด คือ แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต จากแหล่งวัตถุดิบแคลเซียมคาร์บอเนต 5 ชนิด คือ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกไข่ไก่ และเปลือกไข่เป็ด โดยพบว่า สิ่งสำคัญของการเตรียม คือ ความเข้มข้นของกรดที่เฉพาะจงของการเตรียมสารประกอบแคลเซียมแต่ละชนิด (กรดอะซิติก กรดแลคติก กรดซิตริก และกรดฟอสฟอริก) และต้องลงตัวกับปริมาณการทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนต เปรียบเสมือนหลักการ "แม่กุญแจกับลูกกุญแจ" ซึ่งจะส่งผลให้การสังเคราะห์ง่าย รวดเร็ว โดยแค่เทกรดลงในแคลเซียมคาร์บอเนต แล้วปั่นกวนสม่ำเสมอ ในภาชนะที่เหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดฟองแก๊สล้นออกมานอกภาชนะ ปั่นกวนจนฟองแก๊สยุบตัว แล้วได้ผงผลิตภัณฑ์ที่แห้ง ในระยะเวลาอันรวดเร็ว ซึ่งจากกรรมวิธีการผลิตที่ค้นพบ ถือว่าไม่มีที่ใดเคยทำมาก่อน ถือว่าเป็นกรรมวิธีที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว ประหยัดเวลาและต้นทุน อีกทั้งยังเป็นการนำเอาแคลเซียมคาร์บอเนตที่มาจากแหล่งวัตถุดิบธรรมชาติที่ผลิตหินปูน มาผลิต ที่นับได้ว่า เป็นวัตถุดิบราคาถูกกลายเป็นขยะราคาถูก ที่สำคัญไม่มีวันหมดไปจากประเทศ :ซึ่งถ้านับกรรมวิธีการผลิต ชนิดวัตถุดิบที่ใช้และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ จึงได้ขบวนการใหม่พร้อมผลิตภัณฑ์ รวมจากงานนี้ทั้งสิ้น คำนวณได้จาก ผลิตภัณฑ์สารประกอบแคลเซียม (4 ชนิด) x วัตถุดิบแคลเซียม (5 แหล่ง) รวมเป็น 20 กรรมวิธีและผลิตภัณฑ์ที่ได้ ซึ่งเป็นองค์ความรู้ใหม่ทั้งหมด ไม่มีงานวิจัยใดๆ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศทำด้วยวิธีการนี้มาก่อน โดยได้มีผงผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นตัวอย่างที่บรรจุถุงพลาสติก ขนาด 10 กก. ต่อถุง เพื่อเก็บไว้แสดงผลงาน ทั้ง 20 กรรมวิธี ที่คิดค้นได้

## 6.2 สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

จากกรรมวิธีการผลิตสารประกอบแคลเซียม 4 ชนิด (แคลเซียมอะซิเทต แคลเซียมแลคเทต แคลเซียมซิเทรต และไตรแคลเซียมฟอสเฟต) จากวัตถุดิบ 5 ชนิด (กรดอะซิติก กรดแลคติก กรดซิตริก และกรดฟอสฟอริก) รวมแล้วคิดค้นกรรมวิธีได้ทั้งหมด แยกประเภทได้ 20 กรรมวิธี ที่เกี่ยวกับสารตั้งต้นและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ที่ได้ แต่เมื่อพิจารณาเรื่องความคล้ายกันของกรรมวิธีและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีการที่ผลิต และยังมีสารชนิดอื่นที่ใกล้เคียงกันแต่มีความสำคัญและมูลค่าในท้องตลาดจึงได้ยื่นจดสิทธิบัตรผ่านสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไปแล้ว คือ

สิทธิบัตร เลขที่คำขอ 1301005725 เรื่อง กรรมวิธีการผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟต($Ca_3(PO_4)_2$ จากเปลือกหอยแครง และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว

สิทธิบัตร เลขที่คำขอ 1701001861 เรื่องกรรมวิธีการผลิตแคลเซียมอะซิเทตจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว

สิทธิบัตร เลขที่คำขอ 1701001862 เรื่อง กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมแลคเทตจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว

สิทธิบัตร เลขที่คำขอ 1701003911 เรื่อง กรรมวิธีการผลิตซิงค์อะซิเตท ($Zn(O_2CCH_3)_2.2H_2O$) จากกลุ่มสารประกอบซิงค์และกรดอะซิติก($CH_3COOH$) และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว

นอกจากการยื่นจดสิทธิบัตรทั้ง 4 เรื่องแล้ว ยังมีผลงานที่ยังอยู่ระหว่างการดำเนินการจัดทำเอกสารเพื่อยื่นจดสิทธิบัตรอีก 5 เรื่อง ที่เกี่ยวข้องงานวิจัยที่ได้ดำเนินการแล้วเสร็จไปแล้วนี้ คือ กรรมวิธีการผลิตและผลิตภัณฑ์ที่ได้ ได้แก่ สารประกอบแคลเซียมซิเทรต แมกนีเซียมแลคเทต แมกนีเซียมซิเทรต แคลเซียมแมกนีเซียมซิเตรท และซิงค์แลคเทต ซึ่งคาดว่าจะได้จัดทำร่างเอกสารเพื่อยื่นจดสิทธิบัตรในเวลาต่อไป โดยผลงานที่ได้รับจากงานวิจัยนี้คาดว่าจะมีไม่ต่ำกว่า 8 เรื่องตามที่ตั้งเป้าไว้

### 6.3 บทความทางวิชาการ

ผลงานบทความวิชาการ กำลังอยู่ในขั้นตอนการวางเค้าโครงและเขียนร่างเพื่อเผยแพร่ โดยงานวิจัยนี้ตั้งเป้าไว้จำนวน 1 เรื่อง ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารนานชาติ แต่จากผลที่ได้ในรูปเล่มนี้ ผู้วิจัยคาดว่าสามารถจัดทำบทความเพื่อเผยแพร่ได้ไม่ต่ำกว่า 2 เรื่องที่สำคัญๆ คือ

1. การสังเคราะห์สารแคลเซียมแลคเทต จากแคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้มาจากเปลือกหอยและเปลือกไข่
2. การสังเคราะห์สารแคลเซียมซิเทรต จากแคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้มาจากเปลือกหอยและเปลือกไข่

ด้วยเหตุผลว่าสารประกอบแคลเซียมทั้ง 2 ชนิดนี้ มีความสำคัญอย่างยิ่ง มีการใช้งานหลากหลาย และมีงานวิจัยจำกัด นับถึงปัจจุบัน

### 6.4 ผลงานที่คาดว่าจะเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรม

ผลงานกรรมวิธีการผลิตสารประกอบแคลเซียมทั้ง 4 ชนิด คาดว่าจะสามารถออกสู่ภาคอุตสาหกรรมได้ในอนาคต เพราะปัญหาเรื่องวัตถุดิบเปลือกหอยและเปลือกไข่ที่ไม่สามารถกำจัดไม่ให้เหลือเป็นขยะของภาคเอกชนและชุมชนบางพื้นที่ จึงคาดว่ามีความเป็นไปได้สูงมากที่จะมีการนำเอากรรมวิธีนี้ไปใช้ในเชิงพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง

Amin S., Alaa E.-D. A. Bekhit, Azam A., Zhifa S., Jithendra T. R. (2015) Microwave-assisted synthesis of high purity β-tricalcium phosphate crystalline powder from the waste of Green mussel shells (Perna canaliculus). Powder Technology, 273, 33-39.

Anthony W.M., L. Frost E.R.W. (2007) A spectroscopic study of the mineral paceite (calcium acetate), Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 67 (3–4),649-661.

Bin D.-M., Yi C., Ma M.-H., Luo R.-Z. (2006) (1.Hunan Environment Biological Polytechnic, Hengyang 421005, China) (2. Food Science and Technology Institute, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China);Study on the Preparation of Calcium Citrate in Eggshell[J];Modern Food Science and Technology; 2006-03.

Carrodeguas, R.G.; De Aza, S. (2011). "α-Tricalcium phosphate: Synthesis, properties and biomedical applications". Acta Biomaterialia 7 (10): 3536–3546.

Chemaly Z., Muhr H., Fick M. (1999) Crystallization kinetics of calcium lactate in a mixed-suspension–mixed-product removal crystallizer, Ind. Eng. Chem. Res., 38, 2803-2808.

Chen Y., Cheng X. (1999) (Department of Chemistry, Huainan Normal College, Huainan 232001) Xu Dongmei (No.3 People's Hospital of Huainan, Huainan 232033);Study on the Preparation of Calcium Citrate from Egg Shells[J];HUAXUE SHIJIE (CHEMICAL WORLD);1999-07.

Chen X., Zhang Y., Zhao Y.-E. (2010) (Bio-chemical Engineering College of Beijing Union University,Beijing 100023);Study on preparation of calcium lactate from eggshell by hydrothermal synthesis[J];China Food Additives;2010-01.

Chen S.Y., Wang L.C., Liu R., Ji J., Wu H., Wu Q.H. (2011) Study on the technology of calcium citrate prepared with the shell of Mactra veneriformis Reeve. Chin J Mar Drugs 30, 18-22.

Dale L. Perry (May 19, 2011). Handbook of Inorganic Compounds (Second ed.). Taylor & Francis. p. 84.

Destainville, A., Champion, E., Bernache-Assollant, D., Laborde, E. (2003). "Synthesis, characterization and thermal behavior of apatitic tricalcium phosphate". Materials Chemistry and Physics 80 (1): 269–277.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dionysiou D.D., Tsianou M., Botsaris G.D. (2000) Investigation of the conditions for the production of calcium magnesium acetate (CMA) road deicer in an extractive crystallization process, Cryst. Res. Technol., 35,1035-1049.

Dorozhkin, Sergey V. (December 2012). "Amorphous calcium (ortho)phosphates". Acta Biomaterialia **6** (12): 4457–4475.

Eric R.S.(2009) High Reactivity Calcium-Based Biomineral Sorbents for $CO_2$ Capture. A Bachelors of Science Thesis. Department of Chemical and Biomolecular Engineering at The Ohio State University.

Fangming J., Guangyi Z., Yujia J., Yosiyuki W., Atsushi K., Heiji E., (2010) A new process for producing calcium acetate from vegetable wastes for use as an environmentally friendly deicer, Bioresource Technology, 101 (19), 7299-7306.

Francis A.A., Abdel Rahman M.K. (2016) The environmental sustainability of calcined calcium phosphates production from the milling of eggshell wastes and phosphoric acid. Journal of Cleaner Production, 137,1432-1438.

Fu, W., Mathews, A.P. (2005) Two-stage fermentation process for the production of calcium magnesium acetate and propionate road deicers, Enzyme and Microbial Technology 36(7), 953-959.

Heaney RP, Dowell MS, Bierman J, Hale CA, Bendich A (2001). "Absorbability and cost effectiveness in calcium supplementation". Journal of the American College of Nutrition **20** (3): 239–46.

Herdtweck E., Kornprobst T., Sieber ., Straver L., Plank, J. (2011). "Crystal Structure, Synthesis, and Properties of tri-Calcium di-Citrate tetra-Hydrate $[Ca_3(C_6H_5O_7)_2(H_2O)_2]\cdot 2H_2O$". Z. Anorg. Allgemeine Chemie **637** (6): 655–659.

Huang L.-Y.,LIU W.-Y., Zhang Q., Zhao W.-G.,Han Z.-P., Liu X.-M., Lu X.-M. (2002) (Beijing DQY Agriculture Technology Co.,Ltd.,Chinese National Egg Engineering Research Center,Beijing 102115,China);Review of the research on the preparation methods of organic acid calcium from eggshell[J];Science and Technology of Food Industry;2012-02.

Huang G., Huang B.C.,Xiao H., Chen Y.L.(2000) (1.Science and Engineering College of Hainan University, Haikou 570228,China; 2.Haikou City People's Hospital,Haikou 570203,China);Calcium Citrate Made from the Shell by Using Double Calcination Method[J];Natural Science Journal of Hainan University;2000-04.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jiang X., Li G., Wu Z. (2010) Deicing and corrosive performances of calcium acetate deicer made from bamboo-vinegar, World Acad. Sci. Eng. Technol., 41,506-511.

Jin F., Zhang G., Jin Y., Watanabe Y., Kishita A., Enomiti H., (2010) A new process for producing calcium acetate from vegetable wastes for use as an environmentally friendly Bioresour. Technol., 101, 7299-7306.

Ke X., Ping X. (2014) Efficient calcium lactate production by fermentation coupled with crystallization-based in situ product removal, Bioresource Technology 163, 33-39.

Lange TA, Zerwekh JE, Peek RD, Mooney V, Harrison BH (1986). "Granular tricalcium phosphate in large cancellous defects". Annals of Clinical and Laboratory Science **16** (6): 467–72.

Lee S.-J., Yoon Y.-S., Lee M.-H., Oh N.-S. (2007) Highly sinterable β-tricalcium phosphate synthesized from eggshells. Materials Letters, 61(6), 1279-1282.

Leo F.G., Edward T. S. (1920). "Losses Incurred in the Preparation of Acetone by the Distillation of Acetate of Lime.". Industrial & Engineering Chemistry **12** (3): 240–243.

Lertcumfu N., Jaita P., Manotham S., Jarupoom P., Eitssayeam S., Pengpat K., Rujijanagul G. (2016) Properties of calcium phosphates ceramic composites derived from natural materials. Ceramics International , 42(9), 10638-10644.

Li, J., Gao, Y., Zhong, L., Zou, Q., Lai, X. (2017) Facile self-assembly synthesis of hierarchical 3D flowerlike calcium citrate microspheres. Journal of Nano Research 45, 185-192.

Li, J., Liu, Y., Gao, Y., (...), Zou, Q., Lai, X. (2016) Preparation and properties of calcium citrate nanosheets for bone graft substitute, Bioengineered 7(5), 376-381.

Li T., MA M., CAI Z. (2008) Study on the Transformation of Calcium Carbonate into Organic Calcium from Eggshell[J];Sichuan Food and Fermentation; 05.

Li G. Y., Lu Yu M. (2001) (1. Dept. of Chemistry, Zhangjiakou Educational College, Zhangjiakou 075000, China; 2. Dept. of Chemistry, Baoding Teachers College, Baoding 071051, China);Study on the preparation of calcium lactate from eggshell[J];Journal of Jilin Institute of Chemical Technology;2001-01.

Lian X. (2002) Study of the Technological Conditions of Calcium Lactate from Egg Shells[J];Meat Research;2002-02.

Luna-Guzman, I., Diane M. B. (2000). "Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes". Postharvest

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Biology and Technology **19**: 16–72.

Mansour SAA. (1994) Thermal decomposition of calcium citrate tetrahydrate. Thermochimica Acta 233, 243-56.

Margie J. (1997) Method for preparing mineral-enriched citrate compositions US 5662954 A.

Martin-Diana A.B., Rico D., Frias J.M., Barat J., Henehan G., (2007) Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables, Trends Food Sci. Technol., 18, 210-218.

Panzer, Jerome. (1962) "Nature of Calcium Acetate." Journal of Chemical and Engineering Data 7.1, 140-42.

Park, J.-W., Cho, K.-H., Park, J.-K., Ahn, J.-W., Han, C. (2008) A study on the synthesis of calcium lactate using precipitated calcium carbonate, Journal of the Korean Industrial and Engineering Chemistry 19(2), 173-178.

Phadungath, C. (2011). The Efficacy of Sodium Gluconate as a Calcium Lactate Crystal Inhibitor in Cheddar Cheese (Thesis). University of Minnesota. Retrieved October 12, 2013.

Sudaa, R.; T. Suzukia; R. Takiguchib; K. Egawab; T. Sanob; K. Hasegawa (2006). "The Effect of Adding Calcium Lactate to Xylitol Chewing Gum on remineralization of Enamel Lesions". Caries Research **40** (1): 43–46.

Tansman G.F., Kindstedt P.S., Hughes J.M., (2014) Powder X-ray diffraction can differentiate between enantiomeric variants of calcium lactate pentahydrate crystal in cheese, Journal of Dairy Science, 97(12), 7354-7362

Tondapu, P. and Provost, D. and Adams-Huet, B. and Sims, T. and Chang, C. and Sakhaee, K. (June 2009). "Comparison of the Absorption of Calcium Carbonate and Calcium Citrate after Roux-en-Y Gastric Bypass". Obesity Surgery **19** (9): 1256–1261.

Yang, L., Yan, Q., Ma, X., Lou, T., Wang, T. (2012) Preparation of calcium magnesium acetate (CMA) deicing agent using waste eggshell as raw materials. Journal of the Indian Chemical Society 89(11), 1471-1475.

Yong W., Di C., Changjing C., Zheng W., Peiyong Q., Tianwei T. (2015) Efficient magnesium lactate production with in situ product removal by crystallization, Bioresource Technology,198, 658-663.

Wang L.M., Wang W., Li X.C., Peng L., Lin Z.Q., Xu H.Z. (2012) Calcium citrate: a new biomaterial that can enhance bone formation in situ. Asian Pac J Trop Med; 15, 291-6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wang W.B., Zhao Y.Q., Sun H. (2012) Study on preparation of calcium citrate from egg shell. App Chem Indus 41:557-8.

Xiong X.-X.,Si W.-D.,Wang P.,Wang X.-Q. (2012) (Beijing Deqingyuan Agricultural Technology Co.,Ltd.,Chinese National Egg Engineering Research Center,Beijing 100081);Transforming calcium carbonate in eggshell to calcium citrate[J];Food Science and Technology;2012-11.

Xiong M., Testing Center of Yunnan Province, (2006) Kunming 650051, China; Determination of Calcium in Calcium Citrate and Calcium Malate by X-Ray Fluorescence Spectrum[J];Spectroscopy and Spectral Analysis;2006-11.

Zeng X., MA M.-H. (2010) (Subsidiary Research Center of National Egg Processing/College of Food Science and Technology,Huazhong Agricultural University,Wuhan 430070);Technologic Research on Transforming Calcium Carbonate in Eggshell to Calcium Citrate[J];Scientia Agricultura Sinica;2010-05.

Zeng X., Ma M.H. (2010) Technologic Research on Transforming Calcium Carbonate in Eggshell to Calcium Citrate. Scientia Agricultura Sinica; 43:1031-40.

Zhang L. (2004) (Depe of chem,& chem,Ergineering,Baoji Arts & Scienceiollege,Baoji,Shaxi 721007);Study on Preparation of Calcium Citrate from Egg Shells[J];Guizhou Chemical Industry;2004-01.

Zhao J., Song K. (1997) (Department of Fine Chemeical Engineering,Xi'an Jiaotong University,710049);Preparation of calcium lactate from egg shells[J]; MODERN CHEMICAL INDUSTRY;1997-01.

Zheng Jiwu et al; (2006) Preparation of calcium lactate gluconate from egg shells[J];Science and Technology of Food Industry; 2006-05.

Zheng W., Chen S., Zhong M. (2005) (Department of Chemistry,Hanshan Normal University,Chaozhou 521041,China); Study on Operation Conditions of the Calcium Lactate from Shell[J];Guangdong Chemical Industry;2005-11.

Zhong L.Z., Li J.F., Gao Y., Cao W.Q., Zhang P.C., Lai X.F. (2015) Preparation and characterisation of calcium citrate wires. Micro Nano Lett 10, 419-21.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

## เอกสารหลักฐานอ้างอิงของผลผลิต

สิทธิบัตรจำนวน 3 เรื่อง

1. บรรจง บุญชม สิทธิบัตร กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมอะซิเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว เลขที่คำขอ 1701001861

2. บรรจง บุญชม สิทธิบัตร กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมแลคเตททจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว เลขที่คำขอ 1701001862

3. บรรจง บุญชม และเชรษฐา รัตนพันธ์ กรรมวิธีการผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) โดยใช้เปลือกหอยแครงและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว เลขที่คำขอ 1301005725

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

- [x] การประดิษฐ์
- [ ] การออกแบบผลิตภัณฑ์
- [ ] อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~นี้ ขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~ ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ.2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่2) พ.ศ.2535 และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่3) พ.ศ.2542

| สำหรับเจ้าหน้าที่ | |
|---|---|
| วันรับคำขอ 31 มี.ค. 2560 | เลขที่คำขอ 1701001861 |
| วันยื่นคำขอ 31 มี.ค. 2560 | |
| สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ | |
| ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์ | |
| วันประกาศโฆษณา | เลขที่ประกาศโฆษณา |
| วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร | เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร |
| ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่ | |

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/~~การออกแบบผลิตภัณฑ์~~
   กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมอะซิเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่
   ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง
   กรุงเทพมหานคร 10520

| | |
|---|---|
| 3.1 สัญชาติ | ไทย |
| 3.2 โทรศัพท์ | 0 2329 8212 ถึง 3 กด 17, 18 |
| 3.3 โทรสาร | 0 2329 8212 ถึง 3 กด 1 |
| 3.4 อีเมล์ | kmitl.tlo@gmail.com, ip_kmitl@hotmail.com |

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~
   - [ ] ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ
   - [x] ผู้รับโอน
   - [ ] ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5. ตัวแทน (ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)
   นางสาวณิชยา สืบสุข
   อยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   สำนักบริหารงานวิจัยและนวัตกรรมพระจอมเกล้าลาดกระบัง
   เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง
   กรุงเทพมหานคร 10520

| | |
|---|---|
| 5.1 ตัวแทนเลขที่ | 2218 |
| 5.2 โทรศัพท์ | 0 2329 8212 ถึง 3 กด 17, 18 |
| 5.3 โทรสาร | 0 2329 8212 ถึง 3 กด 1 |
| 5.4 อีเมล์ | kmitl.tlo@gmail.com, ip_kmitl@hotmail.com |

6. ผู้ประดิษฐ์/~~ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์~~ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
   นายบรรจง บุญชม อยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
   ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
   - [ ] คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง
   - [ ] ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ
   - [ ] ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การยื่นคำขอนอกราชอาณาจักร

| วันยื่นคำขอ | เลขที่คำขอ | ประเทศ | สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ | สถานะคำขอ |
|---|---|---|---|---|
| 8.1 | | | | |
| 8.2 | | | | |
| 8.3 | | | | |

8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย
☐ ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ☐ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้

9. การแสดงการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด
วันแสดง วันเปิดงานแสดง ผู้จัด

10. การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ

| 10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ | 10.2 วันที่ฝากเก็บ | 10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ |
|---|---|---|
| | | |

11. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันที่ยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำ เป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา
☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่น ๆ

12. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้ หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ.
☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา

13. คำขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~นี้ประกอบด้วย
- ก. แบบพิมพ์คำขอ 2 หน้า
- ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ ~~หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์~~ 5 หน้า
- ค. ข้อถือสิทธิ 2 หน้า
- ง. รูปเขียน 2 รูป 2 หน้า
- จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์
  - ☐ รูปเขียน - รูป - หน้า
  - ☐ ภาพถ่าย - รูป - หน้า
- ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์ 1 หน้า

14.เอกสารประกอบด้วย
- ☐ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
- ☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
- ☑ หนังสือมอบอำนาจ
- ☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ
- ☐ เอกสารการขอนับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย
- ☐ เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ
- ☑ เอกสารอื่นๆ สัญญาโอนสิทธิ สำเนาประกาศฯ แต่งตั้งอธิการบดี

15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า
- ☑ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~มาก่อน
- ☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก.....

16. ลายมือชื่อ (☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร; ☑ ตัวแทน)

(นางสาวณิชยา สืบสุข)
ตัวแทนผู้รับมอบอำนาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รายละเอียดการประดิษฐ์

**ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์**

กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมอะซิเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว

**สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์**

วิทยาการทางเคมี วัสดุศาสตร์ เภสัชศาสตร์ เคมีอาหารและเคมีเกษตร ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตแคลเซียมอะซิเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่

**ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง**

การผลิตแคลเซียมอะซิเตท สามารถผลิตได้จากสารตั้งต้น 2 ชนิด คือ กรดอะซิติก และสารประกอบที่เป็นแหล่งของแคลเซียม ซึ่งมักจะถูกเลือกนำมาใช้ในการผลิต เนื่องจากหาง่ายและมีราคาถูก ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ราคาถูกตามไปด้วย นั่นก็คือมักจะใช้แคลเซียมคาร์บอเนต ได้มาจากหินปูน หินอ่อน ปูนมาร์ล และเปลือกไข่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์

$$CaCO_3(s) + 2CH_3COOH(aq) \longrightarrow Ca(CH_3COO)_2(s) + H_2O(l) + CO_2(g) \quad 1$$

$$Ca(OH)_2(s) + 2CH_3COOH(aq) \longrightarrow Ca(CH_3COO)_2(s) + 2H_2O(l) \quad 2$$

$$CaO(s) + 2CH_3COOH(aq) \longrightarrow Ca(CH_3COO)_2(s) + H_2O(l) \quad 3$$

โดยจากปฏิกิริยาพื้นฐานการเตรียมแคลเซียมจากปฏิกิริยาด้านบน ไม่มีความซับซ้อนใดๆ แต่กลับพบว่าเกิดอุปสรรคด้านความเข้มข้นของกรดอะซิติก ความบริสุทธิ์ของแหล่งแคลเซียม สภาพกรด-เบส อุณหภูมิและระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยา ที่ส่งผลต่อร้อยละผลผลิตแคลเซียมอย่างชัดเจน

ตัวอย่างการสังเคราะห์ แคลเซียมอะซิเตท จากเปลือกไข่ (LI Yan-Po, 2010) ทำปฏิกิริยากับกรดอะซิติกที่มีความเข้มข้น 6 โมลต่อลิตร อุณหภูมิและระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยา เท่ากับ 79.38 องศาเซลเซียส และ 5.98 ชั่วโมง ตามลำดับ อัตราส่วนเปลือกไข่ต่อกรดอะซิติกเท่ากับ 1 : 5 ร้อยละผลผลิตคือ 98.48 และได้ทำการเพิ่มความบริสุทธิ์ของแคลเซียมอะซิเตท ด้วยการแปรรูปเปลือกไข่ไปเป็นแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งทำให้อุณหภูมิและระยะเวลาของปฏิกิริยาน้อยกว่าเดิม คือ 65 องศาเซลเซียส และ 15 นาที ตามลำดับ สารที่ได้จะมีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 99.79 กรรมวิธีที่กล่าวมานี้ เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างของแข็งและของเหลวที่มากกว่าหลายเท่า จึงทำให้เมื่อกระบวนการเสร็จสิ้นจะได้ผลิตภัณฑ์แคลเซียมอะซิเตทที่เป็นของแข็งผสมอยู่กับของเหลวที่เป็นน้ำดังปฏิกิริยาเบื้องต้น นอกจากนั้นการเตรียมแคลเซียมอะซิเตท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ผ่านมา มีความพยายามที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีต้นทุนต่ำและมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานในแต่ละด้าน จะต้องเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลักๆ คือ ต้นทุนของแหล่งวัตถุดิบ คือ กรดอะซิติกและแหล่งแคลเซียม จากสารตั้งต้นที่เกิดปฏิกิริยาดังปฏิกิริยาด้านบนทั้ง 3 ปฏิกิริยานั้น สังเกตเห็นว่า หากแหล่งของแคลเซียมถูกยึดว่า ต้องเป็นสารประกอบแคลเซียมสถานะของแข็งที่ต้นทุนถูก คือ แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมออกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ดังนั้นกรดอะซิติกจะเป็นสารตั้งต้นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตเป็นสำคัญ โดยจะอยู่ในรูปสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย และไม่ทราบความเข้มข้นที่เฉพาะเจาะจงนั่นคือความเข้มข้นของกรดอะซิติกนี้จะแตกต่างกันในแต่ละกระบวนการผลิตแคลเซียมอะซิเตทของผู้ผลิตแต่ละราย ซึ่งจะส่งผลเกี่ยวกับตัวแปรที่จะเกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการผลิต เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส และระยะของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ที่ต้องควบคุมของแต่กรรมวิธีการผลิต โดยตัวแปรเหล่านี้จะส่งผลให้แคลเซียมอะซิเตทตกตะกอนเป็นเกลือของแข็งผสมอยู่กับของเหลว ซึ่งกระบวนต่อเนื่องถัดไป คือ การแยกเกลือของแข็งออกจากน้ำที่เป็นของเหลว โดยหลักการทั่วไป ก็มักจะใช้การกรองแยก หรือไม่ก็การทำให้แห้ง

การผลิตแคลเซียมอะซิเตทที่ผ่านมามักจะใช้แหล่งแคลเซียมเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมออกไซด์ และแคลเซียมไอดรอกไซด์ที่ได้มาจากแร่หิน และแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกไข่ มาทำปฏิกิริยากับกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้นต่างๆ ด้วยกรรมวิธีการผลิตที่ต้องมีการควบคุมทั้งอุณหภูมิ ค่า pH การปั่นกวนผสม และระยะเวลาที่ยาวนาน

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น จึงสามารถแก้ไขโดยการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลเซียมออกไซด์ที่แปรรูปมาจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ที่ผ่านการบดละเอียดและทำให้บริสุทธิ์ มาทำปฏิกิริยากับกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นในช่วงร้อยละ 20-50 โดยมวล (w/w) แล้วนำมาปั่นกวนเป็นเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งให้แห้ง ในระยะเวลาที่สั้น ซึ่งไม่ต้องนำมาปรับค่าความเป็นกรดหรือเบส ไม่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ รวมถึงไม่ต้องกรองแยกของเหลวกับของแข็งต่างๆ ล้วนเป็นความแตกต่างที่ดีกว่า สะดวก รวดเร็ว ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย ตลอดจนลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมและปลอดภัยในการผลิต

**<u>ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์</u>**

การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตแคลเซียมอะซิเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ด้วยการนำเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่เหลือทิ้งแช่ในสารละลายคลอรีน นำไปล้างให้สะอาด และบดเป็นผงละเอียด แล้วนำมาเผาที่อุณหภูมิ 650 และ 850 องศาเซลเซียส จะได้สารแคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งนำมาใช้เป็นสารตั้งต้น จากนั้นนำสารตั้งต้นใส่ในภาชนะ เติมกรดอะซิติกที่ผ่านการทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจือจางด้วยน้ำ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20-50 โดยมวล (w/w) ทำการปั่นกวน และปล่อยทิ้งให้แห้ง จะได้สารประกอบแคลเซียมอะซิเตทที่มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน

จุดมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่เหลือทิ้งมาผลิตแคลเซียมอะซิเตท ซึ่งแคลเซียมอะซิเตทที่ได้สามารถดำเนินการได้ในระยะเวลาที่สั้น ไม่ต้องนำมาปรับค่าความเป็นกรดหรือเบส ไม่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ รวมถึงไม่ต้องกรองแยกของเหลวกับของแข็งต่างๆ

จุดมุ่งหมายอีกประการหนึ่ง เพื่อลดต้นทุนการนำเข้าแคลเซียมอะซิเตทจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาสูง เนื่องจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่หาง่ายโดยทั่วไป เป็นการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งเพื่อลดค่าใช้จ่าย ลดขั้นตอน สะดวกและรวดเร็วขึ้น ตลอดจนลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อม

<u>การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์</u>

การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตแคลเซียมอะซิเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ด้วยการนำมาผ่านขั้นตอนการเตรียมเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่บดเพื่อนำไปเป็นสารตั้งต้น ขั้นตอนการเตรียมสารละลายกรดอะซิติก

กรรมวิธีการเตรียมแคลเซียมอะซิเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

**1. การเตรียมแคลเซียมคาร์บอเนต หรือ แคลเซียมออกไซด์**

ก. นำเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ แช่ในสารละลายคลอรีนที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 5 เป็นเวลา 40-70 นาที ล้างออกด้วยน้ำสะอาด จากนั้นแบ่งออกเป็นสองส่วน โดยนำส่วนที่หนึ่งเผาที่อุณหภูมิ 350-450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60-120 นาที และนำส่วนที่สองเผาที่อุณหภูมิ 750-850 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60-120 นาที

ข. นำเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ที่ได้จากข้อ ก. ทั้งส่วนที่หนึ่งหรือส่วนที่สอง บดเป็นผงให้ละเอียด ขนาดไม่ต่ำกว่า 50 เมช จะได้สารแคลเซียมคาร์บอเนต หรือ แคลเซียมออกไซด์ ตามลำดับเพื่อนำมาใช้เป็นสารตั้งต้น

**2. การเตรียมสารละลายกรดอะซิติก**

นำกรดอะซิติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 90-100 โดยมวล (w/w) ปริมาตร 375-667 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยน้ำ เพื่อให้ได้กรดอะซิติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20-50 โดยมวล (w/w) โดยที่กรดอะซิติกที่เหมาะสมที่สุดที่นำมาใช้เจือจาง คือ ร้อยละ 99 โดยมวล (w/w)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมอะซิเตท

นำแคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลเซียมออกไซด์ ปริมาณ 2 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะ เติมกรดอะซิติกที่ผ่านการทำให้เจือจางด้วยน้ำ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20-50 โดยมวล (w/w) ปริมาณ 4 กิโลกรัม จากนั้นปั่นกวนเป็นเวลา 5-15 นาที และนำมาพักไว้โดยการปล่อยทิ้งให้แห้งในสภาวะอุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6-12 ชั่วโมง หรืออบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส 1-2 ชั่วโมง จะได้สารประกอบแคลเซียมอะซิเตทที่มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน

<u>สารละลายกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยมวล (w/w)</u>

นำแคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลเซียมออกไซด์ ปริมาณ 2 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะ เติมกรดอะซิติกที่ผ่านการทำให้เจือจางด้วยน้ำ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยมวล (w/w) ปริมาณ 4 กิโลกรัม จากนั้นปั่นกวนเป็นเวลา 5-15 นาที และนำมาพักไว้โดยการปล่อยทิ้งให้แห้งในสภาวะอุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6-12 ชั่วโมง หรืออบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส 1-2 ชั่วโมง จะได้สารประกอบแคลเซียมอะซิเตทที่มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน

<u>สารละลายกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30-50 w/w</u>

นำแคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลเซียมออกไซด์ ปริมาณ 2 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะ เติมกรดอะซิติกที่ผ่านการทำให้เจือจางด้วยน้ำ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30-50 โดยมวล (w/w) ปริมาณ 4 กิโลกรัม จากนั้นปั่นกวนเป็นเวลา 5-15 นาที และนำมาพักไว้โดยการปล่อยทิ้งให้แห้งในสภาวะอุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6-12 ชั่วโมงหรืออบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส 1-2 ชั่วโมง จะได้สารประกอบแคลเซียมอะซิเตทที่มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน

ร้อยละของความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายกรดอะซิติกมีผลต่อระยะเวลาการทำให้สารประกอบแคลเซียมอะซิเตทแห้งเร็วขึ้นหรือช้าลง โดยที่ความเข้มข้นของกรดอะซิติกร้อยละ 60 จะได้สารประกอบแคลเซียมอะซิเตทที่ใช้ระยะเวลาการทำให้แห้ง เร็วที่สุด แสดงตามตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงร้อยละความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายกรดอะซิติกมีผลต่อระยะเวลาการทำให้สารประกอบแคลเซียมอะซิเตทแห้ง

| กรดอะซิติก | | ระยะเวลาแห้งของสาร ณ สภาวะอุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส)/ชั่วโมง | ระยะเวลาแห้งของสาร อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส)/ชั่วโมง |
|---|---|---|---|
| ร้อยละของความเข้มข้น | ปริมาณของสาร/กิโลกรัม | | |
| 20 | 4 | 13-16 | 3 |
| 30 | 4 | 9-12 | 2 |
| 40 | 4 | 6-8 | 1 |
| 50 | 4 | 5-6 | 0.5 |

<u>คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ</u>

รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนกรรมวิธีผลิตแคลเซียมอะซิเตท จากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่

รูปที่ 2 สเปกตราการสั่นของแคลเซียมอะซิเตทที่เตรียมจากเปลือกหอย(บน)และหรือเปลือกไข่ (ล่าง) ด้วยฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

<u>วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด</u>

เหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข้อถือสิทธิ**

1. กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมอะซิเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

**การเตรียมแคลเซียมคาร์บอเนต หรือ แคลเซียมออกไซด์**

ก. นำเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ แช่ในสารละลายคลอรีนที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 5 เป็นเวลา 40-70 นาที ล้างออกด้วยน้ำสะอาด นำมาแบ่งออกเป็นสองส่วน โดยนำส่วนที่หนึ่งเผาที่อุณหภูมิ 350-450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60-120 นาที และนำส่วนที่สองเผาที่อุณหภูมิ 750-850 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60-120 นาที

ข. นำเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ที่ได้จากข้อ ก. ทั้งส่วนที่หนึ่งหรือส่วนที่สอง บดเป็นผงให้ละเอียด ขนาดไม่ต่ำกว่า 50 เมช จะได้สารแคลเซียมคาร์บอเนต หรือ แคลเซียมออกไซด์ ตามลำดับ เพื่อนำมาใช้เป็นสารตั้งต้น

**การเตรียมสารละลายกรดอะซิติก**

นำกรดอะซิติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 90-100 โดยมวล (w/w) ปริมาตร 375-667 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยน้ำ เพื่อให้ได้กรดอะซิติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20-50 โดยมวล (w/w)

**กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมอะซิเตท**

นำแคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลเซียมออกไซด์ ปริมาณ 2 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะ เติมกรดอะซิติกที่ผ่านการทำให้เจือจางด้วยน้ำ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20-50 โดยมวล (w/w) ปริมาตร 4 กิโลกรัม จากนั้นปั่นกวนเป็นเวลา 5-15 นาที และนำมาพักไว้โดยการปล่อยทิ้งให้แห้งในสภาวะอุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6-12 ชั่วโมง หรืออบให้แห้งที่ 60-80 องศาเซลเซียส 1-2 ชั่วโมง จะได้สารประกอบแคลเซียมอะซิเตทที่มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน

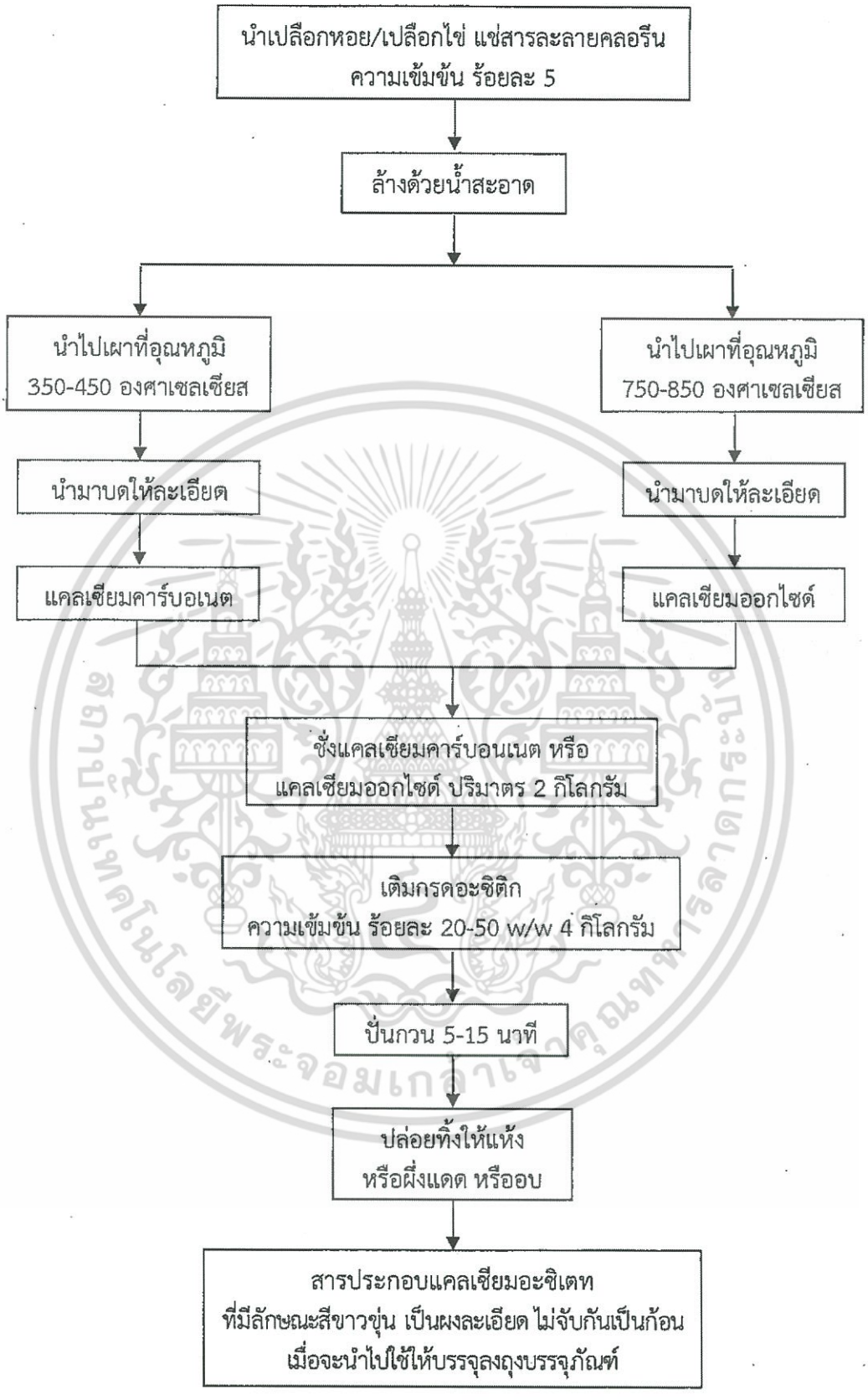
2. กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมอะซิเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ ตามข้อถือสิทธิ 1 ที่ซึ่งกรดอะซิติกที่เหมาะสมที่สุดที่นำมาใช้เจือจาง คือ ร้อยละ 99 โดยมวล (w/w)

3. กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมอะซิเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ ตามข้อถือสิทธิ 1 ที่ซึ่งความเข้มข้นของกรดอะซิติกร้อยละ 50 จะได้สารประกอบแคลเซียมอะซิเตทที่ใช้ระยะเวลาการทำให้แห้งเร็วที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

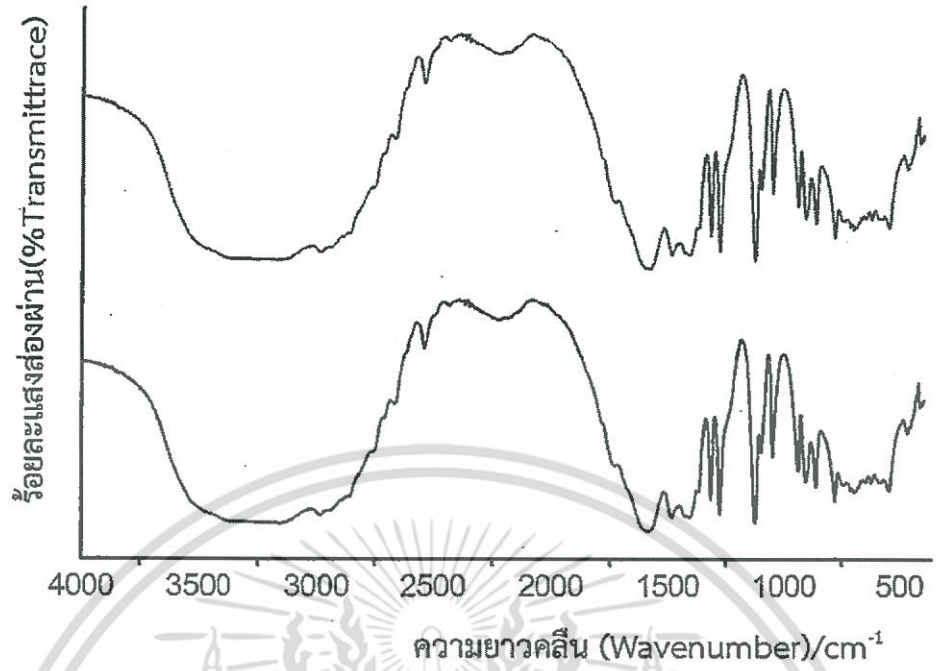
4. ผลิตภัณฑ์แคลเซียมอะซิเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าวตามข้อถือสิทธิ 1 ถึง 3 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่งสารแคลเซียมอะซิเตทที่ได้มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียดไม่จับกันเป็นก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 1**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทสรุปการประดิษฐ์

กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมอะซิเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว เป็นการนำเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่เหลือทิ้งแช่ในสารละลายคลอรีน ล้างให้สะอาดและบดเป็นผงละเอียด จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ ไม่เกิน 450 หรือ 850 องศาเซลเซียส จะได้สารแคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งนำมาใช้เป็นสารตั้งต้น นำสารตั้งต้นที่ได้ใส่ในภาชนะ เติมกรดอะซิติกที่ผ่านการทำให้เจือจางด้วยน้ำ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20-50 โดยมวล (w/w) ทำการปั่นกวน และปล่อยทิ้งให้แห้ง จะได้สารประกอบแคลเซียมอะซิเตทที่มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน ซึ่งแคลเซียมอะซิเตทที่ได้สามารถดำเนินการได้ในระยะเวลาที่สั้น ไม่ต้องนำมาปรับค่าความเป็นกรดหรือเบส ไม่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ รวมถึงไม่ต้องกรองแยกของเหลวกับของแข็งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

- [x] การประดิษฐ์
- [ ] การออกแบบผลิตภัณฑ์
- [ ] อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~นี้ ขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~ ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ.2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่2) พ.ศ.2535 และพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่3) พ.ศ.2542

| สำหรับเจ้าหน้าที่ | |
|---|---|
| วันรับคำขอ 31 มี.ค. 2560 | เลขที่คำขอ 1701001862 |
| วันยื่นคำขอ 31 มี.ค. 2560 | |
| สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ | |
| ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์ | |
| วันประกาศโฆษณา | เลขที่ประกาศโฆษณา |
| วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร | เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร |
| ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่ | |

อยู่ในความคุ้มครองตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ.๒๕๓๗ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำออกเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ากรณีใดๆ ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้สร้างสรรค์ ผู้ละเมิดต้องรับโทษทางแพ่งและทางอาญา

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/~~การออกแบบผลิตภัณฑ์~~
   กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมแลคเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่
   ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง
   กรุงเทพมหานคร 10520

   3.1 สัญชาติ ไทย
   3.2 โทรศัพท์ 0 2329 8212 ถึง 3 กด 17, 18
   3.3 โทรสาร 0 2329 8212 ถึง 3 กด 1
   3.4 อีเมล์ kmitl.tlo@gmail.com, ip_kmitl@hotmail.com

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~
   - [ ] ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ
   - [x] ผู้รับโอน
   - [ ] ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5. ตัวแทน (ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)
   นางสาวณิชยา สืบสุข
   อยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   สำนักบริหารงานวิจัยและนวัตกรรมพระจอมเกล้าลาดกระบัง
   เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง
   กรุงเทพมหานคร 10520

   5.1 ตัวแทนเลขที่ 2218
   5.2 โทรศัพท์ 0 2329 8212 ถึง 3 กด 17, 18
   5.3 โทรสาร 0 2329 8212 ถึง 3 กด 1
   5.4 อีเมล์ kmitl.tlo@gmail.com, ip_kmitl@hotmail.com

6. ผู้ประดิษฐ์/~~ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์~~ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
   นายบรรจง บุญชม อยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
   ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร
   เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
   - [ ] คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง
   - [ ] ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ
   - [ ] ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า


ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำออกเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การยื่นคำขอนอกราชอาณาจักร

| วันยื่นคำขอ | เลขที่คำขอ | ประเทศ | สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ | สถานะคำขอ |
|---|---|---|---|---|
| 8.1 | | | | |
| 8.2 | | | | |
| 8.3 | | | | |

8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย
☐ ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ☐ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้

9. การแสดงการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด
วันแสดง วันเปิดงานแสดง ผู้จัด

10. การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ

| 10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ | 10.2 วันที่ฝากเก็บ | 10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ |
|---|---|---|
| | | |

11. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันที่ยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำ เป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา
☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่น ๆ

12. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้ หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ.
☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา

13. คำขอรับสิทธิบัตร~~/อนุสิทธิบัตร~~นี้ประกอบด้วย

| | | | |
|---|---|---|---|
| ก. แบบพิมพ์คำขอ | | 2 | หน้า |
| ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ ~~หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์~~ | | 5 | หน้า |
| ค. ข้อถือสิทธิ | | 2 | หน้า |
| ง. รูปเขียน | 2 รูป | 2 | หน้า |
| จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์ | | | |
| ☐ รูปเขียน | - รูป | - | หน้า |
| ☐ ภาพถ่าย | - รูป | - | หน้า |
| ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์ | | 1 | หน้า |

14.เอกสารประกอบด้วย
☐ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
☑ หนังสือมอบอำนาจ
☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ
☐ เอกสารการขอนับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย
☐ เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ
☑ เอกสารอื่นๆ สัญญาโอนสิทธิ สำเนาประกาศฯ แต่งตั้งอธิการบดี

15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า
☑ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร~~/อนุสิทธิบัตร~~มาก่อน
☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก.....

16. ลายมือชื่อ (☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร; ☑ ตัวแทน)

(นางสาวณิชยา สืบสุข)
ตัวแทนผู้รับมอบอำนาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หมายเหตุ** บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

## รายละเอียดการประดิษฐ์

**ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์**

กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมแลคเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว

**สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์**

วิทยาการทางเคมี วัสดุศาสตร์ เภสัชศาสตร์ เคมีอาหารและเคมีเกษตร ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตแคลเซียมแลคเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่

**ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง**

การผลิตแคลเซียมแลคเตท สามารถผลิตได้จากสารตั้งต้น 2 ชนิด คือ กรดแลคติก และสารประกอบที่เป็นแหล่งของแคลเซียม ซึ่งมักจะถูกเลือกนำมาใช้ในการผลิต เนื่องจากหาง่ายและมีราคาถูก ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ราคาถูกตามไปด้วย นั่นก็คือมักจะใช้แคลเซียมคาร์บอเนต ได้มาจากหินปูน หินอ่อน ปูนมาร์ล เปลือกไข่ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์

$$CaCO_3(s) + 2CH_3CHOHCOOH(aq) \longrightarrow Ca(CH_3CHOHCOO)_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g) \quad 1$$

$$Ca(OH)_2(s) + 2CH_3CHOHCOOH(aq) \longrightarrow Ca(CH_3CHOHCOO)_2(aq) + 2H_2O(l) \quad 2$$

$$CaO(s) + 2CH_3CHOHCOOH(aq) \longrightarrow Ca(CH_3CHOHCOO)_2(aq) + H_2O(l) \quad 3$$

โดยจากปฏิกิริยาพื้นฐานการเตรียมแคลเซียมแลคเตทจากปฏิกิริยาด้านบน จะมีความซับซ้อนในส่วนของปัจจัยด้านความเข้มข้นของกรดแลคติก ความบริสุทธิ์ของแหล่งแคลเซียม สภาพกรด-เบส อุณหภูมิ และระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยา ที่เป็นความลับทางการค้า

จากการสืบค้นงานวิจัยและสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง เป็นการเตรียมแคลเซียมแลคเตทจากเปลือกไข่ งานวิจัยของ วิจิตรา แดงปรก ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา (2550) กล่าวถึง การเตรียมแคลเซียมแลคเตทเปลือกไข่ผง เป็นการนำมาทำปฏิกิริยาด้วยกรดแลคติก เตรียมได้ด้วยการละลายเปลือกไข่ผงจำนวน 100 กรัม ในกรดแลคติกจำนวน 200 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 2,800 มิลลิลิตร (สัดส่วนของเปลือกไข่ผงต่อกรดแลคติกได้จากการคำนวณจากสมการเคมีคือ แคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกไข่ผงจำนวน 1 โมลจะสามารถทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดแลคติกจำนวน 2 โมล และกำหนดให้ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกไข่ผงเท่ากับร้อยละ 90 และความเข้มข้นของกรดแลคติกที่ใช้คือ ร้อยละ 88.1 แล้วทำการกวนข้ามคืนที่อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40 องศาเซลเซียส เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ นำเอาสารผสมที่ได้ไปโฮโมจีไนซ์ที่อุณหภูมิห้อง ที่ความเร็วรอบ 14,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้เกลือแคลเซียมสามารถละลายได้ดี กรองผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 1 แล้วนำสารละลายใสที่ได้จากการกรองไปทำแห้งโดยวิธีการทำแห้งแบบระเหิด (Freeze-drying) ก็จะได้แคลเซียมแลคเตทจากเปลือกไข่ตามต้องการ

งานวิจัยของ Sun Hee Cheong (2016) วิธีการหมักการสังเคราะห์แคลเซียมแลคเตทจากแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปผลึกอะราโกไนต์ กล่าวถึง การนำน้ำหมัก MRS 3 มิลลิลิตร มาใส่ใน หม้ออัดความดันไอน้ำแรงสูง 121 องศาเซลเซียส 15 นาที แล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 46-47 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาเติม ร้อยละ3 แลคโทบาซิลลัส แลคตีส แล้วค่อยเติม ร้อยละ 5 ผงแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 72 ชั่วโมง ปั่นที่ความเร็ว 12,000 รอบ 20 นาที เพื่อแยกเซลล์และ $CaCO_3$ ที่เกินพอ ปรับให้เป็นด่าง pH 11-12 ด้วย $Ca(OH)_2$ และต้มให้เดือด 30 นาที ทำการกรองแยก แล้วปรับสภาพให้เป็นกลางด้วยกรดแลคติก ทำให้แห้งที่ 80 องศาเซลเซียส จะได้ผงแคลเซียมแลคเตท

คำขอรับสิทธิบัตรสหรัฐอเมริกา เลขที่ US 2143359A เรื่อง “Fermentation process of making white calcium lactate” กล่าวถึง การผลิตผงผลึกสีขาวแคลเซียมแลคเตทจากกรดแลคติกที่หมักแป้งด้วยจุลินทรีย์ แลคโตบาซิลลัสที่ผสมกับแคลเซียมคาร์บอเนต ขณะงานวิจัยด้านการศึกษาก็มีการพยายามสังเคราะห์อย่างมากมาย โดยส่วนใหญ่แล้ว จะทำการศึกษาตัวแปรหลักต่างกัน เช่น สารตั้งต้น ความเข้มข้น อุณหภูมิ pH ระยะเวลาการทำปฏิกิริยา ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์แคลเซียมแลคเตทมีคุณภาพความบริสุทธิ์สูงขึ้น ร้อยละผลผลิตสูง และมีต้นทุนสูงไปด้วย

การผลิตแคลเซียมที่ผ่านมาจะมีการใช้แหล่งแคลเซียมเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมออกไซด์ และแคลเซียมไอดรอกไซด์ที่ได้มาจากแร่หิน และแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกไข่มาทำปฏิกิริยากับกรดแลคติก ที่ความเข้มข้นต่างๆ ด้วยกรรมวิธีการผลิตที่ต้องมีการควบคุม ทั้งอุณหภูมิ ค่า pH อัตราการปั่นกวนผสม และระยะเวลาที่ยาวนาน

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น จึงสามารถแก้ไขโดยการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลเซียมออกไซด์ ที่แปรรูปมาจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ที่ผ่านการบดละเอียดและทำให้บริสุทธิ์ มาทำปฏิกิริยากับกรดแลคติกที่ความเข้มข้นในช่วงร้อยละ 30-60 โดยมวล (w/w) และน้ำ แล้วนำมาปั่นกวนเป็นเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งให้แห้ง ในระยะเวลาที่สั้น ซึ่งไม่ต้องนำมาปรับค่าความเป็นกรด หรือเบส ไม่ต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุณหภูมิ รวมถึงไม่ต้องกรองแยกของเหลวกับของแข็งต่างๆ ล้วนเป็นความแตกต่างที่ดีกว่า สะดวก รวดเร็ว ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย ตลอดจนลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมและปลอดภัยในการผลิต

<u>ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์</u>

การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตแคลเซียมแลคเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ ด้วยการนำเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่เหลือทิ้งแช่ในสารละลายคลอรีน นำไปล้างให้สะอาด และบดเป็นผงละเอียด แล้วนำไปเผาที่สองภาวะ คือ ที่อุณหภูมิ 450 และ 850 องศาเซลเซียส จะได้สารแคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งนำมาใช้เป็นสารตั้งต้น จากนั้นนำสารตั้งต้นใส่ในภาชนะ เติมน้ำสะอาด เติมกรดแลคติกที่ผ่านการทำให้เจือจางด้วยน้ำ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30-60 โดยมวล (w/w) ทำการปั่นกวน และปล่อยทิ้งให้แห้ง จะได้สารประกอบแคลเซียมแลคเตทที่มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน

จุดมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่เหลือทิ้งมาผลิตแคลเซียมแลคเตท ซึ่งแคลเซียมแลคเตทที่ได้สามารถดำเนินการได้ในระยะเวลาที่สั้น ไม่ต้องนำมาปรับค่าความเป็นกรดหรือเบส ไม่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ รวมถึงไม่ต้องกรองแยกของเหลวกับของแข็งต่างๆ ซึ่งเมื่อแห้งแล้ว ก็สามารถนำผลิตภัณฑ์มาบดหรือทำให้ละเอียดได้เลย

จุดมุ่งหมายอีกประการหนึ่ง เพื่อลดต้นทุนการนำเข้าแคลเซียมแลคเตทจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาสูง เนื่องจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่หาง่ายโดยทั่วไป เป็นการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งเพื่อลดค่าใช้จ่าย ลดขั้นตอน สะดวกและรวดเร็วขึ้น ตลอดจนลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อม

<u>การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์</u>

การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตแคลเซียมแลคเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ ด้วยการนำมาผ่านขั้นตอนการเตรียมเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่บดเพื่อนำไปเป็นสารตั้งต้น ขั้นตอนการเตรียมสารละลายกรดแลคติก

กรรมวิธีการเตรียม และผลิตแคลเซียมแลคเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

**1. การเตรียมแคลเซียมคาร์บอเนต หรือ แคลเซียมออกไซด์**

ก. นำเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ แช่ในสารละลายคลอรีนที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 5 เป็นเวลา 40-70 นาที ล้างออกด้วยน้ำสะอาด นำมาแบ่งออกเป็นสองส่วน โดยนำส่วนที่หนึ่งเผาที่อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

350-450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60-120 นาที และนำส่วนที่สองเผาที่อุณหภูมิ 750-850 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60-120 นาที

ข. นำเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ที่ได้จากข้อ ก. ทั้งส่วนที่หนึ่ง หรือ ส่วนที่สอง บดเป็นผงให้ละเอียด ขนาดไม่ต่ำกว่า 50 เมช จะได้สารแคลเซียมคาร์บอเนต หรือ แคลเซียมออกไซด์ ตามลำดับ เพื่อนำมาใช้เป็นสารตั้งต้น

**2. การเตรียมสารละลายกรดแลคติก**

นำกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 80-90 โดยมวล (w/w) ปริมาตร 375-667 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยน้ำ เพื่อให้ได้กรดแลคติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 30-60 โดยมวล (w/w) โดยที่กรดแลคติกที่เหมาะสมที่สุดที่นำมาใช้เจือจาง คือ ร้อยละ 88 โดยมวล (w/w)

**3. กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมแลคเตท**

นำแคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลเซียมออกไซด์ ปริมาณ 1 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะ เติมน้ำสะอาดปริมาตร 1 กิโลกรัม เติมกรดแลคติกที่ผ่านการทำให้เจือจางด้วยน้ำ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30-60 โดยมวล (w/w) ปริมาณ 2 กิโลกรัม จากนั้นปั่นกวนเป็นเวลา 5-15 นาที และนำมาพักไว้โดยการปล่อยทิ้งให้แห้งในสภาวะอุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6-12 ชั่วโมง หรืออบให้แห้งที่ 60-80 องศาเซลเซียส 1-2 ชั่วโมง จะได้สารประกอบแคลเซียมแลคเตทที่มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน

<u>สารละลายกรดแลคติก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยมวล (w/w)</u>

นำแคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลเซียมออกไซด์ ปริมาณ 1 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะ เติมน้ำสะอาดปริมาณ 1 กิโลกรัม เติมกรดแลคติกที่ผ่านการทำให้เจือจางด้วยน้ำ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยมวล (w/w) ปริมาณ 2 กิโลกรัม จากนั้นปั่นกวนเป็นเวลา 5-15 นาที และนำมาพักไว้โดยการปล่อยทิ้งให้แห้งในสภาวะอุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6-12 ชั่วโมง หรืออบให้แห้งที่ 60-80 องศาเซลเซียส 1-2 ชั่วโมง จะได้สารประกอบแคลเซียมแลคเตทที่มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน

<u>สารละลายกรดแลคติก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 40-60 w/w</u>

นำแคลเซียมคาร์บอเนต หรือ แคลเซียมออกไซด์ ปริมาณ 1 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะ เติมน้ำสะอาดปริมาณ 1 กิโลกรัม เติมกรดแลคติกที่ผ่านการทำให้เจือจางด้วยน้ำ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 40-60 โดยมวล (w/w) ปริมาณ 2 กิโลกรัม จากนั้นปั่นกวนเป็นเวลา 5-15 นาที และนำมาพักไว้โดยการปล่อยทิ้งให้แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาวะอุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6-12 ชั่วโมงหรืออบให้แห้งที่ 60-80 องศาเซลเซียส 1-2 ชั่วโมง จะได้สารประกอบแคลเซียมแลคเตทที่มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน

ร้อยละของความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายกรดแลคติกมีผลต่อระยะเวลาการทำให้สารประกอบแคลเซียมแลคเตทแห้งเร็วขึ้นหรือช้าลง โดยที่ความเข้มข้นของกรดแลคติกร้อยละ 60 จะได้สารประกอบแคลเซียมแลคเตทที่ใช้ระยะเวลาการทำให้แห้ง เร็วที่สุด แสดงตามตารางที่ 1

**ตารางที่** 1 แสดงร้อยละของความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายกรดแลคติกมีผลต่อระยะเวลาการทำให้สารประกอบแคลเซียมแลคเตทแห้ง

| กรดแลคติก | | ระยะเวลาแห้งของสารสภาวะอุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส)/ชั่วโมง | ระยะเวลาแห้งของสารอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส)/ชั่วโมง |
|---|---|---|---|
| ร้อยละของความเข้มข้น | ปริมาณของสาร/กิโลกรัม | | |
| 30 | 2 | 12-15 | 2 |
| 40 | 2 | 11-13 | 1 |
| 50 | 2 | 10-12 | 0.5 |
| 60 | 2 | <10 | 0.5 |

<u>คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ</u>

รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนกรรมวิธีผลิตแคลเซียมแลคเตท จากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่

รูปที่ 2 สเปกตราการสั่นของแคลเซียมแลคเตทที่เตรียมจากเปลือกหอย (สีดำ) และหรือเปลือกไข่ (สีแดง) ด้วยฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

<u>วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด</u>

เหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข้อถือสิทธิ**

1. กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมแลคเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

<u>การเตรียมแคลเซียมคาร์บอเนต หรือ แคลเซียมออกไซด์</u>

ก. นำเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ แช่ในสารละลายคลอรีนที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 5 เป็นเวลา 40-70 นาที ล้างออกด้วยน้ำสะอาด นำมาแบ่งออกเป็นสองส่วน โดยนำส่วนที่หนึ่งเผาที่อุณหภูมิ 350-450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60-120 นาที และนำส่วนที่สองเผาที่อุณหภูมิ 750-850 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60-120 นาที

ข. นำเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ที่ได้จากข้อ ก. ทั้งส่วนที่หนึ่งหรือส่วนที่สอง บดเป็นผงให้ละเอียด ขนาดไม่ต่ำกว่า 50 เมช จะได้สารแคลเซียมคาร์บอเนต หรือ แคลเซียมออกไซด์ ตามลำดับ เพื่อนำมาใช้เป็นสารตั้งต้น

<u>การเตรียมสารละลายกรดแลคติก</u>

นำกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 80-90 โดยมวล (w/w) ปริมาตร 375-667 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยน้ำ เพื่อให้ได้กรดแลคติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 30-60 โดยมวล (w/w)

<u>กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมแลคเตท</u>

นำแคลเซียมคาร์บอเนตหรือแคลเซียมออกไซด์ ปริมาตร 1 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะ เติมน้ำสะอาด ปริมาตร 1 กิโลกรัม เติมกรดแลคติกที่ผ่านการทำให้เจือจางด้วยน้ำ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30-60 โดยมวล (w/w) ปริมาตร 2-4 กิโลกรัม จากนั้นปั่นกวนเป็นเวลา 5-15 นาที และนำมาพักไว้โดยการปล่อยทิ้งให้แห้งในสภาวะอุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6-12 ชั่วโมง หรืออบให้แห้งที่ 60-80 องศาเซลเซียส 1-2 ชั่วโมง จะได้สารประกอบแคลเซียมแลคเตทที่มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน

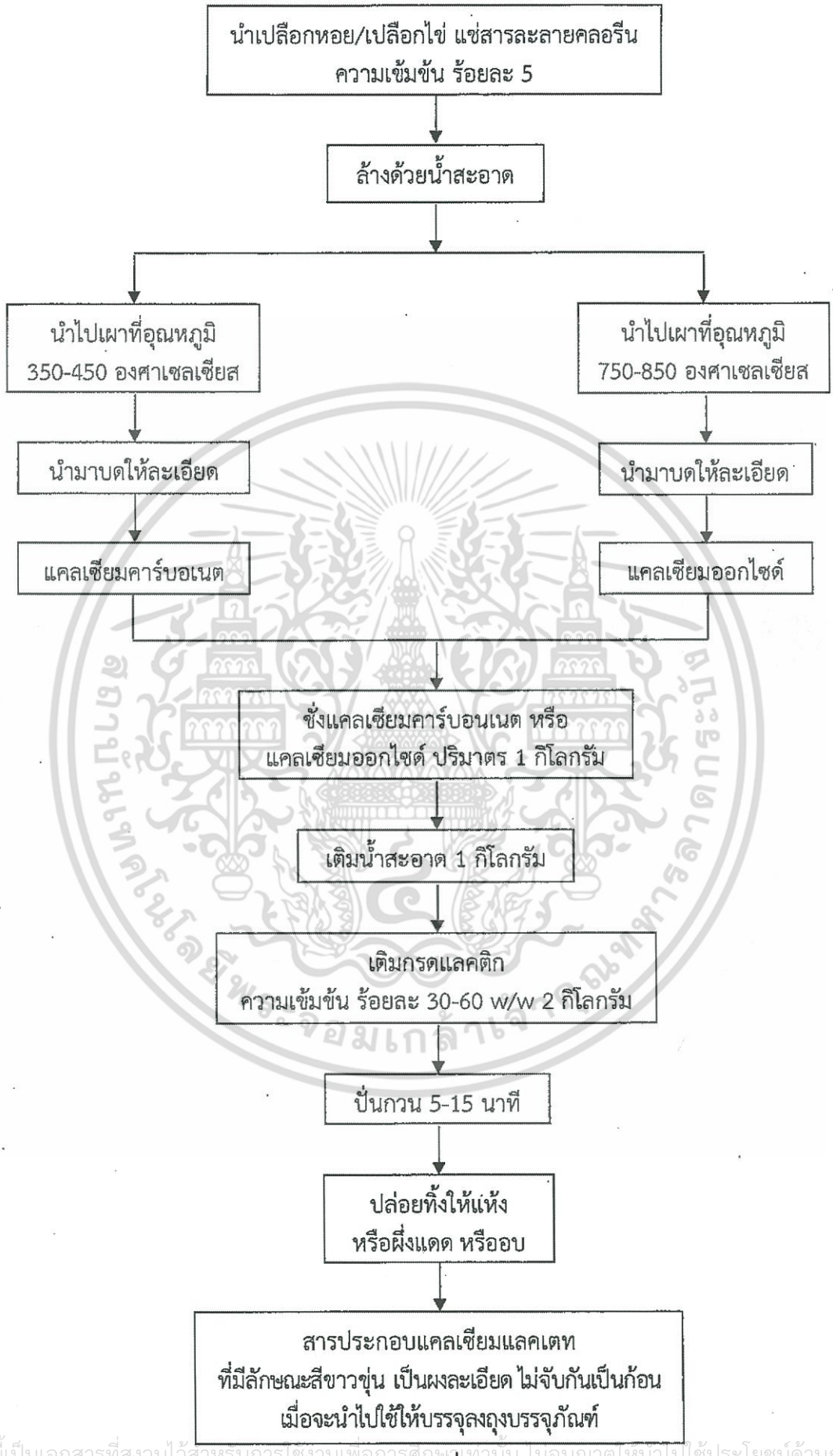
2. กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมแลคเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ ตามข้อถือสิทธิ 1 ที่ซึ่งกรดแลคติกที่เหมาะสมที่สุดที่นำมาใช้เจือจาง คือ ร้อยละ 88 โดยมวล (w/w)

3. กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมแลคเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ ตามข้อถือสิทธิ 1 ที่ซึ่งความเข้มข้นของกรดแลคติกร้อยละ 60 จะได้สารประกอบแคลเซียมแลคเตทที่ใช้ระยะเวลาการทำให้แห้งเร็วที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

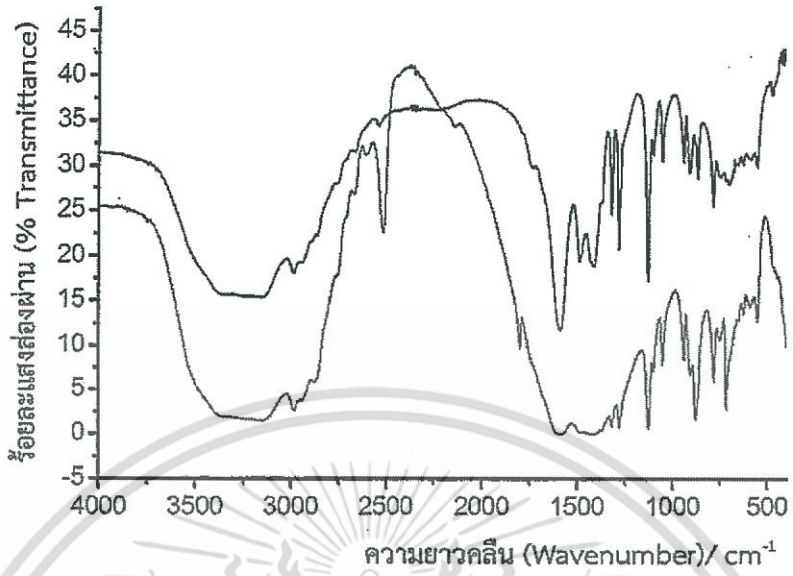
4. ผลิตภัณฑ์แคลเซียมแลคเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าวตามข้อถือสิทธิ 1 ถึง 3 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่งสารแคลเซียมแลคเตทที่ได้มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียดไม่จับกันเป็นก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 1**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทสรุปการประดิษฐ์

กรรมวิธีการผลิตแคลเซียมแลคเตทจากเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว เป็นการนำเปลือกหอยและหรือเปลือกไข่เหลือทิ้งแช่ในสารละลายคลอรีน ล้างให้สะอาดและบดเป็นผงละเอียด แล้วนำไปเผาที่สภาวะอุณหภูมิไม่เกิน 450 และ 850 องศาเซลเซียส จะได้สารแคลเซียมคาร์บอเนต หรือ แคลเซียมออกไซด์ ตามลำดับ ซึ่งนำมาใช้เป็นสารตั้งต้น จากนั้นนำสารตั้งต้นที่ได้ใส่ในภาชนะ เติมน้ำสะอาด เติมกรดแลคติกที่ผ่านการทำให้เจือจางด้วยน้ำ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30-60 โดยมวล (w/w) ทำการปั่นกวน และปล่อยทิ้งให้แห้ง จะได้สารประกอบแคลเซียมแลคเตทที่มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน ซึ่งแคลเซียมแลคเตทที่ได้สามารถดำเนินการได้ในระยะเวลาที่สั้น ไม่ต้องนำมาปรับค่าความเป็นกรดหรือเบส ไม่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ รวมถึงไม่ต้องกรองแยกของเหลวกับของแข็งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

- [x] การประดิษฐ์
- [ ] การออกแบบผลิตภัณฑ์
- [ ] อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~นี้ ขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~ ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ.2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่2) พ.ศ.2535 และพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่3) พ.ศ.2542

**สำหรับเจ้าหน้าที่**

| วันรับคำขอ | เลขที่คำขอ |
|---|---|
| 4 ตุลาคม 2556 | 1301005725 |
| วันยื่นคำขอ 4 ตุลาคม 2556 | |

สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ

ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์

ประเภทผลิตภัณฑ์

| วันประกาศโฆษณา | เลขที่ประกาศโฆษณา |
|---|---|
| วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร | เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร |

ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่

ยกเว้นค่าธรรมเนียม

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/~~การออกแบบผลิตภัณฑ์~~

กรรมวิธีการผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) โดยใช้เปลือกหอยแครงและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่ ในจำนวน

ตามกฎกระทรวง พ.ศ. ๒๕๔๗ ว่าด้วยอัตราค่าธรรมเนียมและการยกเว้นค่าธรรมเนียม
คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน
สำหรับสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร และประกาศคณะกรรมการสิทธิบัตร

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520 **และอยู่ต่อหน้า3**

3.1 สัญชาติ ไทย
~~3.2 โทรศัพท์ 02-329-8212 ถึง 3 กด 17, 18~~
3.3 โทรสาร 02-329-8212 ถึง 3 กด 1
3.4 อีเมล์ ip_kmitl@hotmail.com

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~

- [ ] ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ
- [x] ผู้รับโอน
- [ ] ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5. ตัวแทน (ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)

นายธีรยุทธ บูรณพิทักษ์สันติ อยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 และ/หรือ นางสาวอรุณศรี ศรีธนะอิทธิพล อยู่ที่สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ 111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

5.1 ตัวแทนเลขที่ 2339,1463
5.2 โทรศัพท์ 02-3298212 กด 17,18
5.3 โทรสาร 023298212 กด 1
5.4 อีเมล์ ip_kmitl@hotmail.com

6. ผู้ประดิษฐ์/~~ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์~~ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)

1. นายบรรจง บุญชม 2.นายเชษรฐา รัตนพันธ์ อยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม

ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร

เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ

- [ ] คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง
- [ ] ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ
- [ ] ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลข กำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

8. การยื่นคำขอนอกราชอาณาจักร

| วันยื่นคำขอ | เลขที่คำขอ | ประเทศ | สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ | สถานะคำขอ |
|---|---|---|---|---|
| 8.1 | | | | |
| 8.2 | | | | |
| 8.3 | | | | |

8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย
☐ ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ☐ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้

9. การแสดงการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด
วันแสดง วันเปิดงานแสดง ผู้จัด

10. การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ

| 10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ | 10.2 วันที่ฝากเก็บ | 10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ |
|---|---|---|
| | | |

11. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันที่ยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา
☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่น ๆ

12. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ.
☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา

13. คำขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~นี้ประกอบด้วย
- ก. แบบพิมพ์คำขอ 3 หน้า
- ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ ~~หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์~~ 6 หน้า
- ค. ข้อถือสิทธิ 1 หน้า
- ง. รูปเขียน 4 รูป 3 หน้า
- จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์
  - ☐ รูปเขียน - รูป - หน้า
  - ☐ ภาพถ่าย - รูป - หน้า
- ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์ 1 หน้า

14.เอกสารประกอบด้วย
- ☐ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
- ☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
- ☐ หนังสือมอบอำนาจ
- ☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ
- ☐ เอกสารการขอนับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย
- ☐ เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ
- ☑ เอกสารอื่น ๆ เอกสารยื่นประกอบคำขอรับสิทธิบัตร

15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า
- ☑ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/~~อนุสิทธิบัตร~~มาก่อน
- ☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก.....

16. ลายมือชื่อ ( ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร; ☑ ตัวแทน )

(นายธีรยุทธ บูรณพิทักษ์สันติ )
ตัวแทนผู้รับมอบอำนาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลง เนื้อหาของเอกสารนี้ก่อนนำไปใช้

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

3.ผู้ขอรับสิทธิ.

สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ 111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

กรรมวิธีการผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) โดยใช้เปลือกหอยแครงและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

นำเปลือกหอยแครงเหลือทิ้งล้างให้สะอาดและบดละเอียด นำมาผ่านขั้นตอนทางเคมีโดยการทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดฟอสฟอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยค่อยเติมและทำการปั่นกวนจนกระทั่งปฏิกิริยาสิ้นสุด สังเกตได้จากไม่มีฟองแก๊สและปล่อยทิ้งให้แห้ง จะได้สารที่มีลักษณะเป็นผงสีขาวขุ่น หากต้องการนำมาใช้ให้บรรจุใส่ถุงภาชนะแล้วจึงบีบหรือกดให้ละเอียดก็จะได้โมโนแคลเซียมฟอสเฟตไฮเดรต ($Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$) จากเปลือกหอยแครงที่สามารถนำไปใช้สำหรับอาหารสัตว์และปุ๋ย คือ เริ่มด้วยการชั่งเปลือกหอยแครงที่บดละเอียดมาบดผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันอย่างดีกับโมโนแคลเซียมฟอสเฟตไดไฮเดรต เมื่อผสมให้ของแข็งทั้งสองคลุกเคล้ากันอย่างดีแล้ว นำไปเผาในเตาเผาแบบสภาวะอากาศปกติ ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้เมื่อเสร็จจากการเผา จะได้ไตรแคลเซียมฟอสเฟตจากเปลือกหอยแครง

จุดมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเปลือกหอยแครงเหลือทิ้งมาผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) ซึ่งไตรแคลเซียมฟอสเฟต ที่ได้จากเปลือกหอยแครงจะมีข้อดีคือ เป็นการนำเปลือกหอยแครงที่เหลือทิ้งจำนวนมากโดยเปลือกหอยแครง จะมีองค์ประกอบทางเคมีหลัก ๆ คือ แคลเซียมคาร์บอเนต อยู่มากกว่าร้อยละ 96 จึงสามารถใช้เป็นสารตั้งต้น ทดแทนสารแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ที่เป็นสารทางการค้าที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่าร้อยละ 99 หรือ ที่ผลิตจากหินปูนในธรรมชาติที่มีความบริสุทธิ์มากกว่าร้อยละ 90

จุดมุ่งหมายอีกประการหนึ่ง เพื่อลดต้นทุนการนำเข้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) จากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูง เปลือกหอยแครงเป็นวัสดุที่หาง่ายโดยทั่วไปและเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งเพื่อลดค่าใช้จ่ายลดขั้นตอนให้สะดวกและรวดเร็วขึ้น ตลอดจนลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อม หรือสารที่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยสารแคลเซียมคาร์บอเนตทางค้าจะมีราคาค่อนข้างแพง หากได้แหล่งของแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยจำนวนมากที่เป็นขยะของเหลือทิ้ง ยากแก่การกำจัด จะทำให้ประหยัดต้นทุนการผลิต รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าของเปลือกหอยแครงและเป็นการนำเปลือกหอยแครงที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ลดขยะในธรรมชาติ เป็นการเปลี่ยนขยะจากสิ่งหนึ่งเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ สร้างวัฏจักรของการเปลี่ยนรูปของเปลือกหอยอย่างคุ้มค่า เป็นวิธีการใช้ทรัพยากรและรักษาสภาวะสิ่งแวดล้อมในรูปแบบหนึ่ง

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

วิทยาการทางเคมีและวัสดุศาสตร์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟตจากเปลือกหอยแครง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

หอยแครงเป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของประเทศ เป็นที่นิยมบริโภคกันโดยทั่วไป เพราะมีราคาถูก แหล่งที่มีการเลี้ยงหอยแครงกันมาก ได้แก่ สมุทรสงคราม เพชรบุรี สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ภูเก็ต สตูล และปัตตานี จากการบริโภคหอยแครงเป็นจำนวนมาก ผู้บริโภคจะบริโภคในส่วนของเนื้อหอยแครงเท่านั้น แต่ในส่วนของเปลือกหอยแครงก็จะกลายเป็นของเหลือทิ้ง กลุ่มชุมชนหรือชาวบ้านบางแห่งจะนำเปลือกหอยแครงมาประดิษฐ์เป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด แต่โดยส่วนใหญ่จะประดิษฐ์เป็นผลิตภัณฑ์ตกแต่งบ้าน

ในปัจจุบันพบว่าทางอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมมีการนำเปลือกหอยแครงมาผลิตเป็นหินปูน คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และ เผาที่อุณหภูมิสูงเป็นปูนขาว คือ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นต้น แต่ยังไม่พบว่ามีการนำเปลือกหอยแครงมาผลิตเป็นไตรแคลเซียมฟอสเฟต($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) เนื่องจากต้องนำเข้าจากต่างประเทศและใช้ในปริมาณมาก จึงส่งผลให้มีราคาขายในท้องตลาดมีราคาสูง

ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) เป็นสารเคมีที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะใช้ในทางการแพทย์ เป็นสารชีวโมเลกุล มักถูกใช้เป็นสารประกอบทางชีวภาพและทางกระดูกของมนุษย์และสิ่งมีชีวิต เนื่องจากความคล้ายคลึงกันของไตรแคลเซียมฟอสเฟตกับไฮดรอกซีอะปาไทต์ สารนี้จึงถูกใช้เป็นส่วนประกอบในกระดูกที่เป็นอวัยวะของมนุษย์ เป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตไฮดรอกซีอะปาไทต์ ที่แสดงความเป็นมิตรต่ออวัยวะ มีความสามารถดูดซับได้ดีในร่างกาย ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) มีโครงสร้างหลายแบบ คือ รอมโบฮีดรอล โมโนคลีนิก และอรโทรรอมบิก รูปผลึกของไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่มีการศึกษากันอย่างแพร่หลายจะมีอยู่ สามรูปผลึก คือ แอลฟาไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($\alpha$-$Ca_3(PO_4)_2$; TCP) ซุปเปอร์แอลฟาไตรแคลเซียมฟอสเฟต และเบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($\beta$-$Ca_3(PO_4)_2$; TCP) โดยที่อัญรูปแกมม่าจะไม่เป็นที่น่าสนใจเพราะจะเปลี่ยนรูปไปเป็นแอลฟาในขั้นตอนการลดอุณหภูมิ ส่วนอัญรูปเบต้าจะเสถียรที่อุณหภูมิปกติ แต่สภาวะอุณหภูมิสูงประมาณ 1125 องศาเซลเซียสจะจัดเรียงตัวทางโครงสร้างใหม่กลายเป็นอัญรูปแอลฟา ซึ่งเป็นอัญรูปกึ่งเสถียรจนกระทั่งอุณหภูมิห้องในระหว่างลดอุณหภูมิลง อัญรูปเบต้าเสถียรที่อุณหภูมิห้อง หากให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 1125 องศาเซลเซียส จะกลายเป็นอัญรูปแอลฟา หากสูงกว่า1430 องศาเซลเซียสจะกลายเป็นอัญรูปซุปเปอร์แอลฟา อุณหภูมิของจุดหลอมเหลว คือ 1756 องศาเซลเซียส สัดส่วนในจินตนาภาพระหว่าง แคลเซียมต่อฟอสฟอรัส (Ca/P) ของไตรแคลเซียมฟอสเฟต คือ 1.5 และความหนาแน่นเท่ากับ 3.17 กรัมต่อมิลลิลิตร

สำหรับการเตรียมไตรแคลเซียมฟอสเฟตในอดีตมีอยู่สองเทคนิคด้วยกัน คือ เทคนิคการเตรียมแบบสถานะของแข็ง (Solid state method) และการเตรียมแบบปฏิกิริยาเคมีเปียก (Wet-chemical method) ตัวอย่างการสังเคราะห์ ได้แก่ Jatcho และ Bolen (1976) เตรียมด้วยสารตั้งต้น $Ca(NO_3)_2$ กับ $(NH_4)_2HPO_4$) ด้วยปฏิกิริยาการตกตะกอนที่อัตราการปั่นกวนอย่างช้า ๆ Osaka และคณะ(1991) เตรียมด้วยปฏิกิริยาความเป็นกลาง ด้วยสารตั้งต้นเป็น $Ca(OH)_2$ กับ $H_3PO_4$ Jinn-Shing Lee และ Chung-King Hsu (1999) เตรียมแบบสถานะของแข็งด้วยการผสม โมโนแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ กับแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ในอัตราส่วนโมล Ca/P เท่ากับ 0.25-0.15 ผสมด้วยเครื่องผสมในตัวกลางเป็นเอทานอล แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1350 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง Mayer และคณะ เตรียมด้วยสถานะของแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อุณหภูมิสูง สองขั้นตอน โดยเตรียมด้วยสารตั้งต้น คือ $CaCO_3$ กับ กับ $(NH_4)_2HPO_4$) บดผสมแล้วเผาขั้นแรกที่ 300 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเผาต่อที่ 1100 องศาเซลเซียส เวลาข้ามคืน อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสต่อนาที Mirhadi และคณะ (2011) เตรียมเบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต ด้วยการตกตะกอนระหว่าง $Ca(NO_3)_2 \times 4H_2O$ กับ $(NH_4)HPO_4$ ด้วยปรับ pH ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้มีค่าเท่ากับ 8 และ 10.8 ปั่นกวนเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นกรองตะกอนแล้วนำตะกอนไปอบให้แห้งที่ 80องศาเซสเซียส ค่อยนำไปเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซสเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง Zhang และคณะ (2005) เตรียมด้วยการเติมสารละลายกรดฟอสฟอริกลงในแคลเซียมคาร์บอเนตจะเป็นมีลักษณะเป็นสสัด จากนั้นนำของผสมไปใส่เครื่องอัตราโซนิกประมาณ 60 นาที ภายใต้การปั่นกวนอย่างสม่ำเสมอ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองตะกอน ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นและแอลกอฮอล์ นำไปอบที่ 80 องศาเซลเซียสให้แห้ง จากนั้นค่อยนำไปเผาที่ 800, 850, 950, 1050, 1150 และ 1250 องศาเซลเซียส การเตรียมด้วยวิธีด้วยกันนี้ แต่ได้เปลี่ยนแปลงแหล่งของแคลเซียม เป็น สาร $CaCl_2$, $Ca(OH)_2$ และ $Ca(NO_3)_2.2H_2O$ และแหล่งของฟอสฟอรัสเป็น $H_3PO_4$ และ $(NH_4)_2HPO_4$ Gbureck และคณะ (2008) ได้เตรียม TCP ด้วยการให้ความร้อนโมนีไทต์ ($CaHPO_4$) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ใสสัดส่วน Ca:P เท่ากับ 1.5 ที่ 1400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง Sanosh c และคณะ (2010) ได้เตรียม TCP ด้วยเทคนิคโซลเจล จากสารตั้งต้นเป็น โปแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($KH_2PO_4$) กับ $Ca(NO_3)_2.2H_2O$ ปรับ pH 10 ด้วยแอมโมเนีย ($NH_3$) วางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองแล้วทำให้แห้งที่ 40 องศาเซลเซียส แล้วนำไปเผาที่ 200-800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที Liou และคณะ (2002) ได้เตรียม TCP จากการเผาอะปาไทต์ ($Ca_9(HPO_4(PO_4)_5(OH)$ โดยเตรียมได้จากสารตั้งต้น เป็น$Ca(CH_3COO)_2.xH_2O$, $Ca(NO_3)_2.4H_2O$ and $H_3PO_4$, และ $(NH_4)H_2PO_4$ ด้วยการเตรียมสารตั้งต้นเป็นสารละลาย แล้วค่อยหยดสารที่เป็นแหล่งฟอสฟอรัสใส่ลงในแหล่งของแคลเซียมที่สภาวะอุณหภูมิห้องเวลา 2 ชั่วโมง แล้วปรับ pH 9 ด้วยสารละลายแอมโมเนียม กรองแล้วทำให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ประมาณ 12 ชั่วโมง จากนั้นเผานำไปเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 500 องศาเซลเซียส ก็จะได้ TCP

สำหรับสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องการเตรียมสาร TCP นั้นก็มียื่นจดตั้งแต่ปี 1988 U.S. Pat. no 4717556 หัวข้อถือสิทธิ์ หลักการผลิต $\beta$-TCP โดยการผสมไฮโดรเจนแคลเซียมฟอสเฟต ($CaHPO_4.2H_2O$) กับ แคลเซียมคาร์บอเต ($CaCO_3$) ในสัดส่วนโมลของ Ca/P = 1: 1.5 แล้วค่อยเติมน้ำให้เป็นสสัดแล้วผสมในเครื่องผสมประมาณ 24 ชั่วโมง แล้วกรองแยกตะกอน นำตะกอนไปอบที่ 80 องศาเซลเซียส แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ก็จะได้ $Ca_3(PO_4)_2.nH_2O$ และในปี 1994 ก็มีการถือสิทธิ์ใน หลักการเตรียมแคลเซียมฟอสเฟต U.S. Pat no. 5322675 โดยมีกระบวนการคล้ายกัน กับสิทธิบัตรที่กล่าวก่อนนี้ คือ เตรียมจากสารตั้งต้นเป็น แคลเซียมคาร์บอเนตและโมโนแคลเซียมฟอสเฟต ในสัดส่วนโมลของ Ca:P เท่ากับ 1.45-1.67 แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 720-1150 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 1-10 ชั่วโมง อีกสิทธิบัตรหนึ่ง คือ หลักการเตรียมผงผลึกแอลฟาและเบต้าไตรแคลเซียม ฟอสเฟต U.S. Pat. No. US 2003/0235622A1 อธิบายการเตรียมจากสารตั้งต้นไดแอมโมเนียมฟอสเฟต $(NH_4)_2HPO_4$ และสารละลายแคลเซียมไนเทรต ปรับ pH ด้วย $NH_4OH$ จนได้ตะกอน จากนั้นนำไปเผาที่ 800 องศาเซสเซียม จะได้ $\alpha$-TCP และเผาที่ 1200 องศาเซลเซียส พร้อมลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว จะได้ $\beta$-TCP และปี 2012 ได้มีการยื่นถือสิทธิบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WO2012102602A1 เพื่อถือสิทธิ์การเปลี่ยนหินปูนไปเป็นไตรแคลเซียมฟอสเฟต ด้วยการเผาที่สภาวะอุณหภูมิสูงกว่า 800 องศาเซลเซียส

จากงานวิจัยและสิทธิบัตรที่มีมาจนถึงปัจจุบันนี้ พบว่า การเตรียมไตรแคลเซียมฟอสเฟต (TCP) เตรียมได้จากสารตั้งต้นที่เป็นแหล่งของแคลเซียมและแหล่งของฟอสฟอรัส โดยแหล่งแคลเซียม ที่ใช้กันมากที่สุด คือ แคลเซียมไนเทรต แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ส่วนฟอสฟอรัส มักใช้กรดฟอสฟอริก และแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ปกติแล้วสารที่ใช้นั้น จะเป็นสารที่มีระดับความบริสุทธิ์ในทางการค้า คือ เกรดระดับอุตสาหกรรม หรือเกรดระดับปฏิบัติการ ราคาค่อนข้างแพง เมื่อผลิตได้ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ก็จะราคาแพงไปด้วย แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99 มีราคาประมาณ 1,000 บาทต่อกิโลกรัม อีกทั้งยังต้องอาศัยการนำเข้าจากต่างประเทศ

จากสาเหตุเหล่านี้ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่ค่อนข้างสูงและสิ้นเปลืองเวลาในการขนส่ง ดังนั้นจึงมีการพิจารณาถึงแหล่งแคลเซียมคาร์บอเนตทดแทน ซึ่งพบว่าเปลือกหอยชนิดต่างๆมีความเป็นไปได้ในการทดแทน เนื่องจากหอยถูกนิยมนำมาประกอบอาหารเพื่อบริโภคในชีวิตประจำวันของคนไทยมากมาย รวมถึงผลิตภัณฑ์หอยแปรรูปในระดับอุตสาหกรรมซึ่งส่วนใหญ่เป็นสินค้าวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร เมื่อมีการเหลือเปลือกทิ้งจำนวนมหาศาล ซึ่งส่งผลให้เปลือกหอยมีปริมาณมากกลายเป็นขยะเหลือทิ้งปริมาณกว่า 10000 ตันต่อปี โดยเฉพาะเปลือกหอยแครง อีกวิธีนำเปลือกหอยไปใช้ คือการนำไปผลิต ในประเทศสหรัฐอเมริกา มีการจดสิทธิบัตรเกี่ยวกับกระบวนการนำเปลือกปูนขาว โดยการนำเปลือกหอยไปเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส แต่ราคาขายปูนขาวก็ไม่แพงมากนัก คือราคาประมาณ 5-30 บาทต่อ ในทางองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหอยนั้น จะมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ขึ้นอยู่กับเปลือกหอยชนิดต่าง ๆ โดยพบว่าเปลือกหอยทุกชนิดจะมีปริมาณแคลเซียมร้อยละมากกว่า 90 ยิ่งสำหรับเปลือกหอยแครงจะมีแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ร้อยละ 98 ส่วนที่เหลือร้อยละ 2 ประกอบด้วยสารประกอบอนินทรีย์ เช่น แคลเซียมฟอสเฟต ซิลิกอน และอื่นและสีของเปลือกหอย เนื่องจากเปลือกหอยประกอบด้วยแคลเซียมเป็นส่วนใหญ่ จึงมีการนำส่วนของเปลือกหอยมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตอาหารเสริมแคลลอรีย์ต่ำแบบเม็ดโดยใช้ของเหลือทิ้ง เช่น นำมาใช้เป็นแหล่งแคลเซียมที่เสริมลงในอาหาร นอกจากนั้นมีการผลิตแคลเซียมผงจากเปลือกหอยเพื่อประสิทธผลทางการแพทย์ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาโอกาสในการใช้ประโยชน์เปลือกหอยซึ่งเป็นของเสียเหลือทิ้งนั้นมีอยู่อย่างจำกัด

เนื่องจากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะนำเปลือกหอย มาใช้เป็นแหล่งแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ในกระบวนการผลิตไตรแคลเซียสฟอสเฟต ($Ca_3PO_4)_2$; TCP) ซึ่งสามารถเพิ่มมูลค่าของขยะเหลือทิ้งให้เป็นสารที่มีความสำคัญทางการแพทย์ ทางเครื่องสำอางค์ ทางอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ใช้สารดังกล่าวเป็นองค์ประกอบ ด้วยกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน ประหยัดเวลาไม่ใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์เพิ่มเติมซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการผลิต ทำให้ราคาต้นทุนการผลิตต่ำ ทำให้ได้สารไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่ราคาต่ำ ทำให้สามารถแข่งขันกับตลาดการนำเข้าสารนี้ จากต่างประเทศได้

<u>การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์</u>

กรรมวิธีการผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟตเริ่มจากการเตรียมเบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($\beta$-$Ca_3(PO_4)$; TCP) ผ่านกรรมวิธีการแบบสองขั้นตอน เริ่มจากขั้นตอนแรก คือ การปั่นกวนผสมระหว่างของแข็งที่เป็นเปลือกหอยแครง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บดละเอียดกับของเหลวที่เป็นกรดฟอสริกความเข้มข้นประมาณร้อยละ 70 ในอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเปลือกหอยแครง : กรดฟอสเฟอริก เท่ากับ 1.0:2.0 ปั่นกวนไปเรื่อย ๆ จนกว่าฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) จะเกิดขึ้นจนหมดไป ใช้เวลาประมาณ 30-60 นาที สังเกตฟองแก๊สหมดแล้ว ตะกอนของแข็งจะฟูขึ้นของเหลว คือกรดฟอสฟอริกจะหมดไป เหลืออยู่ในภาชนะเฉพาะของแข็ง โดยของแข็งที่ได้รับจากกรรมวิธีการผลิตนี้ คือ โมโนแคลเซียมฟอสเฟตไฮเดรต ($Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$) ถูกผึ่งให้แห้งในสภาวะอากาศปกติ หรือนำไปผึ่งแดด ประมาณ 3-6 ชั่วโมง จะได้โมโนแคลเซียมฟอสเฟตไฮเดรตที่แห้งสนิท จึงจะนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในขั้นตอนการที่สอง คือ เริ่มด้วยการชั่งเปลือกหอยแครงที่บดละเอียด ประมาณ 2000 กรัม มาบดผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันอย่างดี กับโมโนแคลเซียมฟอสเฟตไฮเดรต ประมาณ 2520 กรัม เมื่อผสมให้ของแข็งทั้งสองคลุกเคล้ากันอย่างดีแล้ว ถ่ายของแข็งผสมทั้งสองไปใส่ถ้วยกระเบื้อง แล้วนำไปเผาในเตาเผาแบบสภาวะอากาศปกติ ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้เมื่อเสร็จจากการเผา จะได้ของแข็งสีขาวสวยงาม แผนภาพกรรมวิธีการผลิต แสดงดังแผนผังรูปที่ 1

ตารางสรุปผลการทดลองการผลิตและลักษณะเฉพาะเบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($\beta$-$Ca_3(PO_4$, TCP) โดยใช้เปลือกไหอยแครงเป็นแหล่งแคลเซียมคาร์บอเนต

| ลักษณะเฉพาะเบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต($\beta$-$Ca_3(PO_4)$ ผลิตจากเปลือกหอยแครง | ($\beta$-$Ca_3(PO_4$, TCP) |
|---|---|
| อุณหภูมิในการเผา(°C) | 900 |
| เวลาการเผาแช่(hrs.) | 3 |
| สี | ขาว |
| ความหนาแน่น (g/mL) | 3.10 |
| ไฟล์มาตรฐานทางโครงสร้าง XRD (PDF no.) | 70-2065 |
| ขนาดเกรนเฉลี่ย (μm) | 92.45±12.35 |

จากรูปที่ 2 กราฟแสดงผลการตรวจสอบผลึกโดยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกส์ (XRD) ของเบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($\beta$-$Ca_3(PO_4)$ ; TCP) ที่เตรียมได้ ซึ่งรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์นั้นสอดคล้องกับรูปแบบการเลี้ยวเบนมาตรฐาน เลขที่ 75-1149 ของเบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($\beta$-$Ca_3(PO_4)$; TCP) โดยมีโครงสร้างผลึกแบบอรโทรมอบิก

จากรูปที่ 3 แสดงลักษณะของการสั่นของหน่วยย่อยพื้นฐานของเบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($\beta$-$Ca_3(PO_4)$; TCP) ที่เตรียมได้ โดยมีรูปแบบการสั่นที่เกิดจากฟอสเฟตแอนไอออน ($PO_4^{3-}$) ที่บริเวณเลขคลื่นเท่ากับ 602 518 $cm^{-1}$ ($\nu_{Ti-O}$) และ 468 $cm^{-1}$ ($\nu_{Ti-O-Ti}$) และมีเอกลักษณ์การสั่นของพันธะแคลเซียมกับออกซิเจน (Ca-O) ที่ตำแหน่งพีคในช่วง 550-440 $cm^{-1}$

จากรูปที่ 4 แสดงสัญฐานวิทยาบริเวณพื้นผิวของเบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต (($\beta$-$Ca_3(PO_4)$; TCP) ที่เตรียมได้ พบว่ามีขนาดเกรนเฉลี่ยเท่ากับ 92.45±12.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 แผนผังแสดงกระบวนการเตรียมเบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($\beta$-$Ca_3(PO_4)$; TCP) จากเปลือกหอยแครง

รูปที่ 2 กราฟแสดงผลการตรวจสอบผลึกโดยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) ของเบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($\beta$-$Ca_3(PO_4)$; TCP) จากเปลือกหอยแครง

รูปที่ 3 กราฟแสดงผลการตรวจสอบโครงสร้างด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (FTIR) ของเบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($\beta$-$Ca_3(PO_4)$; TCP) จากเปลือกหอยแครง

รูปที่ 4 แสดงสัญฐานวิทยาบริเวณพื้นผิวของเซรามิกเบต้าไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($\beta$-$Ca_3(PO_4)$; TCP) จากเปลือกหอยแครง

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทสรุปการประดิษฐ์

กรรมวิธีการผลิตไตรแคลเซียมฟอตเฟส จากเปลือกหอยแครง และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว เป็นการนำเปลือกหอยแครงเหลือทิ้งมาล้างให้สะอาดและบดละเอียด นำมาผ่านขั้นตอนทางเคมีโดยการทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดฟอสฟอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 70 ในสัดส่วนโมลของแคลเซียมต่อกรดฟอสฟอริก 1 : 2 จะได้สารที่มีลักษณะเป็นผงสีขาวขุ่นแล้วนำไปผสมเปลือกหอยแครงที่บดละเอียดเมื่อคลุกเคล้ากันอย่างดีแล้ว นำไปเผาในเตาเผาแบบสภาวะปกติ ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสจะได้ของแข็งสีขาว ซึ่งเหมาะที่จะนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ เป็นสารตัวเติม สารดูดซับ สารอาหารเสริมของร่างกายทั้งมนุษย์เองและสัตว์เลี้ยงต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข้อถือสิทธิ

1. กรรมวิธีการผลิต จากเปลือกหอยแครง ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

ก. นำเปลือกหอยแครงมาล้างให้สะอาดและบดให้ละเอียด

ข. นำเปลือกหอยแครงที่ผ่านการบดละเอียดในปริมาณ 10000 กรัม

ค. ปั่นกวนอย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา เติมสารละลายฟอสฟอริกความเข้มข้นระหว่างร้อยละ 65-75 ปริมาตร 1200-1500 มิลลิลิตร จนปฏิกิริยาสิ้นสุด สังเกตจากการไม่มีฟองแก๊สสีขุ่นเกิดขึ้น

ง. ปล่อยทิ้งให้แห้งในสภาวะอุณหภูมิห้อง (30-45 องศาเซลเซียส) หรือนำไปผึ่งแดด หรือนำไปอบ จะได้สารที่มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียดไม่จับกันเป็นก้อน

จ. ผสมกับเปลือกหอยที่บดละเอียด ($CaCO_3$) ปริมาณ 20000-2500 กรัม

ฉ. นำไปเผาที่อุณหภูมิ ในช่วง 900-1200 $^{\circ}C$ จะได้สารที่มีลักษณะผงสีขาว

2. กรรมวิธีการผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) จากเปลือกหอยแครง ตามข้อถือสิทธิ 1 ที่ซึ่งความเข้มข้นของกรดฟอสฟอริก คือ ร้อยละ 70

3. กรรมวิธีการผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) จากเปลือกหอยแครง ตามข้อถือสิทธิ 1 ถึง 2 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่งปริมาตรของกรดฟอสฟอริกที่ใช้ อยู่ในช่วง.. 1200-1500 มิลลิลิตร

4. กรรมวิธีการผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) จากเปลือกหอยแครง ตามข้อถือสิทธิ 3 ที่ซึ่งปริมาตรความเข้มข้นของกรดฟอสฟอริกที่ดีที่สุด คือ 1400-1700 มิลลิลิตร ที่ซึ่งความเข้มข้นของกรดฟอสฟอริกที่เติมลงไปคำนวณจากอัตราส่วนโมลระหว่างแคลเซียมกับฟอสฟอรัส คือ 1.5 : 2.0

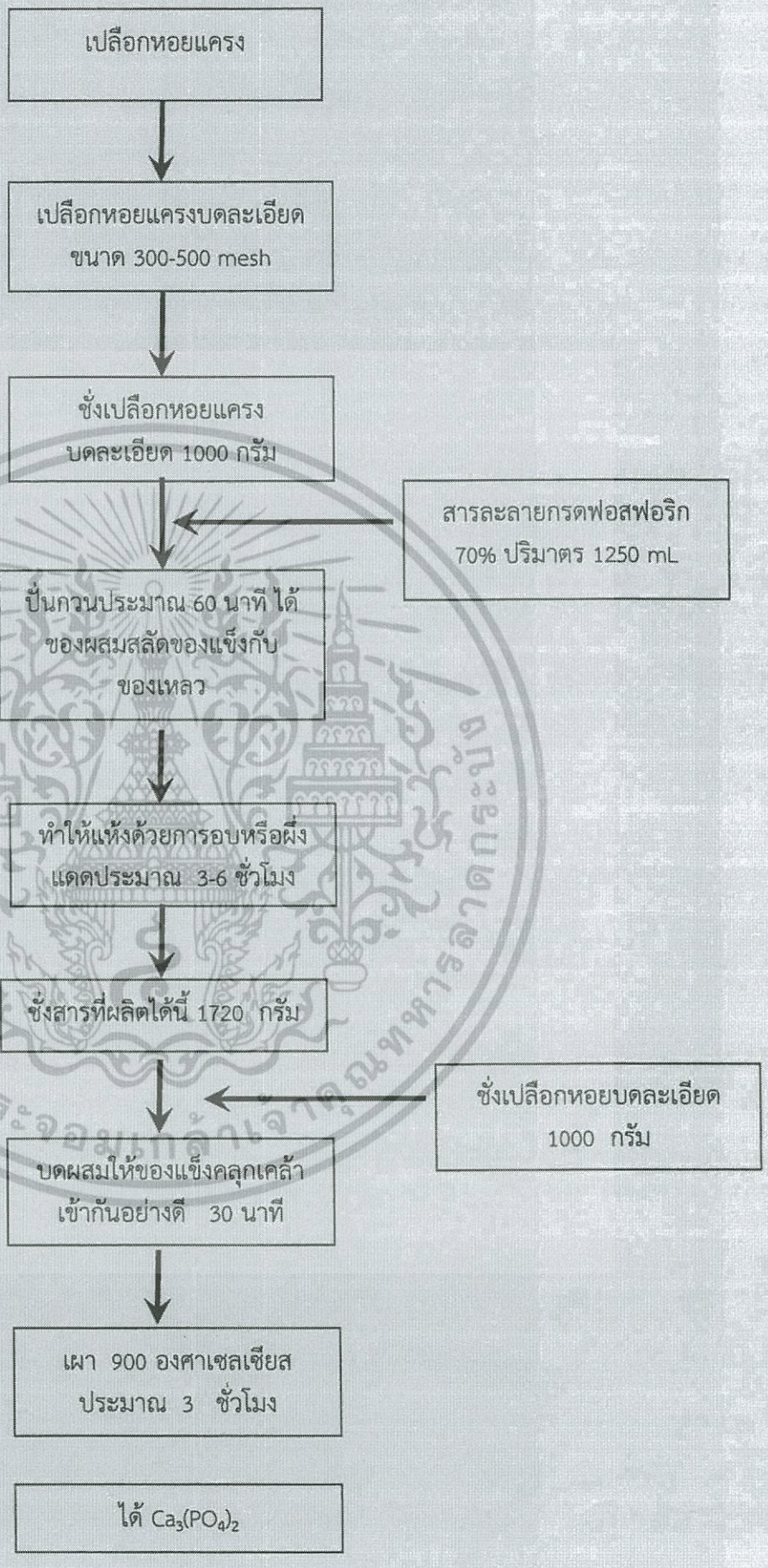
5. กรรมวิธีการผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) จากเปลือกหอยแครง ตามข้อถือสิทธิ 1 ถึง 4 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่งสารละลายฟอสฟอริกเตรียมได้จากการผสมน้ำกลั่นกับกรดฟอสฟอริก ในสัดส่วนร้อยละ 70

6. กรรมวิธีการผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) จากเปลือกหอยแครง ตามข้อถือสิทธิ 1 ถึง 5 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ซึ่งความเข้มข้นของกรดฟอสฟอริกที่เติมลงไปคำนวณจากอัตราส่วนโมลระหว่างแคลเซียมกับฟอสฟอรัส คือ 1.5 : 1.0

7. กรรมวิธีการผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) จากเปลือกหอยแครง ตามข้อถือสิทธิ 1 ถึง 6 ข้อใดข้อหนึ่ง ที่ได้มีลักษณะสีขาวขุ่น เป็นผงละเอียดไม่จับกันเป็นก้อนคือ โมโนแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca(H_2PO_4)_2.2H_2O$) ไปผสมกับเปลือกหอยที่บดละเอียด ($CaCO_3$) ในสัดส่วนโมลระหว่างเปลือกหอยต่อได้แคลเซียมฟอสเฟตเท่ากับ 1.5:1.0 แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ ในช่วง 900-1200 $^{\circ}C$ เป็นเวลาระหว่าง 2-3 ชั่วโมง

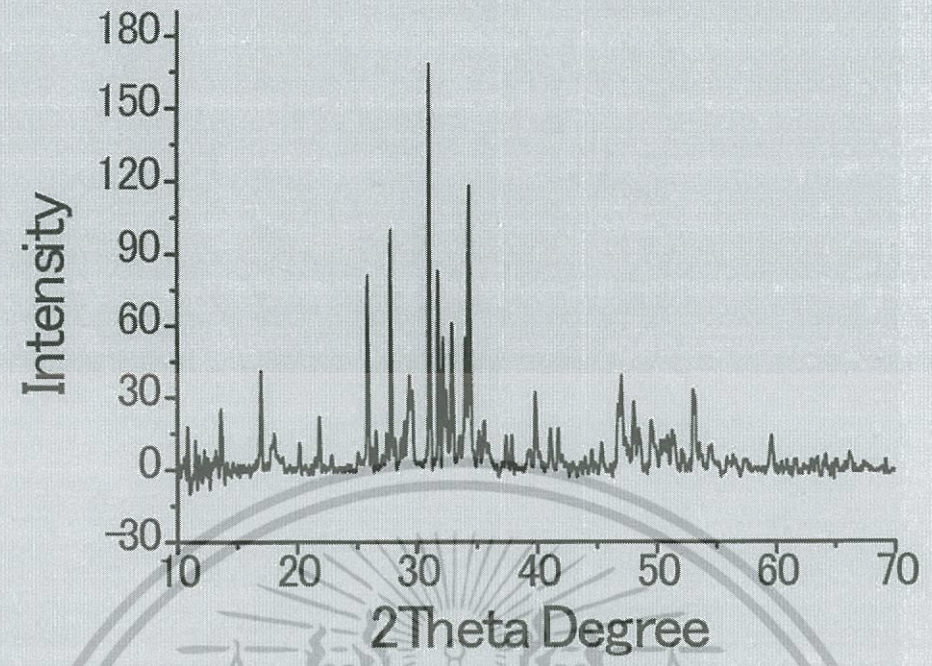
8. ผลิตภัณฑ์ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว ตามข้อถือสิทธิ 1ถึง 7 ข้อใดข้อหนึ่งที่ซึ่ง สารไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) จากเปลือกหอยแครงที่ได้มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

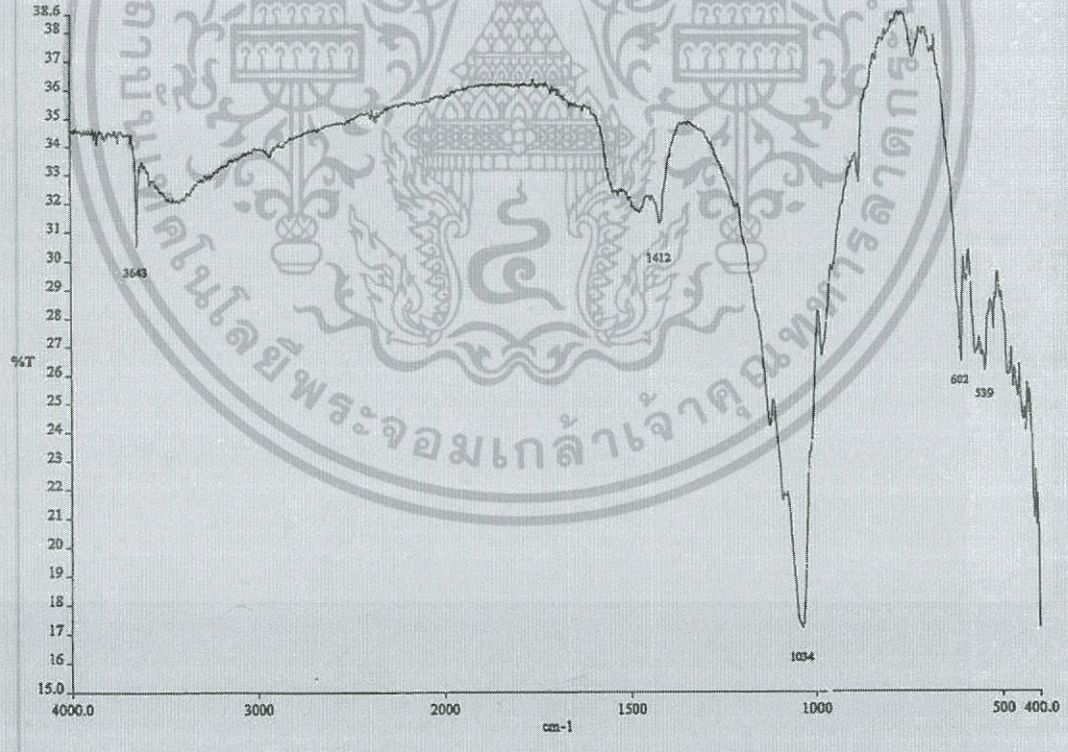



รูปที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

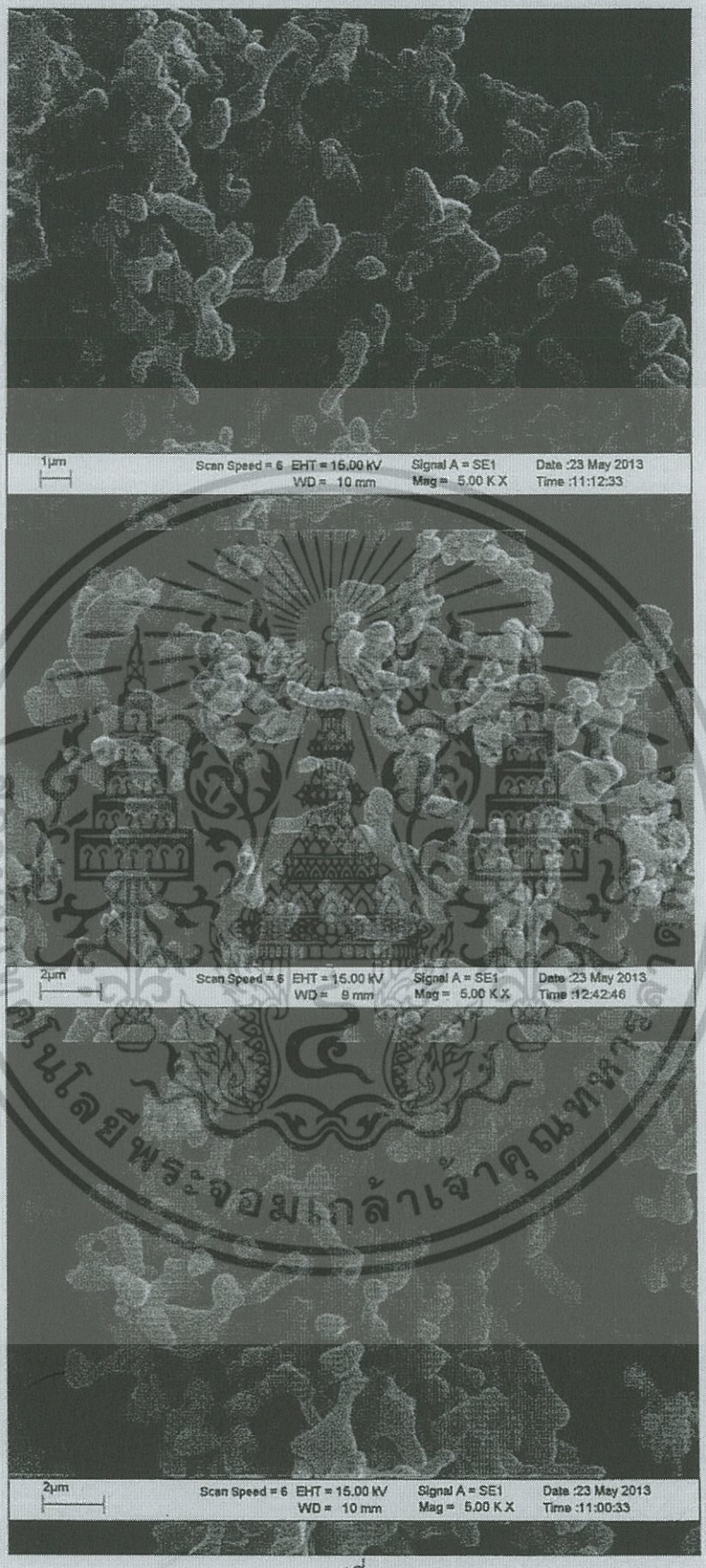



รูปที่ 2




รูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย ให้แนบแบบรายงานการใช้จ่ายเงิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาเลขที่ 25600105067 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2559 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2560

แหล่งทุน:เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์

ชื่อโครงการ : การผลิตสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกหอยและเปลือกไข่

ชื่อหัวหน้าโครงการ: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรจง บุญชม

| ว/ด/ป | รายการ | เลขที่อ้างถึง | รายการรับ - จ่าย | | | รายรับ | รายจ่าย | | | | | | รวม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | รับ | จ่าย | คงเหลือ | ดอกเบี้ยรับ | งบบุคลากร | งบดำเนินงาน | | | | งบลงทุน | รายจ่าย |
| | | | | | | | ค่าจ้างชั่วคราว | ค่าตอบแทน | ค่าใช้สอย | ค่าวัสดุ | ค่าสาธารณูปโภค | ค่าครุภัณฑ์ | |
| | งบประมาณที่ได้รับการอนุมัติ (ตามแผน) | | 860,000.00 | | | | | | | | | | - |
| | จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 1 = 85%) | 931000 | 731,000.00 | | 39,900 | 0.73 | | | | | | | |
| | จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 2 = 15%) | 931000 | 129,000.00 | | 0 | 18.32 | | | | | | | |
| | จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 3) | | | | - | | | | | | | | |
| | **หัก ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 1)** | | | 691,100.00 | | | 109,200.00 | - | 399,765.33 | 182,134.67 | - | - | 691,100.00 |
| | **ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 2)** | | | 168,900.00 | | | 46,800.00 | - | 58,100.00 | 64,000.00 | - | - | 168,900.00 |
| | งบประมาณคงเหลือ | | 860,000.00 | | - | 19.05 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | **รายละเอียดค่าใช้จ่าย** | | | | | | | | | | | | |
| **ครั้งที่ 1** | | | | | | | | | | | | | |
| 30/3/60 | ค่าจ้างชั่วคราว 7 เดือน | - | | | | | 109,200.00 | | | | | | 109,200.00 |
| 30/3/60 | ค่าสารเคมีต่างๆ | 5809227 | | | | | | | | 18,238.15 | | | 18,238.15 |
| 30/3/60 | ค่าเปลือกหอย แครง แมลงภู่ และนางรม | 3101100202521_1 | | | | | | | | 70,000.00 | | | 70,000.00 |
| 30/3/60 | ค่าเปลือกไข่ไก่และไข่เป็ด | 3101100202521_2 | | | | | | | | 60,000.00 | | | 60,000.00 |
| 20/4/60 | ค่ากรดอะซิติก แลคติก ซิตริก | 6001085 | | | | | | | | 10,753.50 | | | 10,753.50 |
| 30/4/60 | ค่าเดินทาง ลงพื้นที่ และที่พัก (รวมบิล) | 3330900751136 | | | | | | | 30,000.00 | | | | 30,000.00 |
| 30/4/60 | ค่าสารเคมี บอริกและแอมโมเนียม | 6002667 | | | | | | | | 2,088.27 | | | 2,088.27 |
| 15/5/60 | ค่าสารเคมี โลหะคาร์บอเนต | 6007035 | | | | | | | | 17,574.75 | | | 17,574.75 |

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาเลขที่ 25600105067 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2559 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2560

แหล่งทุน:เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์

ชื่อโครงการ : การผลิตสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกหอยและเปลือกไข่

ชื่อหัวหน้าโครงการ: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรจง บุญชม

| ว/ด/ป | รายการ | เลขที่อ้างถึง | รายการรับ - จ่าย | | | รายรับ | รายจ่าย | | | | | รวม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | รับ | จ่าย | คงเหลือ | ดอกเบี้ยรับ | งบบุคลากร | งบดำเนินงาน | | | งบลงทุน | รายจ่าย |
| 20/5/60 | กระดาษเลเบลขนาด เอ4 | G58019 | | | | | | | 3,480.00 | | | 3,480.00 |
| 25/5/60 | ค่าจ้างวิเคาะห์เครื่องมือ (รวมบิล) | 1840200029259-1 | | | | | | 153,765.33 | | | | 153,765.33 |
| 28/5/60 | ค่าจ้างเหมาทำเครื่องมือ 3 เครื่อง (รวมบิล) | | | | | | | 180,000.00 | | | | 180,000.00 |
| 30/8/60 | ค่าจ้างทำเอกสาร | 0003288 | | | | | | 36,000.00 | | | | 36,000.00 |
| | **รวมครั้งที่ 1** | | - | - | - | | 109,200.00 | - 399,765.33 | 182,134.67 | - | - | 691,100.00 |
| | | | | | | | | | | | | |
| **ครั้งที่ 2** | | | | | | | | | | | | |
| 30/6/60 | ค่าจ้างชั่วคราว 5 เดือน | - | | | | | 46,800.00 | | | | | 46,800.00 |
| 30/8/60 | ค่าจ้างวิเคราะห์เครื่องมือ | 1840200029259-1 | | | | | | 58,100.00 | | | | 58,100.00 |
| 30/8/60 | ค่ากรดฟอสฟอริก | 3420100545293 | | | | | | | 64,000.00 | | | 64,000.00 |
| | | | | | | | | | | | | - |
| | | | | | | | | | | | | - |
| | | | | | | | | | | | | - |
| | | | | | | | | | | | | - |
| | | | | | | | | | | | | - |
| | | | | | | | | | | | | - |
| | | | | | | | | | | | | - |
| | | | | | | | | | | | | - |
| | | | | | | | | | | | | - |

แหล่งทุน:เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์

ชื่อโครงการ : การผลิตสารประกอบแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกหอยและเปลือกไข่

ชื่อหัวหน้าโครงการ: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรจง บุญชม

| ว/ด/ป | รายการ | เลขที่อ้างถึง | รายการรับ - จ่าย | | | รายรับ | รายจ่าย | | | | | | รวม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | รับ | จ่าย | คงเหลือ | ดอกเบี้ยรับ | งบบุคลากร | งบดำเนินงาน | | | | งบลงทุน | รายจ่าย |
| | **รวมครั้งที่ 2** | | | | | | 46,800.00 | - | 58,100.00 | 64,000.00 | - | - | 168,900.00 |

ลงชื่อหัวหน้าโครงการ ..... วันที่ .....

# ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

**1. ประวัติส่วนตัว**

ชื่อ-สกุล นายบรรจง บุญชม

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.

**ประวัติการศึกษา**

| ชื่อย่อปริญญา | สาขา | สถาบันที่จบ | ปีที่จบ |
|---|---|---|---|
| วท.บ | เคมี | มหาวิทยาลัยขอนแก่น | 2541 |
| วท.ม. | เคมี (เคมีเงฟิสิกส์) | มหาวิทยาลัยขอนแก่น | 2547 |
| ปร.ด. | เคมีเชิงฟิสิกส์ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น | 2551 |

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

สาขาวิทยาศาสตร์เคมีและวัสดุศาสตร์ ทาง เภสัชศสาสตร์ เคมีเกษตร และเคมีอาหาร

**รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ**

| ปี พ.ศ. | ชื่อรางวัล | สถาบันที่ให้ |
|---|---|---|
| 2553 | **นักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่** | **มูลนิธิส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใน พระบรมราชูปถัมภ์** |
| 2555 | **ศิษย์เก่าบัณฑิตวิทยาลัยด้านวิชาการ** | **มหาวิทยาลัยขอนแก่น** |
| 2555 | **นักเคมีรุ่นใหม่** | **สมาคมเคมีแห่งประเทศไทย** |
| 2555 | **ผู้ทำคุณประโยชน์ให้แก่ชุมชน จ. ชุมพร** | **สมาคมผู้สื่อข่าวจังหวัดชุมพร** |
| 2559 | **รางวัลสิ่งประดิษฐ์แห่งชาติ ระดับดี สาขาเคมีและเภสัชศาสตร์** | **สภาวิจัยแห่งชาติ** |

**ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ**

| ปี พ.ศ. | ทุนการศึกษาและทุนวิจัย | สถาบันที่ให้ |
|---|---|---|
| 2543-46 | ทุนการศึกษาระดับปริญญาโท | The Center Innovation of Chemistry : (PERCH-CIC) |
| 2548-51 | ทุนการศึกษาระดับปริญญาเอก | The Center Innovation of Chemistry : (PERCH-CIC) |
| 2548 | งบประมาณแผ่นดิน | สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| 2552-53 | ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่ | สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย |
| 2553-55 | ทุนพัฒนากลุ่มและเครือข่ายวิจัย | กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง |
| 2555-57 | ทุนพัฒนานักวิจัย | กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง |
| 2555-57 | ทุนวิจัยเพื่อสร้าง Nanotechnology Platform | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 2556-57 | โครงการถ่ายทอดวิชาการ | สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) |
| 2557-58 | โครงการถ่ายทอดวิชาการ | สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) |
| 2557-58 | โครงการพระราชดำริ เรื่อง ดิน | สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) |
| 2559-60 | โครงการพัฒนาตำแหน่งทางวิชาการ | สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (สกว.) |

**ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์**

**ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)**

1. Danvirutai C, **Boonchom B**, Youngme S. Nanocrystalline manganese dihydrogen phosphate dihydrate $Mn(H_2PO_4)_2{\cdot}2H_2O$ and its decomposition product ($Mn_2P_4O_{12}$) obtained by simple precipitation route. J. Alloys Compd. 2008;457:75-80.
2. **Boonchom B**, Danvirutai C. The thermal decomposition kinetics of $FePO_4{\bullet}3H_2O$ precursor to synthesize spherical nanoparticles $FePO_4$. Ind. Eng. Chem. Res. 2007;46(26): 9071-9076.
3. **Boonchom B**, Danvirutai C, Youngme S. A rapid co-precipitation and non-isothermal decomposition kinetics of new binary $Mn_{0.5}Co_{0.5}(H_2PO_4)_2{\bullet}2H_2O$. Solid State Sciences. 2008;10: 129-136. มี impact factor 1.675 (Corresponding author: Danvirutai and Boonchom)
4. **Boonchom B**, Youngme S, Srithanratana T, Danvirutai C. Synthesis of $AlPO_4$ and Kinetics of thermal decomposition of $AlPO_4{\bullet}H_2O$-H4 precursor. J.Therm. Anal. Calorim. 2008; 91: 511-516
5. Maensiri S, Masingboon C, **Boonchom B,** Seraphin S. A simple route to synthesize nickel ferrite ($NiFe_2O_4$) nanoparticles using egg white. Scripta Materialia. 2007;56:797-80.
6. **Boonchom B**, Maensiri S, Danvirutai C. Soft solution synthesis, non-isothermal decomposition kinetics an characterization of manganese dihydrogen phosphate dihydrate $Mn(H_2PO_4)_2{\bullet}2H_2O$ and its thermal transformation products. Mater. Chem. Physics. 2008;109: 404-410.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. **Boonchom B,** Danvirutai C. Rapid coprecipitation and nonisothermal Decomposition kinetics of new binary $Mn_{0.5}Cu_{0.5}(H_2PO_4)_2 \cdot 1.5H_2O$. Ind. Eng. Chem.Res. 2008; 47(9): 2941-2947.
8. **Boonchom** B, Danvirutai C. A simple route to synthesize manganese hydrogen phosphate monohydrate $MnHPO_4 \cdot H_2O$ rod-like microparticles J. Optoelec. Adv.Mater. 2008;10: 492-499.
9. Noisong P, Danvirutai C, Srithanratana T, **Boonchom B.** Synthesis, characterization and non-isothermal decomposition kinetics of manganesehypophosphite monohydrate. Solid State Sciences. 2008;10:1598-1604
10. **Boonchom B,** Danvirutai C. Synthesis of $MnNiP_2O_7$ by nonisothermal decomposition kinetics of a new binary $Mn_{0.5}Ni_{0.5}HPO_4 \cdot H_2O$ precursor obtained from a rapid coprecipitation at ambient temperature. Ind. Eng. Chem. Res. 2008;47(9): 2941-2947.
11. **Boonchom B.** Kinetics and Thermodynamic Properties of the Thermal Decomposition of Manganese Dihydrogenphosphate Dihydrate. J. Chem. Eng. Data. 2008;53(7):1533-1538.
12. **Boonchom** B, Maensiri S, Youngme S, Danvirutai C. A simple synthesis and room temperature magnetic properties of new binary $Mn_{0.5}Fe_{0.5}(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ obtained from a rapid co-precipitation at ambient temperature. Solid State Sciences. 2009;11(2): 485-490.
13. **Boonchom** B, Maensiri S, Youngme, S, Danvirutai C. Simple synthesis, magnetic properties and non-isothermal decomposition kinetics of $Fe(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$. Ind. Eng. Chem. Res.2008;47:7642-7647.
14. Noisong P, Danvirutai C, **Boonchom** B. Thermodynamic and kinetic properties of the formation of $Mn_2P_2O_7$ by thermal decomposition of $Mn(H_2PO_2)_2 \cdot H_2O$. J. Chem. Eng. Data. 2009;54(3): 871- 875.
15. **Boonchom B.** Synthesis of $Co_2P_4O_{12}$ porous structure and non- isothermal decomposition kinetics of $Co(H_2PO_4)_2.2H_2O$ precursor in air atmosphere. J. Optoelec. Biomed.Mater .2009;1:103-114.
16. **Boonchom B**, Danvirutai C. The morphology and thermal behaviour of calcium dihydrogen phosphate Monohydrate $(Ca(H_2PO_4)_2.H_2O)$ obtained by a rapid at precipitation route ambient temperature in different media J. Optoelec.Biomed.Mater. 2009;1:115-123.
17. **Boonchom B,** Danvirutai C. Study of the Dehydration of $Co(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$.J. Chem. Eng. Data. 2009;54(4): 1225-1230.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18. **Boonchom B**. Parallelogram-like microparticles of calcium dihydrogen phosphate monohydrate ($Ca(H_2PO_4)_2•H_2O$) obtained by a rapid precipitation route in aqueous and acetone media J. Alloys Compd, 2009;482(1-2):199-202.

20. **Boonchom B,** Phuvongpha N. Synthesis of new binary cobalt iron pyrophosphate $CoFeP_2O_7$. Mater. Lett. 2009;63(20): 1709-1711

21. **Boonchom B**, Danvirutai C, Thongkam M. Non-isothermal decomposition kinetics of synthetic serrabrancaite ($MnPO_4•H_2O$) precursor in $N_2$ atmosphere. J.Therm. Anal.Calorim. 2010;99(1):357- 362.

22. **Boonchom B,** Kongtaweelert S. Study of kinetics and thermodynamics of the dehydration reaction of $AlPO_4•H_2O$. J.Therm. Anal.Calorim. 2010;99(2):531-538.

23. **Boonchom B,** Danvirutai C. Kinetics and thermodynamics of thermal decomposition of synthetic $AlPO_4•2H_2O$. J.Therm. Anal.Calorim. 2009;98(3): 771-777.

24. **Boonchom B**. Kinetics and thermodynamics studies of $MgHPO_4 3H_2O$ by Non-isothermal decomposition data. J.Therm. Anal.Calorim. 2009;98(3): 863-871.

25. **Boonchom B,** Danvirutai C. Rapid synthesis, kinetics and thermodynamics of binary $Mn_{0.5}Ca_{0.5}(H_2PO_4)_2•H_2O$. J.Therm. Anal.Calorim. 2009;98(3):717-723.

26. **Boonchom B**, Maensiri S. Non-isothermal decomposition kinetics of $NiFe_2O_4$ nanoparticles synthesized using egg white solution route. J.Therm. Anal.Calor. 2009;97(3):879-884.

27. **Boonchom B**, Thongkam M, Vittayakorn N, Kongtaweelert S. A simple route to synthesize new binary cobalt iron cyclotetraphosphate, $CoFeP_4O_{12}$ synthesized by aqueous and acetone media. J. Alloys Compd. 2009;486(1-2):689-692.

28. **Boonchom B,** Baitahe R. Synthesis and characterization of nanocrystalline manganese pyrophosphate $Mn_2P_2O_7$. Mater. Lett. 2009;63(26):2218

29. **Boonchom B**, Thongkam M, Vittayakorn N, Kongtaweelert S. Flower-like microparticles and novel superparamagnetic properties of new binary $Co_{1/2}Fe_{1/2}(H_2PO_4)_2•2H_2O$ obtained by a rapid solid state route at ambient temperature. Mater. Res.Bull. 2009; 44(12):2206-2210.

30. Vittayakorn N, Charoonsuk P, Kasiansin P, Wirunchit S, **Boonchom B.** Dielectric properties and phase transitions behaviors in$(1-x)PbZrO_3$-$xPb(Mg_{1/2}W_{1/2})O_3$ ceramics. J. Apply Physics. 2009;106:064104.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

31. **Boonchom B,** Thongkam M. Kinetics and thermodynamics of the formation of $MnFeP_4O_{12}$ J. Chem. Eng. Data. 2010;*55* (1):211–216.

32. **Boonchom B,** Vittayakorn N. One-step thermal synthesis of binary manganese iron cyclotetraphosphate $MnFeP_4O_{12}$. J. Mater. Sci. 2010;45 (6): 1459-1463.

33. **Boonchom B**. Kinetics and thermal transformation of $Mg_3(PO_4)_2{\cdot}8H_2O$ to $Mg_3(PO_4)_2$. Int. J. Thermophys. 2010;31(2):416-429.

34. Chaiyo N, **Boonchom B,** Vittayakorn N. Solid-state reaction synthesis of sodium niobate ($NaNbO_3$) powder at low temperature. J. Mater. Sci. 2010;45(6):1443-1447.

35. **Boonchom B**, Baitahe R, Kongtaweelert S, Vittayakorn N. Kinetics and thermodynamics of zinc phosphate hydrate synthesized by a simple route in aqueous and acetone media. Ind. Eng. Chem. Res. 2010;49(8): 3571-3576.

36. **Boonchom B,** Vittayakorn N. Floral-like microarchitectures of cobalt iron cyclotetraphosphate obtained by solid state synthesis. Powder Technol. 2010;198(1): 25-28.

37. **Boonchom B,** Puttawong S. Thermodynamics and kinetics of the dehydration reaction of $FePO_4{\cdot}2H_2O$. Physica B : Condensed Matter. 2010;45(9): 2350-2355.

38. **Boonchom B,** Vittayakorn N. Synthesis and ferromagnetic property of new binary copper iron pyrophosphate $CuFeP_2O_7$. Mater. Lett. 2010;64(3):275-277.

39. Charoonsuk P, Wirunchit S, Muanghlua R, Niemcharoen S, **Boonchom B,** Vittayakorn N. The phase evolution with temperature in $0.9PbZrO_3$-$0.06Pb(Mg_{1/2}W_{1/2})O_3$ antiferroelectric ceramic. J. Alloys. Compd. 2010;506:313-316.

40. **Boonchom B**, Baitahe R, Joungmunkong Z, Vittayakorn N. Grass blade-like microparticle $MnPO_4{\cdot}H_2O$ prepared by a simple precipitation at room temperature. Powder Technol. 2010;203:310-314.

41. **Boonchom B**, Vittayakorn N.Dehydration behavior of synthetic$Al_{0.5}Fe_{0.5}PO_4{\cdot}2.5H_2O$. J. Chem. Eng. Data. 2010;55:3307-3311

42. Sukkha U, Muanghlua R, Niemcharoen S, **Boonchom B,** Vittayakorn N. Antiferroelectric–ferroelectric phase transition in lead zinc niobate modified lead zirconate ceramics: crystal studies, microstructure, thermal and electrical properties. Applied Physics A. 2010;100:551-559.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43. **Boonchom, B**, Danvirutai, C, Vittayakorn, N. A simple synthesis and characterization of binary $Co_{0.5}Fe_{0.5}(H_2PO_4)_2{\cdot}2H_2O$ and its final decomposition product $CoFeP_4O_{12}$. Solid State Sciences, 2010; 13(1):77-81.44.

44. Chaiyo, N, Muanghlua, R, Niemcharoen, S, **Boonchom, B**, Vittayakorn, N. Synthesis of potassium niobate ($KNbO_3$) nano-powder by a modified solid-state reaction. J. Mater. Sciences. 2011; 46(6): 1585-1590

45 Vittayakorn, N., **Boonchom, B**. Effect of $BiAlO_3$ modification on the stability of antiferroelectric phase in PbZrO3 ceramics prepared by conventional solid state reaction. J. Alloys and Compounds.2011; 509(5): 2445-2449.

46. Chaiyo, N., Muanghlua, R., Niemcharoen, S., **Boonchom, B**., Vittayakorn, N. Solution combustion synthesis and characterization of lead-free piezoelectric sodium niobate ($NaNbO_3$) powders. J. Alloys and Compounds. 2011; 509(5): 2304-2310.

47. Muanghlua R, Niemcharoen S, Sutapun, M. **Boonchom B,** Vittayakorn N. Phase transition behaviour and electrical properties of lead-free$(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$-$LiNbO_3$- $LiSbO_3$piesoelectric ceramics. Current Applied Phiscis 2011; 11(3) 434-437.

**48. Boonchom,** B., Vittayakorn, N. Soft synthesis route and characterization of superparamagnetic $Mn_{1/2}Fe_{1/2}(H_2PO_4)_2{\cdot}2H_2O$ and its decomposed product. Ind. Eng. Chem. .Res. 2011;50(4) 2021-2030

49. Chaiyo, N., Muanghlua, R., Niemcharoen, S., **Boonchom, B**., Seeharaj, P., Vittayakorn, N. Non-isothermal kinetics of the thermal decomposition of sodium oxalate $Na_2C_2O_4$. J.Therm. Anal.Calor. DOI: 10.1007/s10973-011-1675-6)

50. Sukkha U, Muanghlua R, Niemcharoen S, **Boonchom B,** Vittayakorn N. Effect of $Pb(Y_{1/2}Nb_{1/2})O_3$ additions on thermal and electrical properties of $PbZrO_3$ ceramics. *Ferroelectrics* 2011;416(1) 8-15.

51. Chaiyo, N., Ruangphanit, A., **Boonchom, B**., Vittayakorn, N. Facile synthesis of lead-free piezoelectric sodium niobate ($NaNbO_3$) Powders via the solution combustion method. *Ferroelectrics* 2011;415(1) 75-82.

52. Boonchom, B. Vittayakorn, V. Simple fabrication of polyhedral grain-like microparticle $Cu_{1/2}Zn_{1/2}HPO_4{\cdot}H_2O$ and porous structure $CuZnP_2O_7$. Ceramics International.

53. Baitahe, R., Vittayakorn, N., Boonchom, B. Study on thermal transformation of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CuHPO4·H2O obtained by acetone-mediated synthesis at ambient temperature. J.Therm. Anal.Calor

54. Sukkha U, Muanghlua R, Niemcharoen S, **Boonchom B,** Vittayakorn W. Vittayakorn N. Effect of Pb $(Yb_{1/2}Nb_{1/2})O_3$ on phase transition and thermal and electrical properties of PZ-PYbN solid solution on PZ-rich side. J. Mater. Sci

55. Sukkha U, Muanghlua R, Niemcharoen S, **Boonchom B,** Vittayakorn N. Influence of $Pb(In_{1/2}Nb_{1/2})O_3$ on the phase transitions, electrical, and thermal properties of a $PbZrO_3$. ceramic J. Amer. Ceram. Soc. 2011; 94(10) 2297-3404.

**การเสนอผลงานวิชาการ**

**การประชุมวิชาการใน National Conferences**

1. **Banjong Boonchom**, Sujittra Youngme and Chanaiporn Danvirutai,Synthesis, Vibrational Spectroscopy and Non-Isothermal Kinetic Decomposition of $Fe(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$. 18 Jan 2008,Oral presented at Postgraduate KKU Conference 2007. Khon Kaen.

2. **Banjong Boonchom**, Chanaiporn Danvirutai, and Sujittra Youngme, Non- isothermal dehydration kinetics of $AlPO_4 \cdot H_2O$-H4 in air. The PERCH-CIC Congress. Jhom Tien Resort Pattaya, Chonburi 12-15 May 2007.

3. **Banjong Boonchom**,Sujittra Youngme, Chanaiporn Danvirutai,Vibrational spectroscopic study of $AlPO_4 \cdot H_2O$ by deuterium isotopic dilution technique. Poster presented at the 32nd Congress on Science and Technology of Thailand, C4_0258,196 Oct. (2006).

4. **Banjong Boonchom**,Sujittra Youngme, Chanaiporn Danvirutai,FTIR and FT-Raman Spectroscopic Study of Manganese Phosphate Hydrate by Deuterated Isotope Dilution and some Thermal Properties. Poster presented at the 31st Congress on Science and Technology of Thailand, Oct. (2005).

5. **Banjong Boonchom**, Sujittra Youngme and Chanaiporn Danvirutai, FTIR and FT-Raman Spectroscopic Study of Manganese Phosphate Hydrate by Deuterated Isotope Dilution and some Thermal Properties. Poster presented at the 31st Congress on Science and Technology of Thailand, C0248,187 20-22 Oct 2005.

6. Chanaiporn Danvirutai, Paiboon Danvirutai, and **Banjong Boonchom**, Physico-Chemical Charaterization of Sato Loong Pang by Vibrational Spectroscopy (STT-29). 29th Congress on

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sicence and Technology of Thailand. 20-22 Oct 2003.

7. **Banjong Boonchom**, Chanaiporn Danvirutai, and Sujiitra Youngme. Vibrational Spectroscopic Study of Hydrogen Bonding Interactions and Correlation Field Splitting in $Mn_3(PO_4)_2.3H_2O$, $Fe_3(PO_4)_2.3H_2O$, $FePO_4.4H_2O$ and Deuterated Analogues, *(STT-29)*. 29th Congress on Sicence and Technology of Thailand. 20-22 Oct. 2003.

8. **Banjong Boonchom**, Chanaiporn Danvirutai, and Sujiitra Youngme. Vibrational Spectroscopic Study of Hydrogen Bonding Interactions and Correlation Field Splitting in $MnHPO_4.3H_2O$, $Mn_3(PO_4)_2.3H_2O$ and Deuterated analogues, p.64.The Second PERCH Annual Science Conference.Jhom Toeing Resort Pattaya, Chonburi. 12-15 May 2003.

9. **Banjong Boonchom**, Chanaiporn Danvirutai, and Sujiitra Youngme. Vibrational Spectroscopic Study of Hydrogen Bonding Interactions and Correlation Field Splitting in Same M (III) Phosphate Hydrates. (STT-28). p.81. 28th Congress on Science and Technology of Thailand, Bangkok. 22-25 Oct. 2002.

10. **Banjong Boonchom**, Chanaiporn Danvirutai, and Sujiitra Youngme. Vibrational Spectroscopic Study of Hydrogen Bonding Interactions and Correlation Field Splitting in Some Metal (III) Phosphate Hydrates :Part I Manganese Phosphate Monohydtrate ($MnPO_4.H_2O$, Serrabrancaite): Preparation and Vibrational Spectra, p.209 The First PERCH Annual Science Conference.Garden Sea View Report Pattaya, Chonburi. 12-15 May 2002.

11. นุชนภา บุญมาก อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์ และบรรจง บุญชม, การกำจัดเปลือกหอยแมลงภู่ โดยสังเคราะห์โมโนแคลเซียมฟอสเฟตเพื่อใช้เป็นปุ๋ย Removal of Green Mussel Shell by Synthesis of Monocalcium Phosphate for Using as Fertilizer **การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 13 โดย** สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย วันที่ 26-28 มีนาคม 2557

12 ปวัลญาพร ฟักทองหอม อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์ และบรรจง บุญชม, การสังเคราะห์ไตรแคลเซียมฟอสเฟตจากเปลือกหอยเชอรี่ ; ศัตรูพืชในนาข้าว Synthesis of Tricalcium Phosphate from Golden Apple Snail Shell ; A Pest in Rice Field การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 13 โดย สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย วันที่ 26-28 มีนาคม 2557

**การประชุมวิชาการใน International Conferences**

1.Nopsiri Chaiyo, **Banjong Boonchom** and Naratip Vittayakorn "A modified solid-state reaction synthesis and characterization of sodium niobate ($NaNbO_3$) powders " The 3rd

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Symposium on Functional Materials (ISFM2009) 15-18 June 2009, Jinju, KOREA

2. Usa Sukkha, Wanwimon Banlue, **Banjong Boonchom** and Naratip Vittayakorn "Antiferroelectric-ferroelectric phase transition in lead zinc niobate modified lead zirconate ceramics: Crystal studies, Raman spectroscopy, Thermal expansion and electrical properties" The 3rd International Symposium on Functional Materials (ISFM2009) 15-18 June 2009, Jinju, KOREA

3. Manoon Sutapun, Rangson Muanghlua, Surasak Niemcharoen, **Banjong Boonchom** and Naratip Vittayakorn "Phase transition and dielectric properties of lead – free $(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$ – $LiNbO_3$ – $LiSbO_3$ piezoelectric ceramics" The 3rd International Symposium on Functional Materials (ISFM2009) 15-18 June 2009, Jinju, KOREA

**ผลงานสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรือ อื่นๆ)**

1 บรรจง บุญชม และนราธิป วิทยากร กรรมวิธีการผลิตไดแคลเซียมฟอสเฟตไดไฮเดรต ($CaHPO_4.2H_2O$) จากเปลือกหอยแครง และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว เลขที่คำขอ 120100726

2 บรรจง บุญชม และนราธิป วิทยากร กรรมวิธีการผลิตไดแคลเซียมฟอสเฟต แอนไฮดรัส ($CaHPO_4$) จากเปลือกหอยแครง และผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากกรรมวิธีดังกล่าว เลขที่คำขอ 120100727

3 บรรจง บุญชม และนราธิป วิทยากร กรรมวิธีการผลิตโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรต ($Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$) จากเปลือกหอยแครง และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว เลขที่คำขอ 120100728

4 บรรจง บุญชม และเชรษฐา รัตนพันธ์ กรรมวิธีการผลิตไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$; TCP) โดยใช้เปลือกหอยแครงและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีดังกล่าว เลขที่คำขอ 1301005725

**อื่นๆ**

**แต่งหนังสือและเรียบเรียงตำรา**

1.บรรจง บุญชม ตำรา เคมีเชิงฟิสิกส์ (Physical Chemistry):แก๊สและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และเทอร์โมไดนามิกส์ มีน เซอร์วิส ซัพพลาย พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 1,000 เล่ม เดือนมีนาคม 2558 ISBN: 978-616-429-162-1

2 บรรจง บุญชม หนังสือ คู่มือการผลิตปุ๋ยและสารปรับปรุงดินจากแคลเซียมธรรมชาติ (The Production of Fertilizers and Soil Conditioners from Natural Calcium) มีน เซอร์วิส ซัพพลาย พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 10,000 เล่ม เดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 ISBN: 978-616-338-076-0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2. ประวัติส่วนตัว**

ชื่อ-สกุล นายภิเษก รุ่งโรจน์พรชัย

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.

**ประวัติการศึกษา**

| ชื่อย่อปริญญา | สาขา | สถาบันที่จบ | ปีที่จบ |
|---|---|---|---|
| **วท.บ.** | **เคมี** | **มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ** | **2536** |
| M.Sc. | เคมี | Texas A&M University Commerce | 2541 |
| Ph.D. | เคมีเชิงฟิสิกส์ | University of Houston | 2549 |

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

Zeolite and Related Materials, Nanoscience, Material science, Microsoft office (Words, Excel, Power point)

**รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ**

| ปี พ.ศ. | ชื่อรางวัล | สถาบันที่ให้ |
|---|---|---|
| - | - | - |

**ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ**

| ปี พ.ศ. | ทุนการศึกษาและทุนวิจัย | สถาบันที่ให้ |
|---|---|---|
| - | - | - |

**ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์**

**ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)**

1. Jian-Ming Lü, Koodali T. Ranjit, Pesak Rungrojchaipan and Larry Kevan "Synthesis of mesoporous aluminophosphate (AlPO) and investigation of zirconium incorporation into mesoporous AlPO's" J. Phys. Chem. B, 109, 9284-9293, 2005.
2. Pesak Rungrojchaipon and Allan J. Jacobson "Vanadium Oxide Nano-material in Mesoporous Silica" Journal of Microscopy Society of Thailand, 21(1), 21-26, 2007.
3. Pesak Rungrojchaipon* Pachernchai Chaiyasit Saowakon Wongsasulak "Morphology Study

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

of Zinc Oxide Nanoparticles in Polyethylene Oxide Fiber by Electrospinning" Journal of Microscopy Society of Thailand, 2008.

4. Pesak Rungrojchaipon, Xiqu Wang, and Allan J. Jacobson"Crystal growth of AlPO-5, AlPO-15, and AlPO-21 from Aluminum Foil" Microporous and Mesoporous Material, 109, 478-484, 2008.
5. Supaluk Changangam, Pesak Rungrojchaipon*, Saowakon Wongsasuluk "Morphology Investigation of Zinc Oxide Nanorod Grown on Hybrid Ultrafine Fibers of Polyethylene Oxide/Cellulose Acetate" Journal of Microscopy Society of Thailand, 23(1), 119-122, 2009.
6. Chayakorn Bhavornthanayod, Pesak Rungrojchaipon* "Synthesis of Zeolite A Membrane from Rice Husk Ash" Journal of Metals, Materails and Minerals, 19, 2, 79-83, 2009.
7. Pesak Rungrochaipon, Xiqu Wang, Allan J. Jacobson "Syntheses and Structures of Ta2(WO2)0.87H0.26(PO4)4 and Ta2(MoO2)(PO4)4" Materials Research Bulletin 44, 688-692, 2009.

**การเสนอผลงานวิชาการ**

1. Pesak Rungrojchaipon, Jianming Lu, Larry Kevan "ESR and ESEM Study of Incorporation of Zirconium into Silicoaluminophosphate SAPO-5 Microporous Material" 26th International EPR Symposium Preliminary Program, July 27-31, 2003.
2. Pesak Rungrojchaipon, Ekaterina V .Anokhina, and Allan J. Jacobson "Crystal structure and characterization of Ta2WO(PO4)4" Midwest Solid-State Chemistry Conference, May 26-28, 2005.
4. Kanita Singthaisomboon, Jiranan Rompoyen, Naruemol Passayawan, Sujin Tuntipisutkul, Pesak Rungrojchaipon* "Production of Biodiesel from Waste Vegetable Oil by Solar Energy" The Proceedings of Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON) 2008. Bangkok, THAILAND. Jan 30-Feb 1, 2008.
5. Pesak Rungrojchaipon and Allan J. Jacobson "Palladium in Mesoporous Silica: Membrane for Hydrogen Permeation" The Proceedings of Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON)2008. Bangkok, THAILAND. Jan30-Feb 1, 2008.
6. Junthorn Sartthong, Nantiwat Trakarnsook, Punika Piriyaankoon, Pesak Rungrojchaipon*, Sujin Tuntipisitkul. "Morphology Investigation of Calcium Oxide from Egg Shell as Solid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Catalyst for Biodiesel" Proceedings of the 26th MST Annual Conference, 28-30 January 2009, Chiangmai, Thailand.

7. Katalee Jariyavidyanont, Nattapong Thachuangtumle, Naparat Kasetsomboon, Pesak Rungrojchaipon*, Sujin Tuntipisitkul. "Morphology Investigation of nano-Zinc Oxide as Solid Catalyst for Biodiesel" Proceedings of the 26th MST Annual Conference, 28-30 January 2009, Chiangmai, Thailand.
8. Wongsasulak S., Pittarate C., Intasanta N. and Rungrojchaipon P. "Fabrication and mechanical properties of electrospun fibrous films of cellulose acetate-PEO blend containing ZnO nanoparticles" The proceedings of IFT Annual Meeting+Food Expo. Anaheim, USA. June 6-10, 2009.
9. Pisut Sangaroon, Pratima Tuanjapho, Hatairat Sonkaew, Pesak Rungrojchaipon*. "Characterization and Investigation of Calcium Oxide from Cockle Shell: Solid Catalyst for Biodiesel Production" Proceedings of the 27th MST Annual Conference, 20-22 January 2010, Samui, Thailand.
10. T. Tawatwachoom 1, N. Khottoom1 ,S. Wairuangsiripon1, P. Rungrojchaipon1 "Synthesis Zeolite A Membrane from Rice Husk Ash Using Microwave" The Proceedings of Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON)2011. Bangkok, THAILAND. Jan5-7, 2011.

**ผลงานสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรือ อื่นๆ)**

-

**อื่นๆ**

เอกสารคำสอน ตำรา หนังสือ

1. เคมีเชิงฟิสิกส์ 1.....
2. ปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์ 1.....
3. ปฏิบัติการเคมีเชิงฟิสิกส์ 2.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T149354

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้