# การสังเคราะห์โมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรตอย่างง่ายและรวดเร็วจากเปลือกหอยทราย

วรุณทิพย์ ฉัตรจุฑามณี*

## บทคัดย่อ

โมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรต $Ca(H_2PO_4)_2•H_2O$ (MCPM) สามารถสังเคราะห์ได้ง่าย รวดเร็ว เครื่องมือราคาถูก และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยปฏิกริยาระหว่างเปลือกหอยทรายบดและกรดฟอสฟอริกที่อุณหภูมิที่เกิดขึ้นเองของปฏิกิริยาเป็นเวลา 25 นาที ได้วิเคราะห์ผงของแข็งที่เตรียมได้ด้วยเทคนิค XRD และ ATR-FTIR ผลของ XRD และATR-FTIR ยืนยันว่าผงของแข็งที่เตรียมได้เป็นผลึกระบบ แอนอทิค และปรากฏพีคการสั่นของหมู่ $H_2PO_4^-$ ไอออน และโมเลกุลของ $H_2O$ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีปริมาณแคลเซียม 15.78 % ปริมาณฟอสฟอรัส 24.6 % และปริมาณของน้ำ 24.20 % ผลการวิเคราะห์เหล่านี้ ยืนยันว่าผงของแข็งที่เตรียมได้เป็น $Ca(H_2PO_4)_2•H_2O$

**คำสำคัญ :** หอยทราย, โมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรต, การสังเคราะห์รวดเร็ว

---

สาขาวิชาเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
* ผู้ติดต่อ, อีเมล์: war1704i@gmail.com รับเมื่อ 27 พฤษภาคม 2559 ตอบรับเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2560

# Simple and Rapid Synthesis of Monocalcium Phosphate Monohydrate $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ (MCPM) by *Corbicula spp.* Shells

Warunthip Chatjutamanee*

## Abstract

Monocalcium phosphate monohydrate $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ (MCPM) was successfully prepared by a simple and rapid, low-cost production and environmentally friendly using *reaction with Corbicula spp.* shells and phosphoric acid at ambient temperature for 25 min. The obtained powder was analyzed by X-ray powder diffraction (XRD) and ATR-FTIR spectroscopy. The XRD and ATR-FTIR results of sample were confirmed crystallized anorthic phase and shown fundamental vibrations $H_2PO_4^-$ ion and $H_2O$ molecule respactively. The chemical contents were found to be 15.78% Ca, 24.6% P and 24.20% $H_2O$. These results confirm that the obtained powder is $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$.

**Keywords :** *Corbicula spp.* Shells, Monocalcium phosphate monohydrate, Rapid Synthesis

Department of Chemistry, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus, Khon Kaen, Thailand

* Corresponding author, E-mail: war1704@gmail.com Received 27 May 2016, Accepted 9 February 2017

## 1. บทนำ

เปลือกหอยทรายมีสารประกอบสำคัญคือแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate, $CaCO_3$) อยู่ประมาณ 50-98 % และเปลือกหอยทรายมีปริมาณมากในแต่ละปี ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะ แปรรูปเปลือกหอยทรายเป็นโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรต $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ (MCPM) ซึ่งเป็นปุ๋ยทริปเปิลฟอสเฟตที่มีการปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าๆ MCPM ที่มีขายอยู่ในท้องตลาดโดยส่วนใหญ่ทำมาจากหินฟอสเฟต ราคาที่ขายอยู่ในท้องตลาดกิโลกรัมละ12 บาท มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ 3% [1] แต่สารที่ผลิตได้นี้ จะมีฟอสฟอรัสสูงถึง 24% สำหรับราคาปุ๋ยที่ใช้ MCPM จากเปลือกหอยทราย จะมีต้นทุน 24-30 บาทต่อกิโลกรัมซึ่งถูกกว่าปุ๋ยในท้องตลาดที่ขายอยู่ในราคา 50-70 บาทต่อกิโลกรัม นับว่าเป็นการแปรรูปเปลือกหอยเหลือทิ้ง ที่สามารถเพิ่มมูลค่าได้อย่างดี และเป็นประโยชน์ต่อหลายภาคส่วน นับตั้งแต่ เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงหอยถึงผู้บริโภคหอย โดยเกษตรกรสามารถทำปุ๋ยใช้เอง จึงเกิดนวัตกรรมการแปรรูปได้สารเคมีภัณฑ์คือ MCPM ถ้าสารนี้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอาง ราคาสาร MCPM จะสูงถึงกิโลกรัมละ 300 บาท ปุ๋ยเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร แต่เนื่องจากปัจจุบันปุ๋ยเคมีราคาแพง และเมื่อนำมาใส่ในดินมีโอกาสสูญเสียได้หลายทาง เช่นการสูญเสียที่เกิดจากการชะล้างหรือถูกยึดไว้ในดินโดยทำปฏิกิริยากับอนุภาคดิน [2] ปุ๋ยคือวัสดุที่ใส่ลงไปในดินเพื่อเพิ่มเติมธาตุอาหารให้กับพืชปุ๋ยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ1.ปุ๋ยเคมี : เป็นสารประกอบที่ผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี ธาตุอาหารที่มีอยู่ส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่พืชดูดกินได้ทันทีเมื่อละลายน้ำหรือใส่ลงดินเช่นปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ สำหรับปุ๋ยฟอสฟอรัส หมายถึงปุ๋ยที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสเป็นหลัก ได้แก่ปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต มีฟอสฟอรัส 46 % 2.ปุ๋ยอินทรีย์ : เป็นวัสดุที่ได้มาจากสิ่งที่มีชีวิตธาตุอาหารส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่พืชดูดกินไม่ได้ ต้องมีการผ่านกระบวนย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เสียก่อน เช่นปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด กระดูกป่น หินฟอสเฟต ฯลฯ เป็นต้น บนฉลากปุ๋ยเคมีทุกชนิดจะระบุปริมาณธาตุอาหารหลักเป็นตัวเลข 3 จำนวนเรียงกันเรียกว่า “สูตรปุ๋ย” หมายถึง % โดยน้ำหนักของไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส-โพแทสเซียม หรือ เอ็น-พี-เค เรียงตามลำดับ ตัวอย่างเช่น ปุ๋ยสูตร 13-0-46 แสดงว่ามีไนโตรเจน 13 % ไม่มีฟอสฟอรัสและมีโพแทสเซียม 46 % ตัวเลขที่บอกปริมาณฟอสฟอรัสในสูตรปุ๋ยหมายถึงเฉพาะรูปที่เป็นประโยชน์เท่านั้นเช่นปุ๋ยหินฟอสเฟตบดมีฟอสฟอรัสทั้งหมด 30 % แต่อยู่ในรูปที่พืชดูดกินได้เพียง 3 % มีสูตรเป็น 0-3-0 เท่านั้น [3] พืชนำฟอสฟอรัสจากดินมาใช้ด้วยการดูดฟอสฟอรัสในรูปอนุมูลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) และไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน ($HPO_4^{2-}$) หอยกาบน้ำจืดมีการแพร่กระจายได้เกือบทุกแหล่งน้ำของประเทศไทย พบว่าลุ่มน้ำที่มีหอยกาบน้ำจืดมากที่สุดเป็นลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือลุ่มน้ำมูลและลุ่มน้ำชี พบว่ามีหอยกาบน้ำจืดทั้งหมด 57 ชนิดหอยกาบน้ำจืดเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งเนื้อและเปลือก ได้แก่ หอยทราย (*Corbicula spp.*) หอยกาบลาย *( Scabies spp.*) พบว่ามีการวางขายในตลาดทุกภาค [4] จึงก่อให้เกิดปัญหากับปริมาณของเปลือกหอยที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากและกำจัดได้ยาก จึงกลายเป็นขยะสะสมเพิ่มปริมาณมากขึ้นทุกๆ วัน

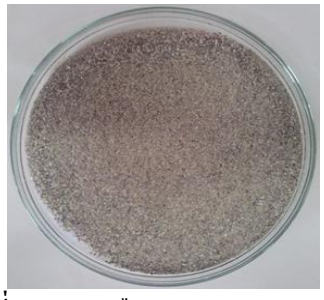
ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเปลือกหอยทรายที่ประกอบด้วยสารจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนใหญ่และมีส่วนประกอบของสารอื่นๆเช่นแคลเซียมฟอสเฟต แมกนีเซียมฟอสเฟตและแมกนีเซียมซิลิเกต [5] ซึ่งมีธาตุที่จำเป็นและมีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชที่ได้รับแคลเซียมและฟอสฟอรัสอย่างเพียงพอ จะช่วยในการผสมเกสร การงอกของเมล็ด มีระบบรากที่แข็งแรง สามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้ดี การออกดอกออกผลเร็วขึ้น ทำให้พืชตั้งตัวได้เร็ว [6] จึงเหมาะที่จะนำเปลือกหอยทรายมาผลิตปุ๋ยฟอสเฟต ปุ๋ยฟอสเฟตมีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด มีชื่อเรียกว่าไดแคลเซียมฟอสเฟต โมโนแคลเซียมฟอสเฟต ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต และปุ๋ยทริปเปิลฟอสเฟต โดยสารเหล่านี้มีราคาแพงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ [7] ประเทศไทยที่บ้านสบเมย อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน มีการผลิตปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต และปุ๋ยดับเบิลซุปเปอร์ฟอสเฟต จากแร่หินฟอสเฟต โดยพบปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 38-39 % ส่วนที่เขากกม้า อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี มีการผลิตปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต พบปริมาณฟอสฟอรัสประมาณ 10-40 % [8] มีผู้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสารประกอบโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรตที่สังเคราะห์จากวัสดุต่างๆเช่น บรรจง บุญชม และคณะ [9] ได้ศึกษาคิดค้นการเปลี่ยนรูปแคลเซียมที่ได้จากวัสดุเหลือทิ้งหรือวัสดุที่มีราคาต่ำตามธรรมชาติ ผลิตแคลเซียมได้ 3 รูปแบบ คือ แคลเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ แคลเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต $CaHPO_4$ และแคลเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตโมโนไฮเดรต $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ เพื่อทดแทนการนำเข้าสาร MCPM โดยวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตได้แก่ เปลือกหอยแครง มีกรรมวิธีการผลิตคือทำการบดเปลือกหอยแครงให้ละเอียด จากนั้นเติมกรดฟอสฟอริกลงไปในสัดส่วนที่เหมาะสม ปั่นกวนหรือคนผสมให้เข้ากันประมาณ 30 นาที ก็จะได้สารแคลเซียมฟอสเฟตตามสูตรโครงสร้างที่ต้องการ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เตรียได้พบว่ามีร้อยละของธาตุแคลเซียม >30 % และฟอสฟอรัส > 41 % ซึ่งสูงกว่าเมื่อเทียบกับอาหารสัตว์และปุ๋ยที่ขายตามท้องตลาด โอโนตะและคณะ (2012) [10] ได้ศึกษาการสกัดแคลเซียมฟอสเฟตจากเปลือกหอยนางรมที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างกรดฟอสฟอริกกับเปลือกหอยนางรมแล้วทำการตกตะกอน สารตกตะกอนที่ได้เป็นส่วนผสมของแคลเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต-ไดไฮเดรต และแคลเซียมคาร์บอเนต ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจในการสังเคราะห์ MCPM จากเปลือกหอยทราย เนื่องจากสามารถนำมาเป็นปุ๋ยที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม มีราคาถูกและผลิตเองได้ง่าย เปลือกหอยทรายมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก มีประโยชน์ในด้านเกษตรกรรม โดยการนำเปลือกหอยทรายมาผลิตเป็นผลึกแคลเซียมฟอสเฟตในรูปของโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรต $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ (MCPM) สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกรดฟอสฟอริก ($H_3PO_4$) สำหรับเตรียมสารประกอบ MCPM เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสาร MCPM ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD) และเทคนิคแอต-เทนูเอเทตโทเทลรีเฟลกแทน ฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม-อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (ATR-FTIR) และ เพื่อหาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของสาร MCPM ที่สังเคราะห์จากเปลือกหอยทราย

## 2. วิธีการศึกษา หรือการวิจัย

### 2.1วิธีการเตรียมเปลือกหอยทรายบด

นำเปลือกหอยทรายมาล้างทำความสะอาดผึ่งให้แห้ง ดังรูปที่ 1 แล้วนำมาบดโดยใช้เครื่องบดเปลือกหอย นำเปลือกหอยทรายบดมาร่อนในตะแกรงเพื่อให้ได้เปลือกหอยทรายบดที่ละเอียด ดังรูปที่ 2

**รูปที่ 1** แสดงเปลือกหอยทราย



**รูปที่ 2** แสดงเปลือกหอยทรายบดละเอียด

### 2.2 ศึกษาปริมาณของกรดฟอสฟอริกและเวลากวนผสมที่เหมาะสม ในการตกตะกอนสมบูรณ์

ชั่งเปลือกหอยทรายบดละเอียด 15 กรัมมาเติมกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้น 10 โมลาร์ ปริมาตร 15 20 25 30 และ35 มิลลิลิตร ตามลำดับ ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการกวนผสมให้เข้ากันคือ 15 20 25 30 และ 35 นาที ตามลำดับ เลือกเวลาที่พบว่าเปลือกหอยทราย ละลายหมดเป็นตะกอนที่สมบูรณ์ (โดยสังเกตตะกอนที่ได้จะมีลักษณะเหนียวข้น ไม่เหลือเศษเปลือกหอยทราย)

### 2.3 การสังเคราะห์สารโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรต $Ca(H_2PO_4)_2•H_2O$ (MCPM)

ชั่งเปลือกหอยทรายบดละเอียด 15 กรัม แล้วเติมกรดฟอสฟอริกความเข้มข้น 10 โมลาร์ ปริมาตรที่เหมาะสมตามข้อ 3.2 ลงในบีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร กวนผสมให้เข้ากัน ตามเวลาที่ดีที่สุดที่เปลือกหอยทรายละลายหมดกลายเป็นตะกอนอย่างสมบูรณ์ ตามข้อ 3.2 จากนั้นอบให้แห้ง

### 2.4 การตรวจวัดค่า pH ของ MCPM

ตรวจวัดค่า pH ของผลึกด้วยพีเอชมิเตอร์ (pH Meter) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เพื่อต้องการทราบว่าสภาวะที่ละลายหมดเป็นตะกอนที่สมบูรณ์ มีค่าความเป็นกรดเบส อย่างไร

### 2.5 ศึกษาหมู่ฟังก์ชั่น ของ MCPM ด้วยเทคนิคแอตเทนู-เอเทตโทเทลลีเฟลกแทน ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (ATR-FTIR)

นำสารตัวอย่างที่เตรียมได้ ไปวางไว้บนผลึกคริสตัลของเครื่องแล้วทำการตรวจวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสปกตรัมวัน ในการตรวจสอบเอกลักษณ์ รูปแบบการสั่นของพันธะภายในโมเลกุลของสาร

### 2.6 ศึกษาคุณสมบัติความเป็นผลึกด้วยเทคนิค การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)

เตรียมตัวอย่างที่เป็นผงของแข็งผิวต้องเรียบ มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 325 เมช หรือประมาณ 40 ไมครอน (ผงละเอียดคล้ายผงแป้ง) โดยปริมาณที่ใช้ในการ

ทดสอบต่อครั้ง ประมาณ 1-2 กรัม ใส่สารตัวอย่างในภาชนะสำหรับใส่สารตัวอย่าง เกลี่ยให้ทั่วให้ผิวของตัวอย่างเรียบและเสมอกับขอบของแผ่นที่บรรจุ นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปใส่ที่แท่นวางตัวอย่างของเครื่อง XRD

**2.7 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี หาปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสใน MCPM ที่สังเคราะห์จากเปลือกหอยทราย**

หาปริมาณแคลเซียมโดยใช้เทคนิคการไตเตรทกับ EDTA และหาปริมาณฟอสฟอรัสใน MCPM โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างกรดเปอร์คลอริก:กรดไนตริก อัตราส่วน 1 : 1 ในการย่อยเปลือกหอยทรายบด ทำให้เกิดสีกับสารประกอบเชิงซ้อนโมลิบโดวานาเดต วัดหาปริมาณฟอสฟอรัสด้วย เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาคลื่น 420 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสและหาปริมาณน้ำในโครงผลึกด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อน

## 3. ผลการทดลอง

**3.1 ผลการศึกษาปริมาณของกรดฟอสฟอริกและเวลากวนผสมที่เหมาะสมในการตกตะกอนสมบูรณ์**

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเติมกรดฟอสฟอริก ปริมาตร 30 มิลลิลิตรกวนผสม 25 นาที ให้เข้ากันกับเปลือกหอยทรายจะได้ตะกอนที่สมบูรณ์คือมีลักษณะเหนียวข้นไม่มีเศษเปลือกหอยทรายบดเหลืออยู่ เกิดเป็น ผลึกสีน้ำตาลที่มี ผลผลิตสูงสุดคิดเป็นร้อยละผลผลิตเท่ากับ 94.48 และได้น้ำหนักของผลึกมากที่สุด

**ตารางที่ 1** แสดงผลการศึกษาปริมาณ $H_3PO_4$ และเวลากวนผสมในการตกตะกอนสมบูรณ์

| Volume of $H_3PO_4$ (mL) | Time Stirring (min) | Results | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Weight MCPM (g) | percent yield (%) | Physical properties |
| 15 | 25 | 25.37 | 73.53 | ผลึกสีน้ำตาล |
| 20 | 25 | 30.39 | 66.06 | ผลึกสีน้ำตาล |
| 25 | 25 | 38.22 | 66.46 | ผลึกสีน้ำตาล |
| 30 | 25 | 65.19 | 94.48 | ผลึกสีน้ำตาล |
| 35 | 25 | 53.14 | 66.01 | ผลึกสีน้ำตาล |

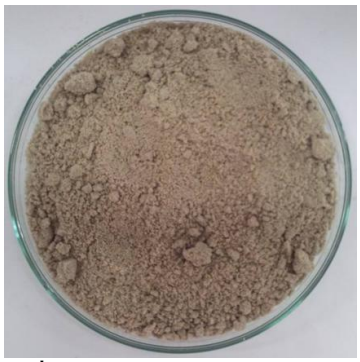
**3.2 ผลของการสังเคราะห์สาร** MCPM

เตรียมสาร MCPM โดยชั่งเปลือกหอยทรายที่บดละเอียด 15 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดฟอสฟอริกความเข้มข้น 10 โมลาร์ ใช้ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ทำการกวนผสม 25 นาที ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเกิดฟองก๊าซ $CO_2(g)$ ขึ้น โดยหมู่ $PO_4^{3-}$ จะเข้าไปแทนที่ หมู่ $CO_3^{2-}$ ดังรูปที่ 3 และสมการที่ (1) ที่แสดงการเกิดปฏิกิยาระหว่างเปลือกหอยทรายบดละเอียด ($CaCO_3$) กับกรดฟอสฟอริก ($H_3PO_4$)

$$CaCO_3(s) + 2\,H_3PO_4(aq) \longrightarrow Ca(H_2PO_4)_2{\bullet}H_2O(s) + CO_2(g) \qquad (1)$$

จากการเกิดปฏิกิริยา พบว่าเปลือกหอยทรายละลายหมดกลายเป็นตะกอนที่สมบูรณ์จากนั้นอบจนสารแห้งจะได้ผลึกสีน้ำตาล เรียกชื่อผลึกที่ได้ว่าสารโมโน-แคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรต $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ (MCPM) ดังรูปที่ 4

**รูปที่ 3** แสดงปฏิกิริยาเปลือกหอยทรายบดกับ $H_3PO_4$



**รูปที่ 4** แสดง MCPM ที่สังเคราะห์ได้

### 3.3 ผลการตรวจวัดค่า pH ของ MCPM

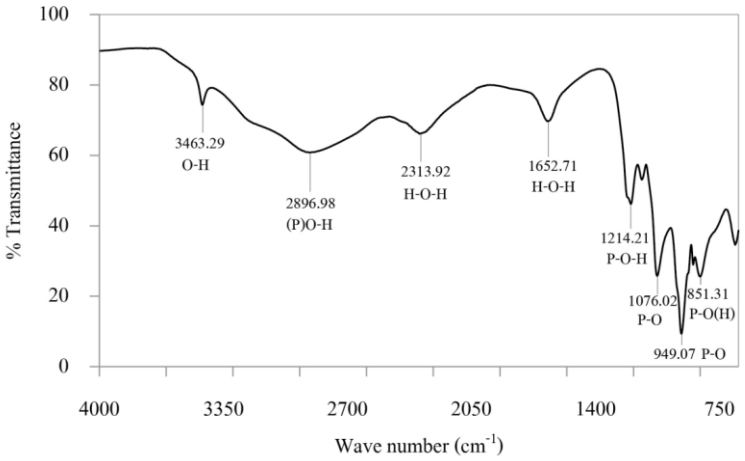
เมื่อตรวจค่า pH ของผลึกที่สังเคราะห์ได้ด้วย pH Meter ทั้ง 3 ครั้ง พบว่ามีค่า pH เท่ากับ $7.20 \pm 0.02$

### 3.4 ผลการศึกษาหมู่ฟังก์ชั่นด้วยเทคนิคATR-FTIR ของสาร MCPM

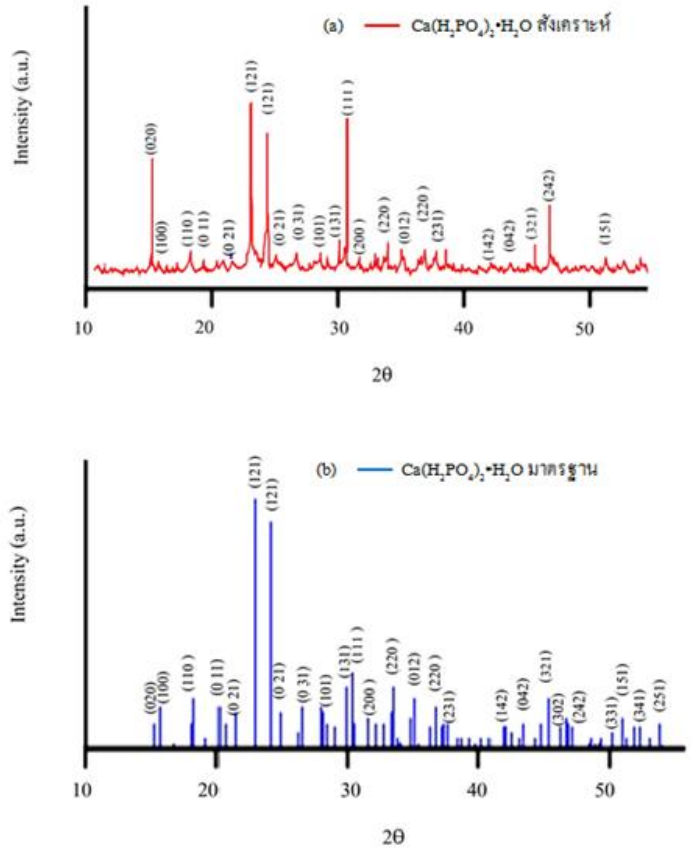
พบว่าที่ตำแหน่ง 3,463.29 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นแบบยืดของหมู่ฟังก์ชัน -OH ที่ตำแหน่ง 2896.98 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นแบบยืดของหมู่ฟังก์ชัน (P)O-H ที่ตำแหน่ง 2,313.92 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นแบบงอและแบบหมุนของหมู่ฟังก์ชัน H-O-H ที่ตำแหน่ง 1,652.71$cm^{-1}$ เป็นการสั่นแบบงอของหมู่ฟังก์ชัน H-O-H ที่ตำแหน่ง 1,214.21 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นในระนาบเดียวกัน ของหมู่ฟังก์ชัน P-O-H ที่ตำแหน่ง 1,076.02 $cm^{-1}$และ 949.07 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นแบบยืดของหมู่ฟังก์ชัน P-O และที่ตำแหน่ง 851.31 $cm^{-1}$ เป็นการสั่นแบบยืดของหมู่ฟังก์ชัน P-O (H) หมู่ฟังก์ชันดังกล่าวเป็นองค์ประกอบภายในโครงสร้างของ MCPM สอดคล้องกับงานวิจัยของ เจ แซนเชดและเจ เรเยส แกสกา (2013) [11] ที่ได้ศึกษาการสกัด MCPM จากแร่บรัชไซต์ โดยเทคนิคการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงในการทำให้เกิดการสั่นสะเทือน ดังรูปที่ 5

### 3.5 ผลการศึกษาคุณสมบัติความเป็นผลึกด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ (X-ray Diffraction; XRD)

ผลการศึกษาคุณสมบัติการเป็นผลึกของ MCPM ด้วยเทคนิค XRD แสดงดังรูปที่ 6 ตรวจพบพีคทั้งหมดในโครงสร้างของสาร MCPM ที่สังเคราะห์ได้ เทียบกับพีคมาตรฐานของสาร MCPM คือ PDFno.09-0347 ชี้ให้เห็นว่าโครงสร้างของผลึกเป็นผลึกที่อยู่ในระบบแอนอทิค จากรูปที่ 6 พบว่า ตำแหน่งของพีคที่มีค่าความเข้มสูงอย่างเห็นได้ชัดที่ 2θ (มุมของการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์) เท่ากับ 15.13, 15.64, 18.08, 20.07, 21.34, 22.90, 24.09, 24.84, 26.58, 28.03, 29.79, 30.25, 31.55, 33.54, 35.02, 36.61, 37.56, 42.04, 43.44, 45.39, 46.73 และ 51.84 สอดคล้องกับระนาบของการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ที่เกิดขึ้นหลายระนาบคือตำแหน่ง (020) (100) (110) (011) (021) (121) (121) (021) (031) (101) (131) (111) (200) (220) (012) (220) (231) (142) (042) (321) (242) และ(151) พารามิเตอร์ที่ได้เป็นโครงสร้างตาข่ายดังตารางที่ 2




**รูปที่ 5** แสดงอินฟาเรดสเปกตรัมของ MCPM




**รูปที่ 6** แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD pattern) ของ (a ) MCPM ที่สังเคราะห์ได้ และ (b) MCPM มาตรฐาน PDFno.09-0347

**ตารางที่ 2** แสดงพารามิเตอร์โครงสร้างตาข่ายของ MCPM

| sample | parameter (Å) | | | | | | volume ($Å^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | a | b | c | α | β | γ | |
| MCPM | 6.25 | 11.89 | 5.62 | 96.67 | 114.20 | 92.95 | 376.75 |

**3.6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ MCPM**

พบว่าเมื่อทดลองหาปริมาณของแคลเซียมจากการไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน EDTA และคำนวณหาปริมาณของแคลเซียมจากสมการที่ (2) [12]

$$Ca = Z \times A \times 1{,}000 / V \quad (2)$$

เมื่อ Ca แทนปริมาณของแคลเซียม (mg/L)
Z แทนปริมาตรของ EDTA (mL)
A แทนความเข้มข้นของ EDTA (M)
V แทนปริมาตรของ MCPM (mL)

จากการคำนวณพบว่าได้ปริมาณของแคลเซียมร้อยละ 15.78 และหาปริมาณฟอสฟอรัสของ MCPM ที่สังเคราะห์ได้โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่าง กรดเปอร์คลอริก : กรดไนตริก อัตราส่วน 1 : 1 ในการย่อยเปลือกหอยทราย บด ทำให้เกิดสีกับ สารประกอบเชิงซ้อนโมลิบโดวานาเดต วัดหาปริมาณฟอสฟอรัสด้วย เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาคลื่น 420 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสโดยคำนวณจากสมการที่ (3) [13]

$$X = (Y - 0.0146) / 0.0096 \quad (3)$$

เมื่อ X แทนปริมาณของฟอสฟอรัสใน MCPM (mg/L)
Y แทนค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้

นำค่าของปริมาณของฟอสฟอรัสที่ได้จากสมการที่ (3) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสจากสมการที่ (4)

$$\% P = (X-B) \times V \times 100 / 1{,}000 \times W \quad (4)$$

เมื่อ P แทนเปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัส
X แทนปริมาณของฟอสฟอรัสใน MCPM (mg/L)
B แทนปริมาณของฟอสฟอรัสในน้ำกลั่น (mg/L)
V แทนปริมาตรของ MCPM ที่ปรับปริมาตรหลังการย่อย (mL)
W แทนน้ำหนักของ MCPM (mg)

จากการคำนวณได้ร้อยละของฟอสฟอรัสเท่ากับ 24.6 เมื่อหาปริมาณน้ำในโครงผลึก ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อนพบว่ามีน้ำในโครงผลึกร้อยละ 24.20

จากผลการวิเคราะห์ทั้งหมดที่กล่าวมา ยืนยันได้ว่าผงของแข็งสีน้ำตาลที่สังเคราะห์ได้ เป็น $Ca(H_2PO_4)2{\bullet}H_2O$ (MCPM)

## 4. การวิจารณ์และอภิปรายผล

สารโมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรต $Ca(H_2PO_4)_2{\bullet}H_2O$ (MCPM) สามารถสังเคราะห์ได้ง่าย รวดเร็ว มีราคาถูก ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยสังเคราะห์จากเปลือกหอยทราย ซึ่งเป็นหอยกาบน้ำจืดชนิดหนึ่ง ที่คนทั่วไปนำมาบริโภคเป็นอาหาร

การสังเคราะห์ MCPM สารสามารถผลิตเองได้ง่าย ด้วยวิธีการคือนำเปลือกหอยทรายบดละเอียดผสมกับกรดฟอสฟอริก ที่อุณหภูมิห้อง ปั่นกวนเป็นเวลา 25 นาที เพื่อให้เกิดการตกตะกอนที่สมบูรณ์ จะได้สารเป็นผลึกสีน้ำตาล วิธีการนี้ถือว่าเป็นการเตรียมสารโดยใช้วิธีแบบเปียก จะได้สาร MCPM ตามสูตรโครงสร้างที่ต้องการ โดยสามารถยืนยันสารที่เตรียมขึ้นได้ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ด้วย XRD และ ATR-FTIR เป็นการยืนยันโครงสร้างผลึก และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ผลที่ได้ยืนยันว่าผงผลึกที่เตรียมได้มีสูตรเคมี เป็น $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ ดังนั้นเทคนิคการเตรียมสารแบบเปียกในงานวิจัยนี้ จึงเหมาะกับการนำไปผลิตปุ๋ยและอาหารสัตว์ เพราะทำได้ง่าย รวดเร็ว ราคาถูก และไม่อันตราย ดังนั้นการสังเคราะห์ MCPM ด้วยวิธีนี้จึงเป็นทางเลือกหนึ่ง ให้กับชุมชนในการใช้เปลือกหอยทราย (*Corbicula spp.* Shells ) ที่เป็นขยะเหลือทิ้งหลังจากการบริโภคเนื้อหอย นำไปสู่การลดหรือกำจัดของเสียจากเปลือกหอยทรายได้อย่างมาก

## 5. สรุปผล

สรุปสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ MCPM คือ ชั่งเปลือกหอยทราย 15 กรัม ต่อปริมาณกรดฟอสฟอริก ($H_3PO_4$) ความเข้มข้น 10 โมลาร์ 30 มิลลิลิตร ปั่นกวนผสม เป็นเวลา 25 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จะทำให้ตกผลึกสมบูรณ์ได้ผลึกของแข็งสีน้ำตาล เมื่อดูลักษณะเฉพาะของหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค ATR-FTIR พบว่าตำแหน่งที่แสดงให้เห็นคือการสั่นสะเทือนของหมู่ $H_2PO_4^-$ และ $H_2O$ ผลการตรวจวิเคราะห์ MCPM ด้วยเทคนิค XRD พบพีคที่ยืนยันว่าสารที่สังเคราะห์ได้คือ MCPM เมื่อเทียบกับพีคของสาร MCPM มาตรฐานคือ PDFno.09-0347 พบว่าเป็นผลึกระบบ แอนอทิค เมื่อหาปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัส พบว่าใน MCPM ที่สังเคราะห์ได้มีปริมาณแคลเซียมร้อยละ15.78 และ ฟอสฟอรัสร้อยละ 24.60 และเมื่อวิเคราะห์ทางความร้อน พบว่ามีน้ำในโครงผลึกร้อยละ 24.20 ผลการวิเคราะห์ทั้งหมดยืนยันว่าสารที่สังเคราะห์ได้เป็นสารโมโนแคลเซียม-ฟอสเฟตโมโนไฮเดรต $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ (MCPM)

## 6. ข้อเสนอแนะ

เปลือกหอยทรายสามารถผลิตสารประกอบ MCPM ได้จริง เหมาะสมที่จะนำมาผลิตใช้ในทางการเกษตร เนื่องจากในการผลิตใช้ต้นทุนต่ำ กระบวนการผลิตไม่ยุ่งยาก มีแคลเซียมกับฟอสฟอรัส ปริมาณที่สูงพอสำหรับนำไปใช้เป็นปุ๋ยและอาหารสัตว์

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เขียนบทความวิจัยและบท ความวิชาการที่ถูกใช้อ้างอิงในบทความฉบับนี้ และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่สนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัย

## 8. เอกสารอ้างอิง

[1] B. Boonchom, **"**Production of calcium phosphate Crystalline form of the shells of *Perna viridis",* Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 2012. (in Thai)

[2] N.C. Voravej**,** "Knowledge of fertilizer Organic", Research and development factors. Agricultural Production Department Agriculture Ministry, 2005, pp. 1-53 (in Thai)

[3] Tailor made fertilizer technology, "Fertilizer Compounds that are required to Plant growth", (online). http://www.ssnm.info/know/ferti, 2015.

[4] J. Jiwarlux, P. Phomprasri and A. Nakjinda, "Bivalve forThailand", (1st Ed.), A conventional printing, Agricultural Cooperatives of Thailand, 2007, pp. 5-11 (in Thai)

[5] W. Yusuk, "Seashells", newsletter Royal Academy 6(56), January, 1996, pp. 1-6 (in Thai)

[6] Encyclopedia Thailand for youth, "Soil and Fertilizer", 18, story 8, 1994, pp. 182-213 (in Thai)

[7] B. Boonchom and N. Vittayakorn, "Transformation Shell is calcium phosphates for Agriculture", Faculty of Science Basic, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chumphon Campus and Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 2013, pp. 1-25 (inThai)

[8] U. Ohsodspa, "The use of phosphate rock in cultivation", Agricultural Handbook (2nd Eds.), Trade Association and fertilizer businesses Thailand agriculture, 2012, pp.1-187 (in Thai)

[9] B. Boonchom and N. Vittayakorn, "Production of low-calcium phosphate escalope for use as animal feed Fertilizers release nutrients slowly", Faculty of Science Basic, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chumphon Campus and Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 2013. (in Thai)

[10] H. Onoda, "Preparation of Calcium Phosphate with Oyster Shells"**,** Natural Resource, 2012, pp. 71-74.

[11] J.S. Enriquez and J. Reyes-Gasga, "Obtaining $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$, monocalcium phosphate monohydrate, via monetite from brushite by using sonication", Ultrasonics Sonochemistry, 2013, pp. 948–954.

[12] Office of Research and Developmet, "Water quality analysis", Royal Irrigation Department Ministry of Agriculture, 2007, pp. 30-35. (in Thai)

[13] K. Intanujid, **"**Teaching academic analysis of water quality**",** Department of application Environmental science, Faculty Science and Technology, Songkhla Rajabhat University, pp. 64-66. (in Thai)