

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการสังเคราะห์ (Synthesis results)

จากการสังเคราะห์โลหะไฮโดรเจนฟอสเฟตไฮเดรต สองชนิด คือ $\text{CoHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ และ $\text{CuHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ โดยใช้แหล่งของโคบอลต์ได้จาก $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และแหล่งของคอปเปอร์จาก $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ทำปฏิกิริยากับกับกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 1.0 โมลาร์ และใช้ 1.0 โมลาร์ NaOH เป็นสารช่วยตกตะกอนที่ค่าพีเอชเท่ากับ 6 และอุณหภูมิห้อง ซึ่งถือว่าเป็นเทคนิคที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว จากนั้นนำสารที่สังเคราะห์ได้ไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 700°C เพื่อทำให้สารโลหะไฮโดรเจนฟอสเฟตไฮเดรตที่สังเคราะห์ได้เกิดการสลายตัวกลายเป็นสารโลหะฟอสเฟตอีกกลุ่มหนึ่ง คือ โลหะไพโรฟอสเฟต ($\text{M}_2\text{P}_2\text{O}_7$, เมื่อ M คือ Cu หรือ Co) ทำให้สามารถได้สารโลหะฟอสเฟตถึง 2 กลุ่ม ซึ่งสารโลหะฟอสเฟตที่สังเคราะห์ได้ทั้ง 2 กลุ่มนี้อาจจะนำไปใช้ประโยชน์ในการใช้เป็นปุ๋ยที่มีอนุภาคนาขนาดเล็กสามารถให้ธาตุฟอสฟอรัสออกมา ทีละน้อยและเป็นเวลานาน หรืออาจใช้เป็นผงสี ส่วนประกอบที่ป้องกันการกัดกร่อนรวมถึงการประยุกต์ใช้อื่นๆที่ต้องการความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ในขั้นตอนการสังเคราะห์นั้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนที่ไม่รุนแรง จึงไม่เป็อันตรายขณะสังเคราะห์ ซึ่งร้อยละผลผลิตของ $\text{CoHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ และ $\text{CuHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ อยู่ที่ประมาณ 70-95 ส่วนสารกลุ่ม $\text{Co}_2\text{P}_2\text{O}_7$ และ $\text{Cu}_2\text{P}_2\text{O}_7$ มีร้อยละผลผลิตอยู่ที่ประมาณ 60-90 ซึ่งถือว่ามีความเหมาะสม จึงเหมาะที่จะนำเทคนิคนี้ไปใช้เตรียมสารข้างต้นในระดับอุตสาหกรรมในอนาคตต่อไป

5.2 สรุปผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ของสารด้วยเทคนิคต่าง ๆ (Characteristic materials and Identification method)

ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ของสารทั้ง 6 ชนิดที่สังเคราะห์ขึ้นได้เรียงลำดับการวิเคราะห์ คือ เริ่มต้นการตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR) และตรวจสอบภาพร่างสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) ผลที่ได้สามารถสรุปได้ดังนี้

5.2.1 สรุปผลการตรวจเอกลักษณ์พื้นฐานของการสังเคราะห์สารโลหะไฮโดรเจนฟอสเฟต

ไฮเดรตและสารโลหะไพโรฟอสเฟต

สารประกอบที่เตรียมขึ้นได้ 6 ชนิด 2 กลุ่ม คือ $\text{CoHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ และ $\text{CuHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ และอีกกลุ่มคือ CoP_2O_7 และ CuP_2O_7 เอกลักษณะการสั่นของสารประกอบไปด้วยหน่วยย่อย คือ HPO_4^{2-} แอนไอออน และ โมเลกุลน้ำ (H_2O) เอกลักษณะที่บ่งบอกได้ชัดเจนของหน่วยย่อย HPO_4^{2-} แอนไอออน คือ การมีภาพแบบการสั่นที่ตำแหน่ง 3040-3086, 1033-1154, 844-895, 939-991 และ 698-716 cm^{-1} ซึ่งเป็นชนิดแถบการสั่นของ ก ชนิดแถบการสั่นคือ A band (VOH HPO_4^{2-}), $\text{V}(\text{PO}_3)$, $\text{V}(\text{PO}_2(\text{OH}))$, การสั่นแบบบิดภาพของ $\delta(\text{POH})$ และ $\gamma(\text{POH})$ ตามลำดับ และต้องมีภาพแบบการสั่นของโมเลกุลน้ำที่ประกอบด้วย 2 ภาพแบบ คือ การสั่นแบบยืดหดแบบอสมมาตร(V_3) และการสั่นแบบโค้งงอ (V_2) โดยจะพบแถบการสั่นในช่วง 3411-3482 และ 1626-1643 cm^{-1} ตามลำดับ

สำหรับสารกลุ่มที่สองคือ CoP_2O_7 และ CuP_2O_7 จะมีเอกลักษณะการสั่นของหน่วยย่อยของ $[\text{P}_2\text{O}_7]^{4-}$ แอนไอออน โดยจะพบว่าแถบการสั่นที่ปรากฏในช่วง 1000-1200 cm^{-1} คือ การสั่นแบบอสมมาตร($\text{V}_{\text{as}} \text{PO}_3$) และการสั่นแบบสมมาตร ($\text{V}_s \text{PO}_3$) จะปรากฏแถบการสั่นแยกออกมา 1-2 พีค แถบการสั่นของ $\text{V}_{\text{as}} \text{P-O-P}$ จะมีแถบการสั่นที่ประมาณ 900-980 cm^{-1} ส่วนแถบการสั่นของ $\text{V}_s \text{P-O-P}$ จะมีแถบการสั่นที่ประมาณ 700-750 cm^{-1} และแถบการสั่นของ δPO_3 และ ρPO_3 จะปรากฏในช่วง 448-630 cm^{-1}

5.2.2 สรุปผลการตรวจลักษณะพื้นฐานวิทยาของสารโลหะไฮโดรเจนฟอสเฟตไฮเดรตและ

สารโลหะไพโรฟอสเฟต

สำหรับผลการวิเคราะห์พื้นฐานวิทยาด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) พบว่า สารที่สังเคราะห์ได้ทั้งหมดมีขนาดอนุภาคใหญ่ และมีการจับกันเป็นกลุ่มก้อน มีพื้นผิวขรุขระ ไม่มีภาพแบบสัณฐานที่แน่นอน โดยสาเหตุน่าจะเนื่องจากเทคนิคการเตรียมที่ใช้เวลารวดเร็ว ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่มีความสม่ำเสมอของขนาดอนุภาค

5.3 ผลการตรวจสอบพฤติกรรมทางความร้อนของสาร

สารสามชนิด คือ $\text{CoHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ และ $\text{CuHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ มีสูตรคล้ายๆ กัน ทำให้พฤติกรรมทางความร้อนและกลไกการสลายตัวทางความร้อนมีลักษณะเหมือนกัน กล่าวคือ สาร $\text{CoHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ มีขั้นการสลายตัวไปเป็น $\text{Co}_2\text{P}_2\text{O}_7$ เพียงขั้นตอนเดียวที่ช่วงอุณหภูมิประมาณ 200-250 $^{\circ}\text{C}$ สาร $\text{CuHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ มีขั้นการสลายตัวไปเป็น $\text{Cu}_2\text{P}_2\text{O}_7$ เพียงขั้นตอนเดียวเช่นกันที่ช่วงอุณหภูมิประมาณ 150-200 $^{\circ}\text{C}$

5.4 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยได้ทำการเตรียมสารขึ้น 2 กลุ่มๆละ 2 ตัว ได้แก่ $\text{CoHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ และ $\text{CuHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ และสารอนุพันธ์ทาคความร้อน CoP_2O_7 และ CuP_2O_7 โดยมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.4.1 ในขั้นตอนการสังเคราะห์โลหะไฮโดรเจนฟอสเฟตไฮเดรต ควรใช้เวลาปั่นกวนให้มากกว่านี้ เพื่อให้เกิดการตกตะกอนสมบูรณ์และทำให้ขนาดอนุภาคมีความสม่ำเสมอ

5.4.2 เมื่อกรองได้ตะกอนของสารโลหะไฮโดรเจนฟอสเฟตไฮเดรตแล้ว ควรนำเข้าเตาอบ ทำการอบให้แห้งและเก็บสารที่สังเคราะห์ได้ให้ปราศจากความชื้น

5.4.3 ในขั้นตอนการชั่งสาร ควรชั่งอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสารอาจดูดความชื้น ทำให้ผลการทดลองเกิดความผิดพลาดได้

5.4.4 จาก spectrum ของ FTIR พบว่ายังเกิด peak ของไอออนไนเตรต (NO_3^-) ซึ่งมาจากแอนไอออนของสารตั้งต้น ดังนั้นขณะกรองเอาตะกอนควรล้างน้ำกลั่นหลายๆครั้ง และควรนำน้ำที่ผ่านการกรองแล้วไปตรวจสอบดูว่ายังมีแอนไอออนเหล่านี้ตกค้างอยู่หรือไม่