

การศึกษาปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลติกส์ของผงบิสมัธวานาเดตที่เตรียมโดยวิธีซอล-เจล  
เพื่อใช้ในการสลายตัวของฟีนอลและคลอโรฟีนอลในแหล่งน้ำธรรมชาติ

จากกิจกรรมทางภาคเกษตรกรรม

**The Study of Photocatalytic of Bismuth Vanadate Powder Prepared by Sol-gel  
Method for Degradation of Phenol and Chlorophenol in Natural Water  
from the Activity of Agriculture**

ภูสิต ปุกมณี จิราภรณ์ กิติกุล

Pusit Pookmanee Jiraporn Kitikul

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

Department of Chemistry, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai

#### บทคัดย่อ

การเตรียมผงบิสมัธวานาเดตโดยวิธีซอล-เจล ในอัตราส่วนโดยโมลของบิสมัธในเตรด : แอมโมเนียมวานา-เดต เท่ากับ 1:1 ในสารละลายกรดไนตริก เข้มข้น 4.0 โมลาร์ ทำการเตรียมสารละลายให้อยู่ในรูปแบบซอล โดยเติมสารละลาย 2-โพรพานอล เข้มข้น 2.0 โมลาร์ และทำการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้สารสีเหลืองเกิดการเปลี่ยนแปลงจากซอลเป็นเจล จากนั้นทำการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 400-600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการศึกษาโครงสร้างของผงบิสมัธวานาเดต โดยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟร็กโทมิเตอร์ (XRD) พบว่ามีโครงสร้างแบบโมโนคลินิก การตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ ส่องกราด (SEM) พบว่า มีรูปร่างอนุภาคที่ไม่แน่นอนและมีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 0.5-3.0 ไมโครเมตร การศึกษาหาองค์ประกอบทางเคมี โดยเครื่องวัดการกระจายพลังงานสเปกโตรมิเตอร์ พบว่า ผงบิสมัธวานาเดต ประกอบด้วยธาตุบิสมัธ ที่ระดับพลังงาน  $M_{\alpha}$  มีค่าเท่ากับ 2.42 และ 3.19 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ที่ระดับพลังงาน  $L_{\gamma}$  มีค่าเท่ากับ 9.42 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ที่ระดับพลังงาน  $L_{\alpha}$  มีค่าเท่ากับ 10.8 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ และที่ระดับพลังงาน  $L_{\beta}$  มีค่าเท่ากับ 13.0 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ธาตุวานาเดียม ที่ระดับพลังงาน  $K_{\alpha}$  มีค่าเท่ากับ 4.95 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ และธาตุออกซิเจน  $K_{\alpha}$  มีค่าเท่ากับ 0.52 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ตามลำดับ ทำการวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวของอนุภาค โดยเครื่องวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวของอนุภาค พบว่า มีพื้นที่ผิวของอนุภาคเท่ากับ 1.20, 1.31 และ 2.92 ตารางเมตรต่อกรัม ตามลำดับ ทำการตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของผงบิสมัธวานาเดต โดยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตร-มิเตอร์ พบว่า มีหมู่ฟังก์ชันของ  $VO_4^{3-}$  มีช่วงเลข

คลื่น 470-480 ต่อเซนติเมตร V-O มีช่วงเลขคลื่น 730-750 และ 820-830 ต่อเซนติเมตร และ Bi-O มีช่วงเลขคลื่น 660-670 ต่อเซนติเมตร การศึกษาการสลายตัวของ ฟีนอล 2-คลอโรฟีนอล และ 2,4-ไดคลอโรฟีนอล โดยผงบิสมัทวานาเดตที่เตรียมโดยวิธีซอล-เจล โดยเครื่องโครมาโทกราฟของเหลวสมรรถนะสูง พบว่า ผงบิสมัทวานาเดตที่เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปริมาณ 0.1250 กรัม มีประสิทธิภาพในการสลายตัวของ ฟีนอลได้สูงที่สุด และผงบิสมัทวานาเดตเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 500 และ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปริมาณ 0.5000 กรัม มีประสิทธิภาพในการสลายตัวของ 2-คลอโรฟีนอล และ 2,4-ไดคลอโรฟีนอลได้สูงที่สุด ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปฏิกริยาโฟโตแคตาไลติกส์ ผงบิสมัทวานาเดต วิธีซอล-เจล ฟีนอล คลอโรฟีนอล

### ABSTRACT

Bismuth vanadate ( $\text{BiVO}_4$ ) powder was prepared by sol-gel method. Bismuth nitrate and ammonium vanadate were used as the starting precursors with the mole ratio 1:1 in 4.0 M nitric acid. Sol was obtained after addition of 2.0 M 2-propanol. Yellow gel was obtained after drying at  $100^\circ\text{C}$  for 24 h, milled and calcined at  $400\text{-}600^\circ\text{C}$  for 2 h. The structure of  $\text{BiVO}_4$  powder was determined by X-ray diffractometer (XRD). Monoclinic structure was obtained after calcination at  $400\text{-}600^\circ\text{C}$  for 2 h. Morphology of  $\text{BiVO}_4$  powder was investigated by scanning electron microscope (SEM). The particle was irregular in shape with the range of particle size of  $0.5\text{-}3.0\ \mu\text{m}$ . The element composition of  $\text{BiVO}_4$  powder was indicated by energy dispersive X-ray spectrometer (EDS). The characteristic X-ray radiation of each element had different energy values; bismuth  $M_\alpha = 2.42, 3.19\ \text{keV}$ ,  $L_1 = 9.42\ \text{keV}$ ,  $L_\alpha = 10.8\ \text{keV}$  and  $L_\beta = 13.0\ \text{keV}$ , vanadium  $K_\alpha = 4.95\ \text{keV}$  and oxygen  $K_\alpha = 0.52\ \text{keV}$ , respectively. The surface area was analyzed by surface area analyzer (BET). The surface area of particles was 1.20, 1.31 and  $2.92\ \text{m}^2/\text{g}$ , respectively. The function group of  $\text{BiVO}_4$  powder was investigated by Fourier transform infrared (FTIR). The  $\text{VO}_4^{3-}$  wavenumber was  $470\text{-}480\ \text{cm}^{-1}$ , V-O wavenumber was  $730\text{-}750$  and  $820\text{-}830\ \text{cm}^{-1}$  and Bi-O wavenumber was  $660\text{-}670\ \text{cm}^{-1}$ . The degradation of phenol, 2-chlorophenol and 2,4-dichlorophenol was studied onto  $\text{BiVO}_4$  powder prepared by sol-gel method by high performance liquid chromatograph. It was found that  $\text{BiVO}_4$  powder prepared by sol-gel method calcined at  $400^\circ\text{C}$  for 2 h with the amount of 0.1250 g were the highest photodegradation efficiency of phenol. And  $\text{BiVO}_4$  powder prepared by sol-gel method calcined at 500 and  $400^\circ\text{C}$

for 2 h with the amount of 0.5000 g were the highest photodegradation efficiency of 2-chlorophenol and 2,4-dichlorophenol, respectively.

Key words: Photocatalytic, bismuth vanadate powder, sol-gel method, phenol, chlorophenol

