

## การศึกษาผลของการเติม $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ต่อสมบัติทางกายภาพและทางแสง ของแก้วซิงค์โพแทสเซียมบอเรต

### Effect of $\text{Bi}_2\text{O}_3$ on Physical and Optical Properties of $\text{ZnO-K}_2\text{O-B}_2\text{O}_3$ Glasses

กิติพันธ์ บุญอินทร์<sup>1,2\*</sup>, อิศารัตน์ กาฬภักดี<sup>1</sup>, วราภรณ์ เม่นทองคำ<sup>1</sup> และจักรพงษ์ แก้วขาว<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

\*kboonin@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

โครงการงานวิจัยนี้ใช้ศึกษาผลของการเติม  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางแสงของแก้วซิงค์โพแทสเซียมบอเรต  $x\text{Bi}_2\text{O}_3 : 10\text{ZnO} : (80-x)\text{B}_2\text{O}_3 : 10\text{K}_2\text{O}$  (เมื่อ  $x = 15, 20$  และ  $25 \text{ mol}\%$ ) ด้วยวิธีการหลอมและทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว โดยสีของแก้วที่ได้มีสีน้ำตาล เนื่องจากองค์ประกอบของบิสมัทที่อยู่ในเนื้อแก้ว ผลที่ได้พบว่าค่าความหนาแน่นและค่าความแข็งเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ที่เพิ่มมากขึ้น จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 190-1,100 นาโนเมตร พบว่าขอบการดูดกลืนแสงมีการเลื่อนตำแหน่งไปทางขวา ตามปริมาณความเข้มข้นของ  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ

**คำสำคัญ:** แก้วบิสมัทบอเรต, สมบัติทางกายภาพ, สมบัติทางแสง

#### Abstract

This research was studied the effect of  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  on physical and optical properties of zinc potassium borate glass system from formula  $x\text{Bi}_2\text{O}_3 : 10\text{ZnO} : (80-x)\text{B}_2\text{O}_3 : 10\text{K}_2\text{O}$  (when  $x = 15, 20$  and  $25 \text{ mol}\%$ ) by melt quenching technique. The color of glass was brown with the increasing of bismuth component in the glass. The results found that, the density and hardness of glass samples were increased with increasing of  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  concentration. The absorbance of glasses in the wavelength range 190-1100 nm. were measured the absorption edge was shifted to the longer wavelength. According increased the concentration of  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ .

**Keywords:** bismuth borate glass, physical property, optical property

#### 1. บทนำ

มนุษย์รู้จักการใช้แก้วตั้งแต่หลายพันปีที่ผ่านมาโดยการนำแร่ Obsidian ซึ่งเป็นแร่ที่มีอยู่ในธรรมชาติ มีลักษณะเป็นของแข็งเมื่อแตกหักจะมีลักษณะแหลมคมไปใช้ในการล่าสัตว์หรือประกอบอาหารได้และได้มีการใช้แก้วกันอย่างแพร่หลายทั้งแก้วที่มาจากธรรมชาติและแก้วที่ผลิตจากฝีมือมนุษย์และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนกลายมาเป็นแก้วที่มีรูปร่างต่าง ๆ [1]

แก้วเป็นวัสดุที่มีลักษณะใสและโปร่งแสง เป็นหนึ่งในวัสดุที่มีความทนทานที่สุดแต่หากอยู่ในสภาวะความเครียดจะมีความต้านทานที่จำกัดและทำให้แก้วแตกได้ง่าย เนื่องจากมีโครงสร้างโมเลกุลที่ไม่ตกผลึก ซึ่งแตกต่างจากเหล็กและอลูมิเนียมที่มีความแข็งแรงมากกว่า คุณสมบัติที่สำคัญของแก้วคือมีความต้านทานในการกัดกร่อนของน้ำและกรด [2]

แก้วระบบบิสมัทบอเรต ( $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3$  Glass) เป็นแก้วที่เติมบิสมัทออกไซด์ลงไป ทำให้มีโครงสร้างหลักของแก้วเกิดขึ้นสารที่ใช้ในการขึ้นรูปแก้วคือ บิสมัทเตตระออกไซด์ ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ) และโบรอนไดออกไซด์ ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) ซึ่งเป็นตัวช่วยที่ทำให้แก้วมีประสิทธิภาพ

การขยายตัวต่ำ ทนทานต่อสภาวะความเป็นกรด-ด่าง และความร้อน ซึ่งมักจะใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ในครัวเรือน หรือไฟเบอร์ออปติก [3-4]

ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้ จึงต้องเพิ่มคุณสมบัติเพื่อช่วยทำให้แก้วมีลักษณะคล้ายแก้วคริสตัลโดยไม่ใช้ตะกั่ว ของ ZnO และคุณสมบัติช่วยให้การตกผลึกเป็นไปอย่างช้า ๆ ทำให้การเรียงตัวของผลึกออกมาสวยงาม ของ (K<sub>2</sub>O) และสามารถเปลี่ยนแปลงส่วนต่าง ๆ ได้ตามสัดส่วนดังนี้ xBi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 10ZnO : (80-x)B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 10K<sub>2</sub>O (เมื่อ x=15, 20 และ 25 mol%) เพื่อให้ได้ส่วนผสมพื้นฐานที่เหมาะสมของแก้วและสามารถผลิตขึ้นรูปเป็นแก้วได้ และนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางแสงของแก้วระบบบิสมัทบอเรต

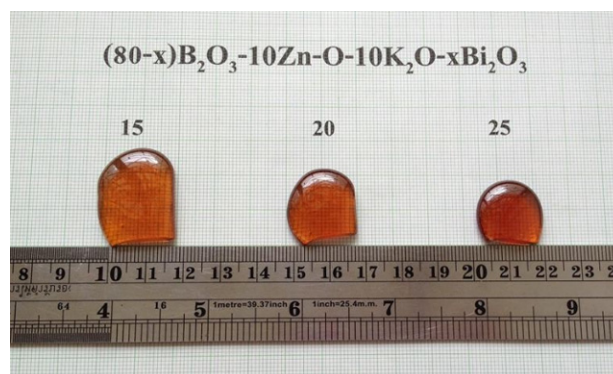
## 2. การทดลอง

สูตรแก้วซิงค์โพแทสเซียมบอเรต xBi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 10ZnO : (80-x)B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 10K<sub>2</sub>O (เมื่อ x =15, 20 และ 25 mol%) และนำสัดส่วนของสารเคมีที่ได้มาคำนวณหาปริมาณของสารเคมีเพื่อทำการชั่งสารเคมี สำหรับการนำไปหลอมตัวอย่างแก้ว ในการให้หลอมแก้ว จำเป็นต้องให้ความร้อนจนกระทั่งเนื้อแก้วหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน โดยในงานวิจัยนี้ ตัวอย่างจะถูกหลอมที่อุณหภูมิ 1,200°C โดยในการให้ความร้อนจะกำหนดให้มีการเพิ่มความร้อนในอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึงอุณหภูมิที่ต้องการและคงอุณหภูมินั้นเป็นเวลา 3 ชั่วโมงจึงปิดเตา และปล่อยให้อุณหภูมิเย็นลงจนกระทั่งถึงอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำแก้วออกจากเตาแล้วนำแก้วที่ได้ไปวัดค่าความหนาแน่นของแก้วด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล (4-digit sensitive microbalance A&D, XB-200A) แล้วคำนวณหาปริมาตรเชิงโมลวัดค่าความแข็งด้วยเครื่อง HVS-1000 Digital Micro Vicker Hardness Tester และใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงช่วง UV-Visible Spectrophotometer (CARY 50 Scan) ในการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนในช่วงตั้งแต่ 190 ถึง 1100 นาโนเมตร

## 3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

### 3.1 ลักษณะทางกายภาพของแก้วตัวอย่าง

เมื่อนำแก้วออกจากเตาหลอม ในสูตร xBi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 10ZnO : (80-x)B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 10K<sub>2</sub>O (เมื่อ x=15, 20 และ 25 mol%) พบว่าแก้วมีสีเหลืองอ่อนหรือสีน้ำตาลที่เข้มขึ้นเนื่องมาจากแก้วตัวอย่างที่เติม Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ลงไปในปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกัน คือ แก้วตัวอย่างที่มีปริมาณความเข้มข้นน้อยจะมีลักษณะสีเหลืองอ่อนหรือสีน้ำตาลอ่อนและในแก้วตัวอย่างที่มีปริมาณความเข้มข้นมากขึ้นตามลำดับจะมีลักษณะสีที่เข้มมากขึ้นไปทางสีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้มดังแสดงในรูปภาพที่ 1

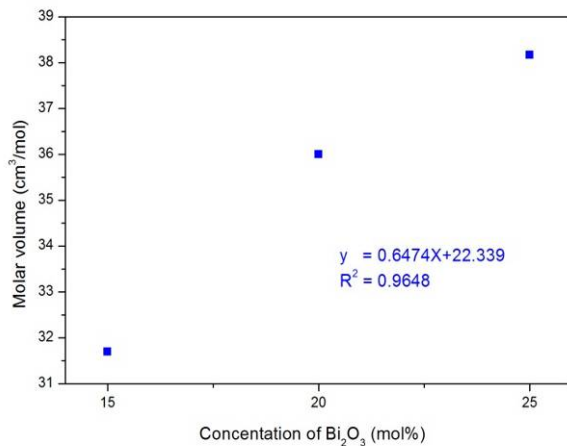


รูปภาพที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของแก้วที่เติม Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ในความเข้มข้นต่าง ๆ

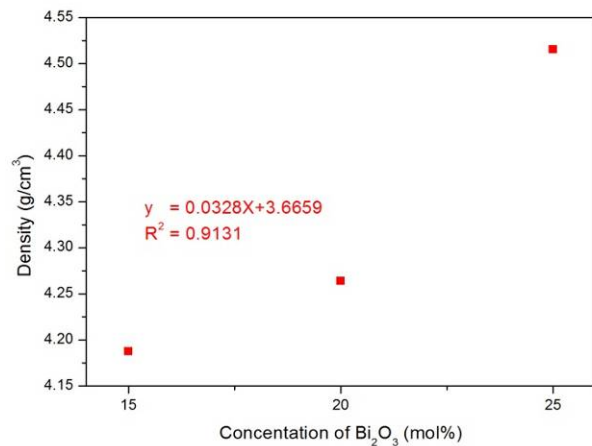
### 3.2 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมล

จากการวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้วตัวอย่างที่เติม Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ปริมาณความเข้มข้น 15, 20 และ 25 โมลเปอร์เซ็นต์ พบว่า ความหนาแน่นของแก้วและค่าปริมาตรเชิงโมลมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจสรุปได้ว่ามีการเกิด (Non-bridging oxygen) NBOs สร้างโดยเมื่อขึ้นในโครง Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ถูกเติมเข้าไปในเนื้อแก้วจะประพุดิตัวเป็น Network

modifier ซึ่งจะทำลายสะพานออกซิเจนที่เชื่อมระหว่างไอออน และทำให้เกิดช่องว่างภายในโครงข่ายแก้ว ปริมาตรเชิงโมลของแก้ว จึงมีการขยายตัวขึ้นตามลำดับ [5]



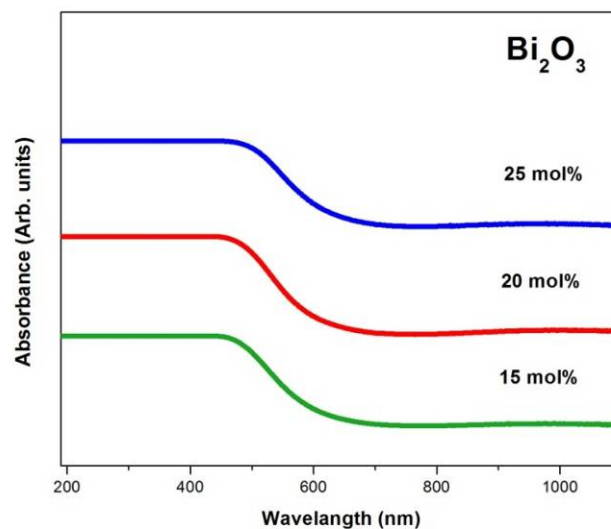
รูปภาพที่ 2 กราฟปริมาตรเชิงโมลกับความเข้มข้นของแก้ว ที่เติม Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ในความเข้มข้นต่าง ๆ



รูปภาพที่ 3 กราฟความหนาแน่นกับความเข้มข้นของแก้ว ที่เติม Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ในความเข้มข้นต่าง ๆ

### 3.3 ผลการวิเคราะห์การดูดกลืนแสง

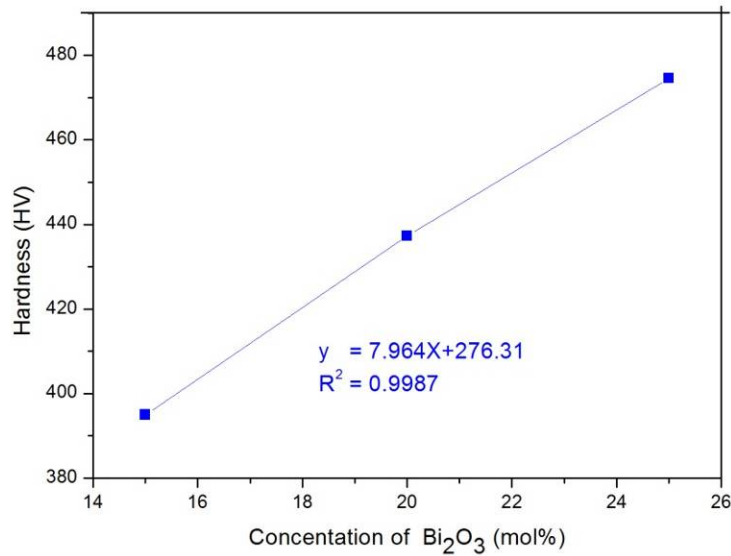
จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 190-1,100 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่างที่ Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> มีปริมาณความเข้มข้น 15, 20 และ 25 โมลเปอร์เซ็นต์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงแสดงดังรูปภาพที่ 4 พบว่าขอบการดูดกลืนแสงมีการเลื่อนตำแหน่งไปทางขวา ตามปริมาณความเข้มข้นของ Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับซึ่งส่งผลให้แก้วมีสีเข้มขึ้นดังแสดงในรูปภาพที่ 4



รูปภาพที่ 4 ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 190–1,100 นาโนเมตร ของแก้วที่เติม Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### 3.4 ผลการวิเคราะห์การวัดความแข็ง

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งด้วยเครื่อง HVS-1000 Digital Micro Vicker Hardness Tester ในแก้ว xBi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 10ZnO : (80-x)B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 10K<sub>2</sub>O (เมื่อ x=15, 20 และ 25 mol%) พบว่าค่าความแข็งของแก้วมีค่าสูงขึ้นเมื่อเติม Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ในปริมาณที่มากขึ้น



รูปภาพที่5 กราฟค่าความแข็งของแก้วที่เติม Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ในความเข้มข้นต่าง ๆ

#### 4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของแก้ว  $x\text{Bi}_2\text{O}_3 : 10\text{ZnO} : (80-x)\text{B}_2\text{O}_3 : 10\text{K}_2\text{O}$  (เมื่อ  $x = 15, 20$  และ  $25$  โมลเปอร์เซ็นต์) พบว่า ค่าความหนาแน่นของแก้ว  $x\text{Bi}_2\text{O}_3 : 10\text{ZnO} : (80-x)\text{B}_2\text{O}_3 : 10\text{K}_2\text{O}$  มีความหนาแน่นต่ำสุดอยู่ที่  $4.1873 \pm 0.0049 \text{ g/cm}^3$  และมีค่าความหนาแน่นสูงสุดอยู่ที่  $4.5154 \pm 0.0022 \text{ g/cm}^3$  และพบว่าความหนาแน่นของแก้ว และค่าปริมาตรเชิงโมลมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจสรุปได้ว่าการเกิด Non-bridging oxygen (NBOs ขึ้นในโครงสร้าง) จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 190-1,100 นาโนเมตร ของแก้วตัวอย่าง พบว่าขอบการดูดกลืนแสงมีการเลื่อนตำแหน่งไปทางขวา ตามปริมาณความเข้มข้นของ  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ และค่าความแข็งของแก้วเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ที่เติมเข้าไปในโครงสร้างแก้ว

#### 5. เอกสารอ้างอิง

1. Sacconi, A., and Sandrolini, F., 2001, "Structural structural studies and electrical properties of recycled glasses from glass and incinerator wastes", Journal of Material science, Vol. 36, pp. 2173-2177.[11/10/2015].
2. So, AKW., Lee, A., and Chan, S-L. Glass structure. Edited by Chen, W-F.andLui, EM. In Handbook of structural engineering[11/10/2015].
3. Almirall, J., et al. Examination of glass. Edited by Hicks, TN.,Buckleton, JS., and Curran, JM. In Forensic interpretation of glass evidence.CRC Press, 2001.[11/10/2015].
4. จักรพงษ์ แก้วขาว, จิตรา เกตุแก้ว และตรีเดชน์ กิตติอัฐวาลย์, 2554, รายงานวิจัยการพัฒนาอัญมณีเทียมเปลี่ยนสีได้สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. [02/01/2011].
5. นภัสธ์ จันทรมี, 2543, สมบัติทางฟิสิกส์ของเลดอ๊อกไซด์ซิลิเกตกลาส, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 31-47 <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sodium-oxide-unit-cell-3D-balls-B.png> [02/01/2011].