

## การศึกษาสมบัติด้านการกำบังรังสีในงานรังสีวินิจฉัย ของแก้ว $\text{Bi}_2\text{O}_3:\text{BaO}:\text{B}_2\text{O}_3$ ที่เจือด้วยธาตุบิสมัทออกไซด์

ฉันทา มหาไม้<sup>1</sup>, ปิยศรี พรหมนิประสิทธิ์<sup>1</sup>, จักรพงษ์ แก้วขาว<sup>2,3</sup>, ภัทรวิจิ ยะสะกะ<sup>2,3\*</sup> ธัญรัตน์ ชูศิลป์<sup>4</sup>,  
และ ศิริประภา แก้วแจ้ง<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>2</sup>สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

<sup>3</sup>ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

<sup>4</sup>ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

\* pyasaka@hotmail.com

\*\* siriprapa.k@cmu.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติการกำบังรังสีเอกซ์ของวัสดุกำบังรังสีเพื่อทดแทนตะกั่วเนื่องจากตะกั่วมีความเป็นพิษสูงในการผลิตซึ่งในงานด้านรังสีต่างๆ แก้วที่เจือด้วยธาตุบิสมัทออกไซด์ (Bismuth Oxide;  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ) ในสูตรโครงสร้างแก้วคือ  $x\text{Bi}_2\text{O}_3 - (60-x)\text{BaO}-40\text{B}_2\text{O}_3$  เมื่อ  $x = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$  ร้อยละโดยโมลทดสอบการกำบังรังสีเอกซ์ในช่วงของพลังงานด้านรังสีวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคที่ 70-120 kVp 100 mA 2.0 sec ผลการศึกษาพบว่า เมื่อความเข้มข้นของบิสมัทออกไซด์เพิ่มขึ้น พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเอกซ์เชิงเส้น (Linear attenuation coefficient;  $\mu$ ) มีค่าสูงขึ้น ค่าความหนาครึ่งค่า (Half Value Layer; HVL) ค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบ (Tenth Value Layer; TVL) และค่าระยะอิสระเฉลี่ย (Mean Free Path; MFP) มีค่าลดลง และเมื่อนำค่าความหนาครึ่งค่าของแก้วตัวอย่างที่เจือด้วยบิสมัทออกไซด์ที่พลังงาน 120 kVp ทุกความเข้มข้นเปรียบเทียบกับค่าความหนาครึ่งค่าของแก้วทั่วไป อีฐู คอนกรีต และกระจกตะกั่ว พบว่าแก้วที่เจือด้วยธาตุบิสมัทออกไซด์ มีประสิทธิภาพในการกำบังรังสีดีกว่ากระจกตะกั่ว จึงสามารถพัฒนาแก้วตัวอย่างเพื่อใช้เป็นวัสดุกำบังรังสีที่ปลอดภัยได้ในอนาคต

**คำสำคัญ:** รังสีเอกซ์ กำบังรังสี บิสมัทออกไซด์ ความหนาครึ่งค่า ปลอดภัย



## Study on X-ray Radiation Shielding in Diagnostic Region of $\text{Bi}_2\text{O}_3:\text{BaO}:\text{B}_2\text{O}_3$ Doped with Bismuth Oxide

Thanwa Mahamai<sup>1</sup>, Piyasri Pornmuneeprasit<sup>1</sup>, Jakrapong Kaewkhao<sup>2,3</sup>, Patarawagee Yasaka<sup>2,3</sup>,  
Thunyarat Chusin<sup>4</sup> and Siriprapa Kaewjaeng<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiologic Technology, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University

<sup>2</sup>Physics Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University

<sup>3</sup>Center of Excellence in Glass Technology and Materials Science (CEGM),

Nakhon Pathom Rajabhat University

<sup>4</sup>Department of Radiological Technology, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University

\* pyasaka@hotmail.com

\*\* siriprapa.k@cmu.ac.th

### Abstract

In this research study on radiation shielding material in other elements to replace lead by the reason that lead has toxicity in the production process. In this study used glass samples doped with Bismuth Oxide ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ) in structure formula is  $x\text{Bi}_2\text{O}_3 - (60-x)\text{BaO}-40\text{B}_2\text{O}_3$  when  $x = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$  percent by mole. This experiment set up in diagnostic region at 70-120 kVp 100 mA 2.0 sec. The result shows that when the concentration of  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  increased the Linear attenuation coefficient ( $\mu$ ) increase while Half Value Layer (HVL), Tenth Value layer (TVL) and Mean Free Path (MFP) decrease. The HVL of glass samples doped with  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  at 120 kVp compared with commercial window, red brick, concrete, and lead glass (X-ray window). All results indicating the potential of the prepared glasses as Pb-free in future.

**Keyword:** X-ray; Radiation shielding; Bismuth oxide; Half Value Layer; Lead free

### 1. บทนำ

ในปัจจุบันรังสีมีบทบาทกับชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น ทั้งในด้านเกษตรกรรม การใช้ในอุตสาหกรรม และทางการแพทย์ โดยเราสามารถใช้งานรังสีเอกซ์ได้อย่างแพร่หลายในโรงพยาบาลและในห้องปฏิบัติการทางด้านรังสี [1] ดังนั้นเมื่อมีการใช้งานรังสี ผู้ปฏิบัติงานทางด้านรังสีจึงควรมีความรู้เกี่ยวกับการป้องกันอันตรายจากรังสีเพื่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ใช้งานและผู้ที่เกี่ยวข้อง [1-4]

ตามหลักปฏิบัติของคณะกรรมการระหว่างประเทศด้านการป้องกันรังสี (International Commission on Radiological Protection; ICRP) [3] ได้ให้ข้อกำหนดที่มีเป้าหมายว่าจะต้องให้บุคคลต่าง ๆ รักรังสีน้อยที่สุดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยยึดหลักการป้องกันอันตรายจากรังสี (As Low As Reasonably Achievable; ALARA) โดยมีข้อมุ่งเน้นเกี่ยวกับการป้องกันอันตรายจากรังสีอยู่สามประการ ได้แก่ เวลา (Time) ต้องมีการวางแผนปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับรังสีให้สั้น

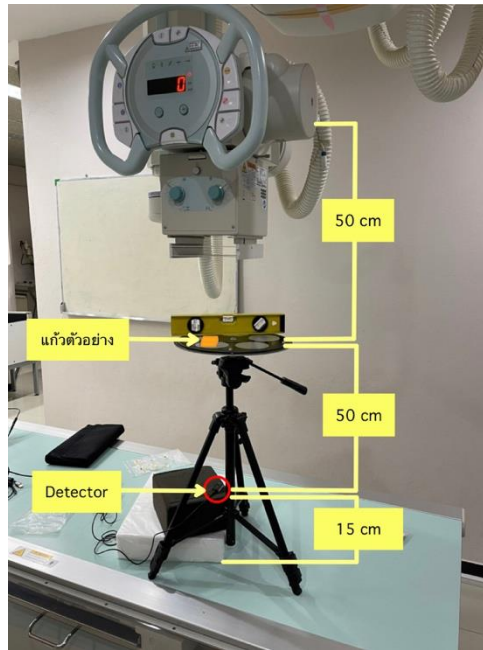
ที่สุด เพื่อให้ร่างกายได้รับปริมาณรังสีที่น้อยที่สุด ประการที่สอง ระยะทาง (Distance) เมื่อต้นกำเนิดรังสีมีลักษณะเป็นจุด อัตราปริมาณรังสีจะเปลี่ยนแปลงลดลงไปตามระยะทางต้นกำเนิดรังสี โดยอัตราของปริมาณรังสีจะ ลดลงเป็นส่วนกลับของ ระยะทางยกกำลังสอง ดังนั้นจึงควรอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ประการที่สาม อุปกรณ์กำบัง (Shielding) กรณีที่ไม่สามารถอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีจนอยู่ในระยะปลอดภัยได้ จะต้องใช้อุปกรณ์กำบังรังสี โดยจะต้อง เลือกใช้อุปกรณ์กำบังให้เหมาะสมกับประเภทรังสี พลังงานรังสี ความเข้มรังสี เพื่อให้เกิดการกำบังรังสีได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1-7] จากหลักการป้องกันอันตรายรังสีทั้งสามประการ เมื่อพิจารณาแล้ว ในกรณีการใช้เวลากับรังสีให้น้อยที่สุด หรือ การอยู่ ห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีให้มากที่สุดไม่สามารถทำได้ เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่ผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นการ เลือกใช้อุปกรณ์กำบังรังสี (Radiation Shielding) จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการป้องกันอันตรายรังสี [2-7]

อุปกรณ์กำบังรังสีนิยมทำมาจาก ตะกั่ว (Lead; Pb) อาทิเช่น แวนตาตะกั่ว เสื้อตะกั่ว ถุงมือตะกั่ว ฉากตะกั่ว ซึ่ง ตะกั่ว มีเลขอะตอมและความหนาแน่นสูง จึงสามารถนำมาทำเป็นอุปกรณ์กำบังรังสีเอกซ์ได้ แต่ข้อเสียของการใช้ตะกั่วในการ ทำอุปกรณ์กำบังคือ ความเป็นพิษจากการกระบวนการผลิตของตะกั่ว ดังนั้นจึงมีทางเลือกในการสร้างอุปกรณ์กำบังใหม่ นั่น คือ แก้วหรือกระจกกำบังรังสี ซึ่งมีลักษณะโปร่งแสง และยังสามารถนำธาตุหรือสารประกอบมาเจือ เพื่อเพิ่มความสามารถใน ด้านต่าง ๆ ของแก้ว อาทิเช่น แก้วทนความร้อนสูง และทนต่อการเปลี่ยนแปลงความร้อน และการกัดกร่อนของสารเคมี แก้ว บอโรซิลิเกต (Borosilicate glass) เป็นแก้วชนิดหนึ่งที่จะช่วยให้แก้วจะทนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแบบฉับพลัน หรือเมื่อได้รับแรงกระแทกจะทำให้ไม่แตกหักง่าย [2, 6-7]

งานวิจัยนี้นำแก้วตัวอย่างของของจักรพงษ์ แก้วขาวและคณะ ในปี พ.ศ. 2552 และ 2553 [8, 9] มาศึกษาสมบัติ ด้านการกำบังรังสีที่ระดับพลังงานทางรังสีวินิจฉัย โดยใช้แก้วสูตรโครงสร้าง  $x\text{Bi}_2\text{O}_3 - (60-x)\text{BaO}-40\text{B}_2\text{O}_3$  เมื่อ  $x = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$  ร้อยละโดยโมล โดยได้ศึกษาความสามารถในการกำบังรังสีเอกซ์ในช่วงของพลังงานด้านรังสีวินิจฉัยโดยใช้ เทคนิคที่ 70-120 kVp 100 mA 2.0 sec โดยมีทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเอกซ์เชิงเส้น (Linear attenuation coefficient;  $\mu$ ) ค่าความหนาครึ่งค่า (Half Value Layer; HVL) ค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสี ลดลงเหลือหนึ่งในสิบ (Tenth Value Layer; TVL) ค่าระยะอิสระเฉลี่ย (Mean Free Path; MFP) และค่าความหนาครึ่งค่า ของแก้วตัวอย่างที่เจือด้วยบิสมัทออกไซด์เทียบกับวัสดุต่าง ๆ โดยเป็นการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตวัสดุกำบังรังสี เอกซ์ที่ทำมาจากแก้วที่เจือด้วยธาตุบิสมัทออกไซด์ (Bismuth Oxide;  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ) เพื่อพัฒนาเป็นวัสดุทางเลือกในการกำบังรังสีที่ ปลอดภัยต่อไปในอนาคต

## 2. วิธีการทดลอง

แก้วตัวอย่างในสูตรโครงสร้าง  $x\text{Bi}_2\text{O}_3 - (60-x)\text{BaO}-40\text{B}_2\text{O}_3$  เมื่อ  $x = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$  ร้อยละโดยโมล [8, 9] โดยศึกษาความสามารถในการกำบังรังสีเอกซ์ในช่วงของพลังงานด้านรังสีวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคที่ 70-120 kVp 100 mA 2.0 sec โดยใช้เครื่องเอกซ์เรย์ชนิดความถี่สูง (High Frequency) ยี่ห้อ Shimadzu model RAD Speed โดยระยะที่ใช้ในการวัด การกำบังรังสีวางแก้วตัวอย่างในตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างลำรังสีกับหัววัดรังสีโดยวางตัวอย่างที่ระยะ 50 เซนติเมตร ระยะจาก แก้วตัวอย่างถึงหัววัดรังสีชนิดกึ่งตัวนำ (Solid state) Radcal Solid State Multisensors (Model Rapid-Gold+) ที่ระยะ 50 เซนติเมตร โดยให้หัววัดรังสีอยู่ห่างจากพื้นเป็นระยะ 15 เซนติเมตรเพื่อป้องกันรังสีกระเจิงกลับเข้าสู่หัววัด [10] ลักษณะการ วางอุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การจัดวางตำแหน่งสำหรับวัดคุณสมบัติด้านการกำบังรังสี ที่มา: [10,14]

เมื่อจัดวางอุปกรณ์ในการวัดรังสีเอกซ์นำข้อมูลที่ได้อมาคำนวณคุณสมบัติด้านการกำบังรังสี ดังนี้

### 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น (Linear attenuation coefficient; $\mu$ )

เมื่อรังสีเอกซ์ที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานเดียว มีความเข้มเริ่มต้น  $I_0$  ผ่านตัวกลางที่เป็นเนื้อเดียวกัน ที่มีความหนา  $x$  จะเกิดการดูดกลืนภายในตัวกลางทำให้ความเข้มรังสีลดลงเหลือเพียง  $I$  ภายใต้สภาวะ good geometry แสดงดังภาพที่ 2 และเป็นไปตามสมการของ Lambert Beer's law ดังสมการที่ 1 [10-13]

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

เมื่อ  $I$  หมายถึง ปริมาณรังสีเอกซ์ที่ผ่านออกมาจากวัตถุ,  $I_0$  หมายถึง ปริมาณรังสีเอกซ์ก่อนผ่านวัตถุ,  $\mu$  หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น และ  $t$  หมายถึง ความหนาของวัตถุ

### 2.2 ค่าความหนาครึ่งค่า (Half value layer; HVL)

ค่าความหนาครึ่งค่า หมายถึง ค่าความหนาของวัสดุที่สามารถลดทอนปริมาณรังสีไปครึ่งหนึ่งจากปริมาณเริ่มต้น วัสดุที่มีค่าความหนาครึ่งค่า จะมีประสิทธิภาพในการกำบังรังสีได้ดีสามารถหาค่าความหนาครึ่งค่าได้จากสมการ ดังสมการที่ 2 [10-13]

$$HVL = \frac{0.693}{\mu} \quad (2)$$

### 2.3 ค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบ (Tenth Value Layer; TVL)

ค่าความหนาของวัสดุที่สามารถลดปริมาณรังสีลดลงได้ 10 เท่าจากปริมาณรังสีเริ่มต้น สามารถหาค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบได้ดังนี้ ดังสมการที่ 3 [10-13]

$$TVL = \frac{2.302}{m} \quad (3)$$

### 2.4 ค่าระยะทางอิสระเฉลี่ย (Mean free path; MFP)

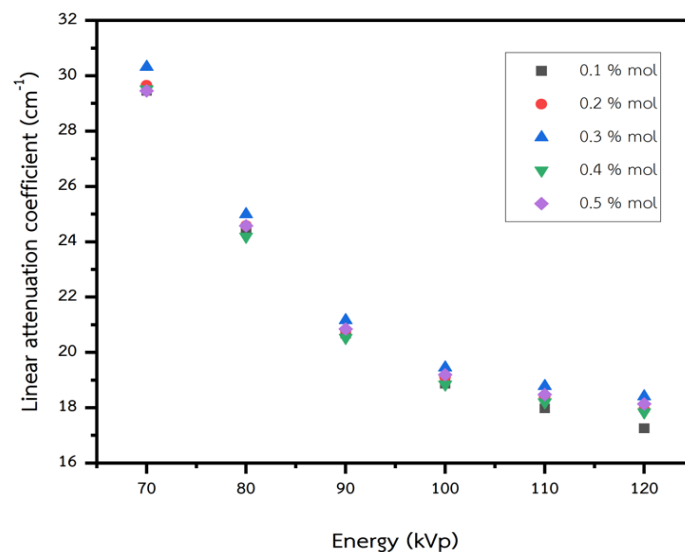
ค่าระยะทางอิสระเฉลี่ย หมายถึง ระยะทางเฉลี่ยที่โฟตอนสามารถเดินทางได้ก่อนทำอันตรกิริยากับ โมเลกุลอื่น สามารถหาค่าระยะอิสระเฉลี่ยจากความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น ดังสมการที่ 4 [10-13]

$$MFP = \frac{1}{m} \quad (4)$$

## 3. ผลการศึกษา

### 3.1 ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของรังสีเอกซ์ของแก้วตัวอย่าง

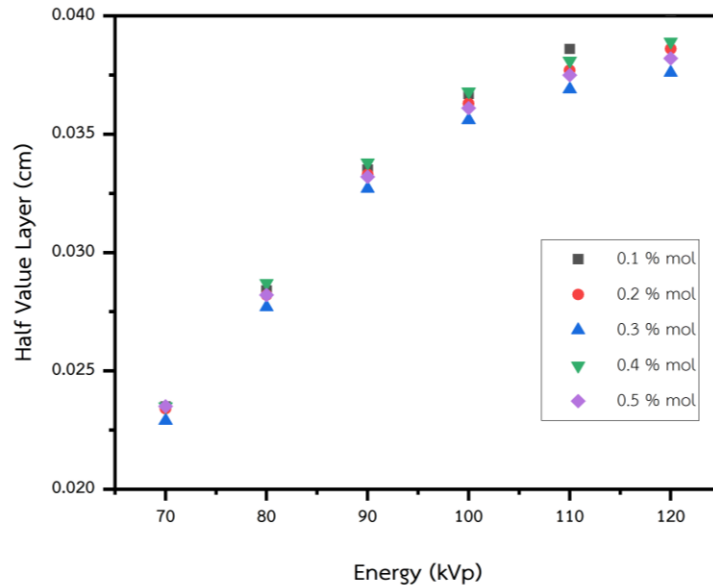
ผลการหาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเอกซ์เชิงเส้นของแก้วตัวอย่างที่เจือด้วยบิสมัทออกไซด์ โดยใช้เทคนิค 70-120 kVp 100 mA 2.0 sec พบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่าเทคนิคจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเอกซ์เชิงเส้นลดลง และเมื่อความเข้มข้นของบิสมัทออกไซด์ในแก้วตัวอย่าง จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเอกซ์เชิงเส้นมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการลดทอนรังสีเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผลการหาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเอกซ์เชิงเส้นของแก้วตัวอย่าง

### 3.2 ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นค่าของแก้วตัวอย่าง

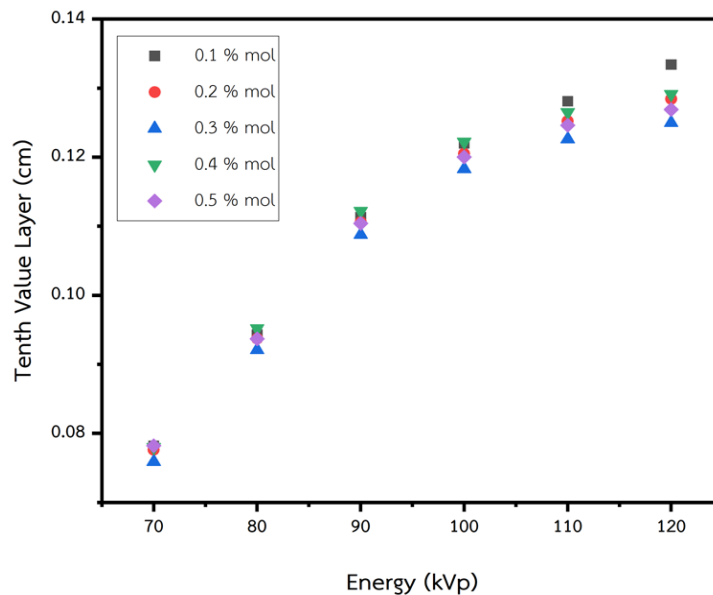
ผลการหาค่าความหนาแน่นค่าของแก้วตัวอย่างที่เจือด้วยบิสมัทออกไซด์ โดยใช้เทคนิค 70-120 kVp 100 mA 2.0 sec พบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่าเทคนิคจะทำให้ค่าความหนาแน่นค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อความเข้มข้นของบิสมัทออกไซด์ในแก้วตัวอย่าง จะทำให้ค่าความหนาแน่นค่ามีค่าลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการกำบังรังสีเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผลการหาค่าความหนาครึ่งค่าของแก้วตัวอย่าง

### 3.3 ผลการศึกษาค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบ

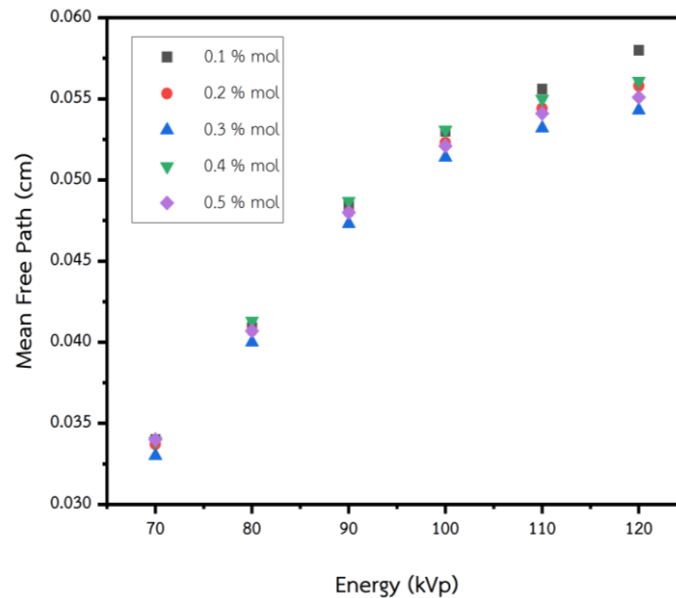
ผลค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบของแก้วตัวอย่างที่เจือด้วยบิสมัทออกไซด์ โดยใช้เทคนิค 70-120 kVp 100 mA 2.0 sec พบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่าเทคนิคจะทำให้ค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบเพิ่มขึ้น และเมื่อความเข้มข้นของบิสมัทออกไซด์ในแก้วตัวอย่าง จะทำให้ค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบมีค่าลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการกำบังรังสีเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบของแก้วตัวอย่าง

### 3.4 ผลการศึกษาค่าระยะทางอิสระเฉลี่ย

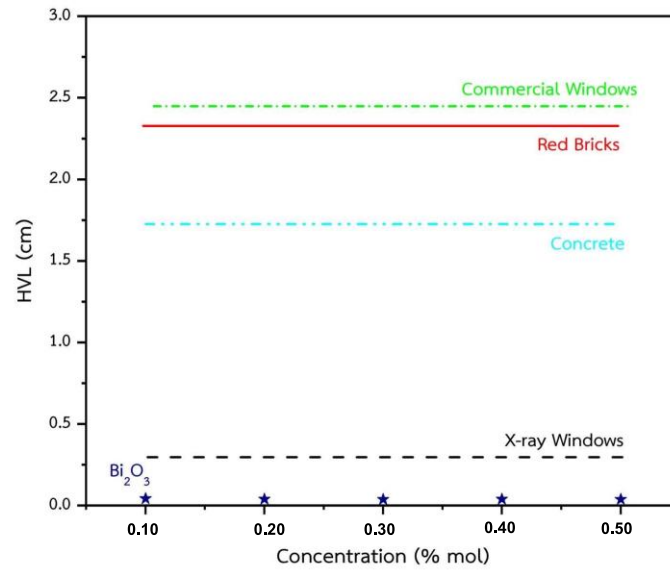
ผลค่าระยะอิสระเฉลี่ยของแก้วตัวอย่างที่เจือด้วยบิสมัทออกไซด์ โดยใช้เทคนิค 70-120 kVp 100 mA 2.0 sec พบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่าเทคนิคจะทำให้ค่าระยะอิสระเฉลี่ยเพิ่มขึ้น และเมื่อความเข้มข้นของบิสมัทออกไซด์ในแก้วตัวอย่าง จะทำให้ค่าระยะอิสระเฉลี่ยมีค่าลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการกำบังรังสีเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผลค่าระยะอิสระเฉลี่ยของแก้วตัวอย่าง

### 3.5 ผลการศึกษาค่าความหนาครั้งค่าของแก้วตัวอย่างเปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้ในการกำบังรังสี

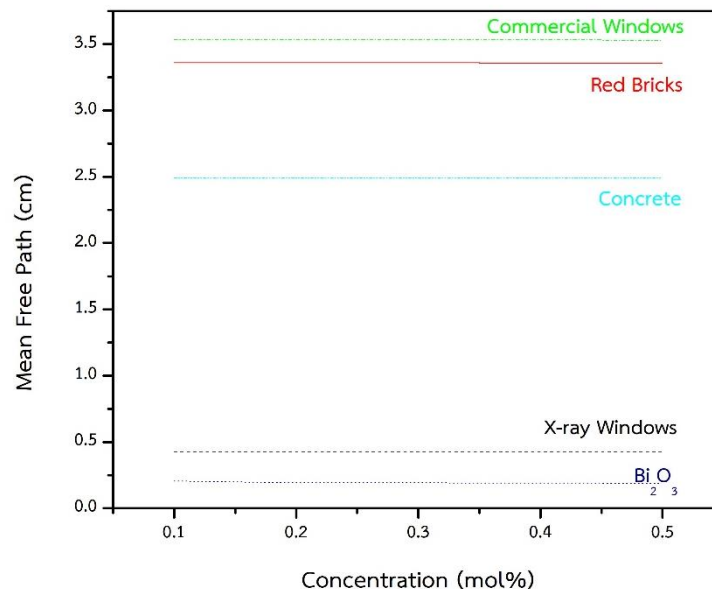
ผลการศึกษาค่าความหนาครั้งค่าของแก้วที่เจือบิสมัทออกไซด์เทียบกับอุปกรณ์กำบังรังสีชนิดต่าง ๆ ที่พลังงาน 120 kVp ทุก ๆ ค่าความเข้มข้นของแก้วตัวอย่าง เปรียบเทียบกับ อิฐ (Brick), กระจกทั่วไป (Commercial windows), คอนกรีต (Concrete) และกระจกตะกั่ว (Lead windows) พบว่าความหนาครั้งค่าของแก้วที่เจือด้วยบิสมัทออกไซด์ในทุก ๆ ความเข้มข้นมีค่าน้อยกว่า อิฐ (Brick), กระจกทั่วไป (Commercial windows), คอนกรีต (Concrete) และกระจกตะกั่ว (Lead windows) ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ค่าความหนาครึ่งค่าของแก้วที่เจือบิสมีท์ออกไซด์เทียบกับอุปกรณ์กำบังรังสีชนิดต่าง ๆ

### 3.6 ผลการศึกษาค่าระยะอิสระเฉลี่ยของแก้วตัวอย่างเปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้ในการกำบังรังสี

ผลการศึกษาค่าระยะอิสระเฉลี่ยของแก้วที่เจือบิสมีท์ออกไซด์เทียบกับอุปกรณ์กำบังรังสีชนิดต่าง ๆ ที่พลังงาน 120 kVp ทุก ๆ ค่าความเข้มข้นของแก้วตัวอย่าง เปรียบเทียบกับ อิฐ (Brick), กระจกทั่วไป (Commercial windows), คอนกรีต (Concrete) และกระจกตะกั่ว (Lead windows) พบว่าค่าระยะอิสระเฉลี่ยของแก้วที่เจือด้วยบิสมีท์ออกไซด์ใน ทุก ๆ ค่าความเข้มข้นมีค่าน้อยกว่า อิฐ (Brick), กระจกทั่วไป (Commercial windows), คอนกรีต (Concrete) และ กระจกตะกั่ว (Lead windows) ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผลค่าระยะอิสระเฉลี่ยของแก้วที่เจือบิสมีท์ออกไซด์เทียบกับอุปกรณ์กำบังรังสีชนิดต่าง ๆ



#### 4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาค่าความหนาครึ่งค่าของแก้วที่เจือบิส്മัทออกไซด์เทียบกับอุปกรณ์กำบังรังสีชนิดต่างๆ ของแก้วตัวอย่างจากสูตรโครงสร้าง  $x\text{Bi}_2\text{O}_3 - (60-x)\text{BaO}-40\text{B}_2\text{O}_3$  เมื่อ  $x$  คือบิส്മัทออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ร้อยละโดยโมล ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ค่าเทคนิคสูงขึ้นไปจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเอกซ์เชิงเส้นลดลง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของบิส്മัทออกไซด์ภายในแก้วตัวอย่างจะทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเอกซ์เชิงเส้นมากขึ้น ค่าความหนาครึ่งค่า (Half Value Layer; HVL) ค่าความหนาที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบ (Ten Value Layer; TVL) ค่าระยะทางอิสระเฉลี่ย Mean Free Path; MFP) ค่าทั้ง 3 จะมีค่าสูงขึ้น เมื่อค่าเทคนิคเพิ่มสูงขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อความเข้มข้นของบิส്മัทออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นค่าทั้ง 3 มีค่าสูงขึ้นด้วยเช่นกันมีค่าความหนาครึ่งค่าน้อยกว่าอิฐ (Brick), กระจกทั่วไป (Commercial windows), คอนกรีต (Concrete) และกระจกตะกั่ว (Lead windows) แสดงให้เห็นว่าแก้วตัวอย่างมีความสามารถในการกำบังรังสีเอกซ์ได้ ทำให้แก้วตัวอย่างสามารถพัฒนาเป็นวัสดุกำบังรังสีได้ โดยสามารถพัฒนาเป็นวัสดุกันรังสีเอกซ์ที่ปลอดภัยและมีความเป็นพิษต่ำในกระบวนการผลิตได้ในอนาคต

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of Atoms for Peace. (2552). Radiation protection training manual (2<sup>nd</sup> ed.). (in thai)
- [2] Office of Atoms for Peace. (2546). Secondary radiation protection. (in thai)
- [3] International Commission on Radiological Protection. Radiation Protection. The 2007 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. U.S.A: Elsevier, 2007.
- [4] Office of Radiation protection. (2529). Radiation protection. (in thai)
- [5] Edwards M, Development of Radiation Protection Standards. (11<sup>th</sup> ed). AM J Radiographics, 11: 699-712, 1991.
- [6] Turner JE, (1986). Atoms, Radiation and Radiation Protection pp. 122-130, U.S.A.: Oak Ridge National Laboratory.
- [7] Bunjed Inkaew, (2562). Inspection and safety assessment of radiation facilities in possession or use of radiation generators. Nuclear and Radiation licensing division of Office of Radiation protection. (In thai)
- [8] J. Kaewkhao, A. Pokaipisit, W. Chewpraditkul, (2008), Effect of  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  Content on the Properties of  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ - $\text{BaO}$ - $\text{B}_2\text{O}_3$  Glass System, Advance materials research, 55, 869-872.
- [9] J.Kaewkhao, W.Chewpraditkul, P.Limsuwan, (2009), Partial interaction and radiation shielding properties of bismuth barium borate glass system, Materilas Science an Indian Journal, 5(4), 400-404.
- [10] Thanwa Mahamai, (2565). Study on Diagnostic X-ray Shielding properties of Glass doped with Bismuth Oxide. Term paper of Faculty of Associated Medical Science Chiang Mai University. (In thai)
- [11] S Kaewjaeng, S Kothan, W Chaiphaksa, N Chanthima, R Rajaramakrishna, HJ Kim, J Kaewkhao, (2019). High transparency  $\text{La}_2\text{O}_3$ - $\text{CaO}$ - $\text{B}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$  glass for diagnosis x-rays shielding material application, Radiation Physics and Chemistry, 160, 41-47.
- [12] S Kaewjaeng, W Boonpa, S Kothan, HJ Kim, C Jumpee, R Rajaramakrishna, M Tungjai, J Kaewkhao, (2022). X-ray radiation shielding of  $\text{CeO}_2$  doped borosilicate glasses and their luminescence characteristics, Radiation Physics and Chemistry, 191, 109825.



- [13] S Kaewjaeng, N Wantana, S Kothan, R Rajaramakrishna, HJ Kim, P Limsuwan, J Kaewkhao, 2021, Effect of  $Gd_2O_3$  on the radiation shielding, physical, optical and luminescence behaviors of  $Gd_2O_3$ - $La_2O_3$ - $ZnO$ - $B_2O_3$ - $Dy_2O_3$  glasses, *Radiation Physics and Chemistry*, 185, 109500.
- [14] Piyasri Pornmuneprasit, (2565). Study on Diagnostic X-ray Shielding properties of Glass doped with Dysprosium. Term paper of Faculty of Associated Medical Science Chiang Mai University. (In thai)