

การศึกษาคุณสมบัติการกำบังรังสีเอกซ์ในงานด้านรังสีวินิจฉัย ของแก้วที่เจือด้วยดิสโพรเซียม

ปิยศรี พรหมณีประสิทธิ์¹, ธันวาท มหาไม้¹, จักรพงษ์ แก้วขาว^{2,3},
ภัทรวิจิ ยะสะกะ^{2,3*} และ ศิริประภา แก้วแจ้ง^{1**}

¹ภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

²สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

³ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

* pyasaka@hotmail.com

** siriprapa.k@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติการกำบังรังสีเอกซ์ของวัสดุกำบังรังสีเพื่อทดแทนการใช้ตะกั่ว เนื่องจากตะกั่วที่มีความเป็นพิษสูงในกระบวนการผลิตซึ่งมักถูกนำมาใช้ในงานรังสีด้านต่าง ๆ แก้วที่เจือด้วยธาตุดิสโพรเซียม (Dysprosium) ในสูตรโครงสร้างแก้วคือ $(64.9-x)\text{SiO}_2 : 25\text{Na}_2\text{O} : 10\text{CaO} : 0.1\text{Sb}_2\text{O}_3 : x\text{Dy}_2\text{O}_3$ เมื่อ $x = 0.00, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50$ ร้อยละโดยโมล ทดสอบการกำบังรังสีเอกซ์ในช่วงของพลังงานด้านรังสีวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคที่ 50- 120 kVp 100 mA 2.0 sec ผลการศึกษาพบว่า เมื่อความเข้มข้นของธาตุดิสโพรเซียมเพิ่มสูงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเอกซ์เชิงเส้น (Linear attenuation coefficient; μ) มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ค่าความหนาครึ่งค่า (Half Value Layer; HVL) และค่าระยะอิสระเฉลี่ย (Mean free Path; MFP) มีค่าลดลง และเมื่อนำค่าความหนาครึ่งค่าของแก้วตัวอย่างที่เจือด้วยธาตุดิสโพรเซียมที่พลังงาน 120 kVp เปรียบเทียบกับค่าความหนาครึ่งค่าของแก้วทั่วไป อิฐ คอนกรีต และกระจกตะกั่ว พบว่าแก้วที่เจือด้วยธาตุดิสโพรเซียมมีโอกาสในการเกิดอันตรกิริยาและกำบังรังสีได้ดีกว่ากระจกตะกั่ว จึงสามารถพัฒนาแก้วตัวอย่างเพื่อใช้เป็นวัสดุกำบังรังสีที่ปลอดภัยได้ในอนาคต

คำสำคัญ: กำบังรังสี แก้วตัวอย่าง ดิสโพรเซียม ค่าความหนาครึ่งค่า ปลอดภัย



Study on X-ray Radiation Shielding Properties in Diagnostic of Glass Samples Doped with Dysprosium

Piyasri Pornmuneeprasit¹, Thanwa Mahamai¹, Jakrapong Kaewkhao^{2,3},
Patarawagee Yasaka^{2,3} and Siriprapa Kaewjaeng¹

¹Department of Radiologic Technology, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University

²Physics Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University

³Center of Excellence in Glass Technology and Materials Science (CEGM), Nakhon Pathom Rajabhat University

*pyasaka@hotmail.com

**siriprapa.k@cmu.ac.th

Abstract

In this research study on radiation shielding materials to replace lead because lead has high toxicity in preparation process. In this study used of glass doped with dysprosium and structure formula is $(64.9-x)\text{SiO}_2 : 25\text{Na}_2\text{O} : 10\text{CaO} : 0.15\text{Sb}_2\text{O}_3 : x\text{Dy}_2\text{O}_3$ when $x = 0.00, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50$. This experiment set up at 50 60 70 80 90 100 110 and 120 kVp 100 mA 2.0 sec. The result shows that when the concentration of Dysprosium increased the linear attenuation coefficient increase while half value layer, tenth value layer, and mean free path decrease. The half value layer of glass doped with dysprosium at 120 kVp compared with commercial windows, brick, concrete and x-ray windows found that the glass samples have the efficient more than x-ray windows. Therefore, this glass sample can replace lead.

Keyword: Radiation shielding; Glass sample; Dysprosium; Half Value Layer; Lead free

1. บทนำ

รังสีได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์อย่างแพร่หลาย ทั้งในด้านการวินิจฉัยโรคและรักษาโรค โดยในอดีตเริ่มจากการใช้เครื่องมือและวิธีการง่ายๆ จนปัจจุบันมีการใช้เทคนิคที่ซับซ้อนมากขึ้น เป็นที่ยอมรับว่ารังสีมีประโยชน์มหาศาล แต่ก็มีโทษต่อมนุษย์อย่างมากเช่นกัน รังสีที่ใช้งานทางด้านทางการแพทย์เพื่อความปลอดภัยควรรักษาจนถึงหลักการป้องกันอันตรายจากรังสี [1-4] (As low As Reasonably Achievable; ALARA) หมายถึง การใช้ปริมาณรังสีให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ในทางการแพทย์ ซึ่งเป็นหลักการที่สำคัญในการป้องกันอันตรายจากรังสีโดยจะพิจารณาถึงความจำเป็นต้องใช้รังสี (justification of practice) คำนึงถึงผลดี ผลเสีย ของการนำรังสีมาใช้ ต้องเกิดประโยชน์มากกว่าโทษ มีแนวทางหรือวิธีการใช้ การป้องกันรังสีที่เหมาะสมกับสภาพของการปฏิบัติงานจริง (Optimization) และ ควบคุมการใช้รังสีให้อยู่ในระดับขีดจำกัด (dose limit) เพื่อลดผลกระทบจากรังสีที่จะเกิดต่อผู้ปฏิบัติงาน ผู้รับบริการ หรือ ผู้เกี่ยวข้อง โดยหลัก 3 ประการ ในการป้องกันอันตรายจากรังสี ได้แก่ ประการแรก เวลา (Time) คือ การทำงานทางด้านรังสี หรือ ฉายรังสีให้ผู้รับบริการตรวจ ต้องใช้ระยะเวลาที่สั้นหรือ

น้อยที่สุด เพื่อลดระยะเวลาที่ต้องสัมผัสหรือได้รับรังสี ประการต่อมา ระยะทาง (Distance) คือ ต้องอยู่ให้ไกล หรือ ห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีให้มากที่สุด เท่าที่จะทำได้ เนื่องจากความเข้มของรังสีจะลดลง เป็นสัดส่วนกลับกับระยะทางยกกำลังสอง และประการสุดท้าย เครื่องกำบัง (Shield) คือ เมื่อต้องทำงาน หรืออยู่ในบริเวณที่มีรังสี ต้องใช้อุปกรณ์มาช่วยในการกำบังรังสี โดยความเข้มของรังสีเมื่อผ่านเครื่องกำบัง จะลดลงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสี คุณสมบัติ ความหนาแน่น และความหนาของวัสดุที่ใช้ ซึ่งในการปฏิบัติงานจริงบางสถานการณ์ไม่เอื้ออำนวยต่อการลดระยะเวลาการสัมผัสกับรังสี หรือการอยู่ให้ห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีมากนัก ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุกำบังรังสีที่มีคุณภาพ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการป้องกันอันตรายจากรังสีแก่ผู้ปฏิบัติงาน [1-7]

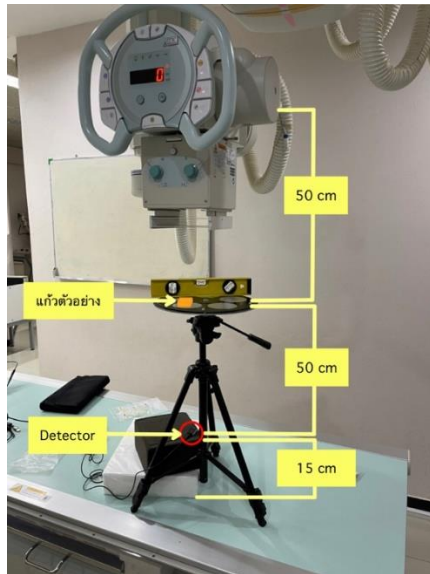
ในปัจจุบันอุปกรณ์ป้องกันรังสีในทางการแพทย์ส่วนใหญ่ทำจากตะกั่ว เนื่องจากคุณสมบัติของตะกั่วที่มีเลขอะตอมสูง และมีความหนาแน่นสูง สามารถลดทอนรังสีเอกซ์ได้ดี ในขณะที่ตะกั่วก็มีความเป็นพิษสูงในกระบวนการผลิต ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อร่างกายอย่างมาก อีกทั้งยังขาดคุณสมบัติบางประการ เช่น ความใส ความยืดหยุ่น ทำให้ไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในบางประเภท จึงมีการนำเอาวัสดุอื่นมาใช้แทน การนำแก้วหรือกระจกมาทำเป็นวัสดุกำบังรังสีทางการแพทย์สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ เนื่องจากแก้วมีคุณสมบัติ โปร่งใส แข็งแรง และทนต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี นอกจากนี้ยังสามารถปรับแต่งคุณสมบัติของแก้วในด้านการกำบังรังสีโดยการเติมสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนรังสีลงไปในขั้นตอนการผลิตแก้วได้อีกด้วย [8, 9]

โดยคุณสมบัติของสารที่เหมาะสมสำหรับขึ้นรูปเป็นแก้วและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านการส่องผ่านแสง จุดหลอมเหลวต่ำ และทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิคือ แก้วชนิดโซดาไลม์-ซิลิเกต (Soda-lime-Silicate) [10, 11] และสารที่มีเลขอะตอมสูง (High atomic number) และช่วยเพิ่มคุณสมบัติด้านการกำบังรังสีได้ คือสารพลวง (Antimony Oxide; Sb_2O_3) และดิสโพรเซียมออกไซด์ (Dysprosium Oxide; Dy_2O_3) [12]

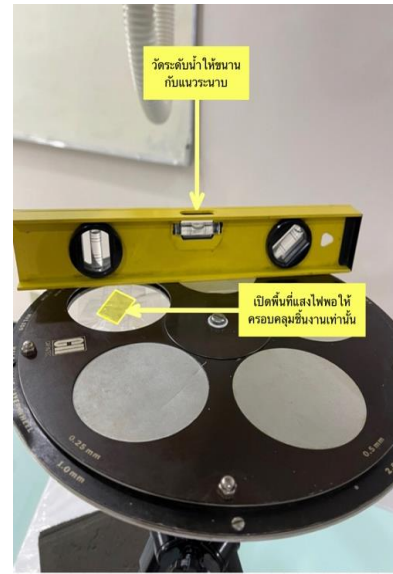
งานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติการกำบังรังสีของแก้วที่เจือด้วยสารประกอบดิสโพรเซียมซึ่งมีสูตรโครงสร้างแก้ว คือ $(64.9-x)SiO_2 : 25Na_2O : 10CaO : 0.1Sb_2O_3 : xDy_2O_3$ เมื่อ $x = 0.00, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50$ ร้อยละโดยโมล [10] เพื่อศึกษาคุณสมบัติการกำบังรังสีของแก้วตัวอย่างในช่วงพลังงานที่ใช้ในด้านรังสีวินิจฉัย (กำหนดค่าเทคนิคที่ 50- 120 kVp 100 mA 2.0 sec) โดยศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น (Linear attenuation coefficient; μ) ค่าความหนาครึ่งค่า (Half Value Layer; HVL) ค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบ (Tenth value layer; TVL) ค่าระยะอิสระเฉลี่ย (Mean free Path; MFP) และความหนาครึ่งค่าเปรียบเทียบกับวัสดุมาตรฐาน

2. วิธีการทดลอง

แก้วตัวอย่างในสูตร $(64.9-x)SiO_2 : 25Na_2O : 10CaO : 0.1Sb_2O_3 : xDy_2O_3$ เมื่อ $x = 0.00, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50$ ร้อยละโดยโมล [10] โดยศึกษาความสามารถในการกำบังรังสีเอกซ์ในช่วงของพลังงานด้านรังสีวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคที่ 50-120 kVp 100 mA 2.0 sec โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ชนิดความถี่สูง (High Frequency) ยี่ห้อ Shimadzu model RAD Speed โดยระยะที่ใช้ในการวัดการกำบังรังสีวางแก้วตัวอย่างในตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างลำรังสีกับหัววัดรังสีโดยวางตัวอย่างที่ระยะ 50 เซนติเมตร ระยะจากแก้วตัวอย่างถึงหัววัดรังสีชนิดกึ่งตัวนำ (Solid state) Radcal Solid State Multisensors (Model Rapid-Gold+) ที่ระยะ 50 เซนติเมตร โดยให้หัววัดรังสีอยู่ห่างจากพื้นเป็นระยะ 15 เซนติเมตรเพื่อป้องกันรังสีกระเจิงกลับเข้าสู่หัววัด [13] ลักษณะการวางอุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 1 (ก) การจัดวางอุปกรณ์สำหรับวัดรังสี และตำแหน่งในการวางชิ้นงาน (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 การจัดวางตำแหน่งสำหรับวัดคุณสมบัติด้านการกำบังรังสี
ที่มา: [13, 14]

เมื่อจัดวางอุปกรณ์ในการวัดรังสีเอกซ์นำข้อมูลที่ได้อ่านจำนวนคุณสมบัติด้านการกำบังรังสี ดังนี้

2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น (Linear attenuation coefficient; μ)

มีความเข้มของรังสีเริ่มต้น I_0 ผ่านตัวกลางที่เป็นเนื้อเดียวกัน ที่มีความหนา x จะเกิดการดูดกลืน และความเข้มของรังสีหลังผ่านตัวกลาง I ภายใต้สภาวะ good geometry 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, μ หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น และ t หมายถึง ความหนาของวัตถุ

2.2 ค่าความหนาครึ่งค่า (Half value layer; HVL)

ค่าความหนาครึ่งค่า หมายถึง ค่าความหนาของวัสดุที่สามารถลดทอนปริมาณรังสีไปครึ่งหนึ่งจากปริมาณเริ่มต้น สามารถหาค่าความหนาครึ่งค่าได้จากสมการ 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]

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

2.4 ค่ำระยะทางอิสระเฉลี่ย (Mean free path; MFP)

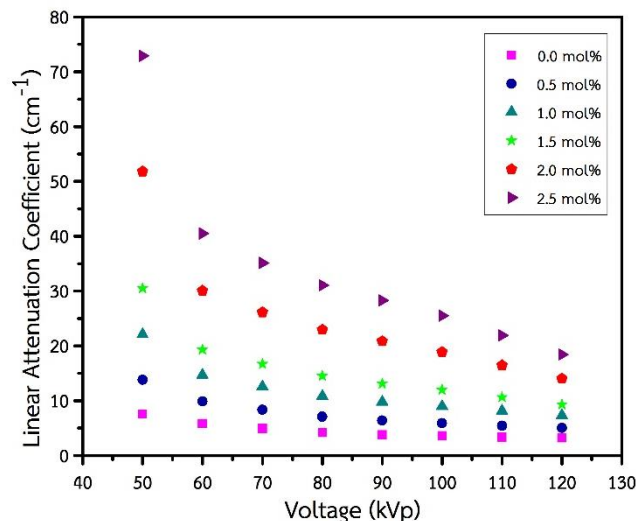
ค่ำระยะทางอิสระเฉลี่ย หมายถึง ระยะทางเฉลี่ยที่โฟตอนสามารถเดินทางได้ก่อนทำอันตรกิริยากับ โมเลกุลของสาร ภายในวัสดุสามารถหาค่ำระยะอิสระเฉลี่ยจากความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น ดังสมการที่ 4 [10-13]

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

3. ผลการศึกษา

3.1 ผลการศึกษาค่ำสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของรังสีเอกซ์ของแก้วตัวอย่าง

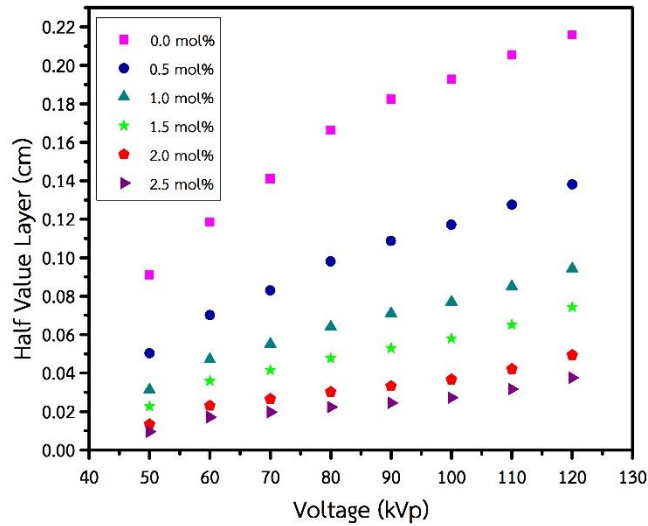
ผลการศึกษาค่ำสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของแก้วที่เจือด้วยธาตุดีสโพรเซียม โดยใช้รังสีเอกซ์ ที่เทคนิค 50-120 kVp 100 mA 2.0 sec พบว่า เมื่อระดับพลังงานเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่ำสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นมีค่ำลดลง ในขณะที่ค่ำสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นจะมีค่ำเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นร้อยละโดยโมลที่เพิ่มขึ้นของสารประกอบในแก้วตัวอย่าง เมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการลดทอนรังสีเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีความสามารถในการกำบังรังสีได้ดีขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มสูงขึ้น ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผลการหาค่ำสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเอกซ์เชิงเส้นของแก้วตัวอย่างที่ค่ำเทคนิค 50-120 kVp

3.2 ผลการศึกษาค่ำความหนาครั้งค่าของแก้วตัวอย่าง

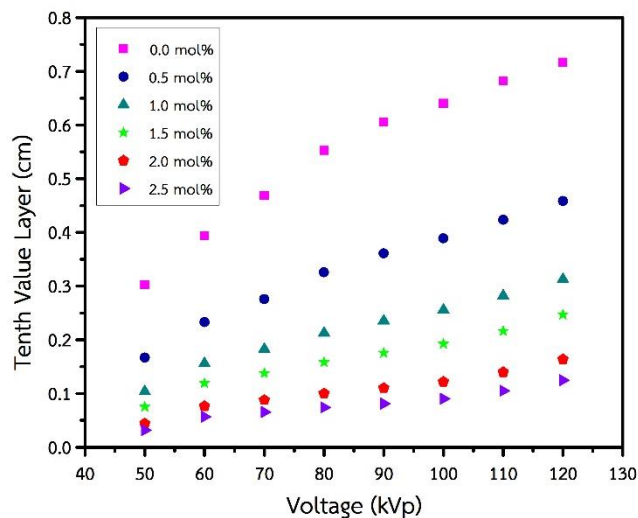
ผลการศึกษาค่ำความหนาครั้งค่าของแก้วแก้วที่เจือด้วยธาตุดีสโพรเซียม โดยใช้รังสีเอกซ์ ที่เทคนิค 50-120 kVp 100 mA 2.0 sec พบว่า เมื่อระดับพลังงานเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่ำความหนาครั้งค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่ำความหนาครั้งค่าจะมีค่ำลดลงเมื่อความเข้มข้นร้อยละโดยโมลของสารประกอบในแก้วตัวอย่างเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ค่ำความหนาครั้งค่าลดลง ทำให้มีความสามารถในการกำบังรังสีได้ดีขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มสูงขึ้น ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผลการหาค่าความหนาครึ่งค่าของแก้วตัวอย่างที่ค่าเทคนิค 50-120 kVp

3.3 ผลการศึกษาค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบ

ผลการศึกษาค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบของแก้วเจือด้วยธาตุดีสโพรเซียมโดยใช้รังสีเอกซ์ ที่เทคนิค 50-120 kVp 100 mA 2.0 sec เมื่อระดับพลังงานเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบเพิ่มขึ้น และค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบจะมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นร้อยละโดยโมลของสารประกอบในแก้วตัวอย่างเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ค่า TVL ลดลง ทำให้มีความสามารถในการกำบังรังสีได้ดีขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มสูงขึ้น ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 4

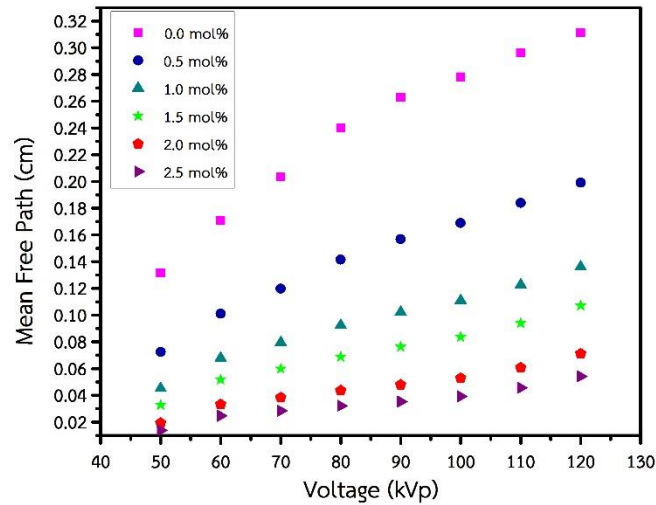


ภาพที่ 4 ผลค่าความหนาของวัสดุที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบของแก้วตัวอย่างที่ค่าเทคนิค 50-120 kVp

3.4 ผลการศึกษาค่าระยะทางอิสระเฉลี่ย

ผลการศึกษาค่าระยะทางอิสระเฉลี่ยของแก้วเจือด้วยธาตุดีสโพรเซียมโดยใช้รังสีเอกซ์ที่เทคนิค 50-120 kVp 100 mA 2.0 sec เมื่อระดับพลังงานเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าระยะทางอิสระเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่เมื่อความเข้มข้นร้อยละโดยโมลของ

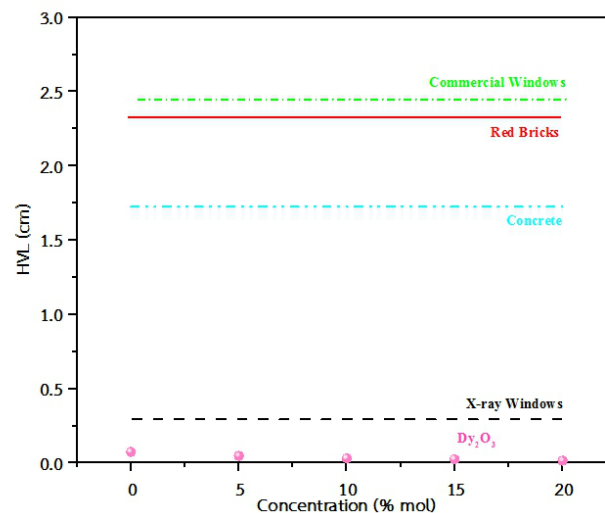
สารประกอบในแก้วตัวอย่างเพิ่มขึ้นระยะทางอิสระเฉลี่ยจะมีค่าลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ค่า MFP ลดลง ทำให้มีความสามารถในการกำบังรังสีได้ดีขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มสูงขึ้น ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผลค่าระยะอิสระเฉลี่ยของแก้วตัวอย่างที่ค่าเทคนิค 50-120 kVp

3.5 ผลการศึกษาค่าความหนาครั้งค่าของแก้วตัวอย่างเปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้ในการกำบังรังสี

ผลการศึกษาค่าระยะทางอิสระเฉลี่ยของแก้วที่เจือด้วยธาตุดีสโพรเซียม ใช้รังสีเอกซ์ที่เทคนิค 50-120 kVp 100 mA 2.0 sec เทียบกับแก้วทั่วไป (Commercial windows) อิฐ (Brick) คอนกรีต (Concrete) และกระจกตะกั่ว (X-ray windows) พบว่าค่าความหนาครั้งค่าของแก้วตัวอย่างมีค่าน้อยกว่าแก้วทั่วไป อิฐ และ คอนกรีต และมีค่าใกล้เคียงกระจกตะกั่วมากกว่า วัสดุกำบังรังสีชนิดอื่น ๆ แสดงดังภาพที่ 6

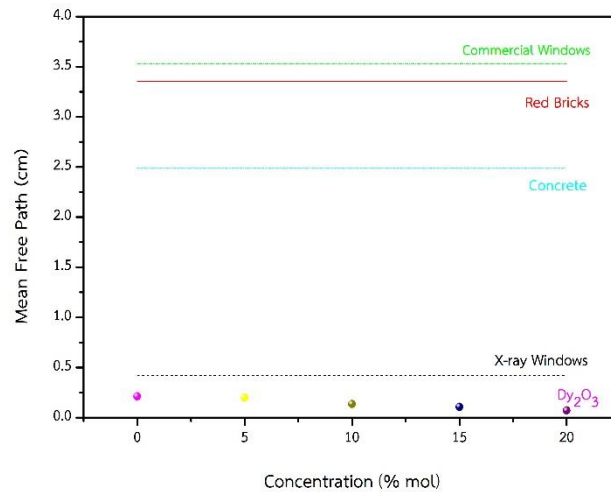


ภาพที่ 6 ค่าความหนาครั้งค่าของแก้วที่เจือดีสโพรเซียมออกไซด์เทียบกับอุปกรณ์กำบังรังสีชนิดต่าง ๆ ที่ค่าเทคนิค 120 kVp



3.6 ผลการศึกษาค่าระยะอิสระเฉลี่ยของแก้วตัวอย่างเปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้ในการกำบังรังสี

ผลการศึกษาค่าระยะอิสระเฉลี่ยของแก้วที่เจือติสโพรเซียมออกไซด์เทียบกับอุปกรณ์กำบังรังสีชนิดต่าง ๆ ที่พลังงาน 120 kVp ทุก ๆ ค่าความเข้มข้นของแก้วตัวอย่าง เปรียบเทียบกับ อิฐ (Brick), กระจกทั่วไป (Commercial windows), คอนกรีต (Concrete) และกระจกตะกั่ว (Lead windows) พบว่าค่าระยะอิสระเฉลี่ยของแก้วที่เจือด้วยบิสมัทออกไซด์ในทุก ๆ ค่าความเข้มข้นมีค่าน้อยกว่า อิฐ (Brick), กระจกทั่วไป (Commercial windows), คอนกรีต (Concrete) และกระจกตะกั่ว (Lead windows) ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผลค่าระยะอิสระเฉลี่ยของแก้วที่เจือติสโพรเซียมออกไซด์เทียบกับอุปกรณ์กำบังรังสีชนิดต่าง ๆ

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าแก้วสูตรโครงสร้าง $(64.9-x)\text{SiO}_2 : 25\text{Na}_2\text{O} : 10\text{CaO} : 0.1\text{Sb}_2\text{O}_3 : x\text{Dy}_2\text{O}_3$ โดย $x = 0.00, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00$ และ 2.50 ร้อยละโดยโมล จะได้แก้วที่มี คุณสมบัติในการกำบังรังสีโดยศึกษาโอกาสการเกิดอันตรกิริยาในการกำบังรังสีเอกซ์ที่ระดับพลังงาน 50-120 kVp 100 mA 2.0 sec ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ค่าเทคนิคสูงขึ้นจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเอกซ์เชิงเส้น (Linear attenuation coefficient) ลดลง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของติสโพรเซียมออกไซด์ภายในแก้วตัวอย่างจะทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีเอกซ์เชิงเส้นมากขึ้น ค่าความหนาครึ่งค่า (Half Value Layer; HVL) ค่าความหนาที่ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบ (Ten Value Layer; TVL) ค่าระยะทางอิสระเฉลี่ย Mean Free Path; MFP) ค่าทั้ง 3 จะมีค่าสูงขึ้น เมื่อค่าเทคนิคเพิ่มสูงขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของติสโพรเซียมออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น เพื่อนำแก้วตัวอย่างเปรียบเทียบกับค่า HVL กับอิฐมอญแดง (Red Brick), กระจกทั่วไป (Commercial windows), คอนกรีต (Concrete) และกันรังสีเอกซ์ (X-ray windows) แสดงให้เห็นว่าแก้วตัวอย่างมีความสามารถในการกำบังรังสีเอกซ์ได้ ทำให้แก้วตัวอย่างสามารถพัฒนาเป็นวัสดุกำบังรังสีได้ โดยสามารถพัฒนาเป็นวัสดุกันรังสีเอกซ์ที่ปลอดภัยและมีความเป็นพิษต่ำในกระบวนการผลิตได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of Atoms for Peace. (2552). Radiation protection training manual (2nd ed.). (in thai)
- [2] Office of Atoms for Peace. (2546). Secondary radiation protection. (in thai)



- [3] International Commission on Radiological Protection. Radiation Protection. (2007). The 2007 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. U.S.A: Elsevier.
- [4] Office of Radiation protection. (2529). Radiation protection. (in thai)
- [5] Edwards M, Development of Radiation Protection Standards. (11th 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] Piyarat Tosukowong. (2565). Lead poisoning. Faculty of Medicine Chulalongkorn University. http://www.cai.md.chula.ac.th/lesson/lesson4613/lesson/page_f.html. (In thai)
- [9] Pethcharakorn Hanpanit, (2561). ALARA Radiation protection. Piyawatthana Songkhla. <https://www.gotoknow.org/posts/652365>.
- [10] P. Chimalawong, K. Kirdsiri, J. Kaewkhao, P. Limsuwan, (2012), Investigation on the Physical and Optical Properties of Dy³⁺ Doped Soda-Lime-Silicate Glasses, Procedia Engineering, 32, 690-698.
- [11] R. Hidayat, N. Sangwaranatee, J. Kaewkhao, N. Srisittipokakun, (2018), Optical and physical properties of MnO₂doped soda-lime- barium-silicate glasses with industrial scales, Materials today Proceedings, 5(7), 15040-15043.
- [12] S. Kaewjaeng, W. Boonpa, F. Khrongchaiyaphum, S. Kothan, H.J. Kim, N. Intachai, R. Rajaramkrishna, S. Kiatwattanacharoen, J. Kaewkhao, (2021), Influence of trivalent praseodymium ion on SiO₂-B₂O₃-Al₂O₃-BaO-CaO-Sb₂O₃-Na₂O-Pr₂O₃ glasses for X-Rays shielding and luminescence materials, Radiation Physics and Chemistry, 184, 109467.
- [13] 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)
- [14] 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)