กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ Department of Medical Sciences
ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11 สุราษฎร์ธานี
Regional Medical Sciences Center 11 Suratthani
The 33rd Annual Medical Sciences Conference
11th - 13th June 2025

การพัฒนาวัสดุต้นแบบถุงมือป้องกันรังสีเอกซ์จากวัสดุคอมโพสิตโพลีไวนิลิดีนฟลูออไรด์ P(VDF-HFP) และบิสมัทออกไซด์ (Bi_2O_3)

ชัยยุทธ นทีธร[1*], จุรีพร ยืนนาน[2] และ ภัททิรา สมัครพงศ์[1]

[1]ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11 สุราษฎร์ธานี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

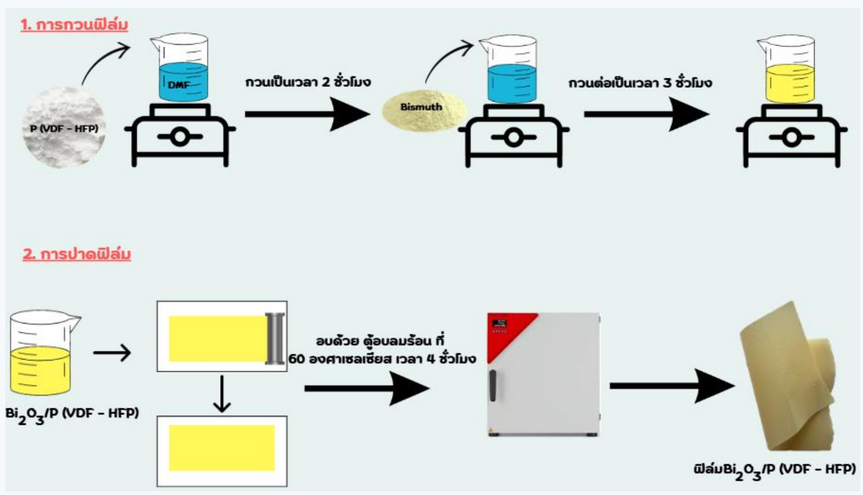
บทนำ

การถ่ายภาพรังสีวินิจฉัยให้กับผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ จำเป็นต้องมีผู้ช่วยจับผู้ป่วยไม่ให้เคลื่อนไหวร่างกาย ซึ่งผู้ช่วยจับผู้ป่วยต้องมีอุปกรณ์ป้องกันรังสี เช่น เสื้อตะกั่ว ถุงมือป้องกันรังสี เป็นต้น ทั้งนี้ ถุงมือป้องกันรังสีชนิดที่ผลิตจากยางธรรมชาติผสมสารตะกั่วยังมีความหนาไม่กระชับมือมีความยืดหยุ่นน้อย เมื่อถุงมือยางเสื่อมสภาพสารตะกั่วที่ผสมในถุงมือมีโอกาสกระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้ อีกทั้งเพื่อเป็นการลดความเสี่ยงที่จะเกิดจากการแพ้โปรตีนในยางธรรมชาติ จึงมีแนวคิดการพัฒนาวัสดุคอมโพสิตที่ปราศจากสารตะกั่วมาใช้ทำต้นแบบวัสดุสำหรับถุงมือป้องกันรังสีที่มีความยืดหยุ่นเหมาะสำหรับการใช้งาน และเป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่แพ้ยางธรรมชาติ

งานวิจัยนี้เป็นความร่วมมือของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11 สุราษฎร์ธานี กับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ซึ่งได้นำโพลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ (PVDF) โพลิเมอร์เทอร์โมพลาสติกที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรมเนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดี ทนทานต่อสารเคมีสูง มีความแข็งแรงเชิงกลและเสถียรภาพทางความร้อน นำมาผสมกับบิสมัทออกไซด์ (Bi_2O_3) ซึ่งมีคุณสมบัติในการลดทอนรังสีเพื่อนำไปพัฒนาเป็นวัสดุต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับถุงมือป้องกันรังสีเอกซ์ต่อไป

วัสดุ/วิธีการ

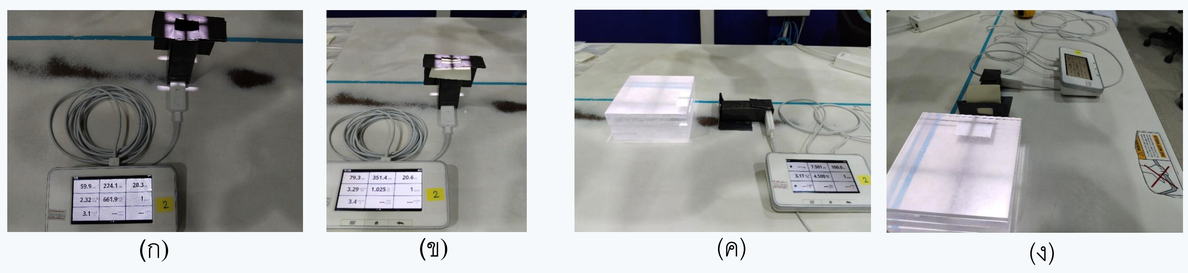
1. การเตรียมจากฟิล์มคอมโพสิต P(VDF-HFP)และ Bi_2O_3 สารเคมีที่ใช้ประกอบด้วย Polyvinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene (PVDF-HFP) เป็นพอลิเมอร์หลักและใช้ N,N-Dimethylformamide (DMF,AR1051-G4L) เป็นตัวทำละลาย รวมถึงเติมสาร Bismuth (III) oxide (Bi_2O_3, B3012–1-0500) เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการป้องกันรังสี



ภาพที่ 1 ภาพขั้นตอนการเตรียมฟิล์มคอมโพสิต PVDF-HFP/Bi_2O_3

2. การทดสอบความสามารถการทะลุผ่านรังสีปฐมภูมิและรังสีกระเจิงของวัสดุคอมโพสิต ดำเนินการโดยวัดค่าปริมาณรังสีจากเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยทั่วไปด้วยเครื่องวัดค่ากิโลโวลต์ เวลา และปริมาณรังสีเอกซ์ ยี่ห้อ Raysafe รุ่น X2 ที่ค่าตัวแปรทางเทคนิค 50, 70, 90 และ 110 กิโลโวลต์ ใช้แผ่นตะกั่วขนาดความหนา 1 มิลลิเมตร กำบังรังสีจากทิศทางอื่นๆ ที่จะส่งผลต่อการวัดปริมาณรังสี ฉายรังสีเอกซ์ลงบนหัววัดรังสีขณะไม่มีวัสดุกั้น และฉายรังสีผ่านฟิล์มคอมโพสิตที่มีการเติม Bi_2O_3 ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ทดสอบซ้ำโดยเพิ่มความหนาของแผ่นฟิล์มคอมโพสิต ครั้งละ 1 แผ่น นำค่าปริมาณรังสีที่ได้มาคิดเป็นร้อยละการทะลุผ่าน(% Transmission) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงสัดส่วนของรังสีเอกซ์ที่ทะลุผ่านวัตถุเทียบกับปริมาณรังสีเอกซ์เริ่มต้น

ทดสอบการทะลุผ่านของรังสีกระเจิง ใช้หุ่นจำลอง PMMA เพื่อให้เกิดรังสีกระเจิง วางหัววัดรังสีในแนวระนาบเดียวกับหุ่นจำลอง ใช้แผ่นตะกั่วขนาดความหนา 1 มิลลิเมตร กำบังรังสีจากทิศทางอื่นๆ ที่จะมาส่งผลต่อการวัดปริมาณรังสี ทดสอบการทะลุผ่านรังสีโดยใช้ค่าตัวแปรเทคนิค และฉายรังสีผ่านฟิล์มคอมโพสิตที่มีการเติม Bi_2O_3เช่นเดียวกับการทดสอบรังสีปฐมภูมิ



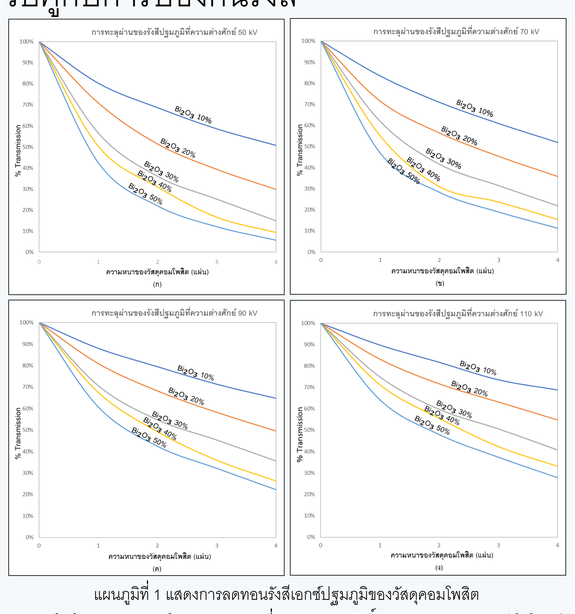
(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 2 (ก-ง) แสดงการจัดวางหัววัดรังสีและการทดสอบการทะลุผ่านของรังสีปฐมภูมิ และทดสอบการทะลุผ่านของรังสีกระเจิง

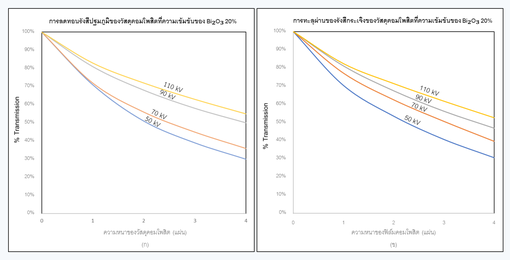
ผลและวิจารณ์

ฟิล์มคอมโพสิต Bi_2O_3/P(VDF-HFP) แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเป็นวัสดุป้องกันรังสีเอกซ์ โดยผลการทดลองพบว่า ฟิล์มคอมโพสิตสามารถลดการทะลุผ่านของรังสีปฐมภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากแผนภูมิที่ 1 ซึ่งแสดงข้อมูลการทะลุผ่านของรังสีปฐมภูมิ (Primary Beam Transmission) ผ่านฟิล์มคอมโพสิตที่มีความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 พบว่าการเพิ่มปริมาณ Bi_2O_3 มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการลดการทะลุผ่านของรังสีเอกซ์ที่พลังงานต่าง ๆ ได้แก่ 50 kV, 70 kV, 90 kV และ 110 kV ค่าการทะลุผ่านของรังสีลดลงตามระดับความหนาของฟิล์มคอมโพสิตในทุกระดับความเข้มข้นของ Bi_2O_3 โดยเฉพาะวัสดุที่มี Bi_2O_3 ในสัดส่วนสูงและมีความหนามากขึ้นจะสามารถลดทอนรังสีได้มากกว่าอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังพบว่าพลังงานของรังสีเอกซ์มีอิทธิพลต่ออัตราการทะลุผ่าน โดยรังสีที่มีพลังงานสูงจะสามารถทะลุผ่านวัสดุได้มากกว่ารังสีที่มีพลังงานต่ำ

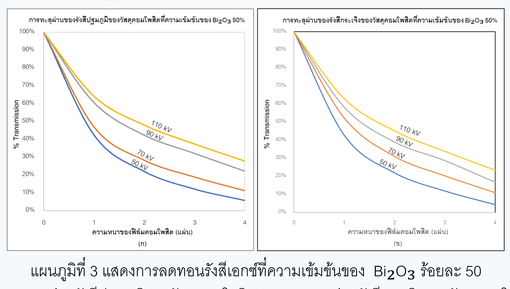
จากแผนภูมิที่ 2 และ 3 แนวโน้มของการทะลุผ่านของรังสีปฐมภูมิและรังสีกระเจิงในฟิล์มคอมโพสิตมีความสอดคล้องกัน โดยการทะลุผ่านของรังสี (% Transmission) ลดลงเมื่อความหนาของฟิล์มเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความหนามีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการลดทอนรังสี ฟิล์มคอมโพสิตที่มีความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ร้อยละ 20 จำนวน 3 แผ่น มีประสิทธิภาพในการลดทอนรังสีเทียบเท่ากับฟิล์มคอมโพสิตที่มี Bi_2O_3 ร้อยละ 50 จำนวน 1 แผ่น อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ส่งผลให้โครงสร้างของฟิล์มมีความไม่ต่อเนื่องและมีช่องว่างมากขึ้น ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรง ความเปราะ และความยืดหยุ่น ดังนั้น การเลือกใช้ความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ในปริมาณต่ำและเพิ่มความหนาของวัสดุจึงเป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุ ลดความเปราะ และลดการสูญเสียความยืดหยุ่น ซึ่งเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานที่ต้องการความทนทานควบคู่กับการป้องกันรังสี



แผนภูมิที่ 1 แสดงการลดทอนรังสีเอกซ์ปฐมภูมิของวัสดุคอมโพสิต ความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ร้อยละ 10 – 50 ที่ค่าความต่างศักย์ 50, 70, 90 และ 110 กิโลโวลต์



แผนภูมิที่ 2 แสดงการลดทอนรังสีเอกซ์ที่ความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ร้อยละ 20 (ก) การทะลุผ่านรังสีปฐมภูมิของวัสดุคอมโพสิต (ข) การทะลุผ่านรังสีกระเจิงของวัสดุคอมโพสิต



แผนภูมิที่ 3 แสดงการลดทอนรังสีเอกซ์ที่ความเข้มข้นของ Bi_2O_3 ร้อยละ 50 (ก) การทะลุผ่านรังสีปฐมภูมิของวัสดุคอมโพสิต (ข) การทะลุผ่านรังสีกระเจิงของวัสดุคอมโพสิต

สรุปผล

วัสดุคอมโพสิตพอลิไวนิลิดีฟลูออไรด์เฮกซะฟลูออโรโพรพิลีน [P(VDF-HFP)] และบิสมัทออกไซด์ (Bi_2O_3) พอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่ทนทาน ในขณะที่ Bi_2O_3 เป็นอนุภาคที่มีเลขอะตอมสูง ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการเติม Bi_2O_3 ลงในพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ช่วยเพิ่มสมรรถนะในการป้องกันรังสีเอกซ์อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในช่วงพลังงานรังสีเอกซ์ต่ำ (50, 70 kV) มีศักยภาพในการนำมาใช้ทดแทนตะกั่ว วัสดุคอมโพสิตจากงานวิจัยนี้เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา ปลอดสารพิษ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถนำข้อมูลนี้มาออกแบบและพัฒนาวัสดุต้นแบบถุงมือป้องกันรังสีเอกซ์สำหรับการใช้งานในด้านการแพทย์และอุตสาหกรรม โดยเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับระดับพลังงานรังสีเอกซ์และความต้องการด้านความปลอดภัยในแต่ละประเภทของการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

1. ธวินันท์ จีปราบนันท์, อุทุมมา มัฆะเนมี. อุปกรณ์ลดทอนรังสีเอ็กซ์จากเส้นใยนาโนเคลือบด้วยแบไรต์. ว.เทคนิคการแพทย์เชียงใหม่; ปีที่ 44 ฉบับที่ 2; 93-98.
2. เสาวภาคย์ ภูศิริ, แสงเชาว์ ทองสีนุช, สุมาวดี สายโสม, นิจวรีย์ จันทร์มณี. การประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันรังสีจากยางธรรมชาติผสมบิสมัทปริมาณสูงสำหรับงานรังสีวินิจฉัย. The Thai Journal of Radiological Technology. Volume 44; No.1: 2019; 8-14.
3. ผกามาศ ลิ่มอรุณ, เอกชัย วิมลมาลา, ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ, เกียรติศักดิ์ แสนบุญเรือง. การผลิตแผ่นยางฟองปลอดสารตะกั่วกำบังรังสีเอ็กซ์และรังสีแกมมาจากวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติผสมบิสมัทออกไซด์. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 20; มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 15 มีนาคม 2562.
4. รัฐพล แสงศัพท์ และ สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม. (2558). สมบัติเชิงกล และสมบัติการให้ก๊าซผ่านแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนผสมชานอ้อย (Mechanical property and gas permeability property of polyethylene film mixed with bagasse). วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU Engineering Journal), 42(1), 83-90. https://www.thaiscience.info/journals/Article/KKEJ/10970371.pdf