อรณิช ทองศรี: การพัฒนาคุณสมบัติต้านทานเชื้อแบคทีเรียและความว่องไวทางชีวภาพของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่สังเคราะห์ด้วยวิธีโซล-เจล เพื่อใช้สำหรับเป็นวัสดุบูรณะฟัน (DEVELOPMENT OF ANITIBACTERIAL ACTIVITY AND BIOACTIVITY OF GLASS IONOMER CEMENT SYNTHESIZED BY SOL-GEL METHOD FOR DENTAL RESTORATIVE MATERIALS)
อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ทับสูงเนิน รัตนจันทร์., 156 หน้า.

คำสำคัญ: กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ โซล-เจล การต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ความว่องไวทางชีวภาพ วัสดุทันตกรรม

โรคฟันผุเป็นโรคในช่องปากที่พบได้บ่อยในทุกประเทศทั่วโลกรวมถึงประเทศไทย โรคฟันผุเกิดจากการสลายตัวของชั้นเคลือบฟันอันเนื่องมาจากการสะสมเชื้อโรคในคราบจุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่บริเวณผิวฟันย่อยสลายอาหารพวกน้ำตาลทำให้เกิดความเป็นกรดและกัดกร่อนเนื้อฟัน ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าผู้สูงวัยในอายุ 60 ปี มักพบปัญหาฟันผุบริเวณราก ซึ่งอาจส่งผลต่อการติดเชื้อ การสูญเสียฟัน และกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันได้ ในการรักษาอาการดังกล่าวสามารถทำได้โดยการบูรณะฟันด้วยวัสดุที่สามารถทนความชื้นและปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ดี นั่นคือซีเมนต์บูรณะฟันชนิดกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (GICs) แต่อย่างไรก็ตามการผลิตวัสดุ GICs ด้วยวิธีการดั้งเดิมต้องอาศัยอุณหภูมิที่สูงถึง 1300 องศาเซลเซียส ซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมองค์ประกอบในแก้วได้รวมถึงปล่อยก๊าซที่เป็นพิษสู่บรรยากาศ ดังนั้น งานวิจัยนี้นี้จึงได้ศึกษาวิธีการสังเคราะห์แก้วไอโอโนเมอร์ด้วยวิธีโซล-เจล ซึ่งเป็นวิธีที่มีการใช้อุณหภูมิในกระบวนการสังเคราะห์ที่ต่ำ ทั้งยังให้ผงแก้วที่มีความบริสุทธิ์สูง ขนาดเล็กละเอียดและยังสามารถควบคุมองค์ประกอบของแก้วได้ดี นอกจากนี้ การวิจัยนี้ยังมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการต้านเชื้อแบคทีเรียและความว่องไวทางชีวภาพ เพื่อลดโอกาศเกิดอาการฟันผุซ้ำซ้อนอีกด้วย

งานวิจัยนี้เริ่มต้นด้วยการสำรวจสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์แก้วไอโอโนเมอร์ด้วยวิธีโซล-เจล ได้แก่ สัดส่วนของน้ำต่อสารตั้งต้น (Rw), ค่า pH, อุณหภูมิการเผาแคลไซน์, ชนิดของสารตั้งต้นฟลูออไรด์ และ วิธีการบ่มเจล จากนั้นจึงมีการปรับปรุงสูตรของแก้วโดยเน้นที่สัดส่วนของ Al_2O_3 และ P_2O_5 นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงคุณสมบัติการต้านทานเชื้อแบคทีเรียและความว่องไวทางชีวภาพของ GICs ที่ได้มาจากการสังเคราะห์โซล-เจล ได้แก่ การเจือองค์ประกอบของแก้วด้วย ZnO และการใช้อนุภาคนาโนของ SrFA และ SrBGF เพื่อเป็นสารตัวเติม นอกจากการวิจัยการปรับปรุงคุณสมบัติของ SGICs ยังมีการใช้เทคนิคการหาลักษณะทางโครงสร้างในเชิงลึก ได้แก่ X-ray diffraction (XRD), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray photoelectron

spectroscopy (XPS), synchrotron-based X-ray absorption spectroscopy (XAS), และ micro computed tomography (microCT) เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแก้วที่ส่งผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุ SGICs

ผลการศึกษาในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อโครงสร้างและคุณสมบัติของ SGICs นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มอัตราส่วนของ Al_2O_3 ในสูตรของแก้วช่วยเสริมความแข็งแรงในการกดอัด (compressive strength) ของ SGICs ในขณะที่การเพิ่มอัตราส่วนของ P_2O_3 จะช่วยยืดเวลาการเซตตัว แต่ลดความแข็งแรงในการกดอัดของซีเมนต์ลง ในส่วนของผลการทดลองเจือ ZnO เข้าไปในองค์ประกอบของแก้วไอโอโนเมอร์ สามารถเพิ่มคุณสมบัติต้านเชื้อแบคทีเรียได้ แต่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการเซตตัวและความแข็งแรงในการกดอัดซึ่งสามารถปรับให้เหมาะสมโดยการปรับอุณหภูมิการเผาแคลไซน์ เมื่อเติมอนุภาคนาโนของ SrFA หรือ SrBGF เข้าไปยัง SGIC พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในเรื่องของความแข็งแรง ความว่องไวทางชีวภาพและความเข้ากันได้กับเซลล์ได้อย่างดี แต่อย่างไรก็ตาม การเติมอนุภาคนาโนของ SrFA ส่งผลยับยั้งการดูดซับฟลูออไรด์และการเติมอนุภาคนาโนของ SrBGF สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปลดปล่อยและดูดซับฟลูออไรด์ แต่ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพต้านเชื้อแบคทีเรียแก่ SGIC ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต โดยผลที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นการนำเสนอแนวทางและความเข้าใจสำหรับการออกแบบและพัฒนา GICs ที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าในการใช้งานทางทันตกรรมและกระดูกต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเซรามิก ลายมือชื่อนักศึกษา .....

ปีการศึกษา 2566 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ORANICH THONGSRI: DEVELOPMENT OF ANITIBACTERIAL ACTIVITY AND BIOACTIVITY OF GLASS IONOMER CEMENT SYNTHESIZED BY SOL-GEL METHOD FOR DENTAL RESTORATIVE MATERIALS
THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. SIRIRAT TUBSUNGNOEN RATTANACHAN, Ph.D., 156 PP.

Keyword: GLASS IONOMER CEMENT, SOL-GEL SYNTHESIS, ANITIBACTERIAL ACTIVITY, BIOACTIVITY, DENTAL MATERIAL

Dental caries is a chronic disease that persists worldwide, with a significant impact on the elderly population who are particularly vulnerable to disease and infection. This disease is caused by acid-producing bacteria that demineralize the subsurface of teeth, resulting in carious lesions, which are a clear indication of the disease. To minimize the occurrence of caries lesions in patients at higher risk, glass ionomer cement (GICs) has been recommended as the first choice for dental restoration due to its potential to release fluoride. However, the conventional GICs have been produced by melt-quenching method with extremely high production temperatures resulting in loss of composition and air pollution. Hence, this study aimed to enhance the bioactivity and antibacterial properties of glass ionomer powder through the low-temperature sol-gel method, with the goal of reducing the incidence of carious lesions in dental caries disease.

The investigation started with an analysis of the sol-gel synthesis conditions to find the optimal condition for the ionomer glass including water to precursor ratio (Rw), pH, calcination temperature, type of fluoride source, and ageing process. It was followed by the optimization of the glass composition, focusing on Al_2O_3 and P_2O_5. Various factors were also explored to improve the properties of SGICs, including the use of ZnO doping, and the addition of SrFA and SrBGF nanoparticles. In addition to investigating improvements, this study utilized advanced characterization techniques including X-ray diffraction (XRD), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), synchrotron-based X-ray absorption spectroscopy

(XAS), and micro computed tomography (microCT) to thoroughly analyze structural changes and their corresponding properties.

The finding in this study showed that the conditions used for synthesis played a key role in the obtained glass structure and properties of SGICs. An increase in Al_2O_3 in the glass formula enhanced the compressive strength of SGIC, while an increase in P_2O_3 content led to prolonging the setting reactivity and lowering compressive strength of the cement. ZnO dopants were incorporated to improve antibacterial properties but had an adverse effect on setting time and compressive strength, which could be optimized by calcination temperature. SGIC modified with SrFA and SrBGF nanoparticles effectively improved the compressive strength, bioactivity, and cytocompatibility of SGIC. However, SrFA inhibited fluoride uptake, and SrBGF did not improve the antibacterial properties of SGIC. These findings provide insights into the design and development of GICs with improved properties for dental and orthopedic applications.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Ceramic Engineering
Academic Year 2023

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....