

## อิทธิพลของระยะเวลาทำงานที่หลากหลายต่อคุณสมบัติเชิงกายภาพของเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ 3 ชนิด

สิวาลัย เลิศคารม\*,\*\*\* อุษชาติ ศรีจันบาล\*\* ปุฉิวรรณ กอวงษ์\*\* ศุภิต บันทนพิบูล\*\*\*  
 รัชสิมา สุกุลนะมรรคา\*\*\*

### บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** เพื่อเปรียบเทียบผลของระยะเวลาทำงานที่แตกต่างกันต่อการดูดซึมน้ำ การละลายตัวในน้ำ และการถูกกัดกร่อนโดยกรดของวัสดุเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ:** นำวัสดุเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ Fuji II LC™ Capsule (GC Corporation; Tokyo, Japan), Riva Light Cure (SDI; Bayswater, Australia) และ Riva Light Cure HV (SDI; Bayswater, Australia) มาศึกษาผลของระยะเวลาที่ชะลอการฉายแสงต่อการดูดซึมน้ำ การละลายตัวในน้ำ และการถูกกัดกร่อนโดยกรด โดยทดสอบตามมาตรฐาน ISO 4049:2000 (E) และ ISO 9917-1:2007 (E) วัสดุแต่ละผลิตภัณฑ์ถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตามระยะเวลาที่รอก่อนการฉายแสง ได้แก่ 1 นาที, 10 นาที, 15 นาที และกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นระยะเวลาทำงานที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดการดูดซึมน้ำและการละลายตัวในน้ำทดสอบโดยการนำตัวอย่างทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. หนา 1 มม. ไปทำให้แห้งด้วยสารดูดความชื้น ทำการบันทึกปริมาตรและน้ำหนักก่อนแช่น้ำ จากนั้นจึงแช่น้ำเป็นเวลา 7 วัน แล้วบันทึกค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาตรเป็นค่าการดูดซึมน้ำ นำตัวอย่างทดลองไปทำให้แห้งอีกครั้งด้วยสารดูดความชื้น บันทึกน้ำหนักที่หายไปเทียบกับน้ำหนักต่อปริมาตรก่อนการแช่น้ำเป็นค่าการละลายตัวในน้ำ ส่วนการถูกกัดกร่อนโดยกรดจะใช้ตัวอย่างทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. หนา 2 มม. ที่ก่อดำอยู่ในแบบหล่ออะคริลิก นำไปแช่ในสารละลายกรดแลคติกความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดระดับผิวหน้าของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากการแช่กรดเป็นค่าการถูกกัดกร่อนโดยกรด

**ผลการศึกษา:** การเพิ่มระยะเวลาทำงานส่งผลให้การดูดซึมน้ำของ Fuji II LC™ Capsule และ Riva Light Cure HV มีค่าลดลง แต่ไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของ Riva Light Cure การละลายตัวในน้ำและการถูกกัดกร่อนโดยกรดไม่ได้รับผลกระทบจากการเพิ่มระยะเวลาทำงานในทุกผลิตภัณฑ์

**สรุป:** การเพิ่มระยะเวลาทำงานส่งผลให้เกิดการดูดซึมน้ำลดลงใน Fuji II LC™ Capsule และ Riva Light Cure HV แต่ไม่ส่งผลต่อการละลายตัวในน้ำ และการถูกกัดกร่อนโดยกรดของวัสดุเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทุกผลิตภัณฑ์ที่นำมาทดสอบ

**คำสำคัญ:** เรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ การดูดซึมน้ำ การละลายตัว การถูกกัดกร่อน การฉายแสง ระยะเวลาทำงาน

วันที่รับ: 07 กุมภาพันธ์ 2566

วันที่แก้ไข: 28 พฤษภาคม 2566

วันที่ตอบรับ: 23 มิถุนายน 2566

\*888/205 ถ.ศรีนครินทร์ พัฒนาการ สวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

\*\*ศูนย์วิจัยและพัฒนาทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34 ถ.อังรีดูนังต์ วังใหม่ ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

\*\*\*ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34 ถ.อังรีดูนังต์ วังใหม่ ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

## Influence of Working Time Variations on Physical Properties of Three Resin-modified Glass Ionomer Cements.

Siwalai Lertkarom\*,\*\*\* Anucharte Srijunbarl\*\* Puliwan Gorwong\*\*  
Dusit Nantanapiboon\*\*\* Rangsimma Sakoolnamarka\*\*\*

### Abstract

**Objective:** To evaluate the influence of working time variations on water sorption, water solubility and acid erosion of resin-modified glass ionomer cements.

**Materials and Methods:** Three resin-modified glass ionomer cements, including Fuji II LC™ Capsule (GC Corporation; Tokyo, Japan), Riva Light Cure (SDI; Bayswater, Australia) and Riva Light Cure HV (SDI; Bayswater, Australia), were used to evaluate water sorption, water solubility and acid erosion by following the instructions of ISO 4049:2000 (E) and ISO 9917-1:2007 (E). Each product consisted of four experimental groups subjected to different light activation starting time after mixing. There were 1-minute, 10-minute, 15-minute and control. The control group was the working time recommended by manufacturers. For water sorption and water solubility tests, specimens with diameter of 15 mm and thickness of 1 mm were dried with desiccant. The weight and volume were recorded before water storage. Specimens were stored in water for seven days and weighed again. The increasing weight per volume after water storage was defined as water sorption value. The specimens were then dried with desiccant and weighed again. The reducing weight compared with the weight per volume before water storage was defined as water solubility value. For the acid erosion test, specimens with diameter of 5 mm and thickness of 2 mm in acrylic molds were immersed in 0.1 mol/l lactic acid solution for 24 hours. The eroded surface of specimen compared with the surface of the acrylic mold was recorded as acid erosion value.

**Results:** Increased working time decreased water sorption in Fuji II LC™ Capsule and Riva Light Cure HV but not in Riva Light Cure. However, increased working time had no influence on water solubility and acid erosion of all products.

**Conclusion:** Increased working time decreased water sorption in Fuji II LC™ Capsule Riva Light Cure HV but had no influence on water solubility and acid erosion of resin-modified glass ionomer cements used in this study.

**Keywords:** Resin-modified glass ionomer cement, Water sorption, Water solubility, Acid erosion, Light activation, Working time

Received Date: Feb 7, 2023

Revised Date: May 28, 2023

Accepted Date: Jun 23, 2023

\*888/205 Srinagarindra Rd., Pattanakarn, Suan Luang, Bangkok 10250, Thailand.

\*\* Dental R&D Center Faculty of Dentistry Chulalongkorn University 34 Henri Dunant Rd., Wang Mai, Pathum Wan, Bangkok 10330, Thailand.

\*\*\* Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University 34 Henri Dunant Rd., Wang Mai, Pathum Wan, Bangkok 10330, Thailand.

## บทนำ (Introduction)

เรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุที่พัฒนาขึ้นจากกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม โดยเติมส่วนประกอบของเรซินมอนอเมอร์ และสารกระตุ้นปฏิกิริยาการแข็งตัว ทำให้คงคุณลักษณะที่ดีของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์แบบดั้งเดิม ในเรื่องของการปล่อยฟลูออไรด์จากวัสดุ และปรับปรุงคุณสมบัติในหลายด้านให้ดีขึ้น เช่น ความแข็งแรง ระยะเวลาการก่อตัว การไวต่อความชื้น และการละลายตัวในน้ำ (1) ทำให้วัสดุกลุ่มนี้เป็นที่นิยม สามารถใช้บูรณะฟันในบริเวณที่รับแรงได้ดีกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมและในบริเวณที่ต้องการความสวยงามด้วย (2)

องค์ประกอบหลักของเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ประกอบด้วยส่วนผง ได้แก่ ฟิลิกแก้ว ฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกต (fluoro-alumino silicate glass) ที่เมื่อทำปฏิกิริยาแล้วสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ (ion-leachable glass) และส่วนของเหลว คือกรดพอลิอะคริลิก, มอนอเมอร์, น้ำ และตัวกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน การเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จะมี 2 ปฏิกิริยาหลัก ได้แก่ ปฏิกิริยากรด-ด่าง และปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของมอนอเมอร์ เมื่อวัสดุได้รับการผสม จะมีปฏิกิริยากรด-ด่างเกิดขึ้น กรดจะแตกตัวเป็นโปรตอนและสายโซ่ที่เป็นประจุลบ โดยโปรตอนจะเข้าไปกัดผงแก้วทำให้เกิดการปลดปล่อยประจุแคลเซียม อลูมิเนียม และฟลูออไรด์ ประจุเหล่านี้จะเคลื่อนที่ออกมาสู่ส่วนเหลวเมื่อแคลเซียมและอลูมิเนียมซึ่งเป็นประจุบวกทำปฏิกิริยากับสายโซ่ของกรดซึ่งเป็นประจุลบ จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นโครมซายเกล็ด (polysalt) ที่ไม่ละลายน้ำ ปฏิกิริยาจะดำเนินไปอย่างต่อเนื่องทำให้วัสดุแข็งตัวมากขึ้น(3) ส่วนปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของเรซินจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยแสง มอนอเมอร์จะเชื่อมต่อกันเป็นโครมซายพอลิเมอร์ที่มีความหนาแน่น และมีน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มมากขึ้น หากมีปัจจัยรบกวนทำให้สัดส่วนในการเกิดปฏิกิริยาทั้ง 2 นี้เกิดการเปลี่ยนแปลงจึงอาจส่งผลให้คุณสมบัติบางประการของวัสดุมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย มีการศึกษาก่อนหน้ารายงาน

ถึงระยะเวลาก่อนเริ่มทำการการฉายแสงภายหลังจากการผสมวัสดุนั้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้สัดส่วนการเกิดปฏิกิริยาขณะก่อตัวเปลี่ยนแปลงไป (4) และอาจส่งผลต่อคุณสมบัติของวัสดุได้ เช่น ปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ ความแข็งแรงดัด ความแข็งผิว และกำลังยึดของเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (5-7)

ในการบูรณะฟัน นอกเหนือจากการมีวัสดุที่มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีแล้ว การคงอยู่และเสถียรภาพเชิงมิติของวัสดุบูรณะเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญซึ่งจะส่งผลให้การบูรณะประสบความสำเร็จได้ในระยะยาว เนื่องจากวัสดุบูรณะต้องเผชิญกับความชื้นจากน้ำลายและการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างในช่องปากอยู่ตลอดเวลา การดูดซับน้ำของวัสดุสามารถทำให้วัสดุขยายตัวและก่อให้เกิดความเครียดกับฟันและบริเวณรอยต่อของวัสดุบูรณะกับฟันได้ (8) ในขณะที่น้ำและสภาวะที่เป็นกรดนั้นสามารถทำให้เกิดการละลายและกัดกร่อนของวัสดุเช่นกัน สิ่งเหล่านี้อาจนำไปสู่การรั่วซึมตามขอบและเกิดการฟุ่ซ้ำบริเวณวัสดุบูรณะตามมา จึงนำมาสู่การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของระยะเวลาที่ชะลอการฉายแสงต่อการดูดซับน้ำ การละลายตัวในน้ำ และการถูกกัดกร่อนโดยกรดของวัสดุเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ โดยมีสมมติฐานว่างคือระยะเวลาทำงานที่ต่างกันไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติการดูดซับน้ำ การละลายตัวในน้ำ และการกัดกร่อนโดยกรดของเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดเดียวกัน

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

### การทดสอบการดูดซับน้ำและการละลายตัวในน้ำ

การทดสอบจะใช้ผลิตภัณฑ์เรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ Fuji II LC™ Capsule (GC Corporation; Tokyo, Japan), Riva Light Cure (SDI; Bayswater, Australia) และ Riva Light Cure HV (SDI; Bayswater, Australia) โดยประยุกต์จากมาตรฐาน ISO 4049:2000 (E) (9) โดยผสมวัสดุเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดแคปซูลด้วยเครื่องปั่นอัมัลกัม (Ultramat 2 SDI; Bayswater, Australia) เป็นเวลา 10 วินาที ตามคำแนะนำ

ของบริษัทผู้ผลิต และจับเวลาตั้งแต่เริ่มผสม ตัวอย่างทดลองจะถูกเตรียมในกล่องมืดเพื่อควบคุมการรบกวนของแสงจากสภาวะแวดล้อม โดยเตรียมแบบพิมพ์โลหะไร้สนิมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม.หนา 1 มม.รองด้านล่างด้วยแผ่นแก้ว เติมวัสดุลงในแบบพิมพ์จนล้นออกมาเล็กน้อย ปิดทับด้านบนด้วยแผ่นแก้ว เพื่อให้ผิวหน้าเรียบและกำจัดวัสดุส่วนเกินออก ยึดแบบพิมพ์และแผ่นแก้วเข้าด้วยกันด้วยตัวหนีบ ระยะเวลาหลังจากเริ่มผสมวัสดุจนกระทั่งเริ่มทำการฉายแสงจะแตกต่างกันออกไปตามกลุ่มการทดลองและผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแต่ละผลิตภัณฑ์มีระยะเวลาทำงานต่างกัน แบ่งกลุ่มการทดลองในแต่ละผลิตภัณฑ์ออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม 1 นาที, กลุ่มระยะเวลาทำงานตามที่บริษัทกำหนด (3 นาที 15 วินาที สำหรับ Fuji II LC™ Capsule และ 2 นาที 10 วินาที สำหรับ Riva Light Cure และ

Riva Light Cure HV), กลุ่ม 10 นาที และกลุ่ม 15 นาที เมื่อถึงเวลาที่กำหนดจึงทำการฉายแสง (3M™ Elipar™ DeepCure-S, 3M; St. Paul, MN, USA) ที่ความเข้มแสงประมาณ 1,470 mW/cm<sup>2</sup> โดยทำการวางบริเวณปลายของเครื่องฉายแสงแนบกับแผ่นแก้ว ฉายแสงให้ทั่วทั้งด้านของตัวอย่างทดลองได้รับการฉายแสงอย่างน้อย 20 วินาที ทำการพลิกด้านและฉายแสงจนทั่วอีกรอบ จากนั้นจึงนำเข้าสู่ตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่  $37 \pm 1$  °C เป็นเวลา 15 นาที แกะตัวอย่างทดลองออกจากแบบพิมพ์ขัดผิวด้านข้างเพื่อกำจัดวัสดุส่วนเกินออกด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1000 ร่วมกับน้ำจันทน์ด้านข้างเรียบ เป่าลมเพื่อกำจัดเศษวัสดุออก ตรวจสอบให้ได้ตัวอย่างทดลองที่ไม่มีตำหนิซึ่งมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 14.8 มม. (รูปที่ 1) แต่ละกลุ่มทดลองจะประกอบไปด้วยตัวอย่างทดลองจำนวน 5 ชิ้น



รูปที่ 1 ลักษณะตัวอย่างทดลองสำหรับทดสอบการดูดซับน้ำและการละลายตัวในน้ำ

Fig 1. The specimen for the water sorption and water solubility tests.

การทดสอบการดูดซับน้ำและการละลายตัวในน้ำเริ่มจากการเก็บตัวอย่างทดลองในภาชนะปิดที่บรรจุด้วยสารดูดความชื้นโดยเก็บที่อุณหภูมิ  $37 \pm 1$  °C เป็นเวลา 22 ชั่วโมง และ  $23 \pm 1$  °C อีก 2 ชั่วโมงเพื่อกำจัดความชื้นออกจากวัสดุ ทำซ้ำจนกระทั่งมวลของวัสดุมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.1 มก. ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง จดบันทึกเป็นมวลแห้งของวัสดุก่อนการแช่น้ำ (m1) โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (RADWAG AS 220/C/2, RADWAG; Poland) ที่ความละเอียด 0.1 มก.

คำนวณปริมาตรของตัวอย่างทดลองก่อนการแช่น้ำ (V) โดยอาศัยค่าเฉลี่ยของการวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ครั้งในแนวที่ตั้งฉากกัน และค่าเฉลี่ยของความหนาที่บริเวณกึ่งกลางและขอบของตัวอย่างทดลอง หน่วยเป็นลบ.มม.

นำตัวอย่างทดลองไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ  $37 \pm 1$  °C เป็นระยะเวลา 7 วัน โดยวางบนตะแกรงให้ตัวอย่างทดลองอยู่ห่างกันอย่างน้อย 3 มม. ปริมาตรน้ำไม่ต่ำกว่า 10 มล. ต่อตัวอย่างทดลอง 1 ชิ้น เมื่อครบ

7 วันจึงนำตัวอย่างทดลองมาล้างน้ำ ชั่งให้แห้งด้วยกระดาษชั่งระอบเนกประสงค์เป็นเวลา 5 วินาที แกว่งในอากาศ 15 วินาที และชั่งน้ำหนักของตัวอย่างทดลองเป็นเวลา 1 นาทีหลังนำขึ้นจากน้ำ จดบันทึกเป็นมวลของวัสดุหลังการแช่น้ำ ( $m_2$ )

จากนั้นจึงนำตัวอย่างทดลองไปเก็บในภาชนะปิดที่บรรจุสารดูดความชื้นเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ต่อด้วย  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  อีก 2 ชั่วโมง และทำซ้ำจนกระทั่งมวลของวัสดุมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.1 มก. ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออกจากวัสดุอีกครั้ง จดบันทึกมวลแห้งของวัสดุหลังจากการแช่น้ำ ( $m_3$ ) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลำดับขั้นตอนในการทดสอบการดูดซับน้ำและการละลายตัวในน้ำ  
 Fig 2. Flowchart of the water sorption and water solubility tests.

ทำการคำนวณค่าการดูดซับน้ำ ( $W_{sp}$ ) และค่าการละลายตัวในน้ำ ( $W_{sl}$ ) ของวัสดุ ดังนี้

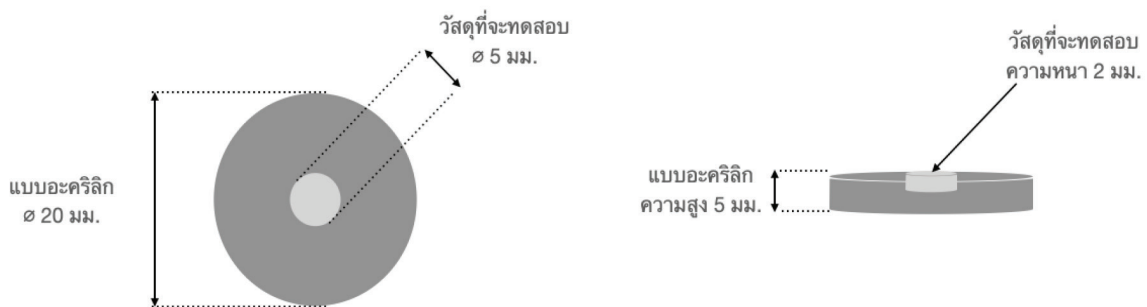
$$W_{sp} = \frac{(m_2 - m_3)}{V}$$

$$W_{sl} = \frac{(m_1 - m_3)}{V}$$

### การทดสอบการถูกกัดกร่อนโดยกรด

การทดสอบจะประยุกต์จากมาตรฐาน ISO 9917-1:2007 (E) (10) โดยเริ่มจากผสมวัสดุเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอไอโนเมอร์ซีเมนต์ ชนิดแคปซูลด้วยเครื่องปั่นอมัลกัมเป็นเวลา 10 วินาทีตามคำแนะนำของผลิตภัณฑ์ และจับเวลาตั้งแต่เริ่มผสมวัสดุ ตัวอย่างทดลองจะถูกเตรียมในกล่องมิดเพื่อควบคุมการรบกวนของแสงจากสภาวะแวดล้อม เติมวัสดุลงในแบบอะคริลิกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. และหนา 5 มม. ที่มีช่องว่างตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 มม. ความลึก 2 มม. ดังภาพ ปิดทับด้านบนด้วยแผ่นแก้ว เพื่อให้ผิวหน้าเรียบและกำจัดวัสดุส่วนเกินออก ยึดแบบอะคริลิกและแผ่นแก้วเข้าด้วยกันด้วยตัวหนีบ ทำการจับเวลาและฉายแสงในลักษณะเดียวกันกับการทดสอบการดูดซึมน้ำ

และการละลายตัวในน้ำ จากนั้นจึงนำเข้าสู่ตู้ที่อุณหภูมิควบคุมอุณหภูมิไว้ที่  $37 \pm 2$  °C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาขัดผิวหน้าด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1200 ร่วมกับน้ำ เพื่อกำจัดวัสดุส่วนเกิน แต่กลุ่มจะประกอบด้วยตัวอย่างทดลอง 5 ชิ้น (รูปที่ 3) ทำการตรวจสอบระดับผิวหน้าของวัสดุเทียบกับแบบอะคริลิกโดยใช้ไดอัลเกจ (Dial gauge, 543-394B, Mitutoyo, Japan) ระดับผิวหน้าของวัสดุเมื่อเทียบกับแบบอะคริลิกต้องมีค่าไม่เกิน 5 ไมครอน บันทึกระดับผิวหน้าของวัสดุก่อนการแช่ในกรด ( $D_0$ ) โดยอาศัยความแตกต่างของระดับผิวหน้าของวัสดุเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของระดับผิวหน้าของแบบอะคริลิก 4 ตำแหน่ง ซึ่งห่างจากขอบของวัสดุประมาณ 0.5 – 1 มม. และแต่ละตำแหน่งห่างกันประมาณ 90 องศา (รูปที่ 4)



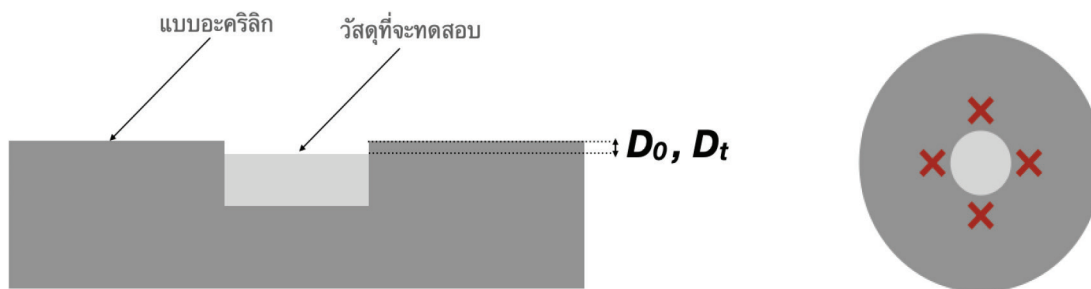
รูปที่ 3 ลักษณะตัวอย่างทดลองสำหรับทดสอบการถูกกัดกร่อนโดยกรด

Fig 3. The specimen for acid erosion test.

สารที่ใช้ในการทดสอบการกัดกร่อนคือสารละลายบัฟเฟอร์ของกรดแลคติกและโซเดียมแลคเตทที่มีความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร ทำการเตรียมสารละลายโดยใช้กรดแลคติก 8.27 กรัม และโซเดียมแลคเตท 0.92 กรัม ละลายกับน้ำปราศจนได้สารละลายปริมาตร 1 ลิตร และตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 18 ชั่วโมง ก่อนการใช้งานจะต้องมีการปรับค่า pH โดยเติมสารละลายโซเดียมแลคเตทหรือกรดแลคติกที่มีความเข้มข้น 1 โมล/ลิตร ลงไปจนได้สารละลายที่มีค่า pH เท่ากับ  $2.74 \pm 0.02$  นำตัวอย่างทดลองไปแช่ในสารละลายที่เตรียมไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ  $37 \pm 1$  °C

โดยให้ตัวอย่างทดลองแต่ละชิ้นอยู่ในสารละลายปริมาตร 30 มล. และมีสารละลายอยู่เหนือผิวหน้าของตัวอย่างทดลอง  $10 \pm 3$  มม.

เมื่อครบ 24 ชั่วโมงจึงนำตัวอย่างทดลองขึ้นจากสารละลาย ล้างน้ำให้สะอาด และซับให้แห้ง ทำการวัดผิวหน้าของวัสดุภายหลังจากการแช่กรด (Dt) โดยอาศัยโดยอาศัยความแตกต่างของระดับผิวหน้าของวัสดุเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของระดับผิวหน้าของแบบอะคริลิก 4 ตำแหน่ง ซึ่งห่างจากขอบของวัสดุประมาณ 0.5–1 มม. และแต่ละตำแหน่งห่างกันประมาณ 90 องศาในลักษณะเดียวกันกับการหาค่า  $D_0$  (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 การหาค่า  $D_0$  และ  $D_t$  โดยอาศัยขอบของแบบอะคริลิก (กากบาท) เป็นจุดอ้างอิง  
 Fig 4. The  $D_0$  and  $D_t$  determination using the material surface level and the average surface level of the four spots on the acrylic mold.

ค่าการถูกกัดกร่อนโดยกรด (D) หาได้จากการคำนวณระดับผิวหน้าของวัสดุที่หายไปจากการแช่ในกรด ดังนี้

$$D = D_t - D_0$$

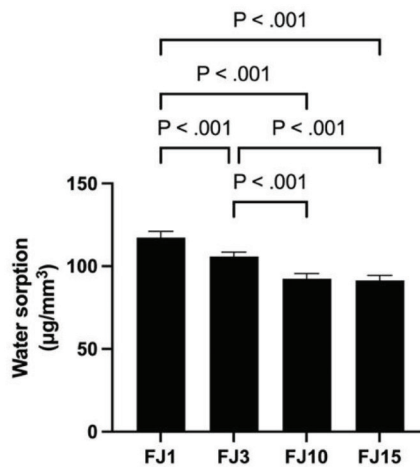
#### การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอาศัยโปรแกรม SPSS version 28.0 การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วย Kolmogorov-Smirnov test พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวที่ปกติ ( $p > 0.05$ ) ค่าเฉลี่ยของปริมาณการดูดซับน้ำ การละลายตัวในน้ำ และการถูกกัดกร่อนโดยกรดของเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่ได้รับการฉายแสงที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์เดียวกันจะถูกนำมาหาความแตกต่างด้วยการทดสอบ One-way ANOVA และ Tukey's HSD Post Hoc Test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญไว้ที่ 0.05

#### ผลการทดลอง (Results)

ปริมาณการดูดซับน้ำของเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ในผลิตภัณฑ์ Fuji II LC™ Capsule และ Riva Light Cure HV ที่ได้รับการชะลอการฉายแสงที่ระยะเวลาต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลิตภัณฑ์ Fuji II LC™ Capsule ที่ได้รับการชะลอการฉายแสงเป็นระยะเวลา 1 นาที ( $117.34 \pm 1.68$ ) มีปริมาณการดูดซับน้ำโดยเฉลี่ยมากที่สุด ตามด้วยกลุ่ม 3 นาที 15 วินาที ( $105.89 \pm 1.20$ ), 10 นาที ( $92.41 \pm 1.40$ ) และ 15 นาที ( $91.33 \pm 1.32$ ) ตามลำดับ แต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยกเว้นคู่ของกลุ่ม 10 นาทีและ 15 นาที (รูปที่ 5)



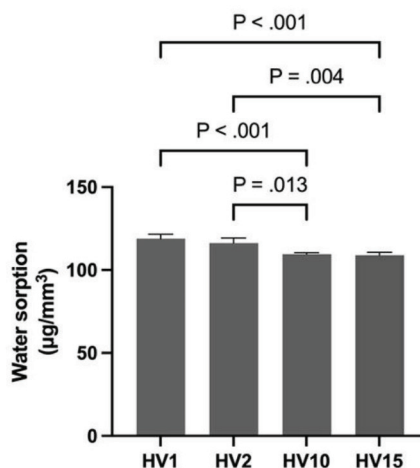


รูปที่ 5 แผนภูมิแท่งแสดงค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ Fuji II LC™ Capsule ในกลุ่ม 1 นาที (FJ1), กลุ่ม 3 นาที 15 วินาที (FJ3), กลุ่ม 10 นาที (FJ10) และกลุ่ม 15 นาที (FJ15) พร้อมตัวเลขบ่งบอกระดับนัยสำคัญทางสถิติ

Fig 5. Bar chart demonstrated the water sorption of Fuji II LC™ Capsule in group 1-min (FJ1), 3-min-15-sec (FJ3), 10-min (FJ10) and 15-min (FJ15) with p-values.

สำหรับผลิตภัณฑ์ Riva Light Cure HV พบว่า กลุ่มที่ได้รับการชะลอการฉายแสงเป็นระยะเวลา 1 นาที (118.94 ± 1.18) มีปริมาณการดูดซึมน้ำโดยเฉลี่ยมากที่สุด ตามด้วยกลุ่ม 2 นาที 10 วินาที (116.25 ± 1.39),

10 นาที (109.54 ± 0.43) และ 15 นาที (108.90 ± 0.79) ตามลำดับ แต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยกเว้นคู่ของกลุ่ม 1 นาที กับกลุ่ม 2 นาที 10 วินาที และคู่ของกลุ่ม 10 นาที กับ 15 นาที (รูปที่ 6)



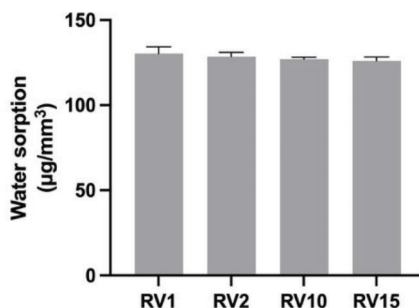
รูปที่ 6 แผนภูมิแท่งแสดงค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ Riva Light Cure HV ในกลุ่ม 1 นาที (HV1), กลุ่ม 2 นาที 10 วินาที (HV2), กลุ่ม 10 นาที (HV10) และกลุ่ม 15 นาที (HV15) พร้อมตัวเลขบ่งบอกระดับนัยสำคัญทางสถิติ

Fig 6. Bar chart demonstrated the water sorption of Riva Light Cure HV in group 1-min (HV1), 2-min-10-sec (HV2), 10-min (HV10) and 15-min (HV15) with p-values.



ส่วนผลิตภัณฑ์ Riva Light Cure พบว่ามีแนวโน้มการดูดซึมน้ำในลักษณะเดียวกันกับ Fuji II LC™ Capsule และ Riva Light Cure HV คือ กลุ่ม 1 นาที (130.31 ± 1.77) มีปริมาณการดูดซึมน้ำโดยเฉลี่ยมาก

ที่สุด ตามด้วยกลุ่ม 2 นาที 10 วินาที (128.62 ± 1.03), 10 นาที (127.04 ± 0.53) และ 15 นาที (126.04 ± 1.00) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละกลุ่ม (p > 0.05) (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 แผนภูมิแท่งแสดงค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุ Riva Light Cure ในกลุ่ม 1 นาที (RV1), กลุ่ม 2 นาที 10 วินาที (RV2), กลุ่ม 10 นาที (RV10) และกลุ่ม 15 นาที (RV15) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละกลุ่ม

Fig 7. Bar chart demonstrated the water sorption of Riva Light Cure in group 1-min (RV1), 2-min-10-sec (RV2), 10-min (RV10) and 15-min (RV15). No statistical difference was found among groups.

ปริมาณการละลายตัวในน้ำและการถูกกัดกร่อนโดยกรดของเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่ได้รับการชะลอการฉายแสงที่ระยะเวลาต่างๆ เมื่อ

เปรียบเทียบในผลิตภัณฑ์เดียวกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05) (ตารางที่ 1-3)

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณ การละลายตัวในน้ำ และการถูกกัดกร่อนโดยกรดของผลิตภัณฑ์ Fuji II LC™ Capsule  
Table 1. Means and standard deviations of the water solubility and acid erosion of Fuji II LC™ Capsule.

ผลิตภัณฑ์	กลุ่ม (n = 5)	การละลายตัวในน้ำ (µg/mm³)		การถูกกัดกร่อนโดยกรด (µm)	
		ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
Fuji II LC™	1 นาที (FJ1)	1.72	0.07	25.15	1.42
Capsule	3 นาที 15 วินาที (FJ3)	1.74	0.14	25.20	1.23
	10 นาที (FJ10)	2.17	0.20	24.45	2.11
	15 นาที (FJ15)	2.03	0.19	26.55	1.04

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณ การละลายตัวในน้ำ และการถูกกัดกร่อนโดยกรดของผลิตภัณฑ์ Riva Light Cure HV  
 Table 2. Means and standard deviations of the water solubility and acid erosion of Riva Light Cure HV.

ผลิตภัณฑ์	กลุ่ม (n = 5)	การละลายตัวในน้ำ ( $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )		การถูกกัดกร่อนโดยกรด ( $\mu\text{m}$ )	
		ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
Riva Light	1 นาที (HV1)	2.61	0.21	8.15	0.64
Cure HV	2 นาที 10 วินาที (HV2)	2.92	0.19	9.40	0.71
	10 นาที (HV10)	2.76	0.19	8.95	0.33
	15 นาที (HV15)	2.34	0.19	7.80	0.46

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณ การละลายตัวในน้ำ และการถูกกัดกร่อนโดยกรดของผลิตภัณฑ์ Riva Light Cure  
 Table 3. Means and standard deviations of the water solubility and acid erosion of Riva Light Cure.

ผลิตภัณฑ์	กลุ่ม (n = 5)	การละลายตัวในน้ำ ( $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )		การถูกกัดกร่อนโดยกรด ( $\mu\text{m}$ )	
		ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
Riva Light	1 นาที (RV1)	2.79	0.12	5.85	0.78
Cure	2 นาที 10 วินาที (RV2)	2.49	0.19	4.75	0.65
	10 นาที (RV10)	2.79	0.17	6.25	0.72
	15 นาที (RV15)	2.77	0.06	6.35	0.77

### บทวิจารณ์ (Discussion)

การศึกษานี้เลือกใช้เรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ในรูปแบบแคปซูล เพื่อควบคุมปัจจัยรบกวนต่าง ๆ เช่น สัดส่วนของส่วนผงต่อส่วนเหลว การผสมวัสดุ วิธีการผสม การขึ้นรูปวัสดุและการชะลอการฉายแสงในกล่องมืด เพื่อควบคุมปัจจัยแสงจากสิ่งแวดล้อม จำลองการชะลอการฉายแสงโดยให้กลุ่ม 1 นาทีเป็นการฉายแสงที่เร็วที่สุดที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติตามมาด้วยกลุ่มที่ฉายแสงตามระยะเวลาทำงาน (Working time) ที่บริษัทแนะนำ ซึ่งยังไม่เลยจุดสูงสุดของปฏิกิริยากรด-ด่างโดยจะอยู่ที่ประมาณ 5 นาทีแรก

หลังการผสม (4) ในขณะที่กลุ่ม 10 และ 15 นาทีจะเป็นกลุ่มที่ชะลอการฉายแสงจนเลยจุดสูงสุดของปฏิกิริยากรด-ด่างไปแล้ว

การดูดซึมน้ำของวัสดุเกิดจากความชอบน้ำของโมเลกุลเรซิน (11) และรอยแตกหรือช่องว่างในวัสดุ (12) หากวัสดุมีการดูดซึมน้ำมากจะส่งผลให้วัสดุมีการขยายตัวและมีความแข็งแรงลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการชะลอการฉายแสงออกไปภายหลังจากการผสมทำให้วัสดุมีการดูดซึมน้ำลดลงสามารถอธิบายได้จากการการฉายแสงที่เวลา 1 นาที ซึ่งเป็นกลุ่มที่ฉายแสงเร็วที่สุด วัสดุจะเกิดการแข็งตัว

ทันทีจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของเรซิน ทำให้ได้ลักษณะของโครงข่ายเรซินที่มีความต่อเนื่องกันมากทันทีที่ฉายแสง (7) น้ำจะสามารถเคลื่อนที่ผ่านและดูดซับไปตามโครงข่ายเรซินที่มีความชอบน้ำนี้ได้ (11) ในทางกลับกัน การฉายแสงวัสดุอย่างรวดเร็วจะพบโครงข่ายเกลือกจากปฏิกิริยากรด-ด่างเกิดขึ้นน้อย อย่างไรก็ตาม ปฏิกิริยากรด-ด่างจะยังคงดำเนินต่อเนื่องต่อไป โดยอาศัยน้ำในวัสดุเป็นตัวกลางในการเกิดปฏิกิริยา น้ำในวัสดุสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือส่วนที่ระเหยได้ง่าย (unbound water) และส่วนที่ระเหยได้ยาก (bound water) ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยากรด-ด่างจะมีการยึดเกาะกับโมเลกุลของน้ำได้อย่างเหนียวแน่น ปริมาณของน้ำที่ระเหยได้ยากจึงมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป (13)

การทดสอบการดูดซับน้ำของวัสดุในการศึกษานี้จะมีการนำวัสดุไปโล่น้ำออกก่อนนำวัสดุกลับมาแช่น้ำใหม่อีกครั้ง ดังนั้นวัสดุจะมีการสูญเสียน้ำในขั้นตอนการโล่น้ำ ทำให้เกิดรอยร้าวขึ้น จากการทดลองพบว่าวัสดุในกลุ่มที่ได้รับการฉายแสงอย่างรวดเร็วจะพบรอยร้าวมากกว่ากลุ่มที่ฉายแสงช้า อธิบายได้จากปฏิกิริยากรด-ด่างที่ยังเกิดน้อยและมีสัดส่วนของน้ำที่ระเหยง่ายในวัสดุมาก เมื่อนำวัสดุกลับไปแช่น้ำใหม่ น้ำจะแทรกซึมไปตามรอยร้าวเหล่านี้ ส่งผลให้วัสดุเกิดการดูดซับน้ำมากตามมา (12) จึงอาจกล่าวได้ว่าวัสดุที่ได้รับการฉายแสงอย่างรวดเร็วจะมีความไวต่อการได้รับและสูญเสียน้ำมากกว่าวัสดุที่ได้รับการฉายแสงช้า โดยผลนี้ให้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในผลิตภัณฑ์ Fuji II LC™ Capsule และ Riva Light Cure HV แต่กลับไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในผลิตภัณฑ์ Riva Light Cure สาเหตุอาจเกิดจากการวัสดุมีสัดส่วนผงกับส่วนเหลวแตกต่างกัน โดยผลิตภัณฑ์ Fuji II LC™ Capsule และ Riva Light Cure HV มีสัดส่วนผงกับส่วนเหลวอยู่ที่ประมาณ 3.3:1 (14,15) ในขณะที่ Riva Light Cure มีสัดส่วนผงกับส่วนเหลวอยู่ที่ 3.1:1 (16)

การละลายตัวในน้ำของเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มักเกิดจากการปลดปล่อยมอนอเมอร์ที่หลงเหลือจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันออกมา ดังนั้น

ปริมาณการเกิดพอลิเมอไรเซชันจึงส่งผลต่อการละลายตัวในน้ำของวัสดุ การปลดปล่อยองค์ประกอบของวัสดุออกมาในปริมาณมากอาจส่งผลให้เกิดการเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อที่อยู่โดยรอบได้ (6, 11) มีการศึกษาก่อนหน้านี้ที่รายงานถึงการปลดปล่อยโมเลกุลของเรซินที่ลดลงเมื่อเริ่มทำการฉายแสงที่เวลา 10 นาทีหลังการผสมวัสดุ (6) อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างของการละลายตัวในน้ำเมื่อระยะเวลาที่เริ่มทำการฉายแสงเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งอาจเป็นผลจากการใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันกับการศึกษาก่อนหน้านี้ซึ่งใช้เอทานอลและการรบกวนของน้ำที่ยึดเกาะกับโครงสร้างของวัสดุอย่างเหนียวแน่นจนทำการระเหยออกได้ยาก (13)

เมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรด โปรตอนจากกรดจะเข้าไปแทนที่ประจุบวกของโลหะในวัสดุ และเกิดการละลายของโลหะออกมาจากพื้นผิว ทำให้มีการสูญเสียโครงสร้างไป (17) อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างของการถูกกัดกร่อนโดยกรดของวัสดุเมื่อระยะเวลาที่เริ่มฉายแสงเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งคาดว่าเกิดจากการมีเรซินซึ่งมีความทนทานต่อกรดเป็นองค์ประกอบในวัสดุที่สามารถปกป้องโครงข่ายเกลือกจากการถูกกัดกร่อนโดยกรดได้ (18)

จะเห็นได้ว่าระยะเวลาทำงานก่อนเริ่มทำการฉายแสงสามารถส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของวัสดุเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ได้ เช่น ความไวต่อน้ำและความขึ้นดั่งผลของการศึกษานี้ จึงยังเป็นการเน้นย้ำถึงความสำคัญของการทาสารเคลือบผิวเพื่อลดผลกระทบในทางคลินิก โดยการทาสารเคลือบผิวจะสามารถยับยั้งการได้รับหรือสูญเสียน้ำของวัสดุ (19) ทำให้สัดส่วนของน้ำในวัสดุมีความเหมาะสมที่จะทำให้ปฏิกิริยากรด-ด่างดำเนินต่อไปได้ และในทางการวิจัยระยะเวลาก่อนทำการฉายแสงอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ผู้วิจัยควรให้ความสำคัญและมีการควบคุมในการศึกษาเกี่ยวกับเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการยังมีข้อจำกัดในการลอกเลียนสภาวะในช่องปากได้อย่างสมบูรณ์ ผลการทดลองที่ได้จึงอาจคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงที่เกิดขึ้นภายในช่องปาก เช่น ผลของน้ำลาย การเปลี่ยนแปลงความ

เป็นกรด-ต่าง ความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ของน้ำลาย ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปาก นอกจากนี้การเกิดปฏิกิริยากรด-ต่างที่ดำเนินไปน้ำจะถูกผนวกเข้าไปในโครงสร้างของวัสดุได้เพิ่มมากขึ้น การแช่น้ำและติดตามผลในระยะเวลาที่นานขึ้นอาจให้ผลที่แตกต่างออกไปได้

### บทสรุป (Conclusion)

การเพิ่มระยะเวลาทำงานส่งผลให้เกิดการดูดซับน้ำลดลงใน Fuji II LC™ Capsule และ Riva Light Cure HV แต่ไม่ส่งผลต่อการละลายตัวในน้ำ และการถูกกัดกร่อนโดยกรดของวัสดุเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทุกผลิตภัณฑ์ที่นำมาทดสอบ

### กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำการศึกษานี้

### เอกสารอ้างอิง (References)

1. Mathis RS, Ferracane JL. Properties of a glass-ionomer/resin-composite hybrid material. *Dent Mater.* 1989;5(5):355-8.
2. Rizzante F, Cunali R, Bombonatti J, Correr G, Gonzaga C, Furuse A. Indications and restorative techniques for glass ionomer cement. *RSBO.* 2015;12(1):79-87.2016;12:79.
3. Wilson AD, Nicholson JW. *Acid-Base Cements: Their biomedical and industrial applications*; Cambridge University Press; 2005.
4. Berzins DW, Abey S, Costache MC, Wilkie CA, Roberts HW. Resin-modified glass-ionomer setting reaction competition. *J Dent Res.* 2010;89(1):82-6.

5. Butda P, Prasansuttipom T, Thanatvarakom O, Jittidecharaks S. Effect of waiting interval before light curing on bond strength of resin modified glass ionomer cement under simulated pulp pressure. *CM Dent J.* 2018;39(1):113-25.
6. Dursun E, Nguyen JF, Tang ML, Attal JP, Sadoun M. HEMA release and degree of conversion from a resin-modified glass ionomer cement after various delays of light activation. *Dent Mater.* 2016;32(5):640-5.
7. Lagarde M, Francois P, Goff SL, Attal JP, Dursun E. Structural and long-term mechanical properties from a resin-modified glass ionomer cement after various delays of light-activation. *Dent Mater J.* 2018;37(6):874-9.
8. Sokolowski K, Szczesio-Wlodarczyk A, Bociog K, Krasowski M, Fronczek-Wojciechowska M, Domarecka M, et al. Contraction and Hydroscopic Expansion Stress of Dental Ion-Releasing Polymeric Materials. *Polymers (Basel).* 2018;10(10):1093. doi: 10.3390/polym10101093.
9. International Organization for Standardization. *International Standard-ISO 4049: Dentistry : Polymer-based Restorative Materials.* ISO; 2000.
10. International Organization for Standardization. *International Standard-ISO 9917-1: Dental Water-based Cements - Part 1 : Powder/ liquid acid-base cement.* 2nd ed: ISO; 2007.
11. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006;22(3):211-22.
12. Toledano M, Osorio R, Osorio E, Fuentes V, Prati C, Garcia-Godoy F. Sorption and solubility of resin-based restorative dental materials. *J Dent.* 2003;31(1):43-50.

13. Nicholson JW. Maturation processes in glass-ionomer dental cements. *Acta Biomater Odontol Scand.* 2018;4(1):63-71.

14. GC Fuji IITM LC Capsule's instruction for use. USA: GC Corporation; 2019.

15. RIVA Light Cure HV High viscosity light cured resin reinforced glass ionomer restorative material instruction for use. Australia: SDI Limited; 2021.

16. RIVA Light Cure Light cured resin reinforced glass ionomer restorative material instruction for use. Australia: SDI Limited; 2022.

17. Hazar-Yoruc B, Bavbek AB, Ozcan M. The erosion kinetics of conventional and resin-modified glass-ionomer luting cements in acidic buffer solutions. *Dent Mater J.* 2012; 31(6):1068-74.

18. Wan Bakar W, McIntyre J. Susceptibility of selected tooth-coloured dental materials to damage by common erosive acids. *Aust Dent J.* 2008;53(3):226-34.

19. Jevnikar P, Sersa I, Sepe A, Jarh O, Funduk N. Effect of surface coating on water migration into resin-modified glass ionomer cements: a magnetic resonance micro-imaging study. *Magn Reson Med.* 2000;44(5):686-91.

**ติดต่อขอความ:**

รศ.ร.อ.หญิง ทพญ.ดร.รังสิมา สกูลณะมรรคา  
ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
34 ถ.อังรีดูนังต์ วังใหม่ ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330  
โทรศัพท์: 02 218 8795  
อีเมล: aorrangsima@yahoo.com

**Corresponding authors:**

Assoc. Prof. Lt. Rangsima Sakoolnamarka  
Department of Operative Dentistry, Faculty of  
Dentistry, Chulalongkorn University  
34 Henri Dunant Rd., Wang Mai, Pathum Wan,  
Bangkok 10330, Thailand.  
Tel: (662) 218 8795  
E-mail: aorrangsima@yahoo.com