

# ผลการเคลือบสารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์ด้วยไซเลนต่อสมบัติการดูดกลับฟลูออไรด์ และความสามารถในการปรับสภาพกรดแลคติกให้เป็นกลางของวัสดุเรซิน

อริคม สุรินทร์ธนาสาร<sup>1</sup> จิรวัดน์ เชิงบันลือศักดิ์<sup>2</sup> นิยม ชำรงก้อนันต์สกุล<sup>3</sup>

Received: September 10, 2019

Revised: September 18, 2019

Accepted: October 9, 2019

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของสารก่อกวนไซเลนที่เคลือบบนผิวซิลิกาเมโซพอร์ในเรซินเคลือบหลุมร่องฟันต่อความสามารถในการดูดกลับฟลูออไรด์ ปลดปล่อยฟลูออไรด์ และความสามารถในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของกรดแลคติก เตรียมชิ้นงานเรซินเคลือบหลุมร่องฟันในแม่แบบแยกส่วนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร โดยแบ่งเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ไม่มีการเติมสารตัวเติมลงในเรซินเคลือบหลุมร่องฟัน ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2-4 คือผสมสารตัวเติมที่เคลือบไซเลนปริมาณร้อยละ 2.5, 5 และ 7.5 โดยน้ำหนัก ตามลำดับลงในเรซินเคลือบหลุมร่องฟัน กลุ่มที่ 5-7 ผสมสารตัวเติมที่ไม่มีการเคลือบไซเลนปริมาณร้อยละ 2.5, 5 และ 7.5 โดยน้ำหนัก ตามลำดับลงในเรซินเคลือบหลุมร่องฟัน แช่ชิ้นงานในน้ำปราศจากไอออนเพื่อศึกษาการดูดกลับและปลดปล่อยฟลูออไรด์ รวมทั้งแช่ชิ้นงานในกรดแลคติกเพื่อศึกษาการปรับสภาพกรด-ด่าง ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ด้วยความแปรปรวนทางเดียวและการทดสอบค่าที่พบว่า กลุ่มที่มีสารตัวเติมในปริมาณร้อยละ 5 หรือ 7.5 ทั้งที่มีและไม่มีสารก่อกวนไซเลนมีความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์สูงสุด หลังจากการดูดกลับจากการแช่ฟลูออไรด์เจล และทุกกลุ่มยกเว้นกลุ่มควบคุมสามารถลดค่าความเป็นกรดได้ เรซินเคลือบหลุมร่องฟันที่มีสารตัวเติมดังกล่าวโดยที่สารก่อกวนไซเลนไม่ได้ให้ผลความแตกต่างในปริมาณร้อยละ 5 หรือ 7.5 อาจจะส่งผลต่อการคืนแร่ธาตุของฟันและป้องกันฟันผุซ้ำได้เนื่องจากฟลูออไรด์และค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม

**คำสำคัญ** การดูดกลับฟลูออไรด์; การปรับสภาพกรดแลคติก; ซิลิกาเมโซพอร์; สารก่อกวนไซเลน

<sup>1</sup>ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<sup>2</sup>ฝ่ายทันตสาธารณสุข โรงพยาบาลเสาไห้เฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา อำเภอเสาไห้ จังหวัดสระบุรี

<sup>3</sup>ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบัน มีการนำวัสดุที่มีรูพรุนขนาดเล็กในระดับไมโครหรือระดับนาโนเมตรมาใช้ประโยชน์อย่าง

กว้างขวาง โดยซิลิกาที่มีรูพรุนหรือซิลิกาเมโซพอร์หรือเมโซพอร์ซิลิกา (mesoporous silica) ถือเป็นวัสดุที่มีรู

พูนขนาดเล็กที่เป็นที่นิยม เนื่องมาจากสมบัติเฉพาะหลายอย่าง เช่น พื้นที่ผิวภายในของวัสดุมีค่ามาก ปริมาตรของรูพูนมาก และการที่ผู้สังเคราะห์สามารถปรับรูปร่างและลักษณะของรูพูนดังกล่าว รวมทั้งลักษณะพื้นผิวภายนอกให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ จึงทำให้มีการประยุกต์ใช้ทั้งในทางวิทยาศาสตร์ และทางการแพทย์ในวัสดุประสงค์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น การสร้างภาพฟลูออเรสเซนซ์ (fluorescence imaging) เพื่อแสดงลักษณะของเซลล์สำหรับการวินิจฉัย การรักษาแบบจำเพาะต่อเซลล์ (cell targeting)<sup>1</sup> และถือเป็นตัวกลางที่สำคัญในกระบวนการนำส่งยาที่มีประสิทธิภาพและมีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในร่างกายสูง เนื่องมาจากลักษณะผิวที่มีความขรุขระคล้ายรังผึ้งที่มีระเบียบสูง ส่งผลให้มีการดูดซับตัวยาในปริมาณที่มากเมื่อเทียบกับน้ำหนักของตัวกลางซิลิกาเมโซพอร์เอง<sup>2,3</sup>

ในทางทันตกรรม มีการนำซิลิกาที่มีรูพูนหรือซิลิกาเมโซพอร์ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงสมบัติของวัสดุทางทันตกรรมในวัสดุประสงค์ต่าง ๆ เช่น การนำสารตัวเติมที่มีส่วนประกอบของซิลิกาที่มีรูพูนหรือสารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์มาปรับปรุงสมบัติของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตเพื่อควบคุมความหนืด เพิ่มการยึดติดระหว่างพื้นผิวของสารตัวเติมและเรซิน<sup>4</sup> เพิ่มความต้านทานต่อการสึกของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต<sup>5</sup> หรือการเพิ่มความสวยงามหลังการขัดเงาของวัสดุบูรณะ เรซินคอมโพสิต<sup>6</sup> เป็นต้น

โดยปกติ วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันมีวัตถุประสงค์ในการป้องกันฟันผุที่อาจเกิดขึ้นได้ด้วย

ลักษณะรูปร่างของฟันที่เอื้อต่อการเกิดฟันผุของฟัน เช่น บริเวณหลุมร่องฟัน โดยวัสดุที่นิยมนำมาผลิตเป็นวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันคือวัสดุกลุ่มเรซินเนื่องจากมีอัตราล้มเหลวที่เกิดจากการหลุดของวัสดุน้อยกว่าวัสดุชนิดอื่น<sup>7,8</sup> แต่ถึงแม้จะไม่มีหลุดของวัสดุออกมา ก็อาจมีโอกาสเกิดฟันผุซ้ำที่รอยต่อของวัสดุกับฟันได้ เนื่องจากตัววัสดุเรซินดังกล่าวไม่มีสมบัติอื่นที่จะป้องกันการเกิดฟันผุได้<sup>9</sup> จึงได้มีการแนะนำให้ใช้วัสดุกลุ่มอื่นที่มีสมบัติในการป้องกันฟันผุ เช่น วัสดุกลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ ซึ่งนอกจากจะเป็นวัสดุที่สามารถเกิดพันธะเคมีกับฟันได้แล้ว ยังสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ซึ่งสามารถป้องกันการเกิดฟันผุได้ โดยมีการคาดหวังว่าฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากวัสดุจะสามารถลดอัตราการเกิดฟันผุซ้ำ แต่วัสดุชนิดนี้ยังมีข้อสงสัยว่าจะสามารถยึดติดกับฟันในระยะยาวได้หรือไม่ เนื่องจากวัสดุมีแรงยึดติดกับฟันที่ต่ำกว่าวัสดุกลุ่มเรซิน<sup>10</sup>

เนื่องมาจากวัสดุทั้งสองกลุ่มมีข้อดีและข้อเสียดังที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีการนำกลาสไอโอโนเมอร์มาใช้เป็นสารตัวเติมในวัสดุกลุ่มเรซินเพื่อปรับปรุงสมบัติของวัสดุให้ดีขึ้น รวมทั้งมีการนำสารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์มาเป็นสารตัวเติมเช่นเดียวกัน ถึงแม้ว่าสารตัวเติมซิลิกา เมโซพอร์จะไม่มีสารที่มีฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบ แต่รูพูนดังกล่าวสามารถดูดกลับ (recharge) และปลดปล่อย (release) ฟลูออไรด์ไอออนที่พบในสิ่งแวดล้อมในช่องปากต่าง ๆ เช่น ยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปาก อาหาร น้ำประปา หรือน้ำดื่ม ได้ ซึ่งทำให้ได้ข้อดีของวัสดุกลุ่มเรซินที่สามารถยึดติดกับฟันได้ดี

และข้อดีของวัสดุกลุ่มกลาส ไอโอโนเมอร์ที่สามารถ  
ดูดกลับและปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้<sup>11,12</sup>

สารคู่ควบไซเลน (silane coupling agent) เป็น  
สารที่ใช้เพื่อส่งเสริมการยึดติด (adhesive promoters)  
โดยที่ปลายข้างหนึ่งของโมเลกุลสามารถยึดติดทางเคมี  
ได้ด้วยพันธะไฮโดรเจนกับสารอินทรีย์กลุ่มที่มีซิลิกา  
เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน และปลายอีกข้างหนึ่งของ  
โมเลกุลสามารถยึดติดกับสารอินทรีย์ เช่น เรซิน ด้วย  
พันธะโควาเลนต์ โดยสารคู่ควบไซเลนสามารถเพิ่ม  
สมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของวัสดุได้<sup>13</sup> สาร  
คู่ควบไซเลนที่เป็นที่นิยมใช้กับวัสดุทางทันตกรรม เช่น  
เรซินคอมโพสิต คือ แกมมาเมทาไครลอกซีโพรพิลไทร  
เมทอกซีไซเลน หรือ แกมมาเอ็มพีทีเอส (Gamma-  
methacryloxypropyl-trimethoxy silane หรือ Gamma-  
MPTS) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เกิดพันธะเคมีกับ  
สารตัวเติม และสามารถเกิด พอลิเมอร์กับส่วนของ เรซิน  
เมทริกซ์ได้ โดยมีปริมาณของสารคู่ควบไซเลนที่  
เหมาะสมเพื่อสมบัติที่ดีของผลิตภัณฑ์<sup>14</sup>

จากที่มีการศึกษาว่าซิลิกาที่มีรูพรุนมาเป็นสาร  
ตัวเติมเช่นเดียวกัน ถึงแม้ว่าซิลิกาที่มีรูพรุนจะไม่มีสาร  
ที่มีฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบ แต่รูพรุนดังกล่าว  
สามารถดูดกลับ และปลดปล่อยฟลูออไรด์ไอออนที่พบ  
ในสิ่งแวดล้อมในช่องปากต่าง ๆ ได้ แต่ยังไม่ม  
ีการศึกษาผลของซิลิกาที่เคลือบด้วยไซเลน ดังนั้น  
วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาเรซินเคลือบหลุม  
ร่องฟันที่ผสมซิลิกาเมโซพอร์ที่เคลือบและไม่เคลือบ  
ด้วยสารควบคู่ไซเลน ต่อความสามารถในการดูดกลับ

และปลดปล่อยฟลูออไรด์ และความสามารถในการ  
ปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของกรดแลคติก

## วัสดุและวิธีการ (Materials and methods)

### การสังเคราะห์สารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์

ซิลิกาที่มีรูพรุนได้รับการสังเคราะห์จาก สารตั้งต้น  
เตตระเอทิลออร์ทอซิลิเกต (tetraethyl orthosilicate,  
TEOS) โดยใช้กระบวนการโซลเจล (sol-gel process)<sup>12,15</sup>  
เริ่มต้นจากการใช้กรดอะซิติก (Acetic acid) ปริมาณ 2.3  
มิลลิลิตร (QReC, Auckland, New Zealand) ผสมกับสาร  
เตตระเอทิลออร์ทอซิลิเกตปริมาณ 2.2 มิลลิลิตร (333859,  
Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) เป็นเวลา 10 นาที  
ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นใช้สารละลายของพอลิไวนิลไพ  
โรลิโดน หรือ พีวีพี เค 30 (Polyvinylpyrrolidone or PVP  
K 30) ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยปริมาตร (81422,  
Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) ในเอทานอลที่มี  
น้ำอยู่น้อยมากหรือเอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ตั้งแต่  
ร้อยละ 99 ขึ้นไป (4146082, Carlo Erba, Milan, Italy)  
เติมเพิ่มเข้าไปในสารละลายที่มีส่วนผสมของเตตระ  
เอทิลออร์ทอซิลิเกตกับกรดอะซิติก ในปริมาณ 12  
มิลลิลิตร ทำการผสมในระบบปิดเป็นเวลา 60 นาที  
จากนั้นเก็บไว้ข้ามคืนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

หลังจากผ่านไป 24 ชั่วโมง จะพบเจลที่  
ตกตะกอนในสารละลายภายในภาชนะ นำเจลที่  
ตกตะกอนภายในสารละลายดังกล่าวกรองผ่านกระดาษ  
กรองเบอร์ 42 และค่อย ๆ ชะล้างเจลบนกระดาษกรอง  
ดังกล่าวด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ผ่าน

กระดาษกรองประมาณ 5 นาที จากทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จึงนำสารที่คั่งค้างอยู่บนกระดาษกรองซึ่งจะมีลักษณะคล้ายเจลได้ไปอบให้แห้งในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากอบให้ขนาดเล็กลงแล้วนำไปกรองเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เฉพาะที่มีขนาดเล็กกว่า 45 ไมโครเมตร เพื่อนำสารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์นี้มาใช้ในขั้นตอนนี้ต่อไป

### การเตรียมเคลือบสารคู่ควบไซเลน

เตรียมสารคู่ควบไซเลนเข้มข้นร้อยละ 2 โดยปริมาตร โดยใช้สารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ซึ่งเตรียมได้จากเอทานอลเข้มข้นสูงสำหรับงานวิเคราะห์ (Carlo Erba, Milan, Italy) จำนวน 70 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำปราศจากไอออน 30 มิลลิลิตร รวมได้สารละลายจำนวน 100 มิลลิลิตร ใส่ภาชนะพลาสติก กวนสารละลายดังกล่าวด้วยแท่งกวนแม่เหล็ก จากนั้นค่อย ๆ หยดด้วยกรดอะซิติก (acetic acid) ความเข้มข้นร้อยละ 99 (QReC, Auckland, New Zealand) ที่ละหยดจนปรับค่าที่แสดงความเป็นกรด-ด่างได้ประมาณ 4.5 จากนั้นนำสารละลายที่ปรับค่าที่แสดงความเป็นกรด-ด่างแล้วมาจำนวน 98 มิลลิลิตร ผสมกับสารคู่ควบไซเลนแกมมาเอ็่มพีทีเอสเข้มข้นร้อยละ 98 (Dow Corning, Midland, MI, USA) จำนวน 2 มิลลิลิตร ปิดฝาภาชนะให้สนิท และกวนสารละลายด้วยแท่งกวนแม่เหล็กเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ ณ อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 60 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสซึ่งจะได้หมู่ฟังก์ชันของ ซิลานอล (silanol)

วิธีการปรับสภาพผิวของสารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์ เริ่มจากการอบสารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์ ดังกล่าวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นเก็บรักษาในภาชนะแก้วที่บรรจุวัสดุความชื้นเพื่อรอการทดลองขั้นต่อไป นำสารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์ดังกล่าวผสมกับสารควบคู่ไซเลนที่เตรียมได้จากวิธีการข้างต้น โดยใช้ปริมาณของวัสดุอัดแทรกและสารละลายไซเลนตามสมการด้านล่าง โดยทำการกวนให้เข้ากัน ด้วยแท่งกวนแม่เหล็กเป็นเวลา 10 นาที กรองวัสดุอัดแทรกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 และปล่อยให้แห้ง ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ปริมาณสารคู่ควบไซเลน =

$$\frac{(\text{ปริมาณวัสดุอัดแทรก (g)} \times \text{พื้นที่ผิววัสดุอัดแทรก (mm}^2\text{/g)})}{$$

$$(\text{พื้นที่ผิวที่สารคู่ควบไซเลนเคลือบได้บางที่สุด (mm}^2\text{/g)})$$

วิธีการชะล้างเพื่อกำจัดชั้นสารคู่ควบที่เกาะกันแบบกายภาพ (physisorption) ออกจากผิวของสารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์ ด้วยเตตระไฮโดรฟูแรน (Tetrahydrofuran: THF, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) ซึ่งเป็นของเหลว ทำได้โดยนำสารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์บรรจุลงในหลอดพลาสติก เติมน้ำเตตระไฮโดรฟูแรน แล้วเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารละลายเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) เพื่อแยกสารตัวเติมและสารละลาย โดยสารตัวเติมซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าจะแยกตัวอยู่ที่ทางด้านก้นหลอด จากนั้นดูดสารละลายเตตระไฮโดรฟูแรนที่ปนเปื้อนด้วยสารคู่ควบไซเลนทิ้งไป และทำการเติม

สารเตตระไฮโดรฟูแรนใหม่ เขย่าและเข้าเครื่องเหวี่ยงอีกครั้ง ทำเช่นนี้ 5 รอบ เมื่อครบรอบที่ 6 ให้ดูดสารละลายส่วนบนของหลอดพลาสติกหลังการเหวี่ยงไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance, optical density) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) โดยใช้สารเตตระไฮโดรฟูแรนเป็นสารละลายเปล่า (blank solution) ซึ่งปกติสารเตตระไฮโดรฟูแรนนี้จะแสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 250 นาโนเมตร ทำการชะล้างจนสารละลายส่วนบนที่นำมาตรวจสอบแสดงค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับศูนย์ แสดงว่าสารเตตระไฮโดรฟูแรนปราศจากการปนเปื้อน จากนั้นนำวัสดุอุดแทรกที่ปรับสภาพพื้นผิวและผ่านการชะล้างแล้วไปอบในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 สัปดาห์แล้วเก็บรักษาในโถแก้วที่บรรจุวัสดุความชื้น เพื่อรอการทดสอบขั้นต่อไป

### การเตรียมชิ้นงาน

ใช้เรซินเคลือบหลุมร่องฟันชนิดบ่มตัวด้วยแสง (Concise Light Cured White Sealant, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) เป็นวัสดุเรซิน เพื่อผสมและไม่ผสมสารตัวเติม โดยการเตรียมชิ้นงานทุกขั้นตอนจะทำในกล่องพลาสติกใสสีอำพันเพื่อป้องกันแสงจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจมีผลต่อเกิดปฏิกิริยาการบ่มตัวของชิ้นงาน<sup>11,12</sup>

ผสมสารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์ที่เตรียมได้ในปริมาณร้อยละ 2.5, 5 หรือ 7.5 โดยน้ำหนักเข้ากับเรซินเคลือบหลุมร่องฟันให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันเป็นเวลา 1 นาที กลุ่มที่ใช้สารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์ที่ไม่มีการ

เคลือบด้วยสารกึ่งควบไซเลนถูกจัดอยู่ในกลุ่ม S2.5, S5 และ S7.5 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่ใช้สารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์ที่มีการเคลือบด้วยสารกึ่งควบไซเลนถูกจัดอยู่ในกลุ่ม SS2.5, SS5 และ SS7.5 โดยเรซินเคลือบหลุมร่องฟันที่ถูกผสมกับสารตัวเติมจนเข้ากันแล้วจะถูกบรรจุลงในแม่แบบพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร และมีความหนา 1 มิลลิเมตร โดยมีทั้งหมด 7 กลุ่ม กลุ่มละ 20 ชิ้น (เพื่อใช้ในการทดสอบการปลดปล่อยฟลูออไรด์ 10 ชิ้น และทดสอบการปรับสภาพกรดแลคติก 10 ชิ้น) ดังรูปที่ 1 รวมทั้งสิ้น 140 ชิ้นงาน โดยในขณะที่บรรจุเรซินเคลือบหลุมร่องฟันลงในแม่แบบนั้นจะใช้แผ่นสไลด์วางในชั้นแรก วางทับด้วยแผ่นฟิล์มพอลิเอสเตอร์ (Polyester film) ความหนา 0.15 มิลลิเมตร ก่อนที่จะวางแม่แบบพลาสติกในชั้นถัดไป เมื่อบรรจุเรซินเคลือบหลุมร่องฟันสำหรับการทดสอบเรียบร้อยแล้ว ให้ปิดทับด้วยแผ่นฟิล์มพอลิเอสเตอร์และแผ่นสไลด์ทับซ้ำและกดด้วยน้ำหนัก 1 กิโลกรัม โดยส่วนที่กดจะมีขนาดเล็กเพื่อที่จะให้สามารถฉายแสงบริเวณรอบ ๆ ได้ เพื่อดันให้วัสดุส่วนเกินไหลออกมา และเป็นการป้องกันการเกิดฟองอากาศภายในชิ้นงานด้วย ทำการฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงทางทันตกรรม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อฉายแสง 10 มิลลิเมตร (Elipar Freelight 2, 3M ESPE) ให้เริ่มฉายแสงรอบ ๆ ส่วนที่กด รอบละ 20 วินาที โดยฉายแสงวนรอบจุดกดน้ำหนักรวมทั้งหมด 7 รอบ โดยค่อย ๆ วนให้แต่ละบริเวณที่ได้รับการฉายแสงมีการทับซ้อนกับบริเวณที่ได้รับการฉายแสงไปแล้ว เมื่อครบ 7 รอบแล้ว ให้นำอุปกรณ์กดออกและฉายแสง

รอบสุดท้ายของด้านนี้บริเวณกึ่งกลาง และทำเช่นเดียวกันในด้านตรงข้าม เพื่อให้มั่นใจว่าเรซินเคลือบหลุมร่องฟันเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันอย่างเพียงพอ หลังจากนั้นให้นำชิ้นงานออกจากแม่แบบพลาสติกอย่างระมัดระวังเพื่อป้องกันการแตกหักของ

ชิ้นงาน และขัดแต่งด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ขนาดเบอร์ 600 เป็นระยะเวลา 10 วินาทีต่อด้าน หลังจากนั้นทำความสะอาดในน้ำปราศจากไอออนร่วมกับเครื่องล้างความถี่สูง (Ultrasonic cleaner)

ผังแสดงชนิดและปริมาณของสารตัวเติมในแต่ละกลุ่มทดลอง แสดงไว้ดังรูปที่ 1

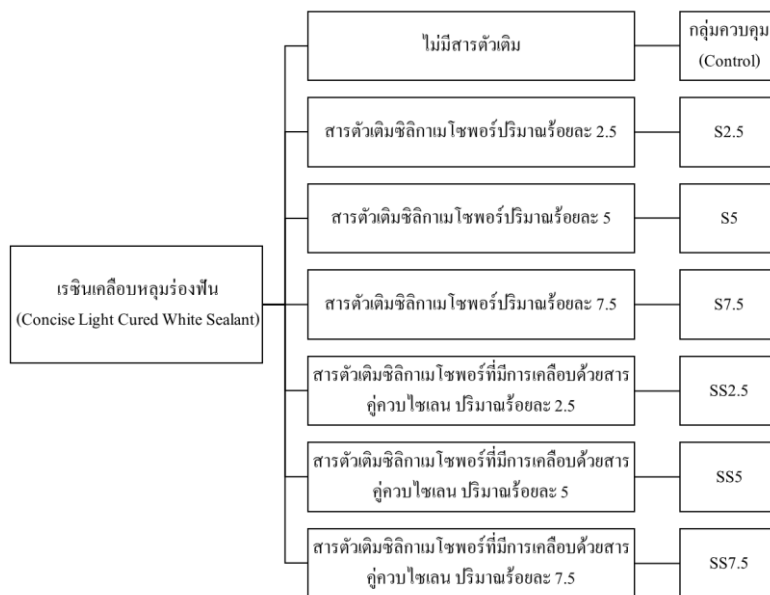


Figure 1. Type and amount of filler in the experimental groups

รูปที่ 1. ชนิดและปริมาณของสารตัวเติมในแต่ละกลุ่มทดลอง

**การวัดความสามารถในการดูดกลับและปลดปล่อยฟลูออไรด์**

นำชิ้นงานที่เตรียมไว้สำหรับการทดสอบการปลดปล่อยฟลูออไรด์ รวม 70 ชิ้น โดยแบ่งเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้นงาน โดยแต่ละชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเตรียมและทำความสะอาดแล้วมาแช่ในน้ำปราศจากไอออนปริมาณ 3 มิลลิลิตร ในขวดพลาสติกที่มีฝาปิด เมื่อแช่

ชิ้นงานดังกล่าวครบ 72 ชั่วโมง ให้นำสารตัวอย่างที่เกิดจากน้ำปราศจากไอออนที่ผ่านการแช่ชิ้นงานมาวัดปริมาณฟลูออไรด์ด้วยฟลูออไรด์ อิเล็กโทรด (fluoride electrode) ที่ผ่านการทำความสะอาดด้วยน้ำปราศจากไอออนมาแล้ว (Orion 9609BNWP, Thermo Scientific, Beverly, MA, USA) โดยอิเล็กโทรดดังกล่าวจะต่อเชื่อมกับเครื่องวัดทางไฟฟ้าเคมี (electrochemistry meter) ที่

สามารถวัดปริมาณไอออนของฟลูออไรด์ได้ (Orion Versa Star, Thermo Scientific) และทำการวัดดังกล่าว ทุก 72 ชั่วโมง หรือทุก 3 วัน ได้แก่วันที่ 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 และวันที่ 27 ของการทดลอง

ในการวัดแต่ละครั้งให้ใช้ปิเปตตวงสารตัวอย่างดังกล่าวออกมาปริมาณ 1 มิลลิลิตร ลงในขวดพลาสติกขวดใหม่ที่ผ่านการทำความสะอาดและทำให้แห้งมาแล้ว จากนั้นใช้ปิเปตที่เปลี่ยนปลายสำหรับตวงใหม่ตวงสารละลายบัฟเฟอร์ปรับความแรงไอออนชนิด TISAB (TISAB III Total Ionic Strength Adjustment Buffer, Thermo Scientific) ปริมาณ 0.1 มิลลิลิตร ลงไปในสารตัวอย่างและผสมให้เข้ากันก่อนการวัด โดยก่อนการวัดค่าไอออนของฟลูออไรด์ในแต่ละวัน เครื่องวัดทางไฟฟ้าเคมีจะต้องใช้สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นของไอออนของฟลูออไรด์เป็น 1, 0.1 และ 0.01 ส่วนในล้านส่วน ที่ผ่านการเตรียมขึ้นมาทันที (Certipur, Merck, Darmstadt, Germany) มาใช้ในการตั้งค่าเครื่องก่อนการใช้งาน

หลังการวัดค่าแต่ละครั้ง ชิ้นงานจะต้องได้รับการทำความสะอาดด้วยน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 50 มิลลิลิตร ร่วมกับเครื่องล้างระบบต้นแบบอัลตราโซนิกเป็นเวลา 1 นาที ก่อนที่จะนำชิ้นงานดังกล่าวไปแช่ในน้ำปราศจากไอออนใหม่ที่บรรจุในขวดพลาสติกใหม่ สำหรับขั้นตอนการวัดสมบัติในการดูดกลับฟลูออไรด์ของชิ้นงาน ชิ้นงานจะถูกนำไปแช่ในฟลูออไรด์เจลประมาณ 2 มิลลิลิตร (acidulated phosphate fluoride gel, 60 Second Taste Gel, Pascal, Bellevue, WA, USA) โดยต้องให้ฟลูออไรด์ท่วมชิ้นงานทั้งหมด ไม่ให้มีส่วนของชิ้นงานที่โผล่พ้นฟลูออไรด์เจลออกมาเลยเป็นเวลา 4 นาที ในวันที่ 9 และวันที่ 18 หลังกระบวนการวัดไอออนของฟลูออไรด์ในวันนั้นเสร็จสิ้นลง หลังจากที่แช่จนครบกำหนดเวลาดังกล่าวแล้ว ใช้น้ำปราศจากไอออนที่ไหลผ่านตลอดเวลาดังกล่าวเป็นเวลา 1 นาที และทำความสะอาดด้วยน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 50 มิลลิลิตร ร่วมกับเครื่องล้างระบบต้นแบบอัลตราโซนิกเป็นเวลา 1 นาที โดยขั้นตอนการทดสอบแต่ละวันแสดงในตารางที่ 1

Table 1. The fluoride release and recharge experimental procedure

ตารางที่ 1. ตารางแสดงขั้นตอนการวัดการปลดปล่อยฟลูออไรด์และการแช่ฟลูออไรด์เพื่อดูดกลับ

Day	Procedure
Day 3	Fluoride measurement
Day 6	Fluoride measurement
Day 9	Fluoride measurement and (first) fluoride recharge
Day12	Fluoride measurement
Day 15	Fluoride measurement
Day 18	Fluoride measurement and (second) fluoride recharge

Day 21	Fluoride measurement
Day 24	Fluoride measurement
Day 27	Fluoride measurement

### การวัดความสามารถในการปรับสภาพกรดแลคติกให้เป็นกลาง

นำชิ้นงานที่เตรียมไว้สำหรับทดสอบการปรับสภาพกรดแลคติก 7 กลุ่ม รวม 70 ชิ้น หลังจากที่ทำความสะอาดชิ้นงานในกระบวนการเช่นเดียวกับการทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการดูดกลับและปลดปล่อยฟลูออไรด์ข้างต้น มาแช่ในน้ำปราศจากไอออนปริมาณ 2 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุในขวดพลาสติก จากนั้นเตรียมสารละลายของกรดแลคติกความเข้มข้น 0.0002 โมลต่อลิตร<sup>16</sup> ปริมาณ 2 มิลลิลิตร ลงในขวดพลาสติก และแยกแช่ชิ้นงานที่ผ่านการแช่ในน้ำปราศจากไอออนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ลงไปในกรดที่เพิ่งผ่านการเตรียมมาดังกล่าว โดยให้เตรียมกลุ่มที่มีสารละลายกรดดังกล่าวที่ไม่มีการแช่ชิ้นงานลงไปด้วย เพื่อจะได้ทำการวัดเพื่อเปรียบเทียบได้ เมื่อระยะเวลาการแช่ชิ้นงานในกรดครบ 24 ชั่วโมงให้นำกรดดังกล่าวมาวัดค่าที่แสดงความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่องวัดค่าที่แสดงความเป็นกรด-ด่าง (pH meter, Orion 420A, Orion Research, Boston, MA, USA) โดยต้องมีการตั้งค่าเครื่องให้ได้มาตรฐานด้วยสารตัวอย่างที่มีค่าที่แสดงความเป็นกรด-ด่าง 4 และ 7 ตามลำดับก่อนการวัดค่า

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) หรือการทดสอบค่าที (t-test) กรณีกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน ในการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างการปลดปล่อยฟลูออไรด์ และค่าที่แสดงความเป็นกรด-ด่างของการทดสอบในแต่ละวัน จากนั้นทำการทดสอบหลังการวิเคราะห์ (Post hoc test) โดยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparison) โดยใช้ตัวทดสอบวิธีของ Bonferroni หรือ Tamhane's T2 ตามมา ส่วนของความแตกต่างของค่าที่แสดงความเป็นกรด-ด่างของการทดสอบในชิ้นงานกลุ่มเดียวกันระหว่างวัน จะใช้การทดสอบค่าที (t-test) กรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกันในการวิเคราะห์ข้อมูล

### ผลการศึกษา (Results)

ผลการศึกษากการปลดปล่อยฟลูออไรด์แสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 2 การวัดปริมาณฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยออกมา พบว่าก่อนการนำชิ้นงานมาแช่ฟลูออไรด์เจลเพื่อหวังผลให้เกิดการดูดกลับฟลูออไรด์มีปริมาณน้อยจนไม่สามารถวัดผลได้ในทุกกลุ่มการทดลอง ทั้ง 3 วันที่ทำการทดลองทั้งหมดได้แก่ วันที่ 3 วันที่ 6 และวันที่ 9 หลังจากนั้นได้มีการนำชิ้นงานไปแช่ฟลูออไรด์เจลในวันที่ 9 หลังจากที่ทำกรวัดปริมาณฟลูออไรด์เสร็จสิ้น และทำการวัดใน



วันที่ 12 พบว่าในทุกกลุ่มยกเว้นกลุ่มควบคุม สามารถตรวจพบฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยออกมาได้ โดยในกลุ่ม S2.5 และ SS2.5 จะมีปริมาณฟลูออไรด์ที่ต่ำกว่ากลุ่ม S5, S7.5, SS5 และ SS7.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยที่ใน 4 กลุ่มนี้ ไม่มีความแตกต่างของฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยออกมาระหว่างกลุ่ม หลังจากนั้นในการวัดค่าในครั้งถัดไป ในวันที่ 15 และวันที่ 17 ฟลูออไรด์มีปริมาณน้อยจนไม่สามารถวัดผลได้ในทุกกลุ่มการทดลอง

หลังจากนำชิ้นงานไปแช่ฟลูออไรด์เจลินในวันที่ 18 หลังจากที่ทำกรวัดปริมาณฟลูออไรด์เสร็จสิ้น และทำการวัดในวันที่ 21 พบว่าในทุกกลุ่มยกเว้น

กลุ่มควบคุม สามารถตรวจพบฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยออกมาได้เช่นเดียวกัน โดยในกลุ่ม S2.5 และ SS2.5 จะมีปริมาณฟลูออไรด์ที่ต่ำกว่า กลุ่ม S5, S7.5, SS5 และ SS7.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยที่ใน 4 กลุ่มนี้ ไม่มีความแตกต่างของฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยออกมาระหว่างกลุ่ม ( $p > 0.05$ ) และเมื่อใช้การทดสอบค่าที กรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน พบว่าในทุกกลุ่มการทดลองที่สามารถวัดค่าได้ มีค่าการปลดปล่อยฟลูออไรด์ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในทุกกลุ่มเมื่อเทียบกับค่าในวันที่ 12 หลังจากนั้นในการวัดค่าในครั้งถัดไป ในวันที่ 24 และวันที่ 27 ฟลูออไรด์มีปริมาณน้อยจนไม่สามารถวัดผลได้ในทุกกลุ่มการทดลอง

Table 2. Fluoride release from the test specimens (ppm)

ตารางที่ 2. ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยออกมา (ส่วนในล้านส่วน)

Group	Day 3	Day 6	Day 9	Day 12	Day 15	Day 18	Day 21	Day 24	Day 27
Control	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S2.5	ND	ND	ND	0.0363 <sup>a</sup> (0.0074)	ND	ND	0.0270 <sup>a</sup> (0.0046)	ND	ND
S5	ND	ND	ND	0.0787 <sup>b</sup> (0.0048)	ND	ND	0.0621 <sup>b</sup> (0.0066)	ND	ND
S7.5	ND	ND	ND	0.0802 <sup>b</sup> (0.0020)	ND	ND	0.0642 <sup>b</sup> (0.0056)	ND	ND
SS2.5	ND	ND	ND	0.0343 <sup>a</sup> (0.0081)	ND	ND	0.0274 <sup>a</sup> (0.0036)	ND	ND
SS5	ND	ND	ND	0.0793 <sup>b</sup> (0.0076)	ND	ND	0.0637 <sup>b</sup> (0.0065)	ND	ND
SS7.5	ND	ND	ND	0.0776 <sup>b</sup> (0.0073)	ND	ND	0.0609 <sup>b</sup> (0.0069)	ND	ND

Mean (SD)

Values with the same letters in the same column are not significantly different ( $p > 0.05$ )

a: lowest value

ND: Not detectable (less than 0.01 ppm)

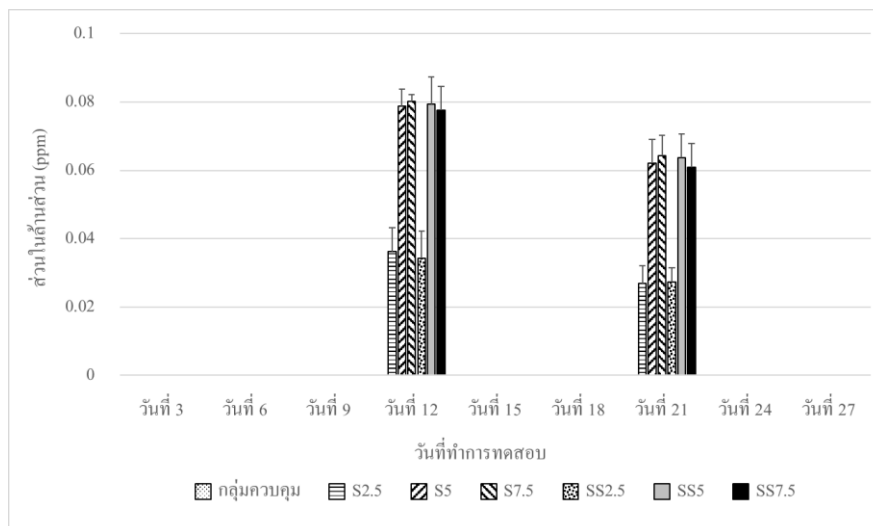


Figure 2. Fluoride release from the test specimens (PPM)

รูปที่ 2. ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากชิ้นงาน (ส่วนในล้านส่วน)

ผลการศึกษาศักยภาพในการปรับสภาพกรดแลคติกให้เป็นกลางของชิ้นงานแต่ละกลุ่มแสดงในตารางที่ 3 โดยพบว่ากลุ่มทดลองของชิ้นงานที่มีสารตัวเดิมมีค่าความเป็นด่างมากขึ้น โดยค่าที่แสดงความเป็นกรด-ด่าง และค่าความแตกต่างของค่าที่แสดงความเป็น

กรด-ด่าง จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในทุกกลุ่มเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีชิ้นตัวอย่าง และกลุ่มที่มีชิ้นตัวอย่างที่ไม่มีสารตัวเดิม โดยในทุกกลุ่มที่มีสารตัวเดิมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม ( $p > 0.05$ )

Table 3. Mean lactic acid solution pH change after 24 h

ตารางที่ 3. ค่าที่แสดงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของกรดแลคติกหลังจาก 24 ชั่วโมง

Group	Initial pH	pH after 24 h	pH difference
No specimen	3.77 <sup>a</sup> (0.02)	3.77 <sup>a</sup> (0.02)	0.00 <sup>a</sup> (0.02)
Control	3.76 <sup>a</sup> (0.02)	3.78 <sup>a</sup> (0.02)	0.02 <sup>a</sup> (0.03)
S2.5	3.76 <sup>a</sup> (0.02)	4.16 <sup>b</sup> (0.05)	0.40 <sup>b</sup> (0.05)
S5	3.77 <sup>a</sup> (0.02)	4.21 <sup>b</sup> (0.03)	0.43 <sup>b</sup> (0.02)
S7.5	3.76 <sup>a</sup> (0.03)	4.21 <sup>b</sup> (0.04)	0.45 <sup>b</sup> (0.05)
SS2.5	3.77 <sup>a</sup> (0.02)	4.16 <sup>b</sup> (0.04)	0.40 <sup>b</sup> (0.05)
SS5	3.77 <sup>a</sup> (0.02)	4.21 <sup>b</sup> (0.04)	0.45 <sup>b</sup> (0.06)
SS7.5	3.76 <sup>a</sup> (0.03)	4.21 <sup>b</sup> (0.04)	0.45 <sup>b</sup> (0.04)

Mean (SD)

Values with the same letters in the same column are not significantly different ( $p > 0.05$ ) (a = lowest values).

## วิจารณ์ (Discussion)

ถึงแม้ว่าวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันสามารถป้องกันฟันผุที่อาจเกิดขึ้นได้ด้วยลักษณะรูปร่างของฟันที่เอื้อต่อการเกิดฟันผุของฟัน โดยวัสดุที่นิยมนำมาผลิตเป็นวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันคือวัสดุกลุ่มเรซินเนื่องจากมีอัตราล้มเหลวที่เกิดจากการหลุดวัสดุน้อยกว่าวัสดุชนิดอื่น<sup>7,8</sup> แต่ก็มีโอกาสที่จะเกิดฟันผุซ้ำได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณรอยต่อของวัสดุดังกล่าวกับเคลือบฟันเนื่องจากตัววัสดุเรซินดังกล่าวไม่มีสมบัติอื่นที่จะป้องกันการเกิดฟันผุได้<sup>9</sup> มีหลายการศึกษาที่พยายามหาวิธีเพื่อจะปรับปรุงสมบัติของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินเพื่อให้มีสมบัติในการป้องกันฟันผุซ้ำได้ดีขึ้น<sup>17,18</sup> โดยหลักการส่วนใหญ่ที่ใช้ในการปรับปรุงนี้ได้แก่ การปรับให้วัสดุดังกล่าวช่วยลดค่าความเป็นกรดของสิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งจะช่วยลดโอกาสที่จะเกิดฟันผุหรือการเติมฟลูออไรด์ลงไปเพื่อลดการสูญเสียแร่ธาตุ ซึ่งจะลดโอกาสการเกิดฟันผุเช่นเดียวกัน วิธีการที่ใช้กันอย่างหลากหลายคือการเติมเกลือของฟลูออไรด์ที่สามารถละลายน้ำได้ลงไปวัสดุกลุ่มเรซิน ทำให้ฟลูออไรด์สามารถละลายออกมาอย่างช้า ๆ ส่งผลให้สามารถลดการสูญเสียแร่ธาตุของฟันบริเวณใกล้เคียงได้ แต่ก็ประสบปัญหาว่าฟลูออไรด์ดังกล่าวจะละลายออกมามากในช่วงแรก และจะละลายออกมาน้อยลงเรื่อย ๆ จนไม่มีประโยชน์ใดเมื่อวัสดุผ่านการใช้งานไปเป็นระยะเวลานาน<sup>19</sup>

โดยปกติแล้ววัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินที่ไม่มีองค์ประกอบของฟลูออไรด์จะไม่สามารถ

ปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมาได้ ซึ่งผลการศึกษาทำให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน โดยที่กลุ่มควบคุมไม่มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ในระดับที่สามารถวัดได้ ทั้งก่อนและหลังความพยายามในการดูดกลับฟลูออไรด์<sup>20</sup> และผลของการเติมสารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักก็ให้ผลไปในทิศทางเดียวกันเช่นกัน<sup>11,12</sup> แต่การศึกษานี้พบว่าเวลาที่ลดปริมาณของสารตัวเติมลงเป็นร้อยละ 2.5 จะทำให้สมบัติในการดูดกลับและการปลดปล่อยฟลูออไรด์ลดน้อยลงเนื่องจากการที่มีพื้นที่ผิวที่จะเป็นแหล่งกักเก็บของฟลูออไรด์ที่น้อยลงตามปริมาณของสารตัวเติมที่ลดลง ส่วนกรณีที่เพิ่มปริมาณของสารตัวเติมเป็นร้อยละ 7.5 จะไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการใช้ปริมาณสารตัวเติมร้อยละ 5 ซึ่งอาจจะเป็นเพราะเกินความสามารถสูงสุดที่จะสามารถดูดกลับและปลดปล่อยได้ โดยที่สัดส่วนของปริมาณสารตัวเติมและสมบัติของวัสดุไม่ได้เป็นสัดส่วนเดียวกันเสมอไป<sup>21</sup> การใช้ปริมาณสารตัวเติมเพียงร้อยละ 5 จึงน่าจะเป็นสัดส่วนที่ดีที่สุด เพราะสามารถได้ผลลัพธ์ที่ดีโดยที่ไม่ต้องมีการใช้สารตัวเติมที่มากขึ้นจนทำให้ขั้นตอนการเตรียมยากลำบากขึ้น

ถึงแม้ว่าโดยปกติสารเชื่อมประสานไฮเลนที่เคลือบลงบนซิลิกาสามารถเปลี่ยนสมบัติความสามารถในการดูดซับตัวทำละลาย (solvent sorption) ของคอมโพสิตที่มีสารตัวเติมดังกล่าว<sup>22</sup> ซึ่งน่าจะส่งผลต่อการดูดซับฟลูออไรด์ แต่เนื่องจากปริมาณของสารตัวเติมที่มากที่สุดเพียงร้อยละ 7.5 ถือว่าน้อยเมื่อเทียบกับ

ปริมาณสารตัวเติมที่สามารถใส่ลงไปได้มากในวัสดุทางทันตกรรมโดยใช้วิธีการต่าง ๆ ซึ่งอาจมากถึงร้อยละ 70<sup>23</sup> จึงทำให้สารไซเลนไม่ได้รับผลต่อความสามารถในการดูดกลับและปลดปล่อยฟลูออไรด์ในการศึกษานี้ รวมทั้งความสามารถในการปรับสภาพกรดแลคติกที่ยังคงมีอยู่เช่นเดิมเช่นเดียวกัน โดยที่ปริมาณเล็กน้อยของสารตัวเติมและสารไซเลนไม่ได้รับผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติอย่างมีนัยสำคัญ<sup>24</sup> ซึ่งค่าความเป็นด่างที่มากขึ้นสามารถลดการสูญเสียแร่ธาตุของฟัน และลดโอกาสของการเกิดฟันผุซ้ำได้<sup>16</sup>

ผลการศึกษานี้พบว่าปริมาณสารตัวเติมร้อยละ 5 ของสารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์เป็นปริมาณที่น้อยที่สุดในเรซินเคลือบหลุมร่องฟันที่สามารถให้สมบัติในการดูดกลับและปลดปล่อยฟลูออไรด์ รวมทั้งความสามารถในการปรับสภาพกรดแลคติกที่ดีที่สุด โดยที่สารเชื่อมประสานไซเลนไม่ได้รับผลต่อค่าที่ทำการทดสอบดังกล่าวด้วย โดยการผสมผสานของสารตัวเติมชนิดนี้กับสารตัวเติมชนิดอื่นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตเพื่อจะสามารถหาชนิดของสารตัวเติมที่จะให้สมบัติได้สูงสุดและสามารถผสมผสานสัดส่วนที่เหมาะสมต่อไป

### สรุป (Conclusion)

สารตัวเติมซิลิกาเมโซพอร์ที่เคลือบและไม่เคลือบด้วยไซเลนไม่มีความแตกต่างของสมบัติการดูดกลับและปลดปล่อยฟลูออไรด์ และพบว่าเมื่อผสมซิลิกาเมโซพอร์เข้ากับเรซินเคลือบหลุมร่องฟัน ในปริมาณร้อยละ 5 หรือ 7.5 โดยน้ำหนัก สามารถเพิ่ม

สมบัติการดูดกลับและปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้สูงสุด และมีความสามารถในการปรับสภาพกรดแลคติกให้เป็นกลาง

### เอกสารอ้างอิง (References)

1. Liong M, Lu J, Kovoichich M, Xia T, Ruehm SG, Nel AE, et al. Multifunctional inorganic nanoparticles for imaging, targeting, and drug delivery. *J Am Chem Soc.* 2008;2:889-96.
2. Popat A, Hartono SB, Stahr F, Liu J, Qiao SZ, Qing Max Lu G. Mesoporous silica nanoparticles for bioadsorption, enzyme immobilisation, and delivery carriers. *Nanoscale.* 2011;3:2801-18.
3. Slowing II, Vivero-Escoto JL, Wu CW, Lin VS. Mesoporous silica nanoparticles as controlled release drug delivery and gene transfection carriers. *Adv Drug Deliv Rev.* 2008;60:1278-88.
4. Attik N, Hallay F, Bois L, Brioude A, Grosogoeat B, Colon P. Mesoporous silica fillers and resin composition effect on dental composites cytocompatibility. *Dent Mater.* 2017;33:166-74.
5. Luo J, Lannutti JJ, Seghi RR. Effect of filler porosity on the abrasion resistance of nanoporous silica gel/polymer composites. *Dent Mater.* 1998;14:29-36.
6. Atai M, Pahlavan A, Moin N. Nano-porous thermally sintered nano silica as novel fillers for dental composites. *Dent Mater.* 2012;28:133-45.
7. Haznedaruglu E, Guner S, Duman C, Menten A. A 48-month randomized controlled trial of caries prevention effect of a one-time application of glass ionomer sealant versus resin sealant. *Dent Mater J.* 2016;35:532-8.
8. Chen XX, Liu XG. Clinical comparison of Fuji VII and a resin sealant in children at high and low risk of caries. *Dent Mater J.* 2013;32:512-8.

9. Hicks MJ, Flaitz CM, Garcia-Godoy F. Fluoride-releasing sealant and caries-like enamel lesion formation in vitro. *J Clin Pediatr Dent.* 2000;24:215-9.
10. Beiruti N, Frencken JE, Van 't Hof MA, van Palenstein Helderma WH. Caries-preventive effect of resin-based and glass ionomer sealants over time: a systematic review. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2006;34:403-9.
11. Surintanasarn A, Siralermukul K, Thamrongananskul N. Synthesized mesoporous silica and calcium aluminate cement fillers increased the fluoride recharge and lactic acid neutralizing ability of a resin-based pit and fissure sealant. *Dent Mater J.* 2017;36:706-13.
12. Surintanasarn A, Siralermukul K, Thamrongananskul N. Fluoride recharge ability of resin-based pit and fissure sealant with synthesized mesoporous silica filler. *Key Eng Mater.* 2017;751:586-91.
13. Wilson KS, Zhang K, Antonucci JM. Systematic variation of interfacial phase reactivity in dental nanocomposites. *Biomaterials.* 2005;26:5095-103.
14. Mohsen N, Craig R. Effect of silanation of fillers on their dispersability by monomer systems. *J Oral Rehabil.* 1995;22:183-9.
15. Rao KS, El-Hami K, Kodaki T, Matsushige K, Makino K. A novel method for synthesis of silica nanoparticles. *J Colloid Interface Sci.* 2005;289:125-31.
16. Nicholson JW, Aggarwal A, Czarnecka B, Limanowska-Shaw H. The rate of change of pH of lactic acid exposed to glass-ionomer dental cements. *Biomaterials.* 2000;21:1989-93.
17. Yang SY, Kwon JS, Kim KN, Kim KM. Enamel surface with pit and fissure sealant containing 45S5 Bioactive glass. *J Dent Res.* 2016;95:550-7.
18. Shimazu K, Ogata K, Karibe H. Evaluation of the ion-releasing and recharging abilities of a resin-based fissure sealant containing S-PRG filler. *Dent Mater J.* 2011;30:923-7.
19. Cooley RL, McCourt JW. Evaluation of by SEM, microleakage, and fluoride release. *Pediatr Dent.* 1990;12:38-42.
20. Han L, Li M, Niwano K, Ab N, Okamoto A, Honda N, et al. Effect of fluoride mouth rinse on fluoride releasing and recharging from aesthetic dental materials. *Dent Mater J.* 2002;21:285-95.
21. Shinkai K, Taira Y, Suzuki S, Kawashima S, Suzuki M. Effect of filler size and filler loading on wear of experimental flowable resin composites. *J Appl Oral Sci.* 2018;26:e20160652(1-7).
22. Karabela MM, Sideridou ID. Effect of the structure of silane coupling agent on sorption characteristics of solvents by dental resin-nanocomposites. *Dent Mater.* 2008;24:1631-9.
23. Wang R, Habib E, Zhu XX. Evaluation of the filler packing structures in dental resin composites: From theory to practice. *Dent Mater.* 2018;34:1014-23.
24. Kaga M, Kakuda S, Ida Y, Toshima H, Hashimoto M, Endo K, et al. Inhibition of enamel demineralization by buffering effect of S-PRG filler-containing dental sealant. *Eur J Oral Sci.* 2014;122:78-83.

**ผู้รับผิดชอบบทความ**

อ.ทพ.ดร.อชิคม สุรินทร์ธนาสาร

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34

ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ

10330

โทรศัพท์ 02-218-8534

Atikom.s@chula.ac.th

## Effect of silane-coated mesoporous silica filler on the fluoride recharge and lactic acid neutralizing ability of resin-based materials

Atikom Surintanasarn<sup>1</sup> Jirawat Choengbunluesak<sup>2</sup> Niyom Thamrongananskul<sup>3</sup>

### **Abstract**

*This study evaluated the effect of silane-coated mesoporous silica filler in a resin-based pit and fissure sealant on fluoride release, recharge, and lactic acid neutralization. Resin-based sealant was incorporated with 2.5, 5, and 7.5 %w/w of the synthesized mesoporous silica filler with and without silane coupling agent and prepared in a plastic mold (10 mm diameter and 1 mm deep). Sealant without any filler served as control. The samples were immersed in deionized water or a lactic acid solution and the concentration of fluoride in the water, before and after fluoride recharge, and the lactic acid pH change, respectively, were determined. One-way ANOVA and t-test show the groups of sealant incorporated with 5 and 7.5 %w/w, with and without silane coupling agent, demonstrated the highest fluoride release after being recharged with fluoride gel. All groups with filler also demonstrated increased pH of lactic acid. These findings suggest that a resin-based sealant containing 5 or 7.5 %w/w synthesized mesoporous silica may enhance remineralization due to fluoride and proper pH.*

<sup>1</sup>Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

<sup>2</sup>Department of Dental Public Health, Sao Hai Hospital, Sao Hai, Saraburi

<sup>3</sup>Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University