

ผลของกระบวนการขัดและกระบวนการเคลือบผิวต่อความหยาบพื้นผิวของวัสดุกลุ่มไฮบริดเรซิน-เซรามิกที่ขึ้นรูปด้วยวิธีแคดแคม ก่อนและหลังกระบวนการจำลองการแปรงฟัน  
Effect of Surface Polishing and Glazing Procedures on Surface Roughness of Hybrid Resin-ceramic CAD/CAM Materials Before and After Tooth Brushing Simulation

เบญญาภา ตันตินิกร<sup>1</sup>, บุญชริก นียติวัฒน์ชาญชัย<sup>1</sup>

Benyapa Tontinikorn<sup>1</sup>, Boondarick Niyatiwatchanchai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ประเทศไทย

<sup>1</sup>Department of operative dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของกระบวนการขัดและกระบวนการเคลือบผิวต่อความหยาบพื้นผิวของวัสดุประเภทไฮบริดเรซิน-เซรามิกที่ขึ้นรูปด้วยวิธีแคดแคมสองชนิดได้แก่ วีต้า อินามิก และเซราสมาร์ท ทั้งก่อนและหลังการจำลองการแปรงฟัน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 40 ชิ้น แบ่งเป็น 4 กลุ่มกลุ่มละ 10 ชิ้นตัวอย่าง โดยกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 คือวีต้า อินามิกและเซราสมาร์ทที่ขัดด้วยชุดหัวขัดลีสเตอร์สำหรับโพลีเซรามิก กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 4 คือวีต้า อินามิกที่ทาสารเคลือบผิวชนิดฉายแสงวีต้าอินามิกเกลซ และเซราสมาร์ทที่ทาสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง ออพทิเกลซ โดยนำวัสดุทุกชิ้นไปขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600, 800 และ 1200 และนำไปวัดค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยเริ่มต้นครั้งที่ 1 ด้วยเครื่องโปรไฟล์มิเตอร์ชนิดสัมผัส จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการเตรียมพื้นผิวตามกลุ่มที่กำหนด ด้วยการขัดด้วยหัวขัด หรือทาสารเคลือบผิวชนิดฉายแสงตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ จากนั้นนำไปวัดค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยครั้งที่ 2 แล้วจึงนำวัสดุทุกกลุ่มไปผ่านการแปรงฟันร่วมกับยาสีฟันด้วยเครื่องจำลองการแปรงฟันเป็นจำนวน 20,000 รอบ และนำไปวัดค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยครั้งที่ 3 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง ตามด้วยการเปรียบเทียบเชิงพหุคูณชนิดทูคี กำหนดระดับนัยสำคัญที่ร้อยละ 95 จากผลการศึกษาพบว่าทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวเริ่มต้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อนำไปผ่านกระบวนการเตรียมพื้นผิว พบว่าวัสดุทั้งสองชนิดที่ทำการขัดด้วยหัวขัดให้ค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มวัสดุที่ทำการเคลือบผิวให้ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่ากลุ่มเซราสมาร์ทที่ทำการเคลือบผิวให้ค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยมากที่สุด และเมื่อนำไปผ่านกระบวนการแปรงฟันแล้ววัดค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยครั้งที่ 3 พบว่าทุกกลุ่มมีค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่มเซราสมาร์ทที่ทำการเคลือบผิวมีค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยมากที่สุด จากผลการศึกษาสรุปได้ว่ากระบวนการขัดและเคลือบผิวในวัสดุประเภทไฮบริดเรซิน-เซรามิกที่ขึ้นรูปด้วยวิธีแคดแคมนั้นมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันเมื่อวัดผลทันที แต่ภายหลังผ่านการจำลองการใช้งานในช่องปากโดยการแปรงฟัน สำหรับวัสดุวีต้า อินามิกนั้นทั้งสองกระบวนการให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน แต่สำหรับวัสดุในกลุ่มเซราสมาร์ทพบว่าการขัดด้วยหัวขัดนั้นให้ประสิทธิภาพต่อความเรียบของผิวชิ้นงานที่ดีกว่าการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง

คำสำคัญ: แคดแคม, เซรามิกส์ทางทันตกรรม, การเคลือบผิว, ไฮบริดเรซิน-เซรามิก, การขัด

Abstract

The aim of this study was to compare the effect of polishing and glazing procedure on surface roughness of hybrid resin-ceramic CAD/CAM materials before and after tooth brushing simulation. 40 tested specimens (n = 20 per material) were prepared of CAD/CAM blocks from Polymer infiltrated ceramic network or PICN (Vita Enamic) and resin nanoceramics (CeraSmart). All specimens were randomly divided into 4 groups (10 specimens each). Group 1 (VM) and 3 (CM): Vita Enamic and CeraSmart were polished with hybrid resin-ceramic polishing kit. Group 2 (VG) and 4 (CG): Vita Enamic and CeraSmart were glazed with light-cured glazing materials. All specimens were polished with silicon carbide paper 600, 800 and 1200 grits. Group VM and CM then were polished with hybrid resin-ceramic polishing kit (Poly-ceramic, Meisinger, USA) and Group VG and CG were glazed with light-cured glazing material (Vita Enamic glaze and Optiglaze, respectively). After that, all specimens were brushed 20,000 cycles with tooth brushing machine (v8-cross brushing machine, Sabri Dental enterprise, Inc. Illinois, USA). The average surface roughness (Ra) was obtained from contact type profilometer after surface polishing with SiC paper (Ra1), after surface treatment (Ra2) and after 20,000 cycles of brushing simulation (Ra3). Data were analyzed using two-way repeated measures ANOVA and Tukey HSD test with the level of significance at  $p < 0.05$ . The mean Ra1 of all groups showed no significant difference. After surface treatment, the mean Ra2 of polished groups were not significantly different, whereas glazed groups were significantly different. The mean Ra2 of CG was the highest. After 20,000 brushing cycles, the mean Ra3 of all groups increased in the order CG, VM and VG, CM, respectively. From the result of this study, the polishing and glazing procedures were effective similarly when the surface roughness were measured immediately. After tooth brushing simulation, for Vita Enamic, both polishing and glazing procedures were not different. However, polishing of CeraSmart yields superior effectiveness compared to glazing procedure with light-cured glazing materials

**Keywords:** CAD/CAM, Dental ceramics, Glazing, Hybrid resin-ceramics materials, Polishing

Received date:

Revised date:

Accepted date:

Doi:

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

เบญญาภา ตันตินิกร ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34 ถ.อังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 ประเทศไทย โทร: 02-218-8795, 087-691-1956 อีเมล: iam.jemmy@gmail.com

Correspondence to:

Benyapa Tontinikom, Department of operative dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, 34 Henri-Dunant Road, Patumwan, Bangkok, 10330 Thailand. Tel: 02-218-8795, 087-691-1956 Email: iam.jemmy@gmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันความต้องการทางด้านทันตกรรมความสวยงามได้เพิ่มสูงขึ้น ทำให้วัสดุทางทันตกรรมที่มีความสวยงามคล้ายคลึงฟันธรรมชาติถูกผลิตออกมาเรื่อยๆ เพิ่มขึ้นตามมา รวมไปถึงวิธีการขึ้นรูปวัสดุที่ทำได้ง่าย รวดเร็ว และมีความแม่นยำสูงขึ้น ได้แก่ การขึ้นรูปด้วยระบบออกแบบและผลิตชิ้นงานด้วยคอมพิวเตอร์ หรือ แคดแคม (Computer-aided design and computer-aided manufacturing

or CAD/CAM) โดยหนึ่งในวัสดุที่นิยมนำมาขึ้นรูปด้วยวิธีแคดแคมนั้น ได้แก่ วัสดุในกลุ่มกลาสเซรามิกส์ (Glass ceramics)<sup>1</sup> ตัวอย่างของบล็อกกลาสเซรามิกส์แบบดั้งเดิม (Conventional glass ceramics) เช่น วัสดุในกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต (Lithium disilicate) นั้นเป็นวัสดุที่มีความสวยงามรวมทั้งความแข็งแรงที่สูง สามารถใช้งานได้ทั้งฟันหน้าและฟันหลัง โดยมีหลายการศึกษาที่รายงานถึงคุณสมบัติทางกายภาพ

และทางกลที่ดีของวัสดุ อาทิเช่น มีความต้านทานต่อการแตกหักสูง (High fracture resistance) และมีอัตราการสึกของวัสดุต่ำ (Low material wear)<sup>2</sup> แต่ก็มีหลายการศึกษาที่รายงานถึงข้อจำกัดของวัสดุเซรามิกในกลุ่มนี้ อันเนื่องมาจากคุณสมบัติของวัสดุที่มีความเปราะทำให้เกิดการแตกหัก หรือ การทำให้ฟันคู่สบสึกได้สูง ข้อดีของวัสดุในกลุ่มนี้ยังได้แก่กรรมที่ต้องกลึงขอบชิ้นงานที่มีความบางมาก อาจทำให้เกิดการแตกบิ่นตามขอบได้ง่าย อันเนื่องมาจากความเปราะของตัววัสดุ และการเปลี่ยนแปลงของทวิลักษณ์อันเนื่องมาจากความแข็งของตัววัสดุอีกทั้งวัสดุในกลุ่มนี้ภายหลังการขัดแต่งแล้วอาจจำเป็นต้องทำการเคลือบผิว (Firing Glaze) อีกครั้งก่อนยึดชิ้นงานในช่องปาก เพื่อให้ได้ความเรียบเงาและความสวยงามที่เหมาะสม จึงอาจต้องอาศัยระยะเวลาการทำงานในคลินิกที่มากกว่า 1 ครั้ง อีกทั้งหากเกิดความเสียหายภายหลังการยึดชิ้นงานในช่องปากการแก้ไขซ่อมแซมชิ้นงานก็ยังมิมีขั้นตอนที่ยุงยาก<sup>3</sup>

จึงมีความพยายามในการพัฒนาวัสดุชนิดใหม่เพื่อลดข้อดีของบางประการของวัสดุในกลุ่มกลาสเซรามิกส์โดยการนำคุณสมบัติที่ดีของโพลีเมอร์มาช่วยเสริมคุณสมบัติของวัสดุ โดยอาจเรียกรวมวัสดุในกลุ่มนี้ว่าไฮบริดเรซิน-เซรามิก “Hybrid resin-ceramic CAD/CAM materials”<sup>2</sup> ตัวอย่างของวัสดุในกลุ่มนี้ได้แก่ วัสดุชนิดโครงข่ายเซรามิกอัดแทรกด้วยโพลีเมอร์ หรือพีไอซีเอ็น (Polymer-infiltrated ceramic network; PICN) และเรซิน นาโนเซรามิกส์ (Resin nanoceramics) โดยพบว่าวัสดุในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติความยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ที่ใกล้เคียงกับเนื้อฟันธรรมชาติ มีความสวยงามที่เหมาะสมสามารถกลึงชิ้นงานได้รวดเร็ว และทำการเตรียมผิวชิ้นงานก่อนยึดได้โดยการขัด หรือ เคลือบผิวด้วยวัสดุเรซิน (Resin coating) ทำให้สามารถขึ้นรูปชิ้นงานและเตรียมพื้นผิวให้เหมาะสมก่อนยึดในครั้งเดียวได้ โดยการขัดหรือเคลือบผิว และยังสามารรถซ่อมแซมหรือขัดแต่งในช่องปากได้ง่ายเมื่อเกิดความเสียหายจากการใช้งาน แต่วัสดุในกลุ่มนี้ก็มิดีด้อย อาทิเช่น อัตราการสึกของวัสดุที่มาก ความเงางามและความคงทนของสีที่ด้อยกว่าวัสดุในกลุ่มกลาสเซรามิกส์<sup>4</sup>

โดยวัสดุประเภทนี้อาจแบ่งออกเป็นสองชนิดตามโครงสร้างของวัสดุได้แก่ วัสดุชนิดโครงข่ายเซรามิกอัดแทรกด้วยโพลีเมอร์ หรือพีไอซีเอ็น (Polymer-infiltrated ceramic network; PICN) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ได้แก่ Vita Enamic (Vita Zahnfabrik H. Rauter, Bad Sackingen, Germany) เป็นวัสดุที่ถูกผลิตขึ้นใหม่โดยเป็นการรวมกันของคุณสมบัติของทั้งเรซิน คอมโพสิตและเซรามิก วัสดุในกลุ่มนี้ประกอบไปด้วยโครงข่ายสองชนิด คือโครงข่ายของเซรามิกชนิดเฟลสปาร์ (Feldspar ceramic network) ประมาณร้อยละ 86 โดยน้ำหนัก และโครงข่ายที่เป็นโพลีเมอร์ (Polymeric network) ประมาณร้อยละ 14 โดยน้ำหนัก<sup>5</sup> และวัสดุอีกประเภทหนึ่งคือ เรซินนาโนเซรามิกส์

ซึ่งมีเรซิน โพลีเมอร์ที่มีความหนาแน่นสูงและมีวัสดุอัดแทรกขนาดนาโนประเภทเซรามิก (Ceramic filler nanoparticles) กระจายตัวอยู่อย่างเป็นระเบียบ ร้อยละ 60-80 โดยน้ำหนัก โดยวัสดุในกลุ่มนี้จะผ่านกระบวนการบ่มตัวภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง ซึ่งทำให้วัสดุมีคุณสมบัติเชิงกลที่สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเรซินคอมโพสิต ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของวัสดุในกลุ่มนี้ได้แก่ Lava ultimate (3M ESPE, St.Paul, MN, USA), Shofu block HC (Shofu, Kyoto, Japan), CeraSmart (GC corporation, Tokyo, Japan) เป็นต้น<sup>6</sup>

โดยทางบริษัทผู้ผลิตนั้นพัฒนาวัสดุในกลุ่มนี้ขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้คือ เพื่อให้ได้วัสดุที่มีความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟันธรรมชาติมากขึ้นเมื่อเทียบกับกลาสเซรามิกส์ในกลุ่มดั้งเดิม เพื่อพัฒนาวัสดุให้ขึ้นรูปและปรับแต่งได้ง่ายขึ้นเมื่อเทียบกับวัสดุในกลุ่มเซรามิกส์ที่มีส่วนประกอบหลักเป็นแก้ว เช่น วัสดุในกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตหรือกลุ่มเซรามิกส์ที่เป็นผลึก (Polycrystalline ceramics) และเพื่อให้สามารถซ่อมแซมได้ง่ายด้วยวัสดุในกลุ่มเรซิน คอมโพสิต<sup>7</sup> จึงทำให้วัสดุในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงโครงสร้างฟันธรรมชาติมากขึ้น โดยออกแบบให้ใช้กับกระบวนการขึ้นรูปด้วยวิธีแคดแคมเท่านั้นโดยวัสดุในกลุ่มนี้ถูกออกแบบให้ทำพื้นผิวชิ้นงานให้เรียบเงาได้โดยกระบวนการขัด หรือ เคลือบผิวด้วยวัสดุชนิดฉายแสง จึงทำให้มีความรวดเร็วในการออกแบบและผลิตชิ้นงานออกมาและสามารถทำการรักษาให้กับผู้ป่วยโดยใช้เวลานัดเพียงครั้งเดียว

โดยวัสดุบูรณะเมื่อผ่านการใช้งานในช่องปาก มักจะมีลักษณะพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงไปได้จากหลายปัจจัย โดยการแปรผันเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้พื้นผิววัสดุมีความหยาบเพิ่มมากขึ้น<sup>8</sup> พื้นผิวที่ขรุขระอาจทำให้วัสดุเกิดการติดสีที่เพิ่มขึ้นและเกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์ส่งผลความสวยงามลดลง และอาจทำให้เกิดเหงือกอักเสบหรือฟันผุตามมา นอกจากนี้ผิววัสดุที่หยาบขึ้นอาจทำให้ทั้งฟันคู่สบหรือวัสดุบูรณะมีอัตราการสึกที่มากขึ้น<sup>9</sup> ดังนั้นกระบวนการทำให้พื้นผิวชิ้นงานมีความเรียบเงาจึงเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะส่งผลต่ออายุการใช้งานของวัสดุบูรณะ โดยภายหลังการขึ้นรูปและทำการกรอแต่งแก้ไขชิ้นงานจนพร้อมที่จะยึดชิ้นงานแล้ว ในวัสดุประเภทเซรามิกส์ชนิดดั้งเดิมนั้น นิยมนำไปผ่านกระบวนการเคลือบผิวโดยการเผา ซึ่งจะทำให้ได้ผิววัสดุที่มีความเรียบและมันเงาสวยงาม แต่วัสดุในกลุ่มไฮบริดเรซิน-เซรามิกนั้น ถูกออกแบบมาให้ใช้กระบวนการขัดหรือการทาสารเคลือบผิววัสดุชนิดฉายแสง (Light-cured coating material) เนื่องจากวัสดุในกลุ่มนี้มีองค์ประกอบของวงภาคของเรซิน ซึ่งไม่สามารถเคลือบผิวโดยการเผาได้ โดยมีหลายการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าพบว่าการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสงนั้นให้ประสิทธิภาพที่ดี ทำให้มีความหยาบพื้นผิวของวัสดุต่ำต้านทานต่อการติดสีได้ดี<sup>10,11</sup> แต่อย่างไรก็ตามยังมีการศึกษาที่ให้ผล

ขัดแย้ง โดยพบว่าการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสงนั้น ทำให้วัสดุมีความหยาบพื้นผิวสูงกว่า และทำให้เคลือบฟันของฟันคู่สบสึกไปมากกว่าผิววัสดุที่ผ่านกระบวนการขัด<sup>12,13</sup>

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้พบว่าผลของการศึกษาของกระบวนการขัดหรือเคลือบต่อความหยาบพื้นผิวของวัสดุกลุ่มนี้นั้น ยังไม่เป็นที่แน่ชัด โดยเฉพาะผลในระยะยาว จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของกระบวนการขัดและกระบวนการเคลือบผิวต่อความหยาบพื้นผิวของวัสดุประเภทไฮบริดเรซิน-เซรามิกที่ขึ้นรูปด้วยวิธีแคดแคม ก่อนและหลังการจำลองการแปรงฟัน โดยมีสมมติฐานสองข้อได้แก่ (1) กระบวนการขัดและกระบวนการเคลือบผิวส่งผลต่อความหยาบพื้นผิวของวัสดุประเภทไฮบริดเรซิน-เซรามิกที่ขึ้นรูปด้วยวิธีแคดแคมไม่แตกต่างกัน และ (2) กระบวนการจำลองการแปรงฟันส่งผลต่อความหยาบพื้นผิวภายหลังผ่านกระบวนการขัดและกระบวนการเคลือบผิวของวัสดุประเภทไฮบริดเรซิน-เซรามิกที่ขึ้นรูปด้วยวิธีแคดแคมไม่แตกต่างกัน

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย**

**การเตรียมชิ้นงาน**

ทำการเตรียมชิ้นงานจากบล็อกไฮบริดเรซิน-เซรามิกสำเร็จรูปขนาด 14 (12 X 14 X 18 ลูกบาศก์มิลลิเมตร) จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ วัสดุ Vita Enamic และ CeraSmart ด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ (Isomet 1000 precision saw, Buehler, IL, USA) ภายใต้ น้ำหล่อเลี้ยงให้ได้ชิ้นงานรูปทรงสี่เหลี่ยมที่มีขนาดหน้าตัด 4 X 4 ตารางมิลลิเมตร ความสูง 5 มิลลิเมตร โดยแบ่งออกเป็นชิ้นงานจาก Vita Enamic 20 ชิ้น และ GC CeraSmart 20 ชิ้น รวมเป็นทั้งหมด 40 ชิ้น

จากนั้นยึดชิ้นงานทุกชิ้นกับอะคริลิกเรซินใสสำหรับทำฐานยึดชิ้นงาน (Clear acrylic resin, Germany) โดยวางให้พื้นผิวที่จะทำการทดสอบลอยเหนืออะคริลิก ขัดผิวชิ้นงานทุกชิ้นบนด้านหน้าตัด 4 x 4 ตารางมิลลิเมตรที่จะทำการวิจัยด้วยกระดาษทรายความหยาบ 600, 800 และ 1200 กริต ภายใต้ น้ำหล่อเลี้ยงเป็นเวลา 30 วินาที ต่อความหยาบและจะเปลี่ยนกระดาษทรายทุก 5 ชิ้นงาน เพื่อควบคุมความหยาบพื้นผิวเริ่มต้น (Baseline surface roughness) จากนั้นนำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ร่วมกับน้ำกลั่นเป็นเวลา 10 นาที ทำการเป่าให้แห้งด้วยหัวเป่าลมและน้ำแบบสามทาง (Triple syringe)<sup>11</sup> วัดความหนาของชิ้นงานทุกชิ้นด้วยเครื่องวัดขนาดแบบดิจิตอล (Digital Vernier Caliper, Mitutoyo, Japan) ให้ทุกกลุ่มมีความหนาของชิ้นงานที่เท่ากัน โดยกำหนดให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร

จากนั้นแบ่งชิ้นงานจากวัสดุทั้งสองชนิดออกเป็นกลุ่มย่อยจำนวน 2 กลุ่ม โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ในแต่ละกลุ่มจะมีชิ้นงานจำนวนกลุ่มละ 10 ชิ้น โดยกลุ่มที่ 1 และ 2 เป็นชิ้นงานจากวัสดุ Vita Enamic และกลุ่มที่ 3 และ 4 เป็นชิ้นงานจากวัสดุ CeraSmart โดยกลุ่มที่ 1 และ 3 จะทำการเตรียมพื้นผิวชิ้นงานด้วยกระบวนการขัด (M) และกลุ่มที่ 2 และ 4 จะทำการเตรียมผิวชิ้นงานด้วยการทาสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง (G) จากนั้นนำชิ้นงานมาวัดความหยาบพื้นผิวเริ่มต้นครั้งที่ 1 (Ra1) ด้วยเครื่องวัดความหยาบผิวชนิดสัมผัส (Talyscan 150, Taylor Hobson, Leicester, England) ก่อนจะทำการเตรียมพื้นผิวใด ๆ และบันทึกข้อมูลของความหยาบพื้นผิวแยกตามชนิดวัสดุ

ตารางที่ 1 ชื่อทางการค้า บริษัทผู้ผลิต และส่วนประกอบของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง<sup>26</sup>

Table 1 Trade names, manufactures and compositions of experimental materials

| Material types          | Manufacturer                                      | Composition  |
|-------------------------|---|--|
| Vita Enamic             | Vita Zahnfabrik H. Rauter, Bad Sackingen, Germany | Monomer: UDMA, TEGDMA<br>Filler: Feldspar ceramic enriched with aluminum oxide (81% by weight) |
| CeraSmart               | GC Corporation, Tokyo, Japan                      | Monomer: Bis-MEPP, UDMA, DMA<br>Filler: Silica (20nm), Barium glass (300nm) (71% by weight)    |
| Vita Enamic Glaze       | Vita Zahnfabrik H. Rauter, Bad Sackingen, Germany | MMA, acrylic resin, PETTA, Photo-initiator   |
| Optiglaze               | GC Corporation, Tokyo, Japan                      | PMMA, MMA, Photo-inhibitor, Silica filler  |
| LUSTER for Poly Ceramic | Meisinger, Nuess, Germany                         | Diamond impregnated into soft binder   |

PMMA: Polymethyl methacrylate; MMA: Methyl methacrylate; Bis-GMA: Bisphenol-A-glycidyl methacrylate; UDMA: Urethane dimethacrylate; Bis-EMA: bisphenol A ethoxylate dimethacrylate; TEGDMA: Triethylene glycol dimethacrylate; Bis-MEPP: 2,2-Bis (4-methacryloxypropyl) propane; DMA: Dimethacrylate. (Muhlemann et al, 2018)

**การเตรียมชิ้นงานกลุ่มขัดผิววัสดุ สำหรับกลุ่มที่ 1 (VM) และ 3 (CM)**

นำชิ้นงานกลุ่มที่ 1 และ 3 มาขัดด้วยชุดขัดสำหรับโพลีเซรามิกส์ (LUSTER® for poly-ceramic; Meisinger, Nuess, Germany) ซึ่งเป็นหัวขัดที่ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือการขัดเรียบ (Pre-polishing) และการขัดเงา (High gloss polishing) โดยเลือกหัวขัดรูปทรงถ้วย กระบวนการทั้งหมดจะทำโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียวที่ผ่านการฝึกฝนจนมีความชำนาญในการขัด และใช้ด้ามหัวกรอเข้าชิ้นเดียวกันในทุก ๆ ชิ้นงาน โดยในขั้นตอนการขัดได้ทำการควบคุมจำนวนครั้งของการกรอแลกหัวขัดโดยมีระยะทางในการขัดไปกลับที่เท่ากันในแต่ละครั้ง โดยกระบวนการขัดจะขัดไปในทิศทางเดียว เป็นจำนวน 20 ครั้ง ครั้งละ 1 วินาที โดยทำการขัดที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที และมีการเปลี่ยนหัวกรอทุก ๆ 10 ชิ้นงาน เพื่อควบคุมคุณภาพของหัวกรอ<sup>11,14</sup>

ภายหลังกระบวนการขัด ชิ้นงานจะถูกนำไปทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ร่วมกับน้ำกลั่นเป็นเวลา 3 นาที และเป่าให้แห้งด้วยหัวเป่าลมและน้ำแบบสามทาง และนำงานจำนวน 10 ชิ้นในแต่ละกลุ่ม มาวัดความหยาบพื้นผิว ด้วยเครื่องวัดความหยาบพื้นผิว โดยยึดชิ้นงานกับอะคริลิครีน เพื่อทำการวัดความหยาบพื้นผิวของชิ้นงานหลังการขัด บันทึกค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวที่ได้เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ผลทางสถิติต่อไป จากนั้นเก็บชิ้นงานไว้ในน้ำที่ไม่มีประจุอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน และนำชิ้นงาน 2 ชิ้นจากแต่ละกลุ่ม เพื่อเป็นตัวแทนในการนำไปวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวเชิงคุณภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด

**การเตรียมชิ้นงานกลุ่มทาสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง กลุ่มที่ 2 (VG) และ 4 (CG)**

ทำการเตรียมพื้นผิวชิ้นงานวัสดุแต่ละชนิดตามคำแนะนำของบริษัท โดยวัสดุ Vita Enamic จะทำการทาผิวชิ้นงานด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก (Ultradent Porcelain Etch, Ultradent, USA) ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นล้างด้วยน้ำเป็นเวลา 15 วินาที และทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ร่วมกับน้ำกลั่นเป็นเวลา 5 นาที เป่าให้แห้งเป็นเวลา 20 วินาที ทาสารคูควบไซเลน (Ultradent Silane, Ultradent, USA) เป็นเวลา 30 วินาที และเป่าให้แห้ง จากนั้นทาสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง (Vita Enamic Glaze, VITA Zahnfabrik) ไปบนพื้นผิวชิ้นงานเป็นชั้นบาง ๆ โดยใช้พู่กันขนาดเล็กจุ่มสารเคลือบผิวในหลุมที่หยดไว้ และทาบนพื้นผิว 1 ครั้งโดยไม่ต้องเป่า ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต และฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดี (Bluephase N, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, Australia) เป็นเวลา 40 วินาที ร่วมกับการใช้สารกลีเซอรินเจล (Glycerin gel) เพื่อป้องกันการเกิดชั้น

ออกซิเจนอินฮิบิท (Oxygen inhibited layer) และทำให้การบ่มตัวของสารเคลือบผิวอย่างสมบูรณ์ และตรวจสอบความหนาของชิ้นงานหลังการทาสารเคลือบผิวด้วยเครื่องวัดขนาดแบบละเอียด (Micrometer, Mitutoyo, Japan) โดยกำหนดให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร<sup>11,12,15</sup>

สำหรับชิ้นงานวัสดุ CeraSmart ทำการพ่นทรายที่ผิวชิ้นงานด้วยอนุภาคอลูมินัมออกไซด์ (ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 50 ไมโครเมตร) โดยใช้เครื่องพ่นทราย (Blast Master, Thailand) ที่แรงดัน 2.5 บาร์ ระยะห่างจากผิวชิ้นงานประมาณ 10 มิลลิเมตร เป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นล้างด้วยน้ำด้วยเครื่องเป่าลมและน้ำแบบสามทาง และทำความสะอาดด้วยอัลตราโซนิกส์ร่วมกับน้ำกลั่นเป็นเวลา 5 นาที และเป่าให้แห้งเป็นเวลา 20 วินาที ภายหลังการพ่นทราย ทาสารคูควบไซเลน (Ultradent Silane, Ultradent, USA) เป็นเวลา 30 วินาที และเป่าให้แห้ง จากนั้นทาสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง (Optiglaze, GC Corporation, Tokyo, Japan) ไปบนพื้นผิวชิ้นงานเป็นชั้นบาง ๆ โดยใช้พู่กันขนาดเล็กจุ่มสารเคลือบผิวในหลุมที่หยดไว้ และทาบนพื้นผิว 1 ครั้งโดยไม่ต้องเป่า ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต และฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดี เป็นเวลา 40 วินาที ร่วมกับการใช้สารกลีเซอรินเจล เพื่อป้องกันการเกิดชั้นออกซิเจนอินฮิบิท และทำให้การบ่มตัวของสารเคลือบผิวอย่างสมบูรณ์ และตรวจสอบความหนาของชิ้นงานหลังการทาสารเคลือบผิวด้วยเครื่องวัดขนาดแบบละเอียด (Micrometer, Mitutoyo, Japan) โดยกำหนดให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร<sup>11,15</sup>

จากนั้นนำชิ้นงานไปวัดความหยาบพื้นผิวและบันทึกค่าที่ได้เป็นค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยครั้งที่ 2 (Ra2) จากนั้นเก็บชิ้นงานไว้ในน้ำที่ไม่มีประจุ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน และนำชิ้นงาน 2 ชิ้นจากแต่ละกลุ่ม เพื่อเป็นตัวแทนในการนำไปวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวเชิงคุณภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด

**กระบวนการจำลองการแปรงฟันด้วยเครื่องแปรงฟันอัตโนมัติ**

นำชิ้นงานทุกชิ้นในทุกกลุ่ม มายึดกับเครื่องแปรงฟันอัตโนมัติ (V-8 Cross Brushing Machine, SABRI Dental Enterprises, Villa Park IL, USA) โดยกำหนดระดับแรงกดหัวแปรง 200 กรัม จำนวนรอบไป-กลับ 20,000 รอบ ซึ่งเทียบเท่ากับการแปรงฟันเป็นระยะเวลา 2 ปี<sup>16</sup> โดยใช้แปรงที่มีขนแปรงแบบหน้าตัดตรง (Butler Gum 311, Butler Company, Chicago, IL, USA) โดยตัดและเจาะรูที่ด้ามแปรงให้มีขนาดพอดีสำหรับยึดกับเครื่องแปรง ในการแปรงแต่ละครั้งจะใช้น้ำยาสีฟันปริมาณ 25 กรัม (Colgate cavity protection, Colgate-Palmolive, Chonburi, Thailand) ในกระบอก

พลาสติกที่เข้ากับเครื่องแปรงฟัน ผสมน้ำปราศจากประจุปริมาณ 50 มิลลิลิตร และนำกระบอกไปครอบที่บริเวณชิ้นงานที่ยึดไว้และแปรงของชิ้นงานนั้น ๆ โดยน้ำผสมยาสีฟันจะถูกเปลี่ยน ๆ ทุกการแปรงฟัน 10,000 รอบ<sup>17</sup> เมื่อครบ 20,000 รอบนำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นในเครื่องอัลตราโซนิคส์เป็นเวลา 3 นาที และเป่าให้แห้งด้วยหัวเป่าลมและน้ำแบบสามทาง จากนั้นนำชิ้นไปวัดความหยาบพื้นผิวด้วยเครื่องโปรไฟล์มิเตอร์และบันทึกค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยหลังกระบวนการแปรงฟัน โดยบันทึกเป็นค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวครั้งที่ 3 (Ra3) และนำชิ้นงาน 2 ชิ้นจากแต่ละกลุ่ม เพื่อเป็นตัวแทนในการนำไปวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวเชิงคุณภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด

**การวัดความหยาบพื้นผิวของชิ้นงาน**

วัดด้วยเครื่องโปรไฟล์มิเตอร์แบบสัมผัส โดยกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวในแกน X และ Y โดยเลื่อนเข็มลากไปยังตำแหน่งที่จะวัดให้เครื่องอ่านค่าตำแหน่งเป็นพิกัด (X,Y) แล้วบันทึกค่าไว้เพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งการวัดครั้งต่อไป จากนั้นบันทึกข้อมูลลงในเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวโดยเลือกกำหนดพื้นที่ของการวัดเป็น 2X2 ตารางมิลลิเมตร โดยกำหนดให้ปลายเข็มลากเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวชิ้นงานด้วยความเร็วคงที่ 500 ไมโครเมตรต่อวินาที กำหนดความยาวตามแกน X เป็น 2 มิลลิเมตร ความยาวตามแกน Y เป็น 2 มิลลิเมตร กำหนดคาร์ระยะห่างในแนวแกน X เป็น 5 ไมโครเมตรและแนวแกน Y เป็น 500 ไมโครเมตร ทำการสแกนพื้นผิวจะได้ตำแหน่งเส้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยเชิงเส้นของชิ้นงานจำนวน 5 เส้น คำนวณค่าเฉลี่ยของเส้นความหยาบ

พื้นผิวเชิงเส้นทั้ง 5 เส้นที่วัดได้ ซึ่งค่าเฉลี่ยนี้จะเป็นตัวแทนความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยเชิงเส้น (Mean) ของชิ้นงานนั้น ๆ โดยใช้ค่าตัด (Standard cut off) ที่ 0.8 มิลลิเมตร<sup>14</sup>

**การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

ทดสอบการแจกแจงข้อมูลด้วยการทดสอบสถิติชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-wilk test) เปรียบเทียบข้อมูลค่าเฉลี่ยความหยาบผิวของวัสดุชนิดเดียวกันที่มีการเตรียมพื้นผิวต่างกัน ระหว่างกลุ่มที่ขัดผิวด้วยหัวขัด และกลุ่มที่ทำการเคลือบผิวด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และการเปรียบเทียบเชิงพหุคูณชนิดทูคี (Tukey post-hoc multiple comparison test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความหยาบผิวของวัสดุทั้งสองชนิดด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) และการเปรียบเทียบเชิงพหุคูณชนิดทูคี ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS for window version 22.0) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

**ผลการศึกษา**

เมื่อพิจารณาแยกผลของปัจจัยแตกต่างชนิดวัสดุบูรณะต่อค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวของวัสดุ จากตารางที่ 2 พบว่าค่าความหยาบผิวเริ่มต้นของวัสดุที่ผ่านกระบวนการขัดผิวด้วยกระดาษทรายความหยาบ 600, 800 และ 1200 ในกลุ่มวัสดุ VM และ VG มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) เช่นเดียวกันกับในกลุ่ม CM และ CG ที่มีค่าไม่กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) และพบว่าทุกกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนความหยาบพื้นผิวของวัสดุแต่ละกลุ่ม (ไมโครเมตร)

Table 2 Mean of surface roughness numbers and standard deviation ( $\mu\text{m}$ )

| Group                                 | Ra1                        | Ra2                         | Ra3                         |
|---------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 Vita Enamic – Manual polishing (VM) | 0.0258+0.002 <sup>Aa</sup> | 0.0265+0.002 <sup>ABa</sup> | 0.0864+0.018 <sup>ABb</sup> |
| 2 Vita Enamic – Glazing (VG)          | 0.0283+0.003 <sup>Aa</sup> | 0.0255+0.001 <sup>Aa</sup>  | 0.0803+0.01 <sup>Ab</sup>   |
| 3 CeraSmart – Manual polishing (CM)   | 0.0287+0.006 <sup>Aa</sup> | 0.0278+0.001 <sup>BCa</sup> | 0.0752+0.006 <sup>Ab</sup>  |
| 4 CeraSmart – Glazing (CG)            | 0.0269+0.004 <sup>Aa</sup> | 0.0292+0.002 <sup>Ca</sup>  | 0.0944+0.008 <sup>Bb</sup>  |

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Group with the same uppercase letter in each column are not statistically different ( $p>0.05$ )

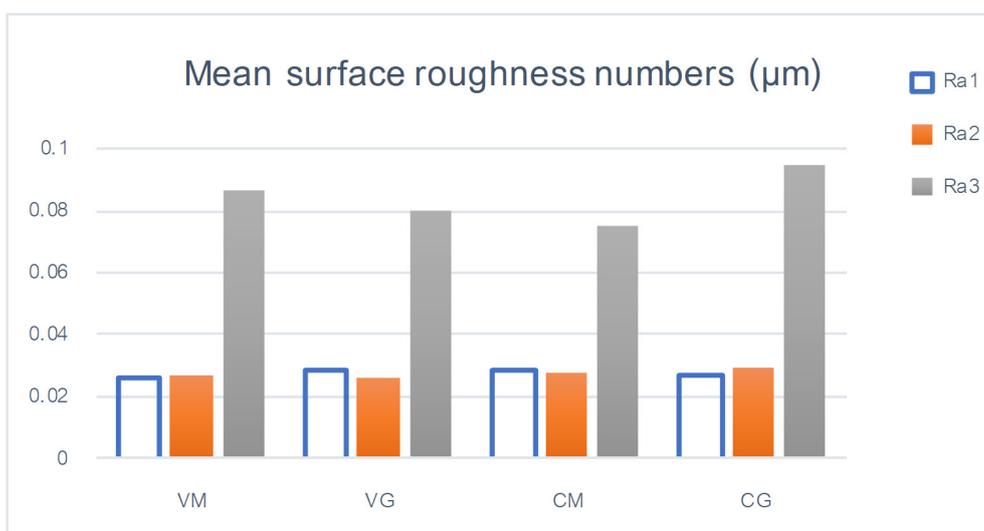
ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Group with the same lowercase letter in each row are not statistically different ( $p>0.05$ )

เมื่อพิจารณาแยกตามปัจจัยเรื่องชนิดของวัสดุ เมื่อนำไปผ่านกระบวนการเตรียมผิวด้วยการขัดด้วยหัวขัด หรือการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง ในวัสดุ Vita Enamic พบว่ากลุ่ม VM มีค่าความหยาบพื้นผิวไม่แตกต่างกับกลุ่ม VG อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) และในกลุ่ม CeraSmart พบว่ากลุ่ม CM มีค่าความหยาบพื้นผิวไม่แตกต่างกับกลุ่ม CG อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) และหากพิจารณาแยกตามปัจจัยการเตรียมพื้นผิว พบว่ากลุ่มที่ทำการเตรียมผิวด้วยวิธีเดียวกัน การเตรียมผิวด้วยการขัดด้วยหัวขัดพบว่าทั้งวัสดุชนิด Vita Enamic และ CeraSmart มีค่าความหยาบพื้นผิวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสงให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย VG มีค่าความหยาบพื้นผิว  $0.0255 + 0.001$  ไมโครเมตร ในขณะที่กลุ่ม CG มีค่าความหยาบพื้นผิวเท่ากับ  $0.029 + 0.002$  ไมโครเมตร

จากรูปที่ 1 พบว่าเมื่อนำชิ้นงานทั้งหมดไปผ่านกระบวนการจำลองการแปรงฟันจำนวน 20,000 รอบ พบว่าทุกกลุ่มมีค่าความ

หยาบพื้นผิวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการแปรงฟัน และเมื่อพิจารณาแยกตามชนิดวัสดุพบว่า วัสดุ Vita Enamic กลุ่ม VM และ VG มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนวัสดุในกลุ่ม CeraSmart กลุ่ม CM และ CG มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยพบว่ากลุ่ม CM มีค่าความหยาบพื้นผิวเท่ากับ  $0.0752 + 0.006$  ไมโครเมตร ในขณะที่กลุ่ม CG มีค่าเท่ากับ  $0.0944 + 0.008$  ไมโครเมตร และเมื่อพิจารณาแยกตามกระบวนการเตรียมพื้นผิว ในวัสดุที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยกระบวนการขัดด้วยหัวขัดพบว่า VM และ CM มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนในกลุ่มที่ทำการเคลือบผิวด้วยวัสดุเคลือบผิวชนิดฉายแสง VG และ CG พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยพบว่ากลุ่ม VG มีค่าความหยาบพื้นผิวเท่ากับ  $0.0803 + 0.01$  ไมโครเมตร ส่วนในกลุ่ม CG มีค่าเท่ากับ  $0.0944 + 0.008$  ไมโครเมตร ซึ่งมีความมากที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ

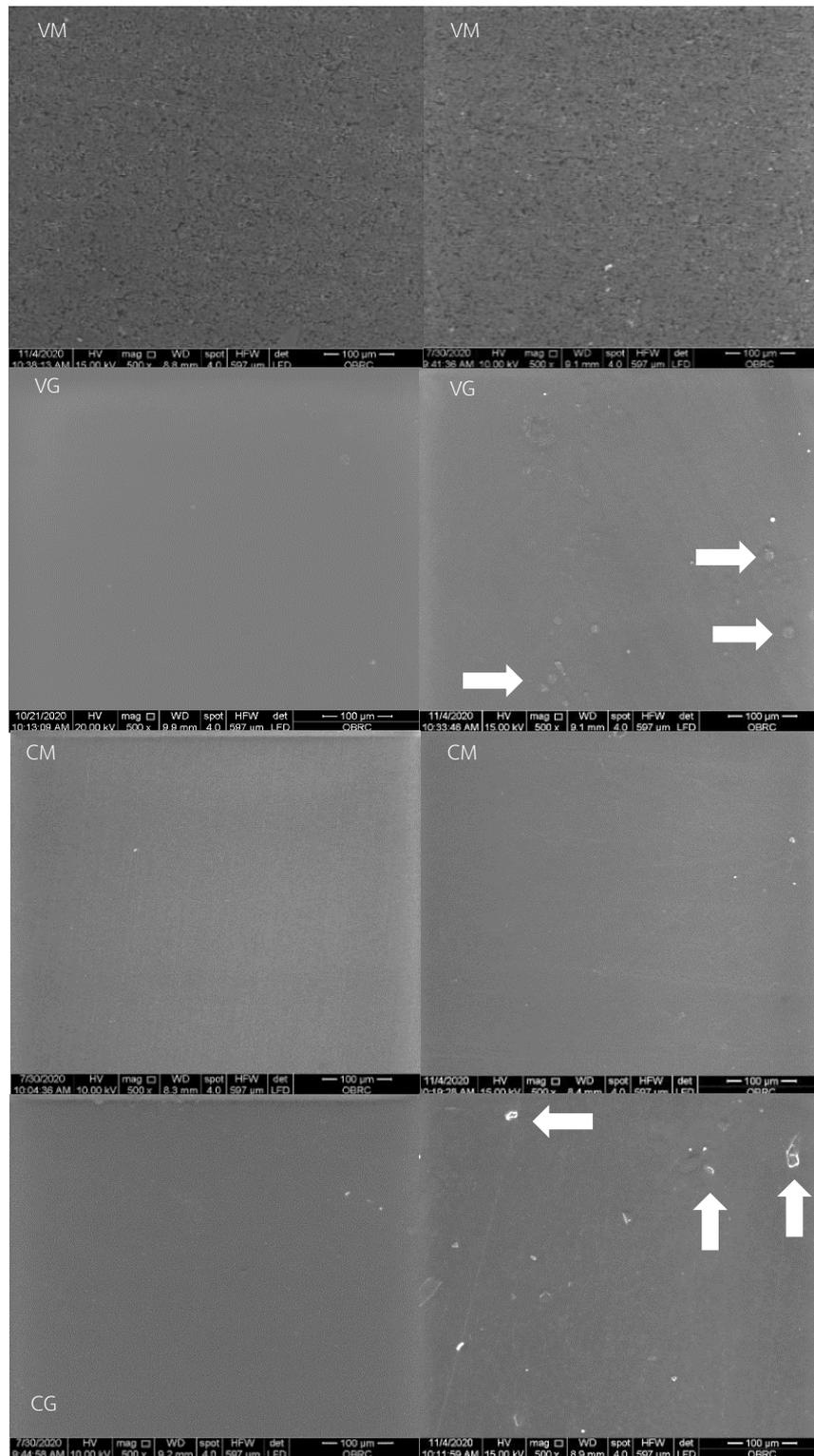


**รูปที่ 1** แสดงกราฟค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวของแต่ละกลุ่ม โดย Ra1 คือค่าความหยาบพื้นผิวของวัสดุเมื่อนำไปผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายจนถึงเบอร์ 1200 Ra2 คือค่าความหยาบพื้นผิวของวัสดุเมื่อนำไปผ่านการขัดด้วยหัวขัดหรือการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง และ Ra3 คือค่าความหยาบพื้นผิวของวัสดุเมื่อนำไปผ่านกระบวนการจำลองการแปรงฟันจำนวน 20,000 รอบ

**Figure 1** Mean surface roughness of each group; Ra1 = Surface roughness after Silicon carbide paper 1200 grits; Ra2 = Surface roughness after surface treatment (Polishing or glazing); Ra3 = Surface roughness after toothbrushing simulation 20,000 cycles

จากรูปที่ 2 แสดงภาพ SEM ของวัสดุ จะพบว่าวัสดุในกลุ่มที่ขัดด้วยหัวขัด VM และ CM เมื่อผ่านการจำลองแปรงฟัน พบลักษณะพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงไปน้อยกว่าภาพที่ได้จากกลุ่มที่ทำการเคลือบผิว

วัสดุด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง กลุ่ม VG และ CG ซึ่งจะพบมีรูพรุน และพบลักษณะการหลุดออกของสารเคลือบผิวบางส่วน ดังแสดงบริเวณลูกศรสีขาว



รูปที่ 2 ภาพ SEM แสดงลักษณะพื้นผิวของวัสดุทั้งสองกลุ่มที่กำลังขยาย 500 เท่า โดยแถว A แสดงพื้นผิวของวัสดุก่อนทำการแปรงฟัน และ B แสดงพื้นผิวของวัสดุภายหลังจากการจำลองการแปรงฟัน 20,000 รอบ VM=Vita Enamic Manual polishing, VG=Vita Enamic Glazing, CM=CeraSmart Manual polishing, CG=CeraSmart Glazing ลูกศรสีขาวแสดงถึงลักษณะของพื้นผิวชั้นเคลือบผิวที่มีการหลุดออกไป และรูพรุนในชั้นเคลือบผิว

Figure 2 SEM image of Vita Enamic (VM and VG) and CeraSmart (CM and CG) specimens (Original magnification x500); Column A and B shows material surfaces before and after 20,000 cycles of tooth brushing simulation respectively. White arrows indicate pores and partial loss of glazing layer which is more evident in CG compared to VG

## บทวิจารณ์

จากผลการศึกษานี้พบว่าภายหลังนำชิ้นงานไปตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการแล้วเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600, 800 และ 1200 เพื่อเป็นการเตรียมความหยาบพื้นผิวของแต่ละกลุ่มให้มีความใกล้เคียงกัน พบว่าค่าเฉลี่ยของความหยาบพื้นผิวของชิ้นงานในแต่ละกลุ่มให้ค่าความหยาบพื้นผิวเริ่มต้นที่ใกล้เคียงกัน โดยการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) และเมื่อนำไปผ่านกระบวนการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน ด้วยการขัดด้วยหัวขัด (LUSTER® for poly ceramic; Meisinger, 3M ESPE) และการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง (Vita Enamic Glazing และ Optiglaze) แล้วนำไปวัดค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ย เมื่อพิจารณาในวัสดุชนิดเดียวกันพบว่าค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยของกลุ่มที่ขัดด้วยหัวขัดและเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง มีค่าไม่แตกต่างกัน ทำให้ยอมรับสมมติฐานข้อแรกที่ว่า กระบวนการขัดและกระบวนการเคลือบผิวส่งผลต่อความหยาบพื้นผิวของวัสดุประเภทไฮบริดเรซิน-เซรามิกที่ขึ้นรูปด้วยวิธีแคดแคมไม่แตกต่างกัน และอาจบ่งชี้ได้ว่าเมื่อวัดผลหลังเตรียมพื้นผิวทันที การทำให้ผิววัสดุเรียบด้วยการขัดด้วยหัวขัดหรือเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสงนั้นให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำชิ้นงานทั้งหมดไปผ่านกระบวนการจำลองการแปร่งฟันเป็นจำนวน 20,000 รอบ เพื่อจำลองการใช้งานในช่องปากเป็นเวลา 2 ปี<sup>16</sup> ทุกกลุ่มการศึกษามีค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนแปร่งฟันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p<0.05$ ) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องไปกับการศึกษาอื่น ๆ ที่บ่งชี้ว่าการแปร่งฟันนั้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวของวัสดุ ทำให้มีความหยาบพื้นผิวเพิ่มขึ้น<sup>17-19</sup> และเมื่อพิจารณาผลการศึกษาแยกตามวัสดุ พบว่ากลุ่ม Vita Enamic ทั้งกลุ่มที่ขัดด้วยหัวขัดและเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง มีค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสองกระบวนการอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ในขณะที่วัสดุ CeraSmart กลุ่มที่ทำการขัดและเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสงพบว่ามีความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p<0.05$ ) โดยกลุ่มที่ทำการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสงมีค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ ( $0.0944+0.008$  ไมโครเมตร) ทำให้ปฏิเสธสมมติฐานข้อสองโดยสมมติฐานได้แก่กระบวนการจำลองการแปร่งฟันจะส่งผลต่อความหยาบพื้นผิวภายหลังผ่านกระบวนการขัดและเคลือบผิวของวัสดุประเภทไฮบริดเรซิน-เซรามิกที่ขึ้นรูปด้วยวิธีแคดแคมไม่แตกต่างกัน

โดยหัวขัดที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นหัวขัดที่ออกแบบมาให้ใช้ได้กับวัสดุที่เป็นไฮบริดเรซิน-เซรามิก ที่มีลักษณะเป็นหัวขัดขยงฝังผงภาคเพชรที่สามารถขัดส่วนของเซรามิกให้เรียบเงาได้โดยที่ไม่ทำ

ลายส่วนของโพลีเมอร์เมทริกซ์ของวัสดุ ซึ่งเพชรนั้นมีความแข็งผิวสูง (10 โมส) ทำให้สามารถขัดผิววัสดุที่มีความแข็งผิวต่ำกว่านั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ<sup>14</sup> โดยในกระบวนการวิจัยได้ทำการควบคุมการทดสอบโดยใช้ผู้วิจัยเพียงคนเดียวที่มีการฝึกฝนจนเชี่ยวชาญ และมีการทำการศึกษาสำรอง โดยทำการควบคุมการลากหัวกรอไป-กลับเป็นระยะทางที่เท่ากันและใช้แรงกดในการขัดใกล้เคียงกันมากที่สุดเป็นจำนวน 20 ครั้ง และเมื่อทดสอบการกระจายของข้อมูลพบว่ามีความแปรปรวนต่ำทำให้การควบคุมมีความน่าเชื่อถือและยอมรับได้ เมื่อพิจารณาตามกระบวนการเตรียมผิวด้วยหัวขัด พบว่าเมื่อวัดผลหลังขัดทันที วัสดุในกลุ่ม Vita Enamic และ CeraSmart มีค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันเมื่อใช้หัวขัดชนิดเดียวกัน และกระบวนการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสงนั้นถูกนำมาใช้ เนื่องจากวัสดุประเภทไฮบริดเรซิน-เซรามิก ชนิดขึ้นรูปด้วยวิธีแคดแคมนั้นมีโพลีเมอร์เป็นองค์ประกอบ แตกต่างจากวัสดุในกลุ่มกลาสเซรามิกส์ ทำให้ไม่สามารถเคลือบผิวด้วยการเผาได้<sup>10</sup> เมื่อพิจารณาตามกระบวนการเตรียมผิวด้วยการเคลือบผิวตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ พบว่าวัสดุทั้งสองชนิดมีค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่ากลุ่ม CeraSmart นั้นให้ค่าความหยาบผิวที่มากกว่า Vita Enamic แต่หากเปรียบเทียบภายในวัสดุชนิดเดียวกันจะพบว่า ทั้งกระบวนการขัดและเคลือบผิวนั้นให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยสอดคล้องไปกับการศึกษาของ Sagsöz และคณะในปี 2016 ที่ทำการเปรียบเทียบผลของการเตรียมผิวด้วยการขัดและการเคลือบผิวที่มีต่อการต้านทานการติดสีของวัสดุในกลุ่มต่าง ๆ พบว่าวัสดุในกลุ่ม CeraSmart นั้นเมื่อทำการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสงจะต้านทานต่อการติดสีต่ำกว่าพื้นผิวที่ได้จากการขัด เนื่องจากให้ความหยาบพื้นผิวที่สูงกว่าการขัด ซึ่งแตกต่างกับกลุ่ม Vita Enamic ที่ไม่พบความแตกต่างของผลระหว่างกลุ่มที่ทำการขัดและการเคลือบผิว โดยผู้วิจัยได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการกีดขวางที่เกิดจากโมเลกุล (Steric hindrance) ซึ่งหมายถึงแรงที่เกิดจากการผลักกันระหว่างอะตอมของออกซิเจนภายในสารเคลือบผิวและภายในองค์ประกอบที่เป็น organic matrix ของวัสดุ CeraSmart ซึ่งอาจส่งผลต่อรูปร่างของโมเลกุลและส่งผลต่อแรงในการยึดติด ต่างจากในกลุ่ม Vita Enamic ที่เกิดการยึดอยู่ระหว่างสารเคลือบผิวกับวัสดุด้วยแรงสองขั้ว (dipole-dipole force) ทำให้เกิดแรงยึดที่สูงกว่า<sup>10</sup> นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่พบว่าพื้นผิวของวัสดุที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสงนั้น หากมองโดยรวมจะมีพื้นผิวที่เรียบ แต่เมื่อวัดค่าความหยาบพื้นผิวแบบสามมิติกลับพบลักษณะที่ขรุขระเป็นคลื่นด้วยเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลจากกระบวนการเตรียมผิวก่อนด้วยการพ่นอนุภาคอลูมิเนียมออกไซด์ทำให้เกิดลักษณะบกร่องของพื้นผิว

เกิดหลุมร่องเล็ก ๆ บนพื้นผิวก่อนการทาสารเคลือบผิว หรืออาจเกิดจากการที่สารเคลือบผิวในกลุ่ม Optiglaze นั้นมีองค์ประกอบที่เป็นอนุภาคอัดแทรกชนิดซิลิกาอยู่ด้วย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้ชั้นเคลือบผิว แต่เนื่องจากมีความหนืดเพิ่มขึ้นอาจทำให้ไม่สามารถแผ่กระจายตัวได้ดีบนพื้นผิวของวัสดุ<sup>15</sup>

ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อลักษณะพื้นผิวของวัสดุบูรณะในช่องปาก คือการแปร่งฟัน โดยการทำความสะอาดด้วยการแปร่งฟันช่วยในการกำจัดคราบจุลินทรีย์บนผิวฟัน อย่างไรก็ตามกระบวนการขัดสีจากการแปร่งฟันอาจส่งผลเสียต่อพื้นผิววัสดุบูรณะ โดยทำให้พื้นผิววัสดุมีความหยาบพื้นผิวเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการตดสีเพิ่มขึ้น<sup>18-21</sup> ส่งเสริมการเกาะของคราบจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น<sup>22,23</sup> อาจส่งผลให้เกิดการอักเสบของอวัยวะปริทันต์ หรือฟันผุได้ต่อวัสดุบูรณะตามมาได้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแปร่งฟันที่มีต่อค่าความหยาบพื้นผิวของวัสดุประเภทไฮบริดเรซิน-เซรามิกที่ผ่านกระบวนการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน โดยพบว่าเมื่อทำการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีการขัดด้วยหัวขัดและนำไปผ่านกระบวนการจำลองการแปร่งฟันวัสดุกลุ่ม Vita Enamic ให้ค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างจากวัสดุกลุ่ม CeraSmart อย่างมีนัยสำคัญ อาจกล่าวได้ว่าวัสดุทั้งสองมีการต้านทานต่อการสึก (Wear resistance) ใกล้เคียงกัน โดยมีการศึกษาที่พบว่าค่าความแข็งผิวของวัสดุ รวมทั้งคุณสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพอื่น ๆ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของวัสดุอัดแทรกเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของอนุภาควัสดุอัดแทรกขนาดของอนุภาควัสดุอัดแทรก และชนิดของเรซินเมทริกซ์อีกด้วย<sup>21,24</sup> โดยวัสดุ Vita Enamic มีองค์ประกอบหลักเป็นโครงข่ายเฟลสปาร์เซรามิกที่มีความแข็งแรง อยู่ถึงร้อยละ 86 ซึ่งมากกว่าปริมาณของวัสดุอัดแทรกในวัสดุ CeraSmart ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นผลึกชนิดแก้วซิลิกาและแบเรียมขนาดเล็กระดับนาโนเมตร อยู่ร้อยละ 71 แต่อย่างไรก็ตามจากภาพ SEM ของวัสดุ CeraSmart จะพบการเรียงตัวของอนุภาคขนาดเล็กที่อัดแน่น และกระจายตัวอยู่อย่างเป็นระเบียบ โดยไม่พบการจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนของวัสดุอัดแทรก (aggregated filler particle) ซึ่งอาจเป็นเหตุผลที่ทำให้วัสดุมีการต้านทานต่อการสึกใกล้เคียงกับวัสดุ Vita Enamic<sup>17</sup> อย่างไรก็ตามมีการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่าเมื่อทำการจำลองการแปร่งฟันเป็นจำนวน 20,000 รอบ พบว่าวัสดุ CeraSmart ให้ค่าความหยาบพื้นผิวที่สูงกว่า Vita Enamic<sup>21</sup> ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการศึกษานี้ โดยสาเหตุที่ทั้งสองการศึกษาให้ผลที่ขัดแย้งกันอาจเนื่องจากแรงที่ใช้ในการแปร่งนั้นแตกต่างกัน โดยการศึกษาก่อนหน้านี้ใช้แรงในการแปร่งที่มากกว่าคือ 3.4 นิวตัน ในขณะที่การศึกษาปัจจุบันใช้แรงในการแปร่ง 2.5 นิวตัน ตามมาตรฐานการวัดการสึกของวัสดุ (ISO on wear testing)<sup>25</sup> จึงอาจต้องมีการศึกษาต่อยอดเกี่ยวกับน้ำหนักของแรงที่ใช้ในการแปร่งฟันที่แตกต่างกันซึ่งอาจส่งผลต่อค่าความหยาบพื้นผิวของวัสดุที่ได้

ในขณะที่กลุ่มที่ทำการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง เมื่อนำไปผ่านการแปร่งฟันพบว่ามีความหยาบพื้นผิวที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งกลุ่ม CeraSmart นั้นให้ค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวสูงกว่า Vita Enamic อย่างมีนัยสำคัญ โดยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสงทั้งสองชนิดนั้นมีส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกันดังแสดงในตารางที่ 1 แต่มีคำแนะนำในการเตรียมพื้นผิวเพื่อให้เกิดการยึดติดของสารเคลือบผิวที่แตกต่างกัน การศึกษานี้จึงเตรียมผิววัสดุ Vita Enamic ด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก ทาสารไฮเลน และทาสารเคลือบผิวด้วยการฉายแสง (Vita Enamic Glazing) ส่วนวัสดุ CeraSmart นั้นทำการเตรียมพื้นผิวก่อนด้วยการพ่นอนุภาคอลูมิเนียมออกไซด์ขนาดอนุภาค 50 ไมครอน ทาสารไฮเลน และทาสารเคลือบผิวด้วยการฉายแสง (Optiglaze) ตามคำแนะนำของบริษัท ซึ่งการเตรียมผิวที่แตกต่างกันนี้อาจส่งผลต่อความคงทนของสารเคลือบผิวดังผลการศึกษาที่ได้ เพราะเมื่อนำไปผ่านการจำลองการแปร่งฟัน จะเกิดการหลุดออกของชั้นเคลือบผิวนี้ ทำให้เกิดการเผยผิของพื้นผิววัสดุที่อยู่ด้านใต้ โดยทั้งสองวัสดุนั้นมีการเตรียมพื้นผิวก่อนการทาสารเคลือบผิวที่แตกต่างกัน

โดยจากการศึกษาของ Muhlemann และคณะในปี 2019 ที่ทำการศึกษาค่าความหยาบพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงไปของวัสดุในกลุ่มไฮบริดเรซิน-เซรามิกที่ผ่านการขัดหรือเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสงแล้วนำไปเร่งอายุการใช้งานด้วยการจำลองการแปร่งฟันเมื่อเวลาผ่านไปจากปีที่ 0 ถึง 5 พบว่ากลุ่มที่ขัดด้วยหัวขัดมีความหยาบพื้นผิวที่ต่ำกว่ากลุ่มที่ทำการเคลือบผิว และโดยกลุ่มวัสดุ Vita Enamic มีความหยาบพื้นผิวที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนพบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในปีที่ 5 แต่วัสดุ CeraSmart นั้นพบว่าในปีที่ 2 มีค่าความหยาบพื้นผิวที่ลดลง จากนั้นกลับมีความหยาบพื้นผิวเพิ่มมากขึ้นในปีที่ 5 และไม่มี ความแตกต่างจากตอนก่อนเริ่มกระบวนการจำลองการแปร่งฟัน และจากภาพ SEM พบว่าวัสดุในกลุ่ม Vita Enamic และ CeraSmart ที่ทำการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสงเมื่อเวลาผ่านไป จะพบลักษณะที่มีการหายไปบางส่วน ของชั้นเคลือบผิวอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการจำลองการแปร่งฟัน ซึ่งจะเผยให้เห็นถึงชั้นของผิววัสดุที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกและการพ่นทรายอลูมิเนียมออกไซด์ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาความหยาบพื้นผิวพบว่าเมื่อผ่านการแปร่งฟัน วัสดุ Vita Enamic มีค่าความหยาบพื้นผิวที่ต่ำกว่าวัสดุ CeraSmart อาจเกิดจากการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีที่ต่างกัน ทำให้มีสภาพพื้นผิวที่แตกต่างกัน<sup>26</sup> เนื่องจากการกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกนั้นให้พื้นผิวที่มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างละเอียดกว่า (Fine structural change) แต่การพ่นด้วยอลูมิเนียมออกไซด์จะก่อให้เกิดให้รูปแบบการกัดพื้นผิวที่ขรุขระ เกิดหลุมร่องขนาดใหญ่ และไม่เป็นระเบียบมากกว่า<sup>27</sup> นอกจากนี้การเตรียมพื้นผิวที่ต่างกันอาจส่งผลต่อแรงยึดติดของสารเคลือบผิวกับพื้นผิววัสดุด้านใต้ได้ โดยมีการศึกษาที่ทำการศึกษการ

เตรียมพื้นผิววัสดุในกลุ่มพีไอซีเอ็น และเรซิน เซรามิกส์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีแคดแคมด้วยวิธีการต่าง ๆ เทียบกับวิธีการที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ แล้วนำไปยึดติดกับเรซินซีเมนต์ ภายหลังจากนำไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าวัสดุในกลุ่มพีไอซีเอ็น เช่น Vita Enamic ให้แรงยึดติดแบบเฉือน (Shear bond strength) ที่สูงกว่าวัสดุในกลุ่มเรซิน นาโนเซรามิกส์ เช่น CeraSmart<sup>28</sup> ซึ่งเป็นวิธีเดียวกันกับการเตรียมพื้นผิววัสดุที่ใช้ในการศึกษานี้ สอดคล้องไปกับลักษณะพื้นผิววัสดุของภาพ SEM ที่ได้จากการศึกษานี้ จากภาพจะพบว่าวัสดุที่ผ่านการขัดด้วยหัวขัดนั้นจะไม่พบการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวมากเท่ากับกลุ่มที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง ซึ่งจะพบลักษณะของพื้นผิวที่เรียบในตอนก่อนแปรงฟัน แต่เมื่อภายหลังจากนำไปผ่านกระบวนการแปรงฟันแล้วพบลักษณะที่มีการหลุดออกของชั้นเคลือบผิวและบางบริเวณที่มีรูพรุน โดยเฉพาะวัสดุในกลุ่ม CeraSmart ที่จะพบลักษณะที่เด่นชัดกว่าวัสดุในกลุ่ม Vita Enamic ดังแสดงด้วยลูกศรสีขาวในรูปที่ 2

ค่าความหยาบพื้นผิวของวัสดุ (Surface roughness) นั้นมักถูกวัดออกมาในลักษณะสองมิติเป็นค่า Ra โดยใช้เครื่องโปรไฟล์โลมิเตอร์ (Profilometer) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่นิยมนำมาใช้อธิบายความหยาบพื้นผิวของวัสดุเชิงปริมาณ (Quantitatively) ในทางทันตกรรม โดยเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ใช้ตรวจสอบค่าความหยาบพื้นผิวของวัสดุในห้องปฏิบัติการโดยขึ้นอยู่กับความลึกของรอยขีดข่วนที่ปรากฏบนผิวของวัสดุ แต่อย่างไรก็ตามค่าความหยาบพื้นผิวนี้ไม่สามารถอธิบายลักษณะของพื้นผิวที่ทำการวิเคราะห์ได้ จากการศึกษาของ Kamonkhantikul และคณะในปี 2016 แนะนำว่าในการประเมินลักษณะทางพื้นผิวควรจะต้องใช้การวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพในการศึกษานั้นจึงใช้การวิเคราะห์โดยเครื่องโปรไฟล์โลมิเตอร์แบบสัมผัสร่วมกับการวิเคราะห์ลักษณะของพื้นผิวโดยใช้ภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM) โดยลำแสงอิเล็กตรอนจะส่องกราดไปบนผิวของวัตถุ ทำให้ได้ภาพซึ่งมีลักษณะ เป็นภาพ 3 มิติ<sup>17</sup> Whitehead และคณะในปี 1995 ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้เครื่องโปรไฟล์โลมิเตอร์ชนิดสัมผัส (contact stylus tracing) กับการสะท้อนกลับของแสงเลเซอร์ (Laser reflectivity) ในการวัดความหยาบพื้นผิวเซรามิกในกลุ่มไดคอรท์ที่ผ่านการขัดด้วยวิธีต่าง ๆ กัน พบว่าการวัดด้วยการสะท้อนกลับของแสงเลเซอร์เป็นวิธีที่ควรหลีกเลี่ยงในการนำมาวัดเซรามิกที่ผ่านการขัดแต่ง เนื่องจากความมันเงาของพื้นผิวอาจส่งผลกระทบต่อการสะท้อนของแสงเลเซอร์ได้ วิธีที่เหมาะสมคือการใช้เครื่องโปรไฟล์โลมิเตอร์ชนิดสัมผัส<sup>29</sup>

ถึงแม้ว่าค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยของวัสดุหลังผ่านการจำลองการแปรงฟันในการศึกษานี้ที่เทียบเท่าเวลาการใช้งานในช่องปากประมาณ 2 ปี จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น แต่มีค่าต่ำกว่า 0.2 ไมโครเมตร

ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยขั้นต่ำที่จะไม่เกิดการเกาะของคราบจุลินทรีย์<sup>30</sup> และนอกจากนี้ยังมีค่าต่ำกว่า 0.64 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยของเคลือบฟันที่มีการสัมผัสกัน<sup>31</sup> และต่ำกว่า 0.25-0.5 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยที่ลิ้นมนุษย์จะสามารถรับรู้ได้<sup>32</sup> แต่อย่างไรก็ตามแนวโน้มจากผลการศึกษานี้พบว่าค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยจะเพิ่มมากขึ้น จึงควรมีการศึกษาในระยะยาวมากขึ้น จากแนวโน้มของความหยาบผิวที่เพิ่มขึ้นภายหลังการแปรงฟัน หากมีการบูรณะพื้นผิวด้วยวัสดุในกลุ่มนี้ทันตแพทย์จึงควรมีการตรวจสอบสภาพวัสดุบูรณะเป็นประจำและทำการขัดให้เรียบเงาใหม่เป็นระยะเพื่อลดความหยาบผิวของวัสดุที่อาจเกิดจากการใช้งาน

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากการเป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ จึงไม่อาจจำลองสภาวะจริงในทางคลินิกที่อาจส่งผลต่อความหยาบพื้นผิวของวัสดุได้ อาทิเช่น การขัดสีจากการใช้งานอื่น ๆ เช่น การบดเคี้ยว สภาวะในช่องปากที่มีความเป็นกรด มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ รวมไปถึงการศึกษานี้ได้ใช้หัวกรอในการขัดแต่งเพียง 1 ระบบ ซึ่งอาจจะไม่สามารถเป็นตัวแทนของหัวกรอในการขัดแต่งทั้งหมดที่มีอยู่ในท้องตลาดได้ในอนาคตจึงควรมีการศึกษาต่อยอด เช่น การเพิ่มระบบหัวกรอในการขัดแต่ง การจำลองสภาวะการใช้งานในช่องปากเพิ่มเติม รวมไปถึงการใช้งานจริงทางคลินิกต่อไป

## บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการนี้พบว่า กระบวนการขัดและเคลือบผิวในวัสดุประเภทไฮบริดเรซินเซรามิกส์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีแคดแคมนั้นมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันเมื่อวัดผลทันที แต่ภายหลังจากการจำลองการใช้งานในช่องปากโดยการแปรงฟัน สำหรับวัสดุ Vita Enamic นั้นทั้งสองกระบวนการให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน แต่สำหรับวัสดุในกลุ่ม CeraSmart พบว่าการขัดด้วยหัวขัดนั้นให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดฉายแสง

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ทญ.ดร.ผกาภรณ์ พันธวุฒิ พิลาธรรุกิจ ผู้ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำด้านการใช้สถิติในงานวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ เจ้าหน้าที่ภาควิชาชีวเคมีและเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ ที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- Li RW, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res* 2014;58(4):208-16.

2. Denry I, Holloway J. Ceramics for Dental Applications: A Review. *Materials (Basel)* 2010;3(1):351-68.
3. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2007;98(5):389-404.
4. Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *J Dent Res* 2014;93(12):1232-4.
5. Duarte S, Sartori N, Phark J-H. Ceramic-Reinforced Polymers: CAD/CAM Hybrid Restorative Materials. *Current Oral Health Reports* 2016;3:198-202.
6. Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *J Prosthet Dent* 2015;114(4):587-93.
7. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont* 2015;28(3):227-35.
8. Teixeira EC, Thompson JL, Piascik JR, Thompson JY. *In vitro* toothbrush-dentifrice abrasion of two restorative composites. *J Esthet Restor Dent* 2005;17(3):172-80; discussion 81-2.
9. Heintze SD, Cavalleri A, Forjanic M, Zellweger G, Rousson V. Wear of ceramic and antagonist—a systematic evaluation of influencing factors *in vitro*. *Dent Mater* 2008;24(4):433-49.
10. Sagsoz O, Demirci T, Demirci G, Sagsoz NP, Yildiz M. The effects of different polishing techniques on the staining resistance of CAD/CAM resin-ceramics. *J Adv Prosthodont* 2016;8(6):417-22.
11. Kilinc H, Turgut S. Optical behaviors of esthetic CAD-CAM restorations after different surface finishing and polishing procedures and UV aging: An *in vitro* study. *J Prosthet Dent* 2018;120(1):107-13.
12. Ozarlan MM, Buyukkaplan US, Barutcgil C, Arslan M, Turker N, Barutcgil K. Effects of different surface finishing procedures on the change in surface roughness and color of a polymer infiltrated ceramic network material. *J Adv Prosthodont* 2016;8(1):16-20.
13. Daryakenari G, Alaghehmand H, Bijani A. Effect of Simulated Mastication on the Surface Roughness and Wear of Machinable Ceramics and Opposing Dental Enamel. *Oper Dent* 2019;44(1):88-95.
14. Sappinan P, Srisawasdi S. Effect of Various Polishing Techniques on Surface Roughness of CAD/CAM Ceramic Blocks. *J Dent Assoc Thai* 2017;67 91-106.
15. Tekce N, Fidan S, Tuncer S, Kara D, Demirci M. The effect of glazing and aging on the surface properties of CAD/CAM resin blocks. *J Adv Prosthodont* 2018;10(1):50-7.
16. Kanter J, Koski RE, Martin D. The relationship of weight loss to surface roughness of composite resins from simulated toothbrushing. *J Prosthet Dent* 1982;47(5):505-13.
17. Kamonkhantikul K, Arksornnukit M, Lauvahutanon S, Takahashi H. Toothbrushing alters the surface roughness and gloss of composite resin CAD/CAM blocks. *Dent Mater J* 2016;35(2):225-32.
18. Yuan JC, Barao VAR, Wee AG, Alfaro MF, Afshari FS, Sukotjo C. Effect of brushing and thermocycling on the shade and surface roughness of CAD-CAM ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 2018;119(6):1000-6.
19. Heintze SD, Forjanic M, Ohmiti K, Rousson V. Surface deterioration of dental materials after simulated toothbrushing in relation to brushing time and load. *Dent Mater* 2010;26(4):306-19.
20. O'Neill C, Kreplak L, Rueggeberg FA, Labrie D, Shimokawa CAK, Price RB. Effect of tooth brushing on gloss retention and surface roughness of five bulk-fill resin composites. *J Esthet Restor Dent* 2018;30(1):59-69.
21. Koizumi H, Saiki O, Nogawa H, Hiraba H, Okazaki T, Matsumura H. Surface roughness and gloss of current CAD/CAM resin composites before and after toothbrush abrasion. *Dent Mater J* 2015;34(6):881-7.
22. Kim KH, Loch C, Waddell JN, Tompkins G, Schwass D. Surface Characteristics and Biofilm Development on Selected Dental Ceramic Materials. *Int J Dent* 2017;2017:7627945.
23. Engel AS, Kranz HT, Schneider M, Tietze JP, Piwowarczyk A, Kuzius T, et al. Biofilm formation on different dental restorative materials in the oral cavity. *BMC Oral Health* 2020;20(1):162.
24. Goujat A, Abouelleil H, Colon P, Jeannin C, Pradelle N, Seux D, et al. Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAM block materials. *J Prosthet Dent* 2018;119(3):384-9.
25. Lambrechts P, Debels E, Van Landuyt K, Peumans M, Van Meerbeek B. How to simulate wear? Overview of existing methods. *Dent Mater* 2006;22(8):693-701.
26. Muhlemann S, Bernini JM, Sener B, Hammerle CH, Ozcan M. Effect of Aging on Stained Monolithic Resin-Ceramic CAD/CAM Materials: Quantitative and Qualitative Analysis of Surface Roughness. *J Prosthodont* 2019;28(2):e563-e71.
27. Niizuma Y, Kobayashi M, Toyama T, Manabe A. Effect of etching with low concentration hydrofluoric acid on the bond strength of CAD/CAM resin block. *Dent Mater J* 2020;39(6):1000-8.
28. Emsermann I, Eggmann F, Krastl G, Weiger R, Amato J. Influence of Pretreatment Methods on the Adhesion of Composite and Polymer Infiltrated Ceramic CAD-CAM Blocks. *J Adhes Dent* 2019;21(5):433-43.
29. Whitehead SA, Shearer AC, Watts DC, Wilson NH. Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic. *J Oral Rehabil*. 1995;22(6):421-7.
30. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater* 1997;13(4):258-69.
31. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Vuylsteke-Wauters M, Vanherle G. The surface roughness of enamel-to-enamel contact areas compared with the intrinsic roughness of dental resin composites. *J Dent Res* 1991;70(9):1299-305.
32. Jones CS, Billington RW, Pearson GJ. The *in vivo* perception of roughness of restorations. *Br Dent J* 2004;196(1):42-5.