

การเปรียบเทียบความสามารถในการปิดสีพื้นหลังที่แตกต่างกันของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต

Comparison of the Masking Ability of Lithium Disilicate Ceramic on Various Background Colors

สิรินทรา ปรียาดุมกอล¹, ดุสิต นันทนพิบูล^{1,2}, อนุชาติ ศรีจันบาล², มุรธา พานิข¹

Sirintra Priyadumkol¹, Dusit Nantanapiboon^{1,2}, Anucharte Srijunbarl², Muratha Panich¹

¹ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

¹Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

²ศูนย์วิจัยและพัฒนาทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

²Dental Material Research and Development Center, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการปิดสีพื้นหลังที่แตกต่างกันของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตที่มีสีและความหนาที่แตกต่างกัน 3 ผลิตภัณฑ์ คือ ผลิตภัณฑ์แอมเบอร์เพรสสีเอ1 เอ2 และบี1 ผลิตภัณฑ์ไอพีเอสอีแมกซ์เพรสสีเอ1 เอ2 และบี1 และผลิตภัณฑ์อินิเชียลลิสเพรสสีเอและบี โดยทุกผลิตภัณฑ์มีความหนา 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ทำการวัดความสามารถในการปิดสีวัสดุเรซินคอมโพสิตพื้นหลัง สีเอ2 เอ3 เอ4 และซี4 ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสามทาง การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว การเปรียบเทียบเชิงพหุคูณชนิดทูเคย์หรือเกมส์-โฮเวลล์ และการเปรียบเทียบแบบรวมกลุ่มที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยความหนา สี และผลิตภัณฑ์ล้วนส่งผลต่อความสามารถในการปิดสีพื้นหลัง โดยปัจจัยความหนาส่งผลต่อความสามารถในการปิดสีพื้นหลังมากที่สุด วัสดุเซรามิกที่มีความหนา 1 มิลลิเมตรมีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังมากกว่าความหนา 0.5 มิลลิเมตร ยกเว้นกลุ่มผลิตภัณฑ์อินิเชียลลิสเพรสสีเอ ความหนา 1 มิลลิเมตรมีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังสีเอ3 ไม่แตกต่างจากความหนา 0.5 มิลลิเมตร ผลิตภัณฑ์ไอพีเอสอีแมกซ์เพรสและผลิตภัณฑ์แอมเบอร์เพรสสีเอ2 มีความสามารถในการปิดทุกสีพื้นหลังได้มากกว่าสีบี1 ส่วนผลิตภัณฑ์อินิเชียลลิสเพรส ความหนา 0.5 มิลลิเมตร สีเอจะมีความสามารถในการปิดทุกสีพื้นหลังได้มากกว่าสีบี ผลิตภัณฑ์ไอพีเอสอีแมกซ์เพรสมีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังมากกว่าผลิตภัณฑ์อินิเชียลลิสเพรส ยกเว้นกลุ่มความหนา 0.5 มิลลิเมตร ผลิตภัณฑ์ไอพีเอสอีแมกซ์เพรสสี A1 มีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์อินิเชียลลิสเพรส A โดยค่าความสามารถในการปิดสีพื้นหลังที่ยอมรับได้จะพบเฉพาะในกลุ่มที่มีความหนา 1 มิลลิเมตรของผลิตภัณฑ์ไอพีเอสอีแมกซ์เพรสสีเอ2 โดยมีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังสีเอ2และเอ3 เท่ากับ 1.17 และ 1.40 ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ไอพีเอสอีแมกซ์เพรสสีเอ1 มีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังสีเอ2 เท่ากับ 1.71 ซึ่งสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ไอพีเอสอีแมกซ์เพรสสีเอ2 สามารถปิดสีพื้นหลังสีเอ2 และสีเอ3 และผลิตภัณฑ์ไอพีเอสอีแมกซ์เพรสสีเอ1 สามารถปิดสีพื้นหลังสีเอ 2 ได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น ในการประยุกต์ใช้ทางคลินิกจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อสีสุดท้ายของวัสดุบูรณะร่วมด้วย

คำสำคัญ: ความโปร่งแสง, ความสามารถในการปิดสีพื้นหลัง, ความหนาของวัสดุเซรามิก, วัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต, สีของวัสดุเซรามิก

Abstract

This study aimed to compare the masking ability of three different lithium disilicate ceramic products in different shades (Amber® Press shade A1, A2, and B1, IPS e.max® Press shade A1, A2, and B1, and Initial® Lisi Press shade A and B) and thickness (0.5 and 1 millimeter) on various background colors (resin composite shade A2D, A3D,

A4D and C4D). The masking ability was measured by a spectrophotometer. Data were analyzed using three-way ANOVA, one-way ANOVA, Tukey post-hoc test or Games-Howell post-hoc test, and independent samples *t*-test at $p < 0.05$. Factors affecting the masking ability of lithium disilicate ceramics were thickness, shade, and product. Thickness had the highest effect on masking ability. On all background color, one-millimeter thickness had a higher masking ability than 0.5 millimeter thickness except Initial[®] Lisi Press shade A on A3D background. IPS e.max[®] Press and Amber[®] Press shade A2 showed higher masking ability than B1. Only in 0.5 millimeter, Initial[®] Lisi Press shade A showed superior masking ability over shade B. Regarding the product, IPS e.max[®] Press demonstrated the higher masking ability than Initial[®] Lisi Press except for 0.5 millimeter thickness of IPS e.max[®] Press shade A1 and Initial[®] Lisi Press shade A. On A2D and A3D background color, one millimeter thickness of IPS e.max[®] Press shade A2 exhibited the acceptable degree of masking ability value were 1.17 and 1.40, respectively. Also, one millimeter of IPS e.max[®] Press shade A1 showed the acceptable degree of masking ability was 1.71 on A2D background color. It could be concluded that IPS e.max[®] Press shade A1 and A2 can completely mask A2D background color and only IPS e.max[®] Press shade A2 can completely mask A3D background colors. However, other factors that affect the final color of restoration should be concerned in the clinical situation.

Keywords: Translucency, Masking ability, Ceramic thickness, Lithium disilicate ceramic, Ceramic shade

Received Date: May 31, 2022

Revised Date: Jul 18, 2022

Accepted Date: Sep 13, 2022

doi: 10.14456/jdat.2022.57

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ :

มูราธา พานิช, ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34 ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330 ประเทศไทย โทรศัพท์ 02-218-8795 อีเมล mupanich@yahoo.com

Correspondence to :

Muratha Panich, Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Henri Dunant Road, Wangmai, Pathumwan, Bangkok, 10330 Thailand. Tel: 02-218-8795 Email: mupanich@yahoo.com

บทนำ

การบูรณะฟันโดยอ้อม (indirect restoration) เป็นหนึ่งทางเลือกในการรักษาของงานทันตกรรมเพื่อความสวยงาม ซึ่งวัสดุที่นิยมใช้ในการบูรณะฟันโดยอ้อมจะเป็นวัสดุกลุ่มเซรามิก เนื่องจากวัสดุกลุ่มเซรามิกเป็นวัสดุบูรณะที่มีความแข็งแรง ทนต่อแรงบดเคี้ยว มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility)¹ สามารถใช้ในการบูรณะทั้งฟันหน้าและฟันหลัง อีกทั้งยังสามารถจำลองรูปร่างและสีฟันได้ใกล้เคียงฟันธรรมชาติ และมีเสถียรภาพของสี (color stability) ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อเทียบกับวัสดุบูรณะกลุ่มเรซินคอมโพสิต² วัสดุบูรณะกลุ่มเซรามิกยังนิยมนำมาใช้ในการบูรณะฟันหลายกรณี ตัวอย่างเช่น วีเนียร์ (veneer) และครอบฟันเซรามิกล้วน (all ceramic crown) เป็นต้น

วัสดุเซรามิกที่ใช้ในการบูรณะฟันมีองค์ประกอบหลักเป็นซิลิกอนในรูปของซิลิกอนไดออกไซด์หรือซิลิเกต¹ โดยวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต (lithium disilicate) เป็นวัสดุเซรามิกที่นิยม

ใช้ในการบูรณะฟันเพื่อความสวยงาม³ แต่ละบริษัทผู้ผลิตได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านความแข็งแรง⁴⁻⁶ ปรับปรุงสีและความโปร่งแสง⁷ เพื่อจำลองสภาพให้ใกล้เคียงฟันธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาดังกล่าวยังไม่สามารถยืนยันได้ว่าสีภายหลังการบูรณะจะถูกต้อง เนื่องจากสีของเนื้อฟันที่อยู่ใต้วัสดุบูรณะเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อสีภายหลังการบูรณะเช่นกัน ในกรณีที่วัสดุเซรามิกมีความโปร่งแสง จะทำให้แสงผ่านวัสดุและเกิดการกระเจิงแสง ส่งผลให้สีฟันสุดท้ายไม่เหมือนกับสีของชิ้นงานเริ่มต้น ซึ่งมักพบปัญหาในหลายกรณี เช่น ฟันที่มีสีเข้มภายหลังรักษารากฟัน ฟันเปลี่ยนสีจากเตตราไซคลินหรือฟันที่มีการใช้ยาฟันโลหะ จึงเป็นเรื่องท้าทายในการเลือกวัสดุบูรณะให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี⁸

การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่ามียาหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการปิดสีฟันหลังของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต เช่น สี⁹ ความหนา¹⁰⁻¹² สีฟันหลัง^{8,13} ความโปร่งแสง^{13,14} รวมถึงเรซินซีเมนต์¹⁵

เป็นต้น และปัจจุบันมีการพัฒนาวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต ทำให้มีโครงสร้างระดับจุลภาค (microstructure) ที่เล็กลง มีปริมาณการกระจายตัวและการเรียงตัวของผลึกที่แตกต่างจากเดิม ซึ่งส่งผลให้มีคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติเชิงแสงที่ใกล้เคียงพินธรรมชาติมากขึ้น⁷ ประกอบกับในปัจจุบันยังไม่พบการศึกษาในเรื่องความสามารถในการปิดสีพื้นหลังของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตที่พัฒนาใหม่ จึงนำมาสู่วัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการปิดสีพื้นหลังของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต

ที่มีความหนา สี และผลิตภัณฑ์ที่ต่างกัน โดยมีสมมติฐานว่าในการศึกษา คือ วัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตที่มีความหนาต่างกันมีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตที่มีสีต่างกันมีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตผลิตภัณฑ์ที่ต่างกันมีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตที่ใช้ในการศึกษา

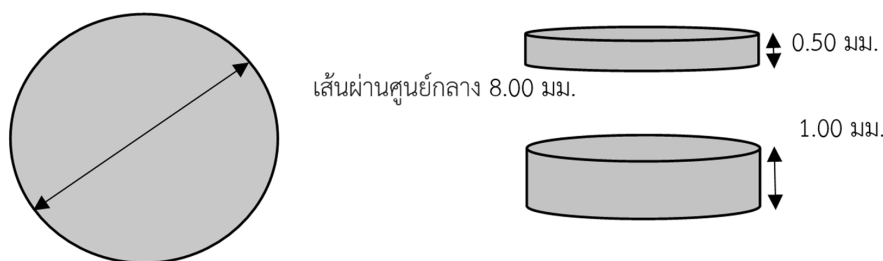
Table 1 Manufactures' information of lithium disilicate ceramic materials used in this study

กลุ่ม	วัสดุ	สี	บริษัทผู้ผลิต	องค์ประกอบ
APA1	แอมเบอร์เพรส (Amber® Press)	A1	HASS, Korea	SiO ₂ : 68-86%, Li ₂ O: 10-15%, P ₂ O ₅ : 2-5%, K ₂ O: 0-2%, Na ₂ O: 0-2%, others: 2-8%
APA2	แอมเบอร์เพรส	A2		
APB1	แอมเบอร์เพรส	B1		
IPSA1	ไอพีเอสอีแมกซ์เพรส (IPS e.max® Press)	A1	Ivoclar Vivadent, Leichtenstein	SiO ₂ : 57-80%, Li ₂ O: 11-19%, P ₂ O ₅ : 0-11%, K ₂ O: 0-13%, ZrO ₂ : 0-8%, ZnO: 0-8%, others: 0-10%
IPSA2	ไอพีเอสอีแมกซ์เพรส	A2		
IPSB1	ไอพีเอสอีแมกซ์เพรส	B1		
ILPA	อินิเชียลลิสเพรส (Initial® Lisi Press)	A	GC Europe, Belgium	SiO ₂ : 71.9%, Al ₂ O ₃ : 5.4%, Li ₂ O: 13%, P ₂ O ₅ : 4.9%, K ₂ O: 1.2%, Na ₂ O: 0.2%, B ₂ O ₃ : 0.007%, ZrO ₂ : 1.7%, CeO ₂ : 1.2%, V ₂ O ₅ : 0.15%, Tb ₂ O ₃ : 0.35%, Er ₂ O ₃ : 0.4%, HfO ₂ : 0.03%
ILPB	อินิเชียลลิสเพรส	B		

การเตรียมชิ้นงานวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต

ขึ้นรูปวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต 3 ผลิตภัณฑ์ คือ ผลิตภัณฑ์แอมเบอร์เพรส สี A1 A2 และ B1 ผลิตภัณฑ์ไอพีเอสอีแมกซ์เพรส สี A1 A2 และ B1 และผลิตภัณฑ์อินิเชียลลิสเพรส สี A และ B จากชิ้นผง ให้มีลักษณะเป็นแผ่นหน้าตัดรูปวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 8.00 มิลลิเมตร หนา 0.50 มิลลิเมตรและ 1.00 มิลลิเมตร กลุ่มละ 6 ชิ้น โดยส่งให้ห้องปฏิบัติการเตรียมชิ้นงานและขึ้นรูปด้วยความร้อนและการกดอัด (lost wax technique with heat press ceramic)

ตามคำแนะนำของบริษัท ทำความสะอาดพื้นผิวชิ้นงานด้วยเครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิคส์ ก่อนทำการเคลือบผิวชิ้นงาน (glazing) วัดความหนาด้วยเครื่องวัดขนาดแบบดิจิตอล (Digital Vernier Caliper; Mitutoyo, Japan) โดยกำหนดชิ้นงานให้มีความหนา 0.50 ± 0.05 มิลลิเมตร และ 1.00 ± 0.05 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 จากนั้นนำชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนการวัดสี



รูปที่ 1 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยวิธีให้ความร้อนและกดอัดขึ้นรูป

Figure 1 Lithium disilicate ceramic after lost wax and heat press technique

การเตรียมชิ้นงานวัสดุพื้นหลัง

วัสดุที่ใช้เป็นพื้นหลังทั้ง 4 ชนิด คือ วัสดุเรซินคอมโพสิต ผลิตภัณฑ์ฟิลเทคแซด 350 เอกซ์ที (Filtek™ Z350XT, 3M ESPE, St Paul, MN, USA) สีเนื้อฟัน สี A2 A3 A4 และ C4 เพื่อลอกเลียนสีของเนื้อฟัน ชิ้นรูปวัสดุพื้นหลังเป็นแผ่นหน้าตัดรูปวงกลม โดยใช้ท่ออะคริลิกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.00 มิลลิเมตร วัสดุเรซินคอมโพสิตจะถูกทำให้ไหลผ่านเข้าไปในท่ออะคริลิก ให้มีความหนา 2.00 มิลลิเมตร แล้วฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดี (LED curing light; Bluephase N; Ivoclar Vivadent; Schaan, Liechtenstein) ระบบซอฟต์สตาร์ท (soft start program) ความเข้มแสง 650 - 1,200 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เวลา 40 วินาที ทำซ้ำให้ได้ความหนาของวัสดุเรซินคอมโพสิต 5.00 มิลลิเมตร นำวัสดุออกจากท่ออะคริลิก แล้วฉายแสงโดยรอบ ด้านละ 40 วินาที แล้วนำไปขัดภายใต้้น้ำด้วยเครื่องขัดผิววัสดุอัตโนมัติ รุ่น MINITECH 233 (PRESI, France) และกระดาษทราย ความละเอียด 600, 800, 1,000 และ 1,200 กริตตามลำดับ จากนั้นนำไปแช่น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนการวัดสี

การวัดค่าดัชนีความโปร่งแสง (translucency parameter)

ทำการสอบเทียบเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Ultrascan Pro, Hunter Lab, USA) ก่อนการวัดสีทุกครั้งตามคำแนะนำของบริษัท วัดค่าดัชนีความโปร่งแสงของวัสดุเซรามิกโดยการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของสี (delta E; ΔE) ระหว่างสีของวัสดุเซรามิกบนพื้นหลังสีขาวและสีดำ ตามลำดับ โดยตั้งค่าเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ให้ทำการวัดซ้ำจำนวน 3 ครั้งในแต่ละชิ้นงาน และนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบผลและบันทึกข้อมูลตามสมการ CIEDE2000 (ΔE_{00})

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)}$$

การวัดความสามารถในการปิดสีพื้นหลังของวัสดุ (masking ability)

วัดความสามารถในการปิดสีพื้นหลังโดยการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของสีระหว่างสีของวัสดุเซรามิกบนพื้นหลังสีขาวและวัสดุเซรามิกที่มีการยึดติดกับวัสดุพื้นหลัง สี A2 A3 A4 และ C4 ตามลำดับ ด้วยวัสดุสารป้ายทดลองสี (RelyX™ Try-in Paste, 3M ESPE, St Paul, MN, USA) ชนิดสีใส (translucent color) โดยตั้งค่าให้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ วัดซ้ำจำนวน 3 ครั้งในแต่ละชิ้นงาน และนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบผลและบันทึกข้อมูล ตามสมการ CIEDE2000 (ΔE_{00})

การวิเคราะห์ลักษณะผลึกของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope:SEM)

นำชิ้นงานวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต ทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ โดยสุ่มชิ้นงานกลุ่มละ 1 ชิ้น เพื่อเป็นตัวแทนกลุ่ม นำชิ้นงานด้านที่ไม่ได้ทาสารเคลือบผิวมาปรับสภาพผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก ความเข้มข้นร้อยละ 9 (Ultradent, USA) เป็นเวลา 20 วินาที ล้างน้ำ

และทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ รุ่น VGT-1990QTD (Ultrasonic Bath, China) เป็นเวลา 1 นาที แล้วนำไปเคลือบทอง-แพลทินัม (Au-Pt) ด้วยเครื่องเคลือบทองรุ่น JFC-1200 Fine coater (JEOL, Massachusetts, USA) เป็นเวลา 40 วินาที 3 รอบ แล้วนำไปวิเคราะห์ลักษณะผลึกของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด รุ่น JSM-6400 (JEOL, Massachusetts, USA) บันทึกภาพด้วยความต่างศักย์เร่ง 20.0 กิโลโวลต์ ที่กำลังขยาย 3,000x และ 10,000x

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยการทดสอบสถิติชาปีโรวิลค์ (Shapiro-Wilk test) ทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (homogeneity of variance) ด้วยบททดสอบของเลวีเน (Levene's test) ประเมินอิทธิพลของความหนา สี ผลิตภัณฑ์และความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสามทาง (three-way ANOVA) เปรียบเทียบค่าดัชนีความโปร่งแสงและความสามารถในการปิดสีพื้นหลังของแต่ละผลิตภัณฑ์ และสีของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และการเปรียบเทียบเชิงพหุคูณชนิดทูคี (Tukey post hoc test) หรือเกมส์-โฮเวลล์ (Games-Howell post hoc test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปรียบเทียบค่าดัชนีความโปร่งแสงและความสามารถในการปิดสีพื้นหลังของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตที่มีความหนาแตกต่างกัน โดยใช้การเปรียบเทียบแบบรวมกลุ่ม (Independent samples T-test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS for window version 26.0) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการศึกษา

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการปิดสีพื้นหลัง

ในแต่ละสีพื้นหลัง ผลการทดสอบพบการแจกแจงของข้อมูลแบบปกติ ปัจจัยผลิตภัณฑ์ ($p < 0.001$) ปัจจัยความหนาของวัสดุเซรามิก ($p < 0.001$) และปัจจัยสีของวัสดุเซรามิก ($p < 0.001$) ล้วนส่งผลต่อความสามารถในการปิดสีพื้นหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปัจจัยความหนาของวัสดุเซรามิกส่งผลมากที่สุด และปัจจัยผลิตภัณฑ์ส่งผลน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยพบว่าปัจจัยสีและความหนาของวัสดุเซรามิก ปัจจัยความหนาและผลิตภัณฑ์ของวัสดุเซรามิก ปัจจัยสีและผลิตภัณฑ์ของวัสดุเซรามิก และปัจจัยสี ความหนา และผลิตภัณฑ์ของวัสดุเซรามิกล้วนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความโปร่งแสงของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตที่ทดสอบปัจจัยผลิตภัณฑ์

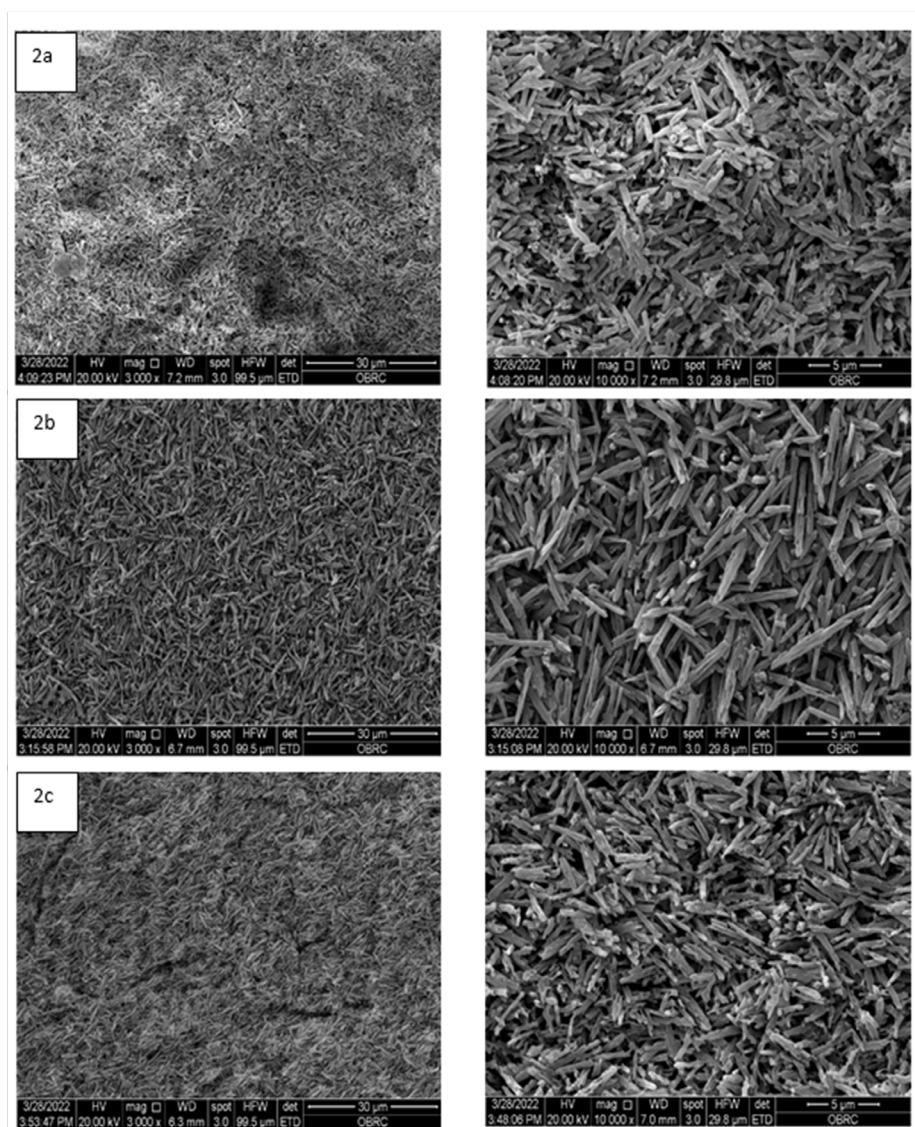
สี A1 สำหรับผลิตภัณฑ์แอมเบอร์เฟลสและโอพีเอสอีแมกซ์เฟลส และสี A สำหรับผลิตภัณฑ์อินซีลลิสเฟลส ที่ความหนา 0.5 และ 1 มิลลิเมตร พบว่า กลุ่ม IPSA1 มีความโปร่งแสงน้อยกว่ากลุ่ม ILPA

A3D กลุ่ม ILPA ที่ความหนา 0.5 และ 1 มิลลิเมตร มีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 5

ลักษณะผลึกของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด

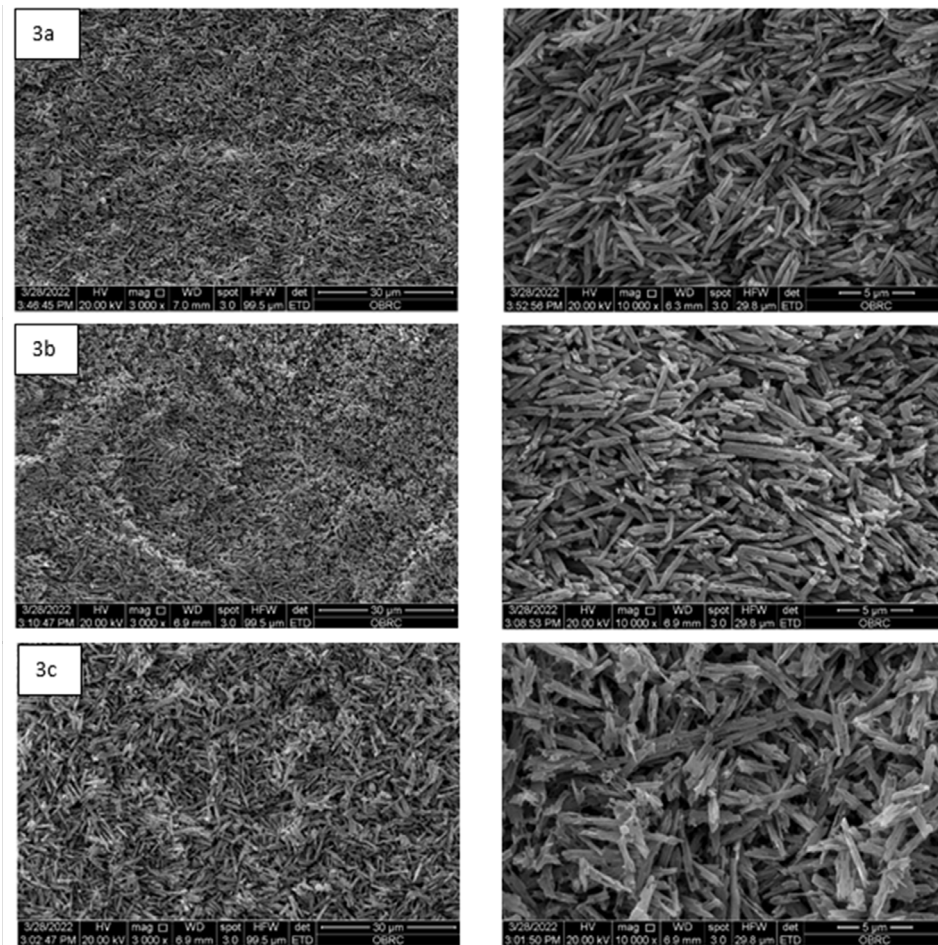
ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 3000x แสดงให้เห็นลักษณะผลึกของลิเทียมไดซิลิเกตในทุกผลิตภัณฑ์ที่มีการกระจายตัวสม่ำเสมอ การเรียงตัวของผลึกประสานกัน (interlocking microstructure) มีลักษณะของผลึกเป็นรูปแท่ง โดย

กลุ่ม APA2 มีความยาวของผลึกและการเรียงตัวของผลึกที่เป็นระเบียบมากกว่ากลุ่ม APA1 และกลุ่ม APB1 กลุ่ม IPSA2 มีความยาวของผลึกและการเรียงตัวของผลึกที่เป็นระเบียบ มีความหนาแน่นของผลึกมากกว่ากลุ่ม IPSA1 และกลุ่ม IPSB1 ส่วนกลุ่ม ILPA มีความหนาแน่นของผลึกที่มากกว่ากลุ่ม ILPB เล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 2-4 ที่กำลังขยาย 10000x แสดงให้เห็นขนาดของผลึกลิเทียมไดซิลิเกตของผลิตภัณฑ์แอมเบอร์เพลส มีความยาวผลึก 2.00 - 4.00 ไมโครเมตร ผลิตภัณฑ์ไอพีเอสอีแม็กซ์เพลส มีความยาวผลึก 3.00 - 4.50 ไมโครเมตร ส่วนผลิตภัณฑ์อินซีเลียสเพลส มีความยาวผลึก 1.00 - 2.00 ไมโครเมตร



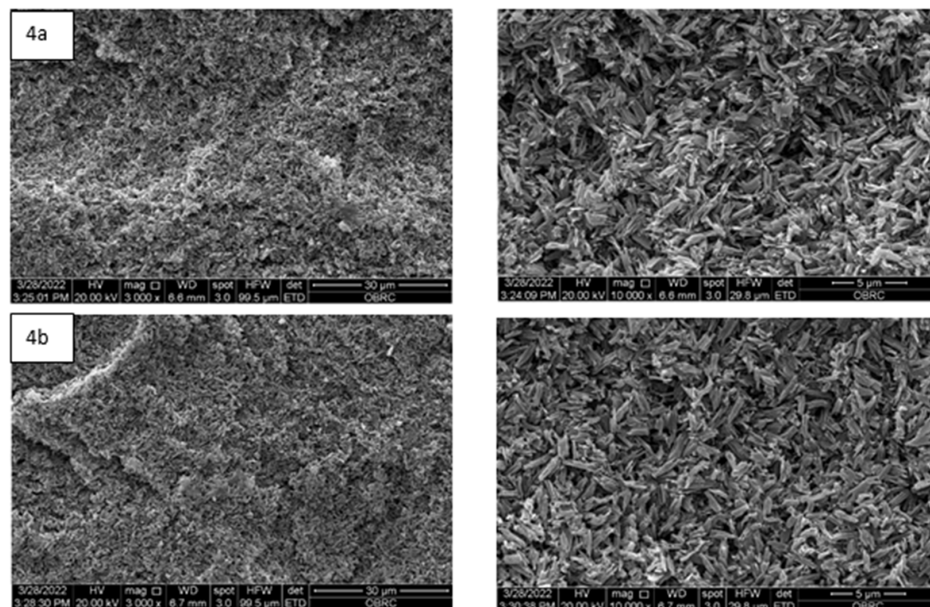
รูปที่ 2 แสดงลักษณะผลึกของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตผลิตภัณฑ์แอมเบอร์เพลสที่กำลังขยาย 3,000x และ 10,000x ภาพ 2a สี A1 ภาพ 2b สี A2 ภาพ 2c สี B1

Figure 2 SEM images of Amber[®] Press lithium disilicate ceramic Figure 2a shade A1 (3,000x and 10,000x) Figure 2b shade A2 (3,000x and 10,000x) Figure 2c shade B1 (3,000x and 10,000x)



รูปที่ 3 ลักษณะผลึกของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตผลิตด้วยไอพีเอสแมกซ์เพรสที่กำลังขยาย 3,000x และ 10,000x ภาพ 3a สี A1 ภาพ 3b สี A2 ภาพ 3c สี B1

Figure 3 SEM images of IPS e.max[®] Press lithium disilicate ceramic Figure 3a shade A1 (3,000x and 10,000x) Figure 3b shade A2 (3,000x and 10,000x) Figure 3c shade B1 (3,000x and 10,000x)



รูปที่ 4 ลักษณะผลึกของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตผลิตด้วยอินิเชียลลิสี่ที่กำลังขยาย 3,000x และ 10,000x ภาพ 4a สี A ภาพ 4b สี B

Figure 4 SEM images of Initial[®] Lisi Press lithium disilicate ceramic Figure 4a shade A (3,000x and 10,000x) Figure 4b shade B (3,000x and 10,000x)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสง (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตแต่ละสีที่ใช้ในการศึกษา

Table 2 Mean translucency parameter (SD) of each lithium disilicate ceramic shade in this study

shade	Product	Thickness	
		0.5 mm.	1 mm.
A1	Amber® Press	10.16 (0.89) ^{AB}	7.10 (0.20) ^{AB}
A1	IPS e.max® Press	9.70 (0.21) ^A	6.56 (0.50) ^A
A	Initial® Lisi Press	10.65 (0.42) ^B	7.48 (0.47) ^B
A2	Amber® Press	9.24 (0.55) ^D	6.18 (0.41) ^D
A2	IPS e.max® Press	7.92 (0.36) ^E	5.92 (0.52) ^D
A	Initial® Lisi Press	10.65 (0.42) ^F	7.10 (0.20) ^E
B1	Amber® Press	12.62 (0.39) ^{GH}	7.33 (0.39) ^G
B1	IPS e.max® Press	11.34 (0.32) ^G	7.22 (0.49) ^G
B	Initial® Lisi Press	12.42 (0.38) ^H	8.39 (0.29) ^H

ในแต่ละสีของวัสดุเซรามิก ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

In each ceramic shade, groups with the different uppercase letter in each column are statistically significant different ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยค่าดัชนีความโปร่งแสง (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตแต่ละผลิตภัณฑ์และความหนาที่ใช้ในการศึกษา

Table 3 Mean translucency parameter (SD) of each lithium disilicate ceramic product and thickness in this study

Product	shade	Thickness	
		0.5 mm.	1 mm.
Amber® Press	A1	10.16 (0.89) ^{Aa}	7.10 (0.20) ^{Ab}
	A2	9.24 (0.55) ^{Aa}	6.18 (0.41) ^{Bb}
	B1	12.62 (0.39) ^{Ba}	7.33 (0.39) ^{Ab}
IPS e.max® Press	A1	9.70 (0.21) ^{Da}	6.56 (0.50) ^{DEb}
	A2	7.92 (0.36) ^{Ea}	5.92 (0.52) ^{Db}
	B1	11.34 (0.32) ^{Fa}	7.22 (0.49) ^{Eb}
Initial® Lisi Press	A	10.65 (0.42) ^{Ga}	7.48 (0.47) ^{Gb}
	B	12.42 (0.38) ^{Ha}	8.39 (0.29) ^{Hb}

ในแต่ละผลิตภัณฑ์ของวัสดุเซรามิก ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

In each product of ceramic, groups with the different uppercase letter in each column are statistically significant different ($p < 0.05$)

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Groups with the different lowercase letter in each row are statistically significant different ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของสี (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และเปรียบเทียบความสามารถในการปิดสีพื้นหลังของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษา

Table 4 Mean color difference values (SD) and comparison of masking ability of each lithium disilicate ceramic product in this study

Background color		A2D		A3D	
shade	Product	0.5	1	0.5	1
A1	Amber® Press	4.09 (0.41) ^A	2.04 (0.44) ^A	4.28 (0.36) ^A	2.43 (0.38) ^A
A1	IPS e.max® Press	3.86 (0.22) ^A	1.71 (0.15) ^A	4.04 (0.31) ^A	1.99 (0.26) ^A
A	Initial® Lisi Press	4.54 (0.39) ^A	4.02 (0.37) ^B	4.71 (0.31) ^A	4.36 (0.26) ^B
A2	Amber® Press	3.78 (0.39) ^D	1.89 (0.34) ^D	3.91 (0.30) ^D	1.92 (0.32) ^D
A2	IPS e.max® Press	2.82 (0.24) ^E	1.17 (0.18) ^E	3.16 (0.22) ^E	1.40 (0.43) ^D
A	Initial® Lisi Press	4.54 (0.39) ^F	4.02 (0.37) ^F	4.71 (0.31) ^F	4.36 (0.26) ^E
B1	Amber® Press	5.24 (0.48) ^G	2.53 (0.33) ^G	5.70 (0.48) ^G	2.70 (0.37) ^G
B1	IPS e.max® Press	4.92 (0.37) ^G	2.30 (0.32) ^G	5.16 (0.52) ^G	2.38 (0.41) ^G
B	Initial® Lisi Press	6.67 (0.47) ^H	4.28 (0.29) ^H	6.80 (0.08) ^H	4.37 (0.33) ^H

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของสี (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และเปรียบเทียบความสามารถในการปิดสีพื้นหลังของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

Table 4 Mean color difference values (SD) and comparison of masking ability of each lithium disilicate ceramic product in this study (cont.)

Background color		A2D		A3D	
shade	Product	0.5	1	0.5	1
A1	Amber [®] Press	7.12 (0.34) ^A	3.69 (0.30) ^A	8.59 (0.38) ^A	5.75 (0.27) ^A
A1	IPS e.max [®] Press	6.57 (0.20) ^A	3.59 (0.08) ^A	8.72 (0.24) ^A	5.21 (0.36) ^A
A	Initial [®] Lisi Press	6.69 (0.44) ^A	5.69 (0.22) ^B	8.64 (0.32) ^A	6.77 (0.35) ^B
A2	Amber [®] Press	6.18 (0.35) ^{DE}	3.19 (0.33) ^D	8.01 (0.47) ^D	4.70 (0.36) ^D
A2	IPS e.max [®] Press	5.14 (0.41) ^D	2.68 (0.39) ^D	6.92 (0.54) ^E	3.91 (0.37) ^E
A	Initial [®] Lisi Press	6.69 (0.44) ^E	5.69 (0.22) ^E	8.64 (0.32) ^D	6.77 (0.35) ^F
B1	Amber [®] Press	7.81 (0.41) ^G	4.23 (0.30) ^G	10.36 (0.42) ^G	6.29 (0.51) ^{GH}
B1	IPS e.max [®] Press	7.70 (0.34) ^G	4.45 (0.39) ^G	9.81 (0.42) ^G	5.94 (0.46) ^G
B	Initial [®] Lisi Press	8.57 (0.35) ^H	5.61 (0.32) ^H	12.18 (0.69) ^H	6.96 (0.33) ^H

ในแต่ละสีพื้นหลังของแต่ละสีของวัสดุเซรามิก ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

In each background color of each ceramic shade, group with the different uppercase letter in each column are statistically significant different ($p < 0.05$)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของสี (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และเปรียบเทียบความสามารถในการปิดสีพื้นหลังของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตแต่ละสีและความหนาที่ใช้ในการศึกษา

Table 5 Mean color difference values (SD) and comparison of masking ability of each lithium disilicate ceramic shade and thickness in this study

Background color		A2D		A3D	
Product	shade	0.5	1	0.5	1
Amber [®] Press	A1	4.09 (0.41) ^{Aa}	2.04 (0.44) ^{ABb}	4.28 (0.36) ^{Aa}	2.43 (0.38) ^{Ab}
	A2	3.78 (0.39) ^{Aa}	1.89 (0.34) ^{Ab}	3.91 (0.30) ^{Aa}	1.92 (0.32) ^{Ab}
	B1	5.24 (0.48) ^{Ba}	2.53 (0.33) ^{Bb}	5.70 (0.48) ^{Ba}	2.70 (0.37) ^{Bb}
IPS e.max [®] Press	A1	3.86 (0.22) ^{Da}	1.71 (0.15) ^{DEb}	4.04 (0.31) ^{Da}	1.99 (0.26) ^{DEb}
	A2	2.82 (0.24) ^{Ea}	1.17 (0.18) ^{Db}	3.16 (0.22) ^{Ea}	1.40 (0.43) ^{Db}
	B1	4.92 (0.37) ^{Fa}	2.30 (0.32) ^{Eb}	5.16 (0.52) ^{Fa}	2.38 (0.41) ^{Eb}
Initial [®] Lisi Press	A	4.54 (0.39) ^{Ga}	4.02 (0.37) ^{Gb}	4.71 (0.31) ^{Ga}	4.36 (0.26) ^{Ga}
	B	6.67 (0.47) ^{Ha}	4.28 (0.29) ^{Gb}	6.80 (0.08) ^{Ha}	4.37 (0.33) ^{Gb}

Background color		A2D		A3D	
Product	shade	0.5	1	0.5	1
Amber [®] Press	A1	7.12 (0.34) ^{Aa}	3.69 (0.30) ^{ABb}	8.59 (0.38) ^{Aa}	5.75 (0.27) ^{Ab}
	A2	6.18 (0.35) ^{Ba}	3.19 (0.33) ^{Ab}	8.01 (0.47) ^{Aa}	4.70 (0.36) ^{Bb}
	B1	7.81 (0.41) ^{Ca}	4.23 (0.30) ^{Bb}	10.36 (0.42) ^{Ba}	6.29 (0.51) ^{Ab}
IPS e.max [®] Press	A1	6.57 (0.20) ^{Da}	3.59 (0.08) ^{Db}	8.72 (0.24) ^{Da}	5.21 (0.36) ^{Db}
	A2	5.14 (0.41) ^{Ea}	2.68 (0.39) ^{Eb}	6.92 (0.54) ^{Ea}	3.91 (0.37) ^{Eb}
	B1	7.70 (0.34) ^{Fa}	4.45 (0.39) ^{Fb}	9.81 (0.42) ^{Fa}	5.94 (0.46) ^{Fb}
Initial [®] Lisi Press	A	6.69 (0.44) ^{Ga}	5.69 (0.22) ^{Gb}	8.64 (0.32) ^{Ga}	6.77 (0.35) ^{Gb}
	B	8.57 (0.35) ^{Ha}	5.61 (0.32) ^{Gb}	12.18 (0.69) ^{Ha}	6.96 (0.33) ^{Gb}

ในแต่ละสีพื้นหลังของวัสดุเซรามิกแต่ละผลิตภัณฑ์ ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

In each background color of each ceramic product, group with the different uppercase letter in each column are statistically significant different ($p < 0.05$)

ในแต่ละสีพื้นหลัง ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

In each background color, group with the different lowercase letter in each row are statistically significant different ($p < 0.05$)

ผลการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการปิดสีพื้นหลังของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตที่มีความหนา สี และผลิตภัณฑ์ที่ต่างกัน จากผลการศึกษาพบว่า ทุกปัจจัยในวัตถุประสงค์มีผลต่อความสามารถในการปิดสีพื้นหลังของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานว่าทั้งหมด

การเตรียมชิ้นงานวัสดุเซรามิกใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยความร้อนและการกดอัด ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมและแพร่หลาย ชิ้นงานวัสดุเซรามิกจะถูกเผาเพื่อให้เกิดผลึก (crystallization) หลังจากนั้นทำการเคลือบผิวชิ้นงานและนำไปเผาอีกครั้งโดยใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า มีการควบคุมอุณหภูมิสำหรับการเผาวัสดุเซรามิกเพื่อให้ได้มาตรฐาน โดยยึดตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ทั้งนี้การศึกษาก่อนหน้าพบว่าอุณหภูมิและจำนวนครั้งในการเผามีผลต่อสีและความใสของวัสดุเซรามิก ถ้าอุณหภูมิที่เผาวัสดุเซรามิกไม่ถูกต้อง วัสดุเซรามิกจะไม่เกิดผลึกที่สมบูรณ์ส่งผลให้สีของวัสดุเซรามิกผิดเพี้ยนไป การเผาวัสดุเซรามิกซ้ำหลายครั้งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากผลึกลิเทียมเมทาซิลิเกต (lithium metasilicate) เป็นผลึกลิเทียมไดซิลิเกตมากขึ้น ทำให้วัสดุเซรามิกมีความโปร่งแสงลดลงและทึบแสงมากขึ้น หากใช้เวลาเผามากกว่าเวลาที่บริษัทกำหนดจะเกิดผลึกขนาดเล็ก เรียงตัวหนาแน่น มีความเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ทำให้การกระเจิงแสงลดลงมีความโปร่งแสงมากขึ้น^{16, 17}

เพื่อจำลองสภาพทางคลินิก การศึกษานี้เลือกหาสารเคลือบผิววัสดุเซรามิกแทนการขัดผิว เนื่องจากการหาสารเคลือบผิวจะทำให้วัสดุเซรามิกมีความหนาแน่นน้อยกว่าการขัด หากวัสดุเซรามิกมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจะทำให้วัสดุเซรามิกมีความโปร่งแสงน้อยลง¹⁸ สารป้ายทดลองสี ชนิดสีใส ถูกนำมาใช้เพื่อชดเชยช่องว่างระหว่างชิ้นงานวัสดุเซรามิกและพื้นหลัง และลดค่าดัชนีการหักเหแสงระหว่างอากาศและชิ้นงานวัสดุเซรามิก¹⁹ ผลลัพธ์ของสีฟันสุดท้ายเมื่อใช้สารป้ายทดลองสีจะเหมือนกับเมื่อยัดชิ้นงานด้วยเรซินซีเมนต์²⁰ จึงได้มีการแนะนำให้สามารถใช้สารป้ายทดลองสีในการลองสีของเรซินซีเมนต์ได้ โดยทั่วไปสารป้ายทดลองสีมีคุณสมบัติละลายน้ำ (water soluble) มีองค์ประกอบหลักคือ โพรพิลีนไกลคอล (propylene glycol) มีโครงสร้างทางเคมีใกล้เคียงกับกลีเซอริน (glycerin) ซึ่งไม่ส่งผลต่อการยัดติดชิ้นงานวัสดุเซรามิกหากทำการเตรียมชิ้นงานอย่างถูกวิธี²¹

เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูง นิยมใช้ในการวัดสีในงานวิจัยทางทันตกรรม²² ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสง ระบบวัดแสง และระบบประมวลผลที่สามารถแสดงผล

ในระบบซีไออีแอลเอบี โดยเครื่องจะวัดปริมาณแสงและคลื่นที่มีการสะท้อนกลับมาหลังตกกระทบพื้นผิว²³ และเมื่อเปรียบเทียบกับสายตามนุษย์ เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์มีความแม่นยำในการวัดสีที่มากกว่า²⁴ เนื่องจากการวัดด้วยสายตามนุษย์จะมีปัจจัยภายใน เช่น ความชำนาญ ความล้าของสายตาและเพศ เป็นต้น ปัจจัยภายนอก เช่น สีและแสงจากสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ที่ส่งผลต่อค่าสีที่วัดได้²⁵

การวัดค่าความโปร่งแสงสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การวัดจากค่าการส่องผ่านของแสง (direct transmittance of light) ค่าความเปรียบต่าง (contrast ratio)²⁶ และค่าดัชนีความโปร่งแสง²⁷ เป็นต้น ซึ่งมีการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวัดความโปร่งแสงได้แนะนำว่าโครงสร้างของวัสดุเซรามิกมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติเชิงแสงและสี โดยค่าความเปรียบต่างและค่าดัชนีความโปร่งแสงแสดงผลที่น่าเชื่อถือในการประเมินวัสดุกลุ่มเซรามิก²⁸ โดยค่าดัชนีความโปร่งแสงทำได้โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของสีระหว่างสีของวัสดุเซรามิกบนพื้นหลังสีขาวและสีดำ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงพิจารณาใช้ค่าดัชนีความโปร่งแสงในการวิเคราะห์ความโปร่งแสงของวัสดุ

วัสดุเซรามิกที่ใช้ในการศึกษานี้มีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งส่งผลให้วัสดุเซรามิกแต่ละกลุ่มมีขนาดผลึก การกระจายตัว และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2-4 โดยวัสดุเซรามิกแต่ละกลุ่มมีปริมาณสารฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ (P_2O_5) ที่ต่างกัน โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ ผลิตภัณฑ์โอพีเอส อีแมกซ์เฟลส ผลิตภัณฑ์แอมเบอร์เฟลส และผลิตภัณฑ์อินซิเวิลลิสิเฟลส ตามลำดับ ซึ่งสารฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์นี้เป็นสารที่สามารถควบคุมการเกิดผลึกลิเทียมไดซิลิเกต²⁹ หากมีปริมาณสูงจะทำให้เกิดผลึกลิเทียมไดซิลิเกตสูงขึ้น และทำให้วัสดุเซรามิกมีความโปร่งแสงน้อยลง¹⁶ ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดของผลิตภัณฑ์โอพีเอสอีแมกซ์เฟลสมีปริมาณผลึกที่หนาแน่น มีการเรียงตัวของผลึกเป็นระเบียบ มีความยาวผลึกมากที่สุด และมีความยาวใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์แอมเบอร์เฟลส โดยผลิตภัณฑ์อินซิเวิลลิสิเฟลสมีความยาวผลึกน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Katsura Ohashi และคณะ⁴ พบว่า จากภาพกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดผลิตภัณฑ์โอพีเอสอีแมกซ์เฟลสมีความยาวผลึกมากกว่าผลิตภัณฑ์อินซิเวิลลิสิเฟลส ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่า ผลิตภัณฑ์อินซิเวิลลิสิเฟลสมีความโปร่งแสงมากที่สุดเนื่องจากมีความยาวของผลึกน้อยที่สุด นอกจากนี้ความหนาของวัสดุเซรามิก และสีของวัสดุเซรามิก ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความโปร่งแสงของวัสดุเซรามิก หากวัสดุเซรามิกมีความหนาหรือสีที่เข้มขึ้น แสงจะส่อง

ผ่านได้น้อย ทำให้วัสดุมีความโปร่งแสงลดลง ทั้งนี้ปัจจัยเรื่องของโครงสร้างผลึก จำนวนครั้งในการเผา ปริมาณและการกระจายตัวก็ส่งผลต่อความโปร่งแสงเช่นเดียวกัน^{16,17}

การวัดความสามารถในการปิดสีพื้นหลังสามารถทำได้โดยเปรียบเทียบสีระหว่างสีของวัสดุเซรามิกปกติกับสีของวัสดุเซรามิกที่ปิดบนพื้นหลัง ความแตกต่างของสีที่วัดได้จะถูกบันทึกและแปลผลโดยอ้างอิงจากค่าสีมาตรฐานระบบซีไอแอลเอบี (CIELab) ของคณะกรรมการกำหนดมาตรฐานแสงสว่าง (International Commission on Illumination) ความสามารถในการปิดสีพื้นหลังใช้เกณฑ์ในการระบุความต่างสีในทางคลินิกได้ 2 เกณฑ์ คือ ความแตกต่างของสีที่รับรู้ได้ (Perceptibility threshold; PT) และความแตกต่างของสีที่ยอมรับได้ (Acceptable threshold; AT) โดยความแตกต่างของสีที่รับรู้ได้จะมีค่าน้อยกว่าความแตกต่างของสีที่ยอมรับได้เสมอ และความสามารถในการแยกความแตกต่างของสียังแตกต่างกันในแต่ละบุคคลและอาชีพ อย่างไรก็ตาม ทางคณะกรรมการกำหนดมาตรฐานแสงสว่างได้กำหนดค่าความแตกต่างของสีใหม่ คือ ซีไอดีอี 2000 (CIEDE2000) ซึ่งสามารถสะท้อนความสามารถในการรับรู้สีที่แตกต่างกันได้ของมนุษย์ได้ดีขึ้น³⁰ จากการศึกษาของ Paravina และคณะ³¹ พบว่าในสายอาชีพทันตแพทย์สามารถแยกความแตกต่างของสีได้ดีกว่าบุคคลทั่วไป และมีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของสีที่ยอมรับได้อยู่ที่ 1.8 และจากผลการศึกษาพบว่ากลุ่ม IPSA1 มีค่าความสามารถในการปิดสีพื้นหลังสี A2D เท่ากับ 1.71 และกลุ่ม IPSA2 มีค่าความสามารถในการปิดสีพื้นหลังสี A2D และ A3D เท่ากับ 1.17 และ 1.40 ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่ากลุ่ม IPSA1 สามารถปิดสีพื้นหลังสี A2D ได้อย่างสมบูรณ์ และกลุ่ม IPSA2 สามารถปิดสีพื้นหลังสี A2D และ A3D ได้อย่างสมบูรณ์

ความหนาของวัสดุเซรามิกเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการปิดสีพื้นหลังมากที่สุด วัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร มีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังได้มากกว่าวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตที่มีความหนา 0.5 มิลลิเมตร เนื่องจากเมื่อวัสดุเซรามิกมีความหนาเพิ่มขึ้น มีความโปร่งแสงน้อย ทำให้มีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังได้มากขึ้น^{8,10-12} สำหรับปัจจัยเรื่องสีของวัสดุเซรามิก ที่พื้นหลังสีเดียวกัน ผลิตภัณฑ์ไอพีเอสเอ็มแอกซ์เฟลสและผลิตภัณฑ์แอมเบอร์เฟลส สี A2 จะสามารถปิดสีพื้นหลังได้ดีกว่าสี B1 และผลิตภัณฑ์อินิเซียลลิสเฟลส สี A จะปิดสีพื้นหลังได้ดีกว่าสี B สามารถอธิบายได้โดยวัสดุเซรามิกที่มีสีเข้มจะมีส่วนประกอบที่เป็นเม็ดสีที่มากกว่าทำให้สามารถปิดสีพื้นหลังได้ดีกว่าวัสดุเซรามิกที่มีสีอ่อน และเมื่อวัสดุเซรามิกได้รับอิทธิพลจากสีพื้นหลังที่มีความเข้ม จะทำให้มีค่าความสว่างของสีวัสดุเซรามิกลดลง ดังนั้น ผลิตภัณฑ์แอมเบอร์เฟลสและไอพีเอส

เอ็มแอกซ์เฟลส สี B1 และ ผลิตภัณฑ์อินิเซียลลิสเฟลสสี B เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของสีระหว่างสีของวัสดุเซรามิกบนพื้นหลังสีขาวกับพื้นหลังสี A2D A3D A4D และ C4D จะพบว่ามีความแตกต่างของสีมากกว่าสี A2 ในผลิตภัณฑ์แอมเบอร์เฟลสและไอพีเอสเอ็มแอกซ์เฟลส และสี A ในผลิตภัณฑ์อินิเซียลลิสเฟลส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Al Ben Ali และคณะ⁹

ผลลัพธ์สุดท้ายของสีสำหรับการบูรณะฟันด้วยวัสดุเซรามิกเกิดจากผลรวมของสีพื้นพื้นหลัง สีเรซินซีเมนต์ และสีของเซรามิก โดยกรณีบูรณะฟันหลายซี่ที่มีสีพื้นพื้นหลังใกล้เคียงกัน การปิดสีฟันย่อมทำได้ง่าย กรณีสีพื้นพื้นหลังเข้ม การปิดสีจะทำได้ยากกว่าสีพื้นหลังอ่อน⁹ แต่กรณีฟันที่บูรณะหลายซี่มีสีพื้นพื้นหลังแตกต่างกัน การปิดสีพื้นหลังย่อมใช้ขั้นตอนที่มากกว่า อีกทั้งในกรณีสูญเสียเนื้อฟันมากจำเป็นต้องก่อแกนฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต สีพื้นหลังจะมีสีของวัสดุก่อแกนฟันร่วมด้วย การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้เรซินคอมโพสิตเป็นสีพื้นหลังทั้งหมด ซึ่งอาจไม่ครอบคลุมสถานการณ์จริงทางคลินิกทั้งหมด ดังนั้น ในการศึกษาต่อไปอาจพิจารณาเลือกใช้ฟันวัสดุเทียบสีแกนฟันธรรมชาติ (natural dentin die material) เป็นทางเลือก

ในกรณีที่ต้องการปิดสีพื้นพื้นหลังที่เข้มมาก สามารถทำได้หลายวิธี ตัวอย่างเช่น การฟอกสีฟันเพื่อปรับสีพื้นพื้นหลังก่อนบูรณะ³² การใช้วัสดุเรซินคอมโพสิตสีทึบในการปิดสีเดียวฟันโลหะหรือฟันที่สีพื้นหลังเข้ม³³ หรือเลือกใช้วัสดุเซรามิกสองชั้น (bilayer) โดยใช้วัสดุเซรามิกที่มีความทึบแสงเป็นแกนฟัน (coping) เพื่อปิดสีโลหะและปรับสีพื้นหลังให้ใกล้เคียงฟันซี่ข้างเคียงก่อนทำครอบฟันด้วยวัสดุเซรามิกทับอีกชั้นหนึ่ง³⁴

นอกจากนี้ ปัจจัยเรื่องความชื้นของฟันก็มีผลต่อสีสุดท้ายของการบูรณะเช่นกัน กล่าวคือเมื่อฟันมีการสูญเสียความชื้นจะทำให้สีฟันเปลี่ยนไป กรณีที่มีการสูญเสียความชื้นนานถึง 30 นาที จะมีการเปลี่ยนแปลงของสีที่ชัดเจนมากที่สุดและจำเป็นจะต้องใช้เวลาในการคืนกลับของความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้มีสีดั้งเดิม ดังนั้นในการบูรณะจึงควรเลือกสีฟันในสภาพความชื้นที่เหมาะสมและควรทำการนัดหมายติดตามเพื่อตรวจสีฟันภายหลังการบูรณะอีกครั้งหนึ่ง^{35, 36}

วัสดุเซรามิกที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นกลุ่มที่มีความโปร่งแสงต่ำ การศึกษาต่อยอดสามารถเพิ่มวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตที่มีความโปร่งแสงหลากหลายมากขึ้น การศึกษานี้เป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการไม่สามารถจำลองสภาพทางคลินิกได้ทั้งหมด ดังนั้นการศึกษาดูแลจริงควรใช้ฟันจริงร่วมกับยึดชิ้นงานโดยใช้เรซินซีเมนต์ ก็จะสามารถจำลองสภาพทางคลินิกได้ใกล้เคียงขึ้น

บทสรุป

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการปิดสีพื้นหลังของวัสดุเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต คือ ความหนา สี และผลิตภัณฑ์ โดยปัจจัยความหนาส่งผลมากที่สุด วัสดุเซรามิกที่มีความหนา 1 มิลลิเมตรมีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังมากกว่าความหนา 0.5 มิลลิเมตร ยกเว้นกลุ่มผลิตภัณฑ์อินซีลิลิเพสส์ A ความหนา 1 มิลลิเมตรมีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังสี A3D ไม่แตกต่างจากความหนา 0.5 มิลลิเมตร สำหรับผลิตภัณฑ์โอพีเอสอีแมกซ์เพสและผลิตภัณฑ์แอมเบอร์เพสส์ A2 จะมีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังได้มากกว่าสี B1 ส่วนผลิตภัณฑ์อินซีลิลิเพสส์ ความหนา 0.5 มิลลิเมตร สี A จะมีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังได้มากกว่าสี B ผลิตภัณฑ์โอพีเอสอีแมกซ์เพสมีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังมากกว่าผลิตภัณฑ์อินซีลิลิเพสส์ ยกเว้นกลุ่มความหนา 0.5 มิลลิเมตร ผลิตภัณฑ์โอพีเอสอีแมกซ์เพสสี A1 มีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์อินซีลิลิเพสส์ A โดยผลิตภัณฑ์โอพีเอสอีแมกซ์เพสสี A2 สามารถปิดสีพื้นหลังสี A2D และ A3D ได้อย่างสมบูรณ์ และผลิตภัณฑ์โอพีเอสอีแมกซ์เพส A1 สามารถปิดสีพื้นหลัง A2D ได้อย่างสมบูรณ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ทญ.ดร.สรนันท์ จันทรางศุ ผู้ให้คำปรึกษาและแนะนำด้านการใช้สถิติในงานวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาทันตวัสดุ และศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. 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. Seydaliyeva A, Rues S, Evagorou Z, Hassel AJ, Rammelsberg P, Zenthöfer A. Color stability of polymer-infiltrated-ceramics compared with lithium disilicate ceramics and composite. *J Esthet Restor Dent* 2020;32(1):43-50.
3. Raptis NV, Michalakos KX, Hirayama H. Optical behavior of current ceramic systems. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26(1):31-41.
4. Katsura Ohashi YK WY, Midono T, Miyake K, Karl-Heinz Kunzelmann and Nihei T. . Evaluation and comparison of the characteristics of three pressable lithium disilicate glass ceramic materials. *Int J Dev Res* 2017;7(11):16711-6.
5. Lim CH, Jang YS, Lee MH, Bae TS. Evaluation of fracture strength for single crowns made of the different types of lithium disilicate glass-ceramics. *Odontology* 2020;108(2):231-9.
6. Stawarczyk B, Dinse L, Eichberger M, Jungbauer R, Liebermann A. Flexural strength, fracture toughness, three-body wear, and Martens parameters of pressable lithium-X-silicate ceramics. *Dent Mater* 2020;36(3):420-30.
7. Hallmann L, Ulmer P, Gerngross MD, Jetter J, Mintrone M, Lehmann F, et al. Properties of hot-pressed lithium silicate glass-ceramics. *Dent Mater* 2019;35(5):713-29.
8. Chaiyabutr Y, Kois JC, LeBeau D, Nunokawa G. Effect of abutment tooth color, cement color, and ceramic thickness on the resulting optical color of a CAD/CAM glass-ceramic lithium disilicate-reinforced crown. *J Prosthet Dent* 2011;105(2):83-90.
9. Al Ben Ali A, Kang K, Finkelman MD, Zandparsa R, Hirayama H. The effect of variations in translucency and background on color differences in CAD/CAM lithium disilicate glass ceramics. *J Prosthodont* 2014;23(3):213-20.
10. Shono NN, Al Nahedh HN. Contrast ratio and masking ability of three ceramic veneering materials. *Oper Dent* 2012;37(4):406-16.
11. Sethakamnerd P. Masking ability of two ceramics with different thicknesses on various substrates. *M Dent J* 2017;37:233-42.
12. Omar H, Atta O, El-Mowafy O, Khan SA. Effect of CAD-CAM porcelain veneers thickness on their cemented color. *J Dent* 2010;38 Suppl 2:e95-9.
13. Skyllouriotis AL, Yamamoto HL, Nathanson D. Masking properties of ceramics for veneer restorations. *J Prosthet Dent* 2017;118(4):517-23.
14. Lee SM, Choi YS. Effect of ceramic material and resin cement systems on the color stability of laminate veneers after accelerated aging. *J Prosthet Dent* 2018;120(1):99-106.
15. Xing W, Chen X, Ren D, Zhan K, Wang Y. The effect of ceramic thickness and resin cement shades on the color matching of ceramic veneers in discolored teeth. *Odontology* 2017;105(4):460-6.
16. Jung SK, Kim DW, Lee J, Ramasamy S, Kim HS, Ryu JJ, et al. Modulation of Lithium Disilicate Translucency through Heat Treatment. *Materials* 2021;14(9).
17. Zhang P, Li X, Yang J, Xu S. Effect of heat treatment on the microstructure and properties of lithium disilicate glass-ceramics. *J Non Cryst Solids* 2014;402:101-5.
18. Vichi A, Fabian Fonzar R, Goracci C, Carrabba M, Ferrari M. Effect of Finishing and Polishing on Roughness and Gloss of Lithium Disilicate and Lithium Silicate Zirconia Reinforced Glass Ceramic for CAD/CAM Systems. *Oper Dent* 2018;43(1):90-100.
19. Xing W, Jiang T, Ma X, Liang S, Wang Z, Sa Y, et al. Evaluation of the esthetic effect of resin cements and try-in pastes on ceromer veneers. *J Dent* 2010;38 Suppl 2:e87-94.
20. Diniz RS, Albuquerque LFB, Tavarez RJR, Moffa EB, Lago ADN, Gonçalves LM. Correspondence between try-in pastes and resin cements, and color stability of bonded lithium disilicate disks. *Braz Oral Res* 2019;33:e009.

21. Prata RA, de Oliveira VP, de Menezes FC, Borges GA, de Andrade OS, Gonçalves LS. Effect of 'Try-in' paste removal method on bond strength to lithium disilicate ceramic. *J Dent* 2011;39(12):863-70.
22. Luo W, Westland S, Ellwood R, Pretty I, Cheung V. Development of a whiteness index for dentistry. *J Dent* 2009;37 Suppl 1:e21-6.
23. Khurana R, Tredwin CJ, Weisbloom M, Moles DR. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *Br Dent J* 2007;203(12):675-80.
24. Liberato WF, Barreto IC, Costa PP, de Almeida CC, Pimentel W, Tiozzi R. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: A clinical study. *J Prosthet Dent* 2019; 121(2):271-5.
25. Haddad HJ, Jakstat HA, Arnetzl G, Borbely J, Vichi A, Dumfahrt H, *et al.* Does gender and experience influence shade matching quality? *J Dent* 2009;37 Suppl 1:e40-4.
26. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent* 2002;88(1):4-9.
27. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68(5):819-22.
28. Barizon KT, Bergeron C, Vargas MA, Qian F, Cobb DS, Gratton DG, *et al.* Ceramic materials for porcelain veneers. Part I: Correlation between translucency parameters and contrast ratio. *J Prosthet Dent* 2013;110(5):397-401.
29. Hallmann L, Ulmer P, Kern M. Effect of microstructure on the mechanical properties of lithium disilicate glass-ceramics. *J Mech Behav Biomed Mater* 2018;82:355-70.
30. Gómez-Polo C, Muñoz MP, Luengo MCL, Vicente P, Galindo P, Casado AMM. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *J Prosthet Dent* 2016;115(1):65-70.
31. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Iguel C, Linninger M, *et al.* Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent* 2015;27 Suppl 1:S1-9.
32. Chu SJ, Mieleszko AJ. Color matching strategies for non-vital discolored teeth: part 2. In-vivo bleaching options for discolored teeth preparations. *J Esthet Restor Dent* 2015;27 Suppl 1:S18-23.
33. Dotto L, Soares Machado P, Slongo S, Rocha Pereira GK, Bacchi A. Layering of discolored substrates with high-value opaque composites for CAD-CAM monolithic ceramics. *J Prosthet Dent* 2021;126(1):128.e1-e6.
34. Bacchi A, Boccardi S, Alessandretti R, Pereira GKR. Substrate masking ability of bilayer and monolithic ceramics used for complete crowns and the effect of association with an opaque resin-based luting agent. *J Prosthodont Res* 2019;63(3):321-6.
35. Suliman S, Sulaiman TA, Olafsson VG, Delgado AJ, Donovan TE, Heymann HO. Effect of time on tooth dehydration and rehydration. *J Esthet Restor Dent* 2019;31(2):118-23.
36. Hatırlı H, Karaarslan E, Yaşa B, Kılıç E, Yaylacı A. Clinical effects of dehydration on tooth color: How much and how long? *J Esthet Restor Dent* 2021;33(2):364-70.