ผลของระยะเวลาฉายแสงต่อความเสถียรสีของบัลค์ฟิลล์เรซินคอมโพสิตในสารแช่ต่างชนิดโดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ในการวิเคราะห์

The Effect of Light Curing Time on the Color Stability of Bulk Fill Composite Resins in Different Immersion Media : Spectrophotometer Analysis

กิตติศักดิ์ ศิริกันไชย[1], ธนพัฒน์ ศาสตระรุจิ[2], อรณิชา ธนัทวรากรณ์[3], ทวีศักดิ์ ประสานสุทธิพร[4], ทัดจันทร์ ครองบารมี[4], สุมนา จิตติเดชารักษ์[4]
[1]โรงพยาบาลเชียงรายประชานุเคราะห์ จังหวัดเชียงราย
[2]ศูนย์วิจัยทางทันตแพทยศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[3]คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
[4]ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Kittisak Sirikunchai[1], Thanapat Sastraruji[2], Ornnicha Thanatvarakorn[3], Taweesak Prasansuttiporn[4], Tadchan Krongbaramee[4], Sumana Jittidecharaks[4]
[1]Chiang Rai Prachanukroh Hospital, Chiang Rai
[2]Dentistry Research Center, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University
[3]Faculty of Dentistry, Bangkokthonburi University, Bangkok
[4]Department of Restorative Dentistry and Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม. ทันตสาร 2562; 40(3) : 91-101
CM Dent J 2019; 40(3) : 91-101

Received: 1 February, 2019
Revised: 18 April, 2019
Accepted: 15 May, 2019

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาของการฉายแสง และชนิดของสารแช่ต่อการติดสีของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์และแบบดั้งเดิม

วิธีการวิจัย: เตรียมชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตทรงกลมแบน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร สูง 4 มิลลิเมตร จากวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์และแบบดั้งเดิมอย่างละ 120 ชิ้น โดยการอุดแบบ

Abstract

Objective: To evaluated the effect of light curing time and immersion media on the color stability between bulk fill resin composites and conventional resin composites.

Methods: The resin composites specimens were divided in 2 groups following the type of resin composites (bulk fill resin composites and

Corresponding Author:

สุมนา จิตติเดชารักษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ดร. ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Sumana Jittidecharaks
Assistant Professor, Dr., Department of Restorative Dentistry and Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand
E-mail: ***sumana.j@cmu.ac.th***

ก้อนเดียว (bulk-filling technique) แล้วทำการฉายแสงด้านบนด้วยระยะเวลาฉายแสงที่ต่างกัน คือ 10 วินาที 20 วินาที และ 40 วินาที ชิ้นทดสอบในแต่ละกลุ่มถูกแบ่งไปแช่ในน้ำกลั่น (DI) สารละลายมีสี (CL) สารละลายมีสีผสมโซดา (SD) และสารละลายมีสีผสมแอลกอฮอล์ (AL) อย่างละเท่า ๆ กัน ชิ้นงานถูกวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ โดยวัดสีด้านล่างของชิ้นงานหลังฉายแสงทันทีและหลังจากแช่ในสารแช่ 30 วัน นำค่าความต่างสีก่อนและหลังแช่มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสามทางและเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธีทดสอบชนิดทูคีย์เอชเอสดีที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษา: ค่าเฉลี่ยความต่างสีของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิมมีค่าสูงกว่าวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ในทุกกลุ่มระยะเวลาฉายแสง โดยค่าเฉลี่ยความต่างสีของกลุ่มฉายแสง 10 วินาที มีค่าสูงกว่ากลุ่ม 20 และ 40 วินาที แต่ระหว่างกลุ่ม 20 และ 40 วินาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นกลุ่มของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิม ที่แช่ในสารละลายมีสีผสมแอลกอฮอล์ที่ค่าเฉลี่ยความต่างสีของกลุ่มฉายแสง 40 วินาที น้อยกว่ากลุ่มฉายแสง 20 วินาที และพบว่าสารละลายมีสีผสมแอลกอฮอล์มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความต่างสีสูงสุด

สรุปผลการศึกษา: เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาฉายแสง กลุ่มที่มีการติดสีมากที่สุดคือ กลุ่มที่ฉายแสง 10 วินาที เมื่อพิจารณาที่ชนิดของสารแช่ กลุ่มที่แช่ในสารละลายมีสีผสมแอลกอฮอล์มีการติดสีมากที่สุด และเมื่อพิจารณาชนิดของวัสดุพบว่า กลุ่มของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิมมีการติดสีมากกว่ากลุ่มของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์

คำสำคัญ: เรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ ความเสถียรสี สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ระยะเวลาฉายแสง สารแช่

conventional resin composites), prepared by using a metal tablet-shape mold, which was 6 mm in diameter and 4 mm in thickness (n=120). Then, each group was divided in 3 subgroups following the light curing time; 10, 20 and 40 seconds. Each subgroup was divided for 4 immersion media; distilled water (DI), colorant water (CL), colorant water with carbonated (SD) and colorant water with alcohol (AL). Color difference (ΔE) was evaluated by the spectrophotometer at the bottom of the specimens after cured and 30 days after immersed in those solutions. Data were statistically analyzed by Three-ways ANOVA and Tukey HSD's multiple comparison ($p < 0.05$).

Result: The group of conventional resin composites had a higher mean color difference than bulk fill resin composites. The group of 10 seconds light curing time had a higher mean color difference than the groups of 20 and 40 seconds. There was no statistically significant difference between the groups of 20 and 40 seconds, except the group of 40 seconds light curing time in conventional resin composites which immersed in colorant water with alcohol had a lower mean color difference than the group of 20 seconds. The group of colorant water with alcohol had the highest mean color difference.

Conclusion: The group of 10 seconds light curing time and the group which immersed in colorant water with alcohol had the highest mean color difference. The group of conventional resin composites had a higher mean color difference than bulk fill resin composites.

Keywords: bulk fill resin composite, color stability, spectrophotometer, light curing time, immersion media

บทนำ

ปัจจุบันวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต (resin composites) ได้รับความนิยมสูงในการบูรณะฟัน เนื่องจากมีสีเหมือนฟันธรรมชาติและมีความแข็งแรงเพียงพอต่อแรงบดเคี้ยว[1] จึงสามารถใช้ได้ในการบูรณะทั้งในฟันหน้าและฟันหลัง แต่ข้อจำกัดหนึ่งของการบูรณะด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิมคือ ในกรณีที่โพรงฟันลึก การใช้วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิมในการบูรณะฟันจะต้องทำการบูรณะเป็นชั้นๆ ชั้นละไม่เกิน 2 มิลลิเมตร เพื่อให้เกิดการบ่มตัวที่สมบูรณ์ของวัสดุ[1] ทำให้ทันตแพทย์ต้องใช้เวลาในการทำงานนาน และอาจเกิดข้อผิดพลาดระหว่างการบูรณะในแต่ละชั้นได้ เช่นเกิดฟองอากาศหรือเกิดการปนเปื้อนระหว่างชั้น ทำให้เกิดความล้มเหลวในการรักษา[2] ดังนั้นจึงมีการพัฒนาคิดค้นวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดใหม่ขึ้นมาเพื่อลดปัญหาดังกล่าว วัสดุชนิดนี้ก็คือ เรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ (bulk fill resin composites)

วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้สามารถบูรณะเป็นก้อนได้หนา 4 มิลลิเมตร เนื่องจากมีการปรับปรุงส่วนประกอบต่างๆ ในตัววัสดุ[3] เช่นปรับปรุงความใสของวัสดุ เพิ่มขนาดของวัสดุอัดแทรกและลดปริมาณของวัสดุอัดแทรก เพื่อลดการกระเจิงแสงและให้แสงสามารถผ่านได้ลึกขึ้น ปรับปรุงส่วนของสารตั้งต้นการเกิดปฏิกิริยาด้วยแสง (photo initiator) ที่ไวต่อแสงกระตุ้นมากขึ้น ทำให้วัสดุสามารถบูรณะเป็นก้อนได้หนาขึ้น[3] จึงลดปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการบูรณะเป็นชั้นๆ ของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิม ช่วยลดเวลาในการทำงานของทันตแพทย์ลง

ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization reaction) ของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตเริ่มต้นเมื่อถูกกระตุ้นด้วยการฉายแสง โดยเวลาในการฉายแสงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ หากมีระยะเวลาฉายแสงที่เหมาะสม ปริมาณการเกิดพอลิเมอร์จะเกิดขึ้นอย่างเพียงพอ แต่หากระยะเวลาฉายแสงน้อยเกินไป ปริมาณการเกิดพอลิเมอร์จะน้อยหรือเกิดเพียงบางส่วน ส่งผลให้คุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตลดลง[4,5] ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุ รวมไปถึงความเสถียรสีของวัสดุที่ลดลง และเมื่อผ่านการใช้งานไประยะหนึ่งวัสดุมีการสัมผัสกับของเหลวในช่องปาก อาหาร และเครื่องดื่มต่างๆ ทำให้เกิดการติดสีเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้สีของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตมีการเปลี่ยนแปลงไป[6] ยิ่งวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตมีการสัมผัสสารมีสีเหล่านี้เป็นระยะเวลาที่นานขึ้น สีของวัสดุบูรณะก็จะยิ่งเปลี่ยนแปลงไปมากจนสามารถแยกความแตกต่างระหว่างสีของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตกับฟันธรรมชาติได้ ส่งผลต่อความสวยงามและทำให้ผู้ป่วยขาดความมั่นใจในการใช้ชีวิตประจำวันและเป็นเหตุผลหลักที่ทั้งทันตแพทย์และผู้ป่วยพิจารณาเรื่อเปลี่ยนวัสดุใหม่ทดแทน[7]

นอกจากปัจจัยข้างต้นแล้ว ยังมีอีกหลายๆ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเสถียรสีของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต โดยแบ่งเป็นปัจจัยภายใน[8] และปัจจัยภายนอก[9] โดยปัจจัยภายใน[8] คือ องค์ประกอบภายในตัววัสดุที่ส่งผลต่อความเสถียรสี เช่น ชนิดของเรซินเมทริกซ์ (resin matrix)[10-12] ชนิดของวัสดุอัดแทรก (filler)[13] ความต่างของค่าดัชนีหักเหแสงของวัสดุอัดแทรกกับเรซินเมทริกซ์ (refractive index)[14] จำนวนมอนอเมอร์ที่หลงเหลืออยู่หลังปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (residual monomer)[15,16] ส่วนปัจจัยภายนอก[9] คือสภาวะแวดล้อมที่ส่งผลต่อความเสถียรสีของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต ได้แก่ สารมีสีในอาหารและเครื่องดื่ม (colorant in food and drink)[17-20] ระยะเวลาการสัมผัสกับสารมีสี[21] ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)[22,23] ชนิดของสารแช่[24,25] ความเข้มแสงที่ใช้ (light intensity) ความขรุขระของผิววัสดุบูรณะ (surface roughness)[20]

จากการพัฒนาส่วนประกอบต่างๆ ในวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ให้สามารถเกิดการบ่มตัวได้ลึกกว่าวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิม จึงเป็นที่น่าสนใจว่าระยะเวลาฉายแสงจะมีผลต่อความเสถียรสีของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์เมื่อแช่ในสารละลายต่างชนิดและแตกต่างจากวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิมหรือไม่

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาของการฉายแสงและชนิดของสารแช่ต่อการติดสีของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์และแบบดั้งเดิม โดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ในการวิเคราะห์

วิธีดำเนินการวิจัย

เตรียมชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตทรงกลมแบน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร สูง 4 มิลลิเมตร จากวัสดุบูรณะโซนิกฟิลล์ทู (SonicFill™ 2, Kerr

Corporation, Orange, CA, USA) สี A2 (A2 shade) ซึ่งเป็นวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ และวัสดุบูรณะเฮอร์คูไลต์อัลตรา (Herculite™ Ultra, Kerr Corporation, Orange, CA, USA) สี A2 (A2 shade) เป็นวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิม (รายละเอียดวัสดุที่ใช้แสดงในตารางที่ 1) จำนวนกลุ่มละ 120 ชิ้น โดยการอุดแบบก้อนเดียว (bulk-filling technique) ในแบบหล่อโลหะแยกส่วน (metal split mold) ปิดด้านบนและล่างด้วยแผ่นพลาสติกบาง (mylar strip) กดด้วยแผ่นแก้ว (glass slide) ให้เรียบ นำแผ่นแก้วออกแล้วทำการฉายแสงด้านบนด้วยระยะเวลาฉายแสงที่ต่างกัน คือ 10 วินาที 20 วินาที และ 40 วินาที โดยใช้เครื่องฉายแสงเดมีอัลตรา (Demi ultra, Kerr Corporation, Orange, CA, USA) ความเข้มข้น 1,100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (1,100 mW/cm^2) ฉายโดยให้ปลายแท่งแก้วของเครื่องฉายแสงสัมผัสกับแผ่นพลาสติกบาง

ชิ้นงานในแต่ละกลุ่มถูกแบ่งไปแช่ทันทีหลังจากวัดค่าสี โดยแช่ในน้ำกลั่น (DI) สารละลายมีสี (น้ำกลั่นผสมสีผสมอาหารซันเซตเยลโลชนิดน้ำ ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร: CL) สารละลายมีสีผสมโซดา (โซดาผสมสีผสมอาหารซันเซตเยลโลชนิดน้ำ ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร: SD) และสารละลายมีสีผสมแอลกอฮอล์ (แอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 40 ผสมสีผสมอาหารซันเซตเยลโลชนิดน้ำ ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร: AL) อย่างละเท่า ๆ กัน โดยก่อนแช่จะวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของสารแช่ก่อน โดยใช้เครื่องวัดระดับความเป็นกรดด่าง (pH meter, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) โดยแช่ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ชิ้นงานทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์ความต่างสีด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotomrter, Colorquest XE, Hunter lab, Reston, VA, USA) วิเคราะห์สีที่ด้านล่างของชิ้นงานเนื่องจากการศึกษานี้ต้องการศึกษาปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ที่ความหนา 4 มิลลิเมตร เทียบกับวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิม โดยวิเคราะห์สีหลังฉายแสงทันที และหลังแช่ในสารแช่ 30 วัน โดยล้างชิ้นงานที่แช่ด้วยการผ่านน้ำประปาเป็นเวลา 1 นาที ซับให้แห้งก่อนวัด นำข้อมูลมาเปรียบเทียบและหาค่าความต่างสี โดยค่าที่ได้เป็นค่าในระบบสีซีไออีแอลเอบี (CIELAB) ซึ่งประกอบไปด้วยค่า 3 องค์ประกอบ คือ L* a* และ b* โดยค่าแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

L* คือ ค่าความสว่าง (Luminance) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 โดยค่าที่ 0 คือสีดำ และ ค่าที่ 100 คือสีขาวเป็นสัดส่วนกับค่าสีในระบบสีมันเซลล์ (Munsell color system) และอธิบายลักษณะสีที่ไม่เกี่ยวข้องกับรงควัตถุของสี

a* คือ ค่าของสีไล่จากแดงไปเขียว โดยค่า +a* แสดงถึงสีแดงเด่น ส่วนค่า –a* แสดงถึงสีเขียวเด่น

b* คือ ค่าของสีไล่จากเหลืองไปน้ำเงิน โดยค่าของ +b* แสดงถึงสีเหลืองเด่น และค่า -b* แสดงถึงสีม่วง/น้ำเงินเด่น

ความต่างสี (ΔE) คำนวณได้จากสูตร $\Delta E^*ab = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$[26,27]

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS V22.0 (SPSS Inc., IL, USA) ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสามทาง (Three-way ANOVA) ตามด้วยการ

ตารางที่ 1 *แสดงชนิดส่วนประกอบและบริษัทผู้ผลิตของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต*

Table 1 *Type of resin composites, compositiona and manufacturer*

วัสดุ	ชนิด	ส่วนประกอบ	บริษัทผู้ผลิต
SonicFill™ 2 (Lot No. 6193632)	Bulk fill resin composite	Matrix : Ethoylated Bis-GMA, TEGDMA, Bis-EMA Filler : (42.5%vol) (64.5%wt) Barium glass, silicon dioxide, aluminium boron	Kerr Corporation, Orange, CA, USA
Herculite™ Ultra (Lot No. 6156795)	Nanohybrid conventional resin composite	Matrix : Ethoylated Bis-GMA, TEGDMA Filler : (55.6%vol) (72.5%wt) Quartz, barium glass filler (0.4 μm), colloidal silicon dioxide (0.02-0.05 μm)	Kerr Corporation, Orange, CA, USA

Bis-GMA : 2,2-bis[4-(2-hydroxy-3-methacryloxypropoxy)-phenyl] propane
Bis-EMA : 2,2-bis-4-2-(hydroxi-3-methylacriloxietoxi)-phenylpropane
TEGDMA : Trimethylene glycol dimethacrylate

เปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธีทดสอบทูคีย์เอชเอสดี (Tukey HSD's multiple comparison) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ด้วยสถิติความแปรปรวนสามทางพบว่า มีความสัมพันธ์กันของปัจจัยระยะเวลาฉายแสง ชนิดของเรซินคอมโพสิต และชนิดของสารแช่ที่ระดับความสำคัญ $p < 0.01$ โดยมีค่าเฉลี่ยความต่างสี (ΔE) ของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาฉายแสงและสารแช่ต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของสารแช่ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 3

จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยความต่างสีของชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิมมีค่าสูงกว่าวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิล เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาฉายแสงกลุ่มที่ฉายแสง 10 วินาที มีค่าเฉลี่ยความต่างสีสูงสุดและเมื่อพิจารณาชนิดของสารแช่ กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยความต่างสีสูงสุดคือกลุ่มที่แช่ในสารละลายมีสีผสมแอลกอฮอล์ การเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นงานทั้งหมดหลังจากแช่สารละลายไป 30 วัน แสดงในรูปที่ 1

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษานี้ต้องการศึกษาผลของระยะเวลาฉายแสงและชนิดของสารแช่ต่อการติดสีของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์และแบบดั้งเดิม ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยความต่างสีของชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิม (เฮอร์คูไลต์อัลตรา) มีค่าสูงกว่าวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ (โซนิกฟิลล์ทู) เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาฉายแสง กลุ่มที่ฉายแสง 10 วินาที มีค่าเฉลี่ยความต่างสีสูงสุดและเมื่อพิจารณาชนิดของสารแช่กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยความต่างสี

ตารางที่ 2 *แสดงค่าเฉลี่ยความต่างสีและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต*

Table 2 *Mean color difference and standard deviation of resin composites specimens*

Curing time	Sonic Fill ll				Herculite Ultra			
	DI	CL	SD	AL	DI	CL	SD	AL
10s	$5.28\pm0.16^{A,a}$	$5.47\pm0.22^{A,a}$	$5.89\pm0.30^{A,a}$	$7.49\pm1.97^{B,a}$	$8.81\pm0.54^{C,a}$	$9.47\pm0.26^{C,a}$	$9.51\pm0.35^{C,a}$	N/A
20s	$4.77\pm0.48^{A,b}$	$4.88\pm0.55^{AB,b}$	$4.92\pm0.62^{AB,b}$	$6.89\pm0.63^{C,a}$	$5.82\pm1.53^{B,b}$	$7.44\pm0.23^{C,b}$	$7.77\pm0.38^{C,b}$	$8.92\pm0.56^{D,a*}$
40s	$4.78\pm0.40^{A,b}$	$4.80\pm0.47^{A,b}$	$5.35\pm0.40^{A,b}$	$6.28\pm0.45^{B,a}$	$5.26\pm0.20^{A,b}$	$7.35\pm0.55^{C,b}$	$7.97\pm0.33^{CD,b}$	$7.87\pm0.60^{D,b*}$

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ภาษาอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงค่าเฉลี่ยความต่างสีต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแนวนอน ($p < 0.05$)

ตัวอักษรพิมพ์เล็กภาษาอังกฤษที่ต่างกันหมายถึงค่าเฉลี่ยความต่างสีต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแนวตั้ง ($p < 0.05$)

** เปรียบเทียบด้วยการทดสอบที*

N/A = ไม่นำข้อมูลมาพิจารณา

DI=น้ำกลั่น, CL=สารละลายมีสี, SD=สารละลายมีสีผสมโซดา, AL=สารละลายมีสีผสมแอลกอฮอล์

Value expressing the Mean±SD followed by similar upper case in a row indicates as non-significantly difference at $p < 0.05$

Values expressing the Mean±SD followed by similar lower case in a column indicates as non-significantly difference at $p < 0.05$

**T-test*

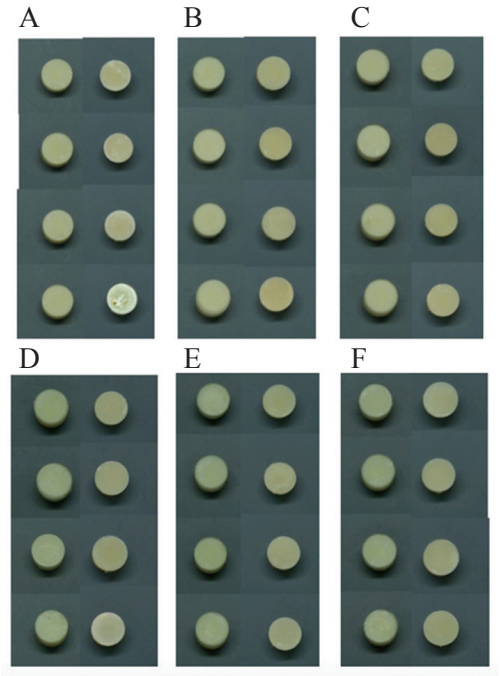
N/A=not applicable

DI=distilled water, CL=colorant water, SD= colorant water with carbonated, AL= colorant water with alcohol

ตารางที่ 3 *แสดงค่าความเป็นกรดด่างของสารแช่*

Table 3 *pH value of the solutions*

Immersion media	pH
DI	6.78
CL	5.45
SD	5.35
AL	4.64



รูปที่ 1 *การเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นงานทั้งหมดหลังจากแช่สาร ละลายไป 30 วัน*
แสดงสีของชิ้นงานวัสดุเฮอร์คูไลต์อัลตราที่ฉายแสง (A) 10 (B) 20 วินาที และ (C) 40 วินาที
แสดงสีของชิ้นงานวัสดุโซนิกฟิลล์ทูที่ฉายแสง (D) 10 วินาที (E) 20 วินาที และ (F) 40 วินาที
โดยแถวในแนวตั้งซ้ายมือคือสีหลังจากฉายแสง แถวในแนวตั้งขวามือคือสีหลังจากแช่สารแช่ 30 วัน ส่วนแถวในแนวนอนเรียงตามชนิดของสารแช่ แถวที่ 1 คือ น้ำกลั่น (DI) แถวที่ 2 คือสารละลายมีสี (CL) แถวที่ 3 คือ สารละลายมีสีผสมโซดา (SD) และแถวที่ 4 คือ สารละลายมีสีผสมแอลกอฮอล์ (AL)

Figure 1 *The color changed of the specimens after 30 days immersed in the solutions*
Herculite Ultra specimens following the light curing time (A) 10 (B) 20 and (C) 40 seconds
Sonic Fill specimens following the light curing time (D) 10 (E) 20 and (F) 40 seconds
Left column shown as the color of the specimens after light curing and the right column shown as the color of the specimens after 30 days immersed in the solutions. By the row, shown as the color of the specimens which immersed in distilled water (DI), colorant water (CL), colorant water with carbonated (SD) and colorant water with alcohol (AL) from the first to the last row.

สูงสุดคือ กลุ่มที่แช่ในสารละลายมีสีผสมแอลกอฮอล์ แสดงให้เห็นว่าทั้งปัจจัยของระยะเวลาฉายแสง ชนิดของสารแช่ และชนิดของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตมีผลต่อการติดสีของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต

วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงจะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันเมื่อได้รับแสงจากเครื่องฉายแสง หากวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตได้รับแสงในปริมาณที่เพียงพอปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ก็จะมาก แต่ในกรณีที่ได้รับปริมาณแสงไม่เพียงพอปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ก็จะน้อย ทำให้มีมอนอเมอร์ที่ไม่ทำปฏิกิริยาหลงเหลืออยู่มาก ซึ่งส่งผลเสียต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุ รวมไปถึงความเสถียรสีด้วย[28] โดยความเสถียรสีของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตสามารถนำมาใช้ในการประเมินปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของวัสดุทางอ้อมได้ จากการศึกษาของ Silami และคณะ ปี 2013 พบว่าวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตที่มีปริมาณการเกิดพอลิเมอร์น้อยจะเกิดการติดสีได้มากกว่า[29] เนื่องจากมีมอนอเมอร์ที่หลงเหลืออยู่ โดยบางส่วนจะละลายและหลุดออกมาเมื่อวัสดุสัมผัสกับน้ำ ทำให้เกิดช่องว่างภายในวัสดุเพิ่มขึ้นการดูดน้ำจึงมากขึ้น ทำให้วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตเกิดการเสื่อมสภาพและเปลี่ยนสี[29,30] ดังนั้นเมื่อวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตมีปริมาณการเกิดพอลิเมอร์มากกว่าจะมีความเสถียรสีที่ดีกว่า

แสงเป็นปัจจัยมีผลต่อปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต[28] จากการศึกษาของ Rueggeberg และคณะ ปี 2009 พบว่าระยะเวลาฉายแสงมีผลต่อปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ หากระยะเวลาฉายแสงน้อยจะทำให้ปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตน้อย[31] ซึ่งส่งผลเสียทำให้คุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตด้อยลง โดย Rueggeberg ได้แนะนำว่าวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิมที่ความหนา 2.5 มิลลิเมตร ควรฉายแสงอย่างน้อย 20 วินาที เพื่อให้ปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ที่เพียงพอ[31] ในการศึกษานี้เมื่อพิจารณาระยะเวลาฉายแสง พบว่าในกลุ่มของชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตที่ระยะเวลาฉายแสง 10 วินาที มีค่าเฉลี่ยความต่างสีมากกว่ากลุ่ม 20 วินาที และกลุ่ม 40 วินาที แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาฉายแสงน้อยทำให้ปริมาณการเกิดพอลิเมอร์น้อย ความเสถียรสีจึงต่ำ และในกลุ่มของชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิมระยะเวลาฉายแสง 10 วินาที ที่แช่ในสารละลาย

มีสีผสมแอลกอฮอล์พบว่าพื้นผิวด้านล่างของชิ้นทดสอบเกิดการสึกกร่อนเป็นหลุมและมีสีขาวขุ่นทำให้ไม่สามารถวัดค่าสีของชิ้นทดสอบได้ ดังนั้นจึงไม่นำกลุ่มนี้มาพิจารณาร่วมกับกลุ่มอื่น ๆ โดยสาเหตุที่พื้นผิวด้านล่างของชิ้นทดสอบในกลุ่มดังกล่าวเป็นเช่นนี้ เนื่องจากชิ้นงานที่ฉายแสง 10 วินาที มีปริมาณการเกิดพอลิเมอร์น้อยร่วมกับการแช่ในสารละลายมีสีผสมแอลกอฮอล์ ซึ่งมีผลทำให้มอนอเมอร์ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาหลุดออกมาเป็นจำนวนมากร่วมกับการทำลายพันธะระหว่างเรซินเมทริกซ์กับวัสดุอัดแทรกของแอลกอฮอล์ ทำให้วัสดุอัดแทรกบางส่วนหลุดออกมาเกิดเป็นหลุมและรูพรุนที่พื้นผิวด้านล่างของชิ้นทดสอบ จากการศึกษาของ Ferracane และ Marker ปี 1992 พบว่าแอลกอฮอล์มีผลทำให้เกิดการทำลายพันธะระหว่างเรซินเมทริกซ์กับวัสดุอัดแทรกมากกว่าน้ำ[32] และจากการที่ชิ้นทดสอบเกิดรูพรุนเป็นผลให้สีที่มองเห็นเป็นสีขาวขุ่นแตกต่างไปจากการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นทดสอบกลุ่มอื่น ๆ เนื่องจากค่าดัชนีการหักเหแสงที่ต่างกัน[14] ของวัสดุและอากาศที่แทรกอยู่

ในส่วนของกลุ่มชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตทั้งสองชนิดที่ระยะเวลาฉายแสง 20 และ 40 วินาที นั้นพบว่ามีค่าเฉลี่ยความต่างสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยในกลุ่มของชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ที่ระยะเวลาฉายแสง 20 และ 40 วินาที หลังจากแช่สารแช่ 30 วันมีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยกว่าในกลุ่มของชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิม เนื่องจากชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์เมื่อฉายแสง 20 วินาที สามารถเกิดพอลิเมอร์ได้อย่างเพียงพอที่ความหนา 4 มิลลิเมตร[33] ดังนั้นการเพิ่มระยะเวลาฉายแสงเป็น 40 วินาที จึงส่งผลไม่แตกต่างกับ 20 วินาที ในแง่ของความต่างสี ในขณะที่กลุ่มของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิมนั้น แสงไม่สามารถส่องผ่านลงไปได้ถึงด้านล่างชิ้นทดสอบ[34] ปริมาณการเกิดพอลิเมอร์จึงไม่ได้เพิ่มขึ้นแม้จะเพิ่มระยะเวลาฉายแสงจาก 20 วินาทีเป็น 40 วินาที

แสงที่ออกจากเครื่องฉายแสงเมื่อผ่านวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตจะเกิดการสะท้อนและหักเหของแสงทำให้ความเข้มแสงลดลง ยิ่งวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตมีความหนาเพิ่มขึ้น ความเข้มแสงก็จะยิ่งลดลงนอกจากนั้นแล้วองค์ประกอบภายในของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตก็ส่งผลให้ความเข้มแสงลดลงได้ เช่น ขนาดและปริมาณของวัสดุอัดแทรก โดยที่วัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่หรือมีปริมาณวัสดุอัดแทรกมากจะสะท้อนและหักเหแสงมากทำให้ความเข้มแสงลดลง ส่งผลให้ปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตลดลง[28] จากผลการศึกษาเมื่อพิจารณาชนิดของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตพบว่า ชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิมมีค่าเฉลี่ยความต่างสีสูงกว่าชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ เนื่องจากในการศึกษานี้ชิ้นทดสอบมีความหนา 4 มิลลิเมตร ที่ด้านล่างของชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิมจึงมีปริมาณการเกิดพอลิเมอร์น้อยกว่าชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ทำให้เกิดการติดสีหรือมีการเปลี่ยนแปลงของสีมาก กว่า นอกจากนี้วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ (โซนิกฟิลล์ทู) ที่ใช้ในการศึกษานี้มีการปรับปรุงมอนอเมอร์และวัสดุอัดแทรกให้มีส่วนของค่าดัชนีหักเหแสงใกล้เคียงกัน แสงจึงส่องผ่านลงไปได้ลึกกว่าในวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิม (เฮอร์คูไลต์อัลตรา) จากการศึกษาของ Tarle และคณะปี 2006 และ Par และคณะปี 2015 ทดสอบปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์และแบบดั้งเดิมที่ระยะความหนาต่าง ๆ ของวัสดุ โดยใช้เครื่องรามานสเปคโตรสโคปี (Raman spectroscopy) ในการวิเคราะห์พบว่า ที่ผิวด้านบนของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์และแบบดั้งเดิมมีปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ร้อยละ 59-71 และ ร้อยละ 50-75 ตามลำดับ[35,36] และเมื่อวัดที่ระดับความหนา 4 มิลลิเมตร พบว่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ลดลงร้อยละ 2.9-19.7 เมื่อเทียบกับผิวด้านบน ส่วนในวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิมลดลงมากถึงร้อยละ 44.3-55.5[35,36] แสดงให้เห็นว่าที่ระยะความหนา 4 มิลลิเมตร วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์มีปริมาณการเกิดพอลิเมอร์มากกว่าวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิม[35-37]

นอกจากปริมาณการเกิดพอลิเมอร์จะมีผลต่อการดูดน้ำของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแล้วยังมีการหลายศึกษาพบว่าชนิดและปริมาณของมอนอเมอร์และวัสดุอัดแทรกที่เป็นส่วนประกอบในวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตก็มีผลด้วยเช่นกัน[10-13,38-43] โดยมอนอเมอร์ที่มีความชอบน้ำ (hydrophilicity) สูงจะดูดน้ำมากกว่า[39,40] ในการศึกษานี้ใช้โซนิกฟิลล์ทูและเฮอร์คูไลต์อัลตราที่มีส่วนประกอบของมอนอเมอร์ส่วนใหญ่เหมือนกันคือเป็นบิสจีเอ็มเอ (Bis-GMA) และ

เทกดีมา (TEGDMA) แม้ว่าในโซนิกฟิลล์ทูจะมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณมอนอเมอร์ชนิดบิสอีเอ็มเอซึ่งมีอัตราการดูดน้ำน้อยกว่าทั้งบิสจีเอ็มเอและเทกดีมา แต่ก็มีในปริมาณน้อย ดังนั้นปัจจัยชนิดของมอนอเมอร์จึงน่าจะไม่มีผลหรือมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการศึกษานี้

วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตเมื่อสัมผัสกับน้ำจะมีการแพร่ผ่านของน้ำเข้าไปในตัววัสดุ น้ำจะเข้าไปแทรกอยู่ในรูพรุนและช่องว่างระหว่างโมเลกุล[40] โดยน้ำจะไปทำลายพันธะเชื่อมต่าง ๆ ของมอนอเมอร์ รวมไปถึงพันธะที่เชื่อมระหว่างมอนอเมอร์และวัสดุอัดแทรกทำให้วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตเกิดการเสื่อมสลาย[32] เมื่อวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตเกิดการเสื่อมสลาย ความเสถียรสีก็จะลดลง ดังจะเห็นได้จากกลุ่มของชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตในการศึกษานี้ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของของสีเมื่อแช่ในน้ำกลั่น และเมื่อพิจารณาชนิดของสารแช่อื่น ๆ ในการศึกษานี้พบว่ากลุ่มของชิ้นทดสอบวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตที่แช่ในสารละลายมีสีผสมแอลกอฮอล์มีแนวโน้มเกิดการเปลี่ยนแปลงสีมากที่สุด โดยสอดคล้องกับหลาย ๆ การศึกษาที่พบว่าแอลกอฮอล์ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีมากกว่าน้ำ[44,45] เนื่องจากแอลกอฮอล์ ทำให้วัสดุเกิดการสลายตัว (degradation) เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งสารละลายมีสีผสมแอลกอฮอล์มีค่า ความเป็นกรดสูงกว่าสารแช่ชนิดอื่น ๆ ซึ่งสารแช่ที่มีความเป็นกรดสูงจะกระตุ้นให้เกิดการทำลายพันธะเอสเทอร์ของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต[46] และการทำลายพันธะเอสเทอร์นี้จะทำให้เกิดกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) เพิ่มมากขึ้นในวัสดุ[47] ซึ่งจะยิ่งเพิ่มความเป็นกรดภายในตัววัสดุ ส่งเสริมให้เกิดการการเสื่อมสลายของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตเพิ่มมากขึ้น เกิดการดูดน้ำเพิ่มขึ้น ความเสถียรสีจึงลดลง อีกทั้งการเสื่อมสลายนี้จะทำให้พื้นผิวของวัสดุเกิดความขรุขระ (surface roughness) มากขึ้น และส่งเสริมให้สารมีสีต่าง ๆ เข้ามาสะสมติดตามร่องที่ขรุขระนี้เกิดการติดสีที่เพิ่มมากขึ้น[22,23,48]

นอกจากนี้มีหลายการศึกษาใช้ค่าการละลาย (solubility parameter) เป็นตัววัดความสามารถในการละลายระหว่างวัสดุกับสารละลาย หากค่าการละลายของวัสดุกับสารละลายมีค่าใกล้เคียงกัน วัสดุจะละลายในสารนั้นได้ดี[44,49-51] ซึ่งแอลกอฮอล์มีค่าการละลายที่ใกล้เคียงกับมอนอเมอร์ในวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต จึงทำให้วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตในการศึกษานี้ละลายหรือเกิดการเสื่อมสลายในสารละลายมีสีผสมแอลกอฮอล์ได้มากกว่า ค่าเฉลี่ยความต่างสีในกลุ่มนี้จึงมากที่สุด สำหรับในสารละลายมีสีผสมโซดาในการศึกษานี้มีค่าความต่างสีไม่ต่างจากสารละลายมีสีในทุกกลุ่มการทดลอง แต่มีบางการศึกษาพบว่าน้ำอัดลมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตมากกว่าสารแช่อื่น ๆ[52] อาจเนื่องจากน้ำอัดลมมีความเป็นกรดสูง (pH=2-3) และเกิดจากการเติมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) เข้าไปในน้ำซึ่งจะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิก (carbonic acid) โดยกรดนี้จะไปกระตุ้นให้เกิดการละลายตัวของวัสดุเพิ่มมากขึ้นวัสดุจึงเกิดการเสื่อมสลายเร็วขึ้น[21,53]

แต่ในการศึกษานี้สารละลายมีสีผสมโซดาซึ่งใช้เป็นตัวแทนของน้ำอัดลมมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH=5.35) สูงกว่าน้ำอัดลมในท้องตลาด (pH=2-3) และสารละลายมีสีผสมโซดาในการศึกษานี้อาจมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่น้อยกว่าน้ำอัดลมในท้องตลาดจึงส่งผลให้ค่าความต่างสีไม่แตกต่างกับกลุ่มสารละลายมีสี ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่างที่ใกล้เคียงกัน นอกจากชนิดของสารแช่แล้ว จากหลายการศึกษายังพบว่าเวลาในการแช่เพิ่มขึ้นจะทำให้วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตมีการเปลี่ยนแปลงสีมากขึ้นเนื่องจากเกิดการเสื่อมสลายของวัสดุมากขึ้น[40,50] จึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของระยะเวลาของการแช่สารต่อการติดสีของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองภายใต้ขอบเขตการศึกษานี้สรุปได้ว่า การวัดความต่างสีที่ด้านล่างของวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิตที่มีความหนา 4 มิลลิเมตร เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาฉายแสง กลุ่มที่มีการติดสีมากที่สุดคือ กลุ่มที่ฉายแสง 10 วินาที เมื่อพิจารณาที่ชนิดของสารแช่พบว่า กลุ่มที่แช่ในสารละลายมีสีผสมแอลกอฮอล์มีการติดสีมากที่สุด และเมื่อพิจารณาชนิดของวัสดุพบว่า กลุ่มของเฮอร์คูไลต์อัลตรา (วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิม) มีการติดสีมากกว่ากลุ่มของโซนิกฟิลล์ทู (วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์)

เอกสารอ้างอิง

1. Ferracane JL. Resin composite-State of the art. *Dent Mater* 2011; 27(1): 29-38.
2. El-Safty S, Silikas N, Watts DC. Creep deformation of restorative resin-composites intended for bulk-fill placement. *Dent Mater* 2012; 28(8): 928-935.
3. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig* 2013; 17(1): 227-235.
4. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater* 1985; 1(1): 11-14.
5. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of selected component on crosslink density in polymer structures. *Eur J Oral Sci* 2001; 109(4): 282-285.
6. Uchida H, Vaidyanathan J, Viswanadhan T, Vaidyanathan TK. Color stability of dental composites as a function of shade. *J Prosthet Dent* 1998; 79(4): 372-377.
7. Braga SR, Vasconcelos BT, Macedo MR, Martins VR, Sobral MA. Reasons for placement and replacement of direct restorative materials in Brazil. *Quintessence Int* 2007; 38(4): 189-194.
8. Vogel R. Intrinsic and extrinsic discoloration of the dentition. (A literature review). *J Oral Med* 1975; 30(4): 99-104.
9. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao CV. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins-an in vitro study. *J Dent* 2010; 38(2): e137-e142.
10. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomater* 2003; 24(4): 655-665.
11. Ren YF, Feng L, Serban D, Malmstrom HS. Effects of common beverage colorants on color stability of dental composite resins: the utility of a thermocycling stain challenge model in vitro. *J Dent* 2012; 40(1): e48-e56.
12. Ertaş E, Güeler AU, Yüecel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J* 2006; 25(2): 371-376.
13. Yu B, Lim HN, Lee YK. Influence of nano-and micro-filler proportions on the optical property stability of experimental dental resin composites. *Materials & Design* 2010; 31(10): 4719-4724.
14. Shortall A, Palin W, Burtscher P. Refractive index mismatch and monomer reactivity influence composite curing depth. *J Dent Res* 2008; 87(1): 84-88.
15. Janda R, Roulet JF, Kaminsky M, Steffin G, Latta M. Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *Eur J Oral Sci* 2004; 112(3): 280-285.
16. Spahl W, Budzikiewicz H, Geurtsen W. Determination of leachable components from four commercial dental composites by gas and liquid chromatography/mass spectrometry. *J Dent* 1998; 26(2): 137-145.
17. Fujita M, Kawakami S, Hidehiko S. Color change of newly developed esthetic restorative material immersed in food-simulating solutions. *Dent Mater J* 2006; 25(2): 352-359.
18. Fontes ST, Fernández MR, de Moura CM, Meireles SS. Color stability of a nanofill composite: effect of different immersion media. *J Appl Oral Sci* 2009; 17(5): 388-391.

19. Domingos PA, Garcia PP, Oliveira AL, Palma-Dibb RG. Composite resin color stability: influence of light sources and immersion media. *J Appl Oral Sci* 2011; 19(3): 204-211.
20. Soares-Geraldo D, Scaramucci T, Steagall W Jr, Braga SR, Sobral MA. Interaction between staining and degradation of a composite resin in contact with colored foods. *Braz Oral Res* 2011; 25(4): 369-375.
21. Bagheri R, Tyas MJ, Burrow MF. Subsurface degradation of resin-based composites. *Dent Mater* 2007; 23(8): 944-951.
22. Guler AU, Kurt S, Kulunk T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *J Prosthet Dent* 2005; 93(5): 453-458.
23. Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, Shen C. The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. *J Am Dent Assoc* 2004; 135(5): 587-594.
24. Gürgan S, Önen A, Köprülü H. In vitro effects of alcohol-containing and alcohol-free mouthrinses on microhardness of some restorative materials. *J Appl Oral Sci* 1997; 24(3): 244-246.
25. Moreira AD, Mattos CT, de Araújo MV, Ruellas AC, Sant'anna EF. Chromatic analysis of teeth exposed to different mouthrinses. *J Dent* 2013; 41(5): e24-e27.
26. Yap A, Sim C, Loganathan V. Polymerization color changes of esthetic restoratives. *Oper Dent* 1999; 24(5): 306-311.
27. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent* 2010; 38(2): e2-e16.
28. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW, Davis HC. Factors affecting cure at depths within light-activated resin composites. *Am J Dent* 1993; 6(2): 91-95.
29. Silami FD, Mundim FM, Garcia Lda F, Sinhoreti MA, Pires-de-Souza Fde C. Color stability of experimental composites containing different photoinitiators. *J Dent* 2013; 41(3): e62-e66.
30. Neumann MG, Miranda Jr WG, Schmitt CC, Rueggeberg FA, Correa IC. Molar extinction coefficients and the photon absorption efficiency of dental photoinitiators and light curing units. *J Dent* 2005; 33(6): 525-532.
31. Rueggeberg FA, Cole MA, Looney SW, Vickers A, Swift EJ. Comparison of manufacturer-recommended exposure durations with those determined using biaxial flexure strength and scraped composite thickness among a variety of light-curing units. *J Esthet Restor Dent* 2009; 21(1): 43-61.
32. Ferracane JL, Marker VA. Solvent degradation and reduced fracture toughness in aged composites. *J Dent Res* 1992; 71(1): 13-19.
33. Jerri BA. Evaluate polymer degree of conversion of bulk-fill composite restoration. *J Dent and Med Sci* 2015; 9(7): 75-79.
34. Silikas N, Eliades G, Watts DC. Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. *Dent Mater* 2000; 16(4): 292-296.
35. Tarle Z, Knezevic A, Demoli N, et al. Comparison of composite curing parameters: effects of light source and curing mode on conversion, temperature rise and polymerization shrinkage. *Oper Dent* 2006; 31(2): 219-226.

36. Par M, Gamulin O, Marovic D, Klaric E, Tarle Z. Raman spectroscopic assessment of degree of conversion of bulk-fill resin composites–changes at 24 hours post cure. *Oper Dent* 2015; 40(3): e92-e101.
37. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dent Mater* 2013; 29(9): e213-e217.
38. Berger SB, Palialol ARM, Cavalli V, Giannini M. Characterization of water sorption, solubility and filler particles of light-cured composite resins. *Braz Dent J* 2009; 20(4): 314-318.
39. Venz S, Dickens B. NIR-spectroscopic investigation of water sorption characteristics of dental resins and composites. *J Biomed Mater Res* 1991; 25(10): 1231-1248.
40. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater* 2006; 22(3): 211-222.
41. Garoushi S, Lassila L, Hatem M, et al. Influence of staining solutions and whitening procedures on discoloration of hybrid composite resins. *Acta Odontol Scand* 2013; 71(1):144-150.
42. Oysaed H, Ruyter IE. Water sorption and filler characteristics of composites for use in posterior teeth. *J Dent Res* 1986; 65(11): 126-130.
43. Cai XL, Riedl B, Zhang SY, Wan H. Effects of nanofillers on water resistance and dimensional stability of solid wood modified by melamine-urea-formaldehyde resin. *Wood Fiber Sci* 2007; 39(2): 307-318.
44. Göpferich A. Mechanisms of polymer degradation and erosion. The Biomaterials: Silver Jubilee Compendium: Elsevier 2006; pp.117-128.
45. Wu W, McKinney JE. Influences of chemical on wear of dental composites. *J Dent Res* 1982; 61(10): 1180-1183.
46. Ferracane JL. Elution of leachable components from composites. *J Oral rehabil* 1994; 21(4): 441-542.
47. Prakki A, Cilli R, Mondelli RF, Kalachandra S, Pereira JC. Influence of pH environment on polymer based dental material properties. *J Dent* 2005; 33(2): 91-98.
48. Toz Akalin T, Genc G, Korkmaz Ceyhan Y, Ozturk Bozkurt F. The effect of mouth rinses on the color stability of sonicfill and a nanohybrid composite. *J Istanb Univ Fac Dent* 2016; 50(2): 17-23.
49. McKinney JE, Wu W. Chemical softening and wear of dental composites. *J Dent Res* 1985; 64(11): 1326-1331.
50. Marghalani HY, Watts DC. Viscoelastic stability of resin-composites aged in food-simulating solvents. *Dent Mater* 2013; 29(9): 963-970.
51. Sunbul HA, Silikas N, Watts DC. Surface and bulk properties of dental resin-composites after solvent storage. *Dent Mater* 2016; 32(8): 987-997.
52. Tunc ES, Bayrak S, Guler AU, Tuloglu N. The effects of children's drinks on the color stability of various restorative materials. *J Clin Pediatr Dent* 2009; 34(2): 147-150.
53. Tanthanuch S, Kukiattrakoon B, Siriporananon C, et al. The effect of different beverages on surface hardness of nanohybrid resin composite and giomer. *J Conserv Dent* 2014; 17(3): 261.

คลินิกทันตกรรมพิเศษ
Special Dental Clinic

เวลาเปิดทำการ
จันทร์ - เสาร์ 8.00 -20.30 น.
อาทิตย์ 8.00 - 16.30 น.
หยุดวันนักขัตฤกษ์ (เปิดให้บริการ 16.30 -20.30 น.)

ศูนย์บริการทางทันตกรรม ครบวงจร

โดยอาจารย์ทันตแพทย์ และทันตแพทย์ ในสาขาต่างๆ

ขูดหินปูน อุดฟัน ถอนฟัน ผ่าฟันคุด
Cleaning, Filling
Extraction, Oral surgery
ฟอกสีฟัน ครอบฟัน วีเนียร์แก้ไขสี รูปร่างฟัน
Tooth whitening
All ceramics crown
Porcelain veneer
ทันตกรรมรากเทียม
Dental Implant
ฟันปลอม
Denture
ทันตกรรมจัดฟัน
Orthodontic treatment
ทันตกรรมสำหรับเด็ก
Pediatric Dentistry
ทันตกรรมบูรณะเพื่อแก้ไขระบบบดเคี้ยว
Oral rehabilitation

ช่องทางการติดต่อ
Special Dental Clinic คลินิกทันตกรรมพิเศษ คณะทันตแพทยศาสตร์
Tel 081-8550101 หรือ 081-8550110
ชั้น 1 และ 2 อาคาร 45 ปีคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่