EFFECT OF CAVITY DEPTH ON COLOR MATCHING ABILITY OF DIFFERENT SHADE-SYSTEM RESIN COMPOSITES

Kanjanaporn NOIMANEE[1*], Apirat RITTHITI[1] and Nuttaphon KITTIKUNDECHA[1]

1 Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Thailand; kanjanaporn.noimanee@g.swu.ac.th (K. N.) (Corresponding Author)

ABSTRACT

This study aimed to compare the effects of composite type and cavity depth on color matching ability by measuring color difference (ΔE_{00}) using a spectrophotometer on 27 A2-shade acrylic teeth divided into 9 groups according to three composite types: Omnichroma, 3M™ Filtek™ Easy Match Universal, and Estelite Σ Quick, and three cavity depths of 1, 2, and 3 mm. Data were analyzed using One-Way ANOVA, Two-Way ANOVA, and post-hoc tests (Tukey HSD and Bonferroni) at a significance level of 0.05. Composite type significantly affected ΔE_{00} ($p<0.001$), with 3M™ Filtek™ Easy Match Universal showing the lowest values (3.23±0.55), followed by Omnichroma (4.63±1.05) and Estelite Σ Quick (5.74±0.77). Cavity depth also significantly affected ΔE_{00} ($p<0.001$), with values increasing as depth increased across all composite types. A significant interaction was found between composite type and cavity depth ($p=0.040$), indicating that the effect of cavity depth on color matching ability differed across composite types.

Keywords: Resin Composite, Color Matching Ability, Cavity Depth, Single Shade, Simplified Shade

CITATION INFORMATION: Noimanee, K., Ritthiti, A., & Kittikundecha, N. (2026). Effect of Cavity Depth on Color Matching Ability of Different Shade-System Resin Composites. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4*(7), 17.

ผลของความลึกโพรงฟันต่อความสามารถในการกลมกลืนสีของวัสดุเรซินคอมโพสิตต่างระบบเฉดสี

กาญจนาภรณ์ น้อยมณี[1*], อภิรัตน์ ฤทธิ์จิ๋ติ[1] และ ณัฐพล กิตติคุณเดชา[1]

1 คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; kanjanaporn.noimanee@g.swu.ac.th (กาญจนาภรณ์) (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของชนิดวัสดุเรซินคอมโพสิตและความลึกโพรงฟันต่อความสามารถในการกลมกลืนสี โดยวัดค่าความแตกต่างของสี (ΔE_{00}) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในฟันอะคริลิกเฉดสี A2 จำนวน 27 ชิ้น แบ่งเป็น 9 กลุ่ม ตามชนิดวัสดุเรซินคอมโพสิต 3 ชนิด ได้แก่ Omnichroma, 3M™ Filtek™ Easy Match Universal และ Estelite Σ Quick และความลึกของโพรงฟัน 3 ระดับ ได้แก่ 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร วิเคราะห์ข้อมูลด้วย One-Way ANOVA, Two-Way ANOVA และทดสอบรายคู่ด้วย Tukey HSD และ Bonferroni ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิจัยพบว่าชนิดของวัสดุมีผลต่อค่า ΔE_{00} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) โดย 3M™ Filtek™ Easy Match Universal มีค่า ΔE_{00} ต่ำที่สุด (3.23±0.55) รองลงมาคือ Omnichroma (4.63±1.05) และ Estelite Σ Quick (5.74±0.77) ความลึกของโพรงฟันมีผลต่อค่า ΔE_{00} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ($p<0.001$) โดยค่า ΔE_{00} เพิ่มขึ้นตามความลึกของโพรงฟันในวัสดุทุกชนิด และพบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดวัสดุและความลึกโพรงฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.040$) แสดงให้เห็นว่าผลของความลึกโพรงฟันต่อความสามารถในการกลมกลืนสีมีความแตกต่างกันตามชนิดของวัสดุ

คำสำคัญ: เรซินคอมโพสิต, ความกลมกลืนสี, ความลึกโพรงฟัน, เฉดสีเดียว, ซิมพลีเฉด

ข้อมูลการอ้างอิง: กาญจนาภรณ์ น้อยมณี, อภิรัตน์ ฤทธิ์จิ๋ติ และ ณัฐพล กิตติคุณเดชา. (2569). ผลของความลึกโพรงฟันต่อความสามารถในการกลมกลืนสีของวัสดุเรซินคอมโพสิตต่างระบบเฉดสี. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4*(7), 17.

บทนำ

ในปัจจุบันการบูรณะฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตเป็นที่นิยมแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมทั้งด้านความสวยงาม ความแข็งแรง และการยึดติดกับเนื้อฟัน อย่างไรก็ตาม ความท้าทายสำคัญคือการเลือกเฉดสีให้กลมกลืนกับฟันธรรมชาติ โดยเฉพาะเมื่อโพรงฟันมีความลึกแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อความทึบแสงและการสะท้อนแสงของวัสดุ (Kobayashi et al., 2021) ดังนั้นการบูรณะฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตให้มีสีที่เหมือนหรือใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติของผู้ป่วยอาจต้องใช้ เทคนิคการบูรณะแบบหลายชั้น (Multilayering technique) โดยใช้ระบบการเลือกเฉดสีของวัสดุเรซินคอมโพสิตแบบดั้งเดิมคือมีหลากเฉดสี (Multi-shade resin composite) ทำให้ทันตแพทย์ต้องใช้เวลาและทักษะความชำนาญในการเลือกเฉดสีที่เหมาะสม และต้องเก็บสต็อกวัสดุหลายเฉดสี ซึ่งอาจส่งผลต่อต้นทุนและการบริหารจัดการในคลินิก

Korkut และคณะในปี 2023 (Korkut et al., 2023) ได้เสนอการจำแนกวัสดุเรซินคอมโพสิตตามศักยภาพการปรับสีออกเป็น 3 ระบบ ได้แก่ ชนิดพอลีเฉด ชนิดชิมพลีเฉด และชนิดโมโนเฉดยูนิเวอร์แซล โดยตัวแทนของแต่ละระบบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ Estelite Σ Quick, 3M™ Filtek™ Easy Match Universal และ Omnichroma ตามลำดับ Omnichroma ใช้เทคโนโลยีอนุภาคทรงกลมขนาด 260 นาโนเมตร (Tokuyama, 2019) ในการปรับสี และมีหลายการศึกษา (Chen et al., 2020; Durand et al., 2021; Iyer et al., 2021) แสดงว่ามีความสามารถในการกลมกลืนสีที่ดี (Eliezer R, 2020; Tokuyama, 2019) ในขณะที่ 3M™ Filtek™ Easy Match Universal ใช้เทคโนโลยี "Naturally-Adaptive Opacity" ที่ช่วยให้วัสดุปรับความโปร่งแสงตามความหนาของชั้น (Solutions, 2024)ทั้งนี้ยังไม่เคยมีการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการกลมกลืนสีของวัสดุทั้ง 3 ระบบนี้ร่วมกัน

นอกจากคุณสมบัติของวัสดุแล้ว ความลึกของโพรงฟันยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการรับรู้สี งานวิจัยของ Saegusa และคณะ (Saegusa et al., 2021) พบว่าความลึกโพรงฟัน 1.5 และ 3 มม. ไม่มีผลต่อค่าสีของ Omnichroma อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ศึกษาอิทธิพลของความลึกโพรงฟันต่อวัสดุต่างระบบเฉดสียังมีจำกัด (Adiguzel et al., 2024) งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการกลมกลืนสีของวัสดุเรซินคอมโพสิตทั้ง 3 ระบบเฉดสีภายใต้อิทธิพลของความลึกโพรงฟันที่แตกต่างกัน โดยวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์วัดค่าความแตกต่างของสี (ΔE_{00})

ผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อทันตแพทย์ในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมสำหรับการบูรณะฟันในสถานการณ์ทางคลินิกที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้ผลการรักษาที่มีประสิทธิภาพและความสวยงามสูงสุด

นิยามศัพท์

ความสามารถในการกลมกลืนสี (Color matching ability) หมายถึง ความสามารถของวัสดุเรซินคอมโพสิตในการปรับสีให้กลมกลืนเข้ากับโครงสร้างฟันโดยรอบบริเวณที่บูรณะ ซึ่งประเมินได้จากความแตกต่างของสี (ΔE_{00}) ระหว่างบริเวณที่บูรณะกับฟันธรรมชาติโดยรอบ โดยอาศัยทั้งการประเมินด้วยการมองเห็นและการวัดด้วยเครื่องมือ ค่า ΔE_{00} ที่น้อยกว่าแสดงถึงความสามารถในการกลมกลืนสีที่ดีกว่า (Koi et al., 2025)

การทบทวนวรรณกรรม

วัสดุเรซินคอมโพสิต (Resin composite) เป็นวัสดุบูรณะฟันที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางเนื่องจากมีความสวยงามและสูญเสียเนื้อฟันจากการเตรียมโพรงฟันน้อย ปัจจุบันมีการพัฒนาคุณสมบัติอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในด้านเฉดสีเพื่อให้วัสดุมีความสามารถในการกลมกลืนสี (Color matching ability) กับสีพื้นโพรงฟันโดยรอบมากขึ้น เพื่อให้ครอบคลุมความหลากหลายของเฉดสีฟันมนุษย์และลดความซับซ้อนในการเลือกเฉดสีในทางคลินิก (Kobayashi et al., 2021)

จากการศึกษาของ Korkut และคณะในปี 2023 ได้เสนอการจำแนกประเภทวัสดุเรซินคอมโพสิตตามศักยภาพในการกลมกลืนสีใหม่ออกเป็น 3 ประเภท (Korkut et al., 2023) 1)วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดหลากเฉดสี (Polyshade composites) เป็นชุดวัสดุที่มีเฉดสีมากกว่า 5 เฉดในระดับความโปร่งแสงต่างๆ ทั้งเฉดเคลือบฟัน (Enamel shades)

เฉดเนื้อฟัน (Dentin shades) และเฉดตัวฟัน (Body shades) ต้องใช้ความแม่นยำในการเลือกเฉดสีเพื่อหลีกเลี่ยงความไม่เข้ากันของสี เหมาะสำหรับการบูรณะแบบเป็นชั้น (Polychromatic layering) สามารถใช้เทคนิคแบบชั้นเดียว (Monochromatic layering) ได้หากใช้เป็นเฉดตัวฟัน ตัวอย่างวัสดุชนิดนี้ได้แก่ Filtek™ Supreme Ultra, Estelite Σ Quick, Harmonize, Clearfil Majesty Es-2 Classic 2)วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดซิมพลีเชด (Simplyshade composites) เป็นชุดวัสดุที่พัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการในการบูรณะแบบชั้นเดียวที่ง่ายขึ้น โดยมีเฉดสีเพียง 3 - 5 เฉด โดยเฉพาะเฉดตัวฟันที่มีศักยภาพในการปรับสีสูง แต่ละเฉดสามารถเลียนแบบได้ 3 - 5 เฉดตามคู่มือเฉดสี Vita Classic ทำให้ทันตแพทย์เลือกเฉดสีได้ง่ายมากขึ้นตัวอย่างวัสดุชนิดนี้ได้แก่ 3M™ Filtek™ Easy Match Universal Restorative, Clearfil Majesty Es-2 Universal, Simplishade 3)วัสดุเรซินคอมโพสิตเฉดสีเดี่ยว (Monoshade universal/ Single-shade) เป็นวัสดุหลอดเดียวที่สามารถเลียนแบบได้ทั้ง 16 เฉดของคู่มือเทียบเฉดสี Vita Classic โดยไม่จำเป็นต้องเลือกเฉดสี ตัวอย่างที่โดดเด่นคือ Omnichroma ซึ่งใช้เทคโนโลยี Structural color โดยอาศัยโครงสร้างนาโนพิเศษของอนุภาควัสดุอัดแทรกขนาด 260 นาโนเมตร ที่เรียงตัวอย่างสม่ำเสมอ ทำให้สะท้อนสีของฟันโดยรอบผ่านปรากฏการณ์ Structural color แทนการเติมเม็ดสี อย่างไรก็ตาม แม้ว่า Omnichroma จะแสดงความสามารถในการกลมกลืนสีที่ดีในการศึกษา in vitro แต่ยังคงมีข้อจำกัดในบางสถานการณ์ทางคลินิก ซึ่งอาจเป็นเหตุผลที่ผู้ผลิตได้พัฒนา Omnichroma Blocker เพิ่มเติมเพื่อชดเชยข้อจำกัดดังกล่าว

ในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่อง UltraScan VIS เป็นสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบตั้งโต๊ะที่พัฒนาโดย HunterLab ออกแบบมาเพื่อวัดและวิเคราะห์สีของตัวอย่างทั้งที่ทึบแสง โปร่งแสง และโปร่งใส ด้วยความแม่นยำสูง โดยการวัดสีในงานวิจัยนี้เป็นการวัดค่าตัวอย่างแบบทึบแสง (Reflectant mode) จะวัดออกมาเป็นค่าความแตกต่างของสีด้วยระบบ CIEDE 2000 (ΔE_{00}) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสีฟันอะคริลิกก่อนบูรณะและวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตหลังบูรณะ ซึ่งหาได้จากสมการดังนี้ (Değirmenci, 2021)

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

ซึ่ง ΔE_{00} หมายถึงค่าความแตกต่างของสีในระบบซีดีอี 2000, $\Delta L'$ หมายถึงค่าความแตกต่างของความส่องสว่าง (luminosity), $\Delta C'$ หมายถึงค่าความแตกต่างของโครมา (chroma), $\Delta H'$ หมายถึงค่าความแตกต่างของฮิว (hue), S_L หมายถึงค่าน้ำหนักของความส่องสว่าง, S_C หมายถึงค่าน้ำหนักของโครมา, S_H หมายถึงค่าน้ำหนักของฮิว, K_L หมายถึงค่าปัจจัยพารามิเตอร์ของความส่องสว่าง, K_C หมายถึงค่าปัจจัยพารามิเตอร์ของโครมา, K_H หมายถึงค่าปัจจัยพารามิเตอร์ของฮิว, R_T หมายถึงค่าความสัมพันธ์ของโครมาและฮิวในสีฟ้า กำหนดค่าเกณฑ์การรับรู้ความคลาดเคลื่อนของสีเพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์และตีความงานวิจัยทางทันตกรรม โดยมาตรฐาน ISO/TR 28642:2016 (Standardization, 2016) ขององค์กรมาตรฐานสากล ได้ระบุให้ใช้เกณฑ์ 50:50% Perceptibility Threshold (PT) และ 50:50% Acceptability Threshold (AT) ในการพิจารณาความแตกต่างของสี ในการวิจัยครั้งนี้จะกำหนดให้ค่าของ ΔE_{00} ที่ 0.8 เป็นค่าที่สามารถรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของสี (PT) และค่า ΔE_{00} ที่ 1.8 ขึ้นไป เป็นค่าที่ไม่สามารถยอมรับได้ (AT) (Paravina et al., 2015)

สมมุติฐานในการวิจัย

สมมติฐานที่ 1

H_0: วัสดุเรซินคอมโพสิต Omnichroma, 3M™ Filtek™ Easy Match Universal และ Estelite Σ Quick มีความสามารถในการกลมกลืนสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

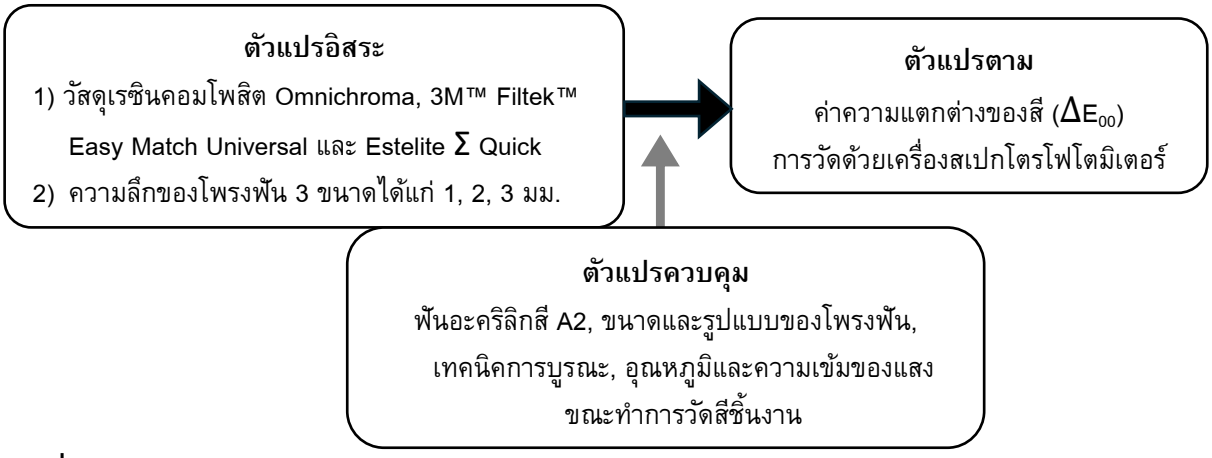
H_1: วัสดุเรซินคอมโพสิต Omnichroma, 3M™ Filtek™ Easy Match Universal และ Estelite Σ Quick มีความสามารถในการกลมกลืนสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมมติฐานที่ 2

H_0: ความลึกของโพรงฟัน (1, 2 และ 3 มม.) ไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความสามารถในการกลมกลืนสีของวัสดุเรซินคอมโพสิต Omnichroma, 3M™ Filtek™ Easy Match Universal และ Estelite Σ Quick

H_1: ความลึกของโพรงฟันที่แตกต่างกัน (1, 2 และ 3 มม.) มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความสามารถในการกลมกลืนสีของวัสดุเรซินคอมโพสิต Omnichroma, 3M™ Filtek™ Easy Match Universal และ Estelite Σ Quick

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory experimental research) กลุ่มตัวอย่างเป็นฟันอะคริลิกฟันหน้าบนซี่กลางด้านขวา (ซี่ที่ 11) เฉดสี A2 ยี่ห้อ VITA MFT® (VITA Zahnfabrik, Germany) จำนวนทั้งสิ้น 27 ชิ้น แบ่งเป็น 9 กลุ่ม จากตัวแปรอิสระ 2 ตัว ได้แก่ วัสดุเรซินคอมโพสิต 3 ชนิด × ความลึกของโพรงฟัน 3 ระดับ (3×3 = 9 กลุ่ม) กลุ่มละ 3 ชิ้น

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 3 ชิ้นต่อกลุ่ม กำหนดจากการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบด้วยโปรแกรม G*Power 3.1.9.7 (effect size f = 1.98, α = 0.05, power = 0.9999)

ทำการเตรียมชิ้นงานโดยกรอเตรียมโพรงฟันรูปวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มม. บริเวณกึ่งกลางด้าน Labial โดยไม่มีการทำขอบเอียง (No bevel) ใช้แม่พิมพ์ซิลิโคนกำหนดขอบเขตและตำแหน่งให้เป็นมาตรฐาน แบ่งตามความลึก 3 ระดับ ได้แก่ 1, 2 และ 3 มม. ตรวจสอบความกว้างให้เป็นมาตรฐานด้วย Digital micrometer (Mitutoyo, Japan) และความลึกด้วย Periodontal probe จากนั้นทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นในเครื่องล้างความถี่สูงเป็นเวลา 5 นาที ทาสารยึดติด (Single Bond Universal, 3M ESPE) ให้ทั่วโพรงฟัน 20 วินาที เป่าลมแห้ง 5 วินาที และฉายแสง 10 วินาที (1,000 mW/cm²) บูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต 3 ชนิด ได้แก่ Omnichroma (Tokuyama Dental, Japan) ใช้บูรณะทุกกลุ่ม, 3M™ Filtek™ Easy Match Universal (3M, USA) เฉดสี Natural และ Estelite Σ Quick (Tokuyama Dental, Japan) เฉดสี A2 บูรณะด้วย Stamp technique โดยโพรงฟันลึก 1 และ 2 มม. ใช้การบูรณะชั้นเดียว ส่วนโพรงฟันลึก 3 มม. แบ่งบูรณะ 2 ชั้น (Double increments) ฉายแสง 20 วินาที (1,000 mW/cm²) ขัดแต่งด้วย Sof-Lex Discs (3M ESPE) และแช่น้ำกลั่น 24 ชั่วโมงก่อนการวัดสี จากนั้นวัดค่าสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ UltraScan VIS (HunterLab, USA) โหมด Reflectance วางตัวอย่างบนฐานรองสีดำเพื่อจำลองสภาพในช่องปาก วัดซ้ำ 3 ครั้งต่อชิ้นงาน โดยวัดค่า L*, a*, b* ของฟันอะคริลิก A2 เป็นสีอ้างอิง และวัดพื้นผิวบูรณะเป็นค่าเปรียบเทียบ จากนั้นคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE_{00}) ตามสูตร CIEDE2000

วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS v.25.0 ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05 โดยตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลด้วย Normality test และ Homogeneity of Variance ก่อน พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงเป็นปกติ จึงใช้สถิติ One-Way ANOVA เปรียบเทียบค่า ΔE_{00} ทั้ง 9 กลุ่ม และทดสอบรายคู่ด้วย Tukey HSD นอกจากนี้ยังใช้ Two-Way ANOVA ทดสอบอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมของชนิดวัสดุและความลึกโพรงฟัน และทดสอบรายคู่ด้วย Bonferroni

ผลการวิจัย

กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ย ΔE_{00} ต่ำที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ กลุ่มที่บูรณะด้วย Filtek Easy Match ความลึก 1 มม. (2.72, S.D.=0.29) รองลงมาคือ Filtek Easy Match ความลึก 2 มม. (3.14, S.D.=0.16) และ Omnichroma ความลึก 1 มม. (3.34, S.D.=0.47) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ΔE_{00} จำแนกตามชนิดของเรซินคอมโพสิตและความลึกของโพรงฟัน (n = 27)

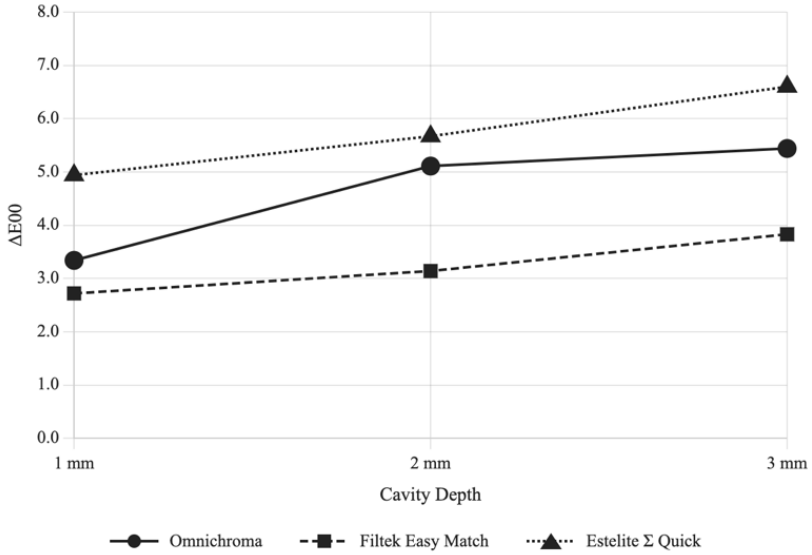
Composite Brand and Cavity Depth	ΔE_{00}	
	Mean	**S.D.**
Omnichroma and 1 mm	3.34	0.47
Omnichroma and 2 mm	5.11	0.35
Omnichroma and 3 mm	5.44	0.51
Filtek Easy Match and 1 mm	2.72	0.29
Filtek Easy Match and 2 mm	3.14	0.16
Filtek Easy Match and 3 mm	3.83	0.41
Estelite and 1 mm	4.94	0.26
Estelite and 2 mm	5.67	0.35
Estelite and 3 mm	6.60	0.35

ผลการทดสอบด้วย Two-Way ANOVA พบว่าชนิดของวัสดุมีผลต่อค่า ΔE_{00} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F=107.210, p<0.001) โดย Filtek Easy Match มีค่า ΔE_{00} ต่ำที่สุด (3.23±0.55) รองลงมาคือ Omnichroma (4.63±1.05) และ Estelite Σ Quick (5.74±0.77) ตามลำดับ วัสดุทั้ง 3 ชนิดแตกต่างกันทุกคู่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความลึกของโพรงฟันมีผลต่อค่า ΔE_{00} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (F=45.401, p<0.001) โดยความลึก 1 มม. ให้ค่า $\Delta E00$ ต่ำที่สุดและเพิ่มขึ้นตามความลึกในวัสดุทุกชนิด นอกจากนี้พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดวัสดุและความลึกโพรงฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F=3.140, p=0.040) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปภาพที่ 2

ตารางที่ 2 ทดสอบอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมของยี่ห้อคอมโพสิตและความลึกโพรงฟัน ต่อค่า ΔE_{00} โดยใช้สถิติ Two-Way ANOVA (n = 27)

Source	**Sum of Squares**	**df**	**Mean Square**	**F**	**p-value**
Composite brand	28.431	2	14.216	107.210	<0.001**
Cavity depth	12.040	2	6.020	45.401	<0.001**
Composite brand*Cavity depth	1.666	4	0.416	3.140	0.040*
Error	2.387	18	0.133		
Total	**44.523**	**26**			

*หมายเหตุ: *p-value<0.05 **p-value<0.001*



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบค่า ΔE_{00} จำแนกตามยี่ห้อคอมโพสิต และความลึกโพรงฟัน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยพบว่าชนิดของวัสดุเรซินคอมโพสิตมีผลต่อความสามารถในการกลมกลืนสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) โดย Filtek Easy Match Universal (Simplified shade) ให้ค่า ΔE_{00} ต่ำที่สุด (3.23±0.55) รองลงมาคือ Omnichroma (Single shade) (4.63±1.05) และ Estelite Σ Quick (Multi-shade) (5.74±0.77) ตามลำดับ และความสามารถในการกลมกลืนสีมีแนวโน้มลดลงเมื่อความลึกของโพรงฟันเพิ่มขึ้น

สำหรับวัสดุ Omnichroma นั้น พบว่ามีความสามารถในการกลมกลืนสีอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่า ΔE_{00} อยู่ในช่วง 3.34–5.44 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Koi และคณะ (Koi et al., 2025) ที่ทดสอบการบูรณะ Omnichroma ในฟันธรรมชาติที่ถอนแล้วโดยใช้สูตร CIEDE2000 เช่นเดียวกัน และรายงานค่า ΔE_{00} ของ Omnichroma อยู่ที่ 2.49 ในฟันกลุ่มสีอ่อน และ 3.26 ในฟันกลุ่มสีเข้ม ซึ่งเกินเกณฑ์ยอมรับได้ (AT = 1.8) ในทุกกรณีเช่นกัน ค่า ΔE_{00} ของงานวิจัยนี้มีแนวโน้มสูงกว่าของ Koi และคณะ อาจอธิบายได้จากความแตกต่างของฟันที่นำมาศึกษา กล่าวคือ ฟันธรรมชาติในการศึกษาของ Koi และคณะมีโครงสร้างเคลือบฟันและเนื้อฟันจริงที่ส่งเสริมความสามารถในการกลมกลืนสีได้ดีกว่าฟันอะคริลิก ตามที่ Ismail และ Paravina ในปี 2022 (Ismail & Paravina, 2022) ได้อธิบายว่าโครงสร้างของปริซึมเคลือบฟันและทิศทางการส่องผ่านแสงในฟันธรรมชาติมีอิทธิพลสำคัญต่อความสามารถในการกลมกลืนสี ในแนวทางเดียวกัน Tayyem และคณะในปี 2025 (Tayyem et al., 2025) ที่ทดสอบ Omnichroma เปรียบเทียบกับ Estelite Σ Quick บนฟันธรรมชาติที่ถอนแล้วพบว่าค่า ΔE_{00} ของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเมื่อทดสอบบนฟันธรรมชาติที่มีโครงสร้างซับซ้อนกว่า ΔE_{00} อาจลดน้อยลง เนื่องจากความแปรปรวนของสีฟันธรรมชาติและความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างเนื้อฟันกับคุณสมบัติทางแสงของวัสดุมีผลมากขึ้น

ผลการวิจัยครั้งนี้ยังชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดซิมพลิเฉด ในฐานะแนวทางที่น่าสนใจสำหรับการบูรณะฟัน แม้วัสดุชนิดหลากเฉดสีอย่าง Estelite Σ Quick ที่เลือกเฉดสีตรงกับสีพื้นฟันจะถูกคาดหวังว่าจะให้ผลการกลมกลืนสีดีที่สุด แต่ผลการศึกษาพบว่า 3M™ Filtek™ Easy Match Universal ซึ่งเป็นวัสดุชนิดซิมพลิเฉดที่ใช้เพียง 3 เฉดสีในลักษณะเดียวกับแนวคิด group shade กลับมีความสามารถในการกลมกลืนสีสูงสุดในทุกเงื่อนไขที่ทดสอบ ซึ่งอาจอธิบายได้จากการที่เฉดสีที่เลือกใช้มีค่าสีเริ่มต้นใกล้เคียงกับสีพื้นฟันมากกว่าวัสดุชนิดเฉดสีเดี่ยว ในขณะที่คุณสมบัติ naturally-adaptive opacity ยังช่วยลดความแตกต่างของสีที่บริเวณขอบการบูรณะได้ดีกว่าวัสดุชนิดหลาก

เฉดสีที่มีความทึบแสงสม่ำเสมอตลอดชิ้น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Iyer และคณะในปี 2021 (Iyer et al., 2021) ซึ่งนิยามวัสดุกลุ่มนี้ว่าเป็น group-shade composite ที่ใช้จำนวนเฉดสีน้อยกว่าวัสดุชนิดหลากเฉดสี โดยแต่ละเฉดสีครอบคลุม VITA shades หลายเฉดสี และพบว่าวัสดุ group-shade (TPH Spectra ST) มีค่า ΔE_{00} ในฟันเฉดสี A2 ใกล้เคียงกับวัสดุชนิดหลากเฉดสีอย่าง Tetric EvoCeram และดีกว่า Omnichroma อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งบ่งชี้ว่าการลดจำนวนเฉดสีให้ครอบคลุมกลุ่ม VITA shades อย่างเหมาะสมอาจเพียงพอต่อการกลมกลืนสีในเฉดสีฟันที่อ่อน โดยไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุชนิดหลากเฉดสีครบทุกเฉดสี สอดคล้องกับแนวคิดของ Ismail และ Paravina ในปี 2022 (Ismail & Paravina, 2022) ที่ระบุว่าการกลมกลืนสีที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยทั้งค่าสีที่ใกล้เคียงกันและคุณสมบัติทางแสงที่เหมาะสมของวัสดุประกอบกัน แต่เนื่องจาก 3M™ Filtek™ Easy Match Universal เพิ่งเปิดตัวในปี ค.ศ. 2024 ยังไม่มีงานวิจัยที่ประเมินความสามารถในการกลมกลืนสีของวัสดุชนิดนี้โดยตรง จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในสภาวะทางคลินิก เพื่อยืนยันผลเกี่ยวกับความสามารถของวัสดุกลุ่มนี้ต่อไป

ในงานวิจัยนี้ความลึกของโพรงฟันมีผลต่อค่า ΔE_{00} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) โดยค่า ΔE_{00} เพิ่มขึ้นตามความลึกในวัสดุทุกชนิด ซึ่งอธิบายได้จากหลักการทางแสงที่ว่าเมื่อความหนาของวัสดุเพิ่มขึ้น ปริมาณแสงที่สะท้อนจากพื้นโพรงฟันลดลง ทำให้สีของวัสดุมีอิทธิพลเหนือกว่าสีฟันเดิมสอดคล้องกับ Chen และคณะ (Chen et al., 2020) และ Ruiz-López และคณะ (Ruiz-López et al., 2024) ผลดังกล่าวได้รับการสนับสนุนเพิ่มเติมจากการศึกษาของ Verayangkura (Verayangkura, 2025) ที่ศึกษาความสามารถในการกลมกลืนสีของวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดเฉดสีเดี่ยวบนฟันธรรมชาติที่ความลึก 1 และ 2 มม. โดยพบว่าค่า ΔE_{00} ที่ความลึก 2 มม. (4.95 ± 2.19) สูงกว่าความลึก 1 มม. (3.73 ± 1.44) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.002$) ซึ่งเป็นแนวโน้มเดียวกับที่พบในการวิจัยครั้งนี้ ถึงแม้การศึกษาของ Verayangkura จะใช้ฟันธรรมชาติซึ่งมีโครงสร้างซับซ้อนกว่าฟันอะคริลิกที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แต่ยังคงได้ข้อสรุปในทิศทางเดียวกัน บ่งชี้ว่าผลของความลึกโพรงฟันต่อการกลมกลืนสีเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่ขึ้นกับชนิดของฟันที่นำมาใช้ศึกษา

เมื่อพิจารณาในบริบททางคลินิก พบว่าค่า ΔE_{00} ของทุกกลุ่มการทดลองมีค่าสูงกว่า Acceptability threshold (AT = 1.8) ตามเกณฑ์ ISO/TR 28642:2016 (Paravina et al., 2015) ซึ่งอาจสะท้อนถึงข้อจำกัดของการใช้ฟันอะคริลิกเป็นพื้นผิวทดสอบแทนฟันธรรมชาติ เนื่องจากฟันอะคริลิกมีคุณสมบัติทางแสงที่แตกต่างจากเนื้อฟันธรรมชาติ ทำให้ค่าความแตกต่างของสีที่วัดได้อาจสูงกว่าที่พบในสภาวะจริงในช่องปาก อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม Filtek Easy Match ร่วมกับความลึกโพรงฟัน 1 มม. ให้ค่า ΔE_{00} ต่ำที่สุด (2.72 ± 0.29) ใกล้เคียงกับเกณฑ์ยอมรับได้มากที่สุด ดังนั้นในทางคลินิกจึงควรเลือกวัสดุที่มีค่า ΔE_{00} ต่ำกว่าและพิจารณาเตรียมโพรงฟันให้มีความลึกน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็นตามหลัก Minimally invasive dentistry เพื่อให้ได้ผลลัพธ์การกลมกลืนสีที่ดีที่สุดในทางคลินิก

ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าทั้งชนิดของวัสดุเรซินคอมโพสิตและความลึกของโพรงฟันมีผลต่อความสามารถในการกลมกลืนสี จึงมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ทางคลินิกดังนี้ การเลือกชนิดวัสดุในกรณีที่ต้องการความกลมกลืนสีสูงสุด ควรพิจารณาเลือกใช้วัสดุกลุ่ม Simplified shade เช่น Filtek Easy Match Universal โดยเลือกเฉดสีให้เหมาะสมกับฟันข้างเคียงตามที่ผู้ผลิตแนะนำ อย่างไรก็ตามวัสดุกลุ่ม Single shade เช่น Omnichroma อาจเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในสถานการณ์ที่ต้องการความสะดวกในการเลือกเฉดสี เนื่องจากให้ผลการกลมกลืนสีที่ไม่แตกต่างจาก Filtek Easy Match อย่างมีนัยสำคัญในโพรงฟันที่มีความลึก 1 และ 3 มม.การออกแบบโพรงฟัน ควรกรอเตรียมโพรงฟันให้มีความลึกน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็นตามหลักการรักษาเนื้อฟัน (Minimally invasive dentistry) เนื่องจากผลการวิจัยแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าความลึกของโพรงฟันที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแตกต่างของสีเพิ่มขึ้นในวัสดุทุกชนิด

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาครั้งนี้ใช้ฟันอะคริลิกเป็นพื้นผิวทดสอบ การวิจัยในอนาคตควรศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้ฟันธรรมชาติหรือฟันที่ถอนแล้ว เพื่อให้ผลการศึกษามีความใกล้เคียงกับสภาวะในช่องปากมากยิ่งขึ้น เนื่องจากโครงสร้างและคุณสมบัติทางแสงของฟันธรรมชาติมีความซับซ้อนกว่าฟันอะคริลิก

ควรขยายการศึกษาไปยังเฉดสีฟันที่หลากหลายมากขึ้น ทั้งในกลุ่มสีอ่อนและสีเข้ม เพื่อประเมินความสามารถในการกลมกลืนสีของวัสดุในช่วงสีที่กว้างขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับวัสดุกลุ่ม Single shade ที่อ้างว่าสามารถกลมกลืนได้กับทุกเฉดสีฟัน

ควรศึกษาความคงตัวของสีในระยะยาว (Color stability) เพื่อประเมินว่าความสามารถในการกลมกลืนสีของวัสดุแต่ละชนิดเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรหลังจากผ่านการใช้งานและสัมผัสกับสภาวะในช่องปาก เช่น น้ำลาย อาหาร และแรงบดเคี้ยว เป็นระยะเวลา 6 เดือน หรือ 1 ปี

การวิจัยในอนาคตควรศึกษาผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปแบบของโพรงฟันที่หลากหลายมากขึ้น รวมถึงโพรงฟันที่มีขอบเอียง (Bevel) เพื่อประเมินว่าการออกแบบโพรงฟันในรูปแบบต่างๆ มีผลต่อความสามารถในการกลมกลืนสีของวัสดุอย่างไร

เอกสารอ้างอิง

Adiguzel, R. M., Kose, L. K., & Arhun, N. (2024). Instrumental and Visual Evaluation of the Chameleon Effect of Single-shaded Composite Resins. *Oper Dent*, 49(4), 432-442. https://doi.org/10.2341/23-036-l

Chen, F., Toida, Y., Islam, R., Bds, I., Alam, A., Bds, A., Faem, A., Almas, M., Bds, C., Yamauti, M., & Sano, H. (2020). Evaluation of shade matching of a novel supra-nano filled esthetic resin composite employing structural color using simplified simulated clinical cavities. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33. https://doi.org/10.1111/jerd.12671

Değirmenci, A. (2021). Current Color Systems Used in Dentistry. In (pp. 189-198).

Durand, L. B., Ruiz-López, J., Perez, B. G., Ionescu, A. M., Carrillo-Pérez, F., Ghinea, R., & Pérez, M. M. (2021). Color, lightness, chroma, hue, and translucency adjustment potential of resin composites using CIEDE2000 color difference formula. *J Esthet Restor Dent*, 33(6), 836-843. https://doi.org/10.1111/jerd.12689

Eliezer R, D. C., Ravi N, Tangutoori T, Yesh S. (2020). Omnichroma: One Composite to Rule Them All. *International Journal of Medical Science*, 7(6).

Ismail, E. H., & Paravina, R. D. (2022). Color adjustment potential of resin composites: Optical illusion or physical reality, a comprehensive overview. *J Esthet Restor Dent*, 34(1), 42-54. https://doi.org/10.1111/jerd.12843

Iyer, R. S., Babani, V. R., Yaman, P., & Dennison, J. (2021). Color match using instrumental and visual methods for single, group, and multi-shade composite resins. *J Esthet Restor Dent*, 33(2), 394-400. https://doi.org/10.1111/jerd.12621

Kobayashi, S., Nakajima, M., Furusawa, K., Tichy, A., Hosaka, K., & Tagami, J. (2021). Color adjustment potential of single-shade resin composite to various-shade human teeth: Effect of structural color phenomenon. *Dent Mater J*, 40(4), 1033-1040. https://doi.org/10.4012/dmj.2020-364

Koi, K., Amaya-Pajares, S. P., Kawashima, S., Arora, G., Ferracane, J., & Watanabe, H. (2025). The color-matching ability of single-shade universal composites in extracted human teeth. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 37(2), 456-464. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jerd.13291

Korkut, B., Tarçın, B., Atalı, P. Y., & Özcan, M. (2023). Introduction of a New Classification for Resin Composites with Enhanced Color Adjustment Potential. *Current Oral Health Reports*, 10(4), 223-232. https://doi.org/10.1007/s40496-023-00351-2

Paravina, R., Ghinea, R. I., Herrera, L., Della Bona, A., Igiel, C., Linninger, M., Sakai, M., Takahashi, H., Tashkandi, E., & Pérez Gómez, M. d. M. (2015). Color Difference Thresholds in Dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27. https://doi.org/10.1111/jerd.12149

Ruiz-López, J., Mariano da Rocha, B. G. P., Zemolin, N. A. M., Altenhofen, C. S., Durand, L. B., & Pérez, M. M. (2024). Visual evaluation of the color adjustment of single-shade and group shade resin composites in restorations with different cavity configurations. *J Dent*, 149, 105262. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105262

Saegusa, M., Kurokawa, H., Takahashi, N., Takamizawa, T., Ishii, R., Shiratsuchi, K., & Miyazaki, M. (2021). Evaluation of Color-matching Ability of a Structural Colored Resin Composite. *Oper Dent*, 46(3), 306-315. https://doi.org/10.2341/20-002-l

Solutions, S. D. (2024). 3*M™ Filtek™ Easy Match Universal Restorative: Technical Product Profile* (70-2013-8273-9).

Standardization, I. O. f. (2016). *ISO/TR* 28642: *Dentistry—Guidance on colour measurement*

Tayyem, L. A., Sawair, F. A., Hamdan, A. A., Jamani, K. D., & Hattar, S. (2025). Evaluation of color matching of single-shade resin composite to natural teeth using instrumental and visual techniques. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 8(3), 2697-2706. https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i3.7071

Tokuyama, D. (2019). OMNICHROMA Technical Report.

Verayangkura, N. (2025). *Evaluation of blending ability of single-shade composite relating to different cavity depths and abrasive wear from toothbrushing* [Master's Thesis, Chulalongkorn University]. Bangkok. https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/74838

Data Availability Statement: The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Conflicts of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.



Copyright: © 2026 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).