

Diana Fele Layza-Mayo¹, Daría Cristina Suárez-Rojas¹, Consuelo Marroquín-Soto¹, Guillermo Cano-Verdugo¹

Color Stability of Bulk-fill Resins Immersed in Chicha: *In vitro* Study

Stabilnost boje smola za punjenje uronjenih u Chicha: *In vitro* studija

¹ Department of Dentistry, School of Dentistry, Universidad Científica del Sur, Lima, Peru
Zavod za stomatologiju, Stomatološki fakultet Sveučilišta Sur, Lima, Peru

Abstract

Objective: To analyze the color stability of Bulk-fill resins immersed in chicha morada and light-cured at different distances (0 mm, 2 mm and 4 mm). **Methods:** This *in vitro* experimental study included a total of 216 Bulk-fill resin discs. The specimens were distributed into nine groups of 24 discs based on the type of resin (3M ESPE® Filtek™ Bulk Fill®, Ivoclar® Tetric N-Ceram Bulk Fill® and FGM® Opus Bulk-fill APS®), light-curing distances (0, 2 and 4 mm) and staining solution (control with distilled water and Naturalle® chicha morada). Color measurements were taken 24 hours after fabrication and immersion in distilled water and Naturalle® chicha morada at 24 hours, 1 week and 3 weeks. **Results:** Light-curing distances affected the color stability of the resins with 3M ESPE® and Ivoclar®, thus exhibiting significant color changes at all evaluated time points when immersed in chicha morada. For the Delta (CE) value 3M ESPE® and Ivoclar® resin discs immersed in chicha morada showed significant changes at 24 hours 1 week and 3 weeks ($p = .001$, $p = .000$ and $p = .000$; and $p = .000$ $p = .000$ and $p = .000$ respectively). However, FGM® resin discs exhibited significant changes only at 24 hours and 1 week ($p = .000$ and $p = .001$). FGM® showed better color stability compared to 3M ESPE® and Ivoclar® at 3 weeks of immersion in chicha morada. All three commercial brands showed a significant decrease in the "L" value as immersion time in chicha morada increased. **Conclusions:** The study concluded that FGM® demonstrated better chromatic stability over time compared to 3M ESPE® and Ivoclar® Ceram, which exhibited significant color changes influenced by immersion duration and photopolymerization distance.

Received: February 25, 2025

Accepted: May 12, 2025

Address for correspondence

Consuelo Marroquín-Soto
Department of Dentistry
School of Dentistry
Universidad Científica del Sur
Lima, Peru
Phone: +51 945 256 101.
cmarroquins@cientificadeu.edu**MeSH Terms:** Composite Resins;
Colorimetry; Fermented Beverages
Author Keywords: *In vitro* studies;
Dental materials; PolymerizationDiana Fele Layza-Mayo <https://orcid.org/0000-0001-6424-0933>
Daría Cristina Suárez-Rojas <https://orcid.org/0000-0003-2224-7971>Consuelo Marroquín-Soto <https://orcid.org/0000-0002-1433-6205>
Guillermo Cano-Verdugo <https://orcid.org/0000-0002-4905-1939>

Introduction

Currently, composite resins play a significant role in dental esthetics as they allow for a natural and conservative finish in restorations (1-2). Color stability is a crucial property of composite resins as it directly influences esthetics and patient acceptance. Bulk-fill resins have gained popularity due to their ability to be placed in thicker layers and their clinical efficiency without compromising their mechanical and optical properties. However, their behavior regarding discoloration in environments simulating real oral conditions remains a significant challenge in restorative dentistry (3-5).

"Chicha" a fermented beverage commonly consumed in some Latin American regions, especially in Peru, is known for its intense pigments which can affect esthetic properties of resins thereby altering the color stability of dental materials (6). Additionally, factors related to the photopolymerization process such as the distance between the light source and the material can significantly influence the final properties of composite resins including their resistance to discol-

Uvod

Danas su kompozitni materijali itekako važni u dentalnoj estetici jer omogućuju prirodnu i konzervativnu restauraciju zuba (1 – 2). Stabilnost boje ključno je svojstvo kompozitnih materijala zato što izravno utječe na estetiku i prihvaćanje pacijenata. Debeloslojni kompoziti (engl. *Bulk-fill*) stekli su popularnost zbog mogućeg nanošenja u debljim slojevima i kliničke učinkovitosti, a da se ne ugrožavaju mehanička i optička svojstva. No njihovo ponašanje, kad je riječ o promjeni boje u okruženjima koja simuliraju stvarne oralne uvjete, ostaje velik izazov u restaurativnoj stomatologiji (3 – 5).

Chicha, fermentirano piće koje se često konzumira u nekim latinskoameričkim regijama, posebno u Peru, poznato je po svojim intenzivnim pigmentima koji mogu utjecati na estetska svojstva smola promjenom boje stomatoloških materijala (6). Uz to, čimbenici povezani s procesom fotopolimerizacije – poput udaljenosti između izvora svjetlosti i materijala – mogu značajno utjecati na konačna svojstva kompozitnih materijala, uključujući njihovu otpornost na

oration While the wavelength is determined by the type of light source and remains constant, the intensity of light decreases with distance potentially affecting the degree of conversion. This, in turn plays a crucial role in determining the mechanical properties and color stability of the resins (7-9).

This *in vitro* study aimed to evaluate the color stability of bulk-fill resins exposed to chicha considering the following three photopolymerization distances: 0 mm, 2 mm and 4 mm. The hypothesis proposed that the color stability of bulk-fill resins significantly decreases as the photopolymerization distance increases and that exposure to chicha as a staining agent generates greater color alteration in samples photopolymerized at greater distances. The study sought to determine optimal conditions to minimize discoloration by providing key information for clinical practice. Furthermore, it aimed to contribute to improving the predictability of long-term esthetic outcomes in restorations using bulk-fill resins.

Materials and methods

This study was approved by the Research Committee of Universidad Científica del Sur (approval number PRE-8-2023-00101), and it was conducted following the CRIS (Checklist for Reporting In-vitro Studies) guidelines (10) with a detailed list of required elements included in the supplementary material.

Study design and study groups

The project was designed as an *in vitro* study. Sample size was calculated using the G*POWER program based on pilot study results with a 95% confidence level and a 5% significance level. The mean values of two control groups (distilled water and Naturalle® chicha morada) at a photopolymerization distance of 4 mm (1) were considered using a mean and standard deviation of 238 and 852 respectively resulting in a total sample size of 216.

The sample (N = 216) was divided into three main groups (n = 72) according to the resin brands evaluated: 3M ESPE® Filtek™ Bulk Fill® (3M ESPE®), Ivoclar® Tetric N-Ceram Bulk Fill® (Ivoclar®) and FGM® Opus Bulk-fill APS® (FGM®). Each main group was further subdivided into six subgroups (n = 12) based on the three photopolymerization distances (0 mm, 2 mm and 4 mm) and the two immersion solutions (Naturalle® chicha morada and distilled water as a control).

Preparation of the disks and photoactivation

Resin discs were fabricated using a custom-made stainless steel surgical matrix designed for the study to standardize specimen dimensions measuring 5 mm in diameter and 3 mm in thickness. The matrix was placed on a glass plate and a layer of Portugal® petroleum jelly was applied inside to prevent adhesion. The resin was packed in a single increment using a Hu-Friedy® Teflon composite spatula. A strip of Airon Maquirá® celluloid was then placed over the resin, and pressure was applied using a glass plate to remove excess material and achieve a uniform surface. Finally, a layer of glycerin was applied to inhibit the oxygen inhibition layer before proceeding with photopolymerization.

promjenu boje. Dok je valna duljina određena vrstom izvora svjetlosti i ostaje konstantna, intenzitet svjetlosti smanjuje se s udaljenošću, što potencijalno utječe na stupanj konverzije. To je pak ključno u određivanju mehaničkih svojstava i stabilnosti boje kompozita (7 – 9).

Cilj ovog istraživanja *in vitro* bio je procijeniti stabilnost boje debeloslojnih kompozita izloženih *chichi* uzimajući u obzir tri fotopolimerizacijske udaljenosti: 0 mm, 2 mm i 4 mm. Postavljena je hipoteza da se stabilnost boje debeloslojnih kompozita znatno smanjuje s povećanjem fotopolimerizacijske udaljenosti te da izloženost *chichi* kao sredstvu za bojenje generira veću promjenu boje u uzorcima fotopolimeriziranim na većim udaljenostima. U istraživanju se nastojalo odrediti optimalne uvjete za minimiziranje promjene boje pružanjem ključnih informacija za kliničku praksu. Nadalje, cilj je bio pridonijeti poboljšanju predvidljivosti dugoročnih estetskih ishoda s restauracijama od debeloslojnih kompozita.

Materijali i metode

Ovo istraživanje odobrio je Istraživački odbor Sveučilišta za znanstvene studije (broj odobrenja PRE-8-2023-00101), a provedeno je prema smjernicama CRIS-a (Kontrolni popis za izvještavanje o istraživanjima *in vitro*) (10) s detaljnim popisom potrebnih elemenata uključenih u dodatne materijale.

Studijski dizajn i skupine

Projekt je osmišljen kao istraživanje *in vitro*. Veličina uzorka izračunata je u programu G*POWER na temelju rezultata pilot-studije s razinom pouzdanosti od 95 % i razinom značajnosti od 5 %. Srednje vrijednosti dviju kontrolnih skupina (destilirana voda i Naturalle® *chicha* morada) na udaljenosti fotopolimerizacije od 4 mm (1) uzete su u obzir korištenjem srednje vrijednosti i standardne devijacije od 238, odnosno 852, što je rezultiralo ukupnom veličinom uzorka od 216.

Uzorak (N = 216) podijeljen je u tri glavne skupine (n = 72) prema testiranim markama kompozita: 3M ESPE® Filtek™ Bulk Fill® (3M ESPE®), Ivoclar® Tetric N-Ceram Bulk Fill® (Ivoclar®) i FGM® Opus Bulk-fill APS® (FGM®). Svaka glavna skupina dalje je podijeljena u šest podskupina (n = 12) na temelju triju fotopolimerizacijskih udaljenosti (0 mm, 2 mm i 4 mm) i dviju otopina za imerziju (Naturalle® *chicha* morada i destilirana voda kao kontrola).

Priprema diskova i fotoaktivacija

Kompozitni diskovi izrađeni su korištenjem individualno izrađene kirurške matrice od nehrđajućeg čelika dizajnirane za studiju, kako bi se standardizirale dimenzije uzoraka promjera 5 mm i debljine 3 mm. Matrica je postavljena na staklenu ploču, a unutra je nanesen sloj vazelina Portugal® da bi se spriječilo lijepljenje. Kompozit je nanesen u jednom sloju teflonskom špatulom za kompozit Hu-Friedy®. Zatim je preko kompozita postavljena celuloidna vrpca Airon Maquirá® i primijenjen je pritisak staklenom pločom da bi se uklonio višak materijala i postigla ujednačena površina. Na kraju je nanesen sloj glicerina kako bi se eliminirao sloj inhibicije kisikom prije nastavka fotopolimerizacije.

Photopolymerization of the discs was performed according to the manufacturer's instructions using an LED curing light (Elipar Freelight 2 3M ESPE[®]) with an intensity of 2700 mW/cm² verified with a high-frequency radiometer (30 MHz-8 GHz Easyover[®]). The curing time was 20 seconds at the following three photopolymerization distances: 0 mm, 2 mm and 4 mm. The distances were standardized using custom-made aluminum spacers designed for the experiment (11). Specimens were immersed in distilled water and stored in an incubator at 37°C for 24 hours to complete the polymerization process (1).

Sample immersion in coloring substances

The staining solution used was Naturalle[®] chicha morada while the control solution was distilled water. The discs were immersed in 10 ml of each solution which was renewed every 48 hours to prevent microbial proliferation. At each renewal interval (every 48 hours), the specimens were rinsed with distilled water for 30 seconds dried with Elite Professional[®] absorbent paper and re-immersed in fresh solution. The total immersion period was divided into the following time points: no immersion (T0), 24 hours (T1), one week (T2) and three weeks (T3). At the end of the immersion periods, the specimens were again rinsed with distilled water for 30 seconds dried with Elite Professional[®] absorbent paper and placed on a light background for color recording (12).

Color recording

Two observers (D.S.R. and D.L.M.) recorded the color through triplicate measurements using a Vita Easyshade Advance 40 digital spectrophotometer (VITA[®] Bad Säckingen Germany) in a laboratory setting with natural light following the manufacturer's instructions. The device was calibrated every 15 color readings. The tip of the digital reading device was placed on the specimen. Measurements were taken according to total immersion periods: T0 T1 T2 and T3. The color difference (ΔE) between two time points was calculated using the CIELAB color space formula, where "L" represents lightness "a" represents the green-red axis and "b" represents the blue-yellow axis (13):

$$\Delta E = \sqrt{(L1 - L0)^2 + (a1 - a0)^2 + (b1 - L0)^2}$$

Data analysis

The data analysis was performed using Stata 17[®]. To assess the normality of the data, the Shapiro-Wilk test was used. If the data followed a normal distribution, a one-way ANOVA F test was used for analysis. For non-normally distributed data, the Kruskal-Wallis test was applied. Post hoc comparisons for ANOVA were conducted using the Bonferroni test, while post hoc comparisons for the Kruskal-Wallis test were performed using the Mann-Whitney U test. P-values $\leq .005$ were considered statistically significant.

Data for value L, A and B were represented in graphs lines that connect mean values across distances to visualize trends, additionally a 3D scatter plot was created using Python (Matplotlib[®]) to analyze ΔE values across photoactivation distances, resin brands, and immersion substances over three evaluation times (24 hours, 1 week, 3 weeks).

Fotopolimerizacija diskova obavljena je prema uputama proizvođača LED polimerizacijskom svjetiljkom (Elipar Freelight 2 3M ESPE[®]) s intenzitetom od 2700 mW/cm² provjerenim visokofrekventnim radiometrom (30 MHz-8 GHz Easyover[®]). Vrijeme polimerizacije bilo je 20 sekunda na tri udaljenosti fotopolimerizacije: 0 mm, 2 mm i 4 mm. Udaljenosti su standardizirane korištenjem aluminijskih odstoynika izrađenih po narudžbi i dizajniranih za eksperiment (11). Uzorci su uronjeni u destiliranu vodu i pohranjeni u inkubatoru na 37 °C tijekom 24 sata kako bi se dovršio proces polimerizacije (1).

Uranjanje uzorka u otopine za bojenje

Otopina za bojenje koja je upotrijebljena u istraživanju bila je Naturalle[®] chicha morada, a kontrolna otopina bila je destilirana voda. Diskovi su uronjeni u 10 mL svake otopine koja se obnavljala svakih 48 sati da bi se spriječila proliferacija mikroba. U svakom intervalu obnavljanja (svakih 48 sati) uzorci su ispirani destiliranom vodom 30 sekunda, osušeni upijajućim papirom Elite Professional[®] i ponovno uronjeni u svježu otopinu. Ukupno razdoblje uranjanja podijeljeno je na sljedeće vremenske točke: bez uranjanja (T0), 24 sata (T1), jedan tjedan (T2) i tri tjedna (T3). Na kraju razdoblja uranjanja uzorci su ponovno isprani destiliranom vodom 30 sekunda, osušeni upijajućim papirom Elite Professional[®] i postavljeni na svijetlu pozadinu za mjerenje boje (12).

Mjerenje boje

Dva promatrača (D.S.R. i D.L.M.) zabilježila su boju trostrukim mjerenjem s pomoću digitalnog spektrofotometra Vita Easyshade Advance 40 (VITA[®] Bad Säckingen Njemačka) u laboratorijskom okruženju s prirodnim svjetlom prema uputama proizvođača. Uređaj je kalibriran nakon svakih 15 očitavanja boje. Vrh digitalnog uređaja za očitavanje postavljen je na uzorak. Mjerenja su provedena prema razdobljima potpunog uranjanja: T0, T1, T2 i T3. Razlika u boji (ΔE) između dviju vremenskih točaka izračunata je s pomoću CIELAB formule prostora boja, gdje „L” predstavlja svjetlinu, „a” zeleno-crvenu os, a „b” plavo-žutu os (13):

$$\Delta E = \sqrt{(L1 - L0)^2 + (a1 - a0)^2 + (b1 - L0)^2}$$

Analiza podataka

Analiza podataka provedena je u programu Stata 17[®]. Za procjenu normalnosti podataka upotrijebljen je Shapiro-Wilkov test. Ako su podatci sljedili normalnu distribuciju, za analizu je korišten jednosmjerni ANOVA F test. Za podatke koji nisu bili normalno distribuirani primijenjen je Kruskal-Wallisov test. Post hoc usporedbe za ANOVA-u obavljene su Bonferronijevim testom, a post hoc usporedbe za Kruskal-Wallisov test provedene su Mann-Whitneyjevim U testom. P-vrijednosti $\leq 0,005$ smatrane su statistički značajnima.

Podatci za vrijednosti L, A i B prikazani su u grafovima linijama koje povezuju srednje vrijednosti na različitim udaljenostima kako bi se vizualizirali trendovi, a dodatno je izrađen 3D dijagram distribucije s pomoću Pythona (Matplotlib[®]) za analizu vrijednosti ΔE na različitim fotoaktivacijskim udaljenostima, markama kompozita i imerzijskim otopinama tijekom tri vremena evaluacije (24 sata, 1 tjedan, 3 tjedna).

Results

The initial “L*” values showed no significant differences across resin discs at various photopolymerization distances ($p = .012$). However, significant changes were observed in subsequent evaluations depending on immersion time and the substance used: 3M ESPE® resin discs immersed in chicha morada exhibited a significant decrease in the “L*” value at three weeks as the photopolymerization distance increased ($p = .000$). Conversely, the Ivoclar® resin discs immersed in chicha morada showed significant changes in the “L*” value as early as T1 (24 hours), depending on the photopolymerization distance ($p < .005$). Similarly, the FGM® resin discs immersed in chicha morada displayed significant changes in the “L*” value at T1 related to photopolymerization distance ($p < .005$). Additionally, at 24 hours, the Ivoclar® resin discs immersed in chicha morada showed a significant increase in the “L*” value at 0 mm compared to 2 mm ($p = .000$), and the FGM® discs also exhibited significant differences ($p = .004$). By week 1, the 3M ESPE® discs showed a notable reduction in the “L*” value at 4 mm compared to 0 mm ($p = .003$), while Ivoclar® discs also showed significant changes ($p = .002$), but no significant differences were observed for FGM® discs ($p = .012$). At week 3, the “L*” values of the Ivoclar® discs immersed in chicha morada continued to show sig-

Rezultati

Početne vrijednosti „L*” nisu pokazale značajne razlike između kompozitnih diskova pri različitim udaljenostima fotopolimerizacije ($p = 0,012$). No, uočene su značajne promjene u kasnijim evaluacijama, ovisno o vremenu uranjanja i korištenoj tvari: 3M ESPE® kompozitni diskovi uronjeni u *chicha* moradu pokazali su značajno smanjenje vrijednosti „L*” poslije tri tjedna kako se udaljenost fotopolimerizacije povećavala ($p = 0,000$). Suprotno tomu, kompozitni diskovi Ivoclar® uronjeni u *chicha* moradu pokazali su značajne promjene vrijednosti „L*” već u T1 (24 sata), ovisno o udaljenosti fotopolimerizacije ($p < 0,005$). Slično tomu, kompozitni diskovi FGM® uronjeni u *chicha* moradu pokazali su značajne promjene vrijednosti „L*” pri T1 u odnosu na udaljenost fotopolimerizacije ($p < 0,005$). Osim toga, poslije 24 sata, kompozitni diskovi Ivoclar® uronjeni u *chicha* moradu pokazali su značajno povećanje vrijednosti „L*” na 0 mm u usporedbi s 2 mm ($p = 0,000$), a diskovi FGM® također su pokazali značajne razlike ($p = 0,004$). Do 1. tjedna diskovi 3M ESPE® pokazali su značajno smanjenje vrijednosti „L*” na 4 mm u usporedbi s 0 mm ($p = 0,003$), a diskovi Ivoclar® također su pokazali značajne promjene ($p = 0,002$), ali nisu uočene značajne razlike za FGM® ($p = 0,012$). U 3. tjednu vrijednosti „L*” diskova Ivoclar® uronjenih u *chicha* moradu nastavile

Table 1 Resin composition
Tablica 1. Sastav kompozita

Type of Resin • Vrsta kompozita	Brand • Marka	Batch Numbers • Serijski broj	Composition • Sastav	Weight • Težina	Shade • nijansa/boja
Filtek one Bulk-fill restorative	3M ESPE® Filtek™ Bulk Fill®	NF29092	All fillers are a combination of a non-agglomerated/non-aggregated 20 nanometer (nm) silica filler a non-agglomerated/aggregated 4 to 11 nm zirconia filler an aggregated silica/zirconium clustered filler (composed of 20 nm silica and 4 to 11 nm zirconium) and an ytterbium trifluoride filler composed of 100 nm agglomerated particles The inorganic filler loading is approximately 765% by weight (585% by volume) Filtek One Bulk-fill Restorative contains UDMA AFM diurethane-DMA and 1 12-dodecane-DMA) • Sva su punila kombinacija neaglomeriranog/neagregiranog punila od 20 nanometara (nm) silicijeva dioksida, neaglomeriranog/agregiranog cirkonijeva punila od 4 do 11 nm, klaster punila od silicijeva dioksida/cirocinija (sastavljenog od 20 nm silicijeva dioksida i 4 do 11 nm cirkonija) i punilo od iterbij trifluorida sastavljeno od aglomeriranih čestica od 100 nm. Udio anorganskog punila približno je 765 % po težini (585 % po volumenu) Filtek One Bulk-fill Restorative sadrži UDMA AFM diuretan-DMA i 1 12-dodekan-DMA)	4gr	A2
Opus Bulk-fill APS	Ivoclar® Tetric N-Ceram Bulk Fill®	130222	Urethane dimethacrylate monomers stabilizers photoinitiator composition (APS) and co-initiators; inorganic filler of silanized silicon dioxide (silica) stabilizers and pigments • Uretan dimetakrilatni monomeri stabilizatori kompozicija fotoinicijatora (APS) i koinicijatori; anorgansko punilo od silaniziranog silicijeva dioksida (silika) stabilizatora i pigmenata	4 gr	A2
Tetric N Ceram Bulk-fill Refill	FGM® Opus Bulk-fill APS®	Z051PT	The monomeric matrix is composed of dimethacrylates (19-21% by weight) The total content of inorganic filler is 75-77% by weight or 53-55% by volume The fillers consisting of barium glass prepolymer ytterbium trifluoride and mixed oxide It also contains additives catalysts stabilizers and pigments (<10% by weight) The particle size of inorganic filler ranges from 004 to 3 µm The average particle size is 06 µm • Monomerna matrica sastoji se od dimetakrilata (19 – 21 % masenog udjela) Ukupni sadržaj anorganskog punila je 75 – 77 % masenog udjela ili 53 – 55 % volumenskog udjela. Punila se sastoje od prepolimera barijeva stakla iterbijeva trifluorida i miješanog oksida. Također sadrži aditive katalizatore stabilizatore i pigmente (<10 % težinski). Veličina čestica anorganskog punila kreće se od 004 do 3 µm. Prosječna veličina čestica je 06 µm	35 gr	IVA

Table 2 Comparison of the „L” value for light-curing distances according to resin brand immersion substance and evaluation time
Tablica 2. Usporedba vrijednosti „L” za udaljenosti polimerizacijske svjetlosti ovisno o marki kompozita prema otopini za uranjanje i vremenu procjene

Immersion times • Vrijeme uranjanja	Substance • Otopina	Resin Brand • Proizvođač	Photoactivation Distance • Udaljenost fotoaktivacije			P value • P vrijednost
			0 mm	2 mm	4 mm	
No immersion • Bez uranjanja	Chicha morada	3M ESPE®	7.921 ± 0.167Aa	7.952 ± 0.243Aa	7.878 ± 0.123Aa	0.011
		Ivoclar®	7.521 ± 0.146Aa	7.529 ± 0.169Aa	7.494 ± 0.236Aa	0.089
		FGM®	7.542 ± 0.250Aa	7.680 ± 0.149Aa	7.598 ± 0.289Aa	0.038
	Distilled water	3M ESPE®	8.016 ± 0.271Aa	8.055 ± 0.294Aa	7.862 ± 0.310Aa	0.024
		Ivoclar®	7.643 ± 0.141Aa	7.518 ± 0.130ABa	7.463 ± 0.208Ba	0.002
		FGM®	7.429 ± 0.201Aa	7.542 ± 0.135Aa	7.604 ± 0.183Aa	0.005
24 hours • 24 sata	Chicha morada	3M ESPE®	7.422 ± 0.017Ab	7.409 ± 0.285Ab	7.323 ± 0.172Ab	0.015
		Ivoclar®	7.347 ± 0.245Ab	6.878 ± 0.217Bb	7.600 ± 0.397Aa	0.000
		FGM®	7.006 ± 0.183Ab	7.325 ± 0.215Bb	7.075 ± 0.980Bb	0.004
	Distilled water	3M ESPE®	7.856 ± 0.278Aa	7.746 ± 0.223Ab	7.813 ± 0.206Aa	0.050
		Ivoclar®	7.529 ± 0.127Ab	7.647 ± 0.297Aa	8.049 ± 0.290Bb	0.000
		FGM®	7.620 ± 0.249Ab	7.599 ± 0.164Aa	7.809 ± 0.243Ab	0.001
1 week • 1 tjedan	Chicha morada	3M ESPE®	7.962 ± 0.341Aa	7.306 ± 0.400Bb	7.084 ± 0.251Bc	0.003
		Ivoclar®	7.011 ± 0.113Ac	6.572 ± 0.379Bc	6.738 ± 0.270Bb	0.002
		FGM®	6.753 ± 0.308Abc	6.763 ± 0.312Ac	6.073 ± 1.003Bc	0.012
	Distilled water	3M ESPE®	8.914 ± 0.759Ab	8.251 ± 0.590Ba	7.912 ± 0.212Bab	0.034
		Ivoclar®	7.673 ± 0.092Aa	7.590 ± 0.142Aa	7.491 ± 0.217Aa	0.067
		FGM®	7.518 ± 0.247Aab	7.553 ± 0.170Aa	7.680 ± 0.213Aab	0.001
3 weeks • 3 tjedna	Chicha morada	3M ESPE®	7.473 ± 0.341Ab	7.415 ± 0.412Ab	6.842 ± 0.223Bd	0.056
		Ivoclar®	6.846 ± 0.144Ac	6.649 ± 0.203Bc	6.668 ± 0.206ABb	0.000
		FGM®	6.524 ± 0.184Ac	6.567 ± 0.255Ac	6.004 ± 1.066Bc	0.015
	Distilled water	3M ESPE®	7.966 ± 0.251Aa	8.006 ± 0.364Aab	8.069 ± 0.295Ab	0.000
		Ivoclar®	7.513 ± 0.111ABb	7.426 ± 0.142Ab	7.620 ± 0.173Ba	0.087
		FGM®	7.522 ± 0.214Aab	7.583 ± 0.237Aa	7.771 ± 0.338Aab	0.004

Note: Values are expressed as means ± standard deviations Different letters within a row indicate statistically significant differences between photoactivation distances for each resin brand and immersion substance at each evaluation time ($p < 0.05$) • Napomena: Vrijednosti su izražene kao srednje vrijednosti ± standardne devijacije. Različita slova unutar retka označavaju statistički značajne razlike između udaljenosti fotoaktivacije za svaku marku kompozita i otopinu za uranjanje u svakom vremenu procjene ($p < 0.05$)

nificant differences depending on the photopolymerization distance ($p = .000$) [TABLE 2].

Concerning the „a*” value, the 3M ESPE®, Ivoclar®, and FGM® resin discs immersed in chicha morada displayed significant changes in color ($p < 0.05$) [Table 3]. Specifically, at T0 (no immersion), the 3M ESPE® discs showed a significant decrease in „a” value as the photopolymerization distance increased ($p = 0.032$), while FGM® discs displayed a significant increase ($p = 0.032$). After 24 hours, both the 3M ESPE® ($p = 0.024$) and FGM® ($p = 0.012$) discs immersed in chicha morada continued to exhibit notable changes depending on photopolymerization distance. Ivoclar® discs, although initially showing no significant difference, demonstrated borderline significant changes at 24 hours ($p = .005$). At 1 week, Ivoclar® resin discs immersed in chicha morada exhibited significant variations in „a” values based on photopolymerization distance ($p = .002$), whereas FGM® discs showed no significant changes ($p = .012$) [TABLE 3].

Similarly, regarding the „b*” value, all three resins studied showed significant changes in color variation ($p < .005$) [Figure 1; Table 4]. At T0, the „b” value increased significantly for 3M ESPE® and Ivoclar® resins immersed in chicha morada as the photopolymerization distance increased ($p = .001$ for both), while FGM® showed no significant differences

su pokazivati značajne razlike, ovisno o udaljenosti fotopolimerizacije ($p = 0,000$) (tablica 2.). Kad je riječ o vrijednostima „a*”, kompozitni diskovi 3M ESPE®, Ivoclar® i FGM® uronjeni u *chicha* moradu pokazali su značajne promjene boje ($p < 0,005$) (tablica 3.). Točnije, pri T0 (bez uranjanja), diskovi 3M ESPE® pokazali su značajno smanjenje vrijednosti „a” s povećanjem udaljenosti fotopolimerizacije ($p = 0,0032$), a diskovi FGM® pokazali su značajno povećanje ($p = 0,0032$). Poslije 24 sata, i diskovi 3M ESPE® ($p = 0,0024$) i FGM® ($p = 0,0012$) uronjeni u *chicha* moradu nastavili su pokazivati značajne promjene, ovisno o udaljenosti fotopolimerizacije. Diskovi Ivoclar®, iako na početku nisu pokazivali značajnu razliku, pokazali su granično značajne promjene poslije 24 sata ($p = 0,005$). Poslije 1 tjedna, kompozitni diskovi Ivoclar® uronjeni u *chicha* moradu pokazali su značajne varijacije u vrijednostima „a” na temelju udaljenosti fotopolimerizacije ($p = 0,002$), a diskovi FGM® nisu pokazali značajne promjene ($p = 0,012$) (tablica 3.).

Kad je riječ o vrijednostima „b*”, sva tri testirana kompozita pokazala su značajne promjene boje ($p < 0,005$) (slika 1.; tablica 4.). Pri T0, vrijednost „b” značajno se povećala za kompozite 3M ESPE® i Ivoclar® uronjene u *chicha* moradu kako se povećavala udaljenost fotopolimerizacije ($p = 0,001$), a FGM® nije pokazao značajne razlike ($p = 0,005$). U destili-

Table 3 Comparison Of The „A” Value For Light-Curing Distances According resin brand immersion substance and evaluation time
Tablica 3. Usporedba vrijednosti „a” za udaljenosti polimerizacijske svjetlosti ovisno o marki kompozita prema otopini za uranjanje i vremenu procjene

Immersion times • Vrijeme uranjanja	Substance • Otopina	Resin Brand • Proizvođač	Photoactivation Distance • Udaljenost fotoaktivacije			P value • P vrijednost
			0 mm	2 mm	4 mm	
No immersion • Bez uranjanja	Chicha morada	3M ESPE®	0.064 ± 0.024Aa	0.045 ± 0.025Aa	0.019 ± 0.019Ba	0.032
		Ivoclar®	0.213 ± 0.048Aa	0.183 ± 0.032Aa	0.186 ± 0.046Aa	0.199
		FGM®	0.073 ± 0.044Aa	0.092 ± 0.056Aa	0.160 ± 0.119Aa	0.032
	Distilled water	3M ESPE®	0.033 ± 0.022Aa	0.061 ± 0.035Aa	0.048 ± 0.027Aa	0.061
		Ivoclar®	0.176 ± 0.013Aa	0.178 ± 0.031Aa	0.189 ± 0.036Aa	0.508
		FGM®	0.059 ± 0.049Aa	0.086 ± 0.046ABa	0.136 ± 0.078Bab	0.037
24 hours • 24 sata	Chicha morada	3M ESPE®	0.109 ± 0.069Aa	0.131 ± 0.100Ab	0.147 ± 0.060Abc	0.024
		Ivoclar®	0.041 ± 0.035Ab	0.130 ± 0.067Ba	0.141 ± 0.166ABa	0.053
		FGM®	0.268 ± 0.158Ab	0.124 ± 0.086Aa	0.211 ± 0.239Aa	0.012
	Distilled water	3M ESPE®	0.076 ± 0.056Ab	0.046 ± 0.066Aa	0.030 ± 0.026Aab	0.563
		Ivoclar®	0.152 ± 0.031Aa	0.194 ± 0.044Ba	0.269 ± 0.082Cb	0.000
		FGM®	0.062 ± 0.043Aa	0.134 ± 0.077Ba	0.209 ± 0.104Bb	0.000
1 week • 1 tjedan	Chicha morada	3M ESPE®	0.127 ± 0.083Aa	0.087 ± 0.095Aab	0.149 ± 0.109Ab	0.035
		Ivoclar®	0.062 ± 0.067Ab	0.212 ± 0.153Ba	0.180 ± 0.113Ba	0.023
		FGM®	0.361 ± 0.161Ab	0.289 ± 0.103Ab	0.299 ± 0.340Aa	0.127
	Distilled water	3M ESPE®	0.039 ± 0.024Aa	0.035 ± 0.036Aa	0.014 ± 0.041Ab	0.348
		Ivoclar®	0.096 ± 0.157Ab	-0.082 ± 0.151Ab	-0.086 ± 0.161Ac	0.678
		FGM®	0.052 ± 0.075Aa	-0.015 ± 0.076Ab	-0.112 ± 0.117Bc	0.012
3 weeks • 3 tjedna	Chicha morada	3M ESPE®	0.118 ± 0.110Aa	0.080 ± 0.124Aab	0.105 ± 0.087Ac	0.568
		Ivoclar®	0.033 ± 0.058Ab	0.124 ± 0.065Ba	0.171 ± 0.070Ba	0.001
		FGM®	0.294 ± 0.144Ab	0.277 ± 0.122Ab	0.343 ± 0.341Aa	0.154
	Distilled water	3M ESPE®	0.014 ± 0.036Ac	0.004 ± 0.064Ab	-0.024 ± 0.057Ac	0.000
		Ivoclar®	-0.106 ± 0.152Ab	-0.109 ± 0.169Ac	-0.099 ± 0.157Ac	0.875
		FGM®	0.013 ± 0.077Aa	-0.045 ± 0.067Ab	0.011 ± 0.169Aac	0.875

Note: Values are expressed as means ± standard deviations Different letters within a row indicate statistically significant differences between photoactivation distances for each resin brand and immersion substance at each evaluation time ($p < 0.05$) • Napomena: Vrijednosti su izražene kao srednje vrijednosti ± standardne devijacije. Različita slova unutar retka označavaju statistički značajne razlike između udaljenosti fotoaktivacije za svaku marku kompozita i otopinu za uranjanje u svakom vremenu procjene ($p < 0.05$)

es ($p = .005$). In distilled water, 3M ESPE® and Ivoclar® also displayed significant variations ($p = .005$ and $p = .000$, respectively). After 24 hours, 3M ESPE® discs in chicha morada showed a significant rise in “b” value at 4 mm ($p = .000$), with similar trends for Ivoclar® ($p = .000$) FGM® exhibited non-linear changes ($p = .000$). In distilled water, significant changes were observed for Ivoclar® and FGM® ($p = .000$ and $p = .000$), while 3M ESPE® remained stable ($p = .018$). At 1 week, 3M ESPE® resins showed a decrease in “b” value with increasing distances ($p = .000$), while Ivoclar® and FGM® displayed moderate changes ($p = .004$ and $p = .000$, respectively). In distilled water, significant differences were noted only for 3M ESPE® ($p = .001$). By 3 weeks, 3M ESPE® discs in chicha morada exhibited the highest “b” values at 4 mm ($p = .000$), with Ivoclar® also showing significant increases ($p = .002$). FGM® resins remained unchanged ($p = .010$). In distilled water, only 3M ESPE® showed significant variation ($p = .035$) [FIGURE 1] [TABLE 4].

Regarding Delta (ΔE) values, the 3M ESPE® resin discs immersed in chicha morada showed significant changes at 24 hours, 1 week, and 3 weeks ($p < .005$) [Figure 2; Table 5]. At 24 hours, 3M ESPE® exhibited increasing ΔE values with greater photopolymerization distances, peaking at 4 mm ($p = .001$). Ivoclar® showed the highest ΔE value at 2 mm (p

ranj vodi su, 3M ESPE® i Ivoclar® također pokazali značajne varijacije ($p = 0.005$ i $p = 0.000$). Poslije 24 sata, diskovi 3M ESPE® u chicha moradi pokazali su značajan porast „b” vrijednosti na 4 mm ($p = 0.000$), sa sličnim trendovima za Ivoclar® ($p = 0.000$). FGM® je pokazao nelinearne promjene ($p = 0.000$). U destiliranoj vodi uočene su značajne promjene za Ivoclar® i FGM® ($p = 0.000$ i $p = 0.000$), a 3M ESPE® ostao je stabilan ($p = 0.018$). Nakon 1 tjedna kompoziti 3M ESPE® pokazali su smanjenje „b” vrijednosti s povećanjem udaljenosti ($p = 0.000$), a Ivoclar® i FGM® pokazali su umjerene promjene ($p = 0.004$ i $p = 0.000$). U destiliranoj vodi značajne razlike uočene su samo za 3M ESPE® ($p = 0.001$). Do 3 tjedna, diskovi 3M ESPE® u chicha moradi pokazali su najviše „b” vrijednosti na 4 mm ($p = 0.000$), a Ivoclar® je također pokazao značajno povećanje ($p = 0.002$). Kompoziti FGM® ostali su nepromijenjeni ($p = 0.010$). U destiliranoj vodi samo je 3M ESPE® pokazao značajnu varijaciju ($p = 0.035$) (slika 1.; tablica 4.).

Kad je riječ o vrijednosti Delta E (ΔE), kompozitni diskovi 3M ESPE® uronjeni u chicha moradu pokazali su značajne promjene poslije 24 sata, jednog tjedna i tri tjedna ($p < 0.005$) (slika 2.; tablica 5.). Poslije 24 sata, 3M ESPE® pokazao je povećanje vrijednosti ΔE s većim udaljenostima. Nakon polimerizacije, s vrhuncem na 4 mm ($p = 0.001$). Ivoc-

Table 4 Comparison Of The „B” Value For Light-Curing Distances According To resin brand immersion substance and evaluation time
Tablica 4. Usporedba vrijednosti „a” za udaljenosti polimerizacijske svjetlosti ovisno o marki kompozita prema otopini za uranjanje i vremenu procjene

Immersion times • Vrijeme uranjanja	Substance • Otopina	Resin Brand • Proizvođač	Photoactivation Distance • Udaljenost fotoaktivacije			P value • P vrijednost
			0 mm	2 mm	4 mm	
No immersion • Bez uranjanja	Chicha morada	3M ESPE®	1.552	1.786	1.749	0.001
		Ivoclar®	1.423	1.606	1.722	0.001
		FGM®	1.258	1.039	1.085	0.055
	Distilled water	3M ESPE®	1.604	1.844	1.823	0.050
		Ivoclar®	1.500	1.633	1.699	0.000
		FGM®	1.208	0.981	1.263	0.011
24 hours • 24 sata	Chicha morada	3M ESPE®	1.76	1.982	2.183	0.006
		Ivoclar®	1.388	1.482	1.689	0.003
		FGM®	1.334	1.007	1.228	0.008
	Distilled water	3M ESPE®	1.559	1.735	1.710	0.188
		Ivoclar®	1.399	1.579	1.665	0.004
		FGM®	1.277	0.923	1.083	0.000
1 week • 1 tjedan	Chicha morada	3M ESPE®	2.186	1.951	1.685	0.000
		Ivoclar®	1.683	0.174	1.461	0.045
		FGM®	1.306	1.367	1.465	0.007
	Distilled water	3M ESPE®	2.144	2.150	1.829	0.019
		Ivoclar®	1.593	1.723	1.597	0.089
		FGM®	1.339	1.276	1.421	0.098
3 weeks • 3 tjedna	Chicha morada	3M ESPE®	2.357	2.742	3.213	0.000
		Ivoclar®	1.512	1.623	1.885	0.026
		FGM®	1.412	1.090	1.306	0.102
	Distilled water	3M ESPE®	1.688	1.844	1.741	0.354
		Ivoclar®	1.351	1.480	1.647	0.235
		FGM®	1.414	0.966	1.077	0.067

Note: Values are expressed as means $\pm$ standard deviations Different letters within a row indicate statistically significant differences between photoactivation distances for each resin brand and immersion substance at each evaluation time ($p < 0.05$) • Napomena: Vrijednosti su izražene kao srednje vrijednosti $\pm$ standardne devijacije. Različita slova unutar retka označavaju statistički značajne razlike između udaljenosti fotoaktivacije za svaku marku kompozita i otopinu za uranjanje u svakom vremenu procjene ($p < 0.05$)

= .000), while FGM® displayed significant but inconsistent changes ($p = .000$). When immersed in distilled water, significant variations were observed across all resins, particularly for Ivoclar® at 4 mm ($\Delta E = 674 \pm 215$, $p = .000$).

After 1 week, 3M ESPE® discs in chicha morada exhibited a significant reduction in ΔE at 2 mm ($p = .000$), while Ivoclar® demonstrated its highest ΔE value at 4 mm ($p = .000$), FGM® showed a notable increase in ΔE with distance, reaching a peak at 4 mm ($\Delta E = 1228 \pm 276$, $p = .001$). In distilled water, 3M ESPE® experienced a sharp decrease in ΔE from 0 mm to 4 mm ($p = .000$). Ivoclar® and FGM® also displayed significant variations, with the latter showing more stable ΔE values ($p = .000$ and $p = .016$, respectively).

At 3 weeks, 3M ESPE® immersed in chicha morada reached its highest ΔE value at 4 mm ($\Delta E = 1559 \pm 227$, $p = .000$), while Ivoclar® showed moderate increases at both 2 mm and 4 mm ($p = .000$) FGM® exhibited stable ΔE values without significant changes ($p = .045$). In distilled water, 3M ESPE® maintained the same trend of decreasing ΔE values with distance ($p = .000$), whereas Ivoclar® and FGM® showed no significant differences across distances ($p = .026$ and $p = .048$, respectively) (TABLE 6).

lar® je pokazao najvišu vrijednost ΔE na 2 mm ($p = 0,000$), a FGM® je pokazao značajne, ali nekonzistentne promjene ($p = 0,000$). Kada su uronjeni u destiliranu vodu, uočene su značajne varijacije kod svih kompozita, posebno za Ivoclar® na 4 mm ($\Delta E = 674 \pm 215$, $p = 0,000$).

Poslije jednog tjedna, diskovi 3M ESPE® u *chicha* moradi pokazali su značajno smanjenje ΔE na 2 mm ($p = 0,000$), a Ivoclar® je pokazao svoju najvišu vrijednost ΔE na 4 mm ($p = 0,000$). FGM® je pak pokazao značajan porast ΔE s udaljenošću – dosegno je vrhunac na 4 mm ($\Delta E = 1228 \pm 276$, $p = 0,001$). U destiliranoj vodi je 3M ESPE® doživio nagli pad ΔE od 0 mm do 4 mm ($p = 0,000$). Ivoclar® i FGM® također su pokazali značajne varijacije, pri čemu je FGM® imao stabilnije vrijednosti ΔE ($p = 0,000$ i $p = 0,016$).

Poslije tri tjedna, 3M ESPE® uronjen u *chicha* moradu dosegno je svoju najvišu ΔE vrijednost na 4 mm ($\Delta E = 1559 \pm 227$, $p = 0,000$), a Ivoclar® je pokazao umjereno povećanje i na 2 i na 4 mm ($p = 0,000$) FGM® je pokazao stabilne vrijednosti ΔE bez značajnih promjena ($p = 0,045$). U destiliranoj vodi je 3M ESPE® zadržao isti trend smanjenja vrijednosti ΔE s udaljenošću ($p = 0,000$), a Ivoclar® i FGM® nisu pokazali značajne razlike među udaljenostima ($p = 0,026$ i $p = 0,048$) (tablica 6.).

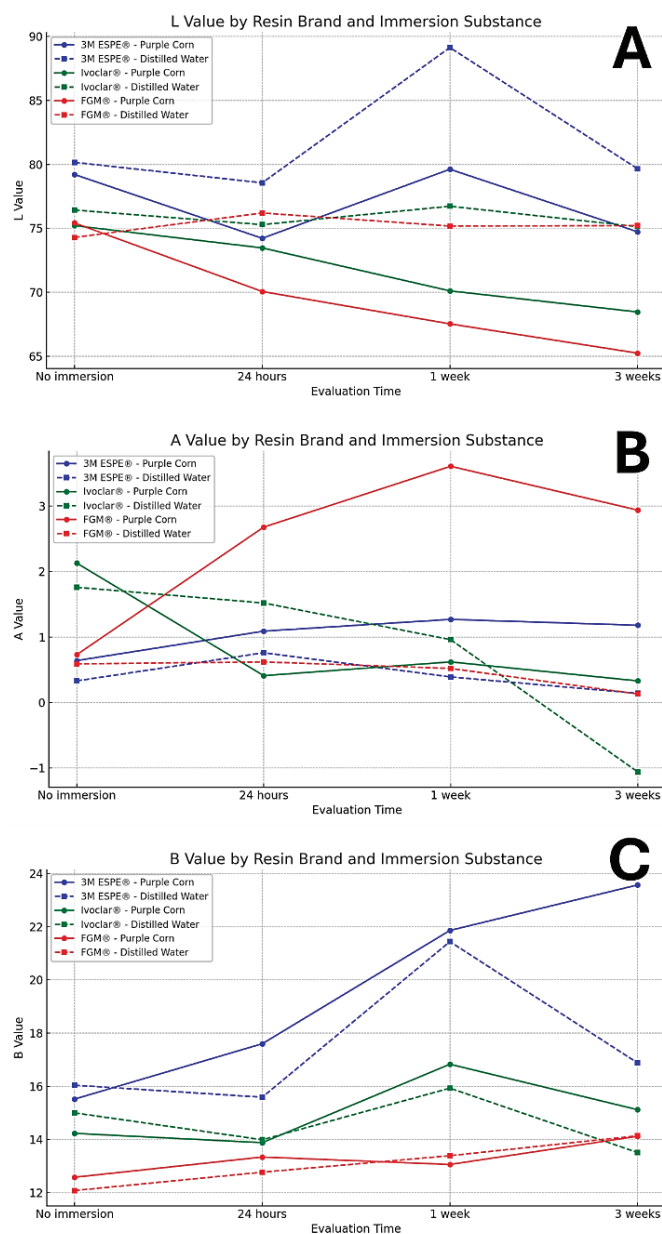


Figure 1 Analysis Effect of Resin Brand and Immersion Substance A) L Value, B) A Value and C) B Value
Slika 1. Učinak analize marke kompozita i tvari za uranjanje A) vrijednost L; B) vrijednost a; C) vrijednost b

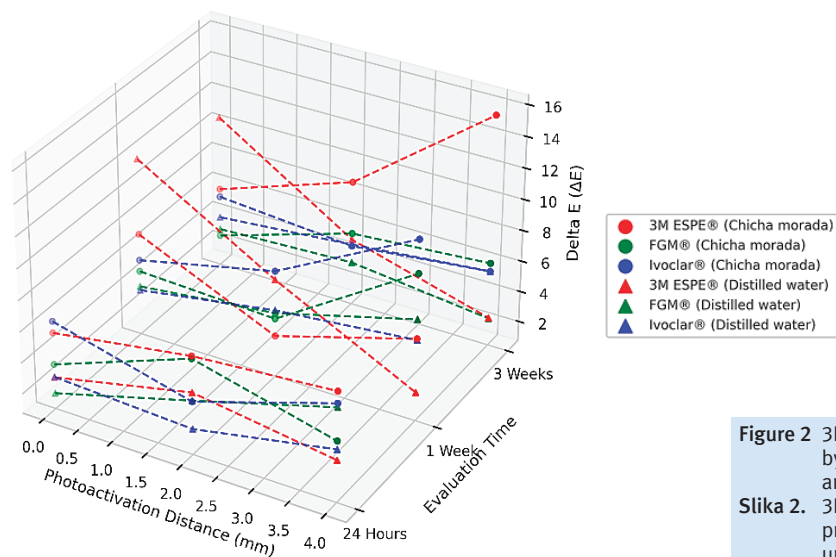


Figure 2 3D Scatter Plot with Connecting Lines: ΔE Changes by Photoactivation Distance, Immersion Substance, and Evaluation Time
Slika 2. 3D dijagram distribucije sa spojnim linijama: ΔE promjene prema udaljenosti fotoaktivacije, tvari uranjanja i vremenu evaluacije

Table 5 Comparison Of Delta (ΔE) For Light-Curing Distances According To resin brand immersion substance and evaluation time
Tablica 5. Usporedba vrijednosti „Delta E (ΔE)” za udaljenosti polimerizacijske svjetlosti ovisno o marki kompozita prema otopini za uranjanje i vremenu procjene

Immersion times • Vrijeme uranjanja	Substance • Otopina	Resin Brand • Proizvođač	Photoactivation Distance • Udaljenost fotoaktivacije			P value • P vrijednost
			0 mm	2 mm	4 mm	
24 hours • 24 sata	Chicha morada	3M ESPE®	5.66 ± 2.54Aa	7.03 ± 3.26Aa	7.74 ± 3.61Aa	0.012
		Ivoclar®	3.62 ± 1.59Aab	6.86 ± 1.29Ba	4.64 ± 1.79Aa	0.005
		FGM®	6.40 ± 3.50Aa	4.13 ± 1.83Aa	6.99 ± 10.84Aab	0.003
	Distilled water	3M ESPE®	2.78 ± 2.33Aa	4.72 ± 3.61Aa	3.43 ± 2.47Aa	0.039
		Ivoclar®	1.74 ± 0.78Aa	4.20 ± 1.94Ba	6.74 ± 2.15Ca	0.008
		FGM®	2.80 ± 1.30Aa	2.38 ± 1.32Aa	4.11 ± 4.90Aa	0.049
1 week • 1 tjedan	Chicha morada	3M ESPE®	7.33 ± 3.68Aa	3.39 ± 2.11Bb	6.03 ± 2.89Aa	0.000
		Ivoclar®	4.90 ± 1.71Aa	4.52 ± 3.58Aa	10.15 ± 4.52Bb	0.006
		FGM®	5.63 ± 2.12Aa	7.60 ± 1.23Ab	12.28 ± 2.76Ba	0.012
	Distilled water	3M ESPE®	12.19 ± 6.64Ab	7.05 ± 4.25Ba	2.57 ± 1.27Ca	0.000
		Ivoclar®	3.90 ± 1.78Ab	4.89 ± 1.98Aa	7.27 ± 3.01Ba	0.007
		FGM®	3.65 ± 2.44Aa	5.07 ± 1.55Ab	5.95 ± 2.45Ba	0.168
3 weeks • 3 tjedna	Chicha morada	3M ESPE®	5.85 ± 2.48Aa	8.85 ± 3.35Ba	15.59 ± 2.27Cb	0.000
		Ivoclar®	2.70 ± 1.23Ab	5.46 ± 3.74Ba	6.14 ± 1.53Ba	0.006
		FGM®	5.34 ± 2.86Aa	4.62 ± 3.58Aab	5.61 ± 4.37Ab	0.458
	Distilled water	3M ESPE®	10.63 ± 5.48Ab	5.05 ± 2.57Ba	2.54 ± 1.28Ca	0.000
		Ivoclar®	3.14 ± 0.63Ab	3.52 ± 1.40Aa	2.50 ± 1.29Ab	0.269
		FGM®	3.95 ± 2.01Aa	4.72 ± 1.63Ab	5.62 ± 3.13Aa	0.487

Note: Values are expressed as means ± standard deviations Different letters within a row indicate statistically significant differences between photoactivation distances for each resin brand and immersion substance at each evaluation time ($p < 0.05$) • Napomena: Vrijednosti su izražene kao srednje vrijednosti ± standardne devijacije. Različita slova unutar retka označavaju statistički značajne razlike između udaljenosti fotoaktivacije za svaku marku kompozita i otopinu za uranjanje u svakom vremenu procjene ($p < 0.05$)

Table 6 Comparison of color stability for light-curing distances according to resin brand immersion substance and evaluation time
Tablica 6. Usporedba stabilnosti boje za udaljenosti polimerizacijske svjetlosti prema marki kompozita i vremena procjene

	Color Stability • Stabilnost boje		
	24 hours • 24 sata	1 week • 1 tjedan	3 weeks • 3 tjedna
By substance adjusted to resin type • Prema otopini			
Distilled water • Destilirana voda	0.120	0.708	0.005
Purple Chicha morada • Ljubičasta <i>chicha</i> morada	0.024	0.009	0.000
By distance • Prema udaljenosti			
0mm			
Adjusted to substance • Prilagođeno sadržaju	0.000	0.000	0.188
Adjusted to substance and type of resin • Prilagođeno otopini i vrsti kompozita	0.000	0.000	0.001
2mm			
Adjusted to substance • Prilagođeno sadržaju	0.407	0.482	0.000
Adjusted to substance and type of resin • Prilagođeno otopini i vrsti kompozita	0.002	0.001	0.000
4mm			
Adjusted to substance • Prilagođeno sadržaju	0.947	0.010	0.000
Adjusted to substance and type of resin • Prilagođeno otopini i vrsti kompozita	0.000	0.004	0.000

Note: P-values are shown for comparisons of color stability between photopolymerization distances, analyzed by resin type, immersion substance, and evaluation time • Napomena: P-vrijednosti su prikazane za usporedbe stabilnosti boje između fotopolimerizacijskih udaljenosti, analiziranih prema vrsti kompozita, otopini za uranjanje i vremenu procjene

Discussion

The aim of this *in vitro* study was to evaluate the color stability of bulk-fill resins immersed in chicha morada and photopolymerized at distances of 0 mm 2 mm and 4 mm. The results showed significant color changes in the discs of all three commercial bulk-fill resins evaluated. All brands experienced a significant decrease in the “L*” value as immersion time in the chicha morada increased ($p < 0.05$).

Rasprava

Cilj ovog istraživanja *in vitro* bio je procijeniti stabilnost boje debeloslojnih kompozita uronjenih u *chicha* moradu i fotopolimeriziranih na udaljenostima od 0 mm, 2 mm i 4 mm. Rezultati su pokazali značajne promjene boje diskova svih triju komercijalnih debeloslojnih kompozita uronjenih u *chicha* moradu koje su procijenjene. Kod svih marki dogodilo se značajno smanjenje vrijednosti „L*” kako se povećava

Chromatic stability depended on both immersion time and photopolymerization distance.

The findings of this study may be related to the presence of different photoinitiators in the bulk-fill resins. In addition to camphorquinone, these resins may contain alternative photoinitiators such as trimethylbenzoyl-diphenyl-phosphine oxide (TPO) phenylpropanedione (PPD) or Ivocerin. These photoinitiators enable more efficient polymerization in thicker layers and could influence the material's chromatic stability (14–16).

The greatest color difference was observed in 3M ESPE[®] discs followed by Ivoclar[®] a finding consistent with Bahbishi et al. (17) who studied color difference and microhardness in four bulk-fill resins immersed in different solutions finding that these two brands exhibited lower color stability. These changes may be due to the composition of the material under study. Additionally, it is reported that samples exposed to staining solutions for longer periods were associated with greater color changes regardless of the solution type used (18–20).

Regarding changes in the “a*” parameter, it was observed that the 3M ESPE[®] resin discs maintained stability in this value regardless of photopolymerization distance. In contrast, the Ivoclar[®] Ceram discs showed significant changes as the distance increased ($p < .005$), while the FGM[®] discs showed no variations in “a*” at any time. These differences could be explained by variations in the chemical composition of the resins and their interaction with the pigments present in the *chicha* morada.

Regarding changes in the “b*” parameter, the 3M ESPE[®] and Ivoclar[®] Ceram resin discs showed an increase as the photopolymerization distance increased from 0 mm to 4 mm. This reflects that with greater distance there is a higher difference in color stability which agrees with results reported by Ciocan et al. (21). These modifications in the distances at which the light source is placed could directly affect the mechanical properties of the resins and the polymerization depth achieved (22).

A previous study by Noufal et al. (14), evaluated the color stability of a bulk-fill resin and a flowable resin using non-carbonated beverages such as Appy Fizz[®]. While this beverage is not natural like *chicha* morada, its results provide an interesting point of comparison. Unlike our findings, this study showed that bulk-fill resins exhibited greater color change compared to flowable resins. In that study, ΔE variations were not significant among the different resin types except for the 3M ESPE[®] discs photopolymerized at 4 mm and exposed for 3 weeks where significant differences were observed ($p > .005$).

It is important to highlight that previous studies have used carbonated or caffeine-containing beverages as pigmentsing agents (23). For example, Özyurt and Kurt (22) evaluated the chromatic stability of conventional and bulk-fill resins using coffee and soft drinks. In contrast, our study, which used a non-carbonated, natural beverage reported that bubbles in beverages may affect the material surface causing roughness that allows pigment penetration (24).

valo vrijeme uranjanja u *chicha* moradu ($p < 0,05$). Kromatska stabilnost ovisila je i o vremenu uranjanja i o udaljenosti fotopolimerizacije.

Nalazi iz ovog istraživanja mogu biti povezani s prisutnošću različitih fotoinicijatora u debeloslojnim kompozitima. Osim kamforkinona, ti kompoziti mogu sadržavati alternativne fotoinicijatore poput trimetilbenzoidifenilfosfin oksida (TPO), fenilpropandiona (PPD) ili Ivocerina. Ti fotoinicijatori omogućuju učinkovitiju polimerizaciju u debljim slojevima i mogli bi utjecati na kromatsku stabilnost materijala (14 – 16).

Najveća razlika u boji uočena je na diskovima 3M ESPE[®], a zatim na Ivoclaru[®], što je u skladu s nalazima Bahbishi i suradnika (17) koji su proučavali razliku u boji i mikrotvrdocu četiriju debeloslojnih kompozita uronjenih u različite otopine te otkrili da te dvije marke pokazuju nižu stabilnost boje. Te promjene mogu biti posljedica sastava proučavanog materijala. Uz to, objavljeno je da su uzorci izloženi otopinama za bojenje dulje bili povezani s većim promjenama boje bez obzira na korištenu vrstu otopine (18 – 20).

Kad je riječ o promjenama parametra „a*”, uočeno je da su kompozitni diskovi 3M ESPE[®] održali stabilnost te vrijednosti bez obzira na udaljenost fotopolimerizacije. Suprotno tomu, diskovi Ivoclar[®] Ceram pokazali su značajne promjene s povećanjem udaljenosti ($p < 0,005$), a diskovi FGM[®] nisu pokazali varijacije vrijednosti „a*” ni u jednom trenutku. Te razlike mogu se objasniti varijacijama kemijskog sastava kompozita i njihovom interakcijom s pigmentima prisutnima u *chicha* moradi.

Kad je riječ o promjenama parametra „b*”, 3M ESPE[®] i kompozitni diskovi Ivoclar[®] Ceram pokazali su povećanje s povećanjem udaljenosti fotopolimerizacije od 0 mm do 4 mm. To upućuje na to da s većom udaljenošću postoji veća razlika u stabilnosti boje, što se slaže s rezultatima o kojima su izvijestili Ciocan i suradnici (21). Te promjene u udaljenostima na kojima se postavlja izvor svjetlosti mogle bi izravno utjecati na mehanička svojstva smola i postignutu dubinu polimerizacije (22).

Prije toga su Noufala i suradnici (14) u svojem istraživanju procijenili stabilnost boje krutih debeloslojnih kompozita i tekućih kompozita korištenjem negaziranih pića poput Appy Fizza[®]. Iako taj napitak nije prirodan poput *chicha* morade, rezultati omogućuju zanimljivu točku usporedbe. Za razliku od naših nalaza, autori toga istraživanja istaknuli su da kruti debeloslojni kompoziti pokazuju veću promjenu boje u usporedbi s tekućima. U tom istraživanju varijacije ΔE nisu bile značajne među različitim vrstama kompozita, osim za diskove 3M ESPE[®] fotopolimerizirane na 4 mm i izložene tri tjedna na kojima su uočene značajne razlike ($p > 0,005$).

Važno je istaknuti da su u dosadašnjim istraživanjima korištena gazirana pića ili ona koja sadržavaju kofein kao pigmentirajuće sredstvo (23). Na primjer, Özyurt i Kurt (22) procijenili su kromatsku stabilnost konvencionalnih i debeloslojnih kompozita koristeći se kavom i bezalkoholnim pićima. Nasuprot tomu, u našem istraživanju u kojemu se koristi negazirano prirodno piće, pokazalo se da mjehurići u napitcima mogu utjecati na površinu materijala tako da uzrokuju hrapavost koja omogućuje prodiranje pigmenta (24).

The „L*” values significantly decreased in all three commercial brands evaluated (3M ESPE® Ivoclar® and FGM®) as immersion time increased ($p < .005$). These findings partially align with the results of Şişmanoğlu and Sengez (25), who reported discoloration above the clinically acceptable threshold ($\Delta E > 27$) in all resins studied when exposed to acidic beverages. However, in their research, orange juice caused greater discoloration than Coca-Cola®, while in our study case chicha morada proved to be a potent pigmenting agent for all resins tested. It is important to mention that the „L*” value is related to lightness, being essential for chromatic stability and clinical success of restorative treatments as the human eye perceives these variations more sharply due to the higher presence of rods over cones in the vision organ (26).

The „a*” and „b*” values varied depending on the resin brand and photopolymerization distance suggesting that resin composition and curing conditions influence its susceptibility to pigment. These results coincide with findings by Acuña et al. (27), who identified chicha morada as the beverage causing the most significant color changes in composite resins reaching perceptible levels to the human eye ($\Delta E > 33$). In the present study, the 3M ESPE® resin discs photopolymerized at 4 mm and exposed for 3 weeks showed the most significant ΔE changes ($p < .005$), thus highlighting the importance of photopolymerization distance in chromatic stability. These results emphasize the importance of considering both resin composition and curing conditions when selecting materials for restorations in esthetically-critical areas. In addition to the above mentioned, it is important to note that our study aligns with emerging research trends, as seen in recent investigations that evaluate the clinical performance of bulk-fill composites, analyze the impact of rapid polymerization on material properties, and assess the influence of different light-curing technologies on composite effectiveness (28-30).

Another element to consider is the type of filler in composite materials, such as zirconia or barium glass, which significantly influences their interaction with staining agents. Zirconia fillers, due to their dense and smooth surface, tend to be more resistant to yellowing and pigment absorption, as their structure limits the penetration of colorants. In contrast, barium glass fillers, being more porous, provide a greater surface area where pigments can adhere, making these materials more susceptible to discoloration. This porosity, along with a slightly rough texture, facilitates the penetration of staining agents present in beverages or foods, resulting in a more pronounced color change in resins with barium glass fillers compared to those with zirconia (22, 26).

Strengths and limitations

This study highlights several important strengths. First, it uses a well-structured *in vitro* design with appropriate controls, thus allowing the evaluation of color stability under controlled and reproducible conditions. Additionally, the inclusion of three commercial bulk-fill resin brands and evaluation at different photopolymerization distances provides a comprehensive and applicable comparative view. The choice

Vrijednosti „L*” značajno su se smanjile kod svih triju procijenjenih komercijalnih marki (3M ESPE®, Ivoclar® i FGM®) kako se vrijeme uranjanja povećavalo ($p < 0,005$). Ti nalazi djelomično se podudaraju s rezultatima Şişmanoğlua i Sengeza (25) koji su izvijestili o promjeni boje iznad klinički prihvatljivoga praga ($\Delta E > 27$) u svim proučavanim kompozitima kada su bili izloženi kiselim pićima. No u njihovu istraživanju sok od naranče prouzročio je veću promjenu boje od Coca-Cole®, a u ovom se slučaju *chicha* morada pokazala kao snažno pigmentirajuće sredstvo za sve testirane kompozite. Važno je spomenuti da je vrijednost „L*” povezana sa svjetlinom, što je ključno za kromatsku stabilnost i klinički uspjeh restaurativne terapije jer ljudsko oko oštrije percipira te varijacije zbog više štapića u vidnom organu u odnosu prema čunjićima (26).

Vrijednosti „a*” i „b*” varirale su ovisno o marki kompozita i udaljenosti fotopolimerizacije, što sugerira da sastav kompozita i uvjeti polimerizacije utječu na njegovu osjetljivost na pigment. Ti rezultati podudaraju se s nalazima Acuña i suradnika (27) koji su identificirali *chicha* moradu kao napitak koji uzrokuje najznačajnije promjene boje u kompozitnim materijalima te doseže razine primjetne ljudskom oku ($\Delta E > 33$). U ovom su istraživanju kompozitni diskovi 3M ESPE® fotopolimerizirani na 4 mm i izloženi tri tjedna pokazali najznačajnije promjene ΔE ($p < 0,005$), što ističe važnost udaljenosti fotopolimerizacije za kromatsku stabilnost.

Ti rezultati ističu važnost razmatranja sastava kompozita i uvjeta polimerizacije pri odabiru materijala za restauracije u estetski kritičnim područjima. Uz navedeno, važno je napomenuti da je naše istraživanje u skladu s novim istraživačkim trendovima, kao što se vidi u nedavnim istraživanjima u kojima se procjenjuje klinička učinkovitost debeloslojnih kompozita, analizira utjecaj brze polimerizacije na svojstva materijala i procjenjuje utjecaj različitih tehnologija svjetlosne polimerizacije na učinkovitost kompozita (28 – 30).

Drugi element koji treba uzeti u obzir jest vrsta punila u kompozitnim materijalima, poput cirkonija ili barijeva stakla, što značajno utječe na njihovu interakciju s bojama. Cirkonijska punila, zbog guste i glatke površine, imaju tendenciju da budu otpornija na žućenje i apsorpciju pigmenta jer njihova struktura ograničava prodiranje bojila. Suprotno tomu, punila od barijeva stakla, s obzirom na to da su poroznija, pružaju veću površinu na koju pigmenti mogu prijanjati i čine te materijale osjetljivijima na promjenu boje. Ta poroznost, uz blago hrapavu teksturu, olakšava prodiranje pigmentiranim tvarima prisutnima u pićima ili hrani, što rezultira izraženijom promjenom boje u kompozitnim materijalima od barijeva stakla u usporedbi s onima s cirkonijevim oksidom (22, 26).

Prednosti i ograničenja

U ovom istraživanju ističe se nekoliko važnih prednosti. Prvo, primjenjuje se dobro strukturiran dizajn *in vitro* s odgovarajućim kontrolama koje omogućuju procjenu stabilnosti boje u kontroliranim i ponovljivim uvjetima. Uz to, uključivanje triju komercijalnih marki kompozita i evaluacija na različitim udaljenostima fotopolimerizacije pruža sveobuhvatan i primjenjiv komparativni prikaz. Izbor *chicha* mo-

of chicha morada, natural and culturally relevant pigment expands knowledge on understudied pigmenting agents, thus adding value both regionally and globally. Finally, the use of standardized tools like the Vita Easyshade[®] Advance 40 digital spectrophotometer ensured precision and reliability in color measurements.

The study has some limitations. Being an *in vitro* design, the results cannot be fully extrapolated to real clinical conditions where factors such as saliva, oral microbiota and masticatory forces may influence the color stability of resins. Additionally, the selection of a single pigmenting agent (chicha morada) may limit the generalizability of the findings to other commonly consumed agents. Finally, the use of a limited immersion time (three weeks) may not reflect long-term color changes in restorations.

Suggestions for future research and practical application

For future research, clinical studies evaluating color stability under real oral conditions considering factors such as saliva presence, mechanical wear and exposure to a variety of foods and drinks are suggested. It would also be valuable to explore other natural and synthetic pigmenting agents to broaden understanding of the interactions between resins and pigments. Lastly, research on improvements in the chemical composition of bulk-fill resins could help develop materials which are more resistant to discoloration.

The findings of this study have significant clinical implications. They can help dentists in selecting more suitable bulk-fill resins for restorations in patients with high consumption of pigmenting drinks such as chicha morada. Furthermore, they emphasize the importance of optimizing the photopolymerization technique, particularly the light application distance to minimize discoloration and improve long-term esthetic outcomes. These results may also guide resin manufacturers in developing products with greater resistance to pigmentation.

This study contributes to the knowledge of the chromatic stability of Bulk-fill resins when exposed to a natural soft drink such as chicha morada. The results can help dentists make better decision regarding resins, thus achieving the esthetic success of dental restorations.

Conclusions

The study showed that the "L*" value decreased with prolonged immersion in chicha morada indicating a reduction in chromatic stability. Regarding the "a*" value the 3M ESPE[®] resin exhibited instability, while Ivoclar[®] Ceram showed variations depending on the photopolymerization distance, and FGM[®] showed no significant changes. For the "b*" value, both 3M ESPE[®] and Ivoclar[®] Ceram discs exhibited increases related to the photopolymerization distance, while FGM[®] also presented significant alterations. Although the variations between the resins were generally minimal, notable differences were observed: in 3M ESPE[®] after one week and in Ivoclar[®] Ceram after three weeks, thus highlighting the influence of time on chromatic stability.

rade, prirodnoga i kulturno relevantnoga pigmenta, proširuje znanje o nedovoljno proučavanim pigmentirajućim sredstvima, dodajući vrijednost i regionalno i globalno. Konačno, korištenje standardiziranih alata poput digitalnog spektrofotometra Vita Easyshade[®] Advance 40 osigurava preciznost i pouzdanost u mjerenjima boje.

Istraživanje ima neka ograničenja. Budući da je dizajn *in vitro*, rezultati se ne mogu potpuno ekstrapolirati na stvarne kliničke uvjete gdje čimbenici poput sline, oralnoga mikrobioma i žvačnih sila mogu utjecati na stabilnost boje kompozita. Osim toga, odabir jednoga pigmentirajućeg sredstva (*chicha morada*) može ograničiti generalizaciju nalaza na druga uobičajeno korištena sredstva. Konačno, ograničeno vrijeme uranjanja (tri tjedna) možda ne odražava dugoročne promjene boje restauracija.

Prijedlozi za buduća istraživanja i praktična primjena

Za buduća istraživanja predlažu se kliničke studije kojima bi se procjenjivala stabilnost boje u stvarnim oralnim uvjetima te uzeli u obzir čimbenici poput sline, mehaničkog trošenja i izloženosti raznim namirnicama i pićima. Također bi bilo vrijedno istražiti druge prirodne i sintetske pigmente kako bi se bolje razumjela interakcija između smola i pigmenata. Konačno, istraživanje poboljšanja kemijskog sastava debeloslojnih kompozita za ispune moglo bi pomoći u razvoju materijala otpornijih na promjenu boje.

Nalazi iz ovog istraživanja imaju značajne kliničke implikacije. Pomažu stomatolozima u odabiru prikladnijih debeloslojnih kompozita za restauracije kod pacijenata s visokom konzumacijom pigmentirajućih pića poput *chicha morade*. Nadalje, ističu važnost optimizacije tehnike fotopolimerizacije, posebno udaljenosti izvora svjetlosti kako bi se smanjila promjena boje i poboljšali dugoročni estetski rezultati. Ovi rezultati također mogu pomoći proizvođačima kompozita u razvoju proizvoda s većom otpornošću na pigmentaciju.

Ovo istraživanje pridonosi poznavanju kromatske stabilnosti debeloslojnih kompozita koji su izloženi prirodnim bezalkoholnom piću poput *chicha morade*. Rezultati mogu pomoći u donošenju boljih odluka u estetskom uspjehu zubnih restauracija.

Zaključci

Istraživanje je pokazalo da se vrijednost „L*” smanjuje s duljim uranjanjem u *chicha moradu*, što upućuje na smanjenje kromatske stabilnosti. Kad je riječ o vrijednosti „a*”, kompozit 3M ESPE[®] pokazao je nestabilnost, a Ivoclar[®] Ceram varijacije ovisno o fotopolimerizacijskoj udaljenosti. FGM[®] pak nije pokazao značajne promjene. Za vrijednost „b*”, i diskovi 3M ESPE[®] i Ivoclar[®] Ceram pokazali su povećanje povezano s fotopolimerizacijskom udaljenošću, a FGM[®] također je pokazao značajne promjene. Iako su varijacije između kompozita uglavnom bile minimalne, uočene su značajne razlike kod 3M ESPE-a[®] poslije jednog tjedna i kod Ivoclar[®] Cerama poslije tri tjedna, što ističe utjecaj vremena na kromatsku stabilnost.

Conflicts of interest: The authors declare they have no conflicts of interest.

Funding: This study was financed by internal undergraduate funds from the Universidad Científica del Sur (No013-DGIDI-CIENTIFI-CA-2023-2).

Author's contribution: D. F. L.-M. contributed to conceptualization, methodology, formal analysis, and to writing original draft. D. C. S.-R. conducted investigation, curated data, and contributed to writing – review and editing. C. M.-S. provided supervision, validated results, and participated in writing – review and editing. G. C.-V. managed project administration, secured resources, created visualizations, and acquired funding.

Sukob interesa: Autori nisu bili u sukobu interesa.

Financiranje: Ovo istraživanje financirano je internim dodiplomskim sredstvima Universidad Científica del Sur (No013-DGIDI-CIENTIFI-CA-2023-2).

Doprinos autora: D. F. L.-M. – konceptualizacija, metodologija, formalna analiza i izvorni nacrt; D. C. S.-R. – istraživanje, prikupljanje podataka i pisanje te pregled i uređivanje teksta; C. M.-S. – nadzor, validacija rezultata i pisanje, pregled i uređivanje teksta; G. C.-V. – administracija projekta, osiguranje resursa, izrada vizualizacije i financiranje

Sažetak

Svrha rada: Analizirati stabilnost boje debeloslojnih kompozita uronjenih u *chicha* moradu i svjetlosno polimeriziranih na različitim udaljenostima (0 mm, 2 mm i 4 mm). **Metode:** Ovo eksperimentalno istraživanje *in vitro* uključivalo je ukupno 216 diskova od debeloslojnih kompozita. Uzorci su raspoređeni u devet skupina po 24 diska na temelju vrste kompozita (3M ESPE® Filtek™ Bulk Fill®, Ivoclar® Tetric N-Ceram Bulk Fill® i FGM® Opus Bulk-fill APS®), udaljenosti svjetlosne polimerizacije (0, 2 i 4 mm) i otopine za bojenje (kontrola destiliranom vodom i Naturalle® *chicha* moradom). Mjerenja boje provedena su 24 sata poslije izrade te uranjanja u destiliranu vodu i Naturalle® *chicha* moradu poslije 24 sata, 1 tjedna i 3 tjedna. **Rezultati:** Udaljenosti svjetlosne polimerizacije utjecale su na stabilnost boje kompozita, pri čemu su 3M ESPE® i Ivoclar® pokazali značajne promjene boje u svim procijenjenim vremenskim točkama kada su uronjeni u *chicha* moradu. Za vrijednost Delta E (ČE), kompozitni diskovi 3M ESPE® i Ivoclar® uronjeni u *chicha* moradu pokazali su značajne promjene poslije 24 sata, 1 tjedna i 3 tjedna ($p = 0,001$, $p = 0,001$; $p = 0,000$; $p = 0,000$; $p = 0,000$ i $p = 0,000$). Međutim za kompozitne diskove FGM® zabilježene su značajne promjene poslije samo 24 sata i 1 tjedna ($p = 0,000$ i $p = 0,001$). FGM® je pokazao bolju stabilnost boje u usporedbi s 3M ESPE-om® i Ivoclarom® poslije 3 tjedna uranjanja u *chicha* moradu. Sve tri komercijalne marke pokazale su značajno smanjenje vrijednosti „L” s povećanjem vremena uranjanja u *chicha* moradu. **Zaključci:** Na temelju istraživanja zaključeno je da je FGM® pokazao bolju kromatsku stabilnost tijekom vremena u usporedbi s 3M ESPE-om® i Ivoclar® Ceramom kod kojih su zabilježene značajne promjene boje pod utjecajem trajanja uranjanja i udaljenosti fotopolimerizacije.

Zaprimljen: 25. veljače 2025.

Prihvaćen: 12. svibnja 2025.

Adresa za dopisivanje

Universidad Científica del Sur,
Department of Dentistry
School of Dentistry
Universidad Científica del Sur
Lima, Peru
tel: +51 945 256 101
cmarroquins@cientificaedupe

MeSH pojmovi: kompozitne smole; kolorimetrija; fermentirana pića
Autorske ključne riječi: *In vitro* studije; Stomatološki materijali; Polimerizacija; Kompozit; Smole.

References

- Backes CN, França FMG, Turssi CP, Amaral FLB, Basting RT. Color stability of a bulk-fill composite resin light-cured at different distances. *Braz Oral Res.* 2020;34:e119.
- Moon JD, Seon EM, Son SA, Jung KH, Kwon YH, Park JK. Effect of immersion into solutions at various pH on the color stability of composite resins with different shades. *Restor Dent Endod.* 2015;40(4):270–6.
- Poole R, Kennedy OJ, Roderick P, Fallowfield J, Hayes PC, Parkes J. Coffee consumption and health: umbrella review of meta-analyses of multiple health outcomes. *BMJ.* 2017;359:j5024.
- Color stability of adhesive resin cements after immersion in coffee. *Clin Oral Investig.* 2014;18(8):2035–42.
- Marroquín-Soto Consuelo, Colán-Guzmán Paola del Rosario, Padilla-Avalos César-Augusto, Morales-Vadillo Rafael, Guevara-Canales Janet-Ofelia, Chávez-Zelada Germán. Estabilidad cromática de una cerámica de feldepoza monocromática utilizada en sistema CAD/CAM sometida a inmersión de diferentes soluciones de tinción. *J Interdiscip. Dent.* 2021;14(2):158–161.
- Korać S, Ajanović M, Džanković A, Konjodžić A, Hasić-Branković L, Gavranović-Glamoč A, et al. Color stability of dental composites after immersion in beverages and performed whitening procedures. *Acta Stomatol Croat.* 2022;56(1):22–32.
- Veček NN, Par M, Sever EK, Miletić I, Krmek SJ. The effect of a green smoothie on microhardness, profile roughness, and color change of dental restorative materials. *Polymers (Basel).* 2022;14(10):2067.
- Tekçe N, Tuncer S, Demirci M, Serim ME, Baydemir C. The effect of different drinks on the color stability of different restorative materials after one month. *Restor Dent Endod.* 2015;40(4):255–61.
- Moradas Estrada M, Álvarez López B. Polymerization dynamics focused on reducing or preventing shrinkage stress of current composite resins: A literature review. *Av En Odontoestomatol.* 2017;33(6):261–72.
- Krithikadatta J, Gopikrishna V, Datta M. CRIS Guidelines (Checklist for Reporting In-vitro Studies): A concept note on the need for standardized guidelines for improving quality and transparency in reporting in-vitro studies in experimental dental research. *J Conserv Dent.* 2014;17(4):301–4.
- Pacheco ETJ, Lopez MAC. Photopolymerization in dentistry. *Braz J Health Rev.* 2024;7(1):4210–20.
- Diab RA, Yap AU, Gonzalez MAG, Yahya NA. Impact of light-curing distance on the effectiveness of cure of bulk-fill resin-based composites. *Saudi Dent J.* 2021;33(8):1184–9.
- Bilgili Can D, Özarslan M. Evaluation of color stability and microhardness of contemporary bulk-fill composite resins with different polymerization properties. *J Esthet Restor Dent.* 2022;34(6):924–32.
- Noufal ZM, Ganesh SB, Jayalakshmi S. Effect of carbonated beverages on the color stability of bulk and flowable composite resin. *J Adv Pharm Technol Res.* 2022;13(Suppl 1):S144–7.
- Kowalska A, Sokolowski J, Bociong K. The photoinitiators used in resin-based dental composites: A review and future perspectives. *Polymers.* 2021;13(3):470–487.
- de Oliveira DCRS, Rocha MG, Gatti A, Correr AB, Ferracane JL, Sinthoret MAC. Effect of different photoinitiators and reducing agents on cure efficiency and color stability of resin-based composites using different LED wavelengths. *J Dent.* 2015;43(12):1565–72.
- Bahbishi N, Mzain W, Badeeb B, Nassar HM. Color stability and micro-hardness of bulk-fill composite materials after exposure to common beverages. *Materials.* 2020;13(3):787.
- Kumar MS, Ajay R, Miskeen Sahib SA, Chittrarasu M, Navarasu M, Ragavendran N, et al. Color stability assessment of two different composite resins with variable immersion time using various beverages: An in vitro study. *J Pharm Bioallied Sci.* 2017;9(Suppl 1):S161–5.
- Hasan AK, Sunarintyas S, Irnawati D. Color stability of visible light cured composite resin after soft drink immersion. *Dent J.* 2009;42(3):123–5.
- Barutçigil Ç, Barutçigil K, Özarslan MM, Dündar A, Yılmaz B. Color of bulk-fill composite resin restorative materials. *J Esthet Restor Dent.* 2018;30(2):E3–8.
- Ciocan LT, Biru EI, Vasilescu VG, Ghitman J, Stefan AR, Iovu H, et al. Influence of air-barrier and curing light distance on conversion and micro-hardness of dental polymeric materials. *Polymers.* 2022;14(24):5346.
- Özyurt E, Kurt A. Color stability of bulk-fill resin composites exposed to caffeinated beverage: An in vitro study. *Am J Dent.* 2022 Feb;35(1):3–8.

23. Arruda B. Color stability of bulk-fill composite resins submitted to coffee staining. *Braz Dent Sci.* 2021;24(1):e2345.
24. Ali SAH, Alsedrani R, Alharbi N, Farah R, Alharbi E, Alkhuwaiter S. Impact of carbonated beverages on color stability and home bleaching efficacy of bulk-fill composite resins. *Pediatr Dent.* 2024;46(4):277–84.
25. Şişmanoğlu Soner, Sengez Görkem. Effects of acidic beverages on color stability of bulk-fill composites with different viscosities. *Odovtos.* 2022; 24(2):90-99.
26. Samra APB, Pereira SK, Delgado LC, Borges CP. Color stability evaluation of aesthetic restorative materials. *Braz Oral Res.* 2008;22:205–10.
27. Acuña ED, Delgado-Cotrino L, Rumiche FA, Tay LY. Effect of the Purple Corn Beverage “Chicha Morada” in Composite Resin during Dental Bleaching. *Scientifica (Cairo).* 2016;2016:2970548.
28. Salem MN, Hassanein OE, ElKassas DW, Shaalan OO. 12-months Clinical Evaluation of Fiber Reinforced Bulk Fill Resin Composite versus Incremental Packing of Nanohybrid Resin Composite in Restoration of Deep Proximal Lesions of Permanent Molars: A Randomized Controlled Trial. *Acta Stomatol Croat.* 2022;56(3):267–80.
29. Klarić N, Macan M, Par M, Tarle Z, Marović D. Effect of Rapid Polymerization on Water Sorption and Solubility of Bulk-fill Composites. *Acta Stomatol Croat.* 2022;56(3):235–45.
30. Marović D, Daničić P, Bojo G, Par M, Tarle Z. Monowave vs. Polywave Light-Curing Units: Effect on Light Transmission of Composite without Alternative Photoinitiators. *Acta Stomatol Croat.* 2024;58(1):30–8. PMID: 38562217; PMCID: PMC10981906.