Utjecaj obojenih tekućina na stabilnost boje materijala za privremene nadomjeske

Katalinić, Marija

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Dental Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:127:574951

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno 3.0

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

University of Zagreb School of Dental Medicine Repository







Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Marija Katalinić

UTJECAJ OBOJENIH TEKUĆINA NA STABILNOST BOJE MATERIJALA ZA PRIVREMENE NADOMJESKE

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

Rad je ostvaren u: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za fiksnu protetiku

Mentor rada: doc. dr. sc. Slađana Milardović dr. med. dent., Zavod za fiksnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagreb

Lektor hrvatskog jezika: Jasmina Škoda, prof. hrv. jezika i književnosti

Lektor engleskog jezika: Lucija Klapan, mag. educ. philol. angl.

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. _____
2. _____
3. _____

Datum obrane rada: _____

Rad sadrži: 31 stranica

5 tablica

8 slika

1 CD

Rad je vlastito autorsko djelo, koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu su izvorni doprinos autora diplomskog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija, odnosno propusta u navođenju njihova podrijetla.

Zahvala

Zahvaljujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Slađani Milardović na savjetima, strpljenju i pomoći prilikom pisanja ovog rada i tijekom cijelog mojeg studiranja.

Zahvaljujem svojoj obitelji na bezuvjetnoj podršci, razumijevanju i ljubavi tijekom svih ovih godina.

Zahvaljujem svojim kolegama i prije svega prijateljima *Doktorima bez granica* što su mi uveseljavali svaki dan i bili podrška u svemu, ovo je moja zadnja odjava.

Hvala mom čoviku, suputniku i kolegi Filipu što je bio motivacija za sve moje uspjehe i oslonac kada je bilo teško. Bez tebe ovo putovanje ne bi bilo isto.

Utjecaj obojenih tekućina na stabilnost boje privremenih nadomjestaka

Sažetak

Svrha rada: Svrha ovog in vitro istraživanja bila je istražiti utjecaj različitih obojenih tekućina na stabilnost boje materijala za privremene nadomjeske u fiksnoj protetici proizvedene suvremenim tehnologijama CAD/CAM-a i 3D printanja te usporediti ih s konvencionalnim tehnikama.

Materijali i postupci: Proizvedeno je 50 uzoraka (15 x 2 mm) od svakog materijala za privremene nadomjeske (Ceramill Temp, Telio CAD, HUGE DENT, Unifast TRAD, Protemp 4, Protemp II, Telio CS C&B, Freeprint Temp, Nextdent C&B). Uzorci su uronjeni u pet različitih otopina (crno vino, kava, kola, aceto balsamico, destilirana voda) 30 dana. Boja uzoraka mjerena je spektrofotometrom (VITA Easyshade Advance 4.0) na početku i nakon sedam, 14 i 30 dana pohranjivanja u otopinama te su izračunate promjene boje (ΔE). Podaci unutar skupina uspoređeni su statistički koristeći analizu varijance ($p < 0,05$).

Rezultati: Najveće promjene boje na svim materijalima uzrokovalo je crno vino i te su promjene za sve materijale i sva razdoblja bile statistički značajne i vidljive, osim za Ceramill Temp nakon sedam dana. Najveća stabilnost boje zabilježena je za CAD/CAM materijal Ceramill Temp. Statistički najnestabilnijim materijalom pokazao se 3D printani materijal Freeprint Temp. Statistički značajne promjene boje za većinu materijala nisu bile vidljive ljudskom oku.

Zaključak: CAD/CAM materijali pokazali su veću stabilnost boje od konvencionalnih i 3D printanih materijala. 3D printani materijali u ovom su istraživanju pokazali su najmanju stabilnost boje. Zbog niske stabilnosti boje, 3D printani materijali ne preporučuju se za izradu dugotrajnih privremenih nadomjestaka.

Ključne riječi: stabilnost boje, privremeni nadomjesci, CAD/CAM, 3D printanje

The effect of staining solutions on the colour stability of provisional prosthodontic materials

Summary

Aim: The aim of the present in vitro study was to investigate the effect of different colored fluids on the colour stability of temporary restorative materials produced by modern CAD/CAM and 3D printing technologies and to compare them to conventional techniques.

Materials and methods: A total of 50 samples (15 x 2 mm) of each provisional restorative material (Ceramill Temp, Telio CAD, Huge Dental, Unifast TRAD, Protemp 4, Protemp II, Telio CS C&B, Freeprint temp, Nextdent C&B) were fabricated. The samples were immersed for 30 days in five different solutions (red wine, coffee, Coca-Cola, aceto basamico, distilled water). The colour of all specimens was measured with a spectrophotometer at baseline and 7, 14 and 30 days after immersion, and the colour changes (ΔE) were determined as well. The data within groups were compared statistically using analysis of variance ($p < 0.05$).

Results: The largest colour changes on all materials were caused by red wine and these changes were statistically significant and visible for all materials and all time periods except for Ceramill Temp after 7 days. The highest color stability was observed for CAD/CAM material Ceramill Temp. The most unstable material was the 3D printed material Freeprint Temp. Statistically significant colour changes for most materials were not visible to the naked eye.

Conclusion**:** CAD/ CAM materials showed a better colour stability than convetional and 3D printed materials. Considering the low colour stability, 3D printed provisional materials may not be recommended for long-term provisionals.

Key words: colour stability, provisional restorations, CAD/CAM, 3D printing

SADRŽAJ

1. UVOD....1
1. 1. Hipoteza....4
2. MATERIJALI I METODE....5
2.1. Izrada uzoraka....6
2.2. Uranjanje u tekućine i određivanje boje....10
2.3 Statistička analiza....12
3. REZULTATI....13
4. RASPRAVA....20
5. ZAKLJUČAK....24
6. LITERATURA....26
7. ŽIVOTOPIS....30

Popis skraćenica

3D – trodimenzionalno (engl. *three-dimensional*)

CAD/CAM – *computer aided design/computer aided manufacturing*

CER – Ceramill Temp

CIE – *International Commission on Illumination*

FPT – Freeprint temp

HUG – Huge Dental

MMA – metil-metakrilat

NXT – Nextdent C&B

PMMA – polimetil-metakrilat

PT2 – Protemp™ II

PT4 – Protemp™ 4

UNI – Unifast TRAD

TCS – Telio CS C&B

T-CAD – Telio CAD

1. UVOD

Privremeni nadomjesci ili provizoriji važan su dio fiksnoprotetske terapije, a glavna im je uloga prekrivanje dentinske rane čime se smanjuje osjetljivost brušenog zuba. Osim zaštite pulpe od kemijskih, termičkih i bakterijskih podražaja, zadaća je privremenog nadomjeska i očuvanje estetike, osiguravanje žvačne funkcije i zaštita mekih i tvrdih tkiva tijekom trajanja izrade konačnog rada. Privremeni nadomjesci stoga moraju ispuniti mehaničke, biološke i estetske zahtjeve (1).

U suvremenim terapijskim konceptima s često složenim i sveobuhvatnim rehabilitacijama, privremeni nadomjesci služe i kao prototip te postaju važan dijagnostički alat za procjenu kvalitete konačne restauracije. Dužim nošenjem privremenih radova provjerava se prilagodba mekih tkiva i neuromuskularnog sustava na novostvorene odnose u usnoj šupljini (2). Pravilno izrađen privremeni nadomjestak služi kao vodič dentalnom tehničaru za izradu trajnog rada (3).

U praksi, nošenje privremenog nadomjeska može trajati od nekoliko dana do nekoliko mjeseci što zahtijeva dugoročnu stabilnost njegovih fizičkih svojstava. Nadomjesci lošije kvalitete dovest će do komplikacija i nezadovoljstva pacijenta, a moguće i dodatnih napora i troškova vezanih uz njihov popravak (4).

Dugotrajni privremeni nadomjesci u pravilu se nose između tri i 12 mjeseci i izrađuje ih dentalni tehničar. Primjenjuju se u kliničkim situacijama kada nije moguće izraditi konačni nadomjestak jer je potrebna kirurška ili parodontološka priprema pacijenta, odnosno kada je indicirana funkcijska i estetska analiza situacije. Koriste se pri oseointegraciji implantata, liječenju gingivitisa i parodontitisa, prilikom promjene međučeljusnih odnosa, kod provjere estetike i fonacije i provjere novousklađene okluzije (5).

Kako su zahtjevi pacijenata sve veći, privremeni nadomjesci danas moraju zadovoljiti i estetske kriterije, osobito u vidljivom segmentu. Imitacija oblika prirodnog zuba, odnos s gingivom, boja i tekstura materijala neki su od kriterija koje dobar privremeni nadomjestak mora ispuniti (6).

Privremeni nadomjesci u estetskoj zoni imaju zadatak osigurati podudaranje boje materijala s prirodnim zubom, ali i održati estetski prihvatljiv izgled tijekom dužeg razdoblja nošenja. Vidljiva promjena boje materijala dovodi u pitanje prihvatljivost restauracije, stoga je stabilnost boje bitan čimbenik pri izboru određenog materijala. U idealnom slučaju, dentalni materijali ne bi smjeli mijenjati boju nakon izrade. Međutim, istraživanja pokazuju da dužim nošenjem privremenih nadomjestaka izrađenih od polimera koji se tradicionalno koriste u tu svrhu i njegovim “starenjem” dolazi do vidljive primjene boje (7).

Osim o svojstvima samog materijala, na stabilnost boje utječu i prehrambene navike pacijenta. Različite obojene tekućine koje pacijenti svakodnevno koriste, poput vodica za ispiranje usta, bojila u hrani i tekućih napitaka, boje materijale za privremene nadomjeste i narušavaju estetiku privremenog rada (8-10).

I dok upotreba lakova i poliranje površine nadomjeska pomažu u održavanju stabilnosti boje, napretkom tehnologije pojavljuju se novi materijali i nove tehnike izrade privremenih nadomjestaka za koje proizvođači tvrde da imaju bolja mehanička svojstva od svojih prethodnika (3,11).

Razvoj CAD/CAM (*computer-aided design/computer-aided manufacturing*) tehnologije u dentalnoj medicini doveo je do velikih promjena u svakodnevnom radu (12). CAD/CAM tehnologija omogućuje korištenje prefabriciranih blokova polimernih materijala iz kojih se na temelju digitalnog otiska ili modela glođu privremeni nadomjesci (13).

Polimetil-metakrilatni (PMMA) blokovi obrađeni CAD/CAM tehnologijom preporučuju se pri izradi dugotrajnih provizorija zbog homogene strukture, predpolimerizacije, smanjenog otpuštanja zaostatnog monomera i minimalnih pogrešaka u proizvodnji (14).

Iako je CAD/CAM tehnologija u svakodnevnoj primjeni u kliničkom radu, u literaturi nema dovoljno istraživanja na temu stabilnosti boje privremenih nadomjestaka proizvedenih tom tehnikom. Tek poneki izvori navode prednosti CAD/CAM proizvedenih privremenih nadomjestaka u odnosu na klasične tehnike izrade (14,15).

Osim opisane suptraktivne tehnologije, napredak i brzi razvoj doveli su do implementacije aditivne tehnologije, odnosno 3D printanja, u dentalnoj medicini (16). U literaturi se mogu pronaći istraživanja koja govore u korist preciznosti 3D printanih privremenih materijala (17,18) i prikazi slučajeva koji opisuju koristi u kliničkom radu (19). Međutim, nema objavljenih istraživanja koja proučavaju stabilnost boje 3D printanih materijala za izradu privremenih nadomjestaka u dentalnoj medicini.

Stoga je svrha ovog *in vitro* istraživanja bila istražiti utjecaj različitih obojenih tekućina na stabilnost boje materijala za privremene nadomjeske u fiksnoj protetici proizvedene suvremenim tehnologijama CAD/CAM-a i 3D printanja te ih usporediti ih s konvencionalnim tehnikama.

1. 1. Hipoteza

Postavljena je hipoteza da nema razlike u promjeni boje materijala za privremene nadomjeske izrađene CAD/CAM tehnologijom i 3D printanjem nakon izlaganja različitim obojenim tekućinama u odnosu na konvencionalno obrađene polimerne materijale.

2. MATERIJALI I POSTUPCI

2.1. Izrada uzoraka

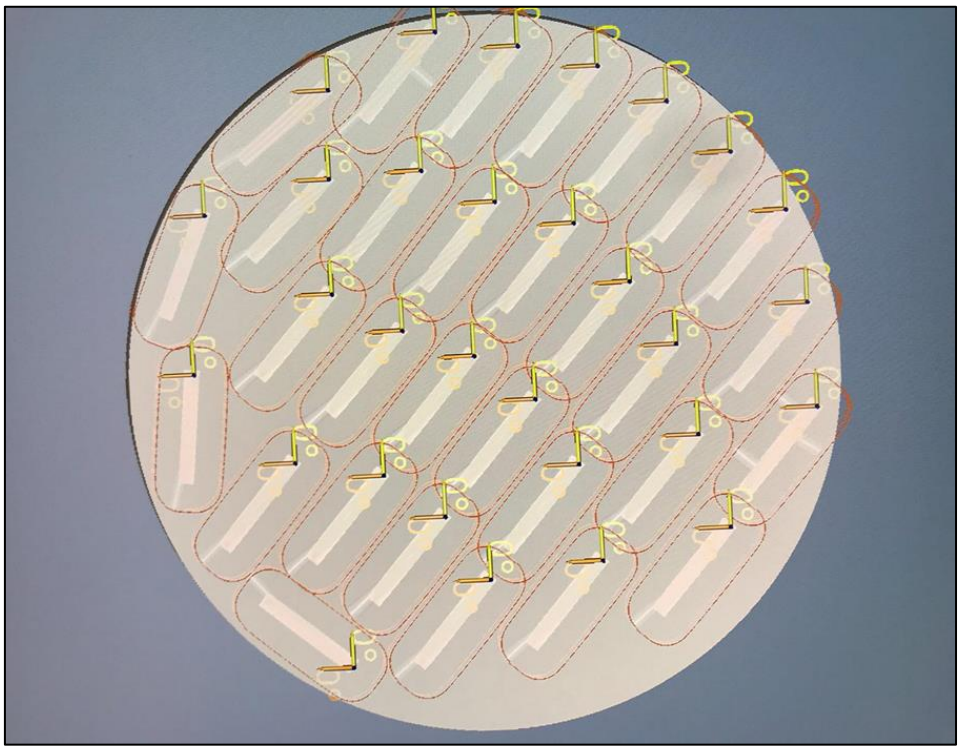
U istraživanju se ispitivala stabilnost boje devet različitih vrsta materijala za privremene nadomjeske u pet različitih obojenih tekućina. Korišteni materijali podijeljeni su prema načinu obrade na one koji se obrađuju: 1) računalno potpomognuto, glodanjem (CAD/CAM), 2) konvencionalno, tj. miješanjem baze i katalizatora, a) *automix* sustavom ili b) ručno i 3) 3D printanjem. U skupni CAD/CAM testirana su tri materijala, u skupini konvencionalne obrade miješanjem *automix* sustavom testirana su dva materijala, u skupini ručnog miješanja dva materijala i u skupini 3D printa također dva materijala. Materijali korišteni u ovom istraživanju i njihovi proizvođači sažeti su u Tablici 1. Svi uključeni materijali bili su u boji A3, osim MMA materijala za ručno miješanje Unifast TRAD koji ne prati oznake prema ključu boja Vita Classical A1-D4®, nego ima svoju oznaku Ivory za boju zuba. Pripremljeni su uzorci u obliku pločica promjera 15 mm i debljine 2 mm.

Za izradu uzoraka i skupine konvencionalno obrađenih materijala najprije je izrađena pločica od voska zadanih dimenzija na osnovi koje je napravljen kalup od tvrdog silikonskog materijala. Silikonski kalup postavljen je na acetatnu foliju ispod koje je bila staklena pločica, materijali zamiješani prema uputama proizvođača uliveni su u suvišku u kalup te se na suprotnom kraju također postavila acetatna folija i staklena pločica. Na pločicu se tijekom stvrdnjavanja primijenio lagani pritisak kako bi se istisnuo višak materijala, spriječilo stvaranje zračnih inkluzija te postigla ravna i glatka površina. Materijali su ostavljeni pet minuta da se stvrdnu do kraja. Nakon stvrdnjavanja površina im je obrađena brusnim papirom (gruboće 120, 200, i 800) kako bi se površine ujednačile te su oprani destiliranom vodom i osušeni.

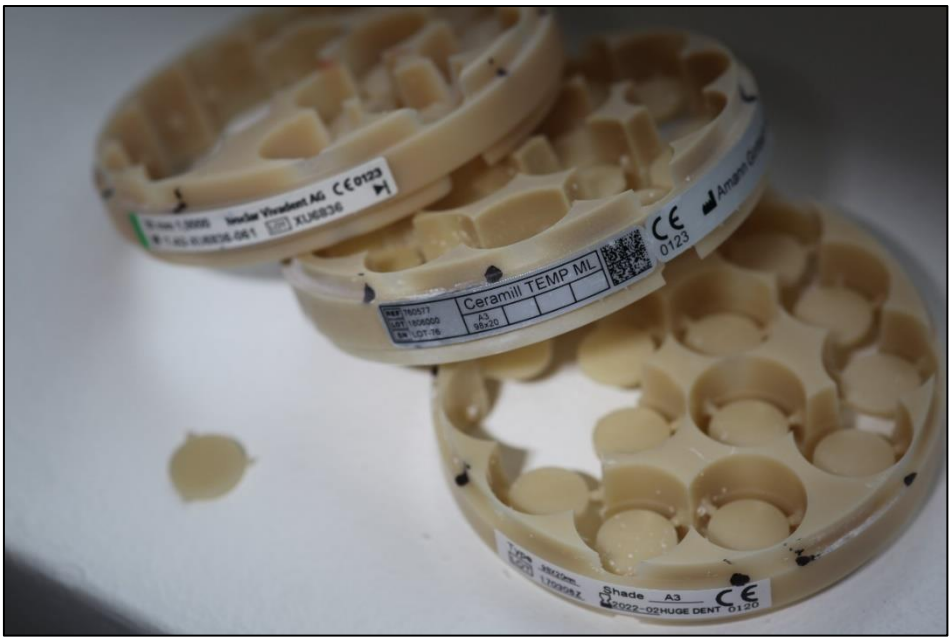
Tablica 1. Popis korištenih materijala

Tehnologija obrade		**Naziv materijala**	**Kratica**	**Sastav materijala**	**Proizvođač**
CAD/CAM		Ceramill Temp	CER	PMMA	Amann Girrbach AG, Koblach, Austrija
		Telio CAD	T-CAD	polimetil-metakrilat (PMMA)	Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn
		HUGE PMMA Block	HUG	PMMA	Huge Dental Material Inc, Rizhao, Kina
Konvencionalna	*Ručno miješanje*	Unifast TRAD	UNI	metilmetakrilat (MMA)	GC Dental Products, Aichi, Japan
		Protemp™ II	PT2	bis-akrilatna kompozitna smola	3M ESPE, Seefeld, Njemačka
	Automix sustav	Protemp™ 4	PT4	bis-akrilatna kompozitna smola	3M ESPE, Seefeld, Njemačka
		Telio CS C&B	TCS	bis-akrilatna kompozitna smola	Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn
3D print		FREEPRINT® temp	FPT	MMA	DETAX GmbH & Co. KG, Ettlingen, Njemačka
		Nextdent C&B	NXT	MMA	Nextdent, Soesterberg, Nizozemska

Uzorci jednakih dimenzija izrađeni CAD/CAM tehnologijom dizajnirani su u softveru i pohranjeni u softveru kao STL (.stl) datoteke te su glodani u glodalici (Ceramill® mikro 4X, Amann Girrbach, Koblach, Njemačka) iz odgovarajućih PMMA blokova (vidi Tabl. 1.) (Slike 1. i 2.). Odabrana su dva materijala renomiranih proizvođača (Ceramill Temp, Amann Girrbach AG, i Telio CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn) i jedan niskobudžetni materijal (HUGE PMMA Block, Huge Dental Material Inc, Rizhao, Kina).



Slika 1. Računalno dizajniranje uzoraka i smještanje u PMMA blok



Slika 2. Uzorci izrađeni CAD/CAM tehnologijom neposredno nakon glodanja

Treća skupina uzoraka dizajnirana je u programu Asiga Composer (Asiga, Sydney, Australija) i printana 3D printerom ASIGA MAX™ (Asiga, Sydney, Australija) od dva različita MMA materijala (vidi Tabl. 1.) (Slika 3.).

Od svakog materijala izrađeno je po 50 uzoraka koji su podijeljeni u pet skupina po deset uzoraka.



Slika 3. MMA uzorci izrađeni tehnologijom 3D printanja

2.2. Uranjanje u tekućine i određivanje boje

Kako bi se odredila stabilnost boje u različitim otopinama, uzorci su podijeljeni u pet skupina po deset uzoraka. Prije mjerenja i stavljanja u tekućine svi su uzorci oprani u destiliranoj vodi. Početna boja uzoraka izmjerena je kao referentna vrijednost prije uranjanja u otopine. Kao podloga pri mjerenju boje koristio se bijeli papir.

Preparati su uronjeni u 100 ml Coca-Cole, 100 ml kave, 100 ml aceta balsamica, 100 ml crnog vina i 100 ml destilirane vode (Tablica 2.). Skupina s destiliranom vodom korištena je kao kontrola. Otopina kave pripremljena je miješanjem 16 g kave s 300 ml vruće vode. Ostale otopine korištene su izravno iz boce.

Tablica 2. Vrste tekućina korištenih u istraživanju

Vrsta tekućine	Naziv	Proizvođač
Destilirana voda	Destilirana voda	Iskra Zelina Kemijska industrija d.o.o., Sveti Ivan Zelina, Hrvatska
Kava	Anamaria® 100 % Arabica	Anamarija Company d.o.o., Zagreb, Hrvatska
Kola	Coca-Cola™	Coca-Cola HBC Hrvatska d.o.o., Zagreb, Hrvatska
Aceto Balsamico	Aceto Balsamico Di Modena	Ponti S.p.A., Vignola, Italija
Crno vino	Plavac Mali	Vina Matela, Kaštel Sućurac, Hrvatska

Nakon mjerenja boje nultog dana, uzorci su pohranjeni u odgovarajućim otopinama u Petrijevim posudicama u inkubatoru na 37 °C te je mjerenje ponovljeno nakon sedam, 14 i 30 dana. Prije svakog mjerenja preparati su ispirani destiliranom vodom, lagano očetkani mekanom zubnom četkicom CURAPROX CS 5460 Ultra soft (Curaden AG, Kriens, Švicarska) i osušeni na papirnatom ručniku. Za mjerenje boje korišten je spektrofotometar VITA Easyshade® Advance 4.0 (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Njemačka; Slika 4.). Svaki je uzorak izmjeren tri puta i zabilježena je prosječna vrijednost koja je uzeta za daljnju analizu.

Boja se može vizualno prikazati u sustavu boja *Standard Colour International de L´Eclairage* (CIE). Prema CIELAB sustavu koji preporučuje *American Dental Association,* sve boje u prirodi dobivaju se mješavinom triju osnovnih boja: crvene, plave i zelene. Kolorimetrijski instrumenti mjere boju i izražavaju je u obliku vrijednosti koju čine tri koordinate (L, a , b), a

boju predmeta smještaju unutar prostora boja CIELAB. Koordinata L* predstavlja svjetlina objekta, vrijednost a* predstavlja crveno-zelenu zasićenost boje, a vrijednost b* predstavlja žuto-plavu zasićenost boje. Razlika između dviju boja predstavlja udaljenost između dvaju položaja koja zauzimaju te dvije boje u koordinatnom sustavu (prostoru boja), a izražava se parametrom ΔE i može se izračunati različitim jednadžbama.

U ovom istraživanju boja izmjerena za svaki uzorak u navedenim vremenskim intervalima uspoređivana je s referentnom bojom određenom pri nultom mjerenju prema jednadžbi ΔE_{00}.

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

Kao oku vidljiva, odnosno klinički neprihvatljiva, uzeta je granica razlike u boji $\Delta E > 3{,}7$.



Slika 4. Spektrofotometar VITA Easyshade® Advance 4.0 (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Njemačka).

2.3 Statistička analiza

Podaci su prikazani tablično i grafički. Priprema podataka izvršena je s pomoću računalnog tabličnog kalkulatora Microsoft Office Excel. Kolmogorov-Smirnovljevim testom analizirana je raspodjela kontinuiranih numeričkih vrijednosti te su se shodno dobivenim podacima primijenili odgovarajući parametrijski testovi. Kontinuirane vrijednosti prikazane su aritmetičkim sredinama i standardnim devijacijama. Razlike u izmjerenim vrijednostima između materijala i za svaku pojedinu skupinu tekućina analizirane su jednosmjernom analizom varijance (one-way ANOVA) s post-hoc testom prema Bonferroniju u slučajevima kada se uspoređivalo više od dvije skupine. P vrijednosti manje od 0,05 smatrane su statistički značajnima. U analizi se koristila programska podrška IBM SPSS Statistics, verzija 25.0 (https://www.ibm.com/analytics/spss-statistics-software).

3. REZULTATI

Promjene boje (ΔE) izračunate za sve uzorke i sve otopine nakon sedam, 14 i 30 dana prikazane su u Tablici 3. Crvenom bojom naglašene su klinički vidljive razlike u boji (ΔE > 3,7), blijedo crvenom granične vrijednosti, tamnijom zelenom vrijednosti ispod ΔE 1, a svijetlozelenom vrijednosti između ΔE 1 i 3,7.

Tablica 3. Promjene boje (ΔE) testiranih materijala nakon sedam, 14 i 30 dana pohranjivanja u obojenim tekućinama i destiliranoj vodi

Delta E vrijednosti			Tekućina									
			Crno vino		Kava		Cola		Aceto balsamico		Destilirana voda	
			Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Materijal	Ceramill Temp (CER)	Razlika 7. vs. 0.dan	2,06	0,55	0,76	0,17	0,45	0,17	0,79	0,14	0,75	0,34
		Razlika 14. vs. 0.dan	4,15	0,64	1,40	0,26	0,91	0,18	1,35	0,20	1,00	0,31
		Razlika 30. vs. 0.dan	6,76	1,33	1,46	0,30	1,10	0,25	1,73	0,30	1,13	0,38
	Telio CAD (T-CAD)	Razlika 7. vs. 0.dan	4,01	0,57	0,47	0,12	0,82	0,38	1,00	0,22	0,73	0,24
		Razlika 14. vs. 0.dan	6,39	0,91	1,38	0,10	1,48	0,36	1,77	0,27	1,39	0,24
		Razlika 30. vs. 0.dan	8,21	0,77	2,58	0,42	1,90	0,54	2,05	0,33	1,71	0,37
	Huge Dental (HUG)	Razlika 7. vs. 0.dan	6,18	0,60	1,52	0,44	1,03	0,36	1,29	0,35	0,70	0,38
		Razlika 14. vs. 0.dan	8,46	0,62	2,22	0,40	1,93	0,56	2,16	0,20	1,28	0,49
		Razlika 30. vs. 0.dan	13,67	1,02	2,77	0,86	2,30	0,60	2,87	0,49	1,72	0,65
	Protemp 4 (PT4)	Razlika 7. vs. 0.dan	4,71	0,74	1,93	0,57	1,05	0,29	1,28	0,33	0,89	0,26
		Razlika 14. vs. 0.dan	11,18	1,38	2,68	0,61	1,70	0,39	2,09	0,31	1,41	0,29
		Razlika 30. vs. 0.dan	14,76	2,72	3,09	0,54	2,27	0,54	2,78	1,03	2,14	0,47
	Telio CS (TCS)	Razlika 7. vs. 0.dan	4,83	0,68	1,34	0,48	0,92	0,40	1,17	0,25	0,83	0,45
		Razlika 14. vs. 0.dan	7,52	1,15	2,94	0,53	1,48	0,28	2,10	0,25	1,78	0,36
		Razlika 30. vs. 0.dan	11,50	1,01	3,94	0,60	2,04	0,18	2,71	0,44	1,79	0,50
	Unifast GC (UNI)	Razlika 7. vs. 0.dan	5,05	0,79	1,30	0,29	1,12	0,26	1,62	0,32	0,79	0,34
		Razlika 14. vs. 0.dan	9,05	1,86	1,43	0,40	1,60	0,49	2,50	0,55	1,24	0,34
		Razlika 30. vs. 0.dan	15,24	2,72	2,22	0,57	2,28	0,32	3,15	0,50	1,49	0,38
	Protemp 2 (PT2)	Razlika 7. vs. 0.dan	7,32	2,25	2,27	0,57	1,11	0,38	1,96	0,45	0,54	0,26
		Razlika 14. vs. 0.dan	13,25	1,21	2,48	1,09	1,51	0,23	2,11	0,33	0,68	0,30
		Razlika 30. vs. 0.dan	19,29	3,15	3,23	1,52	2,27	0,54	3,06	0,71	0,93	0,24
	Freeprint temp (FPT)	Razlika 7. vs. 0.dan	9,67	1,98	4,08	0,37	1,61	0,17	1,81	0,20	1,44	0,17
		Razlika 14. vs. 0.dan	14,03	1,51	4,92	0,29	2,48	0,47	2,55	0,18	1,63	0,15
		Razlika 30. vs. 0.dan	18,29	1,38	6,25	0,31	2,69	0,39	3,63	0,31	1,80	0,11
	Nextdent (NXT)	Razlika 7. vs. 0.dan	6,21	0,95	2,46	0,42	1,33	0,31	1,44	0,35	1,23	0,21
		Razlika 14. vs. 0.dan	13,34	0,87	3,67	1,27	2,12	0,17	2,52	0,22	1,59	0,47
		Razlika 30. vs. 0.dan	16,22	1,26	4,78	1,12	2,62	0,74	2,78	0,30	2,05	0,37

Najmanje promjene boje za sve testirane materijale i sve otopine zabilježene su nakon sedam dana, a najveće nakon 30 dana. Najveće promjene boje na svim materijalima uzrokovalo je crno vino i te su promjene za sve materijale i sva razdoblja bile statistički značajne i vidljive, osim za Ceramill Temp nakon sedam dana (ΔE = 2,06 ± 0,55). Najmanje promjene uzrokovala je destilirana voda (Tablica 4.). Osim crnog vina, samo je još kava uzrokovala vidljive promjene boje na materijalu Telio CS nakon 30 dana (ΔE = 3,94 ± 0,60), Freeprint Temp u svim razdobljima (4,08 ± 0,37 nakon sedam dana, 4,92 ± 0,29 nakon 14 dana, 6,25 ± 0,31 nakon 30 dana) i Nextdent nakon 30 dana (4,78 ± 1,12), pri čemu je promjena boje za taj materijal nakon 14 dana bila točno na granici vidljivosti (3,67 ± 1,27). Za sve ostale tekućine, bez obzira na razdoblje, promjene boje nisu bile vidljive ljudskom oku.

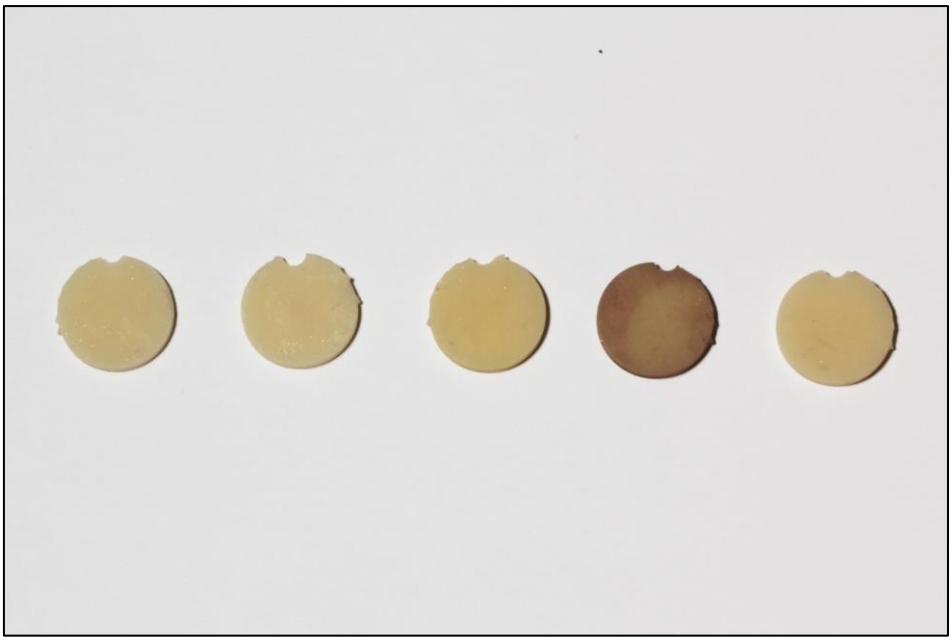
Tablica 4. Analiza razlika u boji prema tekućini (ANOVA)

Razlike obzirom na tekućine			Tekućina				
			Crno vino	Kava	Cola	Aceto balsamico	Destilirana voda
			(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
Materijal	Ceramill Temp (CER)	Razlika 7. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	C(0,007)		C(0,001)	
		Razlika 14. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	C(0,001)		C(0,001)	
		Razlika 30. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)			C(0,001) E(0,009)	
	Telio CAD (T-CAD)	Razlika 7. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)			B(<0,001)	
		Razlika 14. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)			B(0,004) E(0,037)	
		Razlika 30. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	E(0,001)			
	Huge Dental (HUG)	Razlika 7. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	E(0,003)		E(0,020)	
		Razlika 14. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	E(0,002)		E(<0,001)	
		Razlika 30. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)			E(0,003)	
	Protemp 4 (PT4)	Razlika 7. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	C(0,004) E(0,001)			
		Razlika 14. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	C(0,004) E(<0,001)		E(0,001)	
		Razlika 30. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	C(0,031) E(0,005)			
	Telio CS (TCS)	Razlika 7. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)				
		Razlika 14. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	C(<0,001) D(0,003) E(<0,001)		C(0,001)	
		Razlika 30. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	C(<0,001) D(0,001) E(<0,001)		C(0,003) E(0,003)	
	Unifast GC (UNI)	Razlika 7. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	E(0,019)		C(0,012) E(<0,001)	
		Razlika 14. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)			B(0,001) C(0,012) E(<0,001)	
		Razlika 30. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	E(0,039)	E(0,001)	B(0,011) C(0,002) E(<0,001)	
	Protemp 2 (PT2)	Razlika 7. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	C(<0,001) E(<0,001)	E(0,010)	C(0,003) E(<0,001)	
		Razlika 14. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	E(0,001)	E(<0,001)	C(0,002) E(<0,001)	
		Razlika 30. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	E(0,002)	E(<0,001)	E(<0,001)	
	Freeprint temp (FPT)	Razlika 7. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)		E(0,003)	
		Razlika 14. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	E(<0,001)	E(<0,001)	
		Razlika 30. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	E(<0,001)	C(<0,001) E(<0,001)	
	Nextdent (NXT)	Razlika 7. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)			
		Razlika 14. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	C(0,013) E(0,001)	E(0,037)	C(0,003) E(<0,001)	
		Razlika 30. vs. 0.dan	B(<0,001) C(<0,001) D(<0,001) E(<0,001)	C(0,001) D(<0,001) E(<0,001)		E(0,001)	

Rezultati analize ANOVA razlike u promjeni boje materijala u zadanom razdoblju prikazane su u Tablici 5.

Najveća stabilnost boje zabilježena je za CAD/CAM materijal Ceramill Temp (CER) jer je gotovo kod svih testiranih materijala u svim otopinama nakon svih razdoblja došlo do statistički značajno veće promjene boje u usporedbi s CER (za p-vrijednosti vidi Tabl. 5). Drugim najstabilnijim materijalom pokazao se Telio CAD (T-CAD), također predstavnik skupine CAD/CAM materijala, koji je lošije rezultate imao jedino u usporedbi s CER u nekim mjerenjima. Relativno loše rezultate u crnom vinu i kavi pokazao je treći predstavnik CAD/CAM skupine, niskobudžetni Huge Dental (HUG) koji je bio lošiji od CER i T-CAD, dok je u ostalim otopinama bio lošiji samo od CER, a u balzamičnom octu nakon 30 dana i od T-CAD. U ostalim otopinama imao je rezultate usporedive s ostalim testiranim materijalima.

Ukupno najnestabilnijim materijalom pokazao se 3D printani materijal Freeprint Temp (FPT) jer je imao statistički značajno veću promjenu boje u usporedbi s gotovo svim testiranim materijalima u svim otopinama nakon svih razdoblja. Drugi predstavnik 3D printanih Nextdent C&B (NXT) također je pokazao relativno loše rezultate u usporedbi s ostalim materijalima, osobito u crnom vinu i kavi.



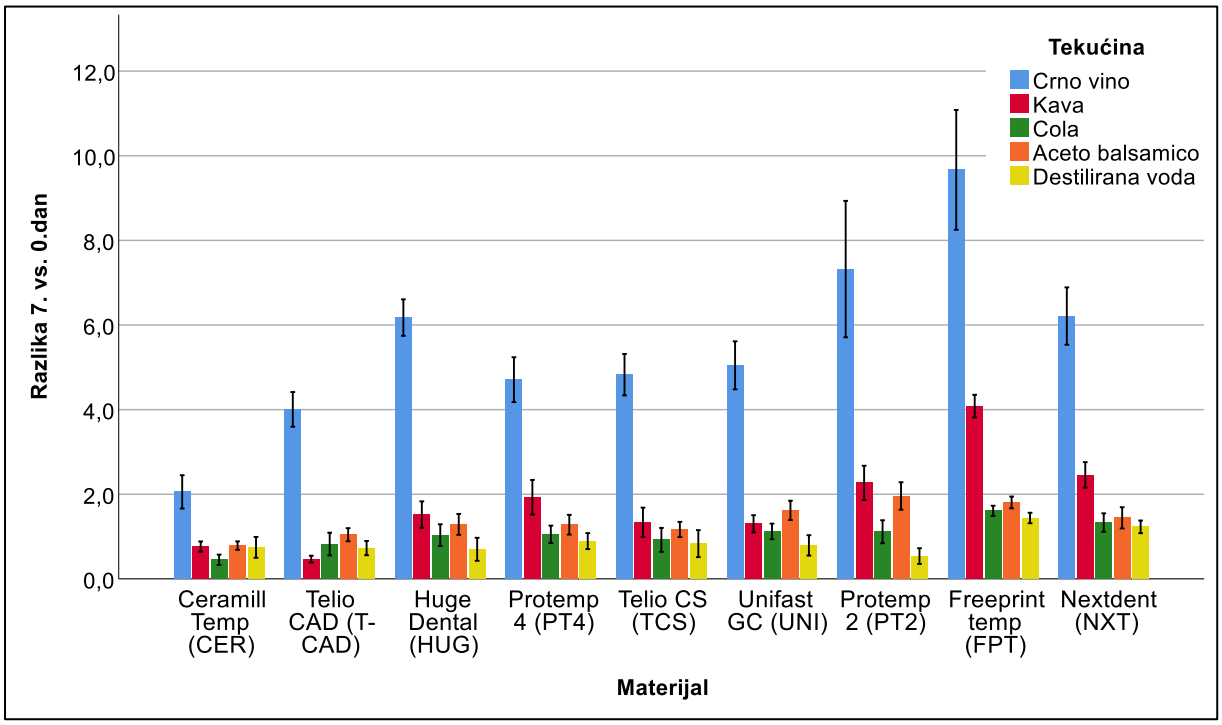
Slika 5. Uzorci od 3D printanog materijala Nextdent C&B (Nextdent, Soesterberg, Nizozemska) nakon 30 dana pohranjivanja u (s lijeva na desno): 1) destiliranoj vodi, 2) Coca-Coli, 3) kavi, 4) crnom vinu i 5) balzamičnom octu

Tablica 5. Analiza razlika u boji prema vrsti materijala (ANOVA)

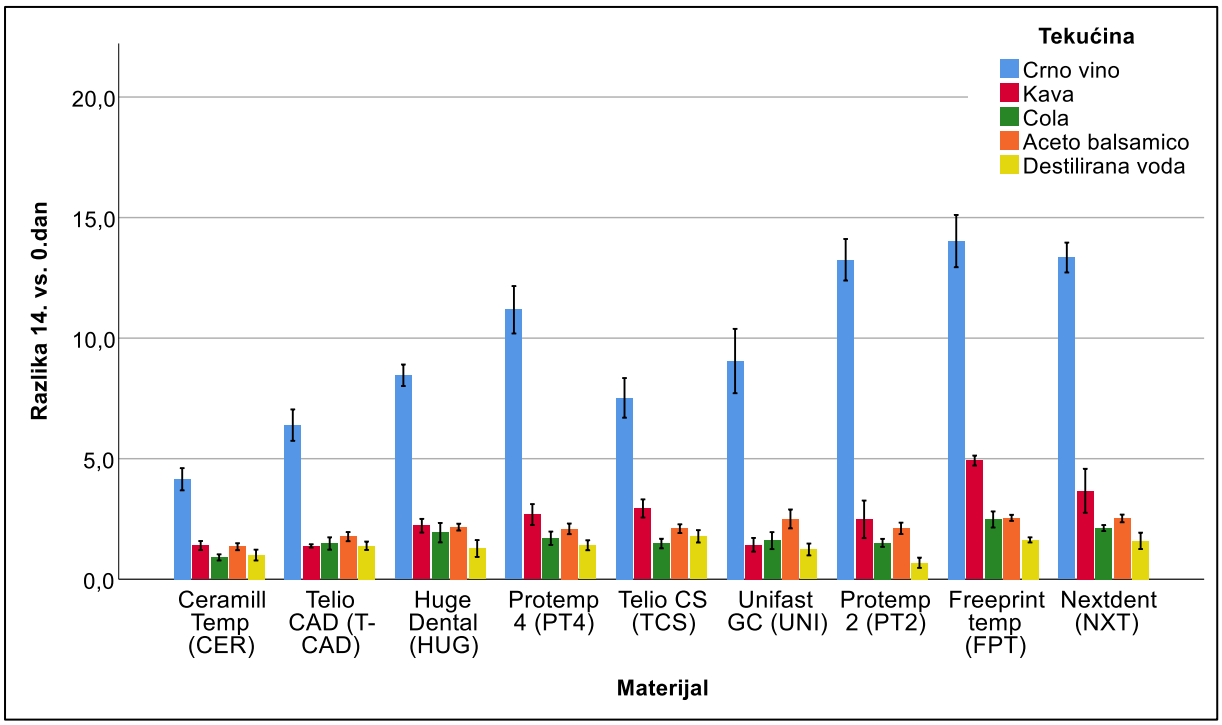
			Tekućina									
			Crno vino		Kava		Cola		Aceto balsamico		Destilirana voda	
			Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Materijal	Ceramill Temp (CER)	Razlika 7. vs. 0.dan	2,06	0,55	0,76	0,17	0,45	0,17	0,79	0,14	0,75	0,34
		Razlika 14. vs. 0.dan	4,15	0,64	1,40	0,26	0,91	0,18	1,35	0,20	1,00	0,31
		Razlika 30. vs. 0.dan	6,76	1,33	1,46	0,30	1,10	0,25	1,73	0,30	1,13	0,38
	Telio CAD (T-CAD)	Razlika 7. vs. 0.dan	4,01	0,57	0,47	0,12	0,82	0,38	1,04	0,22	0,73	0,24
		Razlika 14. vs. 0.dan	6,39	0,91	1,38	0,10	1,48	0,36	1,77	0,27	1,39	0,24
		Razlika 30. vs. 0.dan	8,21	0,77	2,58	0,42	1,90	0,54	2,05	0,33	1,71	0,37
	Huge Dental (HUG)	Razlika 7. vs. 0.dan	6,18	0,60	1,52	0,44	1,03	0,36	1,29	0,35	0,70	0,38
		Razlika 14. vs. 0.dan	8,46	0,62	2,22	0,40	1,93	0,56	2,16	0,20	1,28	0,49
		Razlika 30. vs. 0.dan	13,67	1,02	2,77	0,86	2,30	0,60	2,87	0,49	1,72	0,65
	Protemp 4 (PT4)	Razlika 7. vs. 0.dan	4,71	0,74	1,93	0,57	1,05	0,29	1,28	0,33	0,89	0,26
		Razlika 14. vs. 0.dan	11,18	1,38	2,68	0,61	1,70	0,39	2,09	0,31	1,41	0,29
		Razlika 30. vs. 0.dan	14,76	2,72	3,09	0,54	2,27	0,54	2,78	1,03	2,14	0,47
	Telio CS (TCS)	Razlika 7. vs. 0.dan	4,83	0,68	1,34	0,48	0,92	0,40	1,17	0,25	0,83	0,45
		Razlika 14. vs. 0.dan	7,52	1,15	2,94	0,53	1,48	0,28	2,10	0,25	1,78	0,36
		Razlika 30. vs. 0.dan	11,50	1,01	3,94	0,60	2,04	0,18	2,71	0,44	1,79	0,50
	Unifast GC (UNI)	Razlika 7. vs. 0.dan	5,05	0,79	1,30	0,29	1,12	0,26	1,62	0,32	0,79	0,34
		Razlika 14. vs. 0.dan	9,05	1,86	1,43	0,40	1,60	0,49	2,50	0,55	1,24	0,34
		Razlika 30. vs. 0.dan	15,24	2,72	2,22	0,57	2,28	0,32	3,15	0,50	1,49	0,38
	Protemp 2 (PT2)	Razlika 7. vs. 0.dan	7,32	2,25	2,27	0,57	1,11	0,38	1,96	0,45	0,54	0,26
		Razlika 14. vs. 0.dan	13,25	1,21	2,48	1,09	1,51	0,23	2,11	0,33	0,68	0,30
		Razlika 30. vs. 0.dan	19,29	3,15	3,23	1,52	2,27	0,54	3,06	0,71	0,93	0,24
	Freeprint temp (FPT)	Razlika 7. vs. 0.dan	9,67	1,98	4,08	0,37	1,61	0,17	1,81	0,20	1,44	0,17
		Razlika 14. vs. 0.dan	14,03	1,51	4,92	0,29	2,48	0,47	2,55	0,18	1,63	0,15
		Razlika 30. vs. 0.dan	18,29	1,38	6,25	0,31	2,69	0,39	3,63	0,31	1,80	0,11
	Nextdent (NXT)	Razlika 7. vs. 0.dan	6,21	0,95	2,46	0,42	1,33	0,31	1,44	0,35	1,23	0,21
		Razlika 14. vs. 0.dan	13,34	0,87	3,67	1,27	2,12	0,17	2,52	0,22	1,59	0,47
		Razlika 30. vs. 0.dan	16,22	1,26	4,78	1,12	2,62	0,74	2,78	0,30	2,05	0,37

Konvencionalno obrađeni materijali za privremene nadomjeske pokazali su međusobno usporedivu stabilnost boje. Uglavnom su svi su bili lošiji od CAD/CAM materijala CER osim u kavi nakon 14 i 28 dana. U crnom vinu najnestabilniji je bio ručno zamiješani Protemp 2 (PT2). Ukupno najstabilniji konvencionalni materijali bili su ručno zamiješani Unifast (UNI) i Telio CS (TCS).

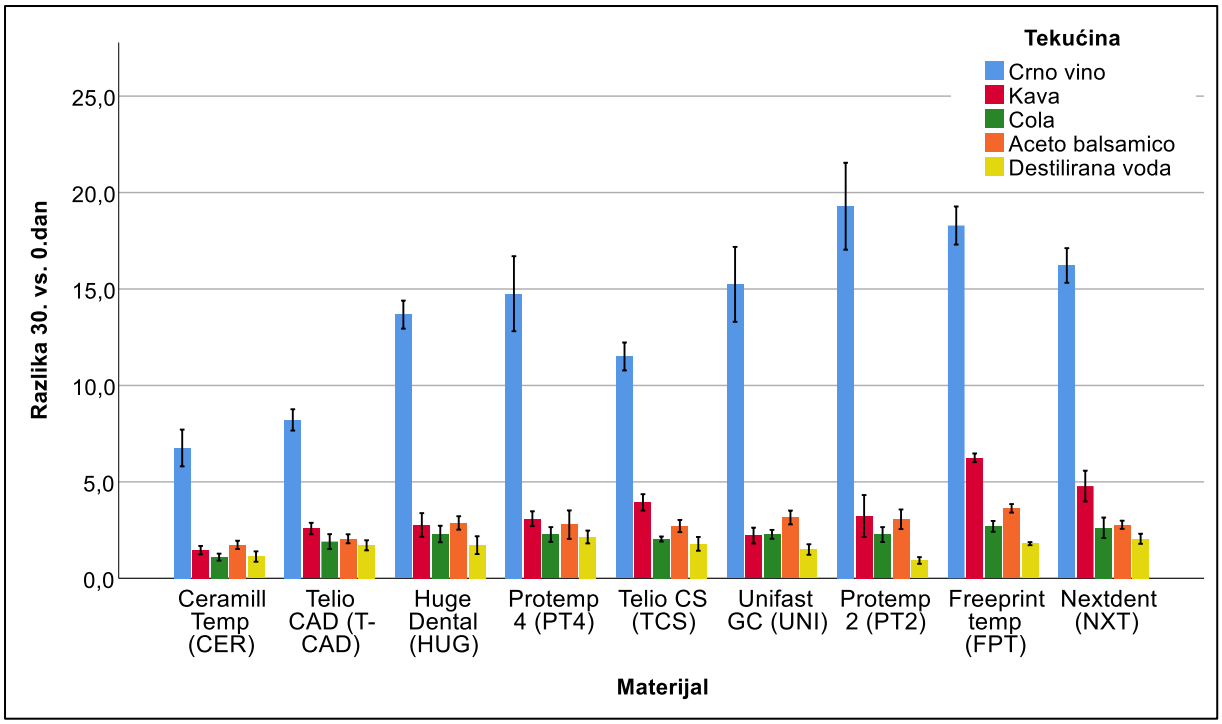
Na Slikama 6., 7. i 8. grafički su prikazane ΔE vrijednosti za testirane materijale u različitim otopinama nakon sedam, 14 i 28 dana.



Slika 6. Usporedba ΔE vrijednosti (promjena boje) za testirane materijale u različitim otopinama nakon sedam dana



Slika 7. Usporedba ΔE vrijednosti (promjena boje) za testirane materijale u različitim otopinama nakon 14 dana



Slika 8. Usporedba ΔE vrijednosti (promjena boje) za testirane materijale u različitim otopinama nakon 30 dana

4. RASPRAVA

U ovom istraživanju uspoređivana je stabilnost boje materijala za privremene nadomjeske izrađenih tehnologijama CAD/CAM i 3D printanjem s konvencionalnim materijalima različitih sastava materijala i tehnika miješanja. Hipoteza istraživanja bila je da će se svi materijali imati jednaku stabilnost boje u obojenim tekućinama, neovisno o načinu proizvodnje i vrsti materijala. Rezultati su pokazali da postoje statistički značajne razlike u stabilnosti boje između materijala, stoga se hipoteza odbacuje.

Promjena boje može se procijeniti vizualno ili instrumentalno. Kvantitativna procjena razlike u boji nakon mjerenja odgovarajućim instrumentom, spektrofotometrom ili kolorimetrom, unatoč nekim ograničenjima, ima prednosti poput ponovljivosti, osjetljivosti i objektivnost. U većini istraživanja koja se bave bojom razlika između dviju boja kvantificira se unutar CIE L*a*b* prostora boja, a ΔE se računa s pomoću jednadžbe ΔEab u kojoj svjetlina, ton i zasićenost imaju jednaku težinu. Međutim, s obzirom na činjenicu da L*a*b* prostor boja nije uniforman, javljaju se nepravilnosti. U težnji za što većom preciznosti predložene su alternativne jednadžbe pa je tako 2001. predložena jednadžba ΔE^*_{00} kojoj su dodane korekcijske funkcije. Upravo tu jednadžbu trenutačno preporučuje CIE (20) i zato je ta jednadžba korištena u ovom istraživanju.

PMMA materijali proizvedeni CAD/CAM postupkom, tj. glodanjem od prefabriciranih blokova pokazali su najveću stabilnost boje u obojenim tekućinama, s iznimkom niskobudžetnog materijala Huge Dental (HUG) koji je imao rezultate slične konvencionalno zamiješanim materijalima za privremene nadomjeske. CAD/CAM PMMA blokovi razlikuju se u proizvodnji od konvencionalnih materijala. Blokovi su predpolimerizirani, napravljeni tvornički u optimiziranim uvjetima zbog čega se postiže maksimalna konverzija monomera u polimer. Time se izbjegavaju potencijalne pogreške u proizvodnji i poroznost koji utječu na mehanička svojstva materijala. Zbog dokazane stabilnosti mehaničkih svojstava i boje CAD/CAM materijali preporučuju se za kliničku primjenu u terapijama kada su potrebni dugoročni privremeni nadomjesci (15). Rezultati ovog istraživanja slični su onima u drugim istraživanjima koja su se bavila usporedbom CAD/CAM i konvencionalnih materijala (14, 15, 21). Almohareb i sur. uspoređivali su CAD/CAM PMMA privremene nadomjeske s konvencionalnim PMMA i bis-akrilatnima, gdje je CAD/CAM materijal pokazao veću stabilnost boje u odnosu na konvencionalne materijale, s iznosom $\Delta E < 3,7$ nakon tri tjedna u kavi, čaju i Pepsiju (14). Lošiji rezultati CAD/CAM materijala HUG mogu se eventualno objasniti proizvodnim postupkom upitne kvalitete na kineskom tržištu.

Zbog najvećih ΔE vrijednosti materijalom s najmanjom stabilnošću boje pokazao se 3D printani Freeprint Temp (FPT). FPT je već u prvom tjednu u vinu i kavi imao oku vidljivu promjenu

(ΔE > 3,7). Drugi predstavnik 3D printanih Nextdent C&B (NXT) također je pokazao relativno loše rezultate u usporedbi s ostalim materijalima, osobito u crnom vinu i u kavi. Nestabilnost boje 3D printanih materijala mogla bi se pripisati više čimbenika: osjetljivosti procesa, čistoći kadice, nepotpunoj polimerizaciji sloja te nedovoljnoj završnoj obradi. U literaturi i dalje ne postoji dovoljan broj istraživanja koja bi pokazala što zapravo dovodi do pogrešaka prilikom izrade 3D objekata u dentalnoj medicini. S obzirom na činjenicu da u ovom istraživanju 3D printani uzorci nisu završno obrađivani ni polirani, moguće je da je veća hrapavost površine kao posljedica inkrementih crta na materijalu uslijed proizvodnog procesa uzrok većeg obojenja. Završna obrada uključuje sve procese koji se provode nakon završenog 3D printanja. Procesi obrade dijele se na primarne i sekundarne. Primarni su procesi nužni da bi se proizvod mogao upotrebljavati. To je obično odstranjivanje potpornog materijala. Sekundarni procesi su abrazivne ili aditivne tehnike koje ispravljaju funkciju ili estetiku konačnog predmeta. Među abrazivne tehnike ubrajaju se pjeskarenje za glađu površinu i glodanje za oblikovanje težih geometrijskih oblika, a među aditivne spadaju punjenje za bolju kvalitetu i bojanje za ljepši izgled završnog proizvoda (22, 23). Brojni su razlozi zašto je bitno da protetski nadomjesci imaju glatku/ispoliranu površinu. Glatka površina sprječava nakupljanje plaka, olakšava održavanje higijene, ali i sprječava nakupljanje pigmenata iz hrane i tekućina (24). Rutkunas i sur. navode važnost i utjecaj poliranja površine materijala na stabilnost boje gdje su nepolirani uzorci pokazali lošije rezultate neovisno o izboru materijala (25).

U ovom istraživanju bis-akrilatne smole pokazale su veću osjetljivost na obojene tekućine od PMMA materijala. Više autora navodi sastav bis-akrilatnih smola kao glavnu značajku rizika promjene boje (10, 26). Prema Haseltonu i sur. većina bis-akrilatnih smola više su polarne od PMMA materijala i stoga imaju veći afinitet za vodu i druge polarne tekućine. Stoga dolazi do veće apsorpcije tekućine u bisakrilate što olakšava inkorporaciju pigmenata u materijal (26).

Crno vino pokazalo je statistički značajno najveća obojenja svih materijala. Takve rezultate potvrđuju i druga istraživanja (25, 27, 28). Mehanizam obojenja crnog vina mogao bi biti uzrokovan sadržajem alkohola koji nahrapavi površinu, što uzrokuje veće površinsko obojenje pigmentima. Kao potencijalni mehanizam nastanka navodi se i omekšavanje materijala zbog apsorpcije alkohola koji plastificirajuće djeluje na organsku matricu (29).

Treba naglasiti da, iako su u ovom istraživanju postojale statistički značajne razlike za mnoge materijale, oku vidljive i time klinički relevantne promjene boje uzrokovalo je upravo crno vino na svim materijalima i sva razdoblja, osim za Ceramill Temp nakon sedam dana (ΔE = 2,06 ± 0,55). Osim crnog vina, samo je još kava uzrokovala vidljive promjene boje na materijalu Telio

CS nakon 30 dana (ΔE = 3,94 ± 0,60), Freeprint Temp u svim razdobljima (4,08 ± 0,37 nakon sedam dana, 4,92 ± 0,29 nakon 14 dana, 6,25 ± 0,31 nakon 30 dana) i Nextdent nakon 30 dana (4,78 ± 1,12), pri čemu je promjena boje za taj materijal nakon 14 dana bila točno na granici vidljivosti (3,67 ± 1,27). Za sve ostale tekućine, bez obzira na razdoblje, promjene boje nisu bile vidljive ljudskom oku.

U literaturi se predlažu različiti pragovi vrijednosti razlike u boji ΔE iznad kojih je vidljiva promjena boje ljudskim okom. Većina je autora složna da se vrijednost ΔE < 1 može smatrati neprimjetnom razlikom u boji (30,31), koja se može pripisati nepreciznost instrumenta s kojim se mjeri i stoga zanemarivom razlikom. Vrijednosti ΔE između 1 i 2 uglavnom raspoznaju samo trenirani promatrači. Međutim, iako razlika između dviju boja može biti uočljiva, to ne znači da je ona istovremeno klinički neprihvatljiva kad je riječ o boji zuba. Najveća su odstupanja upravo kod utvrđivanja granice značajne ili neprihvatljive razlike u boji. Dok se u *in vitro* uvjetima često spominju vrijednosti poput ΔE > 2,5 (32) ili 2,72 (33), u kliničkim je uvjetima tolerancija veća jer se manja odstupanja u boji u nekontroliranim uvjetima teže zamjećuju (34). Tako se klinički neprihvatljivima smatraju tek razlike > ΔE 3,7 (35,36).

Rezultati su pokazali da na stabilnost boje utječu i izbor materijala i različite obojene tekućine. Budući da ne možemo utjecati na pacijentove prehrambene navike, obojene tekućine predstavljaju rizik o kojem treba unaprijed razmišljati i prilagoditi svoju terapiju izborom najboljeg materijala. Promjena boje dentalnih materijala rezultat je unutarnjih (sastav materijala, greške u proizvodnji, inkluzije zraka, udio zaostatnog monomera) i vanjskih (ispoliranost površine, utjecaj oralne higijene, prehrambene navike) čimbenika (25). Stoga se može zaključiti da je promjena boje materijala kompleksna reakcija na koju utječu brojni čimbenici koje je potrebno kontrolirati u samoj proizvodnji, ali i klinički u ordinaciji.

5. ZAKLJUČAK

Iako statistički značajne, promjene boje za većinu materijala u ovom istraživanju nisu bile vidljive ljudskom oku. Crno vino i kava izazvali su najveće i pretežno vidljive promjene. CAD/CAM materijali Ceramill Temp i Telio CAD pokazali su veću stabilnost boje od konvencionalnih i 3D printanih materijala. Zbog prethodne tvorničke obrade PMMA blokova i postizanja maksimalne konverzije monomera u polimer, postižu se bolja mehanička svojstva materijala. Zbog dokazane stabilnosti mehaničkih svojstava i boje, CAD/CAM materijali preporučuju se za kliničku primjenu u terapijama kada su potrebni dugoročni privremeni nadomjesci. 3D printani materijali u ovom su istraživanju pokazali najmanju stabilnost boje. Zbog niske stabilnosti boje, 3D printani materijali ne preporučuju se za izradu dugotrajnih provizorija. Potrebno je provesti daljnja istraživanja kako bi se saznalo što utječe na smanjenu stabilnosti boje 3D printanih materijala za provizorije.

6. LITERATURA

1. Rosentiel SF, Laub MF, Fujimoto J. Contemporary fixed prosthodontics, 3rd ed. St. Louis: Mosby Company; 2001;401-38.

2. Germano F, Germano F, Piro M, Arcuri C, Ottria L. Clinical protocol with digital cad/cam chairside workflow for the rehabilitation of severely worn dentition patients. Oral Implantol (Rome). 2017;10:247–61.

3. Kurtzman GM, Strassler HE. Provisional fixed restorations. Dental Economics. 2006;3:1-12.

4. Scotti R, Mascellani SC, Forniti F. The in vitro color stability of acrylic resins for provisional restorations. Int J Prosthodont. 1997;10:164-8.

5. Milardović S, Viskić J, Mehulić K. Privremeni fiksnoprotetski radovi. Sonda. 2011;12:62-4.

6. Derbian K, Marzola R, Donovan T, Cho G, Arcidiacono A. The science of communicating the art of esthetic dentistry. Part II: Diagnostic provisional restorations. J Esthet Dent. 2000;12:238-47.

7. Doray PG, Li D, Powers JM. Color stability of provisional restorative materials after accelerated aging. J Prosthodont. 2001;10:212–6.

8. Gupta G, Gupta T. Evaluation of the effect of various beverages and food material on the color stability of provisional materials – An in vitro study. J Conserv Dent 2011;14:287-92.

9. Al-Samadani KH. The effect of preventive agents (Mouthwashes/Gels) on the color stability of dental resin-based composite materials. Dent J. 2017;5:18.

10. Gujjari AK, Bhatnagar VM, Basavaraju RM. Color stability and flexural strength of poly (methyl methacrylate) and bis-acrylic composite based provisional crown and bridge auto-polymerizing resins exposed to beverages and food dye: An in vitro study. Indian J Dent Res. 2013;24:172-7.

11. Steinmassl PA, Wiedemair V, Huck C, Klaunzer F, Steinmassl O, Grunert I, et al. Do CAD/CAM dentures really release less monomer than conventional dentures?. Clin Oral Investig. 2017;21:1697–705.

12. Abdullah AO, A Tsitrou E, Pollington S. Comparative in vitro evaluation of CAD/CAM vs conventional provisional crowns. J Appl Oral Sci. 2016;24:258-63.

13. Ćatović A, Komar D, Ćatić A i sur. Klinička fiksna protetika – krunice. Zagreb: Medicinska naklada; 2015;85-93.

14. Almohareb T, Alkatheeri MS, Vohra F, Alrahlah A. Influence of experimental staining on the color stability of indirect computer-aided design/computer-aided manufacturing dental provisional materials. Eur J Dent. 2018;12:269-74.

15. Rayyan MM, Aboushelib M, Sayed NM, Ibrahim A, Jimbo R. Comparison of interim restorations fabricated by CAD/CAM with those fabricated manually. J Prosthet Dent. 2015;114:414–9.

16. Stansbury JW, Idacavage MJ. 3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities. Dent Mater. 2016;32:54–64.

17. Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, Ferracane JL, Bertassoni LE. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. Dent Mater. 2018;34:192–200.

18. Molinero-Mourelle P, Canals S, Gómez-Polo M, Solá-Ruiz MF, Del Río Highsmith J, Viñuela AC. Polylactic Acid as a Material for Three-Dimensional Printing of Provisional Restorations. Int J Prosthodont. 2018;31:349-50.

19. Katreva I, Dikova Ts, Tonchev Ts. 3D printing – an alternative of conventional crown fabrication: a case report. J of IMAB. 2018;24:2048-54.

20. CIE Technical Report: Colorimetry. CIE pub no 15.3. Vienna, Austria: CIE Central Bureau; 2004

21. Elagra MI, Rayyan MR, Alhomaidhi MM, Alanaziy AA, Alnefaie MO. Color stability and marginal integrity of interim crowns: An *in vitro* study. Eur J Dent. 2017;11:330-4.

22. 3D Printing: The Impact of Post-Processing [Internet]. Techbriefs.com. 2019 [cited 30 August 2019]. Available from: https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/features/articles/33589

23. Post Processing 3D Printing - Finishing 3D Printed Objects [Internet]. BigRep GmbH. 2019 [cited 30 August 2019]. Available from: https://bigrep.com/post-processing/

24. Bollen CM, Lambechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughbess of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. Dent Mater. 1997;13:258-69.

25. Rutkunas V, Sabaliauskas V, Mizutani H. Effects of different food colorants and polishing techniques on color stability of provisional prosthetic materials. Dent Mater J. 2010;29:167-76.
26. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dawson DV. Color stability of provisional crown and fixed partial denture resins. J Prosthet Dent. 2005;93:70-5.
27. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. J Prosthet Dent. 2005;94(2):118-24.
28. Costa I, Lima E. Effect of colorant solutions on the color stability of provisional prosthetic materials. Brazilian Journal of Oral Sciences. 2018;17:1-8.
29. Dayan C, Guven MC, Gencel B, Bural C. A Comparison of the Color Stability of Conventional and CAD/CAM Polymethyl Methacrylate Denture Base Materials. Acta Stomatol Croat. 2019;53:158-67.
30. Wyszecki G, Stiles WS. Color science: Concepts and methods, quantitative data and formulae. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons; 1982. p. 45-7.
31. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. J Dent Res. 1989;68:1760-4.
32. Hosoya Y. Five-year colour changes of light-cured resin composites: influence of light-curing times. Dent Mater. 1999;15:268-74.
33. James C, Ragain JR, Johnston WM. Colour acceptance of direct dental restorative materials by human observers. Col Res Appl. 2000; 25:278-85.
34. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. J Dent. 2004;32:3-12; Douglas RD. Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. J Prosthet Dent. 1997;77:464–70.
35. Johnston WH, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. J Dent Res. 1989;68:819-22.
36. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. Dent Mater. 1987;3:246-51.

7. ŽIVOTOPIS

Marija Katalinić rođena je 3. travnja 1993. u Splitu. Opću gimnaziju Marko Marulić u Splitu završila je 2012. godine, a iste godine upisala je Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Za vrijeme studiranja radila je kao demonstrator na Katedri za histologiju s embriologijom, Zavodu za dentalnu antropologiju, Zavodu za mobilnu protetiku i Zavodu za fiksnu protetiku. Godine 2018. i 2019. vodila je projekt *Studentske sekcije*, a od 2017. i ogranak *Studentska sekcija za protetiku*. Kao predavačica i voditeljica radionica aktivno je sudjelovala na tri studentska simpozija. U sklopu projekta organizirala je i vodila više edukacija za studente. Godine 2018. organizirala je treći *Simpozij studenata dentalne medicine*, a za rad u *Studentskim sekcijama* u akademskoj godini 2018./19. nagrađena je Rektorovom nagradom za društveno koristan rad. Dobitnica je Rektorove nagrade za individualni znanstveni i umjetnički rad u akademskoj godini 2017./18. Za rad predstavljen 2017. godine na kongresu *Konkurentnost u dentalnoj medicini – međunarodni kongres novih postupaka u oralnoj rehabilitaciji pacijenta* osvojila je prvu nagradu za najbolju poster prezentaciju. Za studentski časopis *Sonda* napisala je nekoliko stručnih članaka. Tijekom studija asistira u privatnoj stomatološkoj ordinaciji.