

# Utjecaj kiselog biljnog napitka na površinska svojstva dentalnih restaurativnih materijala

---

**Veček, Nikolina Nika**

**Doctoral thesis / Disertacija**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, School of Medicine / Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:171:878110>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-15**



*Repository / Repozitorij:*

[MEFST Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**MEDICINSKI FAKULTET**

**NIKOLINA NIKA VEČEK**

**UTJECAJ KISELOG BILJNOG NAPITKA NA POVRŠINSKA  
SVOJSTVA DENTALNIH RESTAURATIVNIH MATERIJALA**

**DOKTORSKA DISERTACIJA**

**SPLIT, 2023.**

Doktorska disertacija izrađena je na Zavodu za Endodonciju i restaurativnu dentalnu medicinu, Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

**Voditelj rada:** prof. dr. sc. Silvana Jukić Krmek, dr. med. dent.

## **ZAHVALA**

*Zahvaljujem mojoj mentorici prof. dr. sc. Silvani Jukić Krmek na podršci, zalaganju i strpljenju koje mi je nesebično pružila u kliničkom i znanstvenom radu.*

*Zahvaljujem prijateljima i kolegama na motivaciji i vjetru u leđa kada je to bilo potrebno.*

*Najveća hvala mojoj obitelji na bezuvjetnoj ljubavi koja je bila inspiracija i pratila me cijelo školovanje.*

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Suvremeni restaurativni dentalni materijali.....	2
1.1.1. Kompozitni materijali .....	3
1.1.2. Sastav i svojstva kompozitnih materijala .....	4
1.1.3. Podjela kompozitnih materijala.....	5
1.1.4. Bioaktivni kompozitni materijali .....	7
1.1.5. Stakleno-ionomerni cementi .....	9
1.1.6. Sastav i svojstva stakleno-ionomernih cemenata .....	10
1.1.7. Podjela stakleno-ionomernih cemenata.....	11
1.2. Površinska svojstva restaurativnih materijala.....	13
1.2.1. Mikrotvrdoća .....	13
1.2.2. Parametar površinske hrapavosti.....	15
1.2.3. Promjena boje.....	17
1.3. Utjecaj prehrane na oralno zdravlje .....	18
1.3.1. Utjecaj kiselih napitaka na restaurativne materijale.....	19
2. CILJ RADA I HIPOTEZE.....	21
2.1. Ciljevi istraživanja .....	22
2.2. Nulte hipoteze.....	22
3. MATERIJALI I POSTUPCI.....	24
3.1. Priprema uzoraka .....	25
3.1.1. Priprema kalupa i izrada uzoraka .....	29
3.2. Pohrana uzoraka i imerzija u kiselom biljnom napitku/destiliranoj vodi.....	30
3.3. Mikrotvrdoća po Vickersu.....	33

3.4.	Površinska hrapavost .....	34
3.5.	Promjena boje .....	36
3.6.	Statistička analiza .....	37
3.6.1.	Izračun veličine uzorka .....	37
3.6.2.	Testiranje hipoteza, korelacijske analize i analiza glavnih komponentata.....	38
4.	REZULTATI.....	39
5.	RASPRAVA .....	93
6.	ZAKLJUČAK.....	115
7.	LITERATURA .....	118
8.	SAŽETAK .....	135
9.	SUMMARY.....	137
10.	ŽIVOTOPIS .....	141

## POPIS OZNAKA I KRATICA

**Bis-GMA** - bisfenol-A-glicidil-metakrilat (engl. bisphenol A-glycidyl methacrylate)

**GIC** – stakleno-ionomerni cement (engl. glass ionomer cement)

**ACP** – amorfni kalcijev fosfat (engl. amorphous calcium phosphate)

**TEGDMA** - trietilen-glikol-dimetakrilat (engl. triethylene glycol dimethacrylate)

**UDMA** - uretan-dimetakrilat (engl. urethane dimethacrylate)

**Bis-EMA** - etoksilirani bisfenol-A-dimetakrilat (engl. bisphenol A-diglycidyl methacrylate)

**ART** – atraumatski restaurativni postupak (engl. atraumatic restorative treatment)

**ASPA I** - aluminosilikatna poliakrilna kiselina (engl. alumino-silicate polyacrylate acid)

**ASPA II** - aluminosilikatna poliakrilna kiselina s dodatkom d-tartarične kiseline

**HEMA** – hidroksietil-metakrilat (engl. hydroxyethyl metacrylate)

**CEN** – Cention

**DCP**- triciklodekandimetanol-dimetakrilat (engl. tricyclodecandimethanol dimethacrylate)

**PEG-400 DMA** - Polietilen glikol-400 dimetakrilat (engl. polyethylene glycol dimethacrylate)

**HAP** – hidroksiapatit

**MH** – mikrotvrdoća (engl. microhardness)

**RA** – površinska hrapavost (engl. profile roughness)

**C.I.E.** - Commission Internationale de l'Eclairage

**TEC** - Tetric EvoCeram

**CHA** - Charisma Classic

**EQ** - Equia Forte HT Fil

**EQC** – Equia Forte HT Fil sa smolastim premazom

**FBF** - Filtek One Bulk Fill Restorative

**EC** - Equia Coat

**LED** – svjetleća dioda (engl. light-emitting diode)

**PET** – polietilen-tereftalat

**pH** - snaga vodika (lat. potentia hydrogenii)



## **1. UVOD**

## 1.1. Suvremeni restaurativni dentalni materijali

Zahvaljujući sve bržem razvoju i napretku dentalne medicine u području restaurativne dentalne medicine, doktorima dentalne medicine je na raspolaganju širok izbor različitih materijala (1,2). Svjedoci smo da unatoč naporima društva u prevenciji karijesa, trauma i ostalih bolesti tvrdih zubnih tkiva i dalje postoji potreba za konzervativnim liječenjem koje obnavlja funkciju, estetiku i što je najvažnije čuva vitalitet zubne pulpe. Razvoj novih proizvoda i njihov plasman na tržište, naročito u posljednjih 50 godina, događa se velikom brzinom (3). Najveći pomak vidljiv je u području poboljšane estetike, obilježene postupnom zamjenom amalgama kompozitnim materijalima koji omogućuju veće očuvanje tvrdih zubnih tkiva (4). S obzirom na različitu etiologiju oštećenja tvrdih zubnih tkiva i posebnosti mikro i makro okoliša usne šupljine važno je da odluka o izboru restaurativnog materijala bude individualizirana i temeljena na kliničkoj procjeni vezanoj uz sastav, svojstva i karakteristike određenog restaurativnog materijala i prilagođena posebnim uvjetima svakog pacijenta, odnosno zuba (5). Od kliničara to zahtijeva kontinuirano nadograđivanje znanja o dostupnim dentalnim materijalima, kao i educiranje pacijenata koji, trebaju biti aktivni partneri u terapijskom procesu (4). Odabir načina rekonstrukcije i vrste materijala često je povezan s financijskim mogućnostima pacijenata, a općenito s ekonomskim modelom organizirane zdravstvene zaštite u određenoj zemlji (6).

Kompozitni materijali temeljeni na polimernim smolama dominantna su skupina među suvremenim restaurativnim materijalima koji ispunjavaju većinu mehaničkih, fizikalnih i estetskih zahtjeva za trajne restauracije (7,8). Smolasti kompoziti se uglavnom sastoje od metakrilatne matrice i ojačavajućih staklenih punila, međutim, napravljene su razne izmjene njihove osnovne formulacije i uspješno se koriste u kliničkoj praksi (9). Nedavno predstavljen restaurativni materijal nazvan "alkasit" je opisan od strane proizvođača kao modificiran smolasti kompozit koji je sposoban otpuštati hidroksilne ione, ione fluorida i kalcija, što rezultira potencijalnim antikariogenim djelovanjem (10,11). Još jedna velika skupina restaurativnih materijala za nadoknadu tvrdih zubnih tkiva su stakleno-ionomerni cementi, koji su u svojoj posljednjoj optimizaciji pokazali poboljšana mehanička svojstva i veću otpornost na trošenje zbog čega se mogu koristiti i u područjima velikih žvačnih sila (12).

Bitna karakteristika suvremenih restaurativnih dentalnih materijala je i dugoročna stabilnost boje. Održavanje trajnosti boje predstavlja klinički izazov zbog nepovoljnih uvjeta u usnoj šupljini kojima su izloženi dentalni materijali (13).

Na promjenu boje estetskih restaurativnih materijala mogu utjecati intrinzični i ekstrinzični faktori. Intrinzični faktori odnose se na promjene koje se događaju unutar samog materijala (14). Tijekom vremena, materijali prolaze kemijske promjene i degradiraju, što rezultira promjenom njihove izvorne boje. Faktori poput izlaganja ultraljubičastom svjetlu, termalnih promjena i vlage također doprinose intrinzičnoj promjeni boje estetskih materijala. S druge strane, ekstrinzični faktori su vanjski utjecaji koji uključuju adsorpciju ili apsorpciju obojenja na površini materijala. Uobičajeni izvori ekstrinzične promjene boje uključuju konzumaciju određene hrane i pića (poput kave, čaja, crnog vina, obojanih napitaka), loše oralne higijenske navike i izloženost okolišnim čimbenicima (14).

Sukladno navedenom, u najbližoj budućnosti možemo očekivati daljnji razvoj minimalno invazivnih tehnika i poboljšanja estetskih komponenti restaurativnih materijala, posebno njihovih mehaničkih svojstava kao što su čvrstoća i otpornost na trošenje.

### **1.1.1. Kompozitni materijali**

Restaurativna dentalna medicina kakvu danas poznajemo, ne bi postojala bez razvoja i primjene kompozitnih materijala (15). Težnje pacijenata i kliničara za sve boljim estetskim rezultatima i minimalno invazivnim metodama razlog su unapređenju i razvoju kompozita. Izraz "kompozitni materijal" odnosi se na materijal koji je sastavljen od najmanje dvije različite komponente, netopljive jedne u drugoj, čiji spoj proizvodi materijal s drugačijim, često boljim karakteristikama nego same komponente (15). Glavne komponente dentalnih kompozita čine smolasta matrica i anorgansko punilo međusobno povezane spojnim sredstvom. Uz glavne komponente, kompoziti sadrže i druge važne sastojke, kao što su inicijatori polimerizacije, inhibitori koji sprječavaju spontanu polimerizaciju i pigmenti (16).

Povijesno gledajući, uporaba kompozitnih materijala u dentalnoj medicini započinje 1961. godine izumom bisfenol-A-glicidil-metakrilata (Bis-GMA), takozvane Bowenove smole, a sljedeći korak u napretku primjene kompozita je bilo uvođenje svjetlosno aktivirane polimerizacije i usavršavanje adhezivnih sustava (17). Kompoziti su s vremenom postigli izvrsna mehanička i estetska svojstva, no suvremena dentalna medicina teži ne samo nadoknadi tvrdih zubnih tkiva već i bioaktivnosti materijala koji bi trebali djelovati na preostala zubna tkiva terapijski i preventivno (18). Bioaktivnost u restaurativnoj dentalnoj medicini podrazumijeva primjenu onih materijala koji biološki stimuliraju regeneraciju i zacjeljivanje pulpo-dentinskog kompleksa (19).

### 1.1.2. Sastav i svojstva kompozitnih materijala

Kompozitni materijal čine organski i anorganski dio, spojno sredstvo i inicijatori. Smolasta matrica sastoji se većinom od Bis-GMA koji omogućuje stvaranje umreženog polimera (20). Budući da je Bis-GMA sam po sebi vrlo viskoznan, miješa se u različitim kombinacijama s monomerima niske molekulske mase poput tri-etilen-glikol-dimetakrilata (TEGDMA) kako bi se dobila odgovarajuća konzistencija.

Različiti omjeri monomera, utječu na promjenu svojstava kompozitnih materijala (21). Naime, što je manji postotak Bis-GMA u matrici, a veći udio TEGDMA, to je veće polimerizacijsko skupljanje, povećana vlačna čvrstoća materijala ali i smanjena savojna čvrstoća (21,22). Osim Bis-GMA, dimetakrilati koje kompoziti mogu sadržavati su još i uretan-dimetakrilat (UDMA), ili etoksilitirani bisfenol-A-dimetakrilat (Bis-EMA) (23). Anorgansko punilo čine kvarc, keramika i/ili silika. Što je veći udio punila smanjuju se: polimerizacijsko skupljanje, apsorpcija vode i linearni koeficijent ekspanzije (24). S druge strane, s povećanjem udjela punila, općenito se povećavaju otpornost na trošenje, vlačna i tlačna čvrstoća i modul elastičnosti (24). Osim toga, veličina čestica i distribucija punila također mogu utjecati na čvrstoću veze i mehanička svojstva kompozitnog materijala (25). Na svojstva materijala utječe i veza između punila i matrice. Kako bi se poboljšala čvrstoća veze koriste se različite metode, a jedna od njih je silanizacija, koja uključuje tretiranje punila silanskim spojem kako bi se potaknulo kemijsko svezivanje uz polimernu matricu (26,27). Molekule sastavnih faza imaju silansku skupinu na jednom kraju i metakrilatnu skupinu na drugom kraju zbog čega se mogu vezati s punilom i matricom (28). Osim što se u restaurativnoj dentalnoj medicini veliki broj istraživanja posvetio poboljšanju fizičkih svojstava kompozitnih materijala, fokus je i na poboljšanje antimikrobnih svojstava restaurativnih materijala primjenom specifičnih modifikacija. Nekoć su u smolastu matricu dodavane fluoridne soli (natrijev fluorid, kalijev fluorid, stroncijev fluorid), čije je djelovanje brzo slabilo, a nepovoljno je utjecalo na mehanička svojstva restaurativnih materijala. Iako u početku te soli oslobađaju fluorid, to djelovanje brzo opada (29,30). Nadalje, fluoridne soli nepovoljno utječu na mehanička svojstva restaurativnog materijala. Razvojem punila na bazi fluoroaluminosilikatnog stakla pojedini proizvođači uspjeli su poboljšati oslobađanje i skladištenje fluorida (31,32). Uvođenje kompozitnih materijala u dentalnu medicinu bila je svojevrsna revolucija koja je omogućila veliki napredak u restaurativnoj stomatologiji ali i oni imaju svojih prednosti i nedostataka. Najveća prednost adhezivnih restauracija su zaštita i očuvanje tvrdih zubnih tkiva, dok su mane mikropropusnost, postoperativna osjetljivost a posljedično smanjena otpornost na trošenje i

diskoloracija (33). Ono što je cilj u budućnosti kompozitnih materijala je smanjenje polimerizacijske kontrakcije, poboljšanje estetskih svojstava, otpornost na trošenje i lom te pružanje kompatibilnosti boje (34).

U kliničkom radu, važna je i tehnička osjetljivost kod korištenja kompozita, budući da pravilna tehnika primjene zahtijeva jednaku pažnju kao i odabir odgovarajućeg materijala.

### **1.1.3. Podjela kompozitnih materijala**

Različiti su načini klasifikacije kompozita koji se mogu naći u literaturi. Dijele se prema veličini čestica punila, prema kliničkoj primjeni, prema konzistenciji i broju komponenti, boji i translucenciji i prema djelovanju na tvrdo zubno tkivo (35).

Suvremena podjela prema veličini čestica punila kompozite dijeli na: makropunjene, mikropunjene, hibridne kompozitne materijale i kompozite s nanopunilom (36).

Kod makropunjenih kompozitnih materijala, najveći nedostatak predstavlja nemogućnost adekvatnog poliranja zbog veličina čestica punila od 0,1 do 100  $\mu\text{m}$ . Hrapava površina koja nastaje kao posljedica veličine čestica kvarca i staklenog punila, uzrok je nakupljanju plaka i promjeni boje ispuna u relativnom kratkom vremenu od postavljanja (33). Mikropunjeni kompozitni materijali imaju veličinu čestica od 0,01 do 0,1  $\mu\text{m}$  te se za razliku od makropunjenih, može osigurati bolja poliranost, a tako i estetika. Nedostatak ove vrste kompozita je u niskoj otpornosti na sile žvakanja (37). Hibridni kompozitni materijali s postotkom čestica punila od 75% do 80% imaju karakteristike i makropunjenih i mikropunjenih materijala. Kombiniraju pozitivna fizičko-mehanička svojstva tradicionalnih kompozita s dobrim površinskim svojstvima mikropunjenih materijala (38). Nanokompoziti imaju veličinu čestica anorganskog punila od 0,005 do 0,01  $\mu\text{m}$  (39). Često se koriste u restauracijama prednjih zubi zbog njihovih izvrsnih optičkih i estetskih svojstava. Osim u estetskoj zoni, pogodni su i za izradu ispuna u stražnoj regiji zahvaljujući visokoj otpornosti na trošenje i apsorpciji stresa (33).

Prema kliničkoj primjeni dijelimo ih na: kompozite za preventivno pečačenje, visokoviskozne materijale, tekuće kompozite, debeloslojne kompozite, laboratorijske kompozite, kompozite za izradu nadogradnji, kompozite za privremene restauracije i kompomere (40).

Kompozitni materijali za pečaćenje koriste se u pedodonciji za prevenciju karijesnih lezija, najčešće na trajnim molarima. Nanose se izravno na zdravu caklinu, a sastoje se od tekućih smola s niskim udjelom punila (41).

Viskoviskozni kompozitni materijali po sastavu su mikrohibridni ili nanohibridni. Koriste se za izradu ispuna u fronti, ali i stražnjoj regiji (42).

Tekući kompozitni materijali koriste se u područjima slabih okluzalnih opterećenja i kao podloga koja smanjuje stres. To su niskoviskozni materijali s nižim udjelom anorganskog punila.

Debeloslojni (engl. *bulk fill*) kompozitni materijali nanose se u slojevima debljine 4 - 5 mm, što skraćuje vrijeme potrebno za izradu ispuna i olakšava rad doktorima dentalne medicine (43).

Produženo izlaganje materijala svjetlu povećava stupanj konverzije i tvrdoću dubljih slojeva ispuna. Postoje niskoviskozni i viskoviskozni debeloslojni kompozitni materijali (44).

Za izradu indirektnih nadomjestaka koriste se laboratorijski kompozitni materijali.

Za planiranje i izradu protetskih radova koriste se kompozitni materijali za izradu bataljaka i privremenih restauracija. Oni štite i nadoknađuju izgubljena tvrda zubna tkiva.

Kompomeri su materijali koji su nastali kao kombinacija kompozita i stakleno-ionomernih cemenata (GIC) pa im je za postizanje retencije potreban adhezijski sustav. Odlikuju se otpuštanjem fluorida (45).

Prema konzistenciji dijele se na: materijale za preventivno pečaćenje, tekuće i viskoviskozne kompozite (40).

Podjela prema boji i translucenciji je na: dentinske, caklinske, transparentne i cervikalne nijanse (40).

S obzirom na broj komponenti dijelimo ih na jednokomponentne i dvokomponentne sustave (40).

#### 1.1.4. Bioaktivni kompozitni materijali

Novija podjela kompozitnih materijala je prema djelovanju na tvrdo zubno tkivo u kojoj kompozitne materijale dijelimo na one koji su zasnovani na amorfnom kalcijevom fosfatu (ACP) i kompozite s punilom od bioaktivnog stakla (46,47).

Kompozitni materijali koji sadrže punila na bazi ACP-a posjeduju sposobnost remineralizacije (46). Brojne su vrste na kalcij-fosfata ali od svih spojeva, posebno je kao punilo zanimljiv amorfni kalcijev fosfat (ACP), jer je neposredni prethodnik HAP, koji ima važnu ulogu u prirodnoj mineralizaciji zuba i kostiju (47). Eksperimentalni kompozitni materijali koji sadrže ACP čestice pokazuju manje zadovoljavajuća mehanička svojstva u usporedbi s dostupnim komercijalnim kompozitima (48). Glavni razlog tome je visoki udio ACP čestica koji je potreban kako bi se postigao bioaktivni učinak. Usporedba između kompozita na bazi ACP-a i komercijalnog kompozita koji otpušta fluoridne ione pokazala je da ACP ima četiri puta veći učinak na remineralizaciju ali zbog loših mehaničko-fizičkih svojstava jedan proizvod koji se koristio u ortodonciji, nije više u uporabi (49). Trenutno na tržištu nema dostupnih bioaktivnih kompozitnih materijala koji se temelje na amorfnom kalcijevom fosfatu. Komercijalni proizvodi koji se temelje na kompleksu kazein fosfopeptid-amorfni kalcijev fosfat koriste se kao dodatci prehrani ili kao paste, vodice i gelovi za usta (46).

Kompoziti s punilom od bioaktivnog stakla skupina su materijala čiji je cilj suzbiti nastanak sekundarnog karijesa zahvaljujući sposobnosti regeneracije tvrdih zubnih tkiva oslobađanjem kalcijevih i fosfatnih iona (49). Bioaktivno staklo ima sposobnost formiranja HAP, što olakšava integraciju implantata u kost. Bioaktivnost materijala ovisi o njegovoj topljivosti u vodenom okruženju, kada se materijal izloži vodi, pokreće se niz reakcija koje rezultiraju željenim svojstvima kompozitnih materijala na bazi bioaktivnog stakla (46). Prva reakcija je izmjena iona kalcija i natrija na površini stakla s ionima vodika iz vodene otopine, što rezultira stvaranjem površinskog sloja bogatog silicijem koji je važan za daljnje reakcije. Kako bi se stvorio HAP koji je ključan za precipitaciju i bioaktivno djelovanje, površinski sloj bogat silicijem repolimerizira i privlače se ioni kalcija i fosfata, stvarajući ACP, izravni prekursor za nastanak HAP (50). Navedene reakcije, zaslužne su za proces remineralizacije, sniženje pH i smanjenju dentinske preosjetljivosti. Trenutno ne postoje komercijalno dostupni bioaktivni kompozitni materijali koji se temelje na bioaktivnom staklu. Međutim, među proizvodima koji se svakodnevno koriste i već su dostupni kao komercijalni preparati, ističu se paste za sprječavanje preosjetljivosti i prah za zračnu abraziju (46).

Alkasin restaurativni materijal nova je kategorija materijala za ispune koji se klasificira kao podskupina smolastih kompozita, čiji je spektar primjene širi u odnosu na konvencionalne kompozitne materijale i prema nekim istraživanjima svrstava se među bioaktivne materijale (51). Cention, Cention N (CEN) i Cention Forte (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) materijali su istog sastava ali različitog oblika (52). CEN dolazi u obliku praška i tekućine za ručno miješanje, dok Cention i Cention Forte dolaze u kapsuliranom obliku. Alkasin materijali su dvokomponentni i dostupni su u formulaciji baza/katalizator. Baza (prah) sadrži staklena punila, pigmente i inicijatore polimerizacije, dok katalizator (tekućina) sadrži metakrilate i inicijatore polimerizacije (51). Konkretno, punila sadržana u praškastoj komponenti su aluminosilikat i barijevo staklo koji povećavaju čvrstoću materijala. Iterbijev trifluorid koji osigurava rendgensku vidljivost i izopunilo koje smanjuje polimerizacijsko skupljanje (53). Kalcijeva, barijeva i aluminijeva fluorosilikatna stakla povećavaju čvrstoću oslobađanjem fluoridnih iona (51). Tekući dio sadrži četiri križno svezujuća metakrilatna monomera: UDMA) koji je glavna komponenta i osigurava osnovna mehanička svojstva materijala, triciklodekandimetanol dimetakrilat (DCP) koji omogućuje rukovanje materijalom i miješanje dviju komponenti i tetrametil-ksililen-diuretan dimetakrilat (aromatski-alifatski UDMA koji smanjuje varijacije boje materijala tijekom vremena i povećava elastičnost (51). Polietilen glikol-400 dimetakrilat (PEG-400 DMA) je tekući monomer koji povećava fluidnost materijala i sposobnost adaptacije površine na dentinu i caklini (54). Alkalno staklo, koje čini 24,6% volumena materijala, otpušta kalcijeve, fluoridne i hidroksilne ione ovisno o pH vrijednosti usne šupljine (55).

Zbog toga možemo reći da je CEN remineralizirajući materijal koji u acidogenom okruženju otpušta veću količinu iona nego pri neutralnom pH i na taj način neutralizira kariogene bakterije, sprječava demineralizaciju i omogućuje remineralizaciju tvrdih zubnih tkiva (56). Remineralizacija tvrdih zubnih tkiva koja se odvija zahvaljujući dostupnosti ovih iona zapravo je prirodni mehanizam popravka za ponovno vraćanje minerala u ionskim oblicima u kristalnu rešetku hidroksiapatita (HAP) (57). Odvija se pri neutralnim fiziološkim pH uvjetima pri čemu se mineralni ioni kalcija i fosfata ponovno talože unutar karijesne lezije iz sline i tekućine plaka što rezultira stvaranjem novijih HAP kristala, koji su veći i otporniji na otapanje u kiselini (58,59). Osim remineralizirajućeg djelovanja, prednosti alkasinog materijala su malo polimerizacijsko skupljanje i sila skupljanja (60).

Naime, CEN je samostvrdnjavajući materijal koji se nanosi u jednom sloju (bulk) ali ima i mogućnost dodatne polimerizacije plavim svjetlom valne duljine 400–500 nm. Svjetlosna



polimerizacija omogućuje kraće radno vrijeme, koje inače bez polimerizacije, iznosi 4 minute (61). Njegovo punilo smanjuje stres nakupljanja, a nisko volumetrijsko skupljanje omogućuje povoljan sastav monomera materijala i omjer organskog i anorganskog. Uz sva tri alkalna materijala, ovisno o dizajnu kaviteta, postoji mogućnost korištenja adheziva. U slučaju neretentivnog dizajna kaviteta, primjena adheziva je obavezna (62).

### **1.1.5. Stakleno-ionomerni cementi**

GIC su dentalni materijali koji su na tržištu predstavljani 1972. godine (63). Njihovom nastanku prethodila je težnja za materijalom koji je biokompatibilan, ima sposobnost očuvanja i zaštite pulpe i nisku toksičnost. Stakleno-ionomerni cementi su dvokomponentni sustavi koji se sastoje od praha (čestice kalcijsko-aluminijskog fluorosilikatnog stakla) i tekućine (35 – 65% otopina kopolimera poliakrilne kiseline i vode) te se kemijski vežu za caklinu i dentin (12,64). Tekućina i prah GIC-a dostupni su u kapsuliranom obliku ili se mogu ručno miješati. Kapsulirani GIC ima prednost zbog manje mogućnosti pogriješke koja se može dogoditi prilikom ručnog miješanja, a olakšava i unošenje materijala u kavitet pomoću kanila koje se nalaze na vrhu kapsule, što omogućuje precizno unošenje materijala (65). Acidobazna reakcija koja se događa pri stvrdnjavanju GIC-a započinje odmah nakon miješanja praška i tekućine, a stvrdnjavanje se odvija u tri faze koje se međusobno preklapaju (66).

Klinička primjena je široka ali najčešće se koriste za cementiranje fiksnih protetskih radova, ortodontskih bravica, kao materijal za nadogradnju, za restauraciju karijesnih i nekarijesnih lezija, kao sredstvo za pečaćenje te u atraumatskom restaurativnom postupku (ART) (67). Različiti oblici fluoridnih iona dodavani su u prah GIC-a kako bi se razmotrila njihova remineralizirajuća i antibakterijska svojstva (68). Zaključeno je da su u potpuno stvrdnutom cementu, prisutni u nevezanom obliku te da se difuzijom oslobađaju u slinu (69). Antikariogeno djelovanje fluorida u GIC-u može se objasniti različitim mehanizmima: smanjenjem demineralizacije, povećanjem remineralizacije, jačanjem otpornosti cakline na napad kiseline pretvorbom demineraliziranog hidroksiapatita u fluorapatit, te inhibicijom enolaze, čime se prekida mikrobna replikacija i metabolizam (70). Održavanje kontinuiranog otpuštanja fluorida iz restauracije u rubnim pukotinama (između restauracije i zuba) pomaže u sprečavanju sekundarnih karijesa (71). Sva navedena svojstva GIC-a čine ga materijalom izbora za restauracije kod pacijenata s visokim rizikom za nastanak karijesa (64).

### 1.1.6. Sastav i svojstva stakleno-ionomernih cementata

GIC se intenzivno koriste u dentalnoj medicini kao materijali za cementiranje, materijali za ispune i pečatiranje (64). Može ih se primjenjivati i u drugim medicinskim poljima pa su tako zbog biokompatibilnosti i sposobnosti izravnog vezivanja na kost korišteni i u raznim segmentima ortopedske kirurgije i kraniofacijalne rekonstrukcije (72). Imaju svojstvenu sposobnost prijanjanja na caklinu i dentin uz minimalnu preparaciju, bez upotrebe vezivnog sredstva (73). Također, koeficijent toplinske ekspanzije GIC-a blizak je strukturi tvrdog zubnog tkiva. Simulacija dentina osim u pogledu koeficijenta termičke ekspanzije kod stakleno-ionomernih cementata odvija se i na razini modula elastičnosti, otpornosti i toplinske provodljivosti (74).

Ove karakteristike čine GIC izvrsnom zamjenom za dentin pa ga se još naziva i "umjetni" dentin (75). Konvencionalni GIC stvrdnjavaju kiselo-baznom reakcijom između poliakrilne kiseline i aluminosilikatnog stakla. Povećanjem molekulske mase poliakrilne kiseline poboljšavaju se mehanička svojstva, ali smanjuje mogućnost obrade (76). Također, korištenjem staklenih čestica dobivenih postupkom taljenja na visokim temperaturama i brzom hlađenju postiže se veća čvrstoća, te se skraćuje vremenski period za postavu i obradu u odnosu na cemente koji sadrže staklene čestice dobivene postupkom sol-gel (77). Bolja mehanička svojstva postižu se dodavanjem hidrofilnih monomera i polimera poput hidroksietil-metakrilata (HEMA) u poliakrilnu kiselinu. Neki se svjetlosno polimeriziraju zahvaljujući dodatku fotoinicijatora i obično je u tom slučaju potreban dodatni korak za vezivanje dentina i cakline (78). GIC sadrže fluoridne ione. Fluoridi smanjuju temperaturu topljenja stakla, smanjuju indeks loma stakla, što posljedično dovodi do boljih optičkih svojstava ali i neizostavne antibakterijske uloge. Tijekom postavljanja GIC-a u cementnoj matrici stvara se važan rezervoar fluorida i mogućnost dugoročnog otpuštanja iona (79,80). Međutim, niska čvrstoća, niska otpornost na abraziju i inferiorna estetika umanjuju njegovu upotrebu u različitim kliničkim situacijama (74,81). Korištenjem nanotehnologije, napravljene su modifikacije za poboljšanje mehaničkih svojstava GIC-a. Zamjena 10% ili 20% čestica mikrogranuliranog stakla s istim postotkom nanogranuliranog stakla ima značajan utjecaj na fizikalna i mehanička svojstva stakleno-ionomernih cementata (82).

Kako staklene nanočestice pokazuju veću reaktivnost, vrijeme stvrdnjavanja cementa postaje kraće a tlačna čvrstoća i Youngov model elastičnosti se povećavaju.

Ako staklene nanočestice sadrže fluorid, vrijeme stvrdnjavanja, tlačna čvrstoća i Youngov modul još više se povećavaju, ali se oslobađanje fluorida smanjuje (83).

Za razliku od kompozitnih materijala koji sadrže citotoksične zaostatne monomere, GIC su u potpunosti biokompatibilni s tvrdim zubnim tkivima (84). Budući da imaju niz pozitivnih svojstava, kao što su dobra adhezija i otpuštanje fluorida, uz pretpostavku da će se daljnjim razvojem tehnologije i nanotehnologije smanjiti negativne karakteristike, smatra se da postoji veliki potencijal za napredak u njihovoj široj kliničkoj primjeni.

### **1.1.7. Podjela stakleno-ionomernih cemenata**

Nekoliko je načina podjele stakleno-ionomernih cemenata. To su: tradicionalna podjela, podjela prema načinu primjene i podjela prema sastavu (85).

Tradicionalna podjela GIC svrstava u tri kategorije: za cementiranje, za ispune i za podloge.

Prema načinu primjene dijele se na:

- Tip I - cementi koji se stvrdnjavaju kemijski i koriste se za cementiranje protetskih nadomjestaka
- Tip II – restaurativni cementi za izradu ispuna
- Tip III – kavitetni radiokontrastni premazi koji služe za dentin ispod kompozitnih ispuna
- Tip IV - rabe se za pečačenje fisura i jamica
- Tip V – cementi koji se koriste za cementiranje ortodontskih aparata
- Tip VI – cementi za izradu bataljka i nadomjestaka
- Tip VII – svjetlosno polimerizirajući GIC koji otpuštaju fluoridne ione
- Tip VIII – staklo-ionomerni cementi za ART
- Tip IX – GIC za pedijatrijsku i gerijatrijsku populaciju

Po sastavu GIC se dijele na tri generacije:

- Prva generacija

Ova vrsta GIC-a razvijena je jer je silikatni cement koji se do tada koristio nije imao dobra svojstva za kliničku primjenu. Kako bi se poboljšala svojstva cementa, omjer aluminija prema siliciju povećan je.

Prvi je razvijen stakleno-ionomerni materijal poznat kao ASPA I (aluminosilikatna poliakrilna kiselina) (86). On se sporo vezivao, bio je izuzetno osjetljiv na vlagu i imao lošu estetiku što je rezultiralo ograničenom upotrebom. ASPA I preimenovan je u ASPA II kada se u sastav dodala vinska kiselina koja je omogućila široku kliničku primjenu.

- Druga generacija

U drugoj generaciji cemenata, poliakrilna kiselina dodana je u prah, a stvrdnjavanje se postizalo miješanjem praha s vodom ili otopinom tartarične kiseline.

Ova vrsta GIC-a poznatija je i kao cement koji se stvrdnjava uz vodu. Glavne prednosti sustava druge generacije su produljena trajnost, smanjena početna viskoznost i poboljšana čvrstoća.

- Ojačani GIC

Konvencionalni stakleno-ionomerni cementi prikladni su za restauraciju područja niskog opterećenja kao što su kaviteti razreda III i V te za brtvljenje brazda i fisura. Međutim, u situacijama visokog opterećenja poput kaviteta klase II nisu indicirani zbog njihove niske vlačne čvrstoće. Kako bi se poboljšala mogućnost kliničke primjene, učinjene su brojne modifikacije GIC-a sljedećim metodama (81):

1. GIC s disperznom fazom: korištenje disperzne faze ojačavajućih kristala poput aluminijevog oksida, titanovog oksida i cirkonijevog oksida poboljšalo je čvrstoću (87).
2. Stakla ojačana vlaknima: dodavanje aluminijevih vlakana, staklenih vlakana, silikatnih vlakana i ugljikovih vlakana u prah staklenog-ionomera povećalo je savojnu čvrstoću (12,88).
3. Stakleno-ionomerni cement ojačan metalom: mješavina praha amalgama i GIC-a, koja je poboljšala mehanička svojstva i proširila njegovu upotrebu u kavitetima klase I molara (89).
4. Cermet GIC: proizvode se sinteriranjem metalnog i staklenog praha, što pomaže u postizanju snažnije veze metala sa staklom. Otpornost na trošenje cermet cementa veća je od GIC-a s dodatkom legure srebra. Tlačna čvrstoća i otpornost na lom su poboljšani, ali ne značajno. Stoga je njihova uporaba ograničena u područjima s velikim opterećenjem (90).
5. Visoko viskozni konvencionalni GIC: ovaj materijal ima kliničku primjenu kod ART-a. Visoko viskozni GIC jednostavno se može umetnuti u kavitet, poput amalgama (91).
6. Smolom modificirani GIC: cement modificiran smolom razvijen je dodavanjem smola (bis GMA i UDMA) i fotoinicijatora konvencionalnom GIC-u (92). Otpornost na trošenje, savijanje i vlačna čvrstoća smolom modificiranog cementa superiornije su u odnosu na konvencionalni GIC, dok je tlačna čvrstoća manja (67,93). Estetika i prilagodba boje zuba hibridnog ionomera je bolja od konvencionalnog GIC-a.

7. Cement modificiran aminokiselinama: zamjena kopolimera nezasićenih karboksilnih skupina kopolimerima akrilne kiseline poput N-metakriloi-glutaminske kiseline poboljšala je otpornost GIC-a (94,95). Ova kombinacija objedinjuje neka svojstva kompozitnih smola i GIC-a.

Mehanička svojstva kao što su otpornost na trošenje i čvrstoća su superiornija u odnosu na konvencionalne GIC, ali su inferiorna u odnosu na kompozitne smole.

## **1.2. Površinska svojstva restaurativnih materijala**

Kako bismo neki materijal mogli koristiti u svakodnevnoj kliničkoj praksi, on mora imati zadovoljavajuća i odgovarajuća svojstva (96). Svojstva i postojanost materijala posljedica su kemijskog sastava i strukture koji su promjenjivi u složenim uvjetima usne šupljine (97). Dentalni materijali izloženi su različitim utjecajima kao što su promjene u temperaturi, kiselosti, vlažnosti, tlaku i brojne druge (97). Naime, cilj je da svi materijali budu što trajniji, a njihova svojstva postojana u takvoj okolini. U ovisnosti o vanjskoj temperaturi i otvaranju usne šupljine, zabilježene su varijacije temperature u usnoj šupljini između 32°C do 37°C, a unošenjem hrane i napitaka, temperaturni rasponi se mogu mijenjati od 0°C do 70°C (98). U usnoj šupljini pH sline varira od 4 do 8,5. Modifikacije su moguće unosom kiselih napitaka, hrane ili lijekova pa su tako zabilježene vrijednosti pH sline u rasponu od 2 do 11 (99). Sve spomenute, te druge okolnosti i uvjeti u oralnoj sredini, mogu utjecati na mehanička, fizikalna i kemijska svojstva i trajnost materijala.

Nasuprot navedenome, biokemijska svojstva materijala mogu negativno djelovati na svoje okruženje, odnosno na sluznicu usne šupljine i mijenjati njenu sredinu, te na taj način, naškoditi lokalno i sustavno. U površinska svojstva dentalnih materijala između ostalih ubrajaju se i tvrdoća, hrapavost i promjena boje.

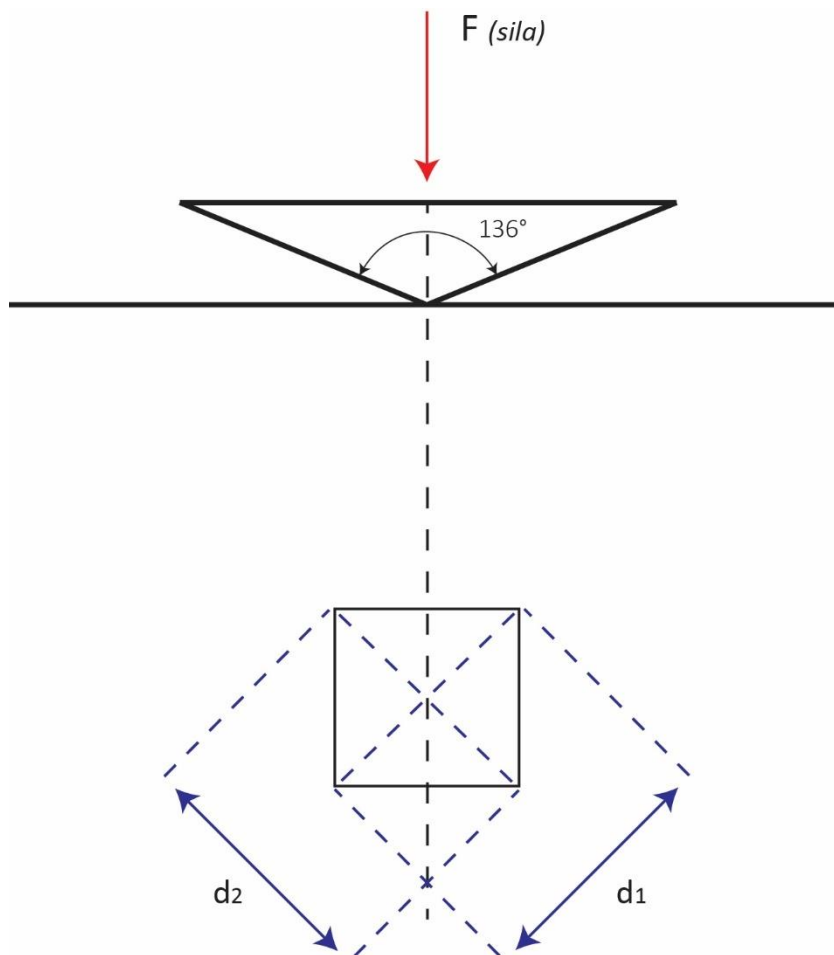
### **1.2.1. Mikrotvrdoća**

Tvrdoća je, prema općoj definiciji, otpornost materijala prema prodiranju drugog tvrdog tijela. To je svojstvo jedno od najvažnijih u procjeni vrijednosti dentalnih materijala (100). Metode ispitivanja tvrdoće su različite, a najčešće su prema Vickersu, Knoppu, Brinellu, Shoreu i Rockwellu (100). Ispitivanje se provodi uz pomoć utiskivača različitih oblika, koji se pomiču okomito na površinu materijala pod određenim opterećenjem (101).

Udubljenje obično ima definirano vrijeme zadržavanja. U tradicionalnom mehaničkom ispitivanju, veličina ili dubina udubljenja mjeri se kako bi se odredila tvrdoća (102). Ispitivanje tvrdoće dijeli se na dvije kategorije: makrotvrdoću i mikrotvrdoću (MH).

Makrotvrdoća obuhvaća ispitivanje primijenjenim opterećenjem preko 1 kg ili oko 10 Newtona (N), a ispitivanje MH, s primijenjenim opterećenjima ispod 200 g (103) obično se koristi za male i tanke uzorke, kao što su uzorci dentalnih restaurativnih materijala. Kako bih rezultati ispitivanja MH bili precizni i ponovljivi, treba uzeti u obzir čimbenike veličine uzorka, pripreme i okoline. Uzorci se moraju nalaziti u predviđenom stalku za prihvaćanje uzorka i biti okomiti na vrh utiskivača (104). Izuzetno hrapava površina može smanjiti točnost podataka pa je preporuka ispolirati uzorke prije početka mjerenja. Važno je da se uređaj za ispitivanje MH izolira od vibracija. Metoda mjerenja tvrdoće prema Vickersu jedna je od najkorištenijih u dentalnoj medicini zbog mogućnosti mjerenja tvrdoće svih materijala (105). Naime, kod Vickersove metode oblik utiskivača je dijamantna piramida s kutem između stranica od  $136^\circ$  (Slika 1.). Upravo dijamant, omogućuje mjerenje tvrdoće čak i najtvrdih materijala (106).

Uporaba određene sile ovisi o debljini uzorka. Moguće je mjeriti i vrlo tanke uzorke primjenom male sile. Sila utiskivanja obično se održava 10 sekundi. Nakon što je utiskivanje završeno, rezultirajuće udubljenje se optički analizira mjernim mikroskopom kako bi se izmjerile duljine dijagonala za određivanje veličina otiska.



**Slika 1.** Vickersova metoda, penetrator i otisak

### 1.2.2. Parametar površinske hrapavosti

Opće je prihvaćeno da je dentalni plak glavni uzrok nastanka karijesa (107). Plak bolje prijanja i lakše se nakuplja na hrapavim i grubim površinama. Sve površine u prirodi su manje ili više hrapave. Hrapavost podrazumijeva sve neravnine na površini koje su svojstvene postupku obrade, ali koje ne uključuju valovitost, odstupanje od oblika ili pogreške površine (108).

Zbog toga se tekstura površine različitih materijala proučava unazad nekoliko desetljeća kako bi se poboljšala njihova svojstva (109). Brojna znanstvena istraživanja koristila su različite mjerne tehnike za proučavanje hrapavosti, što samo po sebi govori o važnosti ovog područja (110). Instrumenti za mjerenje površinske hrapavosti dijele se na optičke i neoptičke (110).

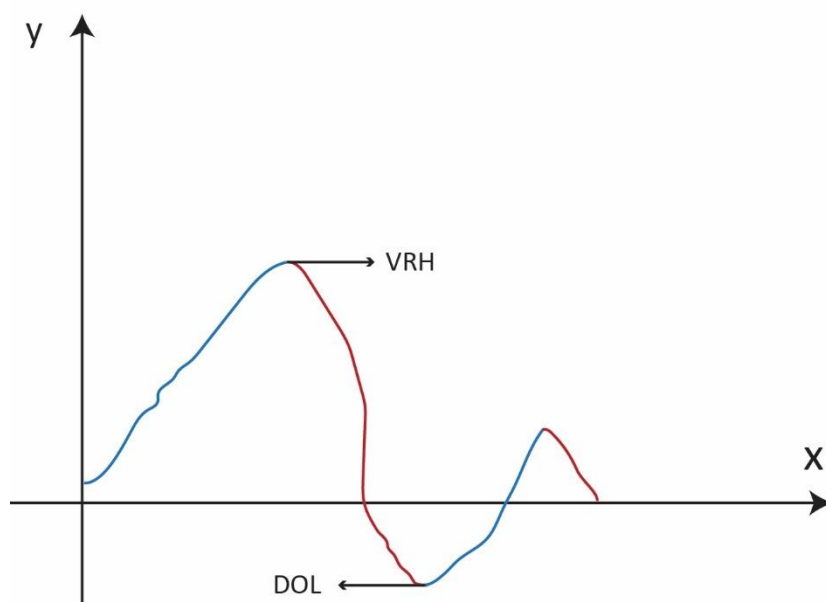
Najčešća metoda za mjerenje hrapavosti tehničkih površina danas je dodir elektroničkomehaničkim uređajem s ticalom, dok se za preciznija mjerenja koriste laserski profilometri (110). U ovom istraživanju, korišten je prijenosni laserski profilometar, kojim su se kako se ističe u literaturi, postigli relevantni rezultati (111,112).

Parametri hrapavosti su sistematizirani prema normi ISO 4287:1997 i označeni sljedećim simbolima:

- amplitudni parametri:  $R_m$ ,  $R_p$ ,  $R_z$ ,  $R_y$  ( $R_{max}$ ),  $R_a$ ,  $R_g$
- parametri nagiba i razmaka:  $R_{da}$ ,  $R_{\Delta q}$ ,  $R_{da}$ ,  $R_{\Delta a}$ ,  $S_m$ ,  $S_{\lambda q}$ ,  $\lambda_a$ ,  $L_0$ ,  $l_r$ ,  $D$ ,  $\Delta i$
- parametri krivulje omjera nosivosti:  $R_k$ ,  $S_k$ ,  $\Delta q_{nt}$ ,  $t_p$ .

Parametar „ $R_a$ ” je najčešće primjenjivani parametar procjene hrapavosti i on predstavlja srednju vrijednosti odstupanja od aritmetičke udaljenosti profila (Slika 2.). Definira se na duljini uzorkovanja, a ne daje podatke o prostornoj učestalosti nepravilnosti ili obliku profila.

Kao posljedica  $R_a$  stvarni dodir dviju površina razlikuje se od prividnog. Tako se razlikuju dva osnovna slučaja površina u dodiru: površinski i koncentrirani (113).

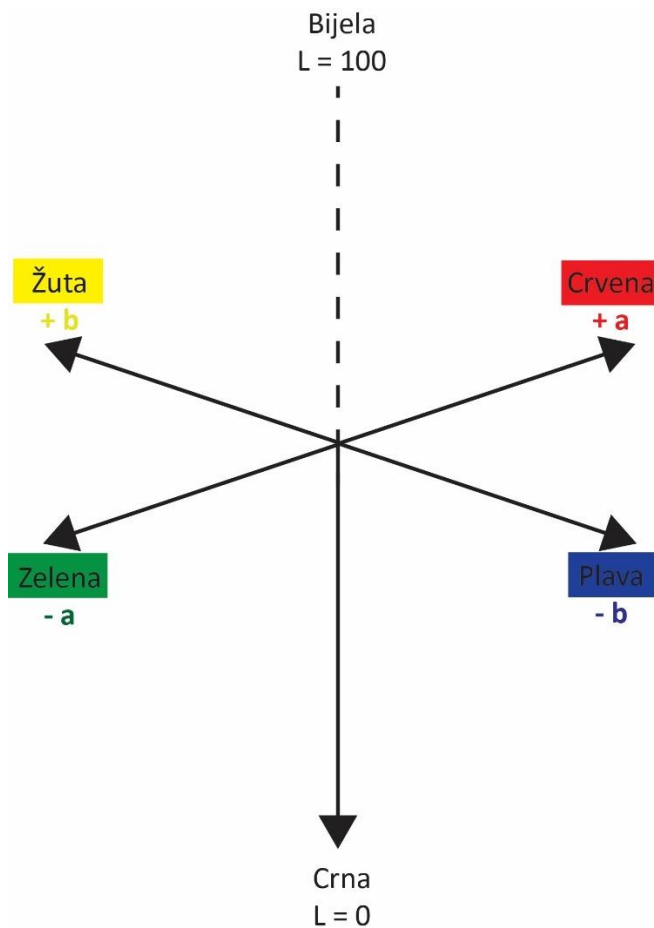


**Slika 2.** Karakteristike hrapavosti površine (2D profil površine)



### 1.2.3. Promjena boje

Boja je fizikalni fenomen koji se povezuje s elektromagnetskim zračenjem određenog raspona valnih duljina vidljivih ljudskom oku (114). Definicija Commission Internationale de l'Eclairage (C.I.E.) opisuje boju kao karakteristiku vizualne percepcije koja se može objasniti svojstvima svjetline, čistoće i nijanse boje (115). Boja je jedan od najvažnijih atributa estetskih restauracija. Matrica, sastav punila, sadržaj punila, dodaci pigmenta, inicijatori i brojne druge sastavnice utječu na boju estetskih materijala (116). Interakcije svake od ovih komponenti mogu imati ulogu u stabilnosti boje materijala (117). Promjena boje restaurativnih materijala pripisuje se strukturnim promjenama u materijalu zbog starenja, promjenama u površinskoj morfologiji ili nekom vanjskom čimbeniku poput prehrane ili oralne higijene (118). Zbog svih navedenih razloga, može se zaključiti da je etiologija diskoloracija dentalnih restaurativnih materijala višestruka (119). Dva su sustava koja opisuju boju, Munsellov i CIELab prostor boja (120). CIELab sustav koji opisuje boju kvantitativno. Riječ je o trodimenzionalnom sustavu, koji je razvila već spomenuta C.I.E., a u proučavanju svojstva boje uzima u obzir izvor svjetla i promatrača (115). Boja je ovim sustavom definirana uz pomoć triju dimenzija, tj. koordinata  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ , čija se ukupna razlika označava kao  $\Delta E$  (Slika 3.). Koordinata  $L^*$  ima maksimum vrijednosti 100, koja predstavlja bijelu boju. Koordinate  $a^*$  i  $b^*$  nemaju određene najviše ili najniže vrijednosti, nego ih se označava kao pozitivne ili negativne. Ako je koordinata  $a^*$  pozitivna daje crvenu, a negativna zelenu boju. Pozitivna vrijednost koordinate  $b^*$  označava žutu, a negativna predstavlja plavu boju (115). Promjena boje  $\Delta E$  može se računati na dva načina, uz standardnu formulu CIELab sustava i noviju verziju CIEDE2000. Naime, postoje dva glavna praga za procjenu razlike u boji: prag zamjetljivosti i prag prihvatljivosti (115). Ovi pragovi služe kao alat za kontrolu kvalitete pri odabiru boje dentalnih materijale, interpretaciju vizualnih nalaza u kliničkoj dentalnoj medicini, znanstvenih istraživanja i naknadno standardizaciji. Vizualni pragovi uvelike nadopunjuju tradicionalne, već spomenute deskriptivne i kvantitativne sustave u istraživanju boja (121). Upravo se zbog složenosti istraživanja boje i vjerodostojnosti objavljenih rezultata  $\Delta E$  u obzir uzimaju obje metode izračuna i kvantitativna CIELab analiza i novija CIEDE2000 analiza (122).



**Slika 3.** Shematski prikaz CIELab prostora boja

### 1.3. Utjecaj prehrane na oralno zdravlje

Oralno zdravlje često se u prošlosti promatralo kao izolirani pojam u odnosu na ostatak tijela i općeg zdravlja (123). Međutim, suvremena dentalna medicina sve više naglašava važnost prevencije bolesti i međuodnosa između zdravlja zubi i oralnih tkiva te općeg zdravstvenog stanja (124). Dobro je poznato da je zdrava prehrana neophodna za razvoj i održavanje zdravlja zubi, ali je jednako tako i zdravlje tvrdih zubnih tkiva važno za usitnjavanje hrane i njenu pripremu za probavu u nižim djelovima probavnog trakta (125).

Utjecaj prehrane na oralno zdravlje promatra se na razini triju skupina oralnih tkiva s različitom strukturom, morfologijom, metabolizmom i odgovorom na patološka zbivanja: tvrdih zubnih tkiva (dentalno zdravlje), potpornih struktura zuba (parodontno zdravlje) i oralne sluznice (s reperkusijama na zdravlje sluznice) (126).

Kada se promatra odnos nutrijenata i oralnog zdravlja, kod tvrdih zubnih tkiva nekoliko činjenica treba uzeti u obzir. Budući da caklina djeluje poput membrane, ona postaje izložena dinamičnoj razmjeni iona i organskih molekula s okolinom u usnoj šupljini. Na taj način prate se promjene na boji cakline uzrokovane starenjem i pojavama kao što su demineralizacija, remineralizacija, diskoloracija i inkorporacija fluorida (127). Promjene poput demineralizacije uključuju oslobađanje kalcija, hidroksilnih i fosfatnih iona iz tvrdog tkiva koja se kod erozivnih oštećenja nalazi iznad, a kod karijesa ispod razine cakline. Poznata je činjenica da je karijes bolest ovisna o bakterijskom plaku koja je karakterizirana periodičnom demineralizacijom cakline, dentina i cementa (128). Oralni mikroorganizmi, u zubnom plaku na površinama zuba, hidroliziraju škrob i metaboliziraju dostupne šećere kako bi formirali slabe kiseline koje sporo i periodično demineraliziraju tvrdo tkivo (129). Šećeri i drugi ugljikohidrati iz hrane sami po sebi nemaju direktan negativan utjecaj na tvrda zubna tkiva ali ih bakterije koriste kao supstrat ukoliko su lako dostupne (130). Osim "neizravnih nuspojava" kao što su bakterijski metabolizirani šećeri i aminokiseline, postoje i "izravne nuspojave" hranjivih tvari koje se ostvaruju njihovim ionskim sadržajem, erozivnim potencijalom drugim i fizikalnim svojstvima (131).

Lokalni utjecaj prehrane na tvrda zubna tkiva više je štetan nego stabilizirajući. Naime, usna šupljina predstavljaju "ulazna vrata" za hranu i napitke, redovito prihvaćajući vrlo hladne, vruće ili vrlo tvrde komponente koji su uzrok velikih kemijskih promjena i mehaničkih sila (131).

Kod održanog integriteta oralne sluznice i tvrdih zubnih tkiva možemo zaključiti da je utjecaj prehrane na oralno zdravlje rezultat kontinuirane interakcije zaštitnih i destruktivnih utjecaja. Teško je jasno razlučiti koji utjecaj prevladava jer i nutritivni, zaštitni, ali i destruktivni čimbenici djeluju na ista tkiva, a njihovi se učinci ne mogu lako razlikovati i procijeniti odvojeno (126).

### **1.3.1. Utjecaj kiselih napitaka na restaurativne materijale**

Tvrda zubna tkiva mogu zahtijevati restauraciju ili nadoknadu zbog različitih uzroka kao što su karijes, erozije, traume, abrazije, kongenitalne anomalije i estetski nedostaci zubi (132–134). Među njima, erozija se čini kao jedan od najrasprostranjenijih razloga kod kojeg je kemijski gubitak ili oštećenje cakline i dentina uzrokovano direktnim djelovanjem kiselina, a ne bakterijama (135).

Erozija može biti i znak nekog medicinskog stanja kod pacijenata s psihosocijalnim patološkim poremećajima, kao što su anoreksija i bulimija, ili autoimunim bolestima (136,137).

S druge strane, prehrana predstavlja ključni etiološki faktor u degradaciji tvrdih zubnih tkiva i restauracija, a posebna pažnja usmjerena je na kisele napitke (134,138–141). Brojna dosadašnja istraživanja pokazala su da konzumacija bezalkoholnih pića poput gaziranih sokova predstavlja glavni uzrok erozije zuba kod mladih pacijenata (142–144). Nekoliko studija opisalo je značajan gubitak tvrdoće cakline nakon uranjanja u različite gazirane napitke poput narančinog soka, voćnih sokova ili Coca-Cole (145,146).

Istraživanja su također pokazala da kiseli napitci utječu na mikrotvrdoću, trošenje i promjenu boje restaurativnih materijala (147,148).

Poznato je da se načini i trendovi u prehrani s vremenom mijenjaju i svjedoci smo sve veće popularizacije zdrave prehrane koja ima različite pravce. S povećanom potrošnjom zdravih prirodnih sokova, njihova sposobnost oštećenja zubnih tvrdih tkiva i restauracija postaje važan čimbenik koji utječe na životni vijek suvremenih dentalnih materijala (149). Među različitim vrstama voćnih i povrtnih pića, kiseli biljni napitci (eng. *smoothie*) postaju sve popularniji, što se očituje u činjenici da je potrošnja komercijalno dostupnih *smoothie* napitaka u Ujedinjenom Kraljevstvu porasla sa 6 milijuna litara u 2001. godini na 51 milijun litara u 2010. godini (150). Ova pića obično se sastoje od usitnjenog lisnatog povrća, voća, orašastih plodova i sjemenki, u raznim domaćim ili komercijalno dostupnim receptima (151). Potrošnja kiselih biljnih napitaka ne može se točno kvantificirati, jer prijavljene brojke ne uključuju potrošnju napravljenih napitaka u kućnoj radinosti, kao ni onih kupljenih u kafićima. Zeleni kiseli napitci, tj. sokovi od svježeg voća i povrća su naročito popularni kod osoba koje konzumiraju sirovu hranu(152).

Doktori dentalne medicine zbog svega navedenog trebaju poznavati i predvidjeti ponašanje materijala kojima se nadoknađuju tvrda zubna tkiva u različitim uvjetima prehrane. To treba biti osnova za odabir materijala u određenim kliničkim uvjetima, a potom za savjetovanje pacijenata o prehranbenim navikama i provođenju oralne higijene kako bi se smanjio negativni učinak na strukturu dentalnih restauracija. Temeljem tih znanja pacijenta se može obavijestiti o predviđanju trajanja ispuna, a provođenjem preventivnih i minimalno invazivnih tretmana može se produžiti vijek dentalnim restaurativnim materijalima

## **2. CILJ RADA I HIPOTEZE**

## 2.1. Ciljevi istraživanja

Primarni cilj istraživanja bio je ispitati utjecaj kiselog biljnog napitka na površinska svojstva restaurativnih dentalnih materijala.

Sekundarni ciljevi istraživanja su:

1. Ispitati promjene površinske MH nastale uslijed izlaganja materijala komercijalno dostupnom kiselom biljnom napitku, za predstavnike sljedećih glavnih skupina suvremenih restaurativnih materijala: konvencionalni smolasti kompoziti, debeloslojni („*bulk-fill*“) smolasti kompoziti, stakleno-ionomerni hibridni materijali i tzv. alkasitni materijal;
2. Ispitati promjene površinske hrapavosti nastale uslijed izlaganja materijala komercijalno dostupnom kiselom biljnom napitku;
3. Ispitati promjenu boje nastale uslijed izlaganja materijala komercijalno dostupnom kiselom napitku;
4. Ispitivanje promjena boje prema pojedinim osima ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ );
5. Analizirati doprinose promjene boje prema individualnim osima u ukupnoj promjeni boje;
6. Analizirati korelacije promjena glavnih varijabli (MH, hrapavost, promjena boje) prilikom izlaganja restaurativnih materijala kiselom biljnom napitku.

## 2.2. Nulte hipoteze

U skladu s navedenim ciljevima, postavljene su sljedeće nulte hipoteze:

1. Nema statistički značajne razlike u promjeni površinske MH kod materijala izloženih komercijalno dostupnom kiselom biljnom napitku u usporedbi s kontrolnom skupinom;
2. Nema statistički značajne razlike u promjeni površinske hrapavosti kod materijala izloženih komercijalnom dostupnom zelenom kiselom biljnom napitku u usporedbi s kontrolnom skupinom;
3. Nema statistički značajne razlike u promjeni boje uslijed izlaganja materijala komercijalno dostupnom zelenom kiselom biljnom napitku u usporedbi s kontrolnom skupinom;
4. Nema statistički značajne razlike između materijala s obzirom na MH, površinsku hrapavost i promjenu boje;

5. Nema statistički značajne razlike između doprinosa promjene boje prema pojedinim osima ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) u ukupnoj promjeni boje;
6. Ne postoje linearne korelacije između MH, površinske hrapavosti i promjene boje te promjena navedenih varijabli tijekom vremena.

### **3. MATERIJALI I POSTUPCI**



### 3.1. Priprema uzoraka

U istraživanju su ispitana površinska svojstva sljedećih restaurativnih dentalnih materijala (Slike 4. i 5.):

1. Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn)
2. Cention N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn)
3. Charisma Classic (Kulzer, Hanau, Njemačka)
4. Equia Forte HT Fil (GC, Tokyo, Japan)
5. Filtek One Bulk Fill Restorative (3M, St. Paul, MN, SAD)



**Slika 4.** Kompozitni materijali korišteni u ispitivanju



**Slika 5.** Stakleni hibrid i alkasit

Dodatno se ispitaio učinak smolastog premaza Equia Coat (GC, Tokyo, Japan) na promjene površinskih svojstava stakleno-ionomernog hibridnog materijala, prikazan na Slici 6.



**Slika 6.** Smolasti premaz Equia Coat (GC, Tokio, Japan)

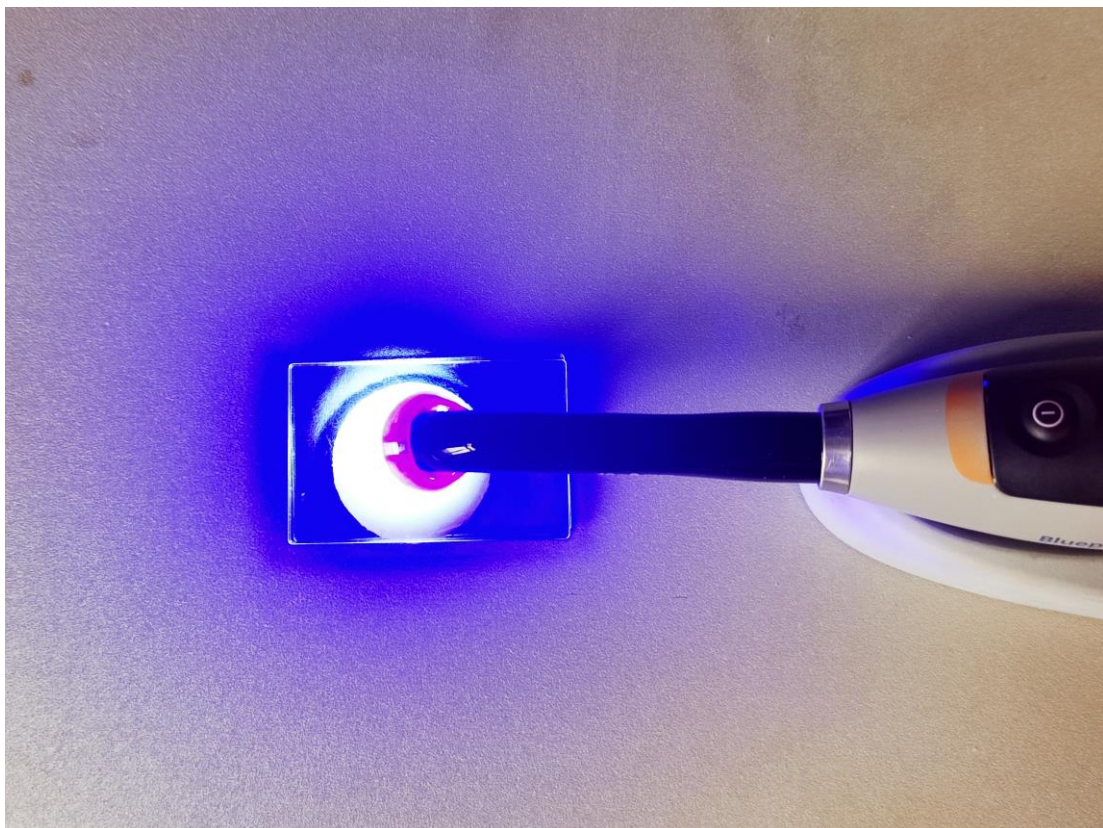
Sastav pet suvremenih dentalnih restaurativnih materijala i smolastog premaza korištenih u istraživanju naveden je u Tablici 1.

**Tablica 1.** Materijali upotrijebljeni u istraživanju, njihov sastav i proizvođači

<b>Materijal (Skracénica)</b>	<b>Proizvođač</b>	<b>Vrsta materijala</b>	<b>Sastav materijala</b>
<b>Tetric EvoCeram (TEC)</b>	Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn	Konvencionalni smolasti kompozit	Uretandimetakrilat, Bis-GMA, iterbijev trifluorid, etoksilirani bisfenol A dimetakrilat, punilo od barijevog stakla, iterbijev trifluorid, miješani oksid
<b>Cention N (CEN)</b>	Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn	Alkasiitni materijal (Smolasti kompozit s česticama reaktivnog stakla)	Prah: barij aluminij silikatno staklo, iterbij trifluorid, izopunilo, kalcij barij aluminij fluorosilikatno staklo, kalcij fluor silikatno staklo; Tekućina: uretan dimetakrilat, triciklodekandimetanol dimetakrilat, tetrametil-ksililen, diuretan dimetakrilat, polietilen glikol 400, dimetakrilat, ivocerin, hidroksiperoksid
<b>Charisma Classic (CHA)</b>	Kulzer, Hanau, Njemačka	Konvencionalni smolasti kompozit	Bis-GMA, TEGDMA; Opterećenje punila: 61 % po volumenu (60 % anorganskog punila po volumenu i predpolimerizirano punilo), veličina čestica od 0,005- 10 µm, staklo od barij aluminij fluorida.
<b>Equia Forte HT Fil (EQ / EQC)</b>	GC, Tokio, Japan	Stakleno- ionomerni hibridni cement	Prah: fluoroaluminosilikatno staklo, poliakrilna kiselina, željezni oksid Tekućina: višebazna karboksilna kiselina, voda
<b>Filtek One Bulk Fill Restorative (FBF)</b>	3M, St. Paul, MN, SAD	Debeloslojni smolasti kompozit	Neaglomerirano/neagregirano 20 nm punilo od silicijevog dioksida, neaglomerirano/neagregirano 4 do 11 nm cirkonijevo punilo, agregirano cirkonijevo/silicijev dioksidno punilo, punilo od iterbij trifluorida koje se sastoji od aglomerata čestica od 100 nm, ERGP-DMA, diuretan-DMA, 1,12-DMA- dodekan
<b>Equia Coat (EC)</b>	GC, Tokio, Japan	Stakleno- ionomerni premaz	Monomer: 50% metil metakrilata Fotoinicijator: 0,09% kamforkinona

### 3.1.1. Priprema kalupa i izrada uzoraka

Za testiranje površinskih svojstava suvremenih dentalnih materijala izrađeno je 120 teflonskih kalupa pilom „Prvomajska Select -0 – 320” (Zagreb, Hrvatska). Prvi korak je rezanje pločice određene dimenzije ( $d = 15 \text{ mm}$ ,  $h = 1 \text{ mm}$ ) a zatim izrada utora koordinatnom bušilicom. Otvori kalupa prekrili su se folijom od polietilen tereftalata (PET). Svi testirani materijali bili su u nijansi A2. Uzorci kompozitnih materijala (Tetric EvoCeram, Cention N, Charisma Classic, Filtek One Bulk Fill Restorative) osvijetljeni su LED polimerizacijskim uređajem Bluephase G2 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn) tijekom 20 sekundi i intenzitetom od  $1200 \text{ mW/cm}^2$  (Slika 7.). Stakleno-ionomerni hibridni materijal (Equia Forte HT Fil) spontano se stvrdnjavao tijekom 10 min bez osvjjetljavanja. Nakon što su se uzorci stvrdnuli, izbrušeni su brusnim papirom (Standard metallographic grinding paper, Pace Technologies, Tucson, SAD) od grubljega prema finijem, uz vodeno hlađenje. Korištena sila pritiska bila je jednaka ručnoj, a brzina rotacije je bila 300 okretaja u minuti. Dodatno su uzorci ispolirani dijamantnom pastom. Dodatna eksperimentalna skupina stakleno-ionomernog hibridnog materijala uključivala je premazivanje svih površina smolastim premazom Equia Coat i osvjjetljavanje tijekom 20 sekundi sa svih strana.



**Slika 7.** Osvjetljavanje uzorka LED polimerizacijskim uređajem



**Slika 8.** Kalup za testiranje površinskih svojstava

### **3.2. Pohrana uzoraka i imerzija u kiselom biljnom napitku/destiliranoj vodi**

Uzorci su pojedinačno pohranjeni u zatvorenim epruvetama u 5 mL destilirane vode u laboratorijskom inkubatoru na 37 °C tijekom 24 h (Slika 9). Polovica uzoraka iz svake skupine (n=10) namakala se 5 minuta dnevno tijekom 30 dana u 5 ml kiselog biljnog napitka „Green avocado“ (Ortoromi, Borgoricco, Italija) koji je sadržavao 47% soka od jabuke, 25% soka od kruške, 20% avokada, 8% špinata i askorbinsku kiselinu. Nakon imerzije u kiselom biljnom napitku od 5 minuta na 37 °C, uzorci su se prebacili u svježih 5 ml destilirane vode i pohranili u laboratorijskom inkubatoru (37 °C) do sljedećeg dana (Slika 10). Druga polovica uzoraka (n=10) predstavlja negativnu kontrolnu skupinu i namakana je tijekom 30 dana u 5 ml destilirane vode, koja se mijenjala jednom dnevno kako bi se spriječio razvoj bakterija.

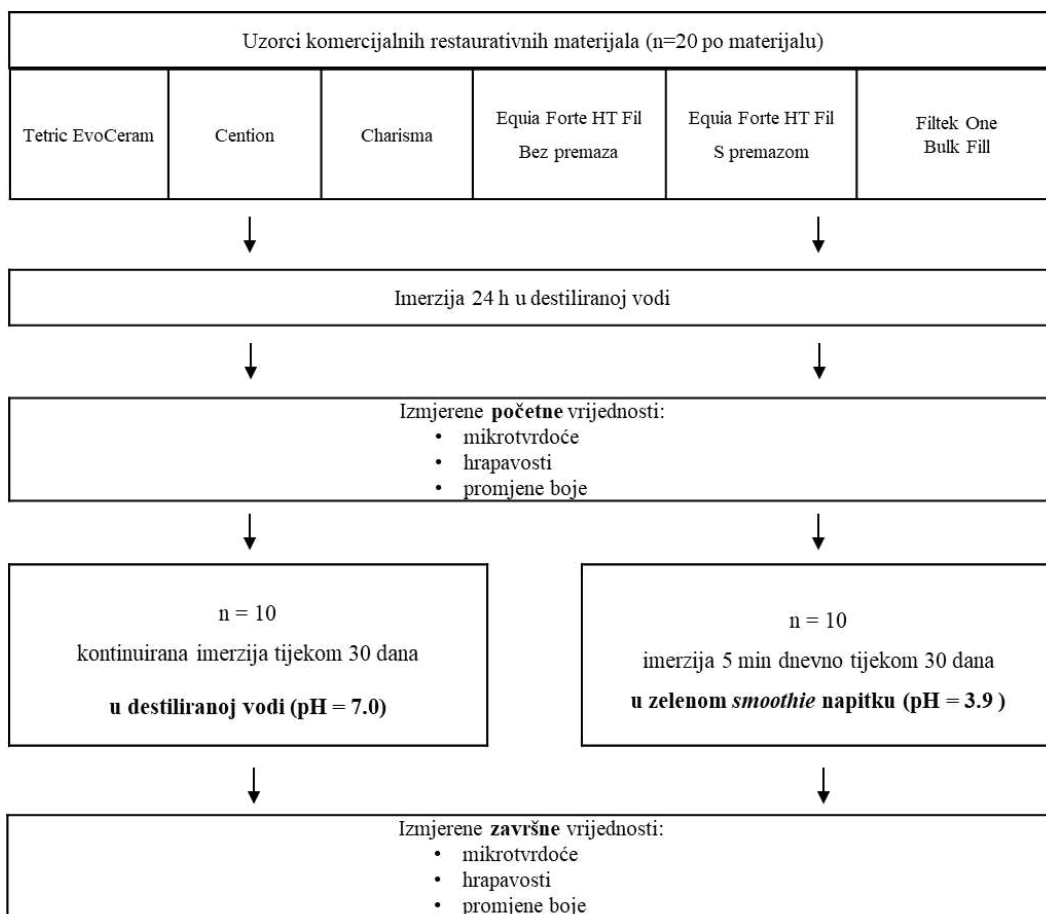
Shematski prikaz dijagrama tjeka studije predstavljen je na Slici 11.



**Slika 9.** Inkubator za pohranu uzoraka



Slika 10. Uzorci pohranjeni u destiliranoj vodi



Slika 11. Dijagram tijeka istraživanja



### 3.3. Mikrotvrdoća po Vickersu

Mikrotvrdoća (MH) po Vickersu izmjerena je pomoću mikrotvrdomjera CSV-10 (ESI Prüftechnik, Wendlingen, Njemačka) (Slika 12.) uz opterećenje dijamantne piramide na površinu uzorka od 100 g, trajanje opterećivanja od 10 sekundi i 5 utisnuća po uzorku. Prije mjerenja s površine pohranjenih uzoraka nježno je uklonjena voda papirnatim ubrusom. MH se izmjerila u dvije vremenske točke: 24 h nakon pripreme uzoraka i nakon 30 dana imerzije. MT se mjerila uz pomoć formule:

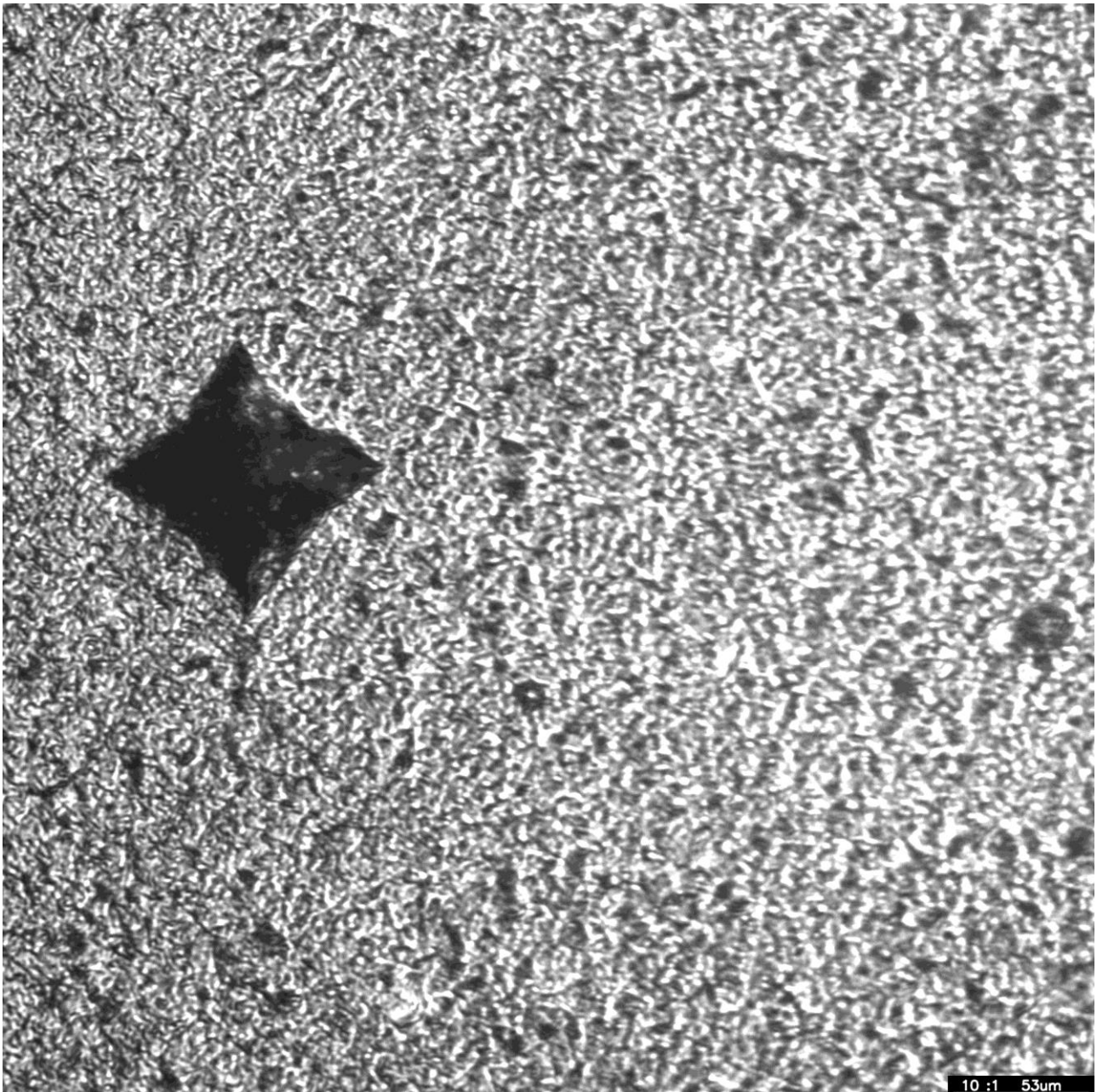
$$MT = 1,8544 \times F/d^2,$$

pri čemu je d dijagonala utisnuća i  $F = m \times g$  ( $g = 9,81 \text{ N/kg}$ ,  $m = \text{teret}$ ). Vrijednost MH-a izražena je u  $\text{kg/mm}^2$ .

Za svaki uzorak provedeno je pet ponovljenih mjerenja s različitih pozicija na uzorku, a srednja vrijednost tih mjerenja smatra se statističkom jedinicom (Slika 13).



Slika 12. Mikrotvrdomjer CSV-10



**Slika 13.** Mjerenje MH po Vickersu, izgled utisnuća na površini uzorka

### **3.4. Površinska hrapavost**

Parametar površinske hrapavosti  $R_a$  izmjeren je pomoću prenosivog profilometra SurfTest SJ-210 (Mitutoyo, Houston, TX, SAD) (Slika 14). Površinska hrapavost izmjerena je u dvije vremenske točke: 24 h nakon pripreme uzorka i nakon 30 dana imerzije.

Mjerenja su se provela uz sljedeće postavke: brzina sonde: 0,1 mm/s, opterećenje sonde: 4 mN, duljina uzorkovanja: 0,8 mm, broj duljina uzorkovanja: 5.

Ra se mjerila uz pomoć formule:

$$Ra = \frac{l}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

pri čemu je Ra (μm) - srednje aritmetičko odstupanje profila, l (μm) - mjerna duljina hrapavosti površine, y(x), yi (μm) - visina profila hrapavosti s obzirom na srednju referentnu crtu, n - broj točaka procjenjivanja visine profila uzduž mjerne duljine.

Na svakom uzorku mjerenja su provedena na tri različita mjesta unutar promjera od 6 mm od središta uzorka. Iz tih triju ponavljanja izračunata je srednja vrijednost koja se smatra statističkom jedinicom.



**Slika 14.** Prenosivi profilometar SurfTest SJ-210

### 3.5. Promjena boje

Promjene boje u prostoru CIE L\*a\*b\* provedene su uz standardiziranu bijelu pozadinu pomoću spektrofotometra Vita Easyshade III (Vita, Bad Säckingen, Njemačka) (Slika 15). Boja se mjerila u dvije vremenske točke: 24 h nakon pripreme uzoraka i nakon 30 dana imerzije.

Na svakom uzorku mjerenje se ponovilo tri puta, a srednje vrijednosti L\*, a\* i b\* zabilježene su kao parametri iz kojih se izračunala opaziva razlika boje  $\Delta E$  između dvije vremenske točke.

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

Parametar  $\Delta E_{2000}^*$  izračunat je pomoću skripte za Matlab (MathWorks, Natick, MA, SAD) kojom su provedeni izračuni prema formulama detaljno opisanim u članku Sharma i sur (153).

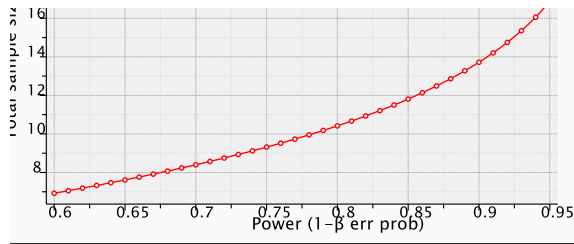


**Slika 15.** Spektrofotometar Vita Easyshade III

### 3.6. Statistička analiza

#### 3.6.1. Izračun veličine uzorka

Izračun veličine uzorka proveden je na temelju preliminarnog istraživanja uz  $n = 5$  za sva ispitivana svojstva. Analiza statističke snage izvedena je zasebno za usporedbe početnih i završnih vrijednosti te za usporedbe između kontrolne i eksperimentalne skupine, za sljedeće varijable: mikrotvrdoća prema Vickersu, parametar hrapavosti površine  $R_a$  i parametar promjene boje  $\Delta E^*$ . Za sve usporedbe, praktično relevantnom se smatrala razlika od 10% u odnosu na početna svojstva, odnosno razlika u eksperimentalnoj skupini od 10% u usporedbi s kontrolnom skupinom. Na taj je način izračunata veličina uzorka potrebna za identifikaciju statistički značajnih razlika od 10% pri razini značajnosti od 0,05. Iznimno od navedenog, za parametar promjene boje  $\Delta E^*$  kao praktično relevantna razlika odabrana je razlika od  $\Delta E^* = 2$  (definirana kao fiziološka granica opazivosti promjene boje) s obzirom da se parametar  $\Delta E^*$  izračunava iz početnih i konačnih vrijednosti promjene pojedinih koordinata u sustavu boja  $L^*a^*b^*$  i stoga za  $\Delta E^*$  nije definirana početna vrijednost koja bi se upotrijebila kao polazna vrijednost za izračun postotka promjene. Analizom snage je ustanovljeno kako je veličina uzorka od  $n = 10$  po skupini (tj. ukupno 20 uzoraka podijeljenih u dvije skupine: eksperimentalnu i kontrolnu) dostatna za ostvarivanje sljedećih vrijednosti statističke snage: preko 95% za mikrotvrdoću prema Vickersu (za sve usporedbe i sve materijale, osim za materijal Equia Forte HT s premazom Equia Coat, za koji je snaga 90%) te preko 95% za parametar hrapavosti  $R_a$  (za sve materijale, osim za materijal Cention N izložen kiselom biljnom napitku, za koji je snaga iznosila 65%). Za usporedbu promjene parametra  $R_a$  između kontrolne i eksperimentalne skupine ustanovljene su nešto niže vrijednosti statističke snage (60% za Cention N i Equia Forte HT s premazom, 70% za Tetric EvoCeram, 88% za Equia Forte HT te preko 95% za materijale Charisma Classic i Filtek One Bulk Fill) koje su smatrane prihvatljivim s obzirom da već i malo povećanje očekivane razlike (s 10% na 12%) povećava statističku snagu za sve navedene materijale na vrijednosti veće od 80%. Za parametar promjene boje  $\Delta E^*$  ustanovljena je statistička snaga od preko 95% za sve materijale. Temeljem navedenih rezultata analize snage (Slika 16), odabrana je veličina uzorka od  $n = 10$  po skupini za sva ispitivanja.



**Slika 16.** Primjer krivulje za procjenu veličine uzorka. Ukupna veličina uzorka u obje skupine (y-os) prikazana je kao funkcija statističke snage (x-os).

### 3.6.2. Testiranje hipoteza, korelacijske analize i analiza glavnih komponenata

Normalnost distribucije podataka u svakoj od eksperimentalnih skupina ispitana je pomoću Shapiro-Wilkovog testa i inspekcije normalnih Q-Q dijagrama. Homogenost varijanci ispitana je Levenovim testom. Ustanovljeno je da distribucije podataka u svakoj od skupina ne odstupaju u značajnijoj mjeri od pretpostavke normalnosti i stoga su primijenjene parametrijske analize. Promjene mikrotvrdoće i parametra Ra između početnih i konačnih vrijednosti uspoređene su pomoću t-testa za ponavljanja mjerenja. T-test za nezavisna opažanja korišten je za usporedbe između kontrolne i eksperimentalne za sljedeće varijable: promjena mikrotvrdoće, promjena parametra Ra te promjene parametara obojenosti  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ . Srednje vrijednosti navedenih promjena međusobno su uspoređene među materijalima pomoću jednosmjerne analiza varijance (ANOVA) s Tukey post-hoc prilagodbom za višestruke usporedbe. Korelacije među varijablama promjena mikrotvrdoće, promjena parametra Ra te promjene parametara obojenosti  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  i  $\Delta E^*$  ispitane su za kombinacije triju parametara (promjena mikrotvrdoće, promjena Ra i  $\Delta E^*$ ) i dvaju protokola namakanja (kontrolna i eksperimentalna skupina) pomoću Pearsonove korelacijske analize i analize glavnih komponenata s varimax rotacijom. Korelacija parametara  $\Delta E^*$  i  $\Delta E_{2000}^*$  ispitana je pomoću Pearsonove korelacijske analize. Statistička analiza provedena je pomoću softverskog paketa SPSS 25 (IBM, Armonk, NY, SAD) uz razinu značajnosti od 0,05.

## **4. REZULTATI**

Vrijednosti izmjerene prije i nakon namakanja uzoraka u destiliranoj vodi (kontrolna skupina) i kiselom biljnom napitku (eksperimentalna skupina) deskriptivno su prikazane za mikrotvrdoću u Tablici 2, a promjena mikrotvrdoće (razlika vrijednosti izmjerenih nakon namakanja i vrijednosti prije namakanja) prikazana je u Tablici 3. Promjene mikrotvrdoće nakon namakanja bile su većinom statistički značajne u obje skupine, pri čemu je glavnina promjena nastupila u negativnom smjeru, odnosno izlaganje destiliranoj vodi i kiselom biljnom napitku dovelo je do smanjenja mikrotvrdoće. Iznimka je opažena za materijal Charisma Classic u kontrolnoj skupini kod kojeg je opažen statistički značajan porast mikrotvrdoće nakon namakanja u destiliranoj vodi i materijal Equia Forte HT sa smolastim premazom Equia Coat za koji je mikrotvrdoća statistički značajno porasla u obje skupine. Najveći iznos smanjenja mikrotvrdoće nakon namakanja u kiselom biljnom napitku opažen je kod materijala Tetric EvoCeram, dok su najmanje promjene mikrotvrdoće nastupile kod materijala Equia Forte HT sa smolastim premazom Equia Coat u obje eksperimentalne skupine.

Vrijednosti izmjerene prije i nakon izlaganja destiliranoj vodi (kontrolna skupina) i kiselom biljnom napitku (eksperimentalna skupina) deskriptivno su prikazane za parametar hrapavosti Ra u Tablici 4., a promjena parametra Ra prikazana je u Tablici 5. Hrapavost je statistički značajno porasla kod većine materijala, osim u kontrolnoj skupini materijala Tetric EvoCeram, Cention N i Charisma Classic, za koje nije opažena statistički značajna razlika u vrijednostima parametra Ra izmjerenim prije i nakon namakanja. Najveći porast hrapavosti površine izmjeren je za materijal Equia Forte HT (s i bez smolastog premaza Equia Coat) te kod debeloslojnog kompozitnog materijala Filtek One Bulk Fill. Statistički značajno najniži porast hrapavosti opažen je u kontrolnoj skupini materijala Tetric EvoCeram, Cention N i Charisma Classic.

Početne i završne vrijednosti promjene boje prema pojedinim osima ( $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ ) deskriptivno su prikazane u Tablicama 6. – 11., a pomoću tih vrijednosti izračunati parametri opazive promjene boje  $\Delta E^*$  i  $\Delta E_{2000}^*$  prikazani su u Tablici 12. Promjena boje nastupila je kod svih materijala, a bila je statistički značajno izraženija u skupini izloženoj kiselom biljnom napitku. Najveću promjenu boje pokazao je materijal Charisma Classic u eksperimentalnoj skupini, a najmanju materijal Cention N u kontrolnoj skupini.



**Tablica 2.** Deskriptivni prikaz početnih i završnih vrijednosti mikrotvrdoće izmjerenih u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini.

		<b>Materijal</b>	<b>TEC</b>	<b>CEN</b>	<b>CHA</b>	<b>EQ</b>	<b>EQC</b>	<b>FBF</b>	
<b>Početa mikrotvrdoća (VHN)</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	48,19	39,39	48,32	34,73	29,68	54,88	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	46,66	37,92	46,66	32,46	28,43	52,96
			Gornja granica	49,72	40,86	49,98	37,00	30,93	56,80
		Standardna devijacija		2,14	2,06	2,33	3,17	1,74	2,68
		Minimum		45,30	36,20	45,30	29,40	27,60	50,30
		Maksimum		52,20	43,10	51,60	39,10	32,30	58,50
	<b>Kiselj biljni napitak</b>	Aritmetička sredina		48,48	39,53	47,21	30,32	30,82	58,30
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	46,99	38,28	46,20	28,61	29,46	56,13
			Gornja granica	49,97	40,78	48,22	32,03	32,18	60,47
		Standardna devijacija		2,08	1,75	1,41	2,40	1,90	3,03
Minimum			44,80	36,20	45,30	26,30	28,30	53,80	
	Maksimum		52,30	42,20	49,30	33,40	34,10	62,80	
<b>Završna mikrotvrdoća (VHN)</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina		47,21	38,98	53,19	42,93	29,33	51,68
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	45,84	37,56	51,09	41,94	28,00	49,99
			Gornja granica	48,58	40,40	55,29	43,92	30,66	53,37
		Standardna devijacija		1,92	1,98	2,93	1,38	1,86	2,36
		Minimum		44,30	36,70	48,40	40,90	26,00	47,70
		Maksimum		50,70	43,10	58,10	45,40	31,80	56,20
	<b>Kiselj biljni napitak</b>	Aritmetička sredina		34,86	35,02	39,93	58,00	29,60	53,77
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	33,22	33,88	38,29	56,90	27,80	52,11
			Gornja granica	36,50	36,16	41,57	59,10	31,40	55,43
		Standardna devijacija		2,30	1,60	2,30	1,54	2,51	2,32
Minimum			31,20	31,70	35,90	55,60	25,60	50,30	
	Maksimum		38,30	37,70	42,70	60,20	33,40	57,30	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

**Tablica 3.** Deskriptivni prikaz promjena mikrotvrdoće izmjerenih u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini.

		<b>Materijal</b>	<b>TEC</b>	<b>CEN</b>	<b>CHA</b>	<b>EQ</b>	<b>EQC</b>	<b>FBF</b>	
<b>Promjena mikrotvrdoće (VHN)</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	-0,98	-0,41	4,87	8,20	-0,35	-3,20	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	-1,36	-1,23	2,48	6,24	-1,03	-4,22
			Gornja granica	-0,60	0,41	7,26	10,16	0,33	-2,18
		Standardna devijacija	0,53	1,14	3,34	2,74	0,96	1,43	
		Minimum	-2,20	-3,00	-0,30	4,20	-1,90	-6,30	
		Maksimum	-0,40	0,70	10,70	11,90	1,00	-1,40	
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina	-13,62	-4,51	-7,28	27,68	-1,22	-4,53	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	-16,27	-6,08	-8,78	25,57	-3,17	-5,35
			Gornja granica	-10,97	-2,94	-5,78	29,79	0,73	-3,71
		Standardna devijacija	3,70	2,19	2,09	2,95	2,72	1,14	
		Minimum	-17,90	-7,80	-11,20	24,40	-5,20	-6,40	
		Maksimum	-6,50	-1,40	-3,80	33,80	3,30	-3,40	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

**Tablica 4.** Deskriptivni prikaz početnih i završnih vrijednosti parametra hrapavosti Ra izmjerenih u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini.

		<b>Materijal</b>	<b>TEC</b>	<b>CEN</b>	<b>CHA</b>	<b>EQ</b>	<b>EQC</b>	<b>FBF</b>	
<b>Početna vrijednost Ra</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	0,2100	0,1835	0,0365	0,2694	0,3215	0,1962	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	0,1655	0,1476	0,0255	0,2304	0,2866	0,1762
			Gornja granica	0,2545	0,2194	0,0475	0,3084	0,3564	0,2162
		Standardna devijacija	0,0622	0,0502	0,0154	0,0546	0,0487	0,0279	
		Minimum	0,1190	0,1230	0,0150	0,1770	0,2670	0,1730	
	Maksimum	0,3240	0,2850	0,0560	0,3430	0,4210	0,2540		
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina	0,2465	0,1649	0,0356	0,2691	0,3812	0,2052	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	0,2144	0,1320	0,0241	0,2095	0,3328	0,1849
			Gornja granica	0,2786	0,1978	0,0471	0,3287	0,4296	0,2255
		Standardna devijacija	0,0448	0,0460	0,0161	0,0834	0,0676	0,0284	
Minimum		0,2020	0,1070	0,0180	0,1550	0,3070	0,1730		
Maksimum	0,3210	0,2230	0,0620	0,4310	0,5430	0,2420			
<b>Završna vrijednost Ra</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	0,2196	0,1814	0,0373	0,3015	0,3544	0,2227	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	0,1771	0,1462	0,0289	0,2616	0,3180	0,1964
			Gornja granica	0,2621	0,2166	0,0457	0,3414	0,3908	0,2490
		Standardna devijacija	0,0595	0,0492	0,0117	0,0558	0,0509	0,0368	
		Minimum	0,1320	0,1170	0,0170	0,1820	0,3050	0,1820	
	Maksimum	0,3130	0,2830	0,0540	0,3520	0,4580	0,3010		
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina	0,3137	0,2042	0,0560	0,4216	0,5169	0,3263	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	0,2747	0,1800	0,0415	0,3726	0,4817	0,2934
			Gornja granica	0,3527	0,2284	0,0705	0,4706	0,5521	0,3592
		Standardna devijacija	0,0545	0,0338	0,0202	0,0685	0,0492	0,0460	
Minimum		0,2240	0,1470	0,0290	0,3240	0,4340	0,2760		
Maksimum	0,4010	0,2510	0,0880	0,5360	0,5640	0,4110			

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

**Tablica 5.** Deskriptivni prikaz promjena vrijednosti parametra hrapavosti Ra izmjerenih u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini.

		<b>Materijal</b>	<b>TEC</b>	<b>CEN</b>	<b>CHA</b>	<b>EQ</b>	<b>EQC</b>	<b>FBF</b>	
<b>Promjena Ra</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	0,0096	-0,0021	0,0008	0,0321	0,0329	0,0265	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	-0,0013	-0,0090	-0,0065	0,0106	0,0236	0,0171
			Gornja granica	0,0205	0,0048	0,0081	0,0536	0,0422	0,0359
		Standardna devijacija	0,0152	0,0096	0,0102	0,0301	0,0130	0,0132	
		Minimum	-0,0130	-0,0240	-0,0150	0,0050	0,0150	0,0060	
		Maksimum	0,0390	0,0070	0,0190	0,0850	0,0510	0,0470	
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina	0,0672	0,0393	0,0204	0,1525	0,1357	0,1211	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	0,0311	0,0046	0,0095	0,0901	0,0670	0,0947
			Gornja granica	0,1033	0,0740	0,0313	0,2149	0,2044	0,1475
		Standardna devijacija	0,0505	0,0485	0,0152	0,0873	0,0961	0,0369	
		Minimum	-0,0100	-0,0760	0,0000	0,0070	-0,0870	0,0610	
		Maksimum	0,1370	0,0900	0,0430	0,2720	0,2570	0,1870	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

**Tablica 6.** Deskriptivni prikaz početnih i završnih vrijednosti parametra obojenosti L\* izmjerenih u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini.

		<b>Materijal</b>	<b>TEC</b>	<b>CEN</b>	<b>CHA</b>	<b>EQ</b>	<b>EQC</b>	<b>FBF</b>	
<b>Početna vrijednost L*</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	91,54	89,55	89,86	84,39	83,47	81,84	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	90,42	88,65	89,11	82,67	82,18	80,97
			Gornja granica	92,66	90,45	90,61	86,11	84,76	82,71
		Standardna devijacija	1,57	1,26	1,04	2,40	1,80	1,21	
		Minimum	88,70	87,80	88,60	80,70	80,10	79,40	
		Maksimum	93,50	91,00	91,30	88,30	86,50	83,70	
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina	87,90	89,96	75,10	82,43	82,06	80,91	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	87,03	89,32	73,97	80,55	81,20	79,42
			Gornja granica	88,77	90,60	76,23	84,31	82,92	82,40
		Standardna devijacija	1,22	0,89	1,58	2,62	1,20	2,08	
		Minimum	85,50	88,80	72,60	78,60	80,30	77,90	
		Maksimum	89,40	91,40	77,10	85,10	83,70	84,20	
<b>Završna vrijednost L*</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	91,10	89,21	89,38	85,49	84,15	83,15	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	89,87	88,18	88,19	84,06	83,16	82,57
			Gornja granica	92,33	90,24	90,57	86,92	85,14	83,73
		Standardna devijacija	1,72	1,44	1,67	2,00	1,39	0,81	
		Minimum	88,20	87,30	86,70	82,30	81,20	81,70	
		Maksimum	93,10	91,30	92,10	89,00	85,60	84,50	
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina	87,31	87,51	88,76	85,78	85,91	84,39	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	86,41	86,49	87,48	84,79	84,89	82,91
			Gornja granica	88,21	88,53	90,04	86,77	86,93	85,87
		Standardna devijacija	1,25	1,43	1,79	1,38	1,42	2,07	
		Minimum	84,40	84,70	85,40	83,00	83,80	81,30	
		Maksimum	88,60	89,70	90,50	87,00	87,00	87,60	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

**Tablica 7.** Deskriptivni prikaz promjena vrijednosti parametra obojenosti L\* izmjerenih u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini.

		<b>Materijal</b>	<b>TEC</b>	<b>CEN</b>	<b>CHA</b>	<b>EQ</b>	<b>EQC</b>	<b>FBF</b>	
<b>Promjena L*</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	-0,44	-0,34	-0,48	1,10	0,68	1,31	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	-0,68	-0,80	-1,02	-0,93	0,06	0,90
			Gornja granica	-0,20	0,12	0,06	3,13	1,30	1,72
		Standardna devijacija	0,33	0,64	0,76	2,84	0,86	0,57	
		Minimum	-0,90	-1,90	-1,90	-3,20	-1,10	0,40	
		Maksimum	0,10	0,30	0,80	8,30	1,80	2,30	
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina	-0,59	-2,45	13,66	3,35	3,85	3,48	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	-1,29	-3,63	11,83	1,17	2,25	2,36
			Gornja granica	0,11	-1,27	15,49	5,53	5,45	4,60
		Standardna devijacija	0,97	1,65	2,56	3,05	2,24	1,57	
		Minimum	-1,80	-5,10	9,90	-2,10	0,20	0,60	
		Maksimum	0,90	-0,20	17,10	7,80	6,50	5,20	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

**Tablica 8.** Deskriptivni prikaz početnih i završnih vrijednosti parametra obojenosti a\* izmjerenih u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini.

		<b>Materijal</b>	<b>TEC</b>	<b>CEN</b>	<b>CHA</b>	<b>EQ</b>	<b>EQC</b>	<b>FBF</b>	
<b>Počtna vrijednost a*</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	-0,40	0,45	-0,89	9,02	8,94	0,17	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	-0,84	0,37	-1,08	8,75	8,63	-0,24
			Gornja granica	0,04	0,53	-0,70	9,29	9,25	0,58
		Standardna devijacija	0,61	0,12	0,26	0,38	0,44	0,58	
		Minimum	-1,10	0,30	-1,30	8,50	8,40	-0,40	
	Maksimum	0,50	0,60	-0,60	9,60	9,50	1,20		
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina	0,10	0,53	-0,15	9,23	8,55	0,25	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	-0,30	0,45	-0,29	8,88	8,33	-0,11
			Gornja granica	0,50	0,61	-0,01	9,58	8,77	0,61
		Standardna devijacija	0,56	0,12	0,19	0,49	0,31	0,51	
Minimum		-1,00	0,30	-0,40	8,40	8,10	-0,30		
Maksimum	1,10	0,60	0,10	9,80	8,90	1,10			
<b>Završna vrijednost a*</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	0,15	0,45	-0,70	8,36	8,58	0,37	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	-0,24	0,33	-0,91	7,95	8,18	-0,03
			Gornja granica	0,54	0,57	-0,49	8,77	8,98	0,77
		Standardna devijacija	0,55	0,16	0,29	0,58	0,55	0,56	
		Minimum	-1,00	0,30	-1,00	7,20	7,90	-0,40	
	Maksimum	0,60	0,80	0,00	9,10	9,40	1,20		
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina	1,24	1,37	-0,14	6,31	7,55	1,18	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	1,05	1,08	-0,28	4,86	7,40	0,96
			Gornja granica	1,43	1,66	0,00	7,76	7,70	1,40
		Standardna devijacija	0,27	0,40	0,19	2,03	0,21	0,30	
Minimum		0,90	1,00	-0,30	1,00	7,30	0,80		
Maksimum	1,70	2,10	0,20	8,10	7,80	1,60			

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

**Tablica 9.** Deskriptivni prikaz promjena vrijednosti parametra obojenosti a\* izmjerenih u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini.

		<b>Materijal</b>	<b>TEC</b>	<b>CEN</b>	<b>CHA</b>	<b>EQ</b>	<b>EQC</b>	<b>FBF</b>	
<b>Promjena a*</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	0,55	0,00	0,19	-0,66	-0,36	0,20	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	0,01	-0,12	-0,01	-1,08	-0,56	0,07
			Gornja granica	1,09	0,12	0,39	-0,24	-0,16	0,33
		Standardna devijacija	0,76	0,16	0,28	0,58	0,28	0,18	
		Minimum	-0,30	-0,20	-0,20	-1,70	-0,70	0,00	
		Maksimum	1,60	0,40	0,70	0,10	0,10	0,50	
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina	1,14	0,84	0,01	-2,92	-1,00	0,93	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	0,76	0,51	-0,16	-4,56	-1,28	0,46
			Gornja granica	1,52	1,17	0,18	-1,28	-0,72	1,40
		Standardna devijacija	0,54	0,47	0,24	2,29	0,40	0,66	
		Minimum	0,60	0,40	-0,40	-8,80	-1,50	-0,20	
		Maksimum	2,30	1,80	0,40	-0,30	-0,40	1,70	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill



**Tablica 10.** Deskriptivni prikaz početnih i završnih vrijednosti parametra obojenosti b\* izmjerenih u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini.

		<b>Materijal</b>	<b>TEC</b>	<b>CEN</b>	<b>CHA</b>	<b>EQ</b>	<b>EQC</b>	<b>FBF</b>	
<b>Početna vrijednost b*</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	28,09	20,78	30,27	35,80	31,57	28,84	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	24,86	19,00	29,85	34,28	29,37	27,88
			Gornja granica	31,31	22,56	30,69	37,32	33,77	29,80
		Standardna devijacija		4,51	2,48	0,58	2,13	3,08	1,35
		Minimum		22,93	17,80	29,40	32,40	27,30	26,50
		Maksimum		33,00	24,50	31,20	39,10	35,10	31,20
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina		26,15	20,03	25,95	37,10	38,04	23,75
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	25,23	17,34	25,55	36,73	37,41	22,97
			Gornja granica	27,07	22,72	26,35	37,47	38,67	24,53
		Standardna devijacija		1,28	3,77	0,56	0,51	0,88	1,09
Minimum			24,70	17,40	25,30	35,80	36,70	22,30	
	Maksimum		28,50	27,10	27,00	37,70	39,30	25,20	
<b>Završna vrijednost b*</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina		27,97	20,72	31,20	34,81	30,76	28,39
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	24,57	19,04	30,06	33,20	28,87	27,09
			Gornja granica	31,36	22,40	32,34	36,42	32,65	29,69
		Standardna devijacija		4,74	2,34	1,59	2,25	2,64	1,82
		Minimum		22,17	17,90	28,70	30,10	26,60	24,30
		Maksimum		33,11	23,90	34,30	37,20	34,20	30,80
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina		28,68	23,21	29,58	32,92	35,76	29,18
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	28,15	22,35	28,96	31,27	35,51	28,25
			Gornja granica	29,21	24,07	30,20	34,57	36,01	30,11
		Standardna devijacija		0,75	1,20	0,87	2,31	0,34	1,29
Minimum			27,30	22,20	28,30	27,30	35,30	27,40	
	Maksimum		29,40	25,70	30,50	35,10	36,30	31,70	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

**Tablica 11.** Deskriptivni prikaz promjena vrijednosti parametra obojenosti b\* izmjerenih u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini.

		<b>Materijal</b>	<b>TEC</b>	<b>CEN</b>	<b>CHA</b>	<b>EQ</b>	<b>EQC</b>	<b>FBF</b>	
<b>Promjena b*</b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	-0,12	-0,06	0,93	-0,99	-0,81	-0,45	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	-0,55	-0,37	-0,11	-1,49	-1,37	-0,93
			Gornja granica	0,31	0,25	1,97	-0,49	-0,25	0,03
		Standardna devijacija	0,60	0,44	1,45	0,70	0,78	0,67	
		Minimum	-1,47	-0,60	-1,60	-2,30	-2,30	-2,20	
		Maksimum	0,94	0,70	3,70	-0,20	0,10	0,20	
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina	2,53	3,18	3,63	-4,18	-2,28	5,43	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	1,42	0,12	2,94	-6,03	-3,05	4,38
			Gornja granica	3,64	6,24	4,32	-2,33	-1,51	6,48
		Standardna devijacija	1,56	4,27	0,96	2,59	1,07	1,47	
		Minimum	0,00	-4,60	1,60	-10,10	-3,90	3,20	
		Maksimum	4,70	7,80	5,20	-0,70	-0,60	7,70	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

**Tablica 12.** Deskriptivni prikaz vrijednosti promjene boje  $\Delta E^*$  i  $\Delta E_{2000}^*$  izmjerenih u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini.

		<b>Materijal</b>	<b>TEC</b>	<b>CEN</b>	<b>CHA</b>	<b>EQ</b>	<b>EQC</b>	<b>FBF</b>	
<b><math>\Delta E^*</math></b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	1,091	0,696	1,707	2,388	1,459	1,500	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	0,705	0,362	1,074	0,715	0,983	1,008
			Gornja granica	1,478	1,030	2,341	4,062	1,934	1,992
		Standardna devijacija	0,540	0,467	0,886	2,340	0,664	0,688	
		Minimum	0,202	0,300	0,574	0,412	0,283	0,500	
		Maksimum	1,749	1,942	3,734	8,465	2,534	2,780	
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina	3,189	5,696	14,162	6,663	4,847	6,744	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	2,373	4,290	12,311	4,056	3,496	5,812
			Gornja granica	4,006	7,101	16,012	9,269	6,197	7,677
		Standardna devijacija	1,141	1,965	2,587	3,643	1,888	1,303	
		Minimum	1,435	2,934	10,573	2,234	1,507	4,707	
		Maksimum	5,224	9,357	17,609	15,451	7,103	8,496	
<b><math>\Delta E_{2000}^*</math></b>	<b>Kontrola</b>	Aritmetička sredina	0,831	0,430	0,844	1,425	0,827	0,973	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	0,440	0,217	0,562	0,315	0,596	0,676
			Gornja granica	1,221	0,642	1,126	2,535	1,058	1,269
		Standardna devijacija	0,546	0,297	0,395	1,552	0,323	0,415	
		Minimum	0,123	0,197	0,293	0,249	0,158	0,297	
		Maksimum	1,587	1,220	1,555	5,560	1,273	1,593	
	<b>Kiseli biljni napitak</b>	Aritmetička sredina	1,767	3,133	9,413	3,686	2,852	3,670	
		95% interval pouzdanosti	Donja granica	1,413	2,311	8,167	2,108	1,897	3,157
			Gornja granica	2,120	3,955	10,659	5,264	3,807	4,183
		Standardna devijacija	0,494	1,149	1,742	2,206	1,335	0,717	
		Minimum	0,936	1,546	6,958	1,427	0,853	2,455	
		Maksimum	2,680	5,277	11,839	8,981	4,455	4,844	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

U Tablici 13 prikazani su rezultati statističke analize pomoću t-testa za ponavljana opažanja kojim su uspoređene vrijednosti prije namakanja (početne) i poslije namakanja (završne) za sljedeće varijable: mikrotvrdoća, parametar hrapavosti  $R_a$  te parametri obojenosti  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ .

**Tablica 13.** Rezultati t-testa za ponavljana opažanja za usporedbu početnih i završnih vrijednosti mikrotvrdoće, parametra Ra te parametara obojenosti L\*, a\* i b\*. P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

Materijal	Varijabla	Kontrola			Kiseli biljni napitak		
		t	Stupnjevi slobode	P*	t	Stupnjevi slobode	P*
TEC	Mikrotvrdoća	5,861	9	<0,001	11,631	9	<0,001
	Hrapavost (Ra)	-1,999	9	0,077	-4,206	9	0,002
	L*	4,166	9	0,002	1,919	9	0,087
	a*	-2,291	9	0,048	-6,702	9	<0,001
	b*	0,638	9	0,540	-5,136	9	0,001
CEN	Mikrotvrdoća	1,138	9	0,285	6,516	9	<0,001
	Hrapavost (Ra)	0,691	9	0,507	-2,560	9	0,031
	L*	1,690	9	0,125	4,684	9	0,001
	a*	<0,001	9	1,000	-5,686	9	<0,001
	b*	0,434	9	0,675	-2,353	9	0,043
CHA	Mikrotvrdoća	-4,615	9	0,001	11,006	9	<0,001
	Hrapavost (Ra)	-0,247	9	0,810	-4,251	9	0,002
	L*	2,002	9	0,076	-16,842	9	<0,001
	a*	-2,172	9	0,058	-0,133	9	0,897
	b*	-2,023	9	0,074	-11,967	9	<0,001
EQ	Mikrotvrdoća	-9,480	9	<0,001	-29,703	9	<0,001
	Hrapavost (Ra)	-3,377	9	0,008	-5,526	9	<0,001
	L*	-1,225	9	0,252	-3,473	9	0,007
	a*	3,577	9	0,006	4,031	9	0,003
	b*	4,504	9	0,001	5,111	9	0,001
EQC	Mikrotvrdoća	1,158	9	0,277	1,417	9	0,190
	Hrapavost (Ra)	-8,024	9	<0,001	-4,467	9	0,002
	L*	-2,500	9	0,034	-5,444	9	<0,001
	a*	4,129	9	0,003	7,961	9	<0,001
	b*	3,298	9	0,009	6,721	9	<0,001
TBF	Mikrotvrdoća	7,093	9	<0,001	12,553	9	<0,001
	Hrapavost (Ra)	-6,372	9	<0,001	-10,383	9	<0,001
	L*	-7,287	9	<0,001	-6,998	9	<0,001
	a*	-3,586	9	0,006	-4,433	9	0,002
	b*	2,139	9	0,061	-11,719	9	<0,001

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

\* T-test za ponavljana opažanja

Rezultati statističkih analiza provedenih t-testom za nezavisna opažanja za usporedbe kontrolne i eksperimentalne skupine s obzirom na promjene pojedinih varijabli (mikrotvrdoća, parametar hrapavosti Ra te parametri obojenosti L\*, a\* i b\* ) tijekom namakanja prikazane su u Tablici 14. Većina usporedbi pokazala je statistički značajan rezultat na razini značajnosti od  $\alpha = 0,05$ , osim sljedećih kombinacija varijabli i materijala: promjena L\* i a\* za Tetric EvoCeram ( $p = 0,65$  i  $p = 0,06$ ), promjena a\* za materijal Charisma Classic ( $p = 0,136$ ), promjena L\* za materijal Equia Forte HT ( $p = 0,105$ ) i promjena mikrotvrdoće za materijal Equia Forte HT sa smolastim premazom Equia Coat ( $p = 0,353$ ).

Rezultati jednosmjerne ANOVA-e za usporedbe između materijala s obzirom na početne i završne vrijednosti mikrotvrdoće, parametra Ra te parametara obojenosti L\*, a\*, b\* i  $\Delta E^*$  prikazani su u Tablici 15 (za kontrolnu skupinu) i Tablici 16 (za eksperimentalnu skupinu). U kontrolnoj skupini, rezultati *omnibus* ANOVA testa za usporedbe među materijalima su bili visoko statistički značajni na razini značajnosti od  $\alpha = 0,001$  za sve varijable, osim za  $\Delta E^*$  i promjenu parametra L\* ( $p = 0,037$ , odnosno  $p = 0,004$ ) koji su bili značajni na razini značajnosti od  $\alpha = 0,05$ . U eksperimentalnoj skupini, usporedbe između materijala za sve su varijable pokazale visoko statistički značajne razlike na razini značajnosti od  $\alpha = 0,001$ .

**Tablica 14.** Rezultati t-testa za nezavisna opažanja za usporedbu promjena mikrotvrdoće, parametra Ra te parametara obojenosti L\*, a\* i b\* između kontrolne i eksperimentalne skupine. P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

<b>Materijal</b>	<b>Varijabla</b>	<b>t</b>	<b>Stupnjevi slobode</b>	<b>P*</b>
<b>TEC</b>	Promjena mikrotvrdoće	10,686	18	<0,001
	Promjena Ra	-3,452	18	0,003
	Promjena E	-5,253	18	<0,001
	Promjena L	0,461	18	0,650
	Promjena a	-2,006	18	0,060
	Promjena b	-5,022	18	<0,001
<b>CEN</b>	Promjena mikrotvrdoće	5,254	18	<0,001
	Promjena Ra	-2,645	18	0,016
	Promjena E	-7,830	18	<0,001
	Promjena L	3,765	18	0,001
	Promjena a	-5,368	18	<0,001
	Promjena b	-2,385	18	0,028
<b>CHA</b>	Promjena mikrotvrdoće	9,755	18	<0,001
	Promjena Ra	-3,386	18	0,003
	Promjena E	-14,404	18	<0,001
	Promjena L	-16,718	18	<0,001
	Promjena a	1,560	18	0,136
	Promjena b	-4,902	18	<0,001
<b>EQ</b>	Promjena mikrotvrdoće	-15,321	18	<0,001
	Promjena Ra	-4,125	18	0,001
	Promjena E	-3,122	18	0,006
	Promjena L	-1,707	18	0,105
	Promjena a	3,023	18	0,007
	Promjena b	3,767	18	0,001
<b>EQC</b>	Promjena mikrotvrdoće	0,954	18	0,353
	Promjena Ra	-3,354	18	0,004
	Promjena E	-5,354	18	<0,001
	Promjena L	-4,184	18	0,001
	Promjena a	4,186	18	0,001
	Promjena b	3,510	18	0,003
<b>FBF</b>	Promjena mikrotvrdoće	2,302	18	0,033
	Promjena Ra	-7,640	18	<0,001
	Promjena E	-11,252	18	<0,001
	Promjena L	-4,104	18	0,001
	Promjena a	-3,363	18	0,003
	Promjena b	-11,555	18	<0,001

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

\* T-test za nezavisna opažanja

**Tablica 15.** Rezultati jednosmjerne ANOVA-e za usporedbe u kontrolnoj skupini između materijala s obzirom na vrijednosti mikrotvrdoće, parametra Ra te parametara obojenosti L\*, a\*, b\* i  $\Delta E^*$ . P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

Kontrola	Zbroj kvadrata tipa III	Stupnjevi slobode	F	P*
Početna mikrotvrdoća	4539,043	5	157,927	<0,001
Završna mikrotvrdoća	3952,197	5	174,638	<0,001
Promjena mikrotvrdoće	914,318	5	47,399	<0,001
Početna vrijednost Ra	0,466	5	43,864	<0,001
Završna vrijednost Ra	0,596	5	54,386	<0,001
Promjena Ra	0,013	5	8,986	<0,001
Početna vrijednost L*	808,885	5	62,148	<0,001
Početna vrijednost a*	1126,435	5	1207,493	<0,001
Početna vrijednost b*	1225,852	5	34,464	<0,001
Završna vrijednost l*	525,452	5	43,807	<0,001
Završna vrijednost a*	949,939	5	830,648	<0,001
Završna vrijednost b*	1116,914	5	29,225	<0,001
$\Delta E^*$	16,431	5	2,567	0,037
Promjena L*	33,700	5	3,956	0,004
Promjena a*	9,427	5	10,039	<0,001
Promjena b*	23,463	5	6,713	<0,001

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA)

**Tablica 16.** Rezultati jednosmjerne ANOVA-e za usporedbe u eksperimentalnoj skupini između materijala s obzirom na vrijednosti mikrotvrdoće, parametra Ra te parametara ob+ojenosti L\*, a\*, b\* i  $\Delta E^*$ . P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

<b>Kiseli biljni napitak</b>	<b>Zbroj kvadrata tipa III</b>	<b>Stupnjevi slobode</b>	<b>F</b>	<b>P*</b>
Početna mikrotvrdoća	6011,609	5	258,545	<0,001
Završna mikrotvrdoća	6521,657	5	287,977	<0,001
Promjena mikrotvrdoće	10450,162	5	311,365	<0,001
Početna vrijednost Ra	0,663	5	47,603	<0,001
Završna vrijednost Ra	1,312	5	114,385	<0,001
Promjena Ra	0,149	5	7,656	<0,001
Početna vrijednost L*	1404,166	5	96,655	<0,001
Početna vrijednost a*	1015,680	5	1275,950	<0,001
Početna vrijednost b*	2712,999	5	177,277	<0,001
Završna vrijednost l*	120,298	5	9,610	<0,001
Završna vrijednost a*	505,451	5	134,260	<0,001
Završna vrijednost b*	903,245	5	109,759	<0,001
$\Delta E^*$	722,445	5	28,527	<0,001
Promjena L*	1554,866	5	69,013	<0,001
Promjena a*	122,299	5	22,894	<0,001
Promjena b*	703,366	5	26,715	<0,001

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA)



Rezultati višestrukih usporedbi između materijala s obzirom na početne i završne vrijednosti mikrotvrdoće prikazani su u Tablici 17, a za promjenu mikrotvrdoće u Tablici 18.

Rezultati višestrukih usporedbi između materijala s obzirom na početne i završne vrijednosti parametra Ra prikazani su u Tablici 19, a za promjenu vrijednosti parametra Ra u Tablici 20.

Rezultati višestrukih usporedbi između materijala s obzirom na početne vrijednosti parametara obojenja L\* i a\* prikazani su u Tablici 21, a za početne vrijednosti parametra b\* u Tablici 22.

Rezultati višestrukih usporedbi između materijala s obzirom na završne vrijednosti parametara obojenja L\* i a\* prikazani su u Tablici 23, a za završne vrijednosti parametra b\* u Tablici 24.

Rezultati višestrukih usporedbi između materijala s obzirom na promjene parametara obojenja L\* i a\* prikazani su u Tablici 25, a za promjene parametra b\* u Tablici 26.

Rezultati višestrukih usporedbi između materijala s obzirom na promjene parametara obojenja  $\Delta E^*$  prikazani su u Tablici 27.

Zbog velikog broja pojedinačnih p vrijednosti dobivenih za svaki od parova materijala u višestrukim usporedbama, sažetiji prikaz statistički značajnih razlika dan je u nastavku u obliku statistički homogenih skupina. U takvom prikazu, unutar pojedinačne statistički homogene skupine navedene su srednje vrijednosti koje se međusobno statistički značajno ne razlikuju na razini značajnosti od  $\alpha = 0,05$ , dok se pripadnost različitim skupinama tumači kao postojanje značajne razlike na spomenutoj razini značajnosti.

**Tablica 17.** Rezultati statističke analize za višestruke usporedbe parova materijala s obzirom na početne i završne vrijednosti mikrotvrdoće. P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

		<i>P*</i>				<i>P*</i>		
		K	KBN			K	KBN	
<b>Početna mikrotvrdoća</b>	FBF	CEN	<0,001	<0,001	FBF	CEN	<0,001	<0,001
		CHA	<0,001	<0,001		CHA	0,610	<0,001
		EQ	<0,001	<0,001		EQ	<0,001	0,001
		EQC	<0,001	<0,001		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	<0,001	<0,001		TEC	<0,001	<0,001
	CEN	FBF	<0,001	<0,001	CEN	FBF	<0,001	<0,001
		CHA	<0,001	<0,001		CHA	<0,001	<0,001
		EQ	0,001	<0,001		EQ	0,002	<0,001
		EQC	<0,001	<0,001		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	<0,001	<0,001		TEC	<0,001	1,000
	CHA	FBF	<0,001	<0,001	CHA	FBF	0,610	<0,001
		CEN	<0,001	<0,001		CEN	<0,001	<0,001
		EQ	<0,001	<0,001		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	<0,001	<0,001		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	1,000	0,774		TEC	<0,001	<0,001
	EQ	FBF	<0,001	<0,001	EQ	FBF	<0,001	0,001
		CEN	0,001	<0,001		CEN	0,002	<0,001
		CHA	<0,001	<0,001		CHA	<0,001	<0,001
		EQC	<0,001	0,995		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	<0,001	<0,001		TEC	0,001	<0,001
EQC	FBF	<0,001	<0,001	EQC	FBF	<0,001	<0,001	
	CEN	<0,001	<0,001		CEN	<0,001	<0,001	
	CHA	<0,001	<0,001		CHA	<0,001	<0,001	
	EQ	<0,001	0,995		EQ	<0,001	<0,001	
	TEC	<0,001	<0,001		TEC	<0,001	<0,001	
TEC	FBF	<0,001	<0,001	TEC	FBF	<0,001	<0,001	
	CEN	<0,001	<0,001		CEN	<0,001	1,000	
	CHA	1,000	0,774		CHA	<0,001	<0,001	
	EQ	<0,001	<0,001		EQ	0,001	<0,001	
	EQC	<0,001	<0,001		EQC	<0,001	<0,001	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill; K = kontrolna skupina; KBN = kiseli biljni napitak (eksperimentalna skupina)

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 18.** Rezultati statističke analize za višestruke usporedbe parova materijala s obzirom na vrijednosti promjene mikrotvrdoće. P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

		<i>P*</i>	
		K	KBN
<b>Promjena mikrotvrdoće</b>	FBF	CEN	0,028
		CHA	<0,001
		EQ	<0,001
		EQC	0,023
		TEC	0,134
	CEN	FBF	0,028
		CHA	<0,001
		EQ	<0,001
		EQC	1,000
		TEC	0,987
	CHA	FBF	<0,001
		CEN	<0,001
		EQ	0,005
		EQC	<0,001
		TEC	<0,001
	EQ	FBF	<0,001
		CEN	<0,001
		CHA	0,005
		EQC	<0,001
		TEC	<0,001
EQC	FBF	0,023	
	CEN	1,000	
	CHA	<0,001	
	EQ	<0,001	
	TEC	0,979	
TEC	FBF	0,134	
	CEN	0,987	
	CHA	<0,001	
	EQ	<0,001	
	EQC	0,979	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill; K = kontrolna skupina; KBN = kiseli biljni napitak (eksperimentalna skupina); K = kontrolna skupina; KBN = kiseli biljni napitak (eksperimentalna skupina)

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 19.** Rezultati statističke analize za višestruke usporedbe parova materijala s obzirom na početne i završne vrijednosti parametra Ra. P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

		<i>P*</i>				<i>P*</i>		
		K	KBN			K	KBN	
<b>Početna vrijednost Ra</b>	FBF	CEN	0,989	0,533	FBF	CEN	0,371	<0,001
		CHA	<0,001	<0,001		CHA	<0,001	<0,001
		EQ	0,010	0,090		EQ	0,005	0,001
		EQC	<0,001	<0,001		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	0,985	0,506		TEC	1,000	0,991
	CEN	FBF	0,989	0,533	CEN	FBF	0,371	<0,001
		CHA	<0,001	<0,001		CHA	<0,001	<0,001
		EQ	0,002	0,001		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	<0,001	<0,001		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	0,792	0,013		TEC	0,459	<0,001
	CHA	FBF	<0,001	<0,001	CHA	FBF	<0,001	<0,001
		CEN	<0,001	<0,001		CEN	<0,001	<0,001
		EQ	<0,001	<0,001		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	<0,001	<0,001		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	<0,001	<0,001		TEC	<0,001	<0,001
	EQ	FBF	0,010	0,090	EQ	FBF	0,005	0,001
		CEN	0,002	0,001		CEN	<0,001	<0,001
		CHA	<0,001	<0,001		CHA	<0,001	<0,001
		EQC	0,135	<0,001		EQC	0,134	0,001
		TEC	0,060	0,929		TEC	0,003	<0,001
EQC	FBF	<0,001	<0,001	EQC	FBF	<0,001	<0,001	
	CEN	<0,001	<0,001		CEN	<0,001	<0,001	
	CHA	<0,001	<0,001		CHA	<0,001	<0,001	
	EQ	0,135	<0,001		EQ	0,134	0,001	
	TEC	<0,001	<0,001		TEC	<0,001	<0,001	
TEC	FBF	0,985	0,506	TEC	FBF	1,000	0,991	
	CEN	0,792	0,013		CEN	0,459	<0,001	
	CHA	<0,001	<0,001		CHA	<0,001	<0,001	
	EQ	0,060	0,929		EQ	0,003	<0,001	
	EQC	<0,001	<0,001		EQC	<0,001	<0,001	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill; K = kontrolna skupina; KBN = kiseli biljni napitak (eksperimentalna skupina)

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 20.** Rezultati statističke analize za višestruke usporedbe parova materijala s obzirom na vrijednosti promjene parametra Ra. P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

		<i>P*</i>		
		K	KBN	
<b>Promjena Ra</b>	FBF	CEN	0,004	0,053
		CHA	0,014	0,008
		EQ	0,974	0,869
		EQC	0,955	0,995
		TEC	0,227	0,394
	CEN	FBF	0,004	0,053
		CHA	0,999	0,984
		EQ	<0,001	0,002
		EQC	<0,001	0,013
		TEC	0,623	0,916
	CHA	FBF	0,014	0,008
		CEN	0,999	0,984
		EQ	0,001	<0,001
		EQC	0,001	0,002
		TEC	0,845	0,552
	EQ	FBF	0,974	0,869
		CEN	<0,001	0,002
		CHA	0,001	<0,001
		EQC	1,000	0,990
		TEC	0,043	0,038
EQC	FBF	0,955	0,995	
	CEN	<0,001	0,013	
	CHA	0,001	0,002	
	EQ	1,000	0,990	
	TEC	0,033	0,156	
TEC	FBF	0,227	0,394	
	CEN	0,623	0,916	
	CHA	0,845	0,552	
	EQ	0,043	0,038	
	EQC	0,033	0,156	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill; K = kontrolna skupina; KBN = kiseli biljni napitak (eksperimentalna skupina)

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 21.** Rezultati statističke analize za višestruke usporedbe parova materijala s obzirom na početne vrijednosti parametara obojenja L\* i a\*. P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

		<i>P*</i>				<i>P*</i>		
		K	KBN			K	KBN	
<b>Početna vrijednost L*</b>	FBF	CEN	<0,001	<0,001	FBF	CEN	0,697	0,622
		CHA	<0,001	<0,001		CHA	<0,001	0,236
		EQ	0,010	0,359		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	0,229	0,660		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	<0,001	<0,001		TEC	0,050	0,958
	CEN	FBF	<0,001	<0,001	CEN	FBF	0,697	0,622
		CHA	0,998	<0,001		CHA	<0,001	0,005
		EQ	<0,001	<0,001		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	<0,001	<0,001		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	0,080	0,091		TEC	0,001	0,171
	CHA	FBF	<0,001	<0,001	CHA	FBF	<0,001	0,236
		CEN	0,998	<0,001		CEN	<0,001	0,005
		EQ	<0,001	<0,001		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	<0,001	<0,001		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	0,201	<0,001		TEC	0,132	0,726
	EQ	FBF	0,010	0,359	EQ	FBF	<0,001	<0,001
		CEN	<0,001	<0,001		CEN	<0,001	<0,001
		CHA	<0,001	<0,001		CHA	<0,001	<0,001
		EQC	0,797	0,996		EQC	0,998	0,005
		TEC	<0,001	<0,001		TEC	<0,001	<0,001
EQC	FBF	0,229	0,660	EQC	FBF	<0,001	<0,001	
	CEN	<0,001	<0,001		CEN	<0,001	<0,001	
	CHA	<0,001	<0,001		CHA	<0,001	<0,001	
	EQ	0,797	0,996		EQ	0,998	0,005	
	TEC	<0,001	<0,001		TEC	<0,001	<0,001	
TEC	FBF	<0,001	<0,001	TEC	FBF	0,050	0,958	
	CEN	0,080	0,091		CEN	0,001	0,171	
	CHA	0,201	<0,001		CHA	0,132	0,726	
	EQ	<0,001	<0,001		EQ	<0,001	<0,001	
	EQC	<0,001	<0,001		EQC	<0,001	<0,001	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill; K = kontrolna skupina; KBN = kiseli biljni napitak (eksperimentalna skupina)

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 22.** Rezultati statističke analize za višestruke usporedbe parova materijala s obzirom na početne vrijednosti parametra obojenja b\*. P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

		<i>P*</i>		
		K	KBN	
Početna vrijednost b*	FBF	CEN	<0,001	<0,001
		CHA	0,835	0,071
		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	0,217	<0,001
		TEC	0,988	0,038
	CEN	FBF	<0,001	<0,001
		CHA	<0,001	<0,001
		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	<0,001	<0,001
	CHA	FBF	0,835	0,071
		CEN	<0,001	<0,001
		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	0,883	<0,001
		TEC	0,455	1,000
	EQ	FBF	<0,001	<0,001
		CEN	<0,001	<0,001
		CHA	<0,001	<0,001
		EQC	0,010	0,834
		TEC	<0,001	<0,001
EQC	FBF	0,217	<0,001	
	CEN	<0,001	<0,001	
	CHA	0,883	<0,001	
	EQ	0,010	0,834	
	TEC	0,054	<0,001	
TEC	FBF	0,988	0,038	
	CEN	<0,001	<0,001	
	CHA	0,455	1,000	
	EQ	<0,001	<0,001	
	EQC	0,054	<0,001	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill; K = kontrolna skupina; KBN = kiseli biljni napitak (eksperimentalna skupina)

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 23.** Rezultati statističke analize za višestruke usporedbe parova materijala s obzirom na završne vrijednosti parametara obojenja L\* i a\*. P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

		<i>P*</i>				<i>P*</i>		
		K	KBN			K	KBN	
<b>Završna vrijednost L*</b>	FBF	CEN	<0,001	0,001	FBF	CEN	0,999	0,996
		CHA	<0,001	<0,001		CHA	<0,001	0,015
		EQ	0,016	0,376		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	0,701	0,279		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	<0,001	0,002		TEC	0,906	1,000
	CEN	FBF	<0,001	0,001	CEN	FBF	0,999	0,996
		CHA	1,000	0,495		CHA	<0,001	0,004
		EQ	<0,001	0,159		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	<0,001	0,228		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	0,086	1,000		TEC	0,725	0,999
	CHA	FBF	<0,001	<0,001	CHA	FBF	<0,001	0,015
		CEN	1,000	0,495		CEN	<0,001	0,004
		EQ	<0,001	0,001		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	<0,001	0,002		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	0,147	0,329		TEC	0,003	0,010
	EQ	FBF	0,016	0,376	EQ	FBF	<0,001	<0,001
		CEN	<0,001	0,159		CEN	<0,001	<0,001
		CHA	<0,001	0,001		CHA	<0,001	<0,001
		EQC	0,393	1,000		EQC	0,906	0,027
		TEC	<0,001	0,272		TEC	<0,001	<0,001
EQC	FBF	0,701	0,279	EQC	FBF	<0,001	<0,001	
	CEN	<0,001	0,228		CEN	<0,001	<0,001	
	CHA	<0,001	0,002		CHA	<0,001	<0,001	
	EQ	0,393	1,000		EQ	0,906	0,027	
	TEC	<0,001	0,368		TEC	<0,001	<0,001	
TEC	FBF	<0,001	0,002	TEC	FBF	0,906	1,000	
	CEN	0,086	1,000		CEN	0,725	0,999	
	CHA	0,147	0,329		CHA	0,003	0,010	
	EQ	<0,001	0,272		EQ	<0,001	<0,001	
	EQC	<0,001	0,368		EQC	<0,001	<0,001	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill; K = kontrolna skupina; KBN = kiseli biljni napitak (eksperimentalna skupina)

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom



**Tablica 24.** Rezultati statističke analize za višestruke usporedbe parova materijala s obzirom na završne vrijednosti parametra obojenja b\*. P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

		<i>P*</i>		
		K	KBN	
Završna vrijednost b*	FBF	CEN	<0,001	<0,001
		CHA	0,223	0,981
		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	0,403	<0,001
		TEC	0,999	0,952
	CEN	FBF	<0,001	<0,001
		CHA	<0,001	<0,001
		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	<0,001	<0,001
	CHA	FBF	0,223	0,981
		CEN	<0,001	<0,001
		EQ	0,055	<0,001
		EQC	0,999	<0,001
		TEC	0,111	0,622
	EQ	FBF	<0,001	<0,001
		CEN	<0,001	<0,001
		CHA	0,055	<0,001
		EQC	0,022	<0,001
		TEC	<0,001	<0,001
EQC	FBF	0,403	<0,001	
	CEN	<0,001	<0,001	
	CHA	0,999	<0,001	
	EQ	0,022	<0,001	
	TEC	0,228	<0,001	
TEC	FBF	0,999	0,952	
	CEN	<0,001	<0,001	
	CHA	0,111	0,622	
	EQ	<0,001	<0,001	
	EQC	0,228	<0,001	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill; K = kontrolna skupina; KBN = kiseli biljni napitak (eksperimentalna skupina)

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 25.** Rezultati statističke analize za višestruke usporedbe parova materijala s obzirom na promjene parametara obojenja L\* i a\*. P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

		<i>P*</i>				<i>P*</i>		
		K	KBN			K	KBN	
<b>Promjena L*</b>	FBF	CEN	0,068	<0,001	FBF	CEN	0,905	1,000
		CHA	0,038	<0,001		CHA	1,000	0,361
		EQ	0,999	1,000		EQ	0,001	<0,001
		EQC	0,888	0,999		EQC	0,059	0,001
		TEC	0,045	0,001		TEC	0,471	0,997
	CEN	FBF	0,068	<0,001	CEN	FBF	0,905	1,000
		CHA	1,000	<0,001		CHA	0,922	0,477
		EQ	0,152	<0,001		EQ	0,015	<0,001
		EQC	0,508	<0,001		EQC	0,439	0,003
		TEC	1,000	0,379		TEC	0,067	0,987
	CHA	FBF	0,038	<0,001	CHA	FBF	1,000	0,361
		CEN	1,000	<0,001		CEN	0,922	0,477
		EQ	0,090	<0,001		EQ	0,001	<0,001
		EQC	0,363	<0,001		EQC	0,067	0,262
		TEC	1,000	<0,001		TEC	0,439	0,160
	EQ	FBF	0,999	1,000	EQ	FBF	0,001	<0,001
		CEN	0,152	<0,001		CEN	0,015	<0,001
		CHA	0,090	<0,001		CHA	0,001	<0,001
		EQC	0,979	0,995		EQC	0,635	0,002
		TEC	0,106	0,002		TEC	<0,001	<0,001
EQC	FBF	0,888	0,999	EQC	FBF	0,059	0,001	
	CEN	0,508	<0,001		CEN	0,439	0,003	
	CHA	0,363	<0,001		CHA	0,067	0,262	
	EQ	0,979	0,995		EQ	0,635	0,002	
	TEC	0,402	<0,001		TEC	<0,001	<0,001	
TEC	FBF	0,045	0,001	TEC	FBF	0,471	0,997	
	CEN	1,000	0,379		CEN	0,067	0,987	
	CHA	1,000	<0,001		CHA	0,439	0,160	
	EQ	0,106	0,002		EQ	<0,001	<0,001	
	EQC	0,402	<0,001		EQC	<0,001	<0,001	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill; K = kontrolna skupina; KBN = kiseli biljni napitak (eksperimentalna skupina)

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 26.** Rezultati statističke analize za višestruke usporedbe parova materijala s obzirom na promjene parametra obojenja b\*. P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

		<i>P*</i>		
		K	KBN	
<b>Promjena b*</b>	FBF	CEN	0,901	0,258
		CHA	0,007	0,503
		EQ	0,700	<0,001
		EQC	0,928	<0,001
		TEC	0,950	0,068
	CEN	FBF	0,901	0,258
		CHA	0,103	0,998
		EQ	0,146	<0,001
		EQC	0,353	<0,001
		TEC	1,000	0,988
	CHA	FBF	0,007	0,503
		CEN	0,103	0,998
		EQ	<0,001	<0,001
		EQC	<0,001	<0,001
		TEC	0,071	0,890
	EQ	FBF	0,700	<0,001
		CEN	0,146	<0,001
		CHA	<0,001	<0,001
		EQC	0,997	0,443
		TEC	0,202	<0,001
EQC	FBF	0,928	<0,001	
	CEN	0,353	<0,001	
	CHA	<0,001	<0,001	
	EQ	0,997	0,443	
	TEC	0,448	<0,001	
TEC	FBF	0,950	0,068	
	CEN	1,000	0,988	
	CHA	0,071	0,890	
	EQ	0,202	<0,001	
	EQC	0,448	<0,001	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill; K = kontrolna skupina; KBN = kiseli biljni napitak (eksperimentalna skupina)

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 27.** Rezultati statističke analize za višestruke usporedbe parova materijala s obzirom na parametar promjene boje  $\Delta E^*$ . P-vrijednosti manje od 0,05 smatraju se statistički značajnim ( $\alpha = 0,05$ ).

		<i>P</i> *		
		K	KBN	
$\Delta E^*$	FBF	CEN	0,609	0,902
		CHA	0,998	<0,001
		EQ	0,503	1,000
		EQC	1,000	0,422
		TEC	0,965	0,010
	CEN	FBF	0,609	0,902
		CHA	0,356	<0,001
		EQ	0,018	0,928
		EQC	0,661	0,958
		TEC	0,969	0,145
	CHA	FBF	0,998	<0,001
		CEN	0,356	<0,001
		EQ	0,758	<0,001
		EQC	0,996	<0,001
		TEC	0,827	<0,001
	EQ	FBF	0,503	1,000
		CEN	0,018	0,928
		CHA	0,758	<0,001
		EQC	0,452	0,472
		TEC	0,125	0,013
EQC	FBF	1,000	0,422	
	CEN	0,661	0,958	
	CHA	0,996	<0,001	
	EQ	0,452	0,472	
	TEC	0,978	0,572	
TEC	FBF	0,965	0,010	
	CEN	0,969	0,145	
	CHA	0,827	<0,001	
	EQ	0,125	0,013	
	EQC	0,978	0,572	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill; K = kontrolna skupina; KBN = kiseli biljni napitak (eksperimentalna skupina)

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

Rezultati višestrukih usporedbi između materijala prikazani su u obliku statistički homogenih skupina u Tablicama 28-37.

Rezultati za usporedbe u kontrolnoj skupini su prikazani kako slijedi: za mikrotvrdoću u Tablici 28, za parametar Ra u Tablici 29, za početne vrijednosti parametara obojenja  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  u Tablici 30, za završne vrijednosti parametara obojenja  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  u Tablici 31, za parametar promjene boje  $\Delta E^*$  i promjene pojedinih parametara obojenja ( $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ ) u Tablici 32.

Rezultati za usporedbe u eksperimentalnoj skupini su prikazani kako slijedi: za mikrotvrdoću u Tablici 33, za parametar Ra u Tablici 34, za početne vrijednosti parametara obojenja  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  u Tablici 35, za završne vrijednosti parametara obojenja  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  u Tablici 36, za parametar promjene boje  $\Delta E^*$  i promjene pojedinih parametara obojenja ( $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ ) u Tablici 37.

Općenito, u svim tablicama s prikazom statistički homogenih skupina, materijali čije srednje vrijednosti pripadaju istoj homogenoj skupini ne razlikuju se međusobno na razini značajnosti od  $\alpha = 0,05$ . Statistički značajne razlike na istoj razini značajnosti prisutne su između pojedinih statistički homogenih skupina.

**Tablica 28.** Statistički homogene skupine za početne i završne vrijednosti mikrotvrdoće te promjenu mikrotvrdoće u kontrolnoj skupini. Razina značajnosti  $\alpha = 0,05$ .

	Materijal	Homogene skupine				
		1	2	3	4	5
<b>Početna mikrotvrdoća</b>	EQC	29,680				
	EQ		34,730			
	CEN			39,390		
	TEC				48,190	
	CHA				48,320	
	FBF					54,880
	<b>P*</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Materijal	Homogene skupine				
		1	2	3	4	5
<b>Završna mikrotvrdoća</b>	EQC	29,330				
	CEN		38,980			
	EQ			42,930		
	TEC				47,210	
	FBF					51,680
	CHA					53,190
	<b>P*</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	0,610

	Materijal	Homogene skupine			
		1	2	3	4
<b>Promjena mikrotvrdoće</b>	FBF	-3,200			
	TEC	-0,980	-0,980		
	CEN		-0,410		
	EQC		-0,350		
	CHA			4,870	
	EQ				8,200
	<b>P*</b>	0,134	0,979	1,000	1,000

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 29.** Statistički homogene skupine za početne i završne vrijednosti parametra Ra te promjenu Ra u kontrolnoj skupini. Razina značajnosti  $\alpha = 0,05$ .

	Materijal	Homogene skupine			
		1	2	3	4
Početna vrijednost Ra	CHA	0,03650			
	CEN		0,18350		
	FBF		0,19620		
	TEC		0,21000	0,21000	
	EQ			0,26940	0,26940
	EQC				0,32150
	<b>P*</b>		1,000	0,792	0,060

	Materijal	Homogene skupine		
		1	2	3
Završna vrijednost Ra	CHA	0,03730		
	CEN		0,18140	
	TEC		0,21960	
	FBF		0,22270	
	EQ			0,30150
	EQC			0,35440
	<b>P*</b>		1,000	0,371

	Materijal	Homogene skupine		
		1	2	3
Promjena Ra	CEN	-0,00210		
	CHA	0,00080		
	TEC	0,00960	0,00960	
	FBF		0,02650	0,02650
	EQ			0,03210
	EQC			0,03290
	<b>P*</b>		0,623	0,227

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 30.** Statistički homogene skupine za početne vrijednosti parametara obojenja L\*, a\* i b\* u kontrolnoj skupini. Razina značajnosti  $\alpha = 0,05$ .

	Materijal	Homogene skupine		
		1	2	3
Početna vrijednost L*	FBF	81,840		
	EQC	83,470	83,470	
	EQ		84,390	
	CEN			89,550
	CHA			89,860
	TEC			91,540
	<b>P*</b>	0,229	0,797	0,080

	Materijal	Homogene skupine			
		1	2	3	4
Početna vrijednost a*	CHA	-0,890			
	TEC	-0,400	-0,400		
	FBF		0,170	0,170	
	CEN			0,450	
	EQC				8,940
	EQ				9,020
	<b>P*</b>	0,132	0,050	0,697	0,998

	Materijal	Homogene skupine		
		1	2	3
Početna vrijednost b*	CEN	20,780		
	TEC		28,086	
	FBF		28,840	
	CHA		30,270	
	EQC		31,570	
	EQ			35,800
	<b>P*</b>	1,000	0,054	1,000

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom



**Tablica 31.** Statistički homogene skupine za završne vrijednosti parametara obojenja L\*, a\* i b\* u kontrolnoj skupini. Razina značajnosti  $\alpha = 0,05$ .

	Materijal	Homogene skupine		
		1	2	3
<b>Završna vrijednost l*</b>	FBF	83,150		
	EQC	84,150	84,150	
	EQ		85,490	
	CEN			89,210
	CHA			89,380
	TEC			91,100
	<b>P*</b>	0,701	0,393	0,086

	Materijal	Homogene skupine		
		1	2	3
<b>Završna vrijednost a*</b>	CHA	-0,700		
	TEC		0,150	
	FBF		0,370	
	CEN		0,450	
	EQ			8,360
	EQC			8,580
	<b>P*</b>	1,000	0,725	0,906

	Materijal	Homogene skupine		
		1	2	3
<b>Završna vrijednost b*</b>	CEN	20,720		
	TEC		27,965	
	FBF		28,390	
	EQC		30,760	
	CHA		31,200	31,200
	EQ			34,810
	<b>P*</b>	1,000	0,111	0,055

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 32.** Statistički homogene skupine za  $\Delta E^*$  i promjene  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  u kontrolnoj skupini. Razina značajnosti  $\alpha = 0,05$ .

	Materijal	Homogene skupine	
		1	2
$\Delta E^*$	CEN	0,6956237	
	TEC	1,0913575	1,0913575
	EQC	1,4586441	1,4586441
	FBF	1,5000888	1,5000888
	CHA	1,7071199	1,7071199
	EQ		2,3881079
	<b>P*</b>	0,356	0,125

	Materijal	Homogene skupine	
		1	2
Promjena $L^*$	CHA	-0,480	
	TEC	-0,440	
	CEN	-0,340	-0,340
	EQC	0,680	0,680
	EQ	1,100	1,100
	FBF		1,310
	<b>P*</b>	0,090	0,068

	Materijal	Homogene skupine		
		1	2	3
Promjena $a^*$	EQ	-0,660		
	EQC	-0,360	-0,360	
	CEN		0,000	0,000
	CHA		0,190	0,190
	FBF		0,200	0,200
	TEC			0,550
	<b>P*</b>	0,635	0,059	0,067

	Materijal	Homogene skupine	
		1	2
Promjena $b^*$	EQ	-0,990	
	EQC	-0,810	
	FBF	-0,450	
	TEC	-0,121	-0,121
	CEN	-0,060	-0,060
	CHA		0,930
	<b>P*</b>	0,146	0,071

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 33.** Statistički homogene skupine za početne i završne vrijednosti mikrotvrdoće te promjenu mikrotvrdoće u eksperimentalnoj skupini. Razina značajnosti  $\alpha = 0,05$ .

	Materijal	Homogene skupine				
		1	2	3	4	
<b>Početna mikrotvrdoća</b>	EQ	30,320				
	EQC	30,820				
	CEN		39,530			
	CHA			47,210		
	TEC			48,480		
	FBF				58,300	
	<b>P*</b>	0,995	1,000	0,774	1,000	
	<hr/>					
	Materijal	Homogene skupine				
		1	2	3	4	5
<b>Završna mikrotvrdoća</b>	EQC	29,600				
	TEC		34,860			
	CEN		35,020			
	CHA			39,930		
	FBF				53,770	
	EQ					58,000
	<b>P*</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	<hr/>					
	Materijal	Homogene skupine				
		1	2	3	4	
<b>Promjena mikrotvrdoće</b>	TEC	-13,620				
	CHA		-7,280			
	FBF		-4,530	-4,530		
	CEN		-4,510	-4,510		
	EQC			-1,220		
	EQ				27,680	
	<b>P*</b>	1,000	0,178	0,064	1,000	

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 34.** Statistički homogene skupine za početne i završne vrijednosti parametra Ra te promjenu Ra u eksperimentalnoj skupini. Razina značajnosti  $\alpha = 0,05$ .

	Materijal	Homogene skupine			
		1	2	3	4
Početna vrijednost Ra	CHA	0,03560			
	CEN		0,16490		
	FBF		0,20520	0,20520	
	TEC			0,24650	
	EQ			0,26910	
	EQC				0,38120
	<b>P*</b>	1,000	0,533	0,090	1,000

	Materijal	Homogene skupine				
		1	2	3	4	5
Završna vrijednost Ra	CHA	0,05600				
	CEN		0,20420			
	TEC			0,31370		
	FBF			0,32630		
	EQ				0,42160	
	EQC					0,51690
	<b>P*</b>	1,000	1,000	0,991	1,000	1,000

	Materijal	Homogene skupine			
		1	2	3	4
Promjena Ra	CHA	0,02040			
	CEN	0,03930	0,03930		
	TEC	0,06720	0,06720	0,06720	
	FBF		0,12110	0,12110	0,12110
	EQC			0,13570	0,13570
	EQ				0,15250
	<b>P*</b>	0,552	0,053	0,156	0,869

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 35.** Statistički homogene skupine za početne vrijednosti parametara obojenja L\*, a\* i b\* u eksperimentalnoj skupini. Razina značajnosti  $\alpha = 0,05$ .

	Materijal	Homogene skupine		
		1	2	3
Početna vrijednost L*	CHA	75,100		
	FBF		80,910	
	EQC		82,060	
	EQ		82,430	
	TEC			87,900
	CEN			89,960
	<b>P*</b>	1,000	0,359	0,091

	Materijal	Homogene skupine			
		1	2	3	4
Početna vrijednost a*	CHA	-0,150			
	TEC	0,100	0,100		
	FBF	0,250	0,250		
	CEN		0,530		
	EQC			8,550	
	EQ				9,230
	<b>P*</b>	0,236	0,171	1,000	1,000

	Materijal	Homogene skupine			
		1	2	3	4
Početna vrijednost b*	CEN	20,030			
	FBF		23,750		
	CHA		25,950	25,950	
	TEC			26,150	
	EQ				37,100
	EQC				38,040
	<b>P*</b>	1,000	0,071	1,000	0,834

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 36.** Statistički homogene skupine za završne vrijednosti parametara obojenja L\*, a\* i b\* u eksperimentalnoj skupini. Razina značajnosti  $\alpha = 0,05$ .

	Materijal	Homogene skupine		
		1	2	3
<b>Završna vrijednost L*</b>	FBF	84,390		
	EQ	85,780	85,780	
	EQC	85,910	85,910	
	TEC		87,310	87,310
	CEN		87,510	87,510
	CHA			88,760
	<b>P*</b>	0,279	0,159	0,329

	Materijal	Homogene skupine			
		1	2	3	4
<b>Završna vrijednost a*</b>	CHA	-0,140			
	FBF		1,180		
	TEC		1,240		
	CEN		1,370		
	EQ			6,310	
	EQC				7,550
	<b>P*</b>	1,000	0,996	1,000	1,000

	Materijal	Homogene skupine			
		1	2	3	4
<b>Završna vrijednost b*</b>	CEN	23,210			
	TEC		28,680		
	FBF		29,180		
	CHA		29,580		
	EQ			32,920	
	EQC				35,760
	<b>P*</b>	1,000	0,622	1,000	1,000

TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

**Tablica 37.** Statistički homogene skupine za  $\Delta E^*$  i  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  u eksperimentalnoj skupini. Razina značajnosti  $\alpha = 0,05$ .

	Materijal	Homogene skupine		
		1	2	3
<b><math>\Delta E^*</math></b>	TEC	3,1892557		
	EQC	4,8468360	4,8468360	
	CEN	5,6957387	5,6957387	
	EQ		6,6626414	
	FBF		6,7442430	
	CHA			14,1615540
	<b><math>P^*</math></b>	0,145	0,422	1,000
<b>Promjena <math>L^*</math></b>	Materijal	Homogene skupine		
		1	2	3
	CEN	-2,450		
	TEC	-0,590		
	EQ		3,350	
	FBF		3,480	
	EQC		3,850	
	CHA			13,660
<b><math>P^*</math></b>	0,379	0,995	1,000	
<b>Promjena <math>a^*</math></b>	Materijal	Homogene skupine		
		1	2	3
	EQ	-2,920		
	EQC		-1,000	
	CHA		0,010	0,010
	CEN			0,840
	FBF			0,930
	TEC			1,140
<b><math>P^*</math></b>	1,000	0,262	0,160	
<b>Promjena <math>b^*</math></b>	Materijal	Homogene skupine		
		1	2	
	EQ	-4,180		
	EQC	-2,280		
	TEC		2,530	
	CEN		3,180	
	CHA		3,630	
	FBF		5,430	
<b><math>P^*</math></b>	0,443	0,068		

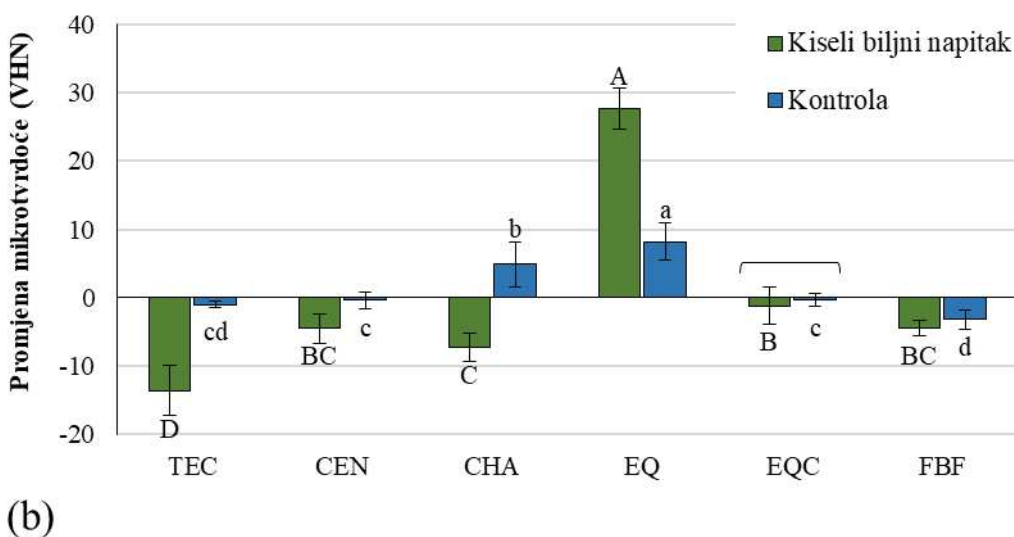
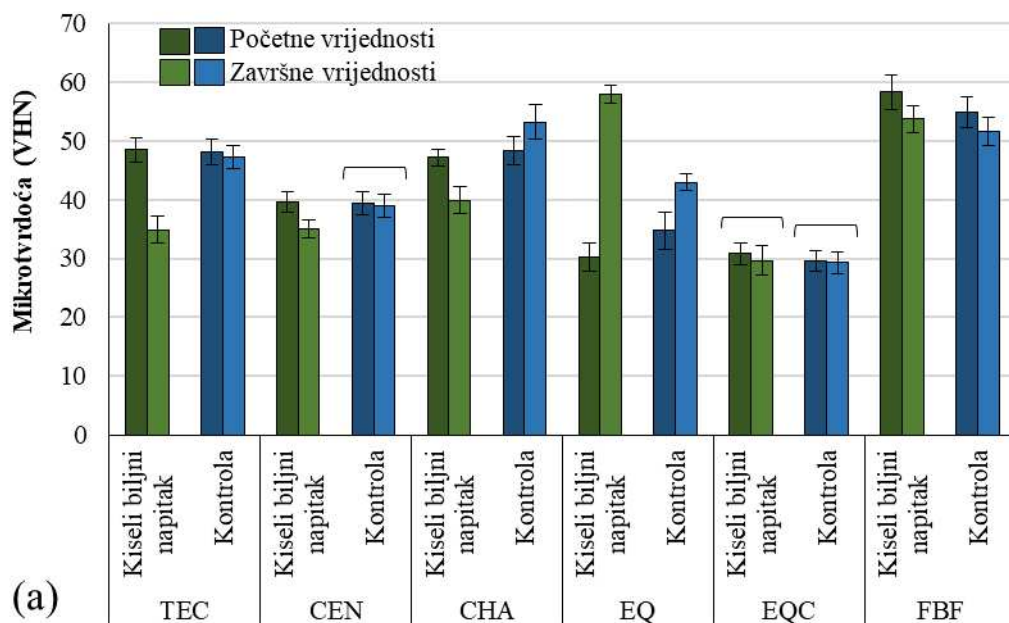
TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill

\* Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s *post hoc* Tukey prilagodbom

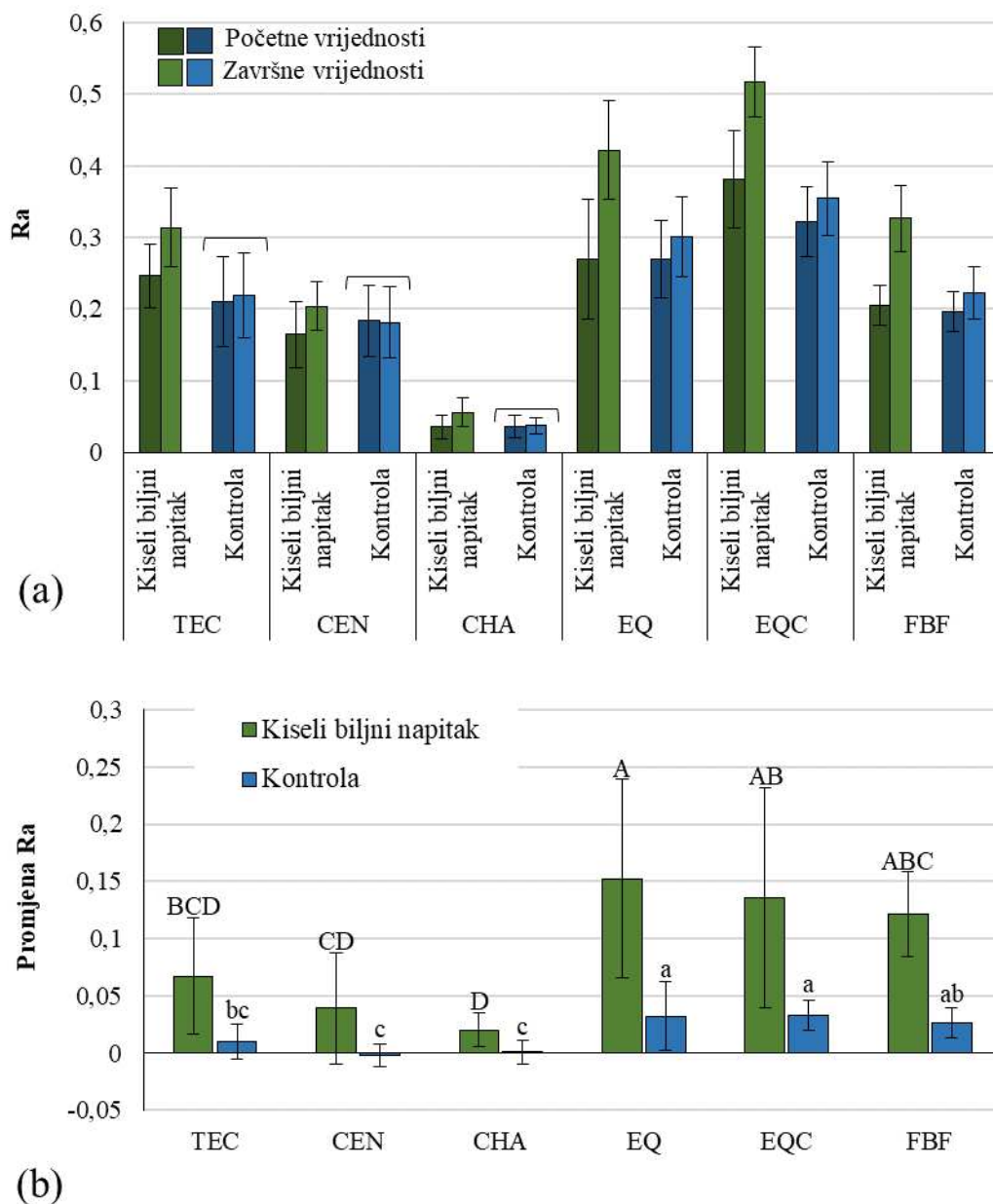
Na Slici 17 su prikazani relevantni rezultati statističkih analiza za početne i završne vrijednosti mikrotvrdoće (a), odnosno promjenu mikrotvrdoće (b). Statistički značajno smanjenje mikrotvrdoće nakon namakanja opaženo je kod materijala Tetric EvoCeram i Filtek One Bulk Fill u obje skupine (kontrolnoj i eksperimentalnoj). Nasuprot takvom rezultatu, kod materijala Equia Forte HT nastupilo je statistički značajno povećanje mikrotvrdoće nakon namakanja u obje skupine. Statistički značajne promjene mikrotvrdoće nisu opažene kod Equia Forte HT obloženog smolastim premazom Equia Coat (u obje skupine) i Cention N (u kontrolnoj skupini). Kod materijala Charisma Classic je opaženo smanjenje mikrotvrdoće u eksperimentalnoj skupini, dok je u kontrolnoj skupini došlo do povećanja mikrotvrdoće. Usporedba vrijednosti promjene mikrotvrdoće između eksperimentalne i kontrolne skupine pokazala je da su razlike bile statistički značajne za sve materijale, osim za Equia Forte HT s premazom Equia Coat.

Parametar hrapavosti površine  $R_a$  prije i nakon namakanja prikazan je na Slici 18(a). Kod većine materijala, vrijednosti  $R_a$  su statistički značajno porasle nakon namakanja, osim kod tri materijala (Tetric EvoCeram, Cention N i Charisma Classic) u kontrolnoj skupini, za koje nisu utvrđene statistički značajne promjene nakon namakanja. Usporedba promjene parametra  $R_a$  između eksperimentalne i kontrolne skupine prikazana na Slici 18(b) pokazuje značajno veće promjene  $R_a$  u eksperimentalnoj skupini u usporedbi s kontrolnom skupinom za sve materijale. Sve usporedbe promjene  $R_a$  između eksperimentalne i kontrolne skupine pokazale su statistički značajne razlike.





**Slika 17.** Mikrotvrdoća (srednje vrijednosti  $\pm$  s.d.) izmjerena 24 h nakon pripreme uzoraka i nakon 1 mjeseca namakanja (a), odnosno promjena mikrotvrdoće (srednje vrijednosti  $\pm$  s.d.) koja predstavlja razliku mikrotvrdoće između navedene dvije vremenske točke (b). Uglate zagrade označavaju statistički slične vrijednosti. Ista velika slova označavaju statistički slične vrijednosti unutar eksperimentalne skupine. Ista mala slova označavaju statistički slične vrijednosti unutar kontrolne skupine.

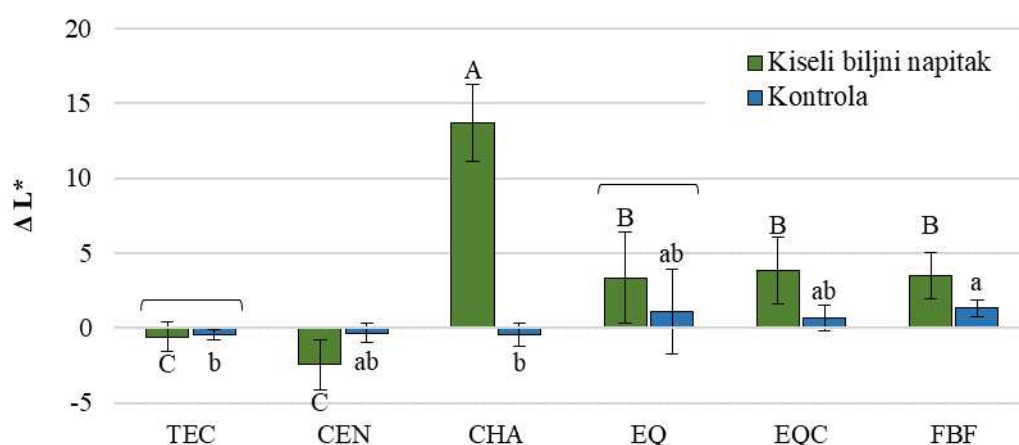


**Slika 18.** Parametar hrapavosti površine Ra (srednje vrijednosti  $\pm$  s.d.) izmjeren 24 h nakon pripreme uzoraka i nakon 1 mjeseca namakanja (a), odnosno promjena parametra Ra (srednje vrijednosti  $\pm$  s.d.) koja predstavlja razliku hrapavosti površine između navedene dvije vremenske točke (b). Uglate zagrade označavaju statistički slične vrijednosti. Ista velika slova označavaju statistički slične vrijednosti unutar eksperimentalne skupine. Ista mala slova označavaju statistički slične vrijednosti unutar kontrolne skupine.

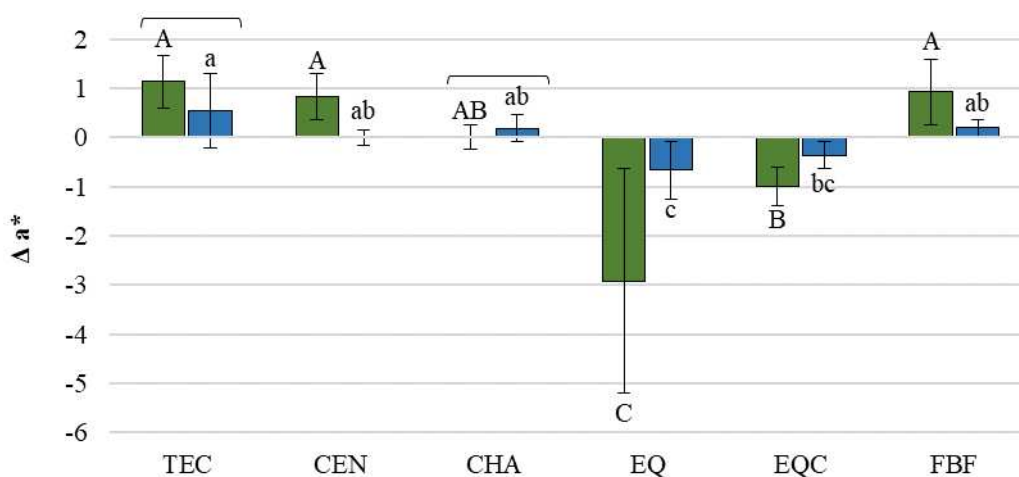
Slike 19-21 prikazuju pomake uzduž pojedinih osi boja ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ ) koje su nastupile nakon namakanja uzoraka. Promjene boje općenito su odvijale u istom smjeru u obje skupine (eksperimentalnoj i kontrolnoj), s time da je stupanj promjene boje bio znatno veći u eksperimentalnoj skupini.

Opaženo je nekoliko iznimaka, tj. za neke materijale promjene su bile statistički slične u obje skupine (Tetric EvoCeram i Equia Forte HT za  $\Delta L^*$ ; Tetric EvoCeram i Charisma Classic za  $\Delta a^*$ ), dok se za neke materijale smjer promjene razlikovao ovisno o skupini (pozitivne naspram negativnih promjena u  $\Delta L^*$  za Charisma Classic i  $\Delta b^*$  za Filtek One Bulk Fill).

Promjena boje izražena kao  $\Delta E^*$  prikazana je na Slici 22. Promjena boje razlikovala se među materijalima, a kod svih materijala je bila statistički značajno izraženija u eksperimentalnoj skupini nego u kontrolnoj skupini.

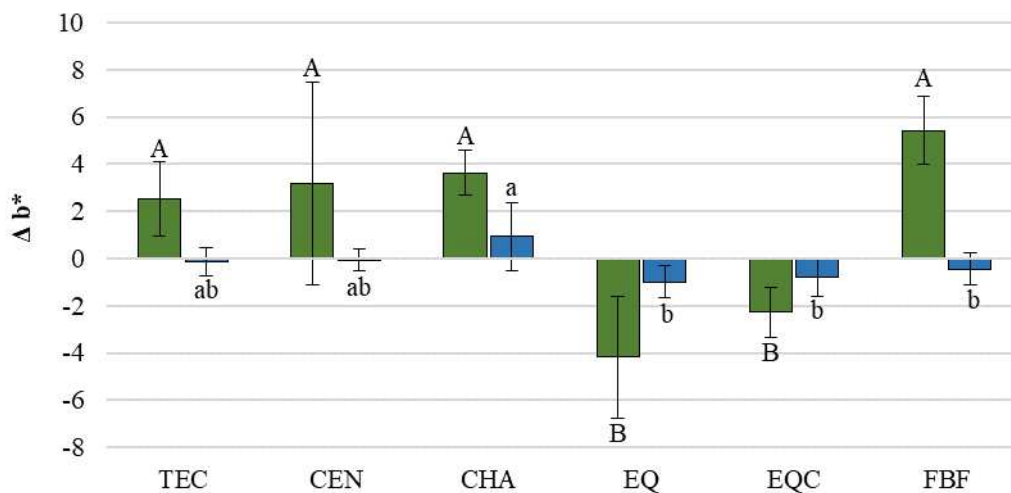


**Slika 19.** Promjena parametra  $L^*$  između 24 sata i 1 mjeseca (srednje vrijednosti  $\pm$  s.d.). Uglate zagrade označavaju statistički slične vrijednosti za usporedbe između eksperimentalne i kontrolne skupine. Ista velika slova označavaju statistički slične vrijednosti unutar eksperimentalne skupine. Ista mala slova označavaju statistički slične vrijednosti unutar kontrolne skupine.

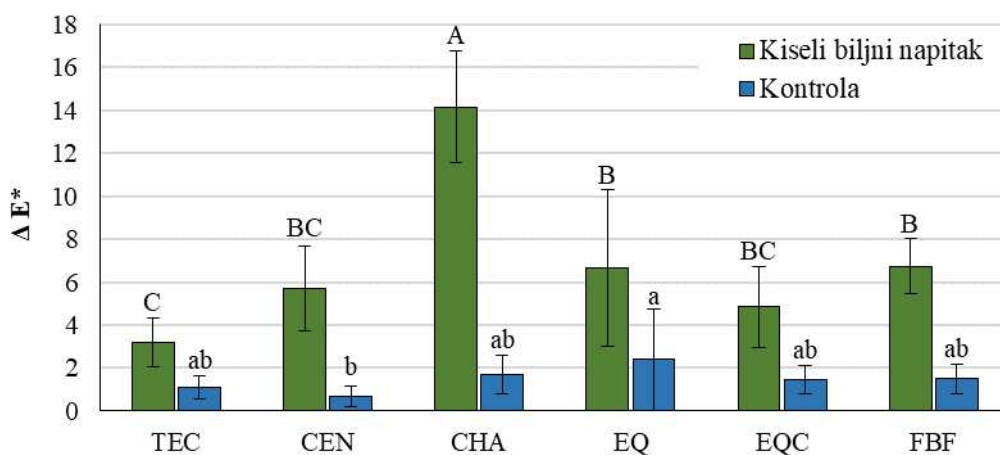


**Slika 20.** Promjena parametra  $a^*$  između 24 sata i 1 mjeseca (srednje vrijednosti  $\pm$  s.d.).

Uglate zagrade označavaju statistički slične vrijednosti za usporedbe između eksperimentalne i kontrolne skupine. Ista velika slova označavaju statistički slične vrijednosti unutar eksperimentalne skupine. Ista mala slova označavaju statistički slične vrijednosti unutar kontrolne skupine.

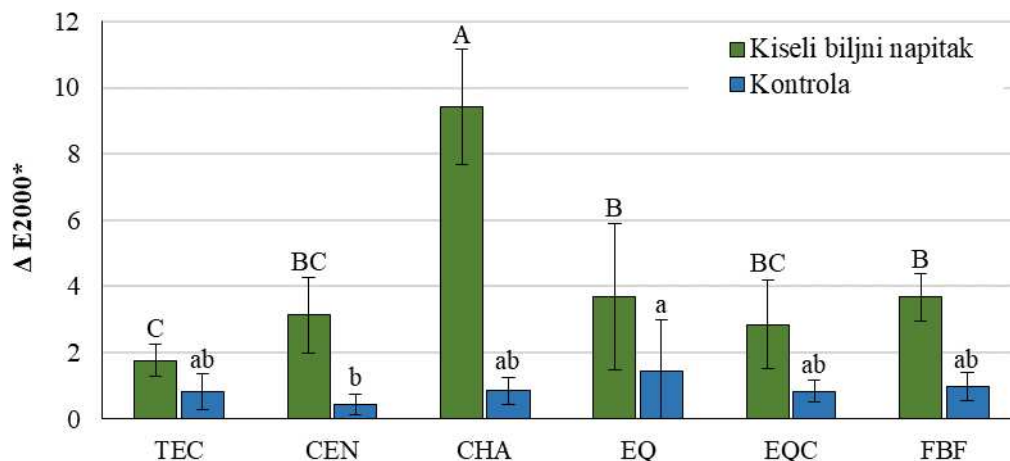


**Slika 21.** Promjena parametra  $b^*$  između 24 sata i 1 mjeseca (srednje vrijednosti  $\pm$  s.d.). Sve usporedbe između eksperimentalne i kontrolne skupine pokazale su statistički značajne razlike. Ista velika slova označavaju statistički slične vrijednosti unutar eksperimentalne skupine. Ista mala slova označavaju statistički slične vrijednosti unutar kontrolne skupine.



**Slika 22.** Rezultati  $\Delta E^*$  (srednje vrijednosti  $\pm$  s.d.) koja predstavljaju promjenu boje između 24 sata i 1 mjeseca. Sve usporedbe između eksperimentalne i kontrolne skupine pokazale su statistički značajne razlike. Ista velika slova označavaju statistički slične vrijednosti unutar eksperimentalne skupine. Ista mala slova označavaju statistički slične vrijednosti unutar kontrolne skupine.

Vrijednosti parametra  $\Delta E_{2000}^*$  koji predstavlja alternativnu mjeru za kvantifikaciju promjene boje prikazane su na Slici 23. Slično kao i kod  $\Delta E^*$ , opažene su statistički značajne promjene boje među materijalima, a eksperimentalna skupina je kod svih materijala pokazala statistički značajno veću promjenu boje u eksperimentalnoj skupini u usporedbi s kontrolnom skupinom.



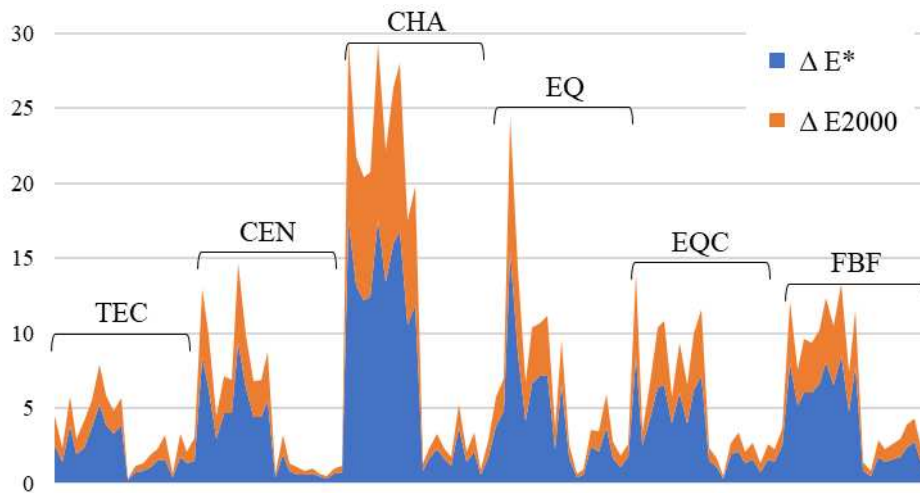
**Slika 23.** Vrijednosti  $\Delta E_{2000}^*$  (srednje vrijednosti  $\pm$  s.d.) kao mjera promjene boje između 24 sata i 1 mjeseca. Sve usporedbe između eksperimentalne i kontrolne skupine pokazale su statistički značajne razlike. Ista velika slova označavaju statistički slične vrijednosti unutar eksperimentalne skupine. Ista mala slova označavaju statistički slične vrijednosti unutar kontrolne skupine.

Rezultati analize glavnih komponenta prikazani su na grafikonu opterećenja prvih triju glavnih komponenta u rotiranom prostoru (Slika 24) iz kojeg su vidljive relativne veličine kovarijance između  $\Delta E$ , promjene mikrotvrdoće ( $\Delta HV$ ) i promjene parametra Ra ( $\Delta Ra$ ) u eksperimentalnoj i kontrolnoj skupini. Prostorni odnos varijabli  $\Delta Ra$  (kontrola) i  $\Delta Ra$  (kiseli biljni napitak) u rotiranom prostoru ukazuje na posebno izraženu zajedničku kovarijancu ovih dviju varijabli u usporedbi s ostalim kombinacijama varijabli. Takav rezultat je potvrđen Pearsonovom korelacijskom analizom koja je za gore navedenih šest parova varijabli pokazala da su statistički značajne bile samo bivarijatne korelacije za kombinaciju  $\Delta Ra$  (kontrola) i  $\Delta Ra$  (kiseli biljni napitak), s  $p < 0,001$  i  $R = 0,98$ .



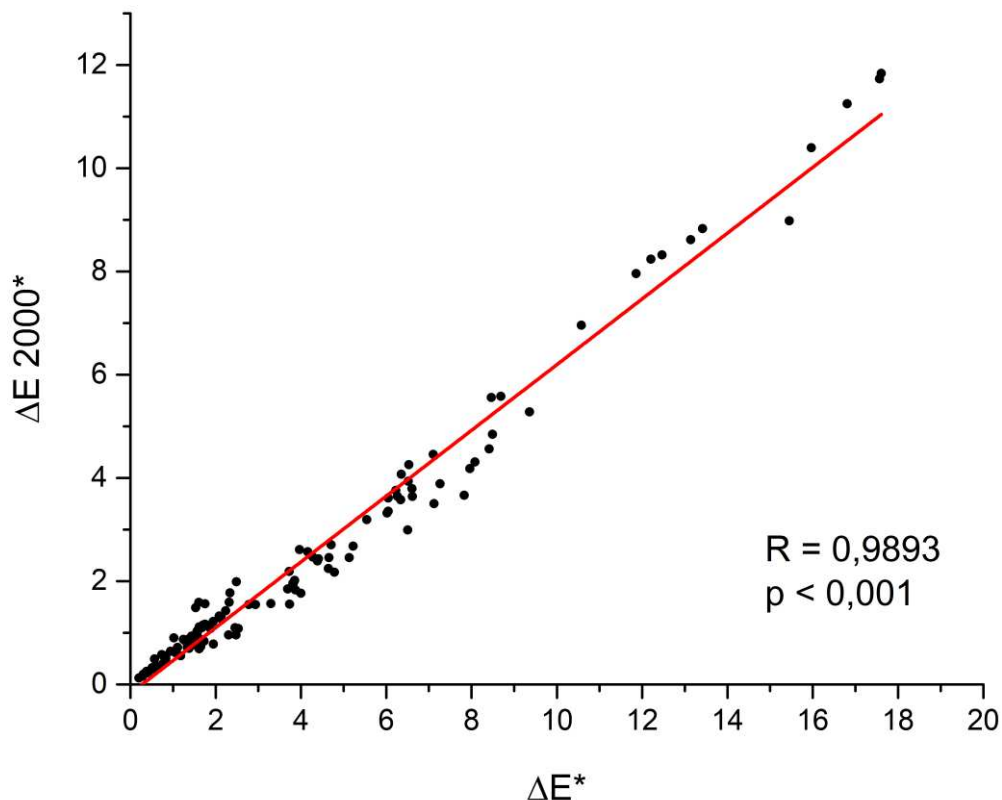
**Slika 24.** Dijagram opterećenja prvih triju glavnih komponenata u rotiranom prostoru za varijable koje predstavljaju promjenu mikrotvrdoće ( $\Delta HV$ ), promjenu hrapavosti površine ( $\Delta Ra$ ) i promjenu boje ( $\Delta E^*$ ) u eksperimentalnoj i kontrolnoj skupini.

Usporedba parametara promjene boje  $\Delta E^*$  i  $\Delta E_{2000}^*$  prikazana je na Slici 25 u obliku grafikona površina kako bi se mogli vizualizirati obrasci promjena dvaju parametara za kvantifikaciju promjene boje. U svim skupinama materijala se opaža sličan obrazac, pri čemu su apsolutne vrijednosti  $\Delta E_{2000}^*$  veće od vrijednosti  $\Delta E^*$ .



**Slika 25.** Usporedba individualnih vrijednosti svakog uzorka za parametre promjene boje  $\Delta E^*$  i  $\Delta E_{2000}^*$ . TEC = Tetric EvoCeram, CEN = Cention N, CHA = Charisma Classic, EQ = Equia Forte HT, EQC = Equia Forte HT s premazom Equia Coat, FBF = Filtek One Bulk Fill. Vrijednosti na y-osi:  $\Delta E$  ili  $\Delta E_{2000}$  (bezdimezijska veličina).

Korelacija parametara promjene boje  $\Delta E^*$  i  $\Delta E_{2000}^*$  prikazana je na dijagramu raspršenja na Slici 26. Parametar  $\Delta E_{2000}^*$  (y-os) prikazan je kao funkcija parametra  $\Delta E^*$  (x-os), a točke predstavljaju parove vrijednosti pojedinačnih uzoraka. Pearsonova korelacijska analiza pokazala je visoko značajnu korelaciju oba parametra ( $p < 0,001$ ) uz visoki koeficijent korelacije ( $R = 0,9893$ ).



**Slika 26.** Korelacija parametara promjene boje  $\Delta E^*$  i  $\Delta E 2000^*$ . Crne točke predstavljaju vrijednosti pojedinačnih uzoraka, a crvena crta prikazuje linearnu korelaciju.

Rezultati Pearsonove korelacijske analize za binarne kombinacije promjene mikrotvrdoće, promjene parametra  $R_a$  te promjene parametara obojenja  $\Delta E^*$ ,  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  prikazani su u Tablici 38 za sve materijale zajedno. U tom korelacijskom modelu, najveće pozitivne korelacije opažene su za  $\Delta E^*$  i promjenu parametra  $L^*$  ( $R = 0,809$ ) te promjenu parametra  $a^*$  i promjenu parametra  $b^*$  ( $R = 0,691$ ). Najveće negativne korelacije opažene su za promjenu mikrotvrdoće i promjenu parametra  $a^*$  ( $R = -0,690$ ) te za promjenu mikrotvrdoće i promjenu parametra  $b^*$  ( $R = -0,573$ ).

Rezultati Pearsonove korelacijske analize provedeni na razini pojedinačnih materijala prikazani su odvojeno za svaki materijal kako slijedi: Tetric EvoCeram u Tablici 39, Cention N u Tablici 40, Charisma Classic u Tablici 41, Equia Forte HT u Tablici 42, Equia Forte HT sa smolastim premazom Equia Coat u Tablici 43 i Filtek One Bulk Fill u Tablici 44.



U ovim korelacijskim modelima opažene su veće vrijednosti korelacijskih koeficijenata nego u generalnom modelu temeljenom na svim materijalima zajedno, s najvišim apsolutnim vrijednostima koeficijenta R za promjenu parametra  $b^*$  i  $\Delta E^*$  kod materijala Filtek One Bulk Fill ( $R = 0,951$ ), promjenu parametra  $a^*$  i  $\Delta E^*$  kod materijala Cention N ( $R = 0,923$ ), promjenu parametra  $L^*$  i  $\Delta E^*$  kod materijala Charisma Classic ( $R = 0,992$ ), promjenu parametara  $a^*$  i  $b^*$  kod materijala Equia Forte HT ( $R = 0,937$ ) te promjenu parametra  $b^*$  i  $\Delta E^*$  kod materijala Tetric EvoCeram ( $R = 0,898$ ). Uz istaknute korelacije s visokim koeficijentima R, u korelacijskim modelima pojedinačnih materijala opažene su i brojne druge korelacije značajne na razini  $\alpha = 0,05$  koje su općenito bile izraženije nego u generalnom modelu temeljenom na svim materijalima zajedno.

**Tablica 38.** Rezultati Pearsonove korelacijske analize (p-vrijednosti i koeficijenti korelacije) za sve materijale s obzirom na promjene mikrotvrdoće ( $\Delta HV$ ),  $\Delta Ra$ ,  $\Delta E^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ .

		$\Delta HV$	$\Delta Ra$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
$\Delta HV$	Koeficijent korelacije (R)	1	0,299**	-0,063	-0,040	-0,690**	-0,573**
	$P^*$		0,001	0,492	0,663	<0,001	<0,001
$\Delta Ra$	Koeficijent korelacije (R)		1	0,217*	0,122	-0,253**	-0,092
	$P^*$			0,017	0,185	0,005	0,318
$\Delta E^*$	Koeficijent korelacije (R)			1	0,809**	-0,208*	0,297**
	$P^*$				<0,001	0,023	0,001
$\Delta L^*$	Koeficijent korelacije (R)				1	-0,266**	0,090
	$P^*$					0,003	0,327
$\Delta a^*$	Koeficijent korelacije (R)					1	0,691**
	$P^*$						<0,001
$\Delta b^*$	Koeficijent korelacije (R)						1
	$P^*$						

Korelacije koje su bile statistički značajne na razini  $\alpha = 0,05$  označene su jednom zvjezdicom (\*), odnosno dvjema zvjezdicama (\*\*) za razinu  $\alpha = 0,001$ .

\* Korelacijska analiza prema Pearsonu

**Tablica 39.** Rezultati Pearsonove korelacijske analize (p-vrijednosti i koeficijenti korelacije) za materijal Tetric EvoCeram s obzirom na promjene mikrotvrdoće ( $\Delta HV$ ),  $\Delta Ra$ ,  $\Delta E^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ .

		$\Delta HV$	$\Delta Ra$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
$\Delta HV$	Koeficijent korelacije (R)	1	-0,373	-0,611**	0,002	-0,483*	-0,579**
	$P^*$		0,106	0,004	0,994	0,031	0,007
$\Delta Ra$	Koeficijent korelacije (R)		1	0,804**	-0,069	0,138	0,805**
	$P^*$			<0,001	0,774	0,562	<0,001
$\Delta E^*$	Koeficijent korelacije (R)			1	-0,235	0,452*	0,898**
	$P^*$				0,319	0,045	<0,001
$\Delta L^*$	Koeficijent korelacije (R)				1	-0,129	-0,101
	$P^*$					0,587	0,671
$\Delta a^*$	Koeficijent korelacije (R)					1	0,234
	$P^*$						0,321
$\Delta b^*$	Koeficijent korelacije (R)						1
	$P^*$						

Korelacije koje su bile statistički značajne na razini  $\alpha = 0,05$  označene su jednom zvjezdicom (\*), odnosno dvjema zvjezdicama (\*\*) za razinu  $\alpha = 0,001$ .

\* Korelacijska analiza prema Pearsonu

**Tablica 40.** Rezultati Pearsonove korelacijske analize (p-vrijednosti i koeficijenti korelacije) za materijal Cention N s obzirom na promjene mikrotvrdoće ( $\Delta HV$ ),  $\Delta Ra$ ,  $\Delta E^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ .

		$\Delta HV$	$\Delta Ra$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
$\Delta HV$	Koeficijent korelacije (R)	1	-0,560*	-0,794**	0,540*	-0,833**	-0,379
	$P^*$		0,010	<0,001	0,014	<0,001	0,099
$\Delta Ra$	Koeficijent korelacije (R)		1	0,562**	-0,360	0,533*	0,198
	$P^*$			0,010	0,119	0,016	0,402
$\Delta E^*$	Koeficijent korelacije (R)			1	-0,861**	0,923**	0,669**
	$P^*$				<0,001	<0,001	0,001
$\Delta L^*$	Koeficijent korelacije (R)				1	-0,702**	-0,644**
	$P^*$					0,001	0,002
$\Delta a^*$	Koeficijent korelacije (R)					1	0,717**
	$P^*$						<0,001
$\Delta b^*$	Koeficijent korelacije (R)						1
	$P^*$						

Korelacije koje su bile statistički značajne na razini  $\alpha = 0,05$  označene su jednom zvjezdicom (\*), odnosno dvjema zvjezdicama (\*\*) za razinu  $\alpha = 0,001$ .

\* Korelacijska analiza prema Pearsonu

**Tablica 41.** Rezultati Pearsonove korelacijske analize (p-vrijednosti i koeficijenti korelacije) za materijal Charisma Classic s obzirom na promjene mikrotvrdoće ( $\Delta HV$ ),  $\Delta Ra$ ,  $\Delta E^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ .

		$\Delta HV$	$\Delta Ra$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
$\Delta HV$	Koeficijent korelacije (R)	1	-0,480*	-0,878**	-0,876**	0,226	-0,703**
	$P^*$		0,032	<0,001	<0,001	0,338	0,001
$\Delta Ra$	Koeficijent korelacije (R)		1	0,614**	0,612**	-0,145	0,511*
	$P^*$			0,004	0,004	0,541	0,021
$\Delta E^*$	Koeficijent korelacije (R)			1	0,992**	-0,403	0,813**
	$P^*$				<0,001	0,078	<0,001
$\Delta L^*$	Koeficijent korelacije (R)				1	-0,442	0,779**
	$P^*$					0,051	<0,001
$\Delta a^*$	Koeficijent korelacije (R)					1	-0,239
	$P^*$						0,309
$\Delta b^*$	Koeficijent korelacije (R)						1
	$P^*$						

Korelacije koje su bile statistički značajne na razini  $\alpha = 0,05$  označene su jednom zvjezdicom (\*), odnosno dvjema zvjezdicama (\*\*) za razinu  $\alpha = 0,001$ .

\* Korelacijska analiza prema Pearsonu

**Tablica 42.** Rezultati Pearsonove korelacijske analize (p-vrijednosti i koeficijenti korelacije) za materijal Equia Forte HT s obzirom na promjene mikrotvrdoće ( $\Delta HV$ ),  $\Delta Ra$ ,  $\Delta E^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ .

		$\Delta HV$	$\Delta Ra$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
$\Delta HV$	Koeficijent korelacije (R)	1	0,670**	0,452*	0,246	-0,489*	-0,587**
	$P^*$		0,001	0,045	0,296	0,029	0,006
$\Delta Ra$	Koeficijent korelacije (R)		1	0,271	0,173	-0,224	-0,337
	$P^*$			0,247	0,465	0,343	0,146
$\Delta E^*$	Koeficijent korelacije (R)			1	0,783**	-0,892**	-0,857**
	$P^*$				<0,001	<0,001	<0,001
$\Delta L^*$	Koeficijent korelacije (R)				1	-0,617**	-0,488*
	$P^*$					0,004	0,029
$\Delta a^*$	Koeficijent korelacije (R)					1	0,937**
	$P^*$						<0,001
$\Delta b^*$	Koeficijent korelacije (R)						1
	$P^*$						

Korelacije koje su bile statistički značajne na razini  $\alpha = 0,05$  označene su jednom zvjezdicom (\*), odnosno dvjema zvjezdicama (\*\*) za razinu  $\alpha = 0,001$ .

\* Korelacijska analiza prema Pearsonu

**Tablica 43.** Rezultati Pearsonove korelacijske analize (p-vrijednosti i koeficijenti korelacije) za materijal Equia Forte HT premazan smolastim premazom Equia Coat s obzirom na promjene mikrotvrdoće ( $\Delta HV$ ),  $\Delta Ra$ ,  $\Delta E^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ .

		$\Delta HV$	$\Delta Ra$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
$\Delta HV$	Koeficijent korelacije (R)	1	0,264	-0,282	-0,238	0,267	0,190
	$P^*$		0,261	0,229	0,312	0,254	0,421
$\Delta Ra$	Koeficijent korelacije (R)		1	0,450*	0,453*	-0,511*	-0,291
	$P^*$			0,046	0,045	0,021	0,213
$\Delta E^*$	Koeficijent korelacije (R)			1	0,939**	-0,718**	-0,715**
	$P^*$				<0,001	<0,001	<0,001
$\Delta L^*$	Koeficijent korelacije (R)				1	-0,673**	-0,493*
	$P^*$					0,001	0,027
$\Delta a^*$	Koeficijent korelacije (R)					1	0,359
	$P^*$						0,121
$\Delta b^*$	Koeficijent korelacije (R)						1
	$P^*$						

Korelacije koje su bile statistički značajne na razini  $\alpha = 0,05$  označene su jednom zvjezdicom (\*), odnosno dvjema zvjezdicama (\*\*) za razinu  $\alpha = 0,001$ .

\* Korelacijska analiza prema Pearsonu

**Tablica 44.** Rezultati Pearsonove korelacijske analize (p-vrijednosti i koeficijenti korelacije) za materijal Filtek One Bulk Fill s obzirom na promjene mikrotvrdoće ( $\Delta HV$ ),  $\Delta Ra$ ,  $\Delta E^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ .

		$\Delta HV$	$\Delta Ra$	$\Delta E$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$
$\Delta HV$	Koeficijent korelacije (R)	1	-0,467*	-0,354	-0,216	-0,351	-0,447*
	$P^*$		0,038	0,125	0,361	0,130	0,048
$\Delta Ra$	Koeficijent korelacije (R)		1	0,862**	0,630**	0,650**	0,862**
	$P^*$			<0,001	0,003	0,002	<0,001
$\Delta E^*$	Koeficijent korelacije (R)			1	0,753**	0,623**	0,951**
	$P^*$				<0,001	0,003	<0,001
$\Delta L^*$	Koeficijent korelacije (R)				1	0,443	0,609**
	$P^*$					0,051	0,004
$\Delta a^*$	Koeficijent korelacije (R)					1	0,615**
	$P^*$						0,004
$\Delta b^*$	Koeficijent korelacije (R)						1
	$P^*$						

Korelacije koje su bile statistički značajne na razini  $\alpha = 0,05$  označene su jednom zvjezdicom (\*), odnosno dvjema zvjezdicama (\*\*) za razinu  $\alpha = 0,001$ .

\* Korelacijska analiza prema Pearsonu

## **5. RASPRAVA**

U ovom radu istraženo je pretpostavljeno negativno djelovanje ponavljanih izlaganja (5 minuta dnevno tijekom 30 dana) kiselom biljnom napitku na površinska svojstva izabranih restaurativnih materijala. Općenito, rezultati su pokazali povećanje hrapavosti površine i promjenu boje u eksperimentalnim i kontrolnim skupinama svih ispitanih materijala, a promjene mikrotvrdoće tijekom 30 dana izlaganja destiliranoj vodi ili kiselom biljnom napitku opažene su u oba smjera (povećanje i smanjenje), ovisno o materijalu i mediju kojem su uzorci bili izloženi. Analiza korelacije prema Pearsonu i analiza glavnih komponenta pokazale su statistički značajne korelacije između pojedinih varijabli. Temeljem dobivenih rezultata, odbačeno je svih šest nul hipoteza.

Za istraživanje degradacije površinskih svojstava pod utjecajem kiselog biljnog napitka je odabrano pet suvremenih restaurativnih materijala koji pripadaju različitim skupinama, uključujući konvencionalni i debeloslojni (*bulk-fill*) kompozitni materijal (154), novi remineralizirajući kompozitni materijal, tzv. alkasit (155) i varijantu restaurativnog stakleno-ionomernog cementa s poboljšanim mehaničkim svojstvima, tzv. stakleni hibrid (156). Iako se sve kategorije restaurativnih materijala kontinuirano usavršavaju, kompozitni materijali zadržali su osnovne karakteristike kemijskog sastava koje se nisu bitno mijenjale od njihove pojave tijekom 1960-ih godina. Naime, temeljni sastav kompozitnih materijala i dalje uključuje anorganska punila različitih dimenzija uklopljena u organsku smolastu matricu od metakrilata koja se najčešće polimerizira pod utjecajem plavog svjetla (8). Većina suvremenih modifikacija kompozitnih materijala odnosi se na varijacije dimenzija i svojstava čestica punila te promjene kinetike polimerizacijske reakcije, međutim temeljni kemijski sastav i mikrostruktura materijala su ostali nepromijenjeni. Iznimku predstavljaju kompozitni materijali kojima je metakrilatna matrica u potpunosti zamijenjena siloranima (157) i kompozitni materijali s matricom temeljenom na dimer kiselini (158). Ove skupine kompozitnih materijala unatoč obećavajućim svojstvima nisu doživjele komercijalni uspjeh te su većim dijelom potisnute s tržišta kojim i dalje dominiraju konvencionalni metakrilatni kompoziti. S druge strane, stakleni hibrid i alkasit predstavljaju znatnije promjene u usporedbi s ranijim materijalima i po jedinstvenim svojstvima se ističu između ostalih materijala iz svoje klase. Stakleni hibrid uz osnovni sastav stakleno-ionomernog cementa ima prilagođenu distribuciju veličine čestica koja osigurava postizanje optimalnih mehaničkih svojstava (159). Stoga stakleni hibridi ostvaruju superiorna mehanička svojstva u usporedbi s konvencionalnih staklenim ionomerima (160), uz zadržavanje svih poznatih povoljnih svojstava poput tolerancije vlage, samo-adhezivnosti, otpuštanja fluorida i sniženog rizika za karijes u usporedbi s kompozitnim materijalima (161). Alkasit je načelno kompozitni materijal, a naziv mu je osmišljen kako bi se istaknula nova značajka tog materijala, a to je sposobnost alkalizacije okolne tekućine (11).

Povišenje pH vrijednosti omogućeno je dodatkom dviju vrsta reaktivnog stakla u metakrilatnu matricu koja je punjena silaniziranim staklom (162). Uz iznimku reaktivnih punila koja otpuštaju ione i alkaliziraju tekućinu, svojim osnovnim sadržajem inertnog stakla i metakrilatne matrice, alkasitni materijal nalikuje konvencionalnim kompozitnim materijalima. Reaktivno staklo omogućava otpuštanje iona, dok silanizirano staklo osigurava strukturnu stabilnost (163). Osim alkaliziranja otopine, ovaj materijal ima i druge učinke koji potencijalno djeluju na prevenciju sekundarnog karijesa, između ostalog otpuštanje kalcija i fluorida te taloženje hidroksiapatita na površini materijala (164). S obzirom da topljivost reaktivnog stakla raste u uvjetima sniženog pH, moglo se pretpostaviti da će izlaganje kiselom biljnom napitku imati izraženiji negativni učinak na površinska svojstva (mikrotvrdoću, hrapavost i promjenu boje) kod alkasitnog materijala nego kod konvencionalnih kompozitnih materijala koji sadržavaju samo inertna punila. Stoga je zanimljivo istaknuti kako u ovom istraživanju alkasitni materijal nakon izlaganja kiselom biljnom napitku nije pokazao statistički značajno veću degradaciju od ostalih kompozitnih materijala, što predstavlja povoljan rezultat za njegovu primjenjivost u kliničkoj praksi. Radi se o razmjerno novom materijalu koji je na tržištu prisutan svega nekoliko godina i unatoč većem broju objavljenih laboratorijskih istraživanja koja su pokazala pozitivna svojstva (155,165,166), za sada nisu dostupna dugoročna klinička istraživanja koja bi potvrdila njegove prednosti naspram konvencionalnih kompozitnih materijala u vezi sa smanjenom pojavnošću sekundarnog karijesa.

Debeloslojni (*bulk-fill*) kompozitni materijal Filtek One Bulk Fill također je svojim temeljnim sastavom (anorgansko punilo u svjetlosno-polimerizirajućoj metakrilatnoj matrici) sličan konvencionalnim kompozitima, uz općenito nešto veće čestice punila i modifikaciju smolaste matrice, što mu omogućava postavljanje i polimerizaciju u slojevima maksimalne debljine do 4 mm. Prva glavna modifikacija smolaste matrice kod materijala Filtek One Bulk Fill odnosi se na povećanje molekulske mase metakrilatnih monomera, što je povoljno za smanjenje polimerizacijskog skupljanja zbog manjeg udjela reaktivnih C=C veza (167). Druga modifikacija smolaste matrice omogućava fragmentaciju polimernih lanaca tijekom polimerizacije, čime se smanjuje umreženost polimera i relaksira polimerizacijski stres (168). Obje modifikacije mijenjaju mikrostrukturu polimerne mreže i stoga hipotetski mogu utjecati na degradaciju materijala prilikom izlaganja kiselom biljnom napitku. Međutim, u skladu s prethodnim istraživanjima koja su potvrdila da se promjene strukture polimerne mreže u *bulk-fill* kompozitnom materijalu Filtek One Bulk Fill nisu negativno odrazile na njegova mehanička i biološka svojstva (167,169,170), u ovom istraživanju nije opažena statistički značajno povećana degradacija u usporedbi s ostalim kompozitnim materijalima.

Iako *bulk-fill* kompozitni materijali pripadaju razmjerno novijoj kategoriji restaurativnih materijala za koje još nisu dostupni podaci iz dugoročnih kliničkih istraživanja, dosadašnja istraživanja potvrdila su povoljna svojstva koja se ne razlikuju značajnije od konvencionalnih kompozitnih materijala postavljenih slojevitom tehnikom (156,171,172). Rezultati ovog rada podupiru takve nalaze jer površinske promjene *bulk-fill* kompozitnog materijala nisu bitno odstupale od promjena izmjerenih kod konvencionalnih kompozitnih materijala.

Materijal Tetric EvoCeram razlikuje se od ostalih kompozitnih materijala u ovom istraživanju po svojem sadržaju prethodno polimeriziranih („pre-polimeriziranih“) čestica punila (173). Takve čestice tvornički su pripremljene dodavanjem visokog udjela anorganskog punila u zagrijanu smolastu matricu, pri čemu snižena viskoznost smole omogućava postizanje većeg udjela punila. Dobiveni materijal s visokim udjelom anorganskog punila se zatim tvornički polimerizira pri povišenoj temperaturi, čime se istovremeno postiže i viši stupanj konverzije jer je molekulama monomera za vrijeme polimerizacije omogućena bolja mobilnost (174). Zatim se polimerizirani materijal mljevenjem usitni do čestica željenih dimenzija koje se uključuju u sastav punila kompozitnog materijala zajedno s uobičajenim staklenim punilom. Unatoč prednostima vezanim uz povećanje udjela punila i stupnja konverzije, poznato je da pre-polimerizirane čestice punila mogu ubrzati degradaciju materijala zbog nestabilnosti veze između njihove površine i okolne polimerne mreže (175). Rezultati ovog istraživanja pokazali su najveće smanjenje mikrotvrdoće nakon izlaganja kiselom biljnom napitku upravo kod materijala Tetric EvoCeram. Smanjenje je iznosilo 28% početne vrijednosti mikrotvrdoće i statistički se značajno razlikovalo od svih drugih materijala. Iako opaženu degradaciju nije moguće sa sigurnošću povezati s prisutnošću pre-polimeriziranih čestica punila u materijalu Tetric EvoCeram, može se nagađati kako je međugranični spoj između tih čestica i polimerne mreže povećao podložnost materijala hidrolitičkoj degradaciji uslijed izlaganja kiselom biljnom napitku. Nasuprot znatnoj degradaciji u kiselom biljnom napitku, u kontrolnoj skupini materijala Tetric EvoCeram izmjereno je tek neznatno smanjenje mikrotvrdoće od 2% u usporedbi s početnim vrijednostima. S obzirom na porast hrapavosti nakon izlaganja kiselom biljnom napitku, Tetric EvoCeram se nije osobito isticao, pokazujući statistički sličan porast hrapavosti kao i ostali kompozitni materijali. Međutim, do statistički ne-značajnog rezultata moglo je doći zbog razmjerno visoke varijabilnosti podataka za promjenu hrapavosti. Stoga se temeljem prikupljenih podataka i rezultata statističke analize ne može detaljnije raspravljati o utjecaju pre-polimeriziranih čestica punila u materijalu Tetric EvoCeram na promjene hrapavosti.



Pre-polimerizirane čestice nisu negativno utjecale ni na promjenu boje nakon izlaganja kiselom biljnom napitku, s obzirom da su za materijal Tetric EvoCeram u eksperimentalnoj skupini izmjerene najniže vrijednosti parametra  $\Delta E^*$  od svih ispitivanih materijala.

Nakon razmjerno kratkog perioda od nekoliko minuta potrebnog za makroskopsko stvrdnjavanje stakleno-ionomernih cemenata, sazrijevanje njihove strukture se odvija tijekom dužeg razdoblja koje može trajati i do jedne godine (176). Za to vrijeme se nastavlja acido-bazna reakcija, a materijal je u većoj ili manjoj mjeri osjetljiv na gubitak ili upijanje vode. Spor, ali kontinuiran nastavak acido-bazne reakcije se odražava kao poboljšanje makromehaničkih i mikromehaničkih svojstava, a u jednom istraživanju se pokazalo kako je porast mikrotvrdoće bio značajno veći ukoliko su uzorci staklenog-ionomernih cemenata nakon završetka makroskopskog stvrdnjavanja bili izloženi umjetnoj slini nego destiliranoj vodi (177). Najvjerojatniji uzrok je niža ionska jakost destilirane vode zbog koje je ravnoteža bila pomaknuta prema otpuštanju iona iz strukture staklenog- ionomera, što je negativno utjecalo na razvoj mehaničkih svojstava. Drugi mogući uzrok je bolje odvijanje acido-bazne reakcije u uvjetima konstantnih pH vrijednosti u umjetnoj slini koja sadržava puferske komponente. Ova razmatranja su u skladu s nekim ranijim istraživanjima koja su pokazala kako izlaganje staklenih ionomera destiliranoj vodi neposredno nakon makroskopskog stvrdnjavanja može ubrzati degradaciju površinskih svojstava (178). S druge strane, jedno istraživanje je pokazalo kako na porast tvrdoće uslijed sazrijevanja strukture staklenog ionomera tijekom jedne godine nije statistički značajno utjecao izbor imerzijskog medija (prirodne sline, umjetne sline i destilirane vode) (179). Stoga se destilirana voda smatra valjanim referentnim medijem za simulirano starenje staklenih ionomera te je u ovom istraživanju odabrana za tretman kontrolne skupine (180–183). Međutim, potrebno je napomenuti kako je kod staklenog hibrida Equia Forte HT izmjeren gotovo trostruko veći porast mikrotvrdoće nakon izlaganja kiselom biljnom napitku nego nakon izlaganja destiliranoj vodi, što neizravno sugerira da je kiseli medij na neki način pogodovao napredovanju acido-bazne reakcije. Sličnog učinka nije bilo kod uzoraka prekrivenih smolastim premazom, kao i kod ostalih ispitanih restaurativnih materijala, što ga čini specifičnim za staklene ionomere. S obzirom na ciljeve i ograničenja ovog istraživanja, nije provedeno detaljnije ispitivanje konkretnih mehanizama kojima bi izlaganje kiselom mediju dovelo do poboljšanja mikrotvrdoće tijekom sazrijevanja staklenog hibrida. Stoga pitanje izrazitog porasta mikrotvrdoće staklenog hibrida u kiselom okruženju ostaje za razjasniti u budućim istraživanjima.

Za razliku od hrapavosti površine i promjene boje, mikrotvrdoća je jedino svojstvo u ovom istraživanju koje je pokazalo promjenu u oba smjera nakon namakanja u destiliranoj vodi, odnosno kiselom biljnom napitku. Takve promjene su se dogodile jer su na mikrotvrdoću istodobno utjecala dva suprotstavljena procesa koji je mogu mijenjati u suprotnim smjerovima: (I) spori nastavak reakcije stvrdnjavanja koji kod kompozitnih materijala uobičajeno traje do mjesec dana (150), a kod stakleno-ionomernih cemenata čak i do godinu dana (152) te (II) postupna degradacija mikrostrukture materijala uzrokovana upijanjem vode iz okolne otopine (151) i posljedična hidrolitička razgradnja. Rezultati ovog istraživanja odražavaju ishode kompetitivnog djelovanja između spomenuta dva procesa koji su se odvijali istovremeno. Rezultati promjena mikrotvrdoće u oba smjera su bili osobito istaknuti kod kompozitnih materijala izloženih destiliranoj vodi u kontrolnoj skupini. Kod materijala Filtek One Bulk Fill, prevladavali su procesi plastificiranja i omekšavanja polimerne matrice, što je dovelo do sveukupnog smanjenja mikrotvrdoće. S druge strane, kod materijala Tetric EvoCeram i Cention N, učinci degradacije na mikrotvrdoću uglavnom su bili kompenzirani naknadnom polimerizacijom, zbog čega su se negativna i pozitivna djelovanja praktički poništila, što je rezultiralo nepromijenjenom mikrotvrdoćom. Kod materijala Charisma Classic, procese degradacije polimerne mreže prevladali su pozitivni učinci naknadne polimerizacije, zbog čega je opaženo ukupno povećanje mikrotvrdoće. Za razliku od spomenutih mješovitih ishoda u rezultatima mikrotvrdoće opaženih u kontrolnoj skupini, u eksperimentalnoj skupini su procesi degradacije prevladali učinke naknadne polimerizacije kod svih kompozitnih materijala, što je rezultiralo statistički značajnim smanjenjem mikrotvrdoće. Potrebno je napomenuti da su se relativni iznosi omekšavanja kod kompozitnih materijala razlikovali između kontrolne i eksperimentalne skupine, što pokazuje da degradacija materijala u pH-neutralnom okruženju nije bila povezana s opsegom degradacije uzrokovane cikličkim izlaganjem kiselom biljnom napitku. Najistaknutiji primjer opažen je kod materijala Charisma Classic koji je u kontrolnoj skupini pokazao najznačajnije povećanje mikrotvrdoće nakon izlaganja destiliranoj vodi među svim ispitanim kompozitnim materijalima, što je bilo u istaknutoj suprotnosti s istim materijalom u eksperimentalnoj skupini izloženoj kiselom biljnom napitku u kojoj je došlo do drugog po redu najvećeg smanjenja mikrotvrdoće. Takvi se rezultati podudaraju s nepostojanjem statistički značajne korelacije promjena mikrotvrdoće između kontrolne i eksperimentalne skupine, čime je potvrđeno da stupanj omekšavanja materijala u jednom mediju ne predstavlja pouzdani prediktor njegove osjetljivosti na omekšavanje u drugom mediju.

Sveukupno, najveći stupanj omekšavanja zbog namakanja u kiselom biljnom napitku utvrđen je za materijal Tetric EvoCeram, što se može objasniti hidrolitičkom degradacijom međugraničnog spoja između pre-polimeriziranih čestica punila i polimerne matrice. Vrijedi istaknuti kako je kod materijala Cention N izmjeren umjereni pad mikrotvrdoće nakon namakanja u kiselom biljnom napitku u usporedbi s vrijednostima mikrotvrdoće drugih kompozitnih materijala. Budući da materijal Cention N sadrži reaktivna stakla koja oslobađaju znatne količine kalcijevih, fosfatnih i fluoridnih iona u kiselim uvjetima (184), bilo je iznenađujuće primijetiti da je njegova površina razmjerno otporna na omekšavanje uzrokovano kiselim biljnim napitkom, uz rezultate koji su bili statistički slični ili čak bolji nego kod nekih konvencionalnih kompozitnih materijala punjenih isključivo inertnim punilima (Tetric EvoCeram i Charisma Classic).

Za razliku od kompozitnih materijala, kod staklenih ionomera se općenito ne očekuje omekšavanje tijekom izlaganja vodi, već dugoročni proces sazrijevanja u kojem nastavak acido-bazne reakcije postupno poboljšava mikro- i makro-mehanička svojstva (92). Stoga su rezultati povećanja mikrotvrdoće nakon izlaganja staklenog hibrida Equia Forte HT destiliranoj vodi tijekom 30 dana bili očekivani. Za ovaj materijal, porast mikrotvrdoće nakon imerzije u destiliranoj vodi iznosio je 24% njegove početne vrijednosti, što predstavlja najveći porast među svim materijalima u kontrolnoj skupini. Međutim, neočekivani rezultat bilo je još izraženije poboljšanje mikrotvrdoće u iznosu od 91% kod materijala Equia Forte HT nakon 30-dnevnog namakanja u kiselom biljnom napitku. Iako se očekivalo da će kiseli medij erodirati površinu i smanjiti vrijednosti mikrotvrdoće (185), jedno prethodno istraživanje je pokazalo da promjene površinskih svojstava staklenih ionomera mogu izrazito varirati ovisno o okolini u kojoj se odvija proces sazrijevanja (152). Primjerice, 30-dnevno sazrijevanje konvencionalnog stakleno-ionomernog cementa u fiziološkoj otopini poboljšalo je njegovu mikrotvrdoću za 50%, ali poboljšanje mikrotvrdoće od 25% izmjereno je i u kiselom mediju (Coca-Cola), dok je smanjenje mikrotvrdoće opaženo nakon izlaganja soku od naranče (7%) i soku od jabuke (50%) (152). Iz ovakvih rezultata se može zaključiti kako se promjene mikrotvrdoće staklenih ionomera uslijed izlaganja kiselim napitcima mogu odvijati u oba smjera, ovisno o sastavu materijala i karakteristikama napitka.

Za razliku od uzoraka staklenog hibrida Equia Forte HT bez smolastog premaza koji su pokazali statistički značajno najveće povećanje mikrotvrdoće nakon namakanja su bez obzira na medij (destilirana voda ili kiseli biljni napitak), kod uzoraka staklenog hibrida s premazom Equia Coat nisu opažene statistički značajne razlike u promjenama mikrotvrdoće između kontrolne i eksperimentalne skupine.

Takav rezultat može se objasniti potpunim prekrivanjem površine staklenog hibrida smolastim premazom koji je bio višestruko deblji od maksimalne dubine indentacije Vickersove piramide. Stoga su vrijednosti mikrotvrdoće izmjerene za uzorke staklenog hibrida prekrivenog smolastim premazom Equia Coat u biti odražavali mikromehanička svojstva smolastog premaza umjesto svojstava staklenog hibrida. Smolasti premazi površine stakleno-ionomernih restaurativnih cementa namijenjenih primjeni u području žvačnih opterećenja, poput premaza Equia Coat na površini staklenog hibrida Equia Forte HT u ovom istraživanju, koriste se sa svrhom zaštite površine tijekom stvrdnjavanja materijala i poboljšanja njegovih mehaničkih i estetskih svojstava (186). Smolasti premaz sastavom je bitno drukčiji od samog staklenog-ionomera i više nalikuje polimernoj matrici kompozitnih materijala (187). Stoga su izmjerena površinska svojstva staklenog hibrida Equia Forte HT prekrivenog slojem materijala Equia Coat efektivno odražavala mješoviti rezultat dvaju različitih materijala postavljenih jedan povrhu drugog. U preliminarnom istraživanju pomoću mikroskopa pridruženog uređaju za mjerenje mikrotvrdoće izmjerena je debljina sloja premaza Equia Coat od 20  $\mu\text{m}$ . U usporedbi s tom vrijednošću, srednja dubina indentacije pri mjerenjima mikrotvrdoće iznosila je oko 7  $\mu\text{m}$ , odnosno debljina premaza je bila 2,9 puta veća od dubine indentacije. To znači da su mjerenja mikrotvrdoće gotovo u potpunosti odražavala mikrostrukturu smolastog premaza, a ne samog staklenog hibrida koji se nalazio ispod razmjerno debelog sloja premaza. Eventualni doprinos samog staklenog hibrida mogao je potjecati od eventualne plastične deformacije njegovog površinskog sloja neposredno ispod smolastog premaza, ali za potrebe ovog istraživanja može se smatrati kako su svojstva izmjerena u skupini materijala Equia Forte HT premazanog premazom Equia Coat većinom odražavala promjene koje su se odvijale u smolastom sloju. S obzirom na ograničenja eksperimentalnog protokola u kojem nije simulirano mehaničko opterećenje niti površinska abrazija, ovakav rezultat vjerojatno odstupa od realistične situacije u kojoj se smolasti premaz s vremenom abradira i uklanja s površine restauracije izrađene od staklenog hibrida.

Općenito, rezultati ispitivanja mikrotvrdoće pokazali su da su nakon 30-dnevnog namakanja u kiselom biljnom napitku vrijednosti mikrotvrdoće ili smanjene za 8-28% (kod kompozitnih materijala) ili povećane za 91% (kod staklenog hibrida). Dok je povećanje mikrotvrdoće staklenog hibrida bilo veće od rezultata iz prethodnog istraživanja (152) koje je pokazalo povećanje do 50% za sličan materijal nakon namakanja u kiselim napitcima, rezultati za kompozitne materijale u ovom istraživanju bili su unutar uobičajenog raspona smanjenja mikrotvrdoće poznatog iz drugih istraživanja.

Naime, istraživanje Borgesa i sur. pokazalo je da 30-dnevno cikličko izlaganje kompozitnih materijala kiselim pićima smanjuje mikrotvrdoću u sljedećim relativnim iznosima: voćni sokovi 3-18%, crno vino 4-20% i Coca-Cola 9-22% (188). Drugo istraživanje pokazalo je smanjenje mikrotvrdoće kompozitnih materijala i kompomera za 13-22% nakon 15-dnevnog izlaganja Coca-Coli (189). Dodatno, jednomjesečno namakanje u multivitaminskim sirupima i otopinama šumećih tableta dovelo je do smanjenja vrijednosti mikrotvrdoće od 21-28% kod kompozitnog materijala i 13-35% kod staklenog hibrida (134).

Porast hrapavosti površine restaurativnih materijala neizbježna je posljedica izlaganja vodi i drugim tekućinama prisutnim u usnoj šupljini tijekom vijeka trajanja restauracije (185). Poznato je da stupanj površinske hrapavosti ovisi o karakteristikama materijala i uvjetima okoline (190). Rezultati ovog istraživanja pokazali su da su neki od ispitanih materijala (Tetric EvoCeram, Cention N i Charisma Classic) zadržali poliranost površine u uvjetima neutralnog pH, dok su drugi materijali (Equia Forte HT, Equia Forte HT s premazom Equia Coat i Filtek One Bulk Fill) pokazali statistički značajno povećanje hrapavosti unatoč namakanju u neagresivnom mediju. Nasuprot tome, erozivni potencijal kiselog biljnog napitka doveo je do statistički značajnog povećanja parametra hrapavosti Ra za sve materijale, pri čemu je porast Ra bio 7-26 puta veći nego u kontrolnoj skupini. Tako široki raspon vrijednosti pokazuje da su promjene parametra Ra znatno ovisile o materijalu i prema relativnim iznosima povećanja su bile veće od uobičajenog raspona vrijednosti dostupnih u literaturi. Naime, prema literaturnim podacima je porast parametra hrapavosti Ra za staklene ionomere i kompozitne materijale izložene energetske pićima i Coca-Coli bio 2-13 puta veći nego u destiliranoj vodi (138), dok su za multivitaminske sirupe i otopine šumećih tableta u literaturi zabilježeni 2-4 puta veći porasti parametra Ra nego u otopini neutralne pH-vrijednosti (134). Iako se spomenuti literaturni podaci ne mogu izravno uspoređivati s podacima ovog istraživanja zbog različitih eksperimentalnih uvjeta, izraženo povećanje hrapavosti ukazuje na značajan erozivni potencijal kiselog biljnog napitka.

Neovisno o mediju kojem je bio izložen (destilirana voda ili kiseli biljni napitak), stakleni hibrid je pokazao statistički značajno najveći porast parametra hrapavosti Ra među svim ispitanim materijalima. Takvo povećanje površinske hrapavosti kod staklenih ionomera se javlja kao posljedica njihovog površinskog otapanja koje se uobičajeno događa kod ovog tipa materijala i smatra se odgovornim za oslobađanje iona (191). Otapanje staklenih ionomera brže se odvija u uvjetima sniženog pH (192), što objašnjava 4-5 puta veći porast parametra Ra opažen za stakleni hibrid u skupini koja je bila izložena kiselim biljnom napitku u usporedbi s kontrolnom skupinom.

Statistički slične vrijednosti porasta Ra kod uzoraka staklenog hibrida obloženih smolastom premazom Equia Coat i neobloženih uzoraka opažene su u oba medija i sugeriraju da smolasti premaz nije utjecao na promjene hrapavosti površine, neovisno o pH vrijednosti i drugim sastojcima imerzijske otopine.

Kao usputno opažanje može se spomenuti podatak da je promjena parametra hrapavosti Ra kod novog remineralizirajućeg alkasitnog materijala Cention N bila najniža među svim ispitanim materijalima. Taj materijal nakon namakanja u destiliranoj vodi nije pokazao statistički značajno povećanje površinske hrapavosti, dok je nakon namakanja u kiselom biljnom napitku hrapavost porasla do vrijednosti koje su bile statistički slične hrapavosti izmjerenoj kod konvencionalnih kompozita koji ne otpuštaju ione (Tetric EvoCeram i Charisma Classic). Također, Cention N je nakon izlaganja kiselom biljnom napitku pokazao statistički značajno manji porast parametra Ra od staklenog hibrida i debeloslojnog kompozitnog materijala Filtek One Bulk Fill. Zajedno s visokim i stabilnim vrijednostima mikrotvrdoće, postojanost poliranosti površine kod materijala Cention N tijekom izlaganja neutralnom i kiselom mediju pokazuje da njegovo svojstvo otpuštanja iona (184,193) nije utjecalo na degradaciju površine u ništa većem opsegu nego što je opaženo za kompozitne materijale koji ne otpuštaju ione, odnosno Tetric EvoCeram, Charisma Classic i Filtek One Bulk Fill. Potrebno je napomenuti da su spomenuti povoljni rezultati za materijal Cention N dobiveni u laboratorijskim uvjetima tijekom razmjerno kratkotrajnog razdoblja degradacije od 30 dana. S obzirom da se materijal može drukčije ponašati u kliničkim uvjetima tijekom dugotrajnijeg razdoblja praćenja, potrebna su dodatna istraživanja kako bi se potvrdili povoljni rezultati površinske hrapavosti za Cention N dobiveni u ovom istraživanju.

Rezultati za  $\Delta E^*$  pokazuju da je do promjene boje došlo u svim materijalima bez obzira na imerzijski medij, dok je eksperimentalna skupina koja bila izložena kiselom biljnom napitku pokazala 3-8 puta veće vrijednosti  $\Delta E^*$  od kontrolne skupine. Vrijednosti  $\Delta E^*$  u kontrolnoj skupini kretale su se između 0,7-2,4 i bile su većinom statistički slične među materijalima. Samo najviše vrijednosti  $\Delta E^*$  iz ovog raspona se mogu smatrati opazivim za ljudsko oko jer se  $\Delta E^* = 2$  smatra granicom opazivosti za neuvježbanog promatrača (93). Alternativni prag opazivosti koji se učestalo koristi za procjenu kliničke prihvatljivosti promjene boje dentalnih restaurativnih materijala je postavljen na vrijednost  $\Delta E^* = 3,3$  (194,195). Ovu granicu premašila je većina materijala nakon izlaganja kiselom biljnom napitku, uz  $\Delta E^*$  vrijednosti u rasponu od 3,2 do 14,2, što ukazuje na značajno izraženije razlike u boji.

Osim vrlo visokih vrijednosti  $\Delta E^*$  od 14,2 izmjerenih za materijal Charisma Classic, vrijednosti  $\Delta E^*$  svih ostalih materijala nakon namakanja u kiselom biljnom napitku bile su unutar raspona od 3,2 do 6,7, što je u skladu s literaturnim podacima za  $\Delta E^*$  kod restaurativnih materijala od 0,7-4,9 za kompozitne materijale i kompomere nakon namakanja u kavi, soku od naranče, energetskim pićima i Coca-Coli (139), odnosno 2,1-7,7 za kompozitne materijale nakon namakanja u kavi, čaju i crnom vinu (140), 2,3–6,3 za kompozitne materijale izložene kavi, čaju, crnom vinu i Coca-Coli (141) te 1,8-6,7 za kompozitne materijale nakon izlaganja jakim alkoholnom piću, crnom vinu i bezalkoholnom piću (196).

Ukupna promjena boje restaurativnih materijala rezultat je zajedničkog djelovanja degradacije mikrostrukture materijala i površinskog obojenja upijanjem pigmentiranih spojeva iz tekućine kojoj je materijal izložen (197). U kontrolnoj skupini, obojenje je isključivo bilo posljedica degradacije, dok su u skupini izloženoj kiselom biljnom napitku oba procesa djelovala sinergistički i dovela do intenzivnijeg obojenja. Kako bi se istražile pojedinačne promjene boje, uz ukupno obojenje predstavljeno parametrom  $\Delta E^*$ , svaka komponenta prostora boja  $L^*a^*b^*$  analizirana je zasebno. U toj analizi nije opažen dosljedan uzorak u pomacima boja duž određenih osi, što ukazuje na činjenicu da je izmjerena promjena boje bila rezultat procesa degradacije specifičnih za pojedinačni materijal, a ne jednostavno upijanje pigmenata iz kiselog biljnog napitka. Kad bi vanjsko obojenje bilo primarni mehanizam diskoloracije, očekivani rezultat bi uključivao dosljednije negativne promjene duž osi  $a^*$  (pomak prema zelenoj boji) i pozitivne promjene duž osi  $b^*$  (pomak prema žutoj boji) za sve materijale, s obzirom da su zelena i žuta bile dominantne boje prisutne u kiselom biljnom napitku. Budući da rezultati nisu pokazali takvu pravilnost promjene boje prema osima  $a^*$  i  $b^*$ , može se zaključiti da je do diskoloracije prvenstveno došlo zbog ubrzane kemijske degradacije koja je ovisno o sastavu i strukturi materijala različito utjecala na pomake uzduž osi pojedinih osi.

Parametar  $\Delta E^*$  definiran je kao mjera razlike između dvije boje u prostoru boja definiranom osima  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ , a originalna formula za izračun  $\Delta E^*$  koja potječe iz 1976. godine često se koristi i u suvremenim istraživanjima (196,198–201). U međuvremenu je formula dva puta revidirana (1994. i 2000. godine) uvođenjem različitih faktora za ponderiranje i korekcije (153). Naime, jednostavna geometrijska razlika udaljenosti u prostoru boja izračunata pomoću izvorne formule do određene mjere odudara od opažajnih razlika dobivenim promatranjem ljudskim okom, s obzirom na različitu osjetljivost oka na promjene boje u smjeru pojedinih osi (122,202). Također, izračun komplicira činjenica da ljudsko oko može istu udaljenost, odnosno razliku u prostoru boja percipirati jače ili slabije, ovisno o mjestu spektra u kojem se ta razlika nalazi.

Stoga matematički ista apsolutna vrijednost izračunata kao geometrijska razlika u prostoru boja može rezultirati drukčijim vidnim podražajem. S obzirom da je parametar  $\Delta E^*$  osmišljen kako bi kvantificirao vidljive promjene boje, korekcije su bile nužne kako bi apsolutne vrijednosti što bolje odgovarale fiziološkom odgovoru ljudskog oka (203). Međutim, ukoliko se analiziraju samo relativne vrijednosti, bez pokušaja interpretacije apsolutnih vrijednosti parametra promjene boje u kontekstu konkretnog praga opazivosti, vrijednosti promjene boje izračunate prema formulama  $\Delta E^*$  ili  $\Delta E_{2000}^*$  dovode do identičnih zaključaka. To se pokazalo u ovom istraživanju usporedbom pojedinačnih vrijednosti parametara  $\Delta E^*$  ili  $\Delta E_{2000}^*$  za individualne uzorke, kao i sveukupnom analizom varijance koja je dovela do istih zaključaka za razlike među skupinama bez obzira je li promjena boje izračunata prema  $\Delta E^*$  ili  $\Delta E_{2000}^*$ . Također, Pearsonova korelacijska analiza pokazala je visoku povezanost parametara  $\Delta E^*$  i  $\Delta E_{2000}^*$ , što potvrđuje valjanost relativnih usporedbi bez obzira koja kalkulacija se koristi za kvantifikaciju promjene boje. U skladu s ovim razmatranjem, ukoliko apsolutne vrijednosti promjene boje nisu od izričitog interesa za istraživanje, izražavanje promjene boje prema izvornoj formuli  $\Delta E^*$  ima prednost zbog jednostavnijeg izračuna. Općenito, parametri promjene boje izračunati prema bilo kojem pristupu su uvijek u određenom mjeri umjetni jer se njima pokušava kompleksan individualni fiziološki odgovor simulirati više ili manje pojednostavljenim matematičkim modelom. Bez obzira na uspješnost odabranog modela za aproksimaciju prosječnog odgovora ljudskog oka na razliku u boji, neizbježne razlike među pojedinim ispitanicima dovode do nesuglasja predloženih granica opazivosti (204,205). Stoga su kao granica opazivosti definirane različite vrijednosti  $\Delta E^*$ , odnosno  $\Delta E_{2000}^*$ , a njihova interpretacija ima veću ulogu u istraživanjima estetike nego u istraživanju degradacije materijala. Za potrebe ovog istraživanja je od relativno manje važnosti bilo interpretirati vrijednosti  $\Delta E^*$  u odnosu na granicu opazivosti, dok je primarni cilj analize promjena boje bio usporediti relativne razlike između uzoraka izlaganih destiliranoj vodi i kiselom biljnom napitku (206). Za tu svrhu bile su jednako primjenjive vrijednosti izračunate pomoću izvorne formule za  $\Delta E^*$  i novije formule za  $\Delta E_{2000}^*$ .

Analize korelacije prema Pearsonu provedene su kako bi se istražile moguće povezanosti promjena površinskih svojstava materijala tijekom degradacije u kiselom biljnom napitku, odnosno destiliranoj vodi. U Pearsonovoj korelacijskoj analizi, p-vrijednost se odnosi na testiranje nul-hipoteze koja pretpostavlja da je koeficijent smjera pravca jednak nuli; s druge strane statistički značajan rezultat ( $p < 0,05$ ) ukazuje na činjenicu da se koeficijent smjera pravca statistički značajno razlikuje od nule, odnosno da postoji linearna povezanost dvaju svojstava.



Drugi parametar Pearsonove korelacijske analize, tzv. Pearsonov R predstavlja koeficijent korelacije, odnosno mjeru povezanosti dviju varijabli. Kreće se u rasponu od -1 do 1, pri čemu vrijednost 1 predstavlja maksimalno moguću pozitivnu korelaciju, a vrijednost -1 predstavlja maksimalno moguću negativnu korelaciju. Odmicanjem od tih graničnih vrijednosti prema nuli povezanost dviju varijabli opada. Korelacijska analiza u ovom istraživanju provedena je za uzorke svih materijala zajedno, a zatim zasebno za svaki materijal. Naime, zbog različitih struktura i svojstava materijala, bilo je za očekivati kako će ovisno o materijalu biti moguće opaziti povezanosti različitih intenziteta. Korelacijskom analizom temeljenom na uzorcima svih materijala zajedno ispitano je općenito ponašanje svih materijala, odnosno međusobna povezanost parova mjerenih svojstava, ne uzimajući u obzir razlike u kemijskom sastavu i mikrostrukturi materijala. Takva generalizirana korelacijska analiza pokazala je najviši koeficijent korelacije od 0,809 između parametara promjene boje  $\Delta L^*$  i  $\Delta E^*$ , što se može objasniti činjenicom da je najveći doprinos ukupnoj promjeni boje kvantificiranoj parametrom  $\Delta E^*$  potjecao upravo od promjene boje po  $L^*$  osi u  $L^*a^*b^*$  prostoru boja. Parametar  $\Delta E^*$  statistički je značajno korelirao i s promjenama boje uzduž drugih dviju osi, međutim s nižim apsolutnim vrijednostima koeficijenta korelacije koji su iznosili -0,208 za  $\Delta a^*$ , odnosno 0,297 za  $\Delta b^*$ . Visoki koeficijent korelacije postojao je između parametara  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$  i iznosio je 0,691, što pokazuje da su promjene boje u smjerovima ovih dviju osi bile u određenom stupnju povezane, tj. odvijale su se zajedno. Preostale značajne korelacije u generaliziranom korelacijskom modelu za sve materijale pronađene su za promjenu mikrotvrdoće i promjenu parametra hrapavosti  $R_a$  ( $R=0,299$ ) te za promjenu mikrotvrdoće i promjene boje prema osima  $a^*$  i  $b^*$ , s R vrijednostima od -0,690 za promjenu prema osi  $a^*$  i -0,573 za promjenu prema osi  $b^*$ . Takvi rezultati pokazuju da su promjene površinske mikrotvrdoće bile povezane s promjenom hrapavosti u istom smjeru (porast jedne vrijednosti doveo je do porasta druge, rezultirajući pozitivnom korelacijom), a promjene boje odvijale su se u negativnom smjeru osi  $a^*$  i  $b^*$ . Unatoč spomenutim korelacijama, promjena mikrotvrdoće nije pokazala statistički značajnu povezanost s ukupnom promjenom boje prema parametru  $\Delta E^*$ , a izostala je i korelacija s promjenom boje prema osi  $L^*$ . U generaliziranom modelu korelacijskom modelu za sve materijale, promjena hrapavosti kvantificirana parametrom  $R_a$  korelirala je jedino s ukupnom promjenom boje prema parametru  $\Delta E^*$  ( $R=0,217$ ) i promjenom boje prema osi  $a^*$  ( $R=-0,253$ ). Nadalje, promjena hrapavosti značajno je korelirala s promjenom mikrotvrdoće kao što je prethodno spomenuto.

Rezultati Pearsonove korelacijske analize za individualne materijale razlikovali su se od generaliziranog korelacijskog modela.

Primjerice, statistički značajna korelacija promjene mikrotvrdoće s promjenom hrapavosti ( $R=0,299$ ) opažena u generaliziranom modelu, za materijale Tetric EvoCeram i Equia Forte HT s premazom Equia Coat nije uopće pokazala statističku značajnost, dok je kod ostalih materijala bila značajna i to s većim apsolutnim vrijednostima korelacijskog koeficijenta nego u generaliziranom modelu: za Cention N ( $R=-0,560$ ), Charisma Classic ( $R=-0,480$ ), Equia Forte HT ( $R=0,670$ ) i Filtek One Bulk Fill ( $R=-0,467$ ). Nadalje, suprotni predznaci korelacijskih koeficijenata označavaju da su ovisno o materijalu povezanosti imale različite smjerove; pozitivna korelacija promjene mikrotvrdoće i promjene hrapavosti kod materijala Equia Forte HT ukazuje na zajednički porast mikrotvrdoće i hrapavosti, dok negativan predznak korelacijskih koeficijenata kod preostalih gore spomenutih kompozitnih materijala (Cention N, Charisma Classic i Filtek One Bulk Fill) pokazuju kako je s porastom hrapavosti došlo do smanjenje mikrotvrdoće. Pri ovakvom razmatranju potrebno je napomenuti kako korelacija ni u kojem slučaju ne sugerira uzročno-posljedičnu povezanost i ne smije se interpretirati u tom smislu (207). Prema dostupnim podacima i rezultatima korelacijskih analiza može se samo zaključiti da su određene vrijednosti bile pozitivno ili negativno povezane, dok su za istraživanja uzročno-posljedične veze potrebna dodatna istraživanja dizajnirana specifično za testiranje hipoteza o kauzalnoj povezanosti (208).

I kod preostalih svojstava su opažena odstupanja između rezultata korelacijske analize u generaliziranom modelu i rezultata korelacijskih analiza dobivenih za pojedinačne materijale. Primjerice, korelacija promjene parametra hrapavosti  $R_a$  i promjene boje  $\Delta E^*$  koja je bila statistički značajna u generaliziranom modelu s razmjerno niskom vrijednosti korelacijskog koeficijenta ( $R=0,270$ ), u modelima za pojedinačne materijale pokazala je znatno izraženije povezanosti, sa sljedećim vrijednostima korelacijskih koeficijenata: za Tetric EvoCeram  $R=0,804$ , za Cention N  $R=0,562$ , za Charisma Classic  $R=0,614$ , za Equia Forte HT s premazom Equia Coat  $R=0,450$  i za Filtek One Bulk Fill  $R=0,862$ . Jedini materijal kod kojeg spomenuta korelacija nije pokazala statističku značajnost bio je stakleni hibrid Equia Forte HT. Usporedbom koeficijenata korelacije vidljivo je slično ponašanje kompozitnih materijala s visokim i pozitivnim koeficijentima korelacije, što se može objasniti njihovom strukturnom sličnošću, dok se slično kompozitnim materijalima ponašao i stakleni hibrid s premazom Equia Coat, što se može objasniti metakrilatnim slojem na površini materijala (209). Naime, infiltracija staklenog hibrida smolastim slojem i njegovom polimerizacijom u porama stakleno-ionomerne matrice dovela je do površinskih svojstava sličnih kompozitnim materijalima (159,210). S druge strane, nepostojanje statistički značajne korelacije za stakleni hibrid bez premaza pokazuje da na površini materijala bez smolastog premaza promjene hrapavosti i boje nastupaju neovisno jedna o drugoj.

Kada se takva oprečna ponašanja različitih materijala objedine u generaliziranom korelacijskom modelu u kojem je koeficijent korelacije izračunat temeljem rezultata svih materijala, očekivano je da će vrijednost R opadati jer su pozitivni doprinosi korelaciji koji potječu od kompozitnih materijala s visokim vrijednostima R umanjeni neutralnim doprinosom staklenog hibrida sa statistički ne-značajnom korelacijom između promjene hrapavosti i promjene boje.

Korelacije sveukupne promjene boje predstavljene parametrom  $\Delta E^*$  i promjena boje prema pojedinim osima koje su u generaliziranom modelu bile statistički značajne također su pokazale mješovite rezultate u korelacijskim analizama individualnih materijala. Iako su kod većine modela za individualne materijale korelacije  $\Delta E^*$  i promjene boje prema sve tri osi ( $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ ) bile statistički značajne, kod nekih materijala za pojedine kombinacije nije bilo značajnog učinka, primjerice kod materijala Tetric EvoCeram za korelaciju  $\Delta E^*$  i promjene boje prema osi  $L^*$ , odnosno kod materijala Charisma Classic za korelaciju  $\Delta E^*$  i promjene boje prema osi  $a^*$ . Također se može istaknuti kako su unatoč statističkoj značajnosti, korelacije  $\Delta E^*$  i promjene boje prema osima  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  imale različite predznake, što znači da su se ovisno o materijalu vrijednosti na pojedinim osima pomicala u suprotnim smjerovima. Ovakav rezultat podupire prethodno izloženo razmatranje da su promjene specifične za pojedini materijal, što predstavlja poteškoće pri generalizaciji dobivenih rezultata i opisivanju „prosječnog“ ponašanja materijala. Iako je moguće pokušati opisati prosječno ponašanje pomoću statističkog modela, takva generalizacija ima nedostatak zanemarivanja suptilnih razlika u promjenama opaženim kod individualnih materijala i dovodi do sveukupno nižih korelacija koje postaju preciznije i istaknutije kada se u statističkoj analizi svaki materijal promatra zasebno.

Analiza glavnih komponenata provedena je za promjene mikrotvrdoće, hrapavosti i boje, kako bi se utvrdilo koje od tih promjena nastupaju zajedno (211). Načelno, u analizi glavnih komponenata se informacija sadržana u izvornim varijablama transformira na način da se predstavi manjim brojem izvedenih varijabli, tzv. glavnih komponenata (212). Iako su umjetno konstruirane, za glavne komponente se smatra da predstavljaju čimbenike koji su temeljniji od promatranih varijabli, odnosno glavne komponente se interpretiraju kao skriveni izvor varijance koji se odražava na varijable dostupne mjerenju. Ukoliko ovakvi izvori varijance postoje, određeni udio varijance sadržane u većem broju izmjerenih varijabli može se opisati manjim brojem glavnih komponenata. U opisanoj analizi glavne komponente nikad ne objašnjavaju 100% varijance izvornih varijabli, nego ovisno o parametrima modela s većom ili manjom uspješnošću uspijevaju obuhvatiti određeni udio varijance.

U interpretaciji rezultata analize glavnih komponenata može se temeljem pretpostavljenog fizikalnog ili kemijskog modela koji povezuje više izvornih varijabli objasniti značenje pojedine glavne komponente i pripisati joj konkretno fizikalno značenje (213). S druge strane, kod kompleksnih sustava s nedovoljno poznatim sastavom i detaljima degradacijskih procesa poput restaurativnih materijala izloženih kiselom biljnom napitku u ovom istraživanju, glavnim komponentama nije nužno pridodati konkretno fizikalno značenje, već se mogu iskoristiti u eksploratorne svrhe. Grafičkim prikazom vrijednosti glavnih komponenata u dvodimenzionalnom (za dvije glavne komponente) ili trodimenzionalnom (za tri glavne komponente) prostoru, mogu se vizualizirati prostorni odnosi izmjerenih varijabli koji odražavaju njihove međusobne povezanosti, odnosno vjerojatnu prisutnost jednog ili više temeljnih procesa koji povezuju opažene promjene tih izvornih varijabli. Ukoliko su u grafičkom prikazu rotiranog prostora glavnih komponenata izmjerene varijable nađu blizu, to označava da su se vrijednosti tih varijabli mijenjale zajedno, ukazujući na neki temeljni degradacijski proces koji se istovremeno odražava na spomenute varijable. S druge strane, porast udaljenosti izmjerenih varijabli u rotiranom prostoru ukazuje na njihovu rastuću nezavisnost, odnosno na činjenicu da se te varijable mijenjaju pod utjecajem različitih degradacijskih procesa. Na eksploratornoj razini nije nužno definirati o kojim se točno degradacijskim procesima radi, već samo opaziti grupiranje pojedinih varijabli kako bi se ustanovilo koje od njih pokazuju međusobnu povezanost. U takvoj analizi, najveća povezanost opažena je za varijable koje su predstavljale promjene hrapavosti u kiselom biljnom napitku i promjene hrapavosti u kontrolnoj skupini. Iako u okviru ograničenja ovog istraživanja nije moguće niti je potrebno predložiti konkretni fizikalni model za ovu povezanost, dobiveni rezultat analize glavnih komponenata sugerira da su promjene hrapavosti bile posredovane istim degradacijskim procesom, neovisno o mediju. Za razliku od promjene hrapavosti, varijable promjene mikrotvrdoće u kiselom biljnom napitku i kontrolnoj skupini bile su prostorno udaljenije, što u ukazuje na njihovu slabiju povezanost. Naposljetku, najveća prostorna udaljenost opažena je za varijable promjene boje u kiselom biljnom napitku i kontrolnoj skupini. Takav rezultat može značiti da je diskoloracija u različitim medijima bila posredovana različitim mehanizmima, odnosno da analizom glavnih komponenata nije bilo moguće izolirati pretpostavljeni jedinstveni proces koji bi objasnio promjenu boje u obje skupine.

Budući da sva površinska svojstva izmjerena u ovom radu odražavaju kemijski slične procese degradacije strukture materijala uslijed izlaganja neutralnom ili kiselom mediju, pretpostavljeno je da promjene nekih od izmjerenih varijabli (mikrotvrdoće, parametra hrapavosti Ra i parametra obojenja  $\Delta E^*$ ) mogu međusobno korelirati.

Analiza glavnih komponenata i Pearsonova korelacijska analiza pokazale su da su samo promjena Ra u kiselom biljnom napitku i promjena Ra u kontrolnoj skupini značajno korelirali, dok nijedna druga kombinacija varijabli nije pokazala statistički značajnu korelaciju. Praktična implikacija ovog rezultata je da će materijali kojima je hrapavost najviše porasla pri neutralnom pH također u većoj mjeri ohrapaviti prilikom namakanja u kiselom biljnom napitku (i obrnuto). Drugim riječima, porast hrapavosti u jednom mediju može poslužiti kao prediktor porasta hrapavosti u drugom mediju. Nedostatak analognih korelacija između kontrole i kiselog biljnog napitka za preostala dva parametra (promjene mikrotvrdoće i  $\Delta E^*$ ) pokazuje da se za ova svojstva promjene u neutralnom mediju nisu odvijale srazmjerno promjenama uzrokovanim izlaganjem kiselom biljnom napitku. Također, nedostatak korelacija među drugim binarnim kombinacijama promjene mikrotvrdoće, promjene Ra i  $\Delta E^*$  ukazuje na činjenicu da su promjene vezane uz omekšavanje površine, porast hrapavosti i obojenje zavisile o tipu materijala do te mjere da su se sve varijable mijenjale nevezano jedna za drugu, tj. da se opažene promjene u pojedinačnim svojstvima ne mogu svesti na temeljni proces degradacije koji bi bio zajednički svim materijalima. Naprotiv, svi ispitani materijali su prolazili temeljno različite procese razgradnje koji su u različitom stupnju utjecali na pojedina površinska svojstva. Stoga se promjene površinskih svojstava opažene u ovom istraživanju ne mogu generalizirati, već se može samo zaključiti da su bile zavisne o kemijskom sastavu i strukturi materijala.

U svim istraživanjima komercijalnih dentalnih materijala, pa tako i u ovom istraživanju, zaključivanje je ograničeno manjkom informacija o detaljnom sastavu materijala. Naime, današnji restaurativni kompoziti i stakleni ionomeri predstavljaju vrlo heterogenu skupinu materijala, a detaljni podaci o njihovim kemijskim sastavima su vlasništvo proizvođača i samo su u ograničenoj mjeri dostupni istraživačima (214). Sastavi i strukture komercijalnih restaurativnih materijala fino su podešeni kako bi najbolje odgovarali određenoj indikaciji, ali se materijali mogu istraživati samo kao cjeloviti sustav, bez mogućnosti sustavne procjene doprinosa pojedinačnih komponenata materijala. Stoga se u laboratorijskim istraživanjima u pravilu ne mogu proučavati detaljni odnosi sastava, strukture i svojstava pojedinih komponenata materijala jer je moguće opažati samo ukupno, integrirano ponašanje cijelog materijala (215). Unatoč ovom ograničenju prisutnom kod svih nezavisnih istraživanja komercijalnih materijala, procjena ponašanja materijala u laboratorijskim uvjetima ima klinički značaj jer kliničari restaurativne materijale koriste kao gotove proizvode sa sastavom koji je unaprijed definirao proizvođač. Unatoč mogućnosti širokog izbora između niza dostupnih proizvoda, i kliničari i istraživači njihovo ponašanje neizbježno promatraju bez mogućnosti dubljeg razumijevanja doprinosa pojedinačnih komponenata materijala.

Za kiseli biljni napitak u ovom istraživanju izabran je komercijalno dostupan proizvod koji je smatran prikladnim zbog dostupnosti i prisutnosti na domaćem tržištu. S druge strane, zbog varijabilnosti sastava kiselih biljnih napitaka koji se učestalo pripremaju kod kuće ili u ugostiteljskim objektima, nije moguće definirati tipičan, odnosno standardni sastav i pH vrijednost koje bi se moglo utemeljeno smatrati reprezentativnim. Stoga je sa ciljem smanjenja varijabilnosti sastava uslijed razlika u recepturama i prirodnih razlika u sastavu pojedinih namirnica sadržanih u kiselom biljnom napitku za ovo istraživanje izabran komercijalni proizvod. Sva pakiranja kiselog biljnog napitka imala su isti broj serije, čime se maksimizirala konzistentnost sastava, odnosno izbjegle su se uobičajene razlike u sastavu i svojstvima proizvoda dobivenih od prirodnih sirovina. Razumljivo je kako kiseli biljni napici predstavljaju vrlo heterogenu skupinu, čak i kad se proizvode tvornički, prema istoj recepturi. Zato je generalizacija rezultata dobivenih ispitivanjem samo jednog komercijalnog napitka znato otežana u usporedbi s istraživanjima djelovanja napitaka koji su proizvedeni od isključivo umjetnih sirovina i stoga posjeduju konzistentniji sastav, poput Coca-Cole (134). Uz nizak pH kiselog biljnog napitka kojim se može objasniti najveći udio promjena površinskih svojstava restaurativnih materijala opaženih u ovom istraživanju, moguć utjecaj imaju i različiti biljni enzimi čiji je karakter, aktivnost, stabilnosti i učinak na degradaciju kompozitnih i stakleno-ionomernih materijala u praksi nemoguće odrediti (192). U svakom slučaju, vjerojatno je da enzimi sadržani u kiselom biljnom napitku u određenoj mjeri djeluju sinergistički s niskim pH vrijednostima na degradaciju površinskih svojstava materijala. Dodatni čimbenik koji može potencirati negativne učinke kiselog biljnog napitka je njegova adherencija na površine tvrdih zubnih tkiva i restaurativnih materijala, o čemu trenutno nema dostupnih istraživanja. Iako kiseli biljni napici ne bi trebali sadržavati znatnije koncentracije šećera koji bi ih učinio ljepljivim, drugi sastojci možebitno omogućavaju prijanjanje uz površinu restaurativnih materijala, usporavajući ispiranje slinom i produžavajući vrijeme kontakta, a time i negativno djelovanje na materijal (215,216). Ne mogu se isključiti ni specifične interakcije pojedinih sastojaka kiselog biljnog napitka s restaurativnim materijalima koje bi utjecale na adherenciju ili na izravnu degradaciju. Svi navedeni čimbenici se mogu izrazito razlikovati od napitka do napitka i stoga rezultate i zaključke ovog istraživanja treba interpretirati u kontekstu demonstriranog potencijala kiselog biljnog napitka za promjenu površinskih svojstava restaurativnih materijala, ali ih se ne smije smatrati definitivnom potvrdom ili detaljnom karakterizacijom procesa povezanih s površinskom degradacijom. Stoga bi bilo poželjno dobivene rezultate potvrditi u budućim ispitivanjima uz primjenu kiselih biljnih napitaka različitih sastava.

Uporabom laboratorijski pripremljenog medija slične ljepljivosti i pH vrijednosti u tretmanu kontrolne skupine mogli bi se do određene mjere razlučiti doprinosi površinske degradacije restaurativnih materijala uzrokovani isključivo kiselim karakterom napitka od učinaka posredovanih enzimima. Međutim, s obzirom na vrlo vjerojatno postojanje interakcije između pH vrijednosti i pretpostavljene enzimske degradacije (217), laboratorijska istraživanja u ovom smislu su također ograničena. U konačnici, razina dokaza dobivena laboratorijskim istraživanjima uvelike ovisi o mogućnostima standardizacije i kontrole eksperimentalnih uvjeta, što je kod ispitivanja pripravka od prirodnih sastojaka veoma teško postići u praksi.

Osim na ispitana površinska svojstva (mikrotvrdoću, hrapavosti i promjenu boje), izlaganje kiselom biljnom napitku hipotetski bi moglo imati negativne učinke i na makro-mehanička svojstva restaurativnih materijala, poput savojne čvrstoće i modula (169). Može se pretpostaviti da će materijali poput stakleno-ionomernih cemenata i staklenih hibrida biti podložniji degradaciji makro-mehaničkih svojstava s obzirom na njihovu veću hidrofilnost i mikrostrukturu prožetu porama (218) kroz koje kiseli biljni napitak može difundirati u pod-površinske slojeve. Hidrofobni smolasti premaz na površini staklenog hibrida bi pak mogao brtvljenjem površinskih pora usporiti difuziju kiselog medija u dublje slojeve materijala i tako smanjiti podložnost degradaciji makro-mehaničkih svojstava (180). Trajanje zaštitnog učinka ovisilo bi o opstanku sloja smolastog premaza na površini ispuna, odnosno o izloženosti površine ispuna atriciji i abraziji. Povećana podložnost degradaciji makro-mehaničkih svojstava može se očekivati i kod alkasitnog materijala Cention N, čije se reaktivne čestice punila ubrzano otapaju pri kiselim pH vrijednostima (54). Za sada nije poznato u kojem je stupnju moguća difuzija kiseline ispod površine alkasitnog materijala, ali je permeabilnost vjerojatno nešto veća nego kod konvencionalnih kompozitnih materijala zbog topljivosti reaktivnih punila. Općenito, za klinički značajan učinak kiselog biljnog napitka na makromehanička svojstva vjerojatno bi bilo potrebno duže vrijeme izlaganja nego što je primijenjeno u ovom istraživanju (5 minuta dnevno tijekom 30 dana). S obzirom na očekivano trajanje restauracija izrađenih od suvremenih materijala (219), realistično je pretpostaviti da će kod nekih pacijenata restauracije biti dugotrajno izložene kumulativnim učincima kiselih biljnih napitaka, uz mogućnost dugoročne spore degradacije makro-mehaničkih svojstava. Stoga pitanje dugoročnih promjena makroskopskih svojstava restaurativnih materijala ostaje potencijalna tema budućih istraživanja.

S obzirom da su rezultati ovog istraživanja ukazali na moguće negativne učinke ponavljano izlaganja restaurativnih materijala kiselom biljnom napitku, potrebno se osvrnuti na ograničenja laboratorijskih ispitivanja i naglasiti kako su sva *in vitro* ispitivanja izrazito pojednostavljena te zanemaruju niz bitnih čimbenika prisutnih u stvarnim kliničkim uvjetima (220).

Za razliku od eksperimentalnog protokola u ovom istraživanju, u kojem su učinci kiselog biljnog napitka simulirani periodičkim izlaganjima u trajanju od 5 minuta nakon čega je slijedilo namakanje materijala u destiliranoj vodi u statičnim uvjetima tijekom preostalog vremena u 24-satnom ciklusu, u usnoj šupljini je materijal izložen neusporedivo dinamičnijim uvjetima u kojima se pH vrijednosti i koncentracije iona konstantno mijenjaju uslijed konzumacije jela i pića te promjena u protoku stimulirane i nestimulirane sline (221). Primjerice, unos hrane i pića mijenja pH vrijednosti sukladno njihovom kemijskom sastavu, ali istovremeno stimulira salivaciju pri čemu fiziološka puferska svojstva sline do određene mjere kompenziraju smanjenje pH vrijednosti (222). Dnevni ciklusi u protoku i sastavu sline također utječu na njen ionski sastav i puferski kapacitet. Uz navedene čimbenike, bitne su i individualne razlike u protoku i sastavu sline, koje ovise o dobi i općem zdravstvenom stanju pacijenta, prisutnosti sustavnih bolesti i uzimanju pojedinih lijekova (223). Zbog ovakve heterogenosti uvjeta u usnoj šupljini koji se izrazito razlikuju ne samo od pacijenta do pacijenta, već i kod istog pacijenta u različitim okolnostima, a osobito tijekom dužeg vremenskog razdoblja, nije moguće definirati ni simulirati „prosječne“ uvjete usne šupljine. Zbog očigledne nemogućnosti da se u obzir uzmu svi relevantni čimbenici prisutni u stvarnim kliničkim uvjetima, laboratorijska istraživanja nužno su ograničena na simulaciju manjeg broja dobro kontroliranih čimbenika (224,225). Stoga su rezultati dobiveni u ovom laboratorijskom istraživanju indikativni za ponašanje restaurativnih materijala pri izlaganju kiselim biljnom napitku, međutim u kliničkoj je situaciji realistično i nužno očekivati određena odstupanja.

Drugi čimbenik koji bi potencijalno mogao utjecati na degradaciju restaurativnih materijala, a koji zbog tehničkih ograničenja nije bilo moguće simulirati u ovom istraživanju, je cikličko mehaničko opterećenje (226). Gotovo sve restauracije su izravno ili neizravno izložene cikličkom opterećenju, uz različite intenzitete opterećenja ovisno o konstituciji i navikama pacijenta, odnosno konfiguraciji i smještaju ploha ispuna. Primjerice, okluzalne plohe su izrazito izložene abraziji i atriciji tijekom žvakanja, kao i aproksimalne plohe u razini kontaktne točke na kojima dolazi do trenja sa susjednim zubom (227). S druge strane, aproksimalna ploha restauracije smještena gingivno od kontaktne točke bolje je zaštićena od izravnog djelovanja mehaničkih čimbenika, ali se nalazi na fiziološki nečistom mjestu i stoga je značajnije zahvaćena degradacijom posredovanom kemijskim i bakterijskim čimbenicima (188). Naposljetku, cervikalne restauracije nisu izložene izravnom mehaničkom opterećenju, ali su njihovi međugranični spojevi s tvrdim zubnim tkivima izloženi naprezanjima uslijed savijanja dentinske jezgre zuba tijekom žvakanja, što dovodi do učestalog gubitka retencije kod adhezijskih ispuna V. razreda (228).



Iz izloženog razmatranja slijedi da pojedine plohe zuba, a čak i pojedine plohe istog ispuna, mogu biti različito izložene čimbenicima degradacije i stoga svaki pokušaj generalizacije i standardizacije degradacijskih čimbenika u laboratorijskim istraživanjima u određenoj mjeri odstupa od stvarnih uvjeta.

U novijoj literaturi često se naglašava potreba za testiranjem mehaničkih svojstava restaurativnih materijala nakon perioda simuliranog starenja od minimalno 6 mjeseci (229,230). Taj period duži je od uobičajenog vremena starenja u laboratorijskim istraživanjima, a osobito je duži od perioda preporučenog standardom ISO 4049 koji traje samo 1 dan (231). Naime, osjetljivijim metodama mjerenja mikromehaničkih svojstava (229) utvrđeno je da mjerljiva degradacija materijala nastupa tijekom vremenskog perioda od minimalno nekoliko mjeseci, koliko je potrebno za potpunu saturaciju materijala vodom. U tom kontekstu, period simuliranog starenja od jednog mjeseca u ovom istraživanju je relativno kratak te se može očekivati da bi u slučaju dugotrajnijeg starenja materijala bilo moguće opaziti izraženije promjene površinskih svojstava, osobito u skupinama izloženim kiselom biljnom napitku. Temeljem prikupljenih podataka nije moguće prosuditi relativne veličine tih promjena u usporedbi između kontrolne i eksperimentalne skupine, a također nije moguće isključiti ni mogućnost da bi dugotrajnim starenjem unatoč povećanju ukupne razlike između početnih i završnih vrijednosti (uslijed opsežnije degradacije), moglo doći i do smanjenja razlika između kontrolne i eksperimentalne skupine. Naime, budući da je degradacija materijala proces koji je najbrži na početku, a usporava s protjecanjem vremena, moguće je da se tijekom zasićivanja materijala vodom nakon određenog vremenskog perioda dosežu hipotetske završne vrijednosti nakon kojih su daljnje promjene vrlo male ili nezamjetljive. U tom slučaju bi mehanička svojstva u obje skupine (eksperimentalnoj i kontrolnoj) hipotetski mogla konvergirati prema tim završnim vrijednostima, pod uvjetom da se mjerenja provode tijekom dovoljno dugog vremenskog razdoblja. To znači da bi protjecanjem vremena razlike između skupina postajale manje, a u konačnici eventualno i nemjerljive. Pritom bi se naglašenija degradacija u eksperimentalnoj skupini u usporedbi s kontrolnom koja je opažena u ovom istraživanju mogla pripisati odabiru razmjerno kratkog vremenskog perioda umjetnog starenja, unutar kojeg je degradacija u eksperimentalnoj skupini više napredovala zbog agresivnijih svojstava kiselog biljnog napitka u usporedbi s destiliranom vodom. Ovo razmatranje se prvenstveno odnosi na kompozitne materijale, za koje postoje literaturni podaci o dinamici degradacijskih procesa (229), a na sličan način se može spekulirati i o dugoročnim promjenama svojstava staklenih ionomera, odnosno staklenog hibrida (232).

U svakom slučaju, u ovom istraživanju su po prvi put nedvosmisleno demonstrirani negativni učinci relativno kratkotrajnog izlaganja kiselom biljnom napitku u trajanju od jedan mjesec na površinska svojstva suvremenih restaurativnih materijala, a dugoročnije razdoblje praćenja može biti predmet budućih istraživanja.

## **6. ZAKLJUČAK**

Izlaganje različitih vrsta suvremenih kompozitnih materijala (konvencionalnih, "alkasitnog" i debeloslojnog) te staklenog hibrida kiselom biljnom napitku dovelo je do površinskog omekšavanja, porasta hrapavosti i promjene boje. Dobiveni rezultati pokazuju da nizak pH kiselog biljnog napitka statistički značajno utječe na mikromehanička i estetska svojstva restaurativnih materijala na sličan način kao što je u literaturi opisano za druge kisele napitke poput voćnih sokova i gaziranih pića. Nadalje, pokazalo se kako je učinak kiselog biljnog napitka na degradaciju površinskih bio izrazito specifičan za pojedini materijal pri čemu su se promatrana svojstva (mikrotvrdoća, hrapavost i promjena boje) mijenjala nepredvidljivo i neovisno jedno o drugom. Stoga se može zaključiti kako je kod svih ispitanih materijala opaženo određeno negativno djelovanje kiselog biljnog napitka na površinska svojstva, pri čemu se stupanj degradacije značajno razlikovao između pojedinih materijala i promatranih svojstava.

## **7. LITERATURA**

1. Zafar MS, Amin F, Fareed MA, Ghabbani H, Riaz S, Khurshid Z, i sur. Biomimetic Aspects of Restorative Dentistry Biomaterials. *Biomimetics*. 2020;5(3):34.
2. Zafar MS. Wear behavior of various dental restorative materials. *Mater Technol*. 2019;34(1):25–31.
3. Bayne SC, Ferracane JL, Marshall GW, Marshall SJ, Van Noort R. The Evolution of Dental Materials over the Past Century: Silver and Gold to Tooth Color and Beyond. *J Dent Res*. 2019;98(3):257–65.
4. Kobińska-Brzoza JM, Dobrzyński M, Fita KA, Bader-Orłowska D, Szymonowicz M. [Currently Recommended Restorative Materials in Modern Conservative Dentistry]. *Polim Med*. 2015;45(1):37–43.
5. Vidnes-Kopperud S, Tveit AB, Gaarden T, Sandvik L, Espelid I. Factors influencing dentists' choice of amalgam and tooth-colored restorative materials for Class II preparations in younger patients. *Acta Odontol Scand*. 2009;67(2):74–9.
6. Rekow ED, Bayne SC, Carvalho RM, Steele JG. What Constitutes an Ideal Dental Restorative Material? *Adv Dent Res*. 2013;25(1):18–23.
7. Ilie N, Furtos G. A Comparative Study of Light Transmission by Various Dental Restorative Materials and the Tooth Structure. *Oper Dent*. 2020;45(4):442–52.
8. Zhou X, Huang X, Li M, Peng X, Wang S, Zhou X, i sur. Development and status of resin composite as dental restorative materials. *J Appl Polym Sci*. 2019;136(44):48180.
9. Aminoroaya A, Neisiany RE, Khorasani SN, Panahi P, Das O, Madry H, i sur. A review of dental composites: Challenges, chemistry aspects, filler influences, and future insights. *Compos Part B Eng*. 2021;216:108852.
10. Ilie N. Fracture and viscoelastic behavior of novel self-adhesive materials for simplified restoration concepts. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2022;125:104970.
11. Par M, Gubler A, Attin T, Tarle Z, Tauböck TT. Anti-demineralizing protective effects on enamel identified in experimental and commercial restorative materials with functional fillers. *Sci Rep*. 2021;11(1):11806.
12. Nicholson JW, Sidhu SK, Czarnecka B. Enhancing the Mechanical Properties of Glass-Ionomer Dental Cements: A Review. *Materials*. 2020;13(11):2510.
13. Tunc ES, Bayrak S, Guler AU, Tuloglu N. The Effects of Children's Drinks on the Color Stability of Various Restorative Materials. *J Clin Pediatr Dent*. 2009;34(2):147–50.
14. Samra APB, Pereira SK, Delgado LC, Borges CP. Color stability evaluation of aesthetic restorative materials. *Braz Oral Res*. 2008;22(3):205–10.
15. Bayne SC. Beginnings of the dental composite revolution. *J Am Dent Assoc*. 2013;144:42S-46S.

16. Zheng LW, Wang JY, Qing Yu R. Biomaterials in Dentistry. In: Encyclopedia of Biomedical Engineering [Internet]. Elsevier; 2019: 278–88.
17. Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. *J Prosthet Dent.* 1983;50(4):480–8.
18. Ferracane JL, Giannobile WV. Novel Biomaterials and Technologies for the Dental, Oral, and Craniofacial Structures. *J Dent Res.* 2014;93(12):1185–6.
19. Smith JG, Smith AJ, Shelton RM, Cooper PR. Dental Pulp Cell Behavior in Biomimetic Environments. *J Dent Res.* 2015;94(11):1552–9.
20. Zimmerli B, Strub M, Jeger F, Stadler O, Lussi A. Composite materials: composition, properties and clinical applications. A literature review. *Schweiz Monatsschrift Zahnmed Rev Mens Suisse Odonto-Stomatol Riv Mens Svizzera Odontol E Stomatol.* 2010;120(11):972–86.
21. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent Mater.* 1998;14(1):51–6.
22. Gonçalves F, Pfeifer CS, Ferracane JL, Braga RR. Contraction Stress Determinants in Dimethacrylate Composites. *J Dent Res.* 2008;87(4):367–71.
23. Lempel E, Czibulya Z, Kovács B, Szalma J, Tóth Á, Kunsági-Máté S, i sur. Degree of Conversion and BisGMA, TEGDMA, UDMA Elution from Flowable Bulk Fill Composites. *Int J Mol Sci.* 2016;17(5):732.
24. Soares CJ, Faria-E-Silva AL, Rodrigues MDP, Vilela ABF, Pfeifer CS, Tantbiroj D, i sur. Polymerization shrinkage stress of composite resins and resin cements – What do we need to know? *Braz Oral Res.* 2017;31(suppl 1).
25. Ferracane JL. Current Trends in Dental Composites. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1995;6(4):302–18.
26. Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N. Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and glossmeter. *J Mater Sci Mater Med.* 2007;18(1):155–63.
27. Manhart J, Scheibenbogen-Fuchsbrunner A, Chen HY, Hickel R. A 2-year clinical study of composite and ceramic inlays. *Clin Oral Investig.* 2000;4(4):192–8.
28. Ikejima I, Nomoto R, McCabe JF. Shear punch strength and flexural strength of model composites with varying filler volume fraction, particle size and silanation. *Dent Mater.* 2003;19(3):206–11.
29. Swartz ML, Phillips RW, Norman RD, Elliason S, Rhodes BF, Clark HE. Addition of Fluoride to Pit and Fissure Sealants-A Feasibility Study. *J Dent Res.* 1976;55(5):757–71.
30. Norman RD, Phillips RW, Swartz ML. Fluoride Uptake by Enamel from Certain Dental Materials. *J Dent Res.* 1960;39(1):11–6.
31. Glasspoole EA, Erickson RL, Davidson CL. A fluoride-releasing composite for dental applications. *Dent Mater.* 2001;17(2):127–33.

32. Xu X, Ling L, Wang R, Burgess JO. Formulation and characterization of a novel fluoride-releasing dental composite. *Dent Mater.* 2006;22(11):1014–23.
33. Cangul S, Adiguzel O. The Latest Developments Related to Composite Resins. *Int Dent Res.* 2017;7(2):32.
34. Miletic V. Development of Dental Composites. In: Miletic V, editor. *Dental Composite Materials for Direct Restorations.* 2018: p. 3–9.
35. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Celis JP, Vanherle G. A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. *Dent Mater.* 1992;8(5):310–9.
36. Paolone G. The Continuous Evolution of Composites for Direct Restorations. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 1995. 2022;43(2):96–8.
37. Mahantesh Y, Balaram N, Kidiyoor KH, Pradeep K. Recent Advances In Composite Resins- A Review. *Ann ESSENCES Dent.* 2010;2(3):134–6.
38. Jandt KD, Sigusch BW. Future perspectives of resin-based dental materials. *Dent Mater.* 2009;25(8):1001–6.
39. Ure D, Harris J. Nanotechnology in Dentistry: Reduction to Practice. *Dent Update.* 2003;30(1):10–5.
40. Buschow KHJ, editor. *Encyclopedia of materials: science and technology.* Amsterdam ; New York: Elsevier; 2001. 10 p.
41. Goršeta K. Fissure Sealing in Occlusal Caries Prevention. In: Viridi MS, editor. *Emerging Trends in Oral Health Sciences and Dentistry.* 2015. [
42. Kugel G, Perry R. Direct composite resins: an update. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 1995. 2002;23(7):593–6, 598, 600 passim; quiz 608.
43. Tarle Z, Attin T, Marovic D, Andermatt L, Ristic M, Tauböck TT. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. *Clin Oral Investig.* 2015;19(4):831–40.
44. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill Resin-based Composites: An In Vitro Assessment of Their Mechanical Performance. *Oper Dent.* 2013;38(6):618–25.
45. Asmussen E, Peutzfeldt A. Long-term fluoride release from a glass ionomer cement, a compomer, and from experimental resin composites. *Acta Odontol Scand.* 2002;60(2):93–7.
46. Tarle Z, Par M. Bioactive dental composite materials. *Rad Hrvat Akad Znan Umjet Med Znan.* 2018;533(43):83–100.
47. Lee SY, Regnault WF, Antonucci JM, Skrtic D. Effect of particle size of an amorphous calcium phosphate filler on the mechanical strength and ion release of polymeric composites. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2007;80B(1):11–7.



48. Skrtic D, Antonucci JM, Eanes ED. Amorphous calcium phosphate-based bioactive polymeric composites for mineralized tissue regeneration. *J Res Natl Inst Stand Technol.* 2003;108(3):167.
49. Valian A, Moezzyzadeh M, Moravejsalehi E. Role of Amorphous Calcium Phosphate in Dentistry. *J Dent Sch Shahid Beheshti Univ Med Sci [Internet].* 2019;32(1).
50. Jones JR. Review of bioactive glass: From Hench to hybrids. *Acta Biomater.* 2013;9(1):4457–86.
51. Derchi G, Marchio V, Giuca MR, Lardani L. Clinical Performance of Cention™ Alkasite Restorative Material vs. Glass Ionomer Cement Used in Deciduous Teeth: One-Year Evaluation. *Appl Sci.* 2022;12(21):10845.
52. Hugar SM, Hallikerimath S, Soneta SP, Joshi RS, Dialani PK, Kohli N. An In Vivo Evaluation of Retention and Antibacterial Efficacy of Posterior High Strength Glass Ionomer Cement and Glass Hybrid Bulk-fill Alkasite Restorative Material as Conservative Adhesive Restoration in Children with Mixed Dentition: A Comparative Study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2023;15(5):529–34.
53. Sharma H, Suprabha BS, Shenoy R, Rao A, Kotian H. Clinical effectiveness of alkasite versus nanofilled resin composite in the restoration of occlusal carious lesions in permanent molar teeth of children: a randomized clinical trial. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2023.
54. Ong J, Yap A, Abdul Aziz A, Yahya N. Flexural Properties of Contemporary Bioactive Restorative Materials: Effect of Environmental pH. *Oper Dent.* 2023;48(1):90–7.
55. Gupta N, Jaiswal S, Nikhil V, Gupta S, Jha P, Bansal P. Comparison of fluoride ion release and alkalizing potential of a new bulk-fill alkasite. *J Conserv Dent.* 2019;22(3):296.
56. Wiriyasatiankun P, Sakoolnamarka R, Thanyasrisung P. The impact of an alkasite restorative material on the pH of *Streptococcus mutans* biofilm and dentin remineralization: an in vitro study. *BMC Oral Health.* 2022;22(1):334.
57. Arifa MK, Ephraim R, Rajamani T. Recent Advances in Dental Hard Tissue Remineralization: A Review of Literature. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2019;12(2):139–44.
58. Abou Neel E, Aljabo A, Strange A, Ibrahim S, Coathup M, Young A, i sur. Demineralization&ndash;remineralization dynamics in teeth and bone. *Int J Nanomedicine.* 2016;11:4743–63.
59. Ballal NV. Evaluation of New Alkasite Based Restorative Material for Restoring Non Carious Cervical Lesions Randomized Controlled Clinical Trial. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2023;31(01):72.
60. Naz F, Samad Khan A, Kader MA, Al Gelban LOS, Mousa NMA, Asiri RSH, i sur. Comparative evaluation of mechanical and physical properties of a new bulk-fill alkasite with conventional restorative materials. *Saudi Dent J.* 2021;33(7):666–73.
61. Bahari M, Kahn moui MA, Chaharom MEE, Kimyai S, Sattari Z. Effect of curing method and thermocycling on flexural strength and microhardness of a new composite resin with alkaline filler. *Dent Res J.* 2021;18:96.

62. Mulgaonkar A, De Ataide IN, Fernandes M, Lambor R. Shear bond strength evaluation of an alkasite restorative material to three different liners with and without using adhesive system: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2021;24(3):278.
63. Wilson AD. Glass-ionomer cement origins, development and future. *Clin Mater*. 1991;7(4):275–82.
64. Sikka N, Brizuela M. Glass Ionomer Cement. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
65. Xie D, Brantley WA, Culbertson BM, Wang G. Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. *Dent Mater*. 2000;16(2):129–38.
66. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br Dent J*. 1972;132(4):133–5.
67. Ching HS, Luddin N, Kannan TP, Ab Rahman I, Abdul Ghani NRN. Modification of glass ionomer cements on their physical-mechanical and antimicrobial properties. *J Esthet Restor Dent*. 2018;30(6):557–71.
68. Williams JA, Billington RW, Pearson GJ. Comparison of ion release from a glass ionomer cement as a function of the method of incorporation of added ions. *Biomaterials*. 1999;20(6):589–94.
69. Nicholson JW, Coleman NJ, Sidhu SK. Kinetics of ion release from a conventional glass-ionomer cement. *J Mater Sci Mater Med*. 2021;32(4):30.
70. Davidovich E, Weiss E, Fuks AB, Beyth N. Surface antibacterial properties of glass ionomer cements used in atraumatic restorative treatment. *J Am Dent Assoc* 1939. 2007;138(10):1347–52.
71. Krämer N, Schmidt M, Lücker S, Domann E, Frankenberger R. Glass ionomer cement inhibits secondary caries in an in vitro biofilm model. *Clin Oral Investig*. 2018;22(2):1019–31.
72. Gu YW, Yap AUJ, Cheang P, Khor KA. Effects of incorporation of HA/ZrO<sub>2</sub> into glass ionomer cement (GIC). *Biomaterials*. 2005;26(7):713–20.
73. Nicholson JW. Adhesion of glass-ionomer cements to teeth: A review. *Int J Adhes Adhes*. 2016;69:33–8.
74. Sidhu S, Nicholson J. A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *J Funct Biomater*. 2016;7(3):16.
75. Francisconi LF, Scaffa PMC, Barros VRDSPD, Coutinho M, Francisconi PAS. Glass ionomer cements and their role in the restoration of non-carious cervical lesions. *J Appl Oral Sci*. 2009;17(5):364–9.
76. Wilson AD, Hill RG, Warrens CP, Lewis BG. The Influence of Polyacid Molecular Weight on Some Properties of Glass-ionomer Cements. *J Dent Res*. 1989;68(2):89–94.

77. Wren A, Clarkin OM, Laffir FR, Ohtsuki C, Kim IY, Towler MR. The effect of glass synthesis route on mechanical and physical properties of resultant glass ionomer cements. *J Mater Sci Mater Med*. 2009;20(10):1991–9.
78. Coutinho E, Cardoso MV, De Munck J, Neves AA, Van Landuyt KL, Poitevin A, i sur. Bonding effectiveness and interfacial characterization of a nano-filled resin-modified glass-ionomer. *Dent Mater*. 2009;25(11):1347–57.
79. Dhondt CL, De Maeyer EAP, Verbeeck RMH. Fluoride Release from Glass Ionomer Activated with Fluoride Solutions. *J Dent Res*. 2001;80(5):1402–6.
80. Xu X, Burgess JO. Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials*. 2003;24(14):2451–61.
81. Khoroushi M, Keshani F. A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dent Res J*. 2013;10(4):411–20.
82. Amin F, Rahman S, Khurshid Z, Zafar MS, Sefat F, Kumar N. Effect of Nanostructures on the Properties of Glass Ionomer Dental Restoratives/Cements: A Comprehensive Narrative Review. *Materials*. 2021;14(21):6260.
83. De Caluwé T, Vercruyse CWJ, Fraeyman S, Verbeeck RMH. The influence of particle size and fluorine content of aluminosilicate glass on the glass ionomer cement properties. *Dent Mater*. 2014;30(9):1029–38.
84. Moura LA, de Melo Maranhão K, de Souza Reis AC. Transurgical Restoration With Glass-Ionomer Cement as an Option for Root Perforations: Case Report. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 1995. 2019;40(9):e8–13.
85. Saridena USNG, Sanka GSSJ, Alla RK, Ramaraju Av, Mc SS, Raju Mantena S. An overview of advances in glass ionomer cements. *Int J Dent Mater*. 2022;04(04):89–94.
86. Crisp S, Ferner AJ, Lewis BG, Wilson AD. Properties of improved glass-ionomer cement formulations. *J Dent*. 1975;3(3):125–30.
87. Prosser HJ, Powis DR, Wilson AD. Glass-ionomer Cements of Improved Flexural Strength. *J Dent Res*. 1986;65(2):146–8.
88. Simmons JJ. Silver–Alloy Powder and Glass Ionomer Cement. *J Am Dent Assoc*. 1990;120(1):49–52.
89. Baig MS, Fleming GJP. Conventional glass-ionomer materials: A review of the developments in glass powder, polyacid liquid and the strategies of reinforcement. *J Dent*. 2015;43(8):897–912.
90. McLean JW. Cermet Cements. *J Am Dent Assoc*. 1990;120(1):43–7.
91. Yap AUJ, Pek YS, Cheang P. Physico-mechanical properties of a fast-set highly viscous GIC restorative: Physico-mechanical Properties of Highly Viscous Gics. *J Oral Rehabil*. 2003;30(1):1–8.

92. Francois P, Fouquet V, Attal JP, Dursun E. Commercially Available Fluoride-Releasing Restorative Materials: A Review and a Proposal for Classification. *Materials*. 2020 May;13(10):2313.
93. Nicholson JW. Maturation processes in glass-ionomer dental cements. *Acta Biomater Odontol Scand*. 2018;4(1):63–71.
94. Xie D, Chung ID, Wu W, Lemons J, Puckett A, Mays J. An amino acid-modified and non-HEMA containing glass-ionomer cement. *Biomaterials*. 2004;25(10):1825–30.
95. Moshaverinia A, Roohpour N, Rehman I. Synthesis and characterization of a novel fast-set proline-derivative-containing glass ionomer cement with enhanced mechanical properties. *Acta Biomater*. 2009;5(1):498–507.
96. Amend S, Seremidi K, Kloukos D, Bekes K, Frankenberger R, Gizani S, i sur. Clinical Effectiveness of Restorative Materials for the Restoration of Carious Primary Teeth: An Umbrella Review. *J Clin Med*. 2022;11(12):3490.
97. Lu M, Xuan S, Wang Z. Oral microbiota: A new view of body health. *Food Sci Hum Wellness*. 2019;8(1):8–15.
98. Barclay CW, Spence D, Laird WRE. Intra-oral temperatures during function. *J Oral Rehabil*. 2005;32(12):886–94.
99. Choi JE, Lyons KM, Kieser JA, Waddell NJ. Diurnal variation of intraoral pH and temperature. *BDJ Open*. 2017;3:17015.
100. Colombo M, Poggio C, Lasagna A, Chiesa M, Scribante A. Vickers Micro-Hardness of New Restorative CAD/CAM Dental Materials: Evaluation and Comparison after Exposure to Acidic Drink. *Materials*. 2019;12(8):1246.
101. Poggio C, Viola M, Mirando M, Chiesa M, Beltrami R, Colombo M. Microhardness of different esthetic restorative materials: Evaluation and comparison after exposure to acidic drink. *Dent Res J*. 2018;15(3):166–72.
102. Zergoug M, Lebaili S, Boudjellal H, Benchaala A. Relation between mechanical microhardness and impedance variations in eddy current testing. *NDT E Int*. 2004;37(1):65–72.
103. Ilie N, Hilton TJ, Heintze SD, Hickel R, Watts DC, Silikas N, i sur. Academy of Dental Materials guidance—Resin composites: Part I—Mechanical properties. *Dent Mater*. 2017;33(8):880–94.
104. Tönshoff HK, Brinksmeier E. Determination of the Mechanical and Thermal Influences on Machined Surfaces by Microhardness and Residual Stress Analysis. *CIRP Ann*. 1980;29(2):519–30.
105. Baloch F, Mirza A, Baloch D. An in-vitro study to compare the microhardness of glass ionomer cement set conventionally versus set under ultrasonic waves. *Int J Health Sci*. 2010;4(2):149–55.
106. Moss DR, Basic M. *Materials*. In: *Pressure Vessel Design Manual*. Elsevier; 2013:719–42.

107. Marsh PD. Microbiology of dental plaque biofilms and their role in oral health and caries. *Dent Clin North Am.* 2010;54(3):441–54.
108. Hannig M. Transmission electron microscopy of early plaque formation on dental materials in vivo: Transmission electron microscopy of early plaque formation on dental materials in vivo. *Eur J Oral Sci.* 1999;107(1):55–64.
109. Wahle JJ, Wendt SL. Dentinal surface roughness: a comparison of tooth preparation techniques. *J Prosthet Dent.* 1999;69(2):160–4.
110. Gomez S, Hale K, Burrows J, Griffiths B. Measurements of surface defects on optical components. *Meas Sci Technol.* 1998;9(4):607–16.
111. Kallivayalil JG, Ganesh SB, Jayalakshmi S. Comparative analysis of effect of fruit juices on surface roughness of bulk fill and flowable composite material. *J Adv Pharm Technol Res.* 2022;13:S136–9.
112. Baca-Solano G, Contreras-Bulnes R, Rodríguez-Vilchis LE, Teutle-Coyotecatl B, Velazquez-Enriquez U. Effect of some industrialized acidic beverages on the roughness of pit and fissure sealants: an in vitro study. *J Clin Pediatr Dent.* 2023;47(1):36–43.
113. Bollenl CML, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: A review of the literature. *Dent Mater.* 1997;13(4):258–69.
114. Sikri VK. Color: Implications in dentistry. *J Conserv Dent JCD.* 2010;13(4):249–55.
115. Schanda J. CIE Colorimetry. In: Schanda J, editor. *Colorimetry.* Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.; 2007:25–78.
116. Ergücü Z, Türkün LS, Aladag A. Color Stability of Nanocomposites Polished with One-Step Systems. *Oper Dent.* 2008;33(4):413–20.
117. Rajan N, Krishna S R, Rajan A, Singh G, Jindal L. Shade Selection – Basic for Esthetic Dentistry: Literature Review. *Int J Contemp Res Rev.* 2020;11(09).
118. Sarkis E. Color change of some aesthetic dental materials: Effect of immersion solutions and finishing of their surfaces. *Saudi Dent J.* 2012;24(2):85–9.
119. Iazzetti G, Burgess JO, Gardiner D, Ripps A. Color stability of fluoride-containing restorative materials. *Oper Dent.* 2000;25(6):520–5.
120. Mahyar F, Cheung V, Westland S. Different transformation methods between CIELAB coordinates and Munsell hue. *Color Technol.* 2010;126(1):31–6.
121. Paravina RD, Swift Jr. EJ. Color in Dentistry: Improving the Odds of Correct Shade Selection. *J Esthet Restor Dent.* 2009;21(3):202–8.
122. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, i sur. Color Difference Thresholds in Dentistry: Color Difference Thresholds. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27:S1–9.

123. Moynihan P. The interrelationship between diet and oral health. *Proc Nutr Soc.* 2005;64(4):571–80.
124. Berry WT. Mastication, food, and nutrition. *Dent Pract Dent Rec.* 1972;22(7):349–53.
125. Gaewkhiew P, Sabbah W, Bernabé E. Does tooth loss affect dietary intake and nutritional status? A systematic review of longitudinal studies. *J Dent.* 2017;67:1–8.
126. König KG. Diet and oral health. *Int Dent J.* 2000;50(3):162–74.
127. Park S, Wang DH, Zhang D, Romberg E, Arola D. Mechanical properties of human enamel as a function of age and location in the tooth. *J Mater Sci Mater Med.* 2008;19(6):2317–24.
128. *Molecular Medical Microbiology.* Elsevier; 2015.
129. Ferreira Zandoná AG, Ritter AV, Eidson RS. Dental Caries. In: *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry.* Elsevier; 2019:40–94.
130. Cottrell RC. Effect on caries of restricting sugars intake: systematic review to inform WHO guidelines. *J Dent Res.* 2014;93(5):530.
131. Sheiham A. Dietary effects on dental diseases. *Public Health Nutr.* 2001;4(2B):569–91.
132. Watson ML, Trevor Burke FJ. Investigation and Treatment of Patients with Teeth Affected by Tooth Substance Loss: A Review. *Dent Update.* 2000;27(4):175–83.
133. Dahl BL, Carlsson GE, Ekfeldt A. Occlusal wear of teeth and restorative materials: A review of classification, etiology, mechanisms of wear, and some aspects of restorative procedures. *Acta Odontol Scand.* 1993;51(5):299–311.
134. Beltrami R, Colombo M, Bitonti G, Chiesa M, Poggio C, Pietrocola G. Restorative Materials Exposed to Acid Challenge: Influence of Temperature on In Vitro Weight Loss. *Biomimetics.* 2022;7(1):30.
135. Shellis RP, Featherstone JDB, Lussi A. Understanding the Chemistry of Dental Erosion. In: Lussi A, Ganss C, editors. *Monographs in Oral Science.* S. Karger AG; 2014:163–79.
136. Uhlen MM, Tveit AB, Refsholt Stenhagen K, Mulic A. Self-induced vomiting and dental erosion – a clinical study. *BMC Oral Health.* 2014;14(1):92.
137. Saccucci M, Di Carlo G, Bossù M, Giovarruscio F, Salucci A, Polimeni A. Autoimmune Diseases and Their Manifestations on Oral Cavity: Diagnosis and Clinical Management. *J Immunol Res.* 2018;2018:1–6.
138. Borges MG, Soares CJ, Maia TS, Bicalho AA, Barbosa TP, Costa HL, i sur. Effect of acidic drinks on shade matching, surface topography, and mechanical properties of conventional and bulk-fill composite resins. *J Prosthet Dent.* 2019;121(5):868.e1-868.e8.
139. Moyin S, Lahiri B, Sam G, Nagdev P, Kumar NN. Evaluation of the Impact of Acidic Drink on the Microhardness of Different Esthetic Restorative Materials: An In Vitro Study. *J Contemp Dent Pract.* 2020;21(3):233–7.

140. Gurdogan Guler EB, Bayrak GD, Unsal M, Selvi Kuvvetli S. Effect of pediatric multivitamin syrups and effervescent tablets on the surface microhardness and roughness of restorative materials: An in vitro study. *J Dent Sci.* 2021;16(1):311–7.
141. Yazkan B. Surface degradation evaluation of different self-adhesive restorative materials after prolonged energy drinks exposure. *J Esthet Restor Dent.* 2020;32(7):707–14.
142. Lussi A, Jaeggi T. Erosion—diagnosis and risk factors. *Clin Oral Investig.* 2008;12(S1):5–13.
143. Borjian A, Ferrari CCF, Anouf A, Touyz LZG. Pop-Cola Acids and Tooth Erosion: An *In Vitro* , *In Vivo* , Electron-Microscopic, and Clinical Report. *Int J Dent.* 2010;2010:1–12.
144. Eccles JD. Erosion affecting the palatal surfaces of upper anterior teeth in young people. A report of 19 cases. *Br Dent J.* 1982;152(11):375–8.
145. Eisenburger M, Addy M. Influence of liquid temperature and flow rate on enamel erosion and surface softening: Enamel erosion and surface softening. *J Oral Rehabil.* 2003;30(11):1076–80.
146. Gedalia I, Dakuar A, Shapira L, Lewinstein I, Goultschin J, Rahamim E. Enamel softening with Coca-Cola and rehardening with milk or saliva. *Am J Dent.* 1991;4(3):120–2.
147. Da Silva MAB, Fardin AB, De Vasconcellos RCC, Santos LDM, Tonholo J, Júnior JGDS, i sur. Analysis of Roughness and Surface Hardness of a Dental Composite Using Atomic Force Microscopy and Microhardness Testing. *Microsc Microanal.* 2011;17(3):446–51.
148. Ferracane J. Is the wear of dental composites still a clinical concern? Is there still a need for in vitro wear simulating devices? *Dent Mater.* 2006;22(8):689–92.
149. Hengtrakool C, Kukiattrakoon B, Kedjarune-Leggat U. Effect of naturally acidic agents on microhardness and surface micromorphology of restorative materials. *Eur J Dent.* 2011;5(1):89–100.
150. Blacker SM, Creanor SL, Creanor S. An *in vitro* investigation of the initial pH and titratable acidity of a selection of fruit smoothies. *Dent Update.* 2011;38(9):604–9.
151. Hever J, Cronise RJ. Plant-based nutrition for healthcare professionals: implementing diet as a primary modality in the prevention and treatment of chronic disease. *J Geriatr Cardiol JGC.* 2017;14(5):355–68.
152. Nayagam JR, Rajan R. Calcium Oxalate Crystals as Raw Food Antinutrient: A Review. *J Pharm Res Int.* 2021;295–301.
153. Sharma G, Wu W, Dalal EN. The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Res Appl.* 2005;30(1):21–30.
154. Cho K, Rajan G, Farrar P, Prentice L, Prusty BG. Dental resin composites: A review on materials to product realizations. *Compos Part B Eng.* 2022;230:109495.

155. Marovic D, Par M, Posavec K, Marić I, Štajdohar D, Muradbegović A, i sur. Long-Term Assessment of Contemporary Ion-Releasing Restorative Dental Materials. *Materials*. 2022;15(12):4042.
156. Clinical Performance of a Glass-Hybrid System Compared with a Resin Composite in the Posterior Region: Results of a 2-year Multicenter Study. *J Adhes Dent*. 2020;22(3):235–47.
157. Maghaireh G, Taha N, Alzraikat H. The Silorane-based Resin Composites: A Review. *Oper Dent*. 2017;42(1):E24–34.
158. Boaro LCC, Gonçalves F, Guimarães TC, Ferracane JL, Versluis A, Braga RR. Polymerization stress, shrinkage and elastic modulus of current low-shrinkage restorative composites. *Dent Mater*. 2010;26(12):1144–50.
159. Fuhrmann D, Murchison D, Whipple S, Vandewalle K. Properties of New Glass-Ionomer Restorative Systems Marketed for Stress-Bearing Areas. *Oper Dent*. 2020;45(1):104–10.
160. Moshaverinia M, Navas A, Jahedmanesh N, Shah KC, Moshaverinia A, Ansari S. Comparative evaluation of the physical properties of a reinforced glass ionomer dental restorative material. *J Prosthet Dent*. 2019;122(2):154–9.
161. Schwendicke F, Müller A, Seifert T, Jeggle-Engbert LM, Paris S, Göstemeyer G. Glass hybrid versus composite for non-carious cervical lesions: Survival, restoration quality and costs in randomized controlled trial after 3 years. *J Dent*. 2021;110:103689.
162. Tiskaya M, Shahid S, Gillam D, Hill R. The use of bioactive glass (BAG) in dental composites: A critical review. *Dent Mater*. 2021;37(2):296–310.
163. Par M, Plančak L, Ratkovski L, Tauböck TT, Marovic D, Attin T, i sur. Improved Flexural Properties of Experimental Resin Composites Functionalized with a Customized Low-Sodium Bioactive Glass. *Polymers*. 2022;14(20):4289.
164. Par M, Gubler A, Attin T, Tarle Z, Tarle A, Tauböck TT. Ion release and hydroxyapatite precipitation of resin composites functionalized with two types of bioactive glass. *J Dent*. 2022;118:103950.
165. Di Lauro A, Di Duca F, Montuori P, Dal Piva AMDO, Tribst JPM, Borges ALS, i sur. Fluoride and Calcium Release from Alkaside and Glass Ionomer Restorative Dental Materials: In Vitro Study. *J Funct Biomater*. 2023;14(2):109.
166. Theerarath T, Sriarj W. An alkaside restorative material effectively remineralized artificial interproximal enamel caries in vitro. *Clin Oral Investig*. 2022;26(6):4437–45.
167. Haugen HJ, Marovic D, Par M, Khai Le Thieu M, Reseland JE, Johnsen GF. Bulk Fill Composites Have Similar Performance to Conventional Dental Composites. *Int J Mol Sci*. 2020;21(14):5136.
168. Yap A, Eweis A, Yahya N. Dynamic Viscoelastic Characterization of Bulk-fill Resin-based Composites and Their Conventional Counterparts. *Oper Dent*. 2020;45(2):173–82.



169. Eweis A, Yap A, Yahya N. Comparison of Flexural Properties of Bulk-fill Restorative/Flowable Composites and Their Conventional Counterparts. *Oper Dent*. 2020;45(1):41–51.
170. Gul P, Alp HH, Özcan M. Monomer release from bulk-fill composite resins in different curing protocols. *J Oral Sci*. 2020;62(3):288–92.
171. Arbildo-Vega HI, Lapinska B, Panda S, Lamas-Lara C, Khan AS, Lukomska-Szymanska M. Clinical Effectiveness of Bulk-Fill and Conventional Resin Composite Restorations: Systematic Review and Meta-Analysis. *Polymers*. 2020;12(8):1786.
172. Tardem C, Albuquerque EG, Lopes LDS, Marins SS, Calazans FS, Poubel LA, i sur. Clinical time and postoperative sensitivity after use of bulk-fill (syringe and capsule) vs. incremental filling composites: a randomized clinical trial. *Braz Oral Res*. 2019;33:e089.
173. Visvanathan A, Ilie N, Hickel R, Kunzelmann KH. The influence of curing times and light curing methods on the polymerization shrinkage stress of a shrinkage-optimized composite with hybrid-type prepolymer fillers. *Dent Mater*. 2007;23(7):777–84.
174. Hubbezoglu I, Bolayir G, Dogan OM, Dogan A, Özer A, Bek B. Microhardness Evaluation of Resin Composites Polymerized by Three Different Light Sources. *Dent Mater J*. 2007;26(6):845–53.
175. Ilie N. Cytotoxic, Elastic-Plastic and Viscoelastic Behavior of Aged, Modern Resin-Based Dental Composites. *Bioengineering*. 2023;10(2):235.
176. McKenzie M. The physical properties of conventional and resin-modified glass-ionomer dental cements stored in saliva, proprietary acidic beverages, saline and water. *Biomaterials*. 2003;24(22):4063–9
177. Okada K, Tosaki S, Hirota K, Hume WR. Surface hardness change of restorative filling materials stored in saliva. *Dent Mater*. 2001;17(1):34–9.
178. Mojon P, Kaltio R, Feduik D, Hawbolt EB, MacEntee MI. Short-term contamination of luting cements by water and saliva. *Dent Mater*. 1996;12(2):83–7.
179. Aliping-McKenzie M, Linden RWA, Nicholson JW. [No title found]. *J Mater Sci Mater Med*. 2003;14(10):869–73.
180. Jafarpour D, Mese A, Ferooz M, Bagheri R. The effects of nanofilled resin-based coatings on the physical properties of glass ionomer cement restorative materials. *J Dent*. 2019;89:103177.
181. Bao X, Liu F, He J. Mechanical properties and water-aging resistance of glass ionomer cements reinforced with 3-aminopropyltriethoxysilane treated basalt fibers. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021;116:104369.
182. Shiozawa M, Takahashi H, Iwasaki N. Fluoride release and mechanical properties after 1-year water storage of recent restorative glass ionomer cements. *Clin Oral Investig*. 2014;18(4):1053–60.

183. Spajić J, Par M, Milat O, Demoli N, Bjelovucic R, Prskalo K. Effects of Curing Modes on the Microhardness of Resin-Modified Glass Ionomer Cements. *Acta Stomatol Croat.* 2019;53(1):37–46.
184. Bociong K, Szczesio A, Sokolowski K, Domarecka M, Sokolowski J, Krasowski M, i sur. The Influence of Water Sorption of Dental Light-Cured Composites on Shrinkage Stress. *Materials.* 2017;10(10):1142.
185. Yeo HW, Loo MY, Alkhabaz M, Li KC, Choi JJE, Barazanchi A. Bulk-Fill Direct Restorative Materials: An In Vitro Assessment of Their Physio-Mechanical Properties. *Oral.* 2021;1(2):75–87.
186. Diem VTK, Tyas MJ, Ngo HC, Phuong LH, Khanh ND. The effect of a nano-filled resin coating on the 3-year clinical performance of a conventional high-viscosity glass-ionomer cement. *Clin Oral Investig.* 2014;18(3):753–9.
187. Brzović Rajić V, Miletić I, Gurgan S, Peroš K, Verzak Ž, Ivanišević Malčić A. Fluoride Release from Glass Ionomer with Nano Filled Coat and Varnish. *Acta Stomatol Croat.* 2018 Dec 15;52(4):307–13.
188. Delaviz Y, Finer Y, Santerre JP. Biodegradation of resin composites and adhesives by oral bacteria and saliva: A rationale for new material designs that consider the clinical environment and treatment challenges. *Dent Mater.* 2014;30(1):16–32.
189. Xavier A, Sunny S, Rai K, Hegde A. Repeated exposure of acidic beverages on esthetic restorative materials: An in-vitro surface microhardness study. *J Clin Exp Dent.* 2016;0–0.
190. Par M, Lapas-Barisic M, Gamulin O, Panduric V, Spanovic N, Tarle Z. Long Term Degree of Conversion of two Bulk-Fill Composites. *Acta Stomatol Croat.* 2016;50(4):292–300.
191. Aliping-McKenzie M, Linden RWA, Nicholson JW. The effect of Coca-Cola and fruit juices on the surface hardness of glass-ionomers and 'compomers'. *J Oral Rehabil.* 2004;31(11):1046–52.
192. Szczesio-Wlodarczyk A, Sokolowski J, Kleczewska J, Bociong K. Ageing of Dental Composites Based on Methacrylate Resins—A Critical Review of the Causes and Method of Assessment. *Polymers.* 2020;12(4):882.
193. Par M, Gubler A, Attin T, Tarle Z, Tarle A, Tauböck TT. Ion release and hydroxyapatite precipitation of resin composites functionalized with two types of bioactive glass. *J Dent.* 2022;118:103950.
194. Bueno LS, Silva RM, Magalhães APR, Navarro MFL, Pascotto RC, Buzalaf MAR, i sur. Positive correlation between fluoride release and acid erosion of restorative glass-ionomer cements. *Dent Mater.* 2019;35(1):135–43.
195. Hahnel S, Henrich A, Bürgers R, Handel G, Rosentritt M. Investigation of Mechanical Properties of Modern Dental Composites After Artificial Aging for One Year. *Oper Dent.* 2010;35(4):412–9.
196. Choi JW, Lee MJ, Oh SH, Kim KM. Changes in the physical properties and color stability of aesthetic restorative materials caused by various beverages. *Dent Mater J.* 2019;38(1):33–40.

197. Badra VV, Faraoni JJ, Ramos RP, Palma-Dibb RG. Influence of different beverages on the microhardness and surface roughness of resin composites. *Oper Dent.* 2005;30(2):213–9.
198. Wei Su L, Lin DJ, Yen Uan J. Novel dental resin composites containing LiAl-F layered double hydroxide (LDH) filler: Fluoride release/recharge, mechanical properties, color change, and cytotoxicity. *Dent Mater.* 2019;35(5):663–72.
199. Shetty P, Purayil TP, Ginjupalli K, Pentapati KC. Effect of polishing technique and immersion in beverages on color stability of nanoceramic composites. *J Oral Biol Craniofacial Res.* 2021;11(1):53–6.
200. Arruda BM, Bassi JC, Vitti RP, Scatolin RS. Color Stability of Bulk Fill Composite Resins Submitted to Coffee Staining. *Braz Dent Sci.* 2020;24(1).
201. Paolone G, Pavan F, Guglielmi PC, Scotti N, Cantatore G, Vichi A. *In vitro* procedures for color stability evaluation of dental resin-based composites exposed to smoke: A scoping review. *Dent Mater J.* 2022;41(6):791–9.
202. Pérez MM, Pecho OE, Ghinea R, Pulgar R, Bona AD. Recent Advances in Color and Whiteness Evaluations in Dentistry. *Curr Dent.* 2019;1(1):23–9.
203. Gómez-Polo C, Muñoz MP, Lorenzo Luengo MC, Vicente P, Galindo P, Martín Casado AM. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *J Prosthet Dent.* 2016;115(1):65–70.
204. Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent.* 2010;38:57–64.
205. Gómez-Polo C, Martín Casado AM, Gómez-Polo M, Montero J. Colour thresholds of the gingival chromatic space. *J Dent.* 2020;103:103502.
206. 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.* 2022;14(10):2067.
207. Holland PW. Statistics and Causal Inference. *J Am Stat Assoc.* 1986;81(396):945–60.
208. Hung M, Bounsanga J, Voss MW. Interpretation of correlations in clinical research. *Postgrad Med.* 2017;129(8):902–6.
209. Kielbassa AM, Oehme EP, Shakavets N, Wolgin M. In vitro wear of (resin-coated) high-viscosity glass ionomer cements and glass hybrid restorative systems. *J Dent.* 2021;105:103554.
210. Kanik Ö, Turkun LS, Dasch W. In vitro abrasion of resin-coated highly viscous glass ionomer cements: a confocal laser scanning microscopy study. *Clin Oral Investig.* 2017;21(3):821–9.
211. Joliffe I, Morgan B. Principal component analysis and exploratory factor analysis. *Stat Methods Med Res.* 1992;1(1):69–95.

212. Gewers FL, Ferreira GR, Arruda HFD, Silva FN, Comin CH, Amancio DR, i sur. Principal Component Analysis: A Natural Approach to Data Exploration. *ACM Comput Surv.* 2022;31:1–34.
213. Bro R, Smilde AK. Principal component analysis. *Anal Methods.* 2014;6(9):2812–31.
214. Zhou X, Wang S, Peng X, Hu Y, Ren B, Li M, i sur. Effects of water and microbial-based aging on the performance of three dental restorative materials. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018;80:42–50.
215. Wang L, Cefaly DFG, Santos JLD, Santos JRD, Lauris JRP, Mondelli RFL, i sur. In vitro interactions between lactic acid solution and art glass-ionomer cements. *J Appl Oral Sci.* 2009;17(4):274–9.
216. Adhikari B, Howes T, Bhandari BR, Truong V. Stickiness in Fooda: A Review of Mechanisms and Test Methods. *Int J Food Prop.* 2001;4(1):1–33.
217. Murata H, Cummings CS, Koepsel RR, Russell AJ. Polymer-Based Protein Engineering Can Rationally Tune Enzyme Activity, pH-Dependence, and Stability. *Biomacromolecules.* 2013;14(6):1919–26.
218. Rodrigues DS, Buciumeanu M, Martinelli AE, Nascimento RM, Henriques B, Silva FS, i sur. Mechanical Strength and Wear of Dental Glass-Ionomer and Resin Composites Affected by Porosity and Chemical Composition. *J Bio- Tribo-Corros.* 2015;1(3):24.
219. Laske M, Opdam NJM, Bronkhorst EM, Braspenning JCC, Huysmans MCDNJM. The differences between three performance measures on dental restorations, clinical success, survival and failure: A matter of perspective. *Dent Mater.* 2019;35(10):1506–13.
220. Ferracane JL, Hilton TJ, Stansbury JW, Watts DC, Silikas N, Ilie N, i sur. Academy of Dental Materials guidance—Resin composites: Part II—Technique sensitivity (handling, polymerization, dimensional changes). *Dent Mater.* 2017;33(11):1171–91.
221. Dawes C, Pedersen AML, Villa A, Ekström J, Proctor GB, Vissink A, i sur. The functions of human saliva: A review sponsored by the World Workshop on Oral Medicine VI. *Arch Oral Biol.* 2015;60(6):863–74.
222. Loke C, Lee J, Sander S, Mei L, Farella M. Factors affecting intra-oral pH - a review. *J Oral Rehabil.* 2016;43(10):778–85.
223. Von Bültzingslöwen I, Sollecito TP, Fox PC, Daniels T, Jonsson R, Lockhart PB, i sur. Salivary dysfunction associated with systemic diseases: systematic review and clinical management recommendations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2007;103:57.
224. Bayne SC. Correlation of clinical performance with ‘in vitro tests’ of restorative dental materials that use polymer-based matrices. *Dent Mater.* 2012;28(1):52–71.
225. Ferracane JL. Resin-based composite performance: Are there some things we can’t predict? *Dent Mater.* 2013;29(1):51–8.

226. Lima VP, Machado JB, Zhang Y, Loomans BAC, Moraes RR. Laboratory methods to simulate the mechanical degradation of resin composite restorations. *Dent Mater.* 2022;38(1):214–29.
227. Heintze SD, Reichl FX, Hickel R. Wear of dental materials: Clinical significance and laboratory wear simulation methods —A review. *Dent Mater J.* 2019;38(3):343–53.
228. Peumans M, De Munck J, Mine A, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives for the restoration of non-carious cervical lesions. A systematic review. *Dent Mater.* 2014;30(10):1089–103.
229. Ilie N. Accelerated versus Slow In Vitro Aging Methods and Their Impact on Universal Chromatic, Urethane-Based Composites. *Materials.* 2023;16(6):2143.
230. Mondal K, O'Brien EP, Rockne KJ, Drummond JL. The impact of long-term aging in artificial saliva media on resin-based dental composite strength. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2023;111(4):812–20.
231. Ibrahim MS, Alabbas MS, Alsomaly KU, AlMansour AA, Aljouie AA, Alzahrani MM, et al. Flexural Strength, Elastic Modulus and Remineralizing Abilities of Bioactive Resin-Based Dental Sealants. *Polymers.* 2021;14(1):61.
232. Brzović Rajić V, Ivanišević Malčić A, Bilge Kütük Z, Gurgan S, Jukić Krmek S, Miletić I. Compressive Strength of New Glass Ionomer Cement Technology based Restorative Materials after Thermocycling and Cyclic Loading. *Acta Stomatol Croat.* 2019;53(4):318–25.

## **8. SAŽETAK**

## Ciljevi

Primarni cilj istraživanja bio je ispitati promjene površinske mikrotvrdoće, hrapavosti i boje nastale uslijed izlaganja materijala komercijalno dostupnom kiselom biljnom napitku, za predstavnike sljedećih glavnih skupina suvremenih restaurativnih materijala: konvencionalni smolasti kompoziti, debeloslojni („*bulk-fill*“) smolasti kompoziti, stakleno-ionomerni hibridni materijali i tzv. alkasitni materijal. Sekundarni ciljevi istraživanja uključuju ispitivanje promjena boje prema pojedinim osima ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), analizu doprinosa promjene boje prema individualnim osima u ukupnoj promjeni boje te analize korelacija promjena glavnih varijabli (mikrotvrdoća, hrapavost i promjena boje) prilikom izlaganja restaurativnih materijala kiselom biljnom napitku.

## Materijali i metode

Testirani materijali bili su: konvencionalni kompozitni materijali Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn) i Charisma Classic (Kulzer, Hanau, Njemačka), alkasitni materijal Cention N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn), debeloslojni kompozitni materijal Filtek One Bulk Fill Restorative (3M, St. Paul, MN, SAD) i stakleni hibrid Equia Forte HT Fil s premazom Equia Coat (GC, Tokio, Japan) i Equia Forte HT Fil (GC, Tokio, Japan) bez premaza. Svi materijali bili su A2 nijanse. Uzorci su pripremljeni u okruglom kalupu promjera 15 mm i visine 1 mm, po 20 uzoraka za svaki materijal. Uzorci su pohranjeni u deioniziranoj vodi na 37 °C, a svaki dan su uronjeni u kiseli biljni napitak „Green avocado“ (Ortoromi, Borgoricco, Italija) s 47% soka od jabuke, 25% soka od kruške, 20% avokada, 8% špinata i askorbinskom kiselinom, na 5 minuta dnevno tijekom jednog mjeseca. Promjene u mikrotvrdoći, hrapavosti površine i boji su procijenjene nakon četiri tjedna izloženosti materijala kiselom biljnom napitku. Statistička analiza izvedena je pomoću analize varijance (ANOVA-e) s Tukey *post-hoc* testom za višestruke usporedbe, t-testom, Pearsonovom korelacijskom analizom i analizom glavnih komponenata s varimax rotacijom.

## Rezultati

Statistički značajni učinci kiselog biljnog napitka na degradaciju suvremenih restaurativnih materijala utvrđeni su za sva ispitana svojstva, pri čemu su opažene statistički značajne promjene u mikrotvrdoći, značajno veći porast hrapavosti površine i veća promjena boje u usporedbi s negativnom kontrolnom skupinom izloženoj samo deioniziranoj vodi. Nakon 30 dana cikličkog

izlaganja kiselom biljnom napitku, vrijednosti mikrotvrdoće su se smanjile za 8-28% (za kompozitne materijale) ili povećale do 91% (za stakleni hibrid).

Statistički značajno smanjenje mikrotvrdoće izmjereno je za materijale Tetric EvoCeram i Filtek One Bulk Fill u obje skupine (eksperimentalnoj i kontrolnoj), dok je kod staklenog hibrida Equia Forte HT opažen značajan porast mikrotvrdoće u obje skupine. Značajnih promjena mikrotvrdoće nije bilo kod staklenog hibrida premazanog smolastim premazom Equia Coat (u obje skupine) ni kod alkalitnog materijala Cention N u kontrolnoj skupini. Razlike u promjeni mikrotvrdoće između kontrolne i eksperimentalne skupine bile su statistički značajne za sve materijale osim za stakleni hibrid sa smolastim premazom. Povećanje hrapavosti površine uzoraka uronjenih u kiseli biljni napitak bilo je 7-26 puta veće u usporedbi s kontrolnom skupinom. Porast hrapavosti bio je statistički značajan kod većine materijala, osim u kontrolnoj skupini materijala Tetric EvoCeram, Cention N i Charisma Classic. Kod svih materijala, porast hrapavosti bio je statistički značajno veći u skupini izloženoj kiselom biljnom napitku nego u kontrolnoj skupini. Opazive promjene boje ( $\Delta E^*$ ) u eksperimentalnoj skupini grupi bile su 3-8 puta veće u usporedbi s kontrolnom skupinom. Vrijednosti  $\Delta E^*$  uzoraka uronjenih u kiseli biljni napitak kretale su se od 3,2 do 14,2, što ukazuje na razlike u boji opazive ljudskim okom. Promjene boje razlikovale su se među materijalima u širokom rasponu vrijednosti, a kod svih su materijala bile statistički značajno veće u eksperimentalnoj skupini izloženoj kiselom biljnom napitku u usporedbi s kontrolnom skupinom. Pomaci prema osima boja ( $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ ) većinom su se odvijali u istom smjeru u eksperimentalnoj i kontrolnoj skupini, pri čemu su iznosi pomaka općenito bili veći u eksperimentalnoj skupini. Analiza glavnih komponenata i Pearsonova korelacijska analiza pokazale su istaknutu korelaciju promjena površinske hrapavosti izmjerenih u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini.

## **Zaključak**

Na temelju rezultata ovog *in vitro* istraživanja može se zaključiti da svakodnevna izloženost restaurativnih dentalnih materijala kiselom biljnom napitku može značajno ubrzati degradaciju njihovih površinskih svojstava, što se odražava kao smanjenje mikrotvrdoće, povećana hrapavost i opaziva promjena boje. S obzirom na sve navedeno, doktori dentalne medicine trebaju biti upoznati s ponašanjem materijala za nadoknadu tvrdih zubnih tkiva u različitim prehranbenim uvjetima te biti u mogućnosti predvidjeti njihovo ponašanje. Kao kliničari, možemo smanjiti degradaciju dentalnih restauracija informirajući pacijente o njihovoj trajnosti, savjetovati ih o prehranbenim navikama i primjenjivati preventivne i minimalno invazivne tretmane kako bi se produžio vijek trajanja dentalnih restaurativnih materijala.



## **9. SUMMARY**

## **Diploma thesis title: The effect of a green smoothie on surface properties of dental restorative materials**

### **Objectives**

The primary objective of the study was to examine changes in surface microhardness, roughness, and color resulting from exposure of the material to a commercially available green smoothie, for representatives of the following main classes of contemporary restorative materials: conventional resin composites, bulk-fill resin composites, glass-ionomer hybrid materials, and so-called alkasite material. Secondary objectives of the study include investigation of color changes according to individual color axes ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), analysis of the contribution of color changes according to individual axes to the overall color change, and correlation analysis for changes in the main variables (microhardness, surface roughness, and color change) during the exposure of restorative materials to the green smoothie.

### **Materials and methods**

The following materials were tested: conventional composite materials Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) and Charisma Classic (Kulzer, Hanau, Germany), alkasite material Cention N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), bulk-fill composite material Filtek One Bulk Fill Restorative (3M, St. Paul, MN, USA), glass hybrid material Equia Forte HT Fil coated with Equia Coat (GC, Tokyo, Japan), and Equia Forte HT Fil (GC, Tokyo, Japan) without coating. All materials were used in the A2 shade. The samples were prepared in a cylindrical mold with a diameter of 15 mm and a height of 1 mm, using 20 samples per material. The samples were stored in deionized water at 37 ° C and immersed over one month for 5 minutes daily in a green smoothie "Green avocado" (Ortoromi, Borgoricco, Italy) with 47% apple juice, 25% pear juice, 20% avocado, 8% spinach, and ascorbic acid. Changes in microhardness, surface roughness, and color were evaluated after four weeks of green smoothie exposure. Statistical analysis was performed using analysis of variance (ANOVA) with Tukey post-hoc test for multiple comparisons, t-test, Pearson's correlation analysis, and principal component analysis with varimax rotation.

### **Results**

Statistically significant effects of the green smoothie on the degradation of contemporary restorative materials were identified for all tested properties.

Statistically significant changes in microhardness, a significantly greater increase in surface roughness, and a greater color change were observed in the green smoothie group compared to the negative control group exposed to deionized water.

After 30 days of cyclic exposure to the green smoothie, microhardness values decreased by 8-28% (for composite materials) or increased up to 91% (for glass hybrid). A statistically significant decrease in microhardness was measured for Tetric EvoCeram and Filtek One Bulk Fill in both groups (experimental and control), while a significant increase in microhardness was observed in the glass hybrid Equia Forte HT in both groups. There were no significant changes in microhardness for the glass hybrid coated with Equia Coat (in both groups) or for the alkasite material Cention N in the control group. The differences in microhardness change between the control and experimental groups were statistically significant for all materials except for the glass hybrid with resin coating. The increase in surface roughness of the samples immersed in the green smoothie was 7-26 times higher compared to the control group. The increase in roughness was statistically significant in most materials, except in the control group of materials Tetric EvoCeram, Cention N, and Charisma Classic. For all materials, the increase in roughness was significantly higher in the group exposed to the green smoothie than in the control group. Observable color changes ( $\Delta E^*$ ) in the experimental group were 3-8 times higher compared to the control group. The  $\Delta E^*$  values of the samples immersed in the green smoothie ranged from 3.2 to 14.2, indicating color differences visible to the human eye. Color changes differed among the materials in a wide range of values, and for all materials they were significantly higher in the experimental group exposed to the green smoothie compared to the control group. Shifts along the color axes ( $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$ ) mostly occurred in the same direction in the experimental and control groups, with their extent being generally greater in the experimental group. Principal component analysis and Pearson's correlation analysis showed a prominent correlation between surface roughness changes measured in the control and experimental groups.

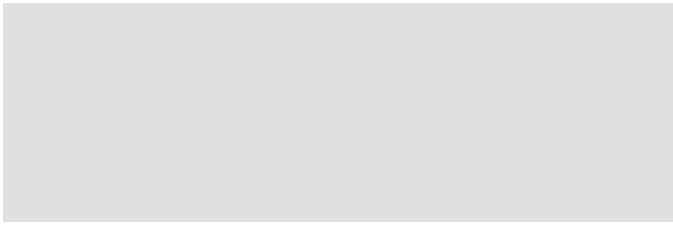
## **Conclusion**

Based on the results of this *in vitro* study, it can be concluded that daily exposure of restorative dental materials to a green smoothie can significantly accelerate the degradation of their surface properties, which reflects as a decrease in microhardness, increased roughness, and observable color changes. Considering all the above, doctors of dental medicine should be familiar with the behavior of restorative materials in different nutritional conditions and be able to predict their behavior.

As clinicians, we can reduce the degradation of dental restorations by informing patients about their durability, advising them on dietary habits, and applying preventive and minimally invasive treatments to extend the service life of dental restorations.

## **10. ŽIVOTOPIS**

## **OSOBNI PODATCI**



## **IZOBRAZBA**

2009.-2013. V gimnazija Vladimir Nazor

2013.-2019. Studij dentalne medicine, Medicinski fakultet Sveučilišta u Splitu

2019.-2023. Doktorska škola „Klinička medicina utemeljena na dokazima“ Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Splitu

2023.- Postdiplomski specijalistički studij Endodoncija i restaurativna dentalna medicina

## **RADNO ISKUSTVO**

2019.- doktorica dentalne medicine, Ordinacija dentalne medicine dr. Marija Veček

2021.- specijalizantica na Zavodu za Endodonciju i Restaurativnu dentalnu medicinu, KBC Zagreb

## **MATERINSKI JEZIK**

-Hrvatski jezik

## **OSTALI JEZICI**

-Engleski jezik, C1 razina

-Talijanski jezik, B2 razina

## **OSTALE AKTIVNOSTI**

2018.-2019. Urednica studentskog časopisa DentiST

2018. i 2019. Sudjelovanje na ISA Skills Compentition

2019. Organizatorica Praktičnih znanja za studente

Članica Hrvatskog društva za Endodonciju pri HLZ

Članica Hrvatskog društva za restaurativnu dentalnu medicinu pri HLZ

2022.- Predavač na endodontskim radionicama (Teorijsko-praktične radionice strojne endodoncije uz Fanta dental sustav)

## POPIS OBJAVLJENE LITERATURE

Radovi u recenziranim znanstvenim časopisima

1. 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*. 2022; 14(10):2067. <https://doi.org/10.3390/polym14102067>
2. Dragun R, Veček NN, Marendić M, Pribisalić A, Đivić G, Cena H, Polašek O, Kolčić I. Have Lifestyle Habits and Psychological Well-Being Changed among Adolescents and Medical Students Due to COVID-19 Lockdown in Croatia? *Nutrients*. 2020 Dec 30;13(1):97. doi: 10.3390/nu13010097. PMID: 33396690; PMCID: PMC7830522.
3. Veček NN, Mucalo L, Dragun R, Miličević T, Pribisalić A, Patarčić I, Hayward C, Polašek O, Kolčić I. The Association between Salt Taste Perception, Mediterranean Diet and Metabolic Syndrome: A Cross-Sectional Study. *Nutrients*. 2020; 12(4):1164. <https://doi.org/10.3390/nu12041164>
4. Roguljić M, Buljan I, Veček N, et al. Identification of facial photographs: a survey of editorial policies and practices *Journal of Medical Ethics* 2022;48:56-60.
5. Duplancic R, Roguljic M, Puhar I, Vecek N, Dragun R, Vukojevic K, Saraga-Babic M and Kero D (2019) Syndecans and Enzymes for Heparan Sulfate Biosynthesis and Modification Differentially Correlate With Presence of Inflammatory Infiltrate in Periodontitis. *Front. Physiol.* 10:1248. doi: 10.3389/fphys.2019.01248

Radovi objavljeni u zbornicima

1. Čavlina, Karlo; Veček, Nika; Ciberlin, Alen; Brzović Rajić Valentina Funkcionalnost i estetika- jednoposjetna endodoncija i kombinirana tehnika izbjeljivanja// 8. Međunarodni kongres Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu: 8. i 9. travnja 2022., Rovinj, Hrvatska. U: *Acta Stomatologica Croatica* 2022.br.2/ Klarić Sever, Eva (ur.). Zagreb: Stomatološki fakultet, 2022. str. 183-211. (poster, domaća recenzija, sažetak, znanstveni)

2. Banic, Ljubica Slaviza; Veček, Nikolina Nika; Klarić Sever, Eva; Šalinović Ivan; Miletić, Ivana; Jukić Krmek, Silvana Short term flouride release from new bioactive dental material// 8. Međunarodni kongres Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu: 8. i 9. travnja 2022., Rovinj, Hrvatska. U: Acta Stomatologica Croatica 2022.br.2/ Klarić Sever, Eva (ur.). Zagreb: Stomatološki fakultet, 2022. str. 183-211. (poster, domaća recenzija, sažetak, znanstveni)
3. Narančić, Martin; Veček, Nikolina Nika; Jukić Krmek, Silvana Endodontic tretment of a maxillary lateral incisor with three canals: a case report// 6. kongres s međunarodnim sudjelovanjem Zavoda za endodonciju i restaurativnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u suorganizaciji Hrvatskog društva za minimalno intervencijsku dentalnu medicinu HLZ-a: : 21. i 22. listopada 2022., Zagreb, Hrvatska. U: Acta Stomatologica Croatica 2022.br.4 / Miletić, Ivana ; Jukić Krmek, Silvana (ur.). Zagreb: Stomatološki fakultet, 2022. str. 441-446. (poster, domaća recenzija, sažetak, znanstveni)
4. Veček, Nika; Banic, Ljubica Slaviza; Klarić Sever, Eva; Brkanović, Sandra; Miletić, Ivana; Jukić, Krmek Silvana Promjena boje materijala za ispune nakon uranjanja u gusti zeleni napitak //Sinergija znanosti i kliničkog rada : Sažeci V. kongresa s međunarodnim sudjelovanjem Zavoda za endodonciju i restaurativnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u suorganizaciji Hrvatskog društva za minimalno intervencijsku dentalnu medicine HLZ-a : 22. i 23. listopada 2021., Zagreb, Hrvatska. U: Acta Stomatologica Croatica 2021.br.4 / Baraba, Anja ; Klarić Sever, Eva (ur.). Zagreb: Stomatološki fakultet, 2021. str. 426-427 (poster, domaća recenzija, sažetak, znanstveni)
5. Banic Ljubica, Slaviza; Klarić Sever, Eva; Veček, Nika; Brkanović, Sandra; Miletić, Ivana; Jukić Krmek, Silvana The influence of green smoothie on hardness and roughness of dental filling materials //Acta stomatologica Croatica / Klarić Sever, Eva (ur.).Zagreb, 2021. str. 229-229 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)
6. Stazić Petra; Roguljić Marija; Veček Nikolina Nika; Dragun Ružica; Đogaš Zoran Periodontal changes in patients with obstructive sleep apnea// Acta stomatologica Croatica/ Puhar Ivan (ur.). Zagreb, 2019;53(2):183-189.