



GIMNAZIJA FRANCA MIKLOŠIČA LJUTOMER

UČINKOVITOST IN ŠKODLJIVOST BELJENJA ZOB

Raziskovalna naloga na interdisciplinarnem področju
(zdravstvo in kemija v vsakdanjem življenju)

Avtorici: Klara Grantaša in Brina Zver

Mentorica: Mateja Godec, prof. kem.

Ljutomer, januar 2024

ZAHVALA

Hvala mentorici Mateji Godec, za vso pomoč pri načrtovanju in pisanju raziskovalne naloge.

Hvala šolski laborantki Sonji Koroša, za usmerjanje po laboratoriju in nasvete pri pripravi eksperimentalnega dela.

Hvala tudi naslednjim zobozdravnikom, ki so za naju več mesecev zbirali zobe: dr. dent. med. Gernotu Herzegu, dr. dent. med. Luku Skominu, dr. dent. med. Matiju Skominu in dr. dent. med. spec. ustne kirurgije Hrvoju Čavku.

Hvala profesorju mag. Sašu Pergarju za lektoriranje.

Nazadnje hvala tudi vsem, ki so rešili najino anketo ali kako drugače pripomogli k nastanku raziskovalne naloge.

POVZETEK

Zadnja leta svet vse bolj preplavlja trend beljenja zob. S pomočjo spletne ankete sva dokazali, da to velja tudi za najino okolico. Ker se je kar nekaj najinih znancev zateklo k temu posegu, sva se odločili raziskati vpliv beljenja na našo ustno votlino. Na spletu sva poiskali najpogosteje uporabljene belilne učinkovine, ki se nahajajo v izdelkih, namenjenim beljenju doma. Izbrali sva vodikov peroksid, karbamidni peroksid, poliakrilno kislino, hidroksiapatit, aktivno oglje in mešanico jedilne sode (natrijevega hidrogen karbonata) in limoninega soka (citronske kisline). S temi sredstvi sva nato belili izpuljene človeške zobe, ki sva jih dobili od lokalnih zobozdravnikov. Njihova strokovna mnenja sva nato zbrali v drugi spletni anketi, namenjeni samo zobozdravnikom. Nato sva med poskusi spremljali spremembe barve, mase in površine zob ob večkratnem beljenju. Ugotovili sva, da delujejo vse izbrane učinkovine, saj so se vsi zobje posvetlili, vendar je bila pri nekaterih vidna sprememba na površini zoba, prav tako pa se je vsem zobem zmanjšala masa.

Ključne besede: zobje, beljenje, priljubljenost, učinkovitost, škodljivost

ABSTRACT

In the past couple of years, teeth whitening has taken the world by storm. With the help of an online survey, we have shown that this also applies to our surroundings. Since quite a few of our acquaintances resorted to this procedure, we decided to research the effect of whitening to our oral cavity. We searched online for the most commonly used bleaching agents found in home bleaching products. We settled for hydrogen peroxide, carbamide peroxide, polyacrylic acid, hydroxyapatite, activated carbon and a mixture of baking soda (sodium bicarbonate) and lemon juice (citric acid). Then, with these compounds, we whitened extracted human teeth, that we received from local dentists. Then, during the experiments, we monitored changes in color, mass and surface of the teeth during repeated whitening. We found that all active ingredients worked, as all teeth were whiter, some had a visible change in the surface of the tooth, and all teeth had a decrease in weight.

Key words: teeth, whitening, popularity, effectiveness, harmfulness

KAZALO VSEBINE

1 UVOD.....	8
2 TEORETIČNI DEL.....	9
2.1 Zgradba zob	9
2.2 Na splošno o beljenju	9
2.2.1 Beljenje zob pri zobozdravnikih.....	10
2.2.2 Beljenje zob doma	10
2.3 Belilne učinkovine.....	11
2.3.1 Vodikov peroksid.....	11
2.3.2 Karbamid peroksid	12
2.3.3 Poliakrilna kislina	13
2.3.4 Aktivno oglje.....	14
2.3.5 Hidroksiapatit.....	15
2.3.6 Zmes jedilne sode in limoninega soka.....	16
3 METODE DE LA.....	17
3.1 Izbira belilnih učinkovin.....	17
3.2 Izbira vzorcev zob.....	17
3.3 Hranjenje zob	18
3.4 Določevanje barve zob	19
3.5 Tehtanje.....	21
3.6 Opazovanje pod lupo.....	21
3.7 Nanos belilnih učinkovin na zobe.....	22
3.8 Anketa	23
3.8.1 Anketa o povpraševanju po beljenju zob	23
3.8.2 Anketa za zobozdravnike	23
4 REZULTATI DE LA IN RAZPRAVA	24
4.1 Rezultati beljenja	24
4.1.1 Beljenje z vodikovim peroksidom	24
4.1.2 Beljenje s karbamid peroksidom	26

4.1.3 Beljenje s poliakrilno kislino	29
4.1.4 Beljenje s aktivnim ogljem.....	31
4.1.5 Beljenje s hidroksiapatitom	33
4.1.6 Beljenje z zmesjo jedilne sode in limoninega soka.....	35
4.1.7 Primerjava rezultatov dela.....	37
4.2 Rezultati anket.....	39
4.2.1 Povpraševanje po beljenju zob	39
4.2.2 Mnenje zobozdravnikov o beljenju zob.....	41
5 ZAKLJUČKI.....	43
6 VIRI IN LITERATURA.....	45
6.1 Viri slik.....	47
7 PRILOGE	48
7.1 Priloga 1	48
7.2 Priloga 2	49
7.3 Priloga 3	51

KAZALO SLIK

Slika 1: Zgradba zoba.....	9
Slika 2: Formula vodikovega peroksida	11
Slika 3: Reakcije vodikovega peroksida.....	11
Slika 4: Reaktivne kisikove spojine	12
Slika 5: Formula karbamid peroksida.....	13
Slika 6: Formula poliakrilne kisline.....	14
Slika 7: Strukturna formula hidroksiapatita.....	15
Slika 8: Formula citronske kisline	16
Slika 9: Kemijska enačba reakcije med citrnsko kislino in natrijevim hidrogen karbonatom	16
Slika 10: Razvrščanje zob v dve kategoriji.....	18
Slika 11: Zobje shranjeni v posodicah.....	18
Slika 12: Določevalni ključ barve	19
Slika 13: Primer določevanja barve	19
Slika 14: Določevanje svetlosti zob.....	20
Slika 15: Določevanje podbarve zob.....	20

Slika 16: Določevanje odtenka zob.....	20
Slika 17: Primer tehtanja	21
Slika 18: Primer zoba poslikanega pod lupo	21
Slika 19: Zobje pripravljene na beljenje s karbamid peroksidom	22
Slika 20: Kos prašičjih reber s kožo	23
Slika 21: Primerjava poškodbe zoba 17 pred prvim in po tretjem beljenju.....	24
Slika 22: Tkivo po beljenju z vodikovim peroksidom	25
Slika 23: Primerjava zoba 17 pred prvim (levo) in po tretjem beljenju (desno)	25
Slika 24: Poškodovani del zoba 19 po treh beljenjih.	27
Slika 25: Tkivo en dan po beljenju s karbamid peroksidom.....	27
Slika 26: Primerjava zoba 14 pred prvim (levo) in po tretjem beljenju (desno)	28
Slika 27: Zob 13 s poškodbo po tretjem beljenju.....	29
Slika 28: Tkivo po beljenju s poliakrilno kislino.....	30
Slika 29: Primerjava zoba 20 pred prvim (levo) in po tretjem beljenju (desno)	30
Slika 30: Tkivo po beljenju z aktivnim ogljem.....	32
Slika 31: Primerjava površine zoba 21 pred beljenjem (levo) in po tretjem beljenju (desno) .	32
Slika 32: Tkivo po beljenju s hidroksiapatitom.....	34
Slika 33: Primerjava zoba 24 pred 1. (levo) in po 3. beljenju (desno).....	34
Slika 34: Tkivo po beljenju z zmesjo jedilne sode in limoninega soka	36
Slika 35: Primerjava zoba 25 pred 1. (levo) in po 3. beljenju (desno).....	36

KAZALO TABEL

Tabela 1: Spreminjanje barve zob med beljenjem z vodikovim peroksidom	26
Tabela 2: Masa pred 1. in po 3. beljenju z vodikovim peroksidom ter njuna razlika	26
Tabela 3: Spreminjanje barve zob med beljenjem s karbamid peroksidom	28
Tabela 4: Masa pred 1. in po 3. beljenju s karbamid peroksidom ter njuna razlika	28
Tabela 5: Spreminjanje barve zob med beljenjem s poliakrilno kislino	31
Tabela 6: Masa pred 1. in po 3. beljenju s poliakrilno kislino ter njuna razlika	31
Tabela 7: Spreminjanje barve zob med beljenjem z aktivnim ogljem.....	33
Tabela 8: Masa pred 1. in po 3. beljenju z aktivnim ogljem ter njuna razlika	33
Tabela 9: Spreminjanje barve zob med beljenjem s hidroksiapatitom	35
Tabela 10: Masa pred 1. in po 3. beljenju s hidroksiapatitom ter njuna razlika	35
Tabela 11: Spreminjanje barve zob med beljenjem z zmesjo jedilne sode in limoninega soka	37
Tabela 12: Masa pred 1. in po 3. beljenju z zmesjo jedilne sode in limoninega soka ter njuna razlika.....	37

Tabela 13: Končna barva ter razlika odtenkov med začetno in končno	38
--	----

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Masa zob med beljenjem	38
Graf 2: Starostna primerjava anketirancev.....	39
Graf 3: Delež ljudi, ki sta jim zelo pomembna zdravje in barva zob.....	39
Graf 4: Tortni prikaz zanimanja za beljenje zob.....	40
Graf 5: Mnenje anketirancev o škodljivosti belil	40
Graf 6: Trajanje delovne dobe anketirancev	41
Graf 7: Regije, iz katerih prihajajo zobozdravniki	41
Graf 8: Delež zobozdravnikov, ki pozna belila, delež tistih, ki menijo, da belila učinkujejo in tistih, ki menijo, da belila škodujejo.....	42

1 UVOD

V zadnjih letih se je med ljudmi močno razširila želja po belih zobeh. Posledično so postali priljubljeni razni načini beljenja zob. Tega postopka se je v zadnjem času poslužilo kar nekaj najinih znancev, zato sva tudi sami začeli razmišljati o tem »lepotnem posegu«. Kot ljubiteljici kemije in biologije naju zanima predvsem vpliv belilnih učinkovin na zdravje zob, zato sva se odločili, da bo to tema najine raziskovalne naloge.

Beljenje zob je ena izmed storitev, ki jih ponujajo zobozdravniki, lahko pa se odločimo tudi za beljenje doma z raznimi izdelki, ki so temu namenjeni. Med prebiranjem literature naju je presenetila skromnost podatkov o beljenju doma, zato sva se odločili, da se v najini raziskavi osredotočiva predvsem na domače beljenje. Izbrali sva šest pogosto uporabljenih učinkovin: vodikov peroksid, karbamid peroksid, poliakrilno kislino, pasto iz hidroksipatita, aktivno oglje ter zmes jedilne sode (natrijevega hidrogen karbonata) in limoninega soka (citronske kisline).

Zanima naju tudi, kaj o beljenju mislijo ljudje okoli naju in kakšno je mnenje zobozdravnikov. Podatke bova pridobili s pomočjo dveh različnih spletnih anket. Predvsem pa naju zanima, kaj se dogaja z zobmi, če jih belimo daljše obdobje. Raziskali bova, ali se med beljenjem zob spreminjajo njihova masa, površina in seveda barva.

Zastavili sva si naslednje cilje:

- določiti najučinkovitejšo metodo beljenja,
- ugotoviti, ali učinkovine za beljenje poškodujejo zobe,
- proučiti priljubljenost beljenja zob v najini okolici.

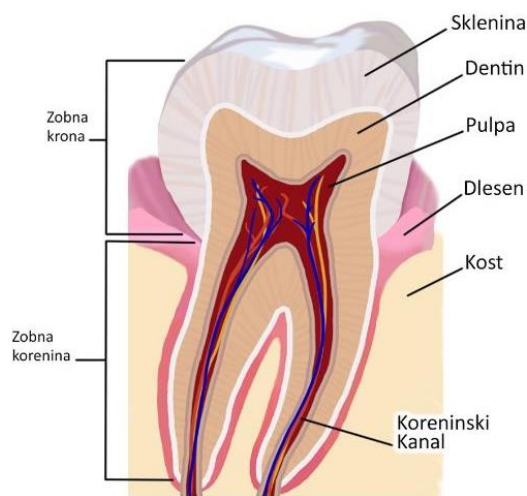
Na podlagi ciljev sva postavili naslednje hipoteze:

1. Vse izbrane belilne učinkovine vidno belijo zobe.
2. Vse izbrane belilne učinkovine poškodujejo zobe.
3. Večini ljudi je barva zob pomembna in več kot polovica anketirancev je že poskusila ali si želi beliti zobe.
4. Zobozdravniki menijo, da beljenje zob škoduje zdravju uporabnikov.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Zgradba zob

Zob je sestavljen iz sklenine, dentina in cementa, ki pokrivajo zobno korenino. V notranjosti zobne krone je majhna votlina (pulpna komora), ki se v notranjosti zobnih korenin nadaljuje v koreninski kanal. Vsaka korenina ima vsaj en kanal, lahko pa jih je tudi več. Pulpo (ali laično živec) sestavljajo žile, živci ter tkivo oziroma celice. Delu zoba, ki ga vidimo v ustih, pravimo zobna krona, del, ki je pokrit z dlesnijo in se nahaja v čeljustni kosti, pa imenujemo zobna korenina (slika 1). (Anatomija (zgradba) zoba, b. d.)



Slika 1: Zgradba zoba

2.2 Na splošno o beljenju

Beljenje zob je lepotni poseg, ki se ga ljudje poslužujejo že vrsto let. Njegova zgodovina sega vse do leta 1848. Prve metode beljenja zob so vključevale uporabo klora iz raztopine kalcijevega hidro klorita ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) in očetne kisline (CH_3COOH). (Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review, 2014)

Zadnja leta želja po belih zobeh narašča, zato se povečuje tudi število sredstev in načinov za njihovo beljenje. V glavnem načine beljenja delimo na tiste, ki jih opravljajo zobozdravniki v ordinacijah, in na tiste, ki jih lahko opravimo sami doma. Razlika je tudi v tem, da nekatere belilne učinkovine prodrejo v notranjost zobne sklenine vse do dentina, nekatere pa imajo zgolj površinski vpliv. Nekateri dejavniki iz vsakdanjega življenja, ki vplivajo na barvo površine naših zob, so kajenje, pitje kave ali rdečega vina in neustrezna ustna higiena. (In-Office vs At-Home Teeth Whitening, b. d.)

2.2.1 Beljenje zob pri zobozdravnikih

Poseg beljenja zob spada na področje estetskega zobozdravstva. Postopek se v osnovi loči na beljenje tistih, ki so zdravi (in še imajo živec), ter potemnelih avitalnih (torej teh, ki so že bili zdravljeni in so brez živca). (Kako poteka beljenje zob pri zobozdravniku?, b.d.)

Zdrave zobe se beli odzunaj, običajno le tiste, ki se vidijo ob nasmehu. Če so zobje zunanje zabarvani, so krivci za to navadno zobne obloge (kot je na primer zobni kamen) in se jih s posebnim peskanjem ali ultrazvočnim čistilcem zobnega kamna fizično odstrani. Če so zobje pacienta notranje zabarvani, je obarvana zobna sklenina. V tem primeru se uporabijo razna belila, v večini primerov sta to vodikov peroksid in karbamid peroksid. Lahko se uporabijo tudi razni laserji, ki pospešijo in pojačajo učinke izbranega belila. (Kako poteka beljenje zob pri zobozdravniku?, b.d.)

Beljenje potemnelih avitalnih zob pa poteka rahlo drugače. Te zobe se beli od znotraj, na mestu, na katerem je bil včasih živec, ker je ravno njegova odsotnost vzrok za zabarvanje. V tem primeru se v notranjost zoba vstavi gel na osnovi vodikovega peroksida, ki se menjuje enkrat tedensko. Postopek se ponavlja dokler zob ne doseže zelene barve. (Kako poteka beljenje zob pri zobozdravniku?, b. d.)

2.2.2 Beljenje zob doma

Zaradi visokih cen beljenja pri zobozdravnikih veliko ljudi raje poseže po belilnih izdelkih, namenjenih uporabi doma. Ti so v zelo različnih oblikah: v gelu, zobni pasti, ustni vodici, prahu ali belilnih trakcih (»whitening strips«). Eden izmed najbolj razširjenih načinov beljenja doma je nanos zmesi jedilne sode (natrijevega hidrogen karbonata) in limoninega soka (pretežno citronske kisline). Zelo priljubljeno postaja tudi beljenje z aktivnim ogljem, katero je lahko v obliki prahu ali zobne paste.

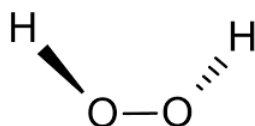
Razne spletne strani priporočajo tudi, uživanje veliko sadja in zelenjave ter izogibanje pigmentnih živilom, kot sta na primer kava in rdeče vino. K boljši barvi zob naj bi pripomoglo tudi izogibanje sladkim živilom in povečanje vnosa kalcija v telo. (5 foods and drinks that can keep your teeth white, b. d.)

Načinov beljenja zob doma je veliko več kot tistih, ki jih izvajajo zobozdravniki, vendar niso zagotovljeni enaki rezultati. Prav tako moramo pri beljenju zob doma paziti, da upoštevamo navodila za uporabo in z uporabo belilnih sredstev ne pretiravamo, ker imajo lahko tudi negativen učinek. (In-Office vs At-Home Teeth Whitening, b. d.)

2.3 Belilne učinkovine

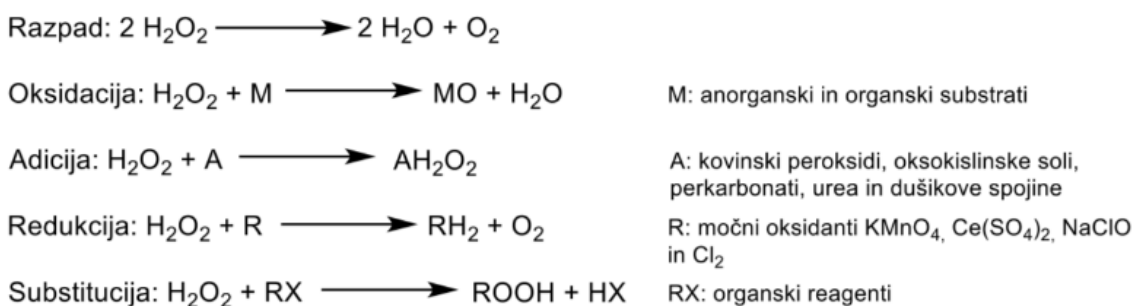
2.3.1 Vodikov peroksid

Vodikov peroksid je pri sobni temperaturi brezbarvna tekočina, katere kemijska formula je H_2O_2 (slika 2). Je kislina spojina. V raziskovalni nalogi sva uporabili vodikov peroksid s koncentracijo 30 %, katerega pH znaša med 2,8 in 4. Majhne količine plinastega vodikovega peroksida so naravno prisotne v zraku. Je zelo nestabilen ter zlahka razpade na kisik in vodo, pri čemer se sprosti toplota. V nizkih koncentracijah (3–9 %) ga najdemo v številnih čistilnih in belilnih sredstvih, uporablja pa se tudi v medicini kot razkužilo. V industriji se vodikov peroksid v višjih koncentracijah uporablja kot belilo za tekstil in papir, kot sestavina raketnih goriv ter za proizvodnjo penaste gume in organskih kemikalij. (Hydrogen Peroxide, 2024)



Slika 2: Formula vodikovega peroksida

Vodikov peroksid je močan vsestranski oksidant, ki deluje v raztopinah z bazično in s kislno pH-vrednostjo. Lahko reagira na različne načine. Lahko razpade, oksidira ali sodeluje pri reakcijah adicije, substitucije in redukcije (slika 3). Vrsta reakcije vodikovega peroksida je odvisna od substrata, s katerim reagira. (Andrejašič, 2022)



Slika 3: Reakcije vodikovega peroksida

Oksidacijsko število kisika v vodikovem peroksidu je -1 , kar pomeni, da lahko reagira kot oksidant ali kot reducent (odvisno od pH-vrednosti raztopine). (Andrejašič, 2022)

Pri razpadu vodikovega peroksida nastaneta voda in kisik ($2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$). Kisik, ki v tej reakciji nastane, je singletni kisik ($^1\text{O}_2$). To je elektronsko vzbujen molekularni kisik O_2 , ki je manj stabilen od običajnega tripletnega kisika ($^3\text{O}_2$). Singletni kisik je zelo močan oksidant, ker

lahko elektrona z nasprotnima spinoma zelo hitro reagirata z drugimi elektronskimi pari. Singletni kisik nastane, če pride do obrata enega izmed elektronov tripletnega kisika ($^3\text{O}_2$), ki je najpogostejša oblika kisika v naravi. (Konečnik, 2016)

Pri redukciji kisika dobimo razne reaktivne intermediete, med drugim tudi superoksidni anion (O_2^-), ki je predhodnik večine reaktivnih kisikovih spojin (ROS), je pa tudi mediator oksidativnih verižnih reakcij. Z distimulacijo O_2^- nastaneta tripletni kisik ($^3\text{O}_2$) in vodikov peroksid (H_2O_2). Ta se potem lahko popolnoma reducira do vode in kisika ali le delno do hidroksilnega radikala ($\cdot\text{OH}$), ki je eden izmed najmočnejših oksidantov v naravi. (Konečnik 2016)

Radikali:	Neradikali:
• Tripletni kisik $^3\text{O}_2$	• Singletni kisik $^1\text{O}_2$
• Superoksidni radikal $\text{O}_2^{\cdot-}$	• Vodikov peroksid H_2O_2
• Hidroksilni radikal OH^{\cdot}	• Hidroperoksid ROOH
• Hidroperoksilni radikal HOO^{\cdot}	• Hipoklorna kislina HOCl
• Peroksilni radikal ROO^{\cdot}	• Peroksinitrit ONOO^-
• Alkoksilni radikal RO^{\cdot}	• Ozon O_3
• Ozon O_3	

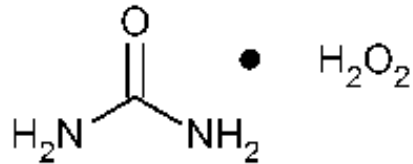
Slika 4: Reaktivne kisikove spojine

Beljenje zob z vodikovim peroksidom prekine kemične vezi, ki povzročajo madeže na površini zob in globoko v sklenini. Ko vodikov peroksid nanese na zobe, se sprostijo molekule kisika, ki prodrejo v zobno sklenino in razgradijo pigmentne molekule, ki povzročajo madeže. Ta proces se imenuje oksidacija. Za doseganje želene ravni beline je morda potrebnih več ponovitev. (Wie man Zähne mit Wasserstoffperoxid aufhellt: Umfassende Anleitung, 2023)

Kot pri vsakem posegu tudi pri beljenju zob obstaja možnost pojavitve stranskih učinkov. Beljenje zob z vodikovim peroksidom lahko v zgodnjih fazah povzroči občutljivost zob, v kasnejših fazah pa tudi draženje tkiva. To lahko na koncu pripelje do nepopravljive poškodbe zobovja. (What is Hydrogen Peroxide?, 2022)

2.3.2 Karbamid peroksid

Karbamid peroksid je v vodi topna bela kristalinična spojina, sestavljena iz vodikovega peroksida in sečnine (slika 5). Ker je vir vodikovega peroksida, ga lahko najdemo v izdelkih za razkuževanje in beljenje zob. Poleg tega se nahaja tudi v kapljicah za ušesa, antiseptičnih ustnih vodih, izdelkih za zdravljenje ustnih razjed itd. V svoji raziskovalni nalogi sva uporabili 44-odstotni karbamid peroksid, katerega pH je med 3,5 in 4. (Carbamide Peroxide, 2024)



Slika 5: Formula karbamid peroksida

Zaužitje karbamid peroksida lahko pri človeku povzroči močne bolečine v želodcu, bruhanje, v izrednih primerih pa kemično poškodovano želodčno steno. (Carbamide Peroxide, 2024)

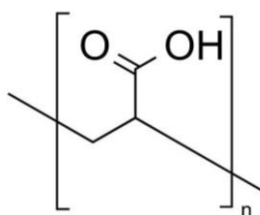
Toksičnost oralne zaužitve spojine je bila podrobneje testirana na podganah. Po želodčni cevki je bilo doziranih 5, 10 in 15 mg karbamid peroksida na kilogram telesne teže. Testirane živali so poginile v prvih 24 urah. (Acute toxicity of carbamide and a commercially available tooth-bleaching agent in rats, 1995)

Ko karbamid peroksid pride v stik z zobmi, razpade na ureo in vodikov peroksid (H_2O_2), ki je močno oksidativno in belilno sredstvo. Tako je tukaj princip beljenja enak kot pri vodikovem peroksidu, le da poteka počasneje. Oksidativna moč karbamid peroksida se sprosti v prvih dveh urah, nato pa deluje še do nadaljnjih šest. Ker je njegovo delovanje počasno, se pogosto uporablja v izdelkih, ki jih nosimo čez noč. (What is Carbamide Peroxide Teeth Whitening?, 2021)

Nekateri škodljivi učinki karbamid peroksida kot sredstva za beljenje zob vključujejo občutljivost dentina in draženje dlesni. Prav tako lahko spremeni morfologijo površine sklenine z izgubo mineralov sklenine in hrapavostjo površine. (Carbamide Peroxide, b. d.)

2.3.3 Poliakrilna kislina

Poliakrilna kislina (s trgovskim imenom karbomer) je polimer, sestavljen iz monomerov akrilne kisline ($CH_2=CHCO_2H$), ki je enostavna karboksilna kislina. Kemijsko formulo poliakrilne kisline lahko zapišemo $(CH_2-CHCO_2H)_n$ ali kot prikazuje slika 6. Poliakrilna kislina je higroskopska (vpija vodo) in v normalnih pogojih krhka. Pogosto se uporablja v industriji z detergenti in tkaninami za plenice. (Polyacrylic Acid, 2023)



Slika 6: Formula poliakrilne kisline

Pomembno je poudariti, da ima lahko poliakrilna kislina različne molekulske mase in oblike, odvisno od števila monomernih enot, zato se njene lastnosti, kot sta reaktivnost in pH, razlikujejo.

Poliakrilna kislina ima nizko toksičnost, kljub temu pa lahko povzroča draženje kože, v primeru zaužitja pa tudi prebavne motnje. (Safety Data Sheet – Poly(acrylic acid), 2020)

Prednost prisotnosti bioadheziva, kot je poliakrilna kislina, v zobni pasti je, da lahko poveča stik in delovni čas sestavin zobne paste. To bo povečalo/okrepilo njihove učinke in tako povečalo njihovo učinkovitost. (Polyacrylic Acid in Toothpaste: Benefits and Safety, 2023)

Mnoge raziskave se ukvarjajo z vplivom poliakrilne kisline na trdnost zob, ker naj bi kot nekakšno lepilo zapolnila majhne razpoke v sklenini, s tem pa vizualno zgladila zobe. Ukvarjajo se tudi z vplivom poliakrilne kisline na zobni dentin, do katerega belilo pride v primeru večjih razpok sklenine, vendar še ni enotnih rezultatov. (Effects of Polyacrylic Acid Pre-Treatment on Bonded-Dentine Interfaces Created with a Modern Bioactive Resin-Modified Glass Ionomer Cement and Subjected to Cycling Mechanical Stress, 2018)

Prav tako zaenkrat še ni drugih potrjenih belilnih učinkov poliakrilne kisline.

2.3.4 Aktivno oglje

Aktivno oglje je oblika ogljika, ki se aktivira s skrbno nadzorovanim procesom oksidacije, da se razvije porozna struktura ogljika. Postopek aktivacije ustvari mrežo medsebojno povezanih mikropor in mezopor, kar daje aktivnemu oglju edinstvene lastnosti. Določena struktura ogljika daje aktivnemu oglju zelo veliko površino, ki mu omogoča, da adsorbira širok spekter spojin. Ima največjo količino adsorpcijske poroznosti med vsemi materiali, ki so na voljo. Njegov pH je bazičen in se giblje med 9 in 11. (Ingo German Carbons limited, b. d.)

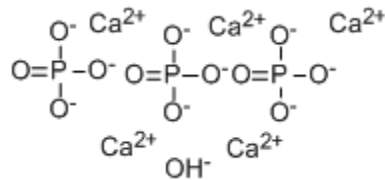
Pri ljudeh se lahko ob zaužitju in vdihavanju poleg draženja dihalnih poti pojavita še slabost in bruhanje. LD50 je 10.000 mg/kg (podgana, oralno). (Charcoal Safety Data Sheet (SDS), 2015)

Ker je aktivno oglje porozno, absorbira in odstrani madeže s površine zobne sklenine. Poleg tega ima naravno oprijemljivost, zaradi katere se veže na snovi, ki obarvajo zunanost zob.

Težava pa nastane, ker lahko s svojo abrazivnostjo poškoduje zobno sklenino. Ko je ta enkrat poškodovana, se stanjša in razkrije del denita, ki je naravno obarvan rumeno. Tako lahko beljenje z aktivnim ogljem na koncu pripelje celo do bolj rumenih zob, kot so bili na začetku. (Activated Charcoal Teeth Whitening Frequently Asked Questions (FAQs), 2019)

2.3.5 Hidroksiapatit

Hidroksiapatit je mineralna spojina s kemijsko formulo $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ (slika 7). Po IUPAC nomenklaturi se imenuje kalcijev hidroksid fosfat. Spada v skupino apatitov (fosfatnih mineralov, katerih mineralna struktura vključuje fosfatne in hidroksidne anione, ki tvorijo stabilno mrežo s kalcijevimi kationi). Hidroksiapatit se pogosto nahaja v naravi. Njegov pH je lahko različen in je odvisen od prisotnosti vodikovih ionov v raztopini, vendar je vedno blizu 7. Prav tako je razmeroma stabilna snov. (Hidroksiapatite, b. d.)



Slika 7: Strukturna formula hidroksiapatita

Njegov naravni vir so lahko minerali apatiti, ki se nahajajo v zemeljski skorji. Hidroksiapatit je naravno prisotna snov v kosteh in zobeh ter igra ključno vlogo pri njihovi trdoti in strukturi. Ima kristalno strukturo, v kateri so ioni Ca^{2+} , PO_4^{3-} in OH^- organizirani v tridimenzionalno mrežo. Uporablja se v medicinskih aplikacijah, npr. pri izdelavi umetnih zobnih vsadkov, kot mineral za obnovo kosti in v medicinskih postopkih. (Hidroksiapatite, b. d.)

Zaradi svoje prisotnosti v človeških kosteh in zobeh je kalcijev hidroksid fosfat brez toksičnih učinkov, ki bi prizadeli človeka. (Hidroksiapatite, b. d.)

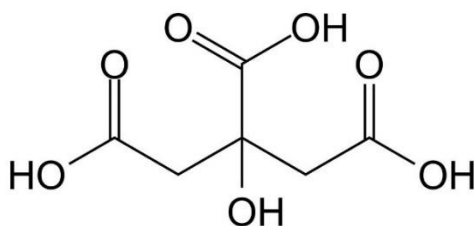
Hidroksiapatit sam po sebi nima belilnih lastnosti ali belilnega učinka ob nanosu. Kljub temu pa se v zobozdravstvu in kemični industriji uporablja v izdelkih, ki imajo belilni učinek. V njih hidroksiapatit običajno deluje tako, da zapolni mikroskopske razpoke in praske v zobni sklenini. To da zobu sijaj in ga vidno posvetli. Hidroksiapatit je v zobni industriji po navadi uporabljen v obliki paste (med drugim ga najdemo tudi v belilnih zobnih pastah). Belilne lastnosti hidroksiapatita še niso uradno dokazane in potrjene, pa tudi zobozdravniki ga ne uporabljajo. Vendar so trenutno predmet mnogih raziskav. (Tooth whitening with an experimental toothpaste containing hydroxyapatite nanoparticles, 2022)

2.3.6 Zmes jedilne sode in limoninega soka

Jedilna soda, katere kemijsko ime je natrijev hidrogen karbonat (tudi natrijev bikarbonat) je bela trdna snov v kristalinični obliki. Naravna mineralna oblika je nahkolit. Je sestavni del minerala natron in ga najdemo raztopljenega v številnih mineralnih vrelih. Njen pH je od 8 do 9, zato spada med baze. (Sodium Bicarbonate, 2024)

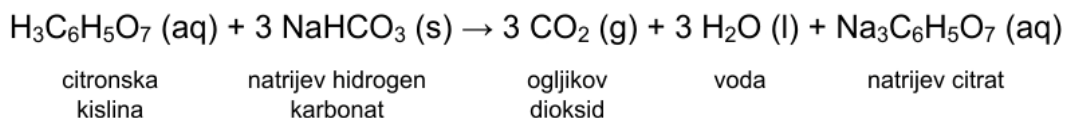
Limonin sok ima visoko vsebnost citronske kisline. To je brezbarvna šibka organska kislina, ki se v naravi pojavlja v citrusih. Njena vrednost pH je med 2 in 6, torej ima kisel značaj. (Citric Acid, 2024)

Citronska kislina, drugače tudi 2-hidroksipropan-1,2,3-trikarboksilna kislina (slika 8) je ena izmed najmočnejših organskih kislin, uvrščena pa je tudi med ekološko sprejemljive stabilizatorje. Igra pomembno vlogo v raznih bioloških procesih, npr. deluje kot intermediat v Krebsovem ciklu, uravnava velikost kalcijevih kristalov v kosteh in dobro kelira kovinske ione (predvsem Ca^{2+}). (Pajk, 2022)



Slika 8: Formula citronske kisline

Ko bazično sodo bikarbono (NaHCO_3) kombiniramo s kislim limoninim sokom (predvsem citrsko kislino, $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$), pride do nevtralizacijske reakcije. Nastanejo sol natrijev citrat, ogljikov dioksid in voda (slika 9). (Lemon Fizz, 2011)



Slika 9: Kemijska enačba reakcije med citrsko kislino in natrijevim hidrogen karbonatom

Beliine lastnosti pripisujemo natrijevega citratu. To je natrijeva sol citronske kisline. Je bela kristalinična spojina, ki se rahlo raztaplja na vlažnem zraku, ker je dobro topna v vodi. (Sodium Citrate, 2024)

Človek lahko po zaužitju doživi slabost, bruhanje in druge prebavne težave. LD50 je 5400 mg/kg (miš, oralno). (Safety Data Sheet, 2023)

Polifosfati in natrijev citrat so značilne komponente proti redepoziciji. Namenjeni so preprečevanju nastanka zobnega kamna, ki je v bistvu patološko odlaganje faz kalcijevega fosfata iz sline. Predpostavlja se, da imajo močno adsorpcijsko afiniteto na površino zoba. Prav tako lahko vežejo obarvane anorganske ione in preprečijo njihovo odlaganje. (A Critical Review of Modern Concepts for Teeth Whitening, 2019)

3 METODE DELA

3.1 Izbira belilnih učinkovin

Ker sva se zaradi skromnosti podatkov o učinkovitosti in škodljivosti beljenja zob doma odločili osredotočiti prav za ta način, sva s pomočjo enega najbolj znanih spletnih tržišč Amazon določili trenutno najbolj prodajane izdelke za beljenje zob. V teh sva nato poiskali sestavine, ki povzročajo beljenje. Ko sva našli šest različnih tovrstnih snovi, sva izdelke, ki jih vsebujejo, naročili. To so: tekoči vodikov peroksid, gel karbamidnega peroksida, trakci s poliakrilno kislino, prah aktivnega oglja, pasta s hidroksiapatitom ter pasta z zmesjo jedilne sode in limoninega soka.

3.2 Izbira vzorcev zob

Belilne učinkovine sva se odločili testirati na izpuljenih človeških zobeh. Zato sva zobozdravnike prosili, da naj paciente, ki jim je bilo treba izpuliti zobe, prosijo za donatorstvo izpuljenih zob in soglasje za uporabo zob v najini raziskavi. Tako so za naju zbrali izpuljene zobe in vsi pacienti, ki so donirali zobe, so privolili v uporabo svojih zob za raziskovalne namene.

Prvo »pošiljko« zob sva dobili 15. oktobra 2023. Naslednji dan sva pričeli z njihovim razvrščanjem v dve skupini, in sicer na poškodovane in nepoškodovane (z zgolj površinskimi praskami) (slika 10). Belilna sredstva sva nato preizkušali na nepoškodovanih zobeh, ker so tudi v naših ustih le zdravi zobje primerni za beljenje. Ker je bilo zdravih zob v primerjavi s hudo poškodovanimi veliko manj, sva jih zbirali skoraj štiri mesece, pri čemer sva postopek razvrščanja vsakič ponovili.

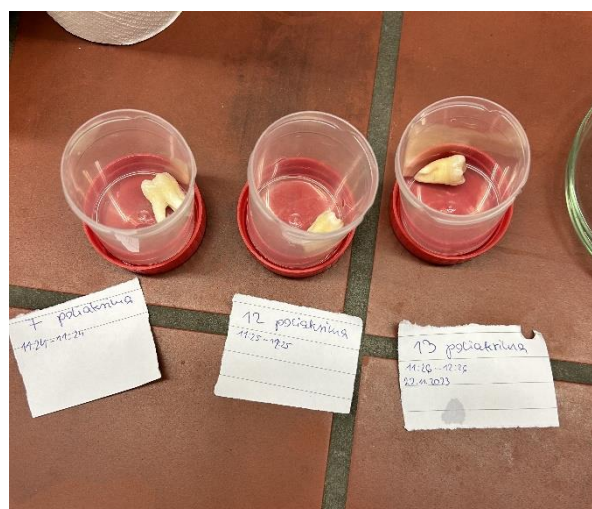
Vse ustrezne zobe sva nato oštevilčili s številkami od 1 do 26. V nadaljevanju bova predstavili rezultate beljenja na zobeh, oštevilčenih od 9 do 26. Pri zobeh od 1 do 8 je namreč prišlo do napake, zato njihovih rezultatov ne bova predstavili.



Slika 10: Razvrščanje zob v dve kategoriji

3.3 Hranjenje zob

Zobe sva hranili ločeno vsakega posebej, in sicer v majhnih plastičnih posodicah s pokrovčki, na katerih je bila napisana njihova številka in učinkovina, s katero so bili beljeni (slika 11). V posodice sva nalili navadno vodo iz pipe, da sva preprečili pričetek razgradnje zob. Vodo sva menjali vsakič, ko sva določen zob obravnavali. Hranjeni so bili pri temperaturi 12 °C. Zavedava se, da so se lahko izpuljeni zobje pri beljenju obnašali drugače kakor bi se zobje v ustni votlini.



Slika 11: Zobje shranjeni v posodicah

3.4 Določevanje barve zob

Za določanje barve sva uporabili zobozdravniški določevalni ključ VITAPAN 3D-Master tooth guide (slika 12 in slika 13).



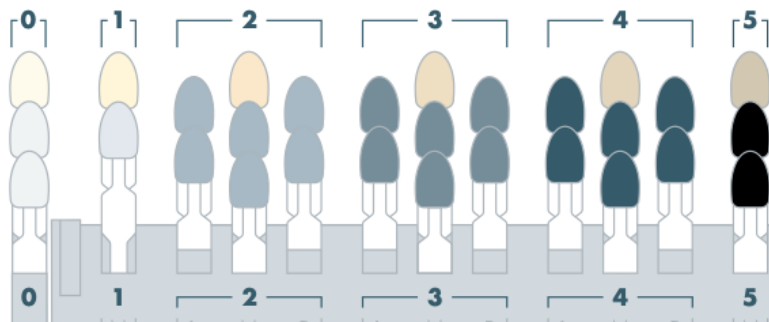
Slika 12: Določevalni ključ barve



Slika 13: Primer določevanja barve

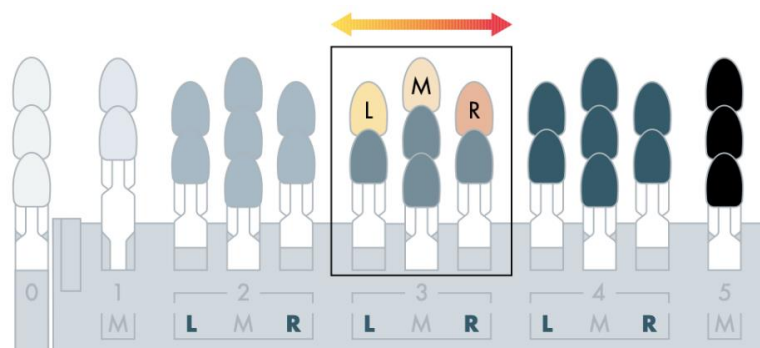
Postopek določanja barve vsakega zoba je potekal v treh korakih:

1. Najprej sva določili svetlost zoba, od 0 do 5. 0 so že razbarvane "bleach" barve, 1 je najsvetlejša "naravna" barva, 5 pa najtemnejša, kot prikazuje slika 14.



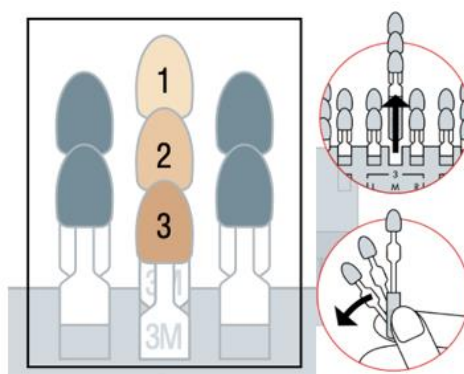
Slika 14: Določevanje svetlosti zob

2. Vsaki barvi zoba določimo še »podbarvo«. Barva zoba namreč lahko nagiba k rumeni, rdeči ali pa nobeni. To sva pod vsako številko s prejšnjega koraka določile s črkami L (=rumena), M (=nevtralno) in R (=rdeča) (slika 15).



Slika 15: Določevanje podbarve zob

3. Po določeni barvi in podbarvi sva določili še odtenek, ki ga označimo s številkami od 1 do 3 (3 je najtemnejši, 1 pa najsvetlejši odtenek) (slika 16).



Slika 16: Določevanje odtenka zob

3.5 Tehtanje

Za tehtanje sva uporabili tehtnico KERN ABJ-NM/ABS-N v šolskem laboratoriju. Preden sva zobe tehtali sva jih vedno pustili 24 ur izven vode (v istem prostoru, pri enaki temperaturi 12°C in vlažnosti), da so se posušili (tako sva dobili konstantno vrednost mase zoba, na katero ni vplivala prisotnost vode). Tehtali sva v gramih, na 4 decimalke natančno, da sva lahko iz sprememb v masi zob sklepali ali se zobna sklenina res tanjša oz. poškoduje.



Slika 17: Primer tehtanja

3.6 Opazovanje pod lupo

Zobe sva opazovali in slikali pod lupo Leica ES2 z 10-kratno povečavo. Med opazovanjem so bili vsi zobje suhi, da so se lepše videli praske in ostrina njihovih robov. Slikali sva jih z osebnim telefonom (iPhone 14).



Slika 18: Primer zoba poslikanega pod lupo

3.7 Nanos belilnih učinkovin na zobe

Vsako posamezno učinkovino sva testirali na zobni kroni treh zob. Ker sva želeli ugotoviti, kaj se z zobom zgodi po večletni uporabi, sva to skušali ponazoriti s prekoračenjem časa beljenja za 100 %. Tako sva z eno učinkovino belili dva zoba 200 % priporočenega časa, en zob pa priporočeni čas, da sva lahko primerjali rezultate.

Priporočeni čas beljenja z vodikovim peroksidom, karbamid peroksidom in poliakrilno kislino je bil pol ure, zob pa naj bi bil pred nanosom suh. Aktivno oglje, pasto s hidroksipatitom ter pasto z zmesjo jedilne sode in limoninega soka pa naj bi pustili delovati čez noč. Kot priporočeni čas sva tako upoštevali 8 ur, dvakrat prekoračeni pa 16 ur. Ker je pri delovanju teh učinkovin običajno prisotna tudi slina, sva zobe pred in med beljenjem večkrat navlažili.

Vodikov peroksid in karbamid peroksid, namenjena beljenju zob sta največkrat v obliki gela, ki se ga preprosto nanese na površino zob. Na takšen način sva s karbamid peroksidom belili tudi midve, poskus z vodikovim peroksidom pa sva poenostavili tako, da sva uporabili tekočo obliko tega belila. Nalili sva ga v majhne posodice, tako da sva vanj lahko potopili zobno krono. Posodice sva takoj zatem zaprli. Poliakrilna kislina, ki sva jo uporabili, je bila v obliki belilnih lističev, ki sva jih nalepili na zobe in jih pustili delovati. Ker je aktivno oglje prah, sva ga zmešali z malo vode, da sva dobili pasto, ki sva jo potem nanесли na zobe. V obliki paste sta bila tudi hidroksiapatit in zmes jedilne sode ter limoninega soka, zato je bil pri teh postopek beljenja enak kot pri aktivnem oglju.



Slika 19: Zobje pripravljene na beljenje s karbamid peroksidom

Nazadnje sva preizkusili tudi vpliv belilnih učinkovin na kožo, da sva ugotovili, kaj se zgodi, če pridejo v stik s dlesnijo. Uporabili sva kos prašičjih reber s kožo (slika 20), na katera sva nato nanесли belina sredstva in jih pustili delovati priporočen čas beljenja.



Slika 20: Kos prašičjih reber s kožo

3.8 Anketa

Zanimalo naju je povpraševanje po beljenju zob in mnenje zobozdravnikov o njem. Zato sva v aplikaciji 1ka ustvarili dve anketi.

3.8.1 Anketa o povpraševanju po beljenju zob

V prvi anketi sva sodelujoče vprašali sedem vprašanj. Zraven podatka o spolu in starosti je vprašalnik anketirance vprašal še po tem:

1. koliko jim pomeni zdravje in barva zob,
2. ali so kdaj pomislili na beljenje,
3. ali so kdaj preizkusili beljenje in kako,
4. kaj menijo o škodljivosti učinkovin, ki sva jih uporabili v raziskavi,
5. ali jih vpliv teh na ustno votlino sploh zanima.

Celotna anketa se nahaja v prilogi 1.

3.8.2 Anketa za zobozdravnike

V drugi anketi sva zobozdravnikom zastavili pet vprašanj. Zraven podatka o spolu, statistični regiji Slovenije, iz katere prihajajo, in o trajanju njihove delovne dobe sva jih vprašali še, ali svojim pacientom nudijo beljenje zob in kako, zadnje vprašanje pa se je nanašalo na njihovo mnenje o učinkovitosti in škodljivosti učinkovin, ki sva jih uporabili v raziskavi. Celotna anketa se nahaja v prilogi 2.

4 REZULTATI DELA IN RAZPRAVA

4.1 Rezultati beljenja

4.1.1 Beljenje z vodikovim peroksidom

Zob 16 sva belili trikrat po eno uro. Po treh beljenjih se je barva zoba posvetlila za 3 odtenke, od 1M1 do 0M1, kar je tudi najsvetlejši odtenek na zobozdravniškem barvnem ključu. Največja razlika v barvi je bila po drugem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0028 g ali 0,199 %, z 1,4064 g na 1,4036 g. Površina zoba je po beljenjih izgledala popolnoma zloščena.

Tudi **zob 17** sva belili trikrat po eno uro. Po treh beljenjih se je barva zoba posvetlila za 3 odtenke, od 1M1 do 0M1. Največja razlika v barvi je bila po prvem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0131 g ali 0,860 %, z 1,5237 g na 1,5106 g. Tudi površina tega zoba se je zloščila. Na eni strani je bila poškodba, pod njo pa temen madež. Po zadnjem beljenju so se robovi poškodbe zaoblili, barvni madež pa je skoraj izginil (primerjava poškodbe je vidna na sliki 21).



Slika 21: Primerjava poškodbe zoba 17 pred prvim in po tretjem beljenju

Zob 18 pa sva belili trikrat po pol ure. Po treh beljenjih se je barva zoba posvetlila za 6 odtenkov, od 2M1 do 0M2. Največja razlika je bila po prvem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0166 g ali 0,823 %, iz 2,0159 g na 2,0029 g. Ta zob je bil pred beljenjem precej popraskan. Sprva zelo ostri robovi prask so bili po tretjem beljenju le še komajda vidni, vendar pa niso povsem izginili. Ni bilo posebnih razlik v hitrosti beljenja ali masi med tem zobom in tistima, ki sva ju belili 200 % priporočenega časa.

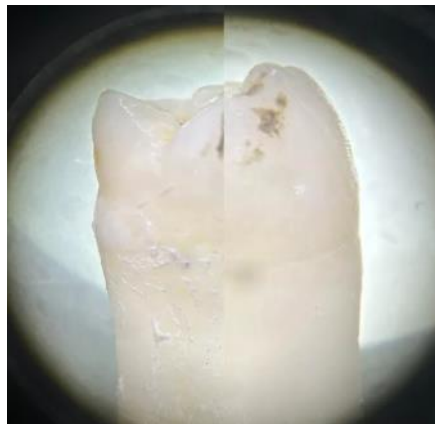
Preizkus vodikovega peroksida na **tkivu** sva nameravali izvajati pol ure, vendar je tkivo razpadlo že po desetih minutah (slika 22).



Slika 22: Tkivo po beljenju z vodikovim peroksidom

KONČNI POVZETEK BELJENJA Z VODIKOVIM PEROKSIDOM

Vsem beljenim zobem se je barva posvetlila do zelo svetlih odtenkov, torej je vodikov peroksid deloval. Največja razlika se je v večini primerov zgodila po prvem beljenju. Prav tako se je vsem zobem spremenila masa, ki je padala v času vseh treh beljenj. Iz tega lahko sklepamo, da vodikov peroksid razgradi del zobovine. Površina vseh zob je po zadnjem beljenju delovala zloščeno, robovi prask pa manj ostri. Primerjava zoba 17 pod lupo je na sliki 23. Tkivo je bilo po stiku s vodikovim peroksidom močno pobeljeno in poškodovano, iz česar lahko sklepamo, da bi vodikov peroksid poškodoval tudi naše dlesni, če bi prišel v stik z njimi.



Slika 23: Primerjava zoba 17 pred prvim (levo) in po tretjem beljenju (desno)

BARVA	zob 16	zob 17	zob 18
pred 1. beljenjem	1M1	1M1	2M1
po 1. beljenju	0M3	0M2	1M1
po 2. beljenju	0M1	0M1	0M2
po 3. beljenju	0M1	0M1	0M2
SKUPNA RAZLIKA ODTENKOV	-3	-3	-6

Tabela 1: Spreminjanje barve zob med beljenjem z vodikovim peroksidom

MASA (g)	zob 16	zob 17	zob 18
pred 1. beljenjem	1,4064	1,5237	2,0159
Po 3. beljenju	1,4036	1,5106	2,0029
razlika	-0,0028	-0,0131	-0,013
razlika v odstotkih	-0,199%	-0,860%	-0,645%

Tabela 2: Masa pred 1. in po 3. beljenju z vodikovim peroksidom ter njuna razlika

Tabela 1 prikazuje barvo zob na začetku in po vsakem beljenju ter razliko v odtenkih med začetno in končno barvo. Tabela 2 pa prikazuje začetno in končno maso zob, njuno razliko ter razliko, preračunano v odstotke začetne mase. Polja, obarvana sivo, se nanašajo na zob, beljen priporočni čas.

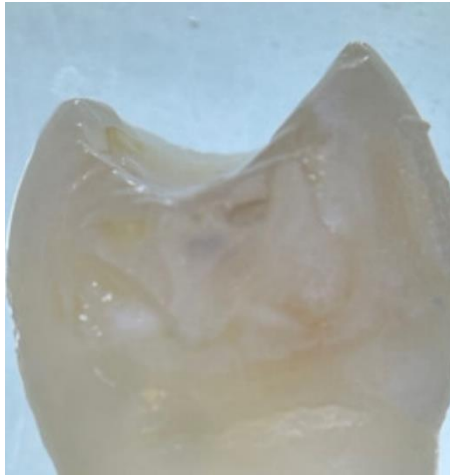
4.1.2 Beljenje s karbamid peroksidom

Zob 14 sva belili trikrat po eno uro. Barva se je posvetlila za 13 odtenkov, od 3M3 do 1M1. Največja razlika v barvi je bila po prvem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0526 g ali 3,242 %, z 1,5955 g na 1,5701 g. Površina zoba se je po beljenju manj svetila.

Zob 15 sva prav tako belili trikrat po eno uro. Barva se je posvetlila za 10 odtenkov, od 3L2,5 do 1M1. Največja razlika v barvi je bila po prvem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0408 g ali 2,299 %, z 1,7750 g na 1,7342 g. Zob je bil na začetku v precej dobrem stanju, zdrav in brez predhodnih poškodb zobne sklenine. Po končanem beljenju je bilo pod lupo možno videti razjede na zobni površini.

Zob 19 je bil beljen trikrat po priporočenem času pol ure. Kot sva pričakovali, je bil učinek karbamidnega peroksida toliko šibkejši. Po treh beljenjih se je barva zoba posvetlila za 1 odtenek, od 1M1 do 0M3. Največja razlika v barvi je bila po drugem beljenju. Masa se je

zmanjšala za 0,0018 g ali 0,170 %, z 1,0572 g na 1,0554 g. Sklenina na zdravi strani je ostala nespremenjena, na poškodovani strani pa so bile opazne razjede (slika 24).



Slika 24: Poškodovani del zoba 19 po treh beljenjih.

Na **tkivu** sva učinkovino pustili delovati pol ure. Takoj po beljenju ni bilo vidnih velikih sprememb, pobledeli madeži na mestih, na katera je bila učinkovina nanesa, so se pojavili šele nekaj ur po končanem beljenju (slika 25). Drugih posebnosti in poškodb ni bilo.

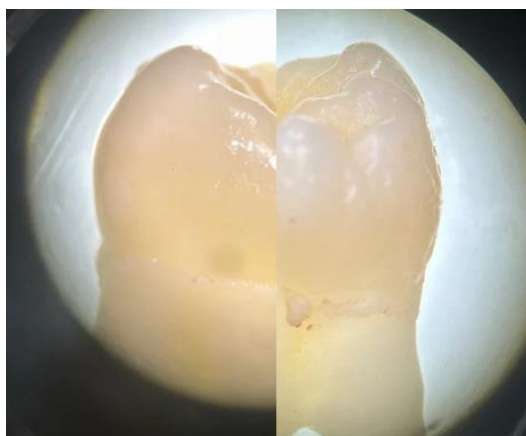


Slika 25: Tkivo en dan po beljenju s karbamid peroksidom

KONČNI POVZETEK BELJENJA S KARBAMID PEROKSIDOM

Vsak zob je po beljenju dosegel zelo svetlo barvo, odvisno od njegove začetne barve, na primer zob 14 se je pobelil za celo 12 odtenkov. Največja razlika se je v večini primerov zgodila po prvem beljenju. Vsakemu zobu je se je spreminjala tudi masa, ki je padla po vsakem beljenju, tudi če se njegova barva ni spremenila. To pomeni, da je karbamid peroksid z vsakim beljenjem razgradil del zobovine. Pri zobu 19 so bile razlike v masi bistveno manjše, ampak so bile še vedno opazne na tehnicu. Površina zob se ni drastično spreminjala, so se pa pojavile razjede

na že predhodno poškodovanih delih. Belilo je prav tako odstranilo zobni kamen. Sprememba je bila tudi v tkivu, ki je bilo po stiku s snovjo pobeljeno (to je postalo veliko bolj opazno drugi dan po beljenju), vendar minimalno poškodovano (slika 26).



Slika 26: Primerjava zoba 14 pred prvim (levo) in po tretjem beljenju (desno)

BARVA	zob 14	zob 15	zob 19
pred 1. beljenjem	3M3	3L2,5	1M1
po 1. beljenju	1M1	1M2	1M1
po 2. beljenju	1M1	1M1	0M3
po 3. beljenju	1M1	1M1	0M3
SKUPNA RAZLIKA ODTENKOV	-13	-10	-1

Tabela 3: Spreminjanje barve zob med beljenjem s karbamid peroksidom

MASA (g)	zob 14	zob 15	zob 19
pred beljenjem	1,5955	1,7750	1,0572
po 3. beljenju	1,5701	1,7342	1,0554
razlika	-0,0526	-0,0408	-0,0018
Razlika v odstotkih	-3,242%	-2,299%	-0,170%

Tabela 4: Masa pred 1. in po 3. beljenju s karbamid peroksidom ter njuna razlika

Tabela 3 prikazuje barvo zob na začetku in po vsakem beljenju ter razliko v odtenkih med začetno in končno barvo. Tabela 4 pa prikazuje začetno in končno maso zob, njuno razliko ter razliko, preračunano v odstotke začetne mase. Polja, obarvana sivo, se nanašajo na zob, beljen priporočeni čas.

4.1.3 Beljenje s poliakrilno kislino

Zob 12 sva belili trikrat po eno uro. Barva se je posvetlila za 13 odtenkov, od 3M2 do 0M3. Največja razlika v barvi je bila po prvem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0190 g ali 1,331 %, z 1,4278 g na 1,4088 g. Površina se je nekoliko zloščila, še posebej na robovih kronice.

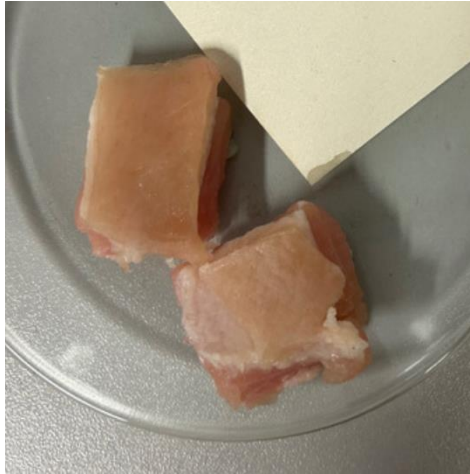
Tudi **zob 13** sva belili trikrat po eno uro. Barva se je posvetlila za 9 odtenkov, od 2R2,5 do 0M3. Največja razlika v barvi je bila po prvem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0158 g oziroma za 0,909 %, z 1,7381 g na 1,7223 g. Tudi površina tega zoba se je po končanem beljenju zloščila. Pred beljenjem velikih poškodb ni bilo, vidna je bila le majhna praska, iz katere je po beljenju nastala globoka rana (slika 27).



Slika 27: Zob 13 s poškodbo po tretjem beljenju

Zob 20 sva belili trikrat po pol ure. Njegova barva se je posvetlila za 3 odtenke, od 1M2 do 0M2. Največja razlika je bila po tretjem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0140 g ali 0,655 %, z 2,1363g na 2,1223g. Zob je bil na začetku v zelo dobrem stanju (brez kakršnih koli večjih zunanjih poškodb), zato je belilo na zdravem delu njegove sklenine naredilo minimalno škodo, le redke praske so se nekoliko poglobile.

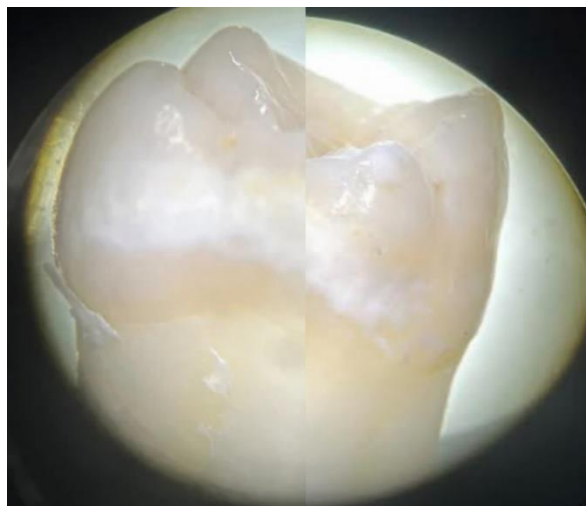
Vpliv na **tkivo** ni bilo izrazit, viden je bil le rahlo svetlejši madež tam, kjer je bila učinkovina nanesa, ni pa bilo poškodb (slika 28). V primerjavi s prejšnjima zobema sta se temu barva in masa manj spremenili.



Slika 28: Tkivo po beljenju s poliakrilno kislino

KONČNI POVZETEK BELJENJA S POLIAKRILNO KISLINO

Vsem beljenim zobem se je spremenila barva, celo do najsvetlejših odtenkov, torej je belilo delovalo. Največja razlika se je v večini primerov zgodila po prvem beljenju. Prav tako se je vsem zobem spremenila masa, ki je padala med vsemi beljenji, tudi če se njegova barva ni spremenila. To pomeni, da učinkovina razgrajuje zobovino. Pri vseh zobeh je bilo možno opaziti tudi razjede na sklenini, še posebej na poškodovanih delih (slika 29). Tkivo je bilo po stiku s snovjo pobeljeno, vendar ne posebej poškodovano. Viden je bil rahlo svetlejši madež na mestu nanosa.



Slika 29: Primerjava zoba 20 pred prvim (levo) in po tretjem beljenju (desno)

BARVA	zob 12	zob 13	zob 20
pred 1. beljenjem	3M2	2R2,5	1M2
po 1. beljenju	1M2	1M1	1M1
po 2. beljenju	1M1	1M1	0M3
po 3. beljenju	0M3	0M3	0M2
SKUPNA RAZLIKA ODTENKOV	-13	-9	-3

Tabela 5: Spreminjanje barve zob med beljenjem s poliakrilno kislino

MASA (g)	zob 12	zob 13	zob 20
pred beljenjem	1,4278	1,7381	2,1363
po 3. beljenju	1,4088	1,7223	2,1223
razlika	-0,0190	-0,0158	-0,0140
Razlika v odstotkih	-1,331%	-0,909%	-0,655%

Tabela 6: Masa pred 1. in po 3. beljenju s poliakrilno kislino ter njuna razlika

Tabela 5 prikazuje barvo zob na začetku in po vsakem beljenju ter razliko v odtenkih med začetno in končno barvo. Tabela 6 pa prikazuje začetno in končno maso zob, njuno razliko ter razliko, preračunano v odstotke začetne mase. Polja, obarvana sivo, se nanašajo na zob, beljen priporočeni čas.

4.1.4 Beljenje s aktivnim ogljem

Zob 10 sva belili trikrat po šestnajst ur. Barva zoba se je posvetlila za 5 odtenkov, od 2M1 do 0M3. Največja razlika je bila po prvem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0515 g ali 2,852 %, z 1,8057 g na 1,7542 g. Zobna površina je po beljenju postala hrapava.

Barva **zoba 21**, prav tako beljenega trikrat po šestnajst ur, se je posvetlila za 2 odtenka, od 1M2 do 0M3. Največja razlika je bila po prvem in drugem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0014 g ali 0,130 %, z 1,0789 g na 1,0775 g. Tudi tukaj je površina postala hrapava.

Zob 22 pa sva belili trikrat po osem ur. Barva se je posvetlila za 2 odtenka, od 1M1 do 0M2. Največja razlika je bila po prvem in tretjem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0041 g ali 0,208 %, z 1,6331 g na 1,6290 g. Površina je tako kot pri prejšnjih dveh zobeh postala hrapava, drugače pa med njimi ni bilo posebnih razlik.

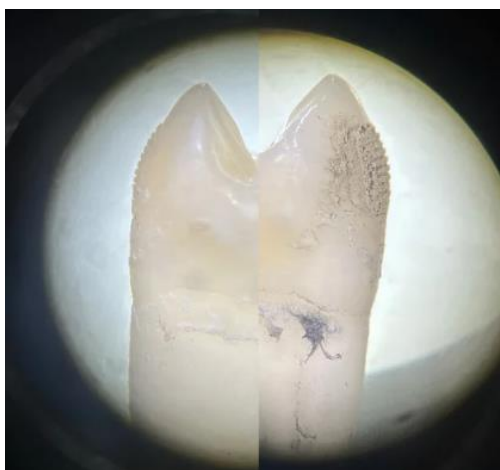
Tkivo je bilo v stiku z aktivnim ogljem osem ur. Čeprav je rahlo pobledelo, ni bilo drugih poškodb (slika 30).



Slika 30: Tkivo po beljenju z aktivnim ogljem

KONČNI POVZETEK BELJENJA Z AKTIVNIM OGLJEM

Vsem beljenim zobem se je spremenila barva, torej je bilo belilo učinkovito. Največja razlika se je v večini primerov zgodila po prvem beljenju. Prav tako se je vsem zobem spremenila masa, ki je padala med vsemi beljenji, kar pomeni, da je učinkovina razgradila del zobovine. Vsi zobje so postali hrapavi, to pa prav tako dokazuje, da aktivno oglje razjeda zobovino (slika 31). Tkivo je bilo po beljenju zbledelo, vendar ni bilo posebej poškodovano.



Slika 31: Primerjava površine zoba 21 pred beljenjem (levo) in po tretjem beljenju (desno)

BARVA	zob 10	zob 21	zob 22
pred 1. beljenjem	2M1	1M2	1M1
po 1. beljenju	1M2	1M1	0M3
po 2. beljenju	1M1	1M3	0M3
po 3. beljenju	0M3	0M3	0M2
SKUPNA RAZLIKA ODTENKOV	-5	-2	-2

Tabela 7: Spreminjanje barve zob med beljenjem z aktivnim ogljem

MASA (g)	zob 10	zob 21	zob 22
pred beljenjem	1,8057	1,0789	1,6331
po 3. beljenju	1,7542	1,0775	1,6290
razlika	-0,0515	-0,0014	-0,0041
Razlika v odstotkih	-2,852%	-0,130%	-0,251%

Tabela 8: Masa pred 1. in po 3. beljenju z aktivnim ogljem ter njuna razlika

Tabela 7 prikazuje barvo zob na začetku in po vsakem beljenju ter razliko v odtenkih med začetno in končno barvo. Tabela 8 pa prikazuje začetno in končno maso zob, njuno razliko ter razliko, preračunano v odstotke začetne mase. Polja, obarvana sivo, se nanašajo na zob, beljen priporočeni čas.

4.1.5 Beljenje s hidroksiapatitom

Zob 9 sva belili šestnajst ur. Barva se je posvetlila za 4 odtenke, iz 1M2 do 0M1, kar je tudi najsvetlejši odtenek na zobozdravniškem barvnem ključu. Največja razlika v barvi je bila po tretjem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0859 g ali 4,507 %, z 1,9058 g na 1,8199 g. Površina je po beljenju postala dosti bolj gladka.

Tudi **zob 24** sva belili šestnajst ur. Barva se je posvetlila za 2 odtenka, od 2L1,5 do 1M1. Največja razlika je bila po prvem in drugem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0126 g ali 0,847 %, iz 1,4878 g na 1,4752 g. Površina je postala bolj gladka.

Zob 23 pa sva belili šestnajst ur. Barva tega se je posvetlila za 2 odtenka, od 1M2 do 0M3. Največja razlika v barvi je bila po prvem in tretjem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0148 g ali 0,631 %, z 2,3448g na 2,3300g. Tudi pri tem zobu je površina postala bolj gladka. V primerjavi s prejšnjima zoboma se je temu barva spreminjala le zanemarljivo drugače, vendar pa je toliko manj padala masa.

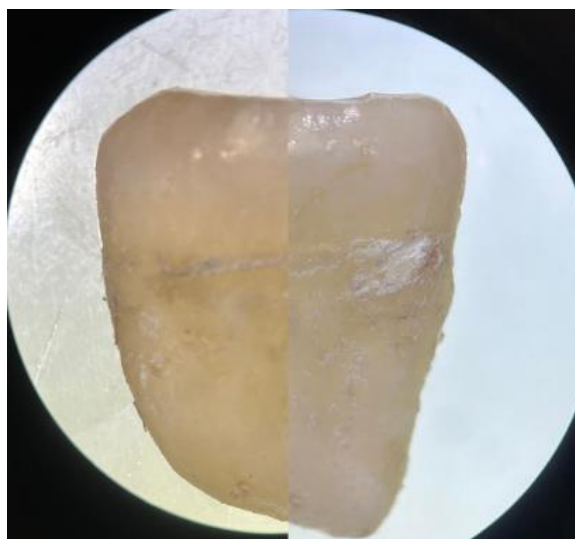
Hidroksiapatit sva na tkivo pustili delovati priporočeni čas, to je 8 ur. Tkivo se ni pobelilo ali poškodovalo (slika 32).



Slika 32: Tkivo po beljenju s hidroksiapatitom

KONČNI POVZETEK BELJENJA S HIDROKSIAPATITOM

Vsem beljenim zobem se je spremenila barva, torej je beljenje delovalo. Največja razlika se je v večini primerov zgodila po prvem beljenju (slika 33). Vsem zobem se je spremenila tudi masa, ki je padala med vsemi beljenji. Pri vseh je površina postala bolj gladka. Tkivo se po stiku s snovjo ni pobelilo ali poškodovalo.



Slika 33: Primerjava zoba 24 pred 1. (levo) in po 3. beljenju (desno)

BARVA	zob 9	zob 24	zob 23
pred 1. beljenjem	1M2	2L1,5	1M2
po 1. beljenju	1M1	1M2	1M1
po 2. beljenju	0M3	1M1	1M1
po 3. beljenju	0M1	1M1	0M3
SKUPNA RAZLIKA ODTENKOV	-4	-2	-2

Tabela 9: Spreminjanje barve zob med beljenjem s hidroksiapatitom

MASA (g)	zob 9	zob 24	zob 23
pred beljenjem	1,9058	1,4878	2,3448
po 3. beljenju	1,8199	1,4752	2,3300
razlika	-0,0859	-0,0126	-0,0148
Razlika v odstotkih	-4,507%	-0,847%	-0,631%

Tabela 10: Masa pred 1. in po 3. beljenju s hidroksiapatitom ter njuna razlika

Tabela 9 prikazuje barvo zob na začetku in po vsakem beljenju ter razliko v odtenkih med začetno in končno barvo. Tabela 10 pa prikazuje začetno in končno maso zob, njuno razliko ter razliko, preračunano v odstotke začetne mase. Polja, obarvana sivo, se nanašajo na zob, beljen priporočni čas.

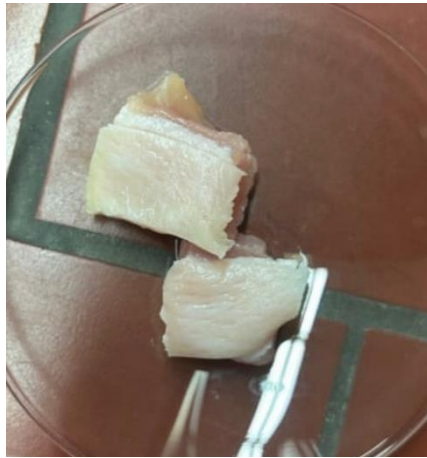
4.1.6 Beljenje z zmesjo jedilne sode in limoninega soka

Zob 11 sva belili šestnajst ur. Barva se je posvetlila za 2 odtenka, od 2L1,5 do 1M1. Največja razlika je bila po prvem in drugem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0545 g ali 3,090 %, z 1,7636g na 1,7091g. Površina je postala hrapava.

Tudi **zob 25** sva belili šestnajst ur. Barva se je posvetlila za 1 odtenek, od 1M2 do 1M1. Največja razlika je bila po prvem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0116 g ali 0,883 %, z 1,3144g na 1,3028g. Pri tem zobu je površina ostala večinoma nespremenjena, le na nekaterih mestih je postala nekoliko hrapava.

Zob 26 pa sva belili osem ur. Barva se je posvetlila za 2 odtenka, od 1M1 do 0M2. Največja razlika je bila po prvem beljenju. Masa se je zmanjšala za 0,0168 g ali 0,747 %, z 2,2492g na 2,2324g. Razlik v površini skoraj ni bilo, le malo manj se je svetila. V primerjavi s prejšnjima zoboma v barvi ni posebnih razlik, je pa nekoliko manj padla masa, površina pa je postala manj hrapava.

Učinkovino sva na tkivu pustili osem ur. To je potem pobledelo, vendar na njem ni bilo opaznih poškodb (slika 34).



Slika 34: Tkivo po beljenju z zmesjo jedilne sode in limoninega soka

KONČNI POVZETEK BELEJNJA Z ZMESJO JEDILNE SODE IN LIMONINEGA SOKA

Vsem beljenim zobem se je spremenila barva, torej je beljenje učinkovito. Največja razlika se je v večini primerov zgodila po prvem beljenju. Prav tako se je vsem zobem spremenila masa, ki je padala po vsakem beljenju. To pomeni, da je belilo razgradilo zobovino. Površina vseh zob je postala bolj hrapava kot na začetku. Tkivo je bilo po stiku s snovjo rahlo pobeljeno, vendar ne poškodovano. (Slika 35).



Slika 35: Primerjava zoba 25 pred 1. (levo) in po 3. beljenju (desno)

BARVA	zob 11	zob 25	zob 26
pred 1. beljenjem	2L1,5	1M2	1M1
po 1. beljenju	1M2	1M1	0M3
po 2. beljenju	1M1	1M1	0M3
po 3. beljenju	1M1	1M1	0M2
SKUPNA RAZLIKA ODTENKOV	-2	-1	-2

Tabela 11: Spreminjanje barve zob med beljenjem z zmesjo jedilne sode in limoninega soka

MASA (g)	zob 11	zob 25	zob 26
pred beljenjem	1,7636	1,3144	2,2492
po 3. beljenju	1,7091	1,3028	2,2324
razlika	-0,0545	-0,0116	-0,0168
Razlika v odstotkih	-3,090%	-0,883%	-0,747%

Tabela 12: Masa pred 1. in po 3. beljenju z zmesjo jedilne sode in limoninega soka ter njuna razlika

Tabela 11 prikazuje barvo zob na začetku in po vsakem beljenju ter razliko v odtenkih med začetno in končno barvo. Tabela 12 pa prikazuje začetno in končno maso zob, njuno razliko ter razliko, preračunano v odstotke začetne mase. Polja obarvana sivo se nanašajo na zob, beljen priporočeni čas.

4.1.7 Primerjava rezultatov dela

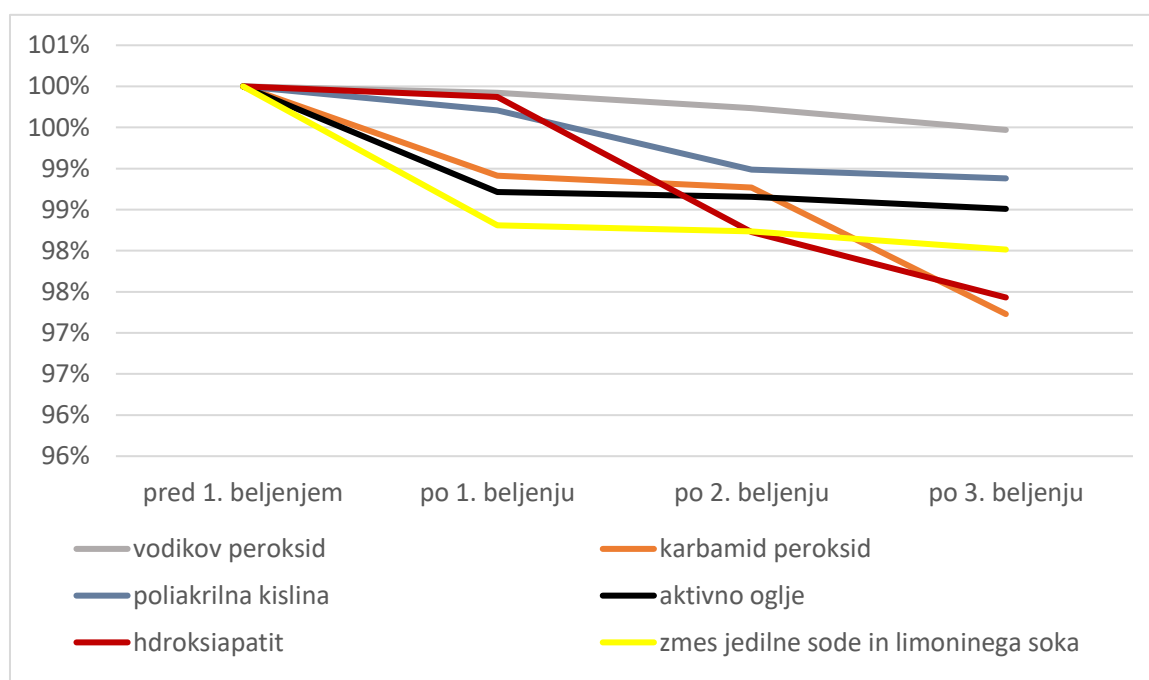
Po opravljenih poskusih sva lahko primerjali rezultate in ugotovili, katera belilna učinkovina je najbolj pobelila zobe in katera jih je najbolj poškodovala. Ker je bil najin cilj ugotoviti vpliv po večletni intenzivni rabi, sva pri primerjanju rezultatov upoštevali samo zobe, beljene 200 % priporočenega časa.

Barva se je v povprečju za največ (11,5) odtenkov spremenila pri zobeh, beljenih s karbamid peroksidom, vendar pa sta najsvetlejšo končno barvo (0M1) dosegla zoba, beljena z vodikovim peroksidom. Na končno barvo in razliko odtenkov je imela velik vpliv začetna barva zob. Zbrani zobje na začetku niso bili vsi iste barve, prav tako nisva dobili vseh naenkrat, da bi jih lahko enakomerno razporedili glede na barvo in učinkovine, s katerimi sva jih belili. Zaradi tega težko zaključiva, katera učinkovina je najbolj pobelila zobe. Glede na najine rezultate je to vodikov peroksid. Zelo učinkovita sta tudi karbamid peroksid in poliakrilna kislina, najmanj pa zmes jedilne sode in limoninega soka (tabela 13).

BARVA	vodikov peroksid	karbamid peroksid	poliakrilna kislina	aktivno oglje	hidroksiapatit	zmes jedilne sode in limoninega soka
po 3. beljenju	0M1	1M1	0M3	0M3	0M2,5	1M1
skupna razlika odtenkov	-3	-11,5	-11	-3,5	-3	-1,5

Tabela 13: Končna barva ter razlika odtenkov med začetno in končno

Želeli sva ugotoviti tudi, katero belilo najbolj škoduje zobem. To sva sklepali iz razlike v masi. Tudi tu sva upoštevali samo zobe, beljene 200 % priporočenega časa. Največja povprečna razlika v deležu začetne mase (2,771 %) je bila pri zobeh, beljenih s karbamid peroksidom, najmanjša pa pri zobeh, beljenih z vodikovim peroksidom (0,530%) (graf 1).



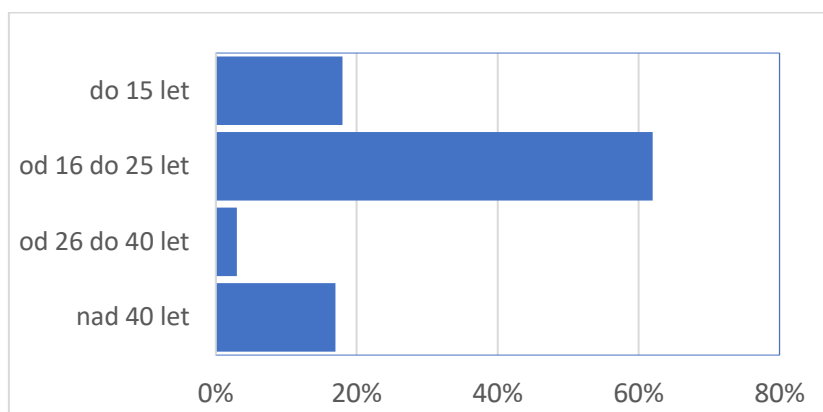
Graf 1: Masa zob med beljenjem

4. 2 Rezultati anket

4.2.1 Povpraševanje po beljenju zob

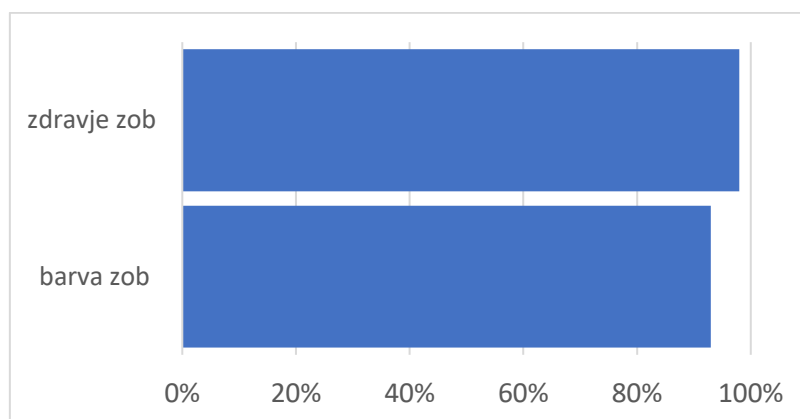
Pripravljena anketa je bila posredovana osnovnošolcem, najinim vrstnikom (dijakom vseh letnikov), delili sva jo tudi z najinimi starši in drugimi znanci. Odgovorilo nama je 164 ljudi, od tega je bilo žensk kar 73 %, moških pa preostalih 27 %.

Starostno sva jih delili na štiri skupine: do 15 let, od 16 do 25 let, od 26 do 40 let in nad 40 let. Večina anketirancev (62 %) je bila v starostni skupini med 16. in 25. letom (graf 2).



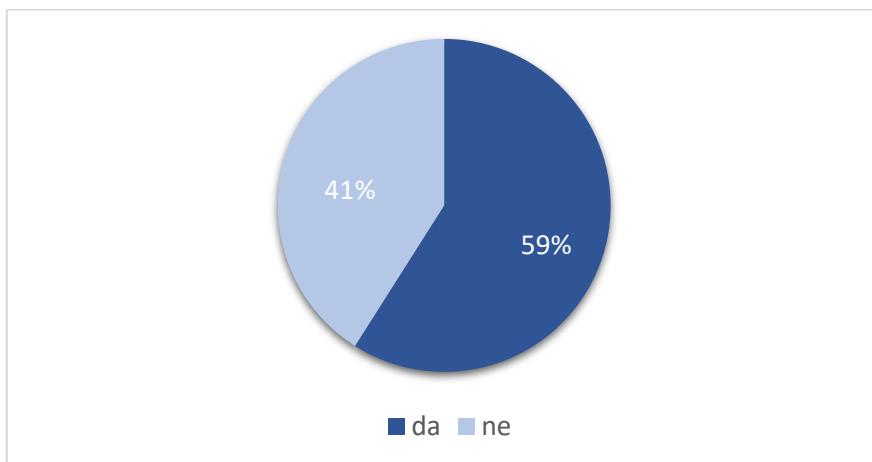
Graf 2: Starostna primerjava anketirancev

Čeprav jih je večina (98 %) odgovorila, da je zanje zdravje zob pomembno, je veliko (93 %) anketirancev pomembna tudi barva zob (graf 3).



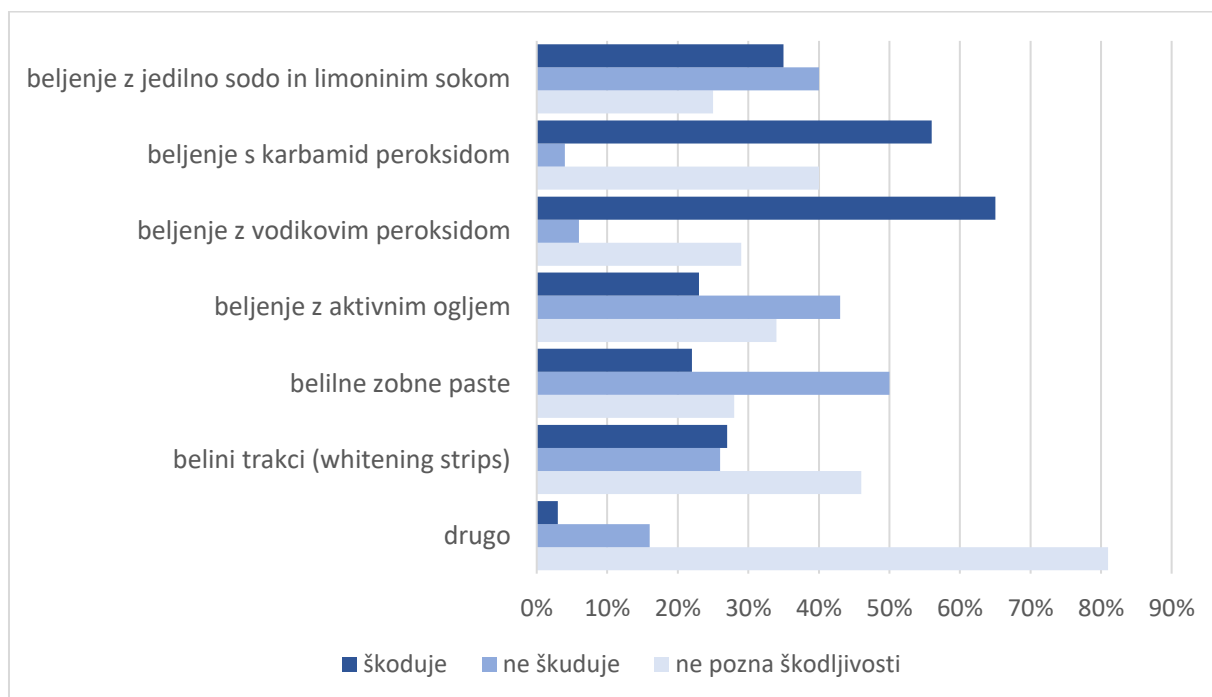
Graf 3: Delež ljudi, ki sta jim pomembna zdravje in barva zob

59 % anketiranih je že pomislilo na beljenje zob (graf 4), le 16 % pa jih je to tudi izvedlo. Samo pri 3 % teh so beljenje opravili pri zobozdravniku, ostali pa so postopek izvedli sami doma.



Graf 4: Tortni prikaz zanimanja za beljenje zob

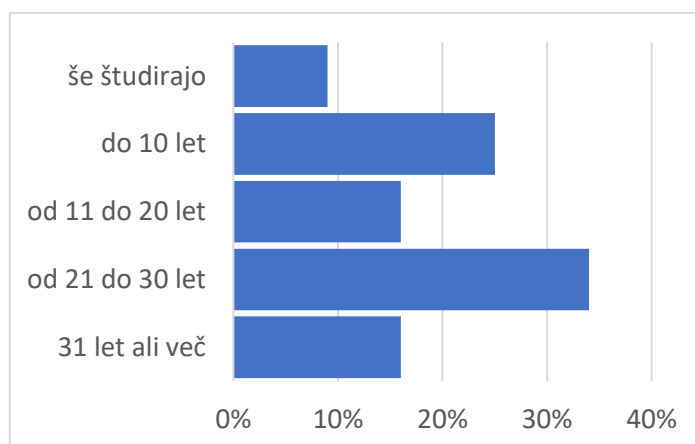
Poleg belil, ki sva jih uporabili midve, je nekaj vprašanih navedlo še beljenje z aparatom in modro svetlobo. Med vsemi belilnimi sredstvi so anketiranci kot najbolj škodljiv označili vodikov peroksid. Učinkov ostalih belil pa precejšen delež vprašanih ne pozna (graf 5).



Graf 5: Mnenje anketirancev o škodljivosti belil

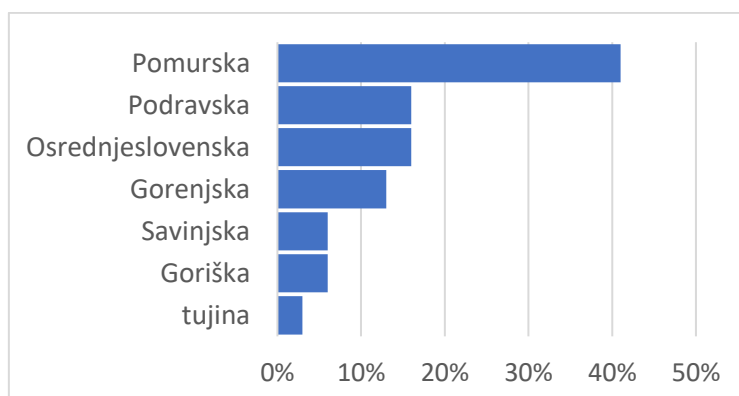
4.2.2 Mnenje zobozdravnikov o beljenju zob

Anektiranih je bilo 32 zobozdravnikov, 16 ženk in 16 moških. Delili sva jih na 5 skupin, glede na trajanje njihove delovne dobe: študenti dentalne medicine ter tisti z delovno dobo do 10 let, med 11 in 20 leti, med 21 in 30 leti ter nad 31 let (graf 6). Največji delež so zavzemali zobozdravniki z delovno dobo med 21 in 30 let.



Graf 6: Trajanje delovne dobe anketirancev

Delili sva jih tudi na regije, v kateri delujejo. Skoraj polovica jih je iz Pomurske regije, nekaj iz Podravske in Osrednjeslovenske, malo manj iz Gorenjske, najmanj pa iz Savinjske in Goriške. Eden od anketiranih zobozdravnikov je bil iz tujine (graf 7).

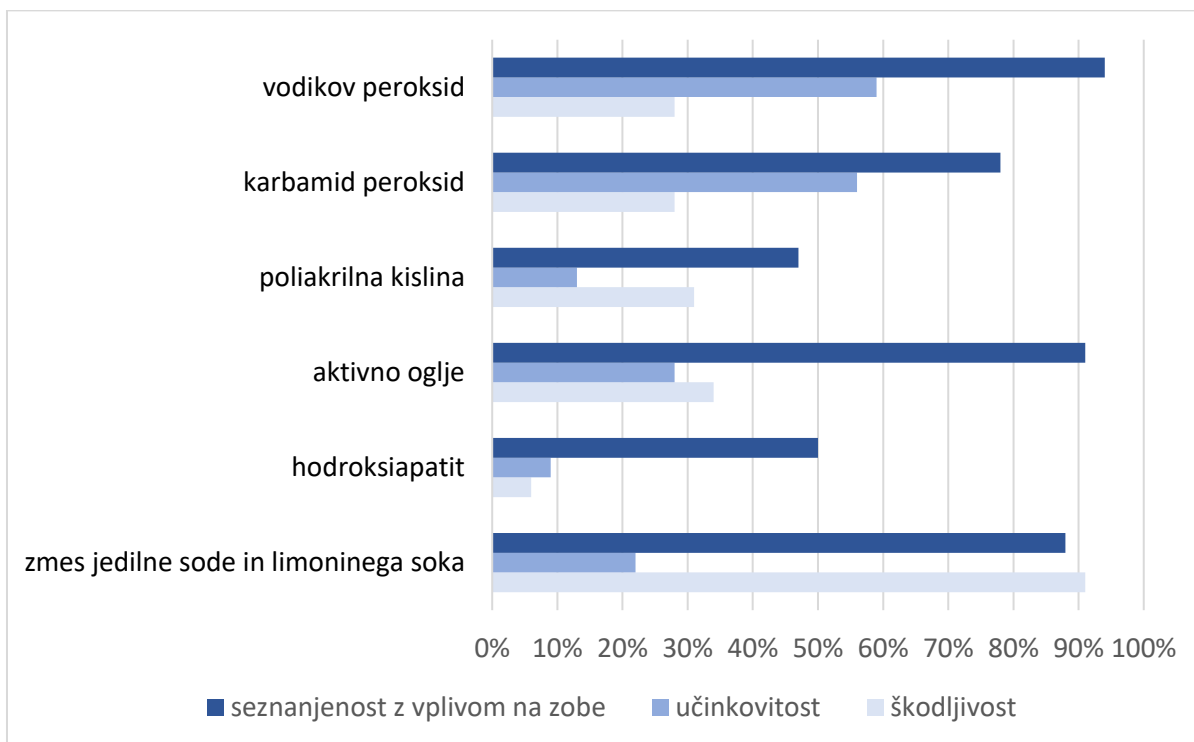


Graf 7: Regije, iz katerih prihajajo zobozdravniki

45 % jih je na vprašanje, ali ponujajo beljenje zob, odgovorilo pritrdilno. Te sva prosili, da na kratko opišejo, s čim in kako to izvajajo. Večina jih je omenila, da uporabljajo sistem Opalescence. Omenjen je bil Opalescence PF (beljenje z gelom, ki vsebuje kalijev nitrat in fluorid), Opalescence endo (beljenje z različnimi koncentracijami vodikovega peroksida za

avitalne zobe), Opalescence boost (beljenje z različnimi koncentracijami vodikovega peroksida za vitalne zobe) ter Opalescence ultradent s 16-odstotnim in 30-odstotnim karbamid peroksidom. Omenjene so bile še metode z laserjem in ultradentovimi preparati »EPIC in home bleaching«. Ostale metode niso bile posebej izpostavljene.

V zadnjem vprašanju sva zobozdravnike povprašali, ali poznajo vpliv belilnih učinkovin, ki sva jih preučevali midve, na zobe ter kaj menijo o njihovi učinkovitosti in škodljivosti (graf 8).



Graf 8: Delež zobozdravnikov, ki pozna belila, delež tistih, ki menijo, da belila učinkujejo in tistih, ki menijo, da belila škodujejo

5 ZAKLJUČKI

V raziskavi sva po nanosu šestih različnih belilnih učinkovin, primernih za uporabo doma, s primerjanjem barve, mase in površine zob pod lupo določevali učinkovitost in škodljivost beljenja zob. S spletnima anketama sva ugotavljali tudi priljubljenost beljenja zob med ljudmi v svoji okolici in mnenje zobozdravnikov o tej temi. Po opravljenem praktičnem delu sva nabrali dovolj znanja in dokazov, da lahko potrdiva ali ovrževa hipoteze, zastavljene pred začetkom dela.

1. Vse zbrane belilne učinkovine vidno belijo zobe. **HIPOTEZA POTRJENA**

Ne glede na uporabljeno belilno učinkovino ali čas beljenja se je barva vseh zob spremenila že po prvem nanosu. Kljub temu pa razlike med uporabljenimi učinkovinami niso bile enake, na primer vodikov peroksid in karbamid peroksid sta povzročila večje razlike v barvi kot hidroksiapatit ali oglje.

2. Vse zbrane belilne učinkovine poškodujejo zobe. **HIPOTEZA POTRJENA**

Vsem beljenim zobem je masa padala. Pri vseh učinkovinah, razen pri vodikovem peroksidu, je masa hitreje padala zobem, beljenih 200 % priporočenega časa. Prav tako je bila pri opazovanju pod lupo opazna razlika v zobni površini, ki je postala bolj zloščena ali pa bolj hrapava.

3. Večini ljudi je barva zob pomembna in več kot polovica anketirancev je že poskusila ali si želi beliti zobe. **HIPOTEZA POTRJENA**

V anketi o povpraševanju o beljenju zob sva ugotovili, da sta 93 % ljudem barva zob in njihov izgled pomembna. Čeprav si je le 19 % vprašanih dejansko belilo zobe, jih je 59 % že razmišljalo o tem in/ali pa si želi beliti zobe.

4. Zobozdravniki menijo, da beljenje zob škoduje njihovemu zdravju. **HIPOTEZA DELNO POTRJENA**

Čeprav nekaj zobozdravnikov ne pozna vpliva preiskovanih belilnih učinkovin na zdravje zob, večina meni, da so vsaj nekatere škodljive. Za hidroksiapatit pa so nekateri celo napisali, da menijo, da ima učinkovina zaradi svojih mineralizacijskih lastnosti pozitiven učinek.

Zavedava se, da različno časovno obdobje, v katerem so zobje prispeli do naju, in dejstvo, da so bili v vodi, ne pa v ustih, lahko vplivata na rezultate beljenja. Prav tako prekoračenje priporočenega časa morda ne povzroča enakih posledic, kot bi jih povzročilo večletno beljenje.

V nadaljevanju bi lahko v raziskavo vključili tudi načine, ki jih uporabljajo v zobozdravniških ordinacijah, kot je na primer beljenje z laserjem, in rezultate teh primerjali z dosedanjimi rezultati. Na podlagi tega lahko zaključiva, da raziskovana tema omogoča tudi nadaljnje raziskovanje.

6 VIRI IN LITERATURA

Anatomija (zgradba) zoba. (b. d.). Pridobljeno iz MedDens (21.2.2024):

<https://www.meddens.si/go/954/ANATOMIJA-ZGRADBA-ZOBA>

Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. (2014).

Pridobljeno iz PubMed Central (4.1.2024):

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4229680/>

In-Office vs At-Home Teeth Whitening. (b. d.). Pridobljeno iz Consumer guide to dentistry (4.1.2024):

<https://www.yourdentistryguide.com/inoffice-vs-at-home/>

Kako poteka beljenje zob pri zobozdravniku? (b.d.). Pridobljeno iz Modri zob (4.1.2024):

<https://www.modrizob.com/vprasanje/kako-poteka-beljenje-zob-pri-zobozdravniku/>

5 food and drinks that can keep your teeth white. (b. d.). Pridobljeno iz Listerine (5.1.2024):

<https://www.listerine.com/teeth-whitening/food-drink-white-teeth>

Hydrogen Peroxide. (2024). Pridobljeno iz PubChem (4.1.2024):

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hydrogen-Peroxide>

Andrejašič, M. (2022). Magistrsko delo: *Študij stabilnosti različnih formulacij vodikovega peroksida*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo. Pridobljeno iz Repozitorij Univerze v Ljubljani (28.3.2024):

<https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=158003&lang=slv>

Konečnik, K. (2016). Diplomsko naloga: *Sinteza 2-aminotiofenov iz triacetonamina in vrednotenje njihovih antioksidativnih lastnosti*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo. Pridobljeno iz Repozitorij Univerze v Ljubljani (28.3.2024):

https://www.ffa.uni-lj.si/docs/default-source/knjiznica-doc/diplomske/konecnik_katja_dipl_nal_2016.pdf?sfvrsn=2

Vodikov peroksid. (2010). Pridobljeno iz Belinka perkimija (5.1.2024):

https://www.farmadent.si/listine/vl_belox_30_si.pdf

Wie man Zähne mit Wasserstoffperoxid aufhellt: Umfassende Anleitung. (2023). Pridobljeno iz Cinoll (5.1.2024):

<https://www.cinoll.com/de/Blog/Zahnaufhellung-mit-Wasserstoffperoxid/>

What is Hydrogen Peroxide?. (2022). Pridobljeno iz CamaChem (5.1.2024):

<https://camachem.com/en/blog/post/frequently-asked-question-about-hydrogen-peroxide>

Carbamide Peroxide. (2024). Pridobljeno iz PubChem (5.1.2024):

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Carbamide-Peroxide>

Acute toxicity of carbamide and a commercially available tooth-bleaching agent in rats. (1995). Pridobljeno iz PubMed (5.1.2024):

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7722070/>

What is Carbamide Peroxide Teeth Whitening?. (2021). Pridobljeno iz Dental Health Society (2.2.2024):

<https://dentalhealthsociety.com/teeth-whitening/what-is-carbamide-peroxide-teeth-whitening/>

Polyacrylic Acid. (2023). Pridobljeno iz Study.com (17.1.2024):

<https://study.com/learn/lesson/acrylic-acid-polymers-copolymers.html>

- Safety Data Sheet – Poly(acrylic acid). (2020). Pridobljeno iz Chemos (17.1.2024):
https://www.chemos.de/import/data/msds/GB_en/9003-01-4-A0069730-GB-en.pdf
- Polyacrylic Acid in Toothpaste: Benefits and Safety. (2023). Pridobljeno iz 1311 Jackson Ave Dental (17.1.2024):
<https://www.jacksonavedental.com/post/polyacrylic-acid-in-toothpaste-benefits-safety>
- Effects of Polyacrylic Acid Pre-Treatment on Bonded-Dentine Interfaces Created with a Modern Bioactive Resin-Modified Glass Ionomer Cement and Subjected to Cycling Mechanical Stress. (2018). Pridobljeno iz PubMed Central (28.3.2024):
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6213221/>
- Ingo German Carbons limited. (b. d.). Pridobljeno iz Ingo German (19.1.2024):
https://www.igcl.com/php/activated_carbon.php
- Charcoal Safety Data Scheet (SDS). (2015). Pridobljeno iz Flinn scientific (19.1.2024):
https://www.flinnsci.com/sds_228-charcoal/sds_228/
- Activated Charcoal Teeth Whitening Frequently Asked Questions (FAQs). (2019). Pridobljeno iz Procoal London (4.2.2024):
<https://procoal.co.uk/blogs/beauty/activated-charcoal-teeth-whitening-faqs#1>
- Hidroxiapatite. (b. d.). Pridobljeno iz Wikipedia (3.2.2024):
<https://en.m.wikipedia.org/wiki/Hydroxyapatite>
- Tooth whitening with an experimental toothpaste containing hydroxyapatite nanoparticles. (2022). Pridobljeno iz BMC Oral Health (22.1.2024):
<https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-022-02266-3>
- Sodium Bicarbonate. (2024). Pridobljeno iz PubChem (22.1.2024):
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-Bicarbonate>
- Citric Acid. (2024). Pridobljeno iz PubChem (22.1.2024):
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Citric-Acid>
- Pajk, P. (2022). Diplomsko delo: *Nove stabilne formulacije 12% vodikovega peroksida in surfaktanov*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo. Pridobljeno iz Repozitorij Univerze v Ljubljani (28.3.2024):
<https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=160292&lang=slv>
- Lemon Fizz. (2011). Pridobljeno iz Chemistry Demonstrations (22.1.2024):
<https://sites.lib.jmu.edu/chemdemos/2011/06/14/lemon-fizz/>
- Sodium Citrate. (2024). Pridobljeno iz PubChem (22.1.2024):
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-Citrate#section=Depositor-Supplied-Synonyms>
- Safety Data Sheet. (2023). Pridobljeno iz ThermoFisher Scientific (22.1.2024):
<https://www.fishersci.com/store/msds?partNumber=BP327500&productDescription=SODIUM+CITRATE.2H2O+500G&vendorId=VN00033897&countryCode=US&language=en>
- A Critical Review of Modern Concepts for Teeth Whitening. (2019). Pridobljeno iz PubMed Central (22.1.2024):
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6784469/>

6.1 Viri slik

Slika 1: Anatomija (zgradba) zoba. (b. d.). Pridobljeno iz MedDens (21.2.2024):

<https://www.meddens.si/go/954/ANATOMIJA-ZGRADBA-ZOBA>

Slika 2: Hydrogen peroxide. (b. d.). Pridobljeno iz Dutchchems (20.1.2024):

<https://www.dutchchems.com/product/hydrogen-peroxide/>

Slika 3: Andrejašič, M. (2022). Magistrsko delo: *Študij stabilnosti različnih formulacij vodikovega peroksida*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo. Pridobljeno iz Repozitorij Univerze v Ljubljani (28.3.2024):

<https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=158003&lang=slv>

Slika 4: Konečnik, K. (2016). Diplomsko naloga: *Sinteza 2-aminotiofenov iz triacetonamina in vrednotenje njihovih antioksidativnih lastnosti*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo. Pridobljeno iz Repozitorij Univerze v Ljubljani (28.3.2024):

https://www.ffa.uni-lj.si/docs/default-source/knjiznica-doc/diplomske/konecnik_katja_dipl_nal_2016.pdf?sfvrsn=2

Slika 5: Carbamide Peroxide. (b. d.). Pridobljeno iz New Drug Info (20.1.2024):

http://www.newdruginfo.com/pharmacopeia/usp28/v28230/usp28nf23s0_m12585.htm

Slika 6: Poly(acrylic acid), Powder, Mw ~ 450,000 (PAA 450K). (b. d.). Pridobljeno iz Polysciences (20.1.2024):

<https://www.polysciences.com/india/polyacrylic-acid-powder-mw-450000>

Slika 7: Hydroxyapatite - CAS 12167-74-7. (b. d.). Pridobljeno iz MuseChemicals (20.1.2024):

<https://www.musechem.com/product/hydroxyapatite-r023753/>

Slika 8: Citronska kislina. (2020). Pridobljeno iz Punto Marinero (28.3.2024):

<https://sl.puntomariner.com/citric-acid-citric-acid/>

Slika 14: Vita System 3D Master. (b. d.). Pridobljeno iz VITA_961_961E_Toothguide_BA_EN_V03_screen_en.pdf (27.1.2024):

https://www.globaldentalsolutions.com/wp-content/uploads/2018/05/VITA_961_961E_Toothguide_BA_EN_V03_screen_en.pdf

Slika 15: Vita System 3D Master. (b. d.). Pridobljeno iz VITA_961_961E_Toothguide_BA_EN_V03_screen_en.pdf (27.1.2024):

https://www.globaldentalsolutions.com/wp-content/uploads/2018/05/VITA_961_961E_Toothguide_BA_EN_V03_screen_en.pdf

Slika 16: Vita System 3D Master. (b. d.). Pridobljeno iz VITA_961_961E_Toothguide_BA_EN_V03_screen_en.pdf (27.1.2024):

https://www.globaldentalsolutions.com/wp-content/uploads/2018/05/VITA_961_961E_Toothguide_BA_EN_V03_screen_en.pdf

Slike 9, 10, 11, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 in 35 so iz osebne arhiva.

7 PRILOGE

7.1 Priloga 1

Pozdravljeni, sva Klara Crantaša in Brina Zver, dijakinji 3. letnika Gimnazije Franca Miklošiča Ljutomer. Za potrebe najine raziskovalne naloge o beljenju zob vas prosiva, da si vzamete 2 minuti in odgovorite na najina vprašanja. Anketa je anonimna.

Q19_2 - Označite spol.

- ženski
- moški

Q1 - Označite starost.

- do 15 let
- od 16 do 25 let
- od 26 do 40 let
- nad 40 let

Q2 - Ocenite kako vam je pomembno:

	ne veliko	še kar	zelo
zdravje zob	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
barva zob	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Q21_2 - Ste kdaj pomislili, da bi si belili zobe?

- da
- ne

IF (1) Q21_2 = [1] (da)

Q3 - Ste kdaj preizkusili beljenje zob?

- da, doma
- da, pri zobozdravniku
- ne

Q4 - Menite, da naslednje belilne učinkovine škodujejo ustni votlini?

	da	ne	ne vem
belilni trakci (whitening strips)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
belilne zobne paste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
beljenje z aktivnim ogljem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
beljenje z vodikovim peroksidom	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
beljenje z karbamid peroksidom	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
beljenje s sodo bikarbono in limono	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Q5 - Vas vpliv belilnih učinkovin na zdravje ustne votline zanima?

- da
- ne

7.2 Priloga 2

Pozdravljeni, sva Klara Grantaša in Brina Zver, dijakinji 3. letnika Gimnazije Franca Miklošiča Ljutomer. Pri predmetu ITS raziskovanje delava raziskovalno nalogo na temo beljenja zob. V okviru le te želiva zbrati mnenja zobozdravnikov, zato vas prosiva, da si vzamete 2 minuti in odgovorite na najina vprašanja. Anketa je anonimna.

Q1 - Označite spol.

- ženski
- moški

Q2 - Označite statistično regijo v kateri prebivate.

- Pomurska
- Podravska
- Koroška
- Savinjska
- Zasavska
- Posavska
- Jugovzhodna Slovenija
- Osrednjeslovenska
- Gorenjska
- Primorsko-notranjska
- Goriška
- Obalno-kraška
- tujina

Q3 - Označite trajanje svoje delovne dobe.

- še študiram
- 0 do 10 let
- 11 do 20 let
- 21 do 30 let
- 31 let ali več

IF (1) Q3 = [2, 3, 4, 5]

Q4 - Ali svojim pacientom nudite beljenje zob?

- da
- ne

IF (2) Q4 = [1] (da)

Q5 - Na kratko opišite s čim in kako.

Q6 - Napišite ali poznate in kaj menite o učinkovitosti ter škodljivosti naslednjih učinkovin za beljenje zob.

(Primer odgovora: Menim, da spojina učinkuje, vendar škoduje zobem.)

	Mnenje
vodikov peroksid	_____
karbamid peroksid	_____
poliakrilna kislina	_____
hidrokspatit	_____
aktivno oglje	_____
soda bikarbona + limonin sok	_____

7.3 Priloga 3

ZOB 16 (VODIKOV PEROKSID - 200% P. Č.)



ZOB 17 (VODIKOV PEROKSID - 200% P. Č.)



ZOB 18 (VODIKOV PEROKSID - 100% P. Č.)



ZOB 14 (KARBAMID PEROKSID - 200% P. Č.)

PRED BELJENJEM: 3M3 1,0227g



PO 1. BELJENJU: 1M1 1,5975g



PO 2. BELJENJU: 1M1 1,5955g



PO 3. BELJENJU: 1M1 1,5701g

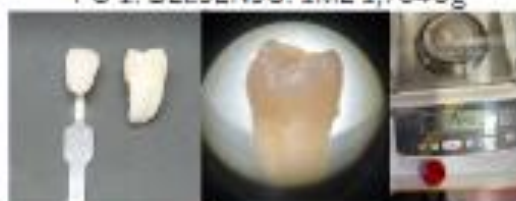


ZOB 15 (KARBAMID PEROKSID - 200% P. Č.)

PRED BELJENJEM: 3L2,5 1,7750g



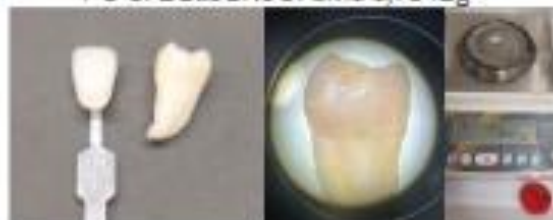
PO 1. BELJENJU: 1M2 1,7640g



PO 2. BELJENJU: 1M1 1,7611g



PO 3. BELJENJU: 1M1 1,7342g

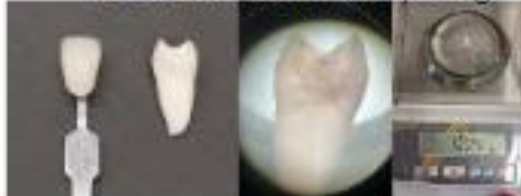


ZOB 19 (KARBAMID PEROKSID - 100% P. Č.)

PRED BELJENJEM: 1M1 1,0572g



PO 1.1 BELJENJU: 1M1 1,0570g



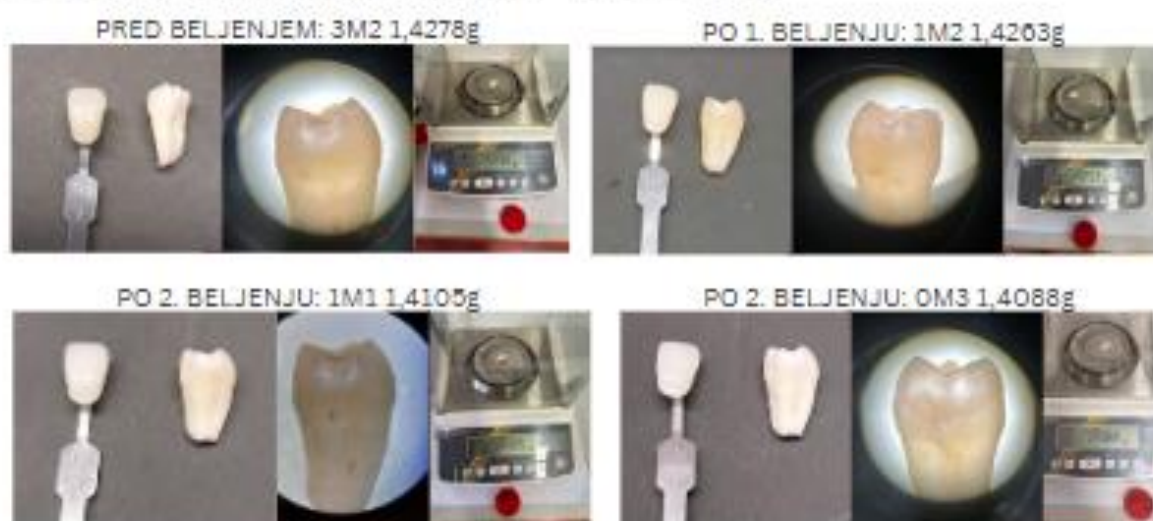
PO 2. BELJENJU: 0M3 1,0503g



PO 3. BELJENJU: 0M3 1,0554g



ZOB 12 (POLIAKRILNA KISLINA - 200% P. Č.)



ZOB 13 (POLIAKRILNA KISLINA - 200% P. Č.)



ZOB 20 (POLIAKRILNA KISLINA - 100% P. Č.)



ZOB 10 (AKTIVNO OGLJE - 200% P. Č.)

PRED BELJENJEM: 2M1 1,8057g



PO 1. BELJENJU: 1M2 1,7593g



PO 2. BELJENJU: 1M1 1,7580g



PO 3. BELJENJU: 0M3 1,7542g



ZOB 21 (AKTIVNO OGLJE - 200% P. Č.)

PRED BELJENJEM: 1M1 1,0789g



PO 1. BELJENJU: 1M1 1,0789g



PO 2. BELJENJU: 0M3 1,0780g



PO 3. BELJENJU: 0M3 1,0775g



ZOB 22 (AKTIVNO OGLJE - 100% P. Č.)

PRED BELJENJEM: 1M1 1,0331g



PO 1. BELJENJU: 0M3 1,0331g



PO 2. BELJENJU: 0M3 1,0324g



PO 3. BELJENJU: 0M2 1,0290g



ZOB 9 (HIDROKSIAPATIT - 200% P. Č.)



ZOB 24 (HIDROKSIAPATIT - 200% P. Č.)



ZOB 23 (HIDROKSIAPATIT - 100% P. Č.)



ZOB 11 (ZMES JEDILNE SODE IN LIMONINEGA SOKA - 200% P. Č.)

PRED BELJENJEM: 2L1,5 1,7030



PO 1. BELJENJU: 1M2 1,7151g



PO 2. BELJENJU: 1M1 1,7140g



PO 3. BELJENJU: 1M1 1,7091g



ZOB 25 (ZMES JEDILNE SODE IN LIMONINEGA SOKA - 200% P. Č.)

PRED BELJENJEM: 1M2 1,3144g



PO 1. BELJENJU: 1M1 1,3061g



PO 2. BELJENJU: 1M1 1,3050g



PO 3. BELJENJU: 1M1 1,3028g



ZOB 26 (ZMES JEDILNE SODE IN LIMONINEGA SOKA - 100% P. Č.)

PRED BELJENJEM: 1M1 2,2492g



PO 1. BELJENJU: OM3 2,2438g



PO 2. BELJENJU: OM3 2,2337g



PO 3. BELJENJU: OM2, 2,2314g

