

OSNOVNA ŠOLA MIŠKA KRANJCA VELIKA POLANA  
VELIKA POLANA 215 B

RAZISKOVALNA NALOGA

OKUŠANJE NARINGINA IN TEOBROMINA MED  
OSNOVNOŠOLCI TER POVEZAVA OKUŠANJA  
FENILTIOKARBAMIDA Z DEDOVANJEM

Biologija

Avtorica:

Klara Pucko, 9. razred

Mentorica:

Suzana Kotnjek, prof. biologije in kemije

Velika Polana, marec 2023

# Kazalo vsebine

Kazalo slik.....	3
Kazalo grafov.....	3
POVZETEK .....	4
ABSTRACT .....	5
ZAHVALA.....	6
<b>1 UVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Opredelitev problema .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2 Namen raziskovalne naloge .....</b>	<b>8</b>
<b>1.3 Hipoteze .....</b>	<b>8</b>
<b>2 TEORETIČNI DEL .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Čutila.....</b>	<b>9</b>
2.1.1 Okus in okušanje.....	9
<b>2.2 Grenke snovi (grenčine).....</b>	<b>12</b>
2.2.1 Feniltiokarbamid (PTC) .....	12
<b>2.3 Genetika in dedovanje.....</b>	<b>13</b>
2.3.1 Dedovanje in PTC.....	14
<b>3 MATERIAL IN METODE.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Material.....</b>	<b>16</b>
3.1.1 Grenivka .....	16
3.1.2 Čokolada .....	17
3.1.3 PTC testni papir.....	19
<b>3.2 Metode dela.....</b>	<b>19</b>
<b>4 REZULTATI .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1 Učenci .....</b>	<b>23</b>
4.1.1 Grenivka .....	23
4.1.2 Čokolada .....	28
<b>4.2 Družine .....</b>	<b>33</b>
4.2.1 PTC lističi .....	33
<b>5. RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK.....</b>	<b>37</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>40</b>

## Kazalo slik

Slika 1: Čutila .....	9
Slika 2: Razporeditev kemoreceptorjev.....	10
Slika 3: Zaznava okusov .....	11
Slika 4: Model molekule PTC .....	13
Slika 5: Razlike v okušalnih receptorjih in sposobnostih okušanja PTC.....	15
Slika 6: Struktura naringina .....	16
Slika 7: Grenivka .....	17
Slika 8: Flavonoidi .....	18
Slika 9: Struktura teobromina in kofeina.....	18
Slika 10: Čokolada.....	18
Slika 11: PTC lističi .....	19
Slika 12: Grenivka za testiranje .....	20
Slika 13: Čokolada za testiranje .....	21
Slika 14: Material za PTC testiranje .....	21
Slika 15: Družina A.....	33
Slika 16: Družina B.....	33
Slika 17: Družina C .....	34
Slika 18: Družina D.....	34
Slika 19: Družina E .....	34
Slika 20: Družina F .....	35
Slika 21: Družina G.....	35
Slika 22: Družina H.....	36
Slika 23: Družina I .....	36
Slika 24: Družina J.....	36

## Kazalo grafov

Graf 1: Sodelujoči učenci po razredih.....	23
Graf 2: Okušanje – 1. triada.....	24
Graf 3: Okušanje po spolu – 1. triada.....	24
Graf 4: Okušanje – 2. triada.....	25
Graf 5: Okušanje po spolu – 2. triada.....	25
Graf 6: Okušanje – 3. triada.....	26
Graf 7: Okušanje po spolu – 3. triada.....	26
Graf 8: Okušanje – skupno .....	27
Graf 9: Okušanje po spolu – skupno.....	27
Graf 10: Sodelujoči učenci po razredih.....	28
Graf 11: Okušanje – 1. triada.....	29
Graf 12: Okušanje po spolu – 1. triada.....	29
Graf 13: Okušanje – 2. triada.....	30
Graf 14: Okušanje po spolu – 2. triada.....	30
Graf 15: Okušanje – 3. triada.....	31
Graf 16: Okušanje po spolu – 3. triada.....	31
Graf 17: Okušanje – skupno .....	32
Graf 18: Okušanje po spolu – skupno.....	32

## POVZETEK

V raziskovalni nalogi so predstavljeni rezultati raziskave okušanja grenkih snovi, pri kateri so sodelovali učenci OŠ Miška Kranjca Velika Polana ter izbrane družine nekaterih učencev.

V teoretičnem delu izvemo nekaj o čutilih, predvsem o čutilu za okus. Eden od primarnih okusov je namreč grenko. Študije so pokazale, da vsi ljudje ne okušajo grenkobe, kar je posledica pomanjkanja gena, ki kodira receptor za ta okus. Prav tako so v tem delu podane informacije o PTC-ju (feniltiokarbamid), snovi, ki je sicer v naravi ne najdemo, je pa pomemben pokazatelj okušanja/neokušanja grenkih snovi. Predstavljene so tudi nekatere naravne snovi, ki so sestavina hrane, kateri dajejo značilen grenak okus. Teoretični del podaja tudi pomembne informacije o povezavi okušanja PTC in drugih grenkih snovi z genetiko oz. dedovanjem.

V empiričnem delu je predstavljen eksperiment, v katerem so sodelovali učenci od 1. do 9. razreda. Z okušanjem grenivke in temne čokolade so zaznavali grenke snovi, ki se nahajajo v izbranih živilih. Prav tako je predstavljen drugi eksperiment, v katerem so sodelovale izbrane družine. S pomočjo PTC testnih lističev so preverjali okušanje feniltiokarbimida. Rodovniki so pokazali povezavo le-tega z dedovanjem.

Ugotovili smo, da učenci šole bolj okušajo grenki naringin v grenivki, kot grenki teobromin v čokoladi, da več učencev šole okuša, kot ne okuša grenko snov, da je izmed okuševalcev grenkega, več učencev, ki to okušajo kot srednje grenko v primerjavi s tistimi, ki okušajo zelo grenko, da starejši učenci bolj okušajo grenko snov v čokoladi, mlajši učenci pa bolj okušajo grenko snov v grenivki, da približno enak delež učenk in učencev šole okuša grenak okus čokolade in grenivke ter da se sposobnost okušanja grenkega feniltiokarbamida deduje.

Ključne besede: PTC (feniltiokarbamid), teobromin, naringin, dedovanje, okus, grenko, čokolada, grenivka.

## ABSTRACT

This research paper presents the results of testing the ability to taste bitterness. Pupils of the primary school OŠ Miška Kranjca Velika Polana and some of their family members took part in the research.

In the theoretical part of the paper, the senses, especially taste, are presented. One of the primary sensations of taste is bitter. Studies have shown that some people perceive no bitter taste due to the lack of the gene that encodes the receptor for this taste. This part of the paper also includes information on PTC (phenylthiocarbamide), a substance that is not found in nature; however, it is an important indicator for tasting or not tasting bitterness. Some natural substances in food that have a distinctive bitter taste are presented as well. In addition, important information on the connection of the ability to taste PTC and other bitter substances with genetics is pointed out.

In the empirical part of the paper, two experiments are presented. Pupils from grade 1 to 9 participated in the first experiment. By tasting grapefruit and dark chocolate, they tested the bitter taste perception of certain food. Selected family members of pupils participated in the second experiment. They tested the perception of phenylthiocarbamide with the help of PTC test papers. The connection to genetics was established.

We noted that pupils sense the bitter naringin in grapefruit more than the bitter theobromine in chocolate. More pupils in school perceive bitter taste than not and there are more pupils who perceive medium bitterness than high bitterness. Older pupils tend to identify bitterness more in chocolate, whereas younger students in grapefruit. Approximately the same number of pupils perceives the bitter flavours of chocolate and grapefruit. We also established that the ability to taste the bitter phenylthiocarbamide is an inherited trait.

Key words: PTC (phenylthiocarbamide), theobromine, naringin, inheritance, taste, bitter, chocolate, grapefruit

## ZAHVALA

Zahvaljujem se učiteljici mentorici, Suzani Kotnjek, prof. biologije in kemije, ki me je pri izdelavi in izvedbi naloge spodbujala in usmerjala.

Hvala vodstvu šole in učiteljem, ki so me pri izvedbi podprli, še posebej učiteljici Maji Imre, prof. biologije in sociologije, za vso pomoč pri eksperimentalnem delu, zahvaljujem se tudi učiteljici Martini Ternar Gabor, prof. slovenščine in sociologije, za lektoriranje raziskovalne naloge in učiteljici Nataši Prendl, univ. dipl. prevajalki, za strokovni prevod povzetka raziskovalne naloge v angleški jezik.

Največja zahvala gre učencem in družinam, ki so s svojim sodelovanjem omogočili izvedbo raziskovalne naloge v praksi.

Hvala tudi vsem ostalim sodelujočim, za pripravljenost in sodelovanje pri moji raziskovalni nalogi.

*Prihodnost pripada tistim, ki se naučijo, kar se morajo naučiti, zato da lahko storijo tisto, kar morajo storiti.*

*(Dennis Waitley)*

# 1 UVOD

## 1. 1 Opredelitev problema

Okus je eden izmed čutov, ki je za človeka že od njegovega evlucijskega začetka izrednega pomena. Z njim si je pomagal pri odkrivanju novih živil, ki jih je lahko (ali pa tudi ne) vključeval v svojo prehrano. Sladek okus je bil vedno najbolj privlačen, medtem ko so se grenkemu okusu izogibali. Precej hitro so namreč ugotovili, da je lahko grenka hrana povzročala prebavne in zdravstvene težave ali je povzročila celo smrt.

Splošno znano je dejstvo, da so ljudje grenko hrano vedno povezovali s strupenimi snovmi. Na takšen način so se jim lahko izognili, preden je prišlo do neljubih posledic.

V prvi polovici 20. stoletja pa so čisto slučajno ugotovili, da nekateri ljudje ne okušajo grenkega okusa. Ko so opravili nekaj raziskav, so rezultati pokazali, da so ti sicer v manjšini. Predvidevamo, da se je gen, ki povzroča odsotnost kemoreceptorjev za zaznavanje grenkih snovi, pojavil nekje v evoluciji. Če bi imel človek ta gen že od svojega začetka, bi verjetno v evoluciji že izginil, saj je bil človek v svojih začetkih nabiralec (in okuševalec) hrane in ta pomanjkljivost bi bila zato zelo neugodna.

Kljub temu, da se je človek v evoluciji od svojih začetkov pa do danes zelo spremenil, še vedno veljajo sladka živila kot najbolj priljubljena, nasprotno pa ljudem grenka hrana ne gre preveč v slast. To je opazno predvsem pri otrocih in mladostnikih.

Globalno je bilo na to temo opravljenih kar nekaj raziskav, nismo pa zasledili, da bi bile večje raziskave opravljene v Sloveniji. Z našo raziskavo želimo ozavestiti ljudi, da smo ljudje del velike skupine/vrste *Homo sapiens*, a smo kljub temu med seboj različni in ena od razlik je tudi ta, da nekateri okušajo grenkobo, drugi pa ne.

## 1. 2 Namen raziskovalne naloge

Namen naše raziskovalne naloge je bil ugotoviti:

- v kolikšnem deležu učenci OŠ Miška Kranjca Velika Polana okušajo grenko snov v čokoladi;
- v kolikšnem deležu učenci OŠ Miška Kranjca Velika Polana okušajo grenko snov v grenivki;
- ali so razlike v okušanju grenke snovi med spoloma;
- ali na okušanje grenke snovi vpliva starost eksperimentirancev:
- v kolikšnem deležu člani izbranih družin okušajo PTC (feniltiokarbamid);
- ali dednost vpliva na okušanje PTC (feniltiokarbamida) znotraj družine.

## 1. 3 Hipoteze

H1: Več kot 80 % učencev, ki so sodelovali v eksperimentu, okuša grenko snov v čokoladi.

H2: Več kot 80 % učencev, ki so sodelovali v eksperimentu, okuša grenko snov v grenivki.

H3: Učenci bolj okušajo grenko snov v čokoladi kot v grenivki.

H4: Mlajši učenci bolj okušajo grenko snov v čokoladi kot starejši učenci.

H5: Spol ne vpliva na zaznavanje grenke snovi v čokoladi in grenivki.

H6: V družinah se okušanje PTC (feniltiokarbamida) deduje.



## 2 TEORETIČNI DEL

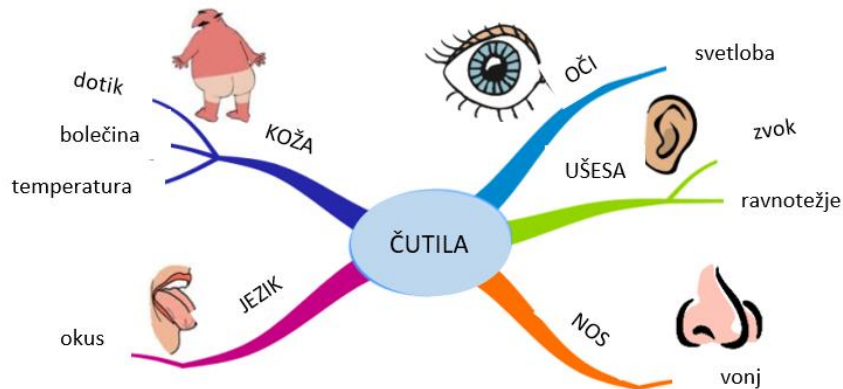
### 2.1 Čutila

Različni čutni vtisi izzovejo v živih bitjih čutilne procese, ki se na podlagi izkušenj oblikujejo v zaznavo. Zaznavanje (percepcija) je torej subjektivno in vsak posameznik dojema določen občutek kot osebno doživetje. Kljub temu so za posamezne čutilne sisteme značilne določene splošne lastnosti.

Čutilo ali receptor je organ, specializiran za zaznavanje določenih vrst dražljajev.

V čutilih nastanejo čutilne informacije. Tam se dražljaj prepíše (kodira) v vzburjenje in sporočilo. Dokler dražljaj ne doseže določene minimalne jakosti, ne izzove nobene zaznave. Nad tem pragom pa se senzorična zaznava, ki mora trajati določen čas, povečuje. Poročilo se prevaja v centralni živčni sistem po čutilnih živčnih vlaknih. V primarnih čutilnih delih centralnega živčevja se informacije dekodirajo in subjektivno ovrednotijo (Plut, 2014).

Dražljaji iz okolja neprestano delujejo na čutila. Poznamo čutila za sprejemanje dražljajev iz daljave ali pa iz neposredne bližine, ob dotiku. Na osnovi tega ločimo naslednje tipe čutil: za vid, za sluh, za ravnotežje, za voh, za tip in za okus. Na površini kože imamo preprosta čutila za dotik, temperaturo in bolečino (Boron, 2012).



Slika 1: Čutila

(Vir: Dostopno 30. 3. 2023 na <https://www.createwebquest.com/world-senses-explorer>)

#### 2.1.1 Okus in okušanje

Okus je čutno zaznavanje okusov: sladko, kislo, slano, grenko in umami. Okušamo z različnimi deli jezika, s sluznico mehkega neba ob vrodu v grlo in z zadnjo stranjo žrela. Vrh jezika je občutljiv za sladko, oba stranska robova jezika za slano, osrednja stranska robova za kislo in koren jezika za grenko. Okušalni prag je za različne snovi različen.

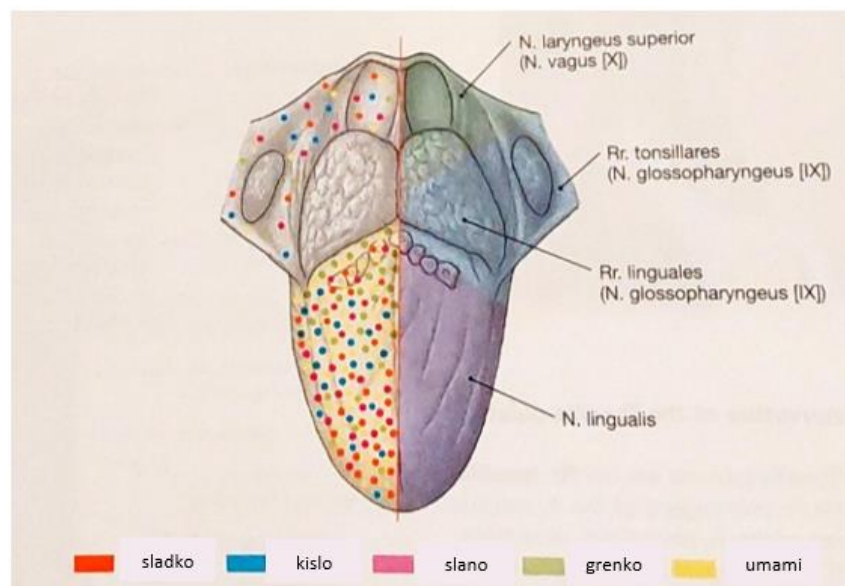
Okušalni popki so kemoreceptorji, ker reagirajo na snovi, raztopljene v slini. Nahajajo se v okušalnih brbončicah ali papilah in so različnih oblik. Okušalni popki se približno vsakih deset dni obnovijo.

Vsak kemoreceptor je bolj občutljiv na en tip snovi, slabše pa se odziva na druge snovi. Na okus vplivajo tudi njen vonj, temperatura in sestava (Plut, 2014).

Kemoreceptorje karakteriziramo v pet različnih primarnih okusov; človek lahko drugače zazna več sto različnih okusov, ki so kombinacija teh pet primarnih okusov. Primarni okusi so:

- kislino: kisel okus povzročajo kisline oz. vodikovi ioni;
- slano: slan okus povzročajo ionizirane soli, predvsem natrijevi ioni;
- sladko: sladek okus ne povzroča ena sama skupina spojin, ampak skupina zelo raznolikih kemikalij (sladkorji, alkoholi, aldehidi, estri, nekatere aminokisljine ...). Sladek okus torej povzročajo predvsem organske spojine, pri čemer lahko sprememba enega samega radikala spremeni okus iz sladkega v grenko.
- grenko: tudi grenak okus povzroča več skupin spojin (dolgoveržne organske spojine z dušikom in alkaloidi). Nekatere substance, ki imajo sprva sladek okus, lahko pustijo grenak priokus.
- umami: umami okus povzroča glutamat, ki se nahaja na primer v mesu in v staranem siru.

Dolga leta so učili, da so čutnice za osnovne okuse jasno omejene na določene dele jezika: za sladko na konici, kislino na obeh straneh, grenko v ozadju. V resnici je to izmišljotina, ki se je prvič pojavila leta 1942 v učbeniku avtorja Edwina G. Boringa, harvardskega psihologa, ki si je napačno razlagal 40 let star članek nemškega raziskovalca. Okušalne brbončice so namreč razporejene po vsem jeziku (Bryson, 2021).



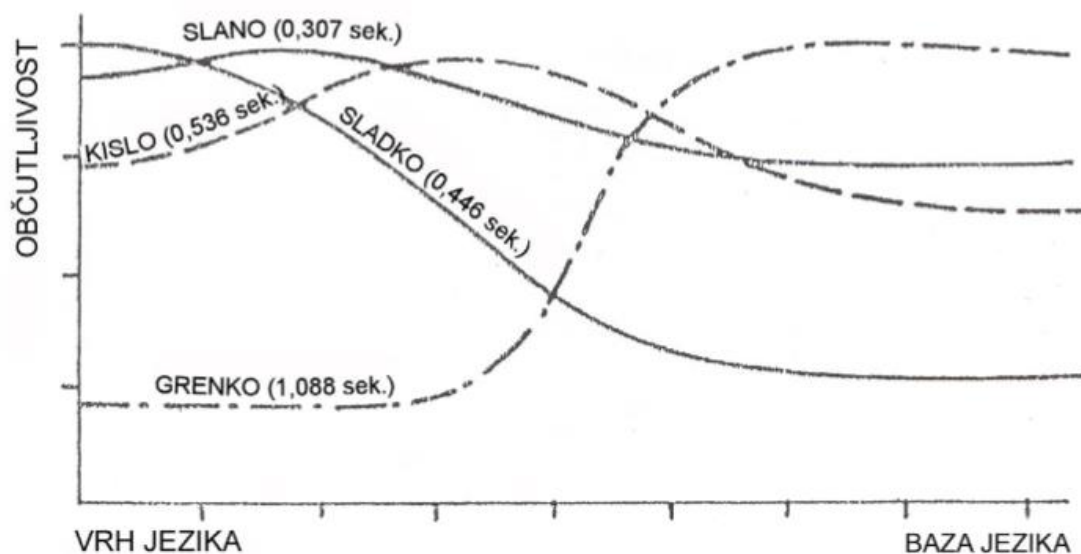
Slika 2: Razporeditev kemoreceptorjev

(Vir: Paulsen, Waschke, 2018)

Različni okusi imajo različne prage koncentracij, pri katerih pride do stimulacije. Kisel okus sproži klorovodikova kislina koncentracije 0,0009 M, slan okus natrijev klorid koncentracije 0,01 M, sladki okus 0,01 M saharoza, grenak okus pa 0,000008 M kinina. Vidimo, da je prag za grenak okus najnižji, kar je pričakovano, saj ima večina toksinov grenak okus (Košček, 2016).

Oralna zaznava osnovnih okusov:

- slano 0,307 s,
- sladko 0,446 s,
- kislo 0,536 s,
- grenko 1,082 s.



Slika 3: Zaznava okusov

(Vir: Dostopno 7. 2. 2023 na [https://studentski.net/gradivo/ulj\\_btf\\_zp1\\_snm\\_sno\\_senzoricno\\_zaznavanje\\_01](https://studentski.net/gradivo/ulj_btf_zp1_snm_sno_senzoricno_zaznavanje_01))

V povprečju ima človeški jezik 2000 do 8000 brbončic, kar pomeni, da obstaja več sto tisoč receptorskih celic. Število brbončic se zelo razlikuje, na primer, na kvadratnem centimetru na konici jezika imajo lahko nekateri ljudje le nekaj posameznih brbončic, drugi pa več kot tisoč; ta variabilnost prispeva k razlikam v občutkih okusa, ki jih doživljajo različni ljudje. Tudi občutki okusa, ki nastanejo v posameznih brbončicah, se razlikujejo, saj vsaka brbončica običajno vsebuje receptorske celice, ki se odzivajo na različne kemične dražljaje – v nasprotju z istim kemičnim dražljajem. Posledično so občutki različnih okusov (tj. slano, sladko, kislo, grenko ali umami) različni ne samo v eni brbončici, temveč po celotni površini jezika (Taste Bud. 2016. Povzeto 7. 2. 2023 na spletni strani <https://www.britannica.com/science/taste-bud>).

Med Evropejci je po ocenah približno 25 % super okuševalcev, približno polovica je »normalnih« okuševalcev, preostalih 25 % pa opisujejo kot slabše okuševalce. Pri slabših okuševalcih je okušanje manj izrazito, grenki okusi so dokaj neizraziti, zato ti ljudje niso posebej izbirčni pri prehranjevanju. Na jeziku imajo manj papil, ki so večje in redkeje posejane. Ravno nasprotno pa so super okuševalci dokaj izbirčni in imajo izrazit odpor do hrane in pijače z izrazito grenkim okusom (kava, pivo, grenivka, zelje, brstični ohrovt ...). Njihove papile so manjše, so tesneje skupaj in jih je več ( Meredith, 2010).

## 2. 2 Grenke snovi (grenčine)

Grenčine so grenke snovi različnega nastanka in zgradbe. To je skupina učinkovin, ki jih ne poimenujemo po kemijski strukturi, temveč po eni izmed organoleptičnih lastnosti, okusu (Grenčine. 2021. Povzeto 7. 2. 2023 na spletni strani <https://www.mojfarmacevt.si/grencine/>).

Zelo toksične spojine kot so alkaloidi (brucin, strihnin, solanin) so intenzivno grenkega okusa (zaznavnost že med  $10^{-6}$  in  $10^{-5}$  M). Zelo grenke peptide dobimo z bakterijsko razgradnjo mlečnih beljakovin. Glavne grenke snovi so rastlinskega izvora: alkaloidi: kofein, kinin, nikotin, grenke so nekatere aminokisliline, nekatere soli ( $MgSO_4$ ), aminokisliline, peptidi. Pikrinska kislina (2,4,6-trinitrofenol) ima grenak okus (pikros v grščini pomeni grenak), ki prekrije pričakovani kisel okus močne kisline. 5-nitrosaharin je zelo grenak, v nasprotju z zelo sladkim saharinom, ki pa ima tudi grenak priokus. Tiourea in drugi tioamidi so zelo grenki (Senzorično zaznavanje. 2011. Povzeto 7. 2. na spletni strani [https://studentski.net/gradivo/ulj\\_btf\\_zp1\\_snm\\_sno\\_senzoricno\\_zaznavanje\\_01](https://studentski.net/gradivo/ulj_btf_zp1_snm_sno_senzoricno_zaznavanje_01)).

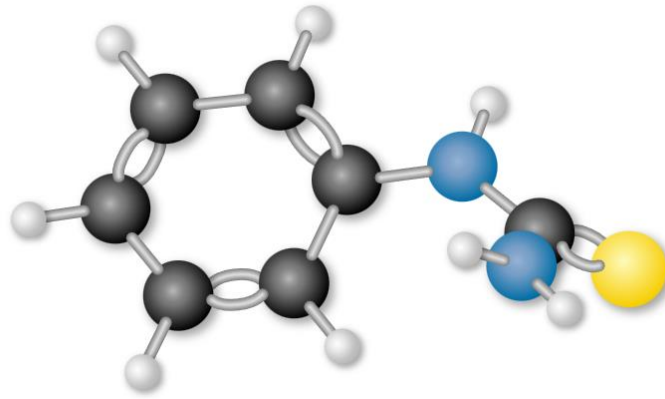
### 2. 2. 1 Feniltiokarbamid (PTC)

Leta 1931 je kemik Arthur Fox delal s feniltiokarbamidom (PTC) v prahu. Ko je nekaj prahu pomotoma odpihnilo v zrak, se je sodelavec, ki je stal v bližini, pritožil, da ima prah grenak okus. Fox ni okusil prav ničesar. Radovedni, kako bi lahko kemikalijo okusili drugače, so jo poskusili znova. Rezultati so bili enaki. Fox je svojim prijateljem in družini dal poskusiti kemikalijo, nato pa so morali opisati njen okus. Nekateri niso okusili ničesar, nekateri so menili, da je močno grenak, spet drugi so mislili, da je le rahlo grenak.

Kemična struktura PTC je podobna strupenim alkaloidom, ki jih najdemo v nekaterih rastlinah. Imenuje se tudi feniltiourea. Spojina ima formulo  $C_6H_5NHCSNH_2$ . Kemijska skupina  $NC = S$  je odgovorna za značilen grenak okus.

Čeprav PTC ne najdemo v naravi, je zmožnost njegovega okušanja močno povezana z zmožnostjo okušanja drugih grenkih snovi, ki se pojavljajo naravi, med katerimi so mnoge toksini

(PTC The Genetics of Bitter Taste. Povzeto 8. 2. 2023 na spletni strani <https://learn.genetics.utah.edu/content/basics/ptc>).



Slika 4: Model molekule PTC

(Vir: Dostopno 8. 2. 2023 na <https://learn.genetics.utah.edu/content/basics/ptc>)

## 2. 3 Genetika in dedovanje

Genetika je biološka veda, ki raziskuje dednost in raznolikost genetskih informacij. Raziskuje, kako se lastnosti staršev prenašajo na njihove potomce, zakaj se dedne lastnosti pri posameznikih istih staršev razlikujejo, kateri dejavniki določajo te lastnosti, kako se lastnosti spreminjajo in nastajajo nove ter kako lahko rezultate teh študij uporabimo v medicini, živilstvu, poljedelstvu, farmacevtski industriji ...

Izraz genetika je leta 1907 predlagal W. Bateson za novo vejo biologije, ki se je začela razvijati po odkritju Mendelovega dela leta 1900. Zgodovina genetike sega že v 19. stoletje.

Od leta 1997 poteka eno najproduktivnejših obdobj v genetiki – uspešen zaključek projektov sekvenciranja evkariontskega genoma. Sekvencirani so bili naslednji genomi: pekovskega kvasa (1997), *Caenorhabditis elegans* (1998) ter vinske mušice in bele mušice (*Arabidopsis thaliana*) (2000). Leta 2001 sta Francis Collins in C. Venter, vodja skupine na projektu Human Genome (skupaj s sodelavci), objavila rezultate dokončanja sekvenciranja človeškega genoma. Njihovi dosežki, poleg odkritja strukture DNK, veljajo za najpomembnejše v genetiki (Genetika. 2021. Povzeto 8. 2. 2023 na spletni strani <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=21609>).

Dednost je skupek vseh bioloških procesov, s katerimi se določene lastnosti prenašajo s staršev na njihove potomce. Vsak pripadnik neke vrste ima nabor genov, značilnih za to vrsto. Ta niz genov zagotavlja stalnost vrste. Med posamezniki znotraj vrste pa lahko pride do variacij v obliki posameznega gena, kar zagotavlja genetsko osnovo za dejstvo, da nobena dva posameznika (razen enojajčnih dvojčkov) nimata povsem enakih lastnosti.

Niz genov, ki jih potomec podeduje od obeh staršev (kombinacija genetskega materiala vsakega od njih) se imenuje genotip. Genotip je v nasprotju s fenotipom, ki je zunanji videz organizma in razvojni rezultat njegovih genov. Fenotip vključuje telesne strukture organizma, fiziološke procese in vedenje (Heradity. 2022. Povzeto 8. 2. 2023 na spletni strani <https://www.britannica.com/science/heredity-genetics>).

## Načini dedovanja pri človeku

### 1. Dedovanje dominantnih lastnosti zapisanih na telesnih kromosomih:

- lastnost se izrazi v vsaki generaciji,
- to lastnost ima približno enako število moških in žensk.

### 2. Dedovanje recesivnih lastnosti zapisanih na telesnih kromosomih:

- lastnost se v kakšni generaciji ne izrazi,
- to lastnost ima približno enako število moških in žensk,
- če imata to lastnost oba starša, jo imajo vsi njihovi potomci,
- lastnost se lahko izrazi pri potomcih, če sta oba starša prenašalca.

### 3. Dedovanje dominantnih lastnosti zapisanih na spolnem kromosomu X:

- lastnost se izrazi v vsaki generaciji, tako pri ženskah kot pri moških,
- če ima to lastnost mati, jo imajo lahko tako njeni sinovi kot hčerke,
- če ima oče to lastnost, jo imajo vse njegove hčerke.

### 4. Dedovanje recesivnih lastnosti zapisanih na spolnem kromosomu X:

- večina s to lastnostjo je moškega spola,
- če ima oče to lastnost, so vse hčerke prenašalke, sinovi pa nimajo te lastnosti,
- če ima oče to lastnost in jo ima tudi mati ali pa je prenašalka, imajo hčerke to lastnost ali so prenašalke,
- če ima mati to lastnost, jo imajo vsi njeni sinovi,
- če je mati prenašalka, so lahko hčere prenašalke in sinovi imajo lahko to lastnost.

### 5. Dedovanje lastnosti zapisanih na spolnem kromosomu Y:

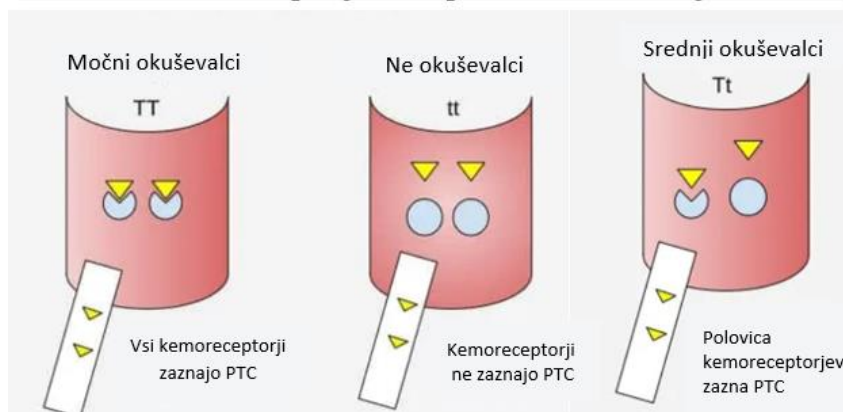
- lastnost se pojavi samo pri moških,
- če ima oče to lastnost jo imajo vsi njegovi sinovi in nobena hčerka,
- otroci hčerke očeta s to lastnostjo nimajo te lastnosti.

(Osnove dedovanja. 2018. Povzeto 8. 2. 2023 na spletni strani [https://folio.rokus-klett.si/?credit=BIO9UC\\_2izd&pages=34-35](https://folio.rokus-klett.si/?credit=BIO9UC_2izd&pages=34-35))

## 2. 3. 1 Dedovanje in PTC

Kmalu po odkritju, da nekateri okušajo PTC, drugi pa ne, so genetiki ugotovili, da dedovanje vpliva na to, kako okušamo PTC. Danes vemo, da sposobnost okušanja PTC (ali ne) prenaša en sam gen, ki kodira receptor za okus na jeziku. Gen PTC, TAS2R38, je bil odkrit leta 2003. Obstajata dve pogosti obliki (ali alela) gena PTC in vsaj pet redkih oblik. Ena od pogostih oblik je okušalni alel, druga pa neokušalni alel. Vsak alel kodira beljakovino receptorja grenkega okusa z nekoliko drugačno obliko. Oblika receptorskega proteina določa, kako močno se lahko veže na PTC. Ker imajo vsi ljudje dve kopiji vsakega gena, kombinacije različic gena za grenak okus določajo, ali se nekemu PTC zdi močno grenak, nekoliko grenak ali sploh brez okusa.

## Razlike v kemoreceptorjih in sposobnosti okušanja PTC



Slika 5: Razlike v okušalnih receptorjih in sposobnostih okušanja PTC

(Vir: Dostopno 10. 2. 2023 na <https://kristinmoonscience.com/using-ptc-paper-to-study-genetics-and-heredity/>)

Čeprav PTC ne najdemo v naravi, je zmožnost njegovega okušanja močno povezana z zmožnostjo okušanja drugih grenkih snovi, ki se pojavljajo naravno (mnoge toksini).

Rastline proizvajajo različne strupene spojine, da se zaščitijo pred zaužitjem. Sposobnost zaznavanja grenkih okusov se je razvila kot mehanizem, ki je zgodnjim ljudem preprečil uživanje strupenih rastlin. Ljudje imamo približno 30 genov, ki kodirajo receptorje za grenak okus. Vsak receptor lahko sodeluje z več spojinami, kar ljudem omogoča okušanje najrazličnejših grenkih snovi.

Če sposobnost okušanja grenkih spojin prinaša selektivno prednost ali ne bi morali tisti, ki ne okušajo, že zdavnaj izumreti? Zakaj toliko ljudi še vedno ne okuša PTC? Nekateri znanstveniki menijo, da lahko tisti, ki ne okušajo PTC, okusijo drugo grenko spojino. Ta scenarij bi dal največjo selektivno prednost heterozigotom ali ljudem, ki imajo en alel za okušanje PTC in en alel za neokušanje.

Občutljivost na PTC se pogosto uporablja kot primer preproste Mendelove lastnosti s prevladujočim dedovanjem. Vendar se degustatorji zelo razlikujejo glede občutljivosti na PTC. Medtem ko ima gen PTC približno 85 % celotnega vpliva na to ali je nekdo degustator ali ne, obstaja veliko drugih stvari, ki vplivajo na sposobnost degustacije PTC. Če imamo suha usta, je lahko težje zaznati PTC. Kaj jemo ali pijemo pred vzorčenjem PTC papirja, lahko prav tako vpliva na sposobnost okušanja. Tudi posameznikova občutljivost se lahko sčasoma spremeni. Pri nekaterih ljudeh je bilo ugotovljeno, da lahko PTC okusijo ob nekaterih dnevih, ob drugih pa ne. (PTC The Genetics of Bitter Taste. 2016. Povzeto 10. 2. 2023 na spletni strani <https://learn.genetics.utah.edu/content/basics/ptc>)

### 3 MATERIAL IN METODE

Najprej smo se pogovorili o vzorcu, ki ga bomo uporabili v raziskavi. Odločili smo se, da bomo raziskavo opravili na dveh vzorcih; prvi vzorec je obsegal učence OŠ Miška Kranjca Velika Polana, drugi vzorec pa izbrane družine (osnovne ali razširjene).

Za potrebe našega raziskovalnega dela smo pregledali vire in literaturo, ki smo jo našli v knjižnici in na spletu. Pregledali smo tudi učbenike za naravoslovje in biologijo. Podatke smo zbrali, pregledali in obdelali tako, da smo izluščili informacije, ki so bile pomembne za naše raziskovanje.

#### 3.1 Material

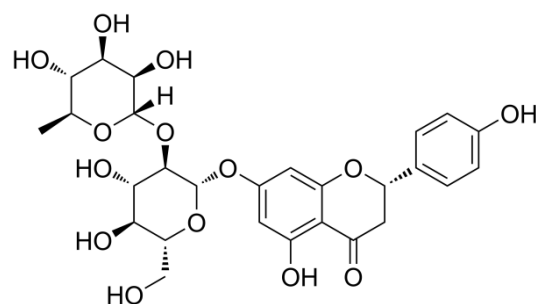
Za potrebe raziskovalne naloge smo uporabljali:

- rdečo grenivko,
- čokolado 90 % (Lindt),
- PTC testni papir,
- PTC kontrolni papir.

##### 3.1.1 Grenivka

Grenivka ali grapefruit je prijeten sladko-kisel-grenak sočen sadež iz zimzelenega drevesa grenivkovca, drevesa iz rodu citrusov. Verjetno je grenivka križanec med mandarino in pomelom. Poznamo več vrst grenivk, in sicer takšne z rumenim, rožnatim in rdečim mesom. Slajšega okusa so rdeče. Načeloma ima grenivka kar nekaj sladkorja, vendar prevladuje grenak okus, ker je ta dominantnejši od sladkega. Grenak okus daje grenivki tudi naringin, ki je rastlinski flavonoid. Ti so zelo pomembni antioksidanti za naše telo, ker so učinkoviti lovilci prostih radikalov. Grenivka je izvrsten vir vitamina C, folne kisline in mineralnih snovi, in sicer kalija, kalcija, železa ... (Zakaj je grenivka grenkega okusa, če je hkrati lahko tudi sladka?.

2019. Povzeto 8. 2. 2023 na spletni strani <https://www.bic-lj.si/novice/zakaj-je-grenivka-grenkega-okusa-ce-je-hkrati-lahko-tudi-sladka>)



Slika 6: Struktura naringina

(Vir: Dostopno 9. 2. 2023 na <https://www.medchemexpress.com/Naringin.html>)



Naringinaza je encim, ki katalizira hidrolizo naringina, glavne grenke sestavine v grenivki, v ramnozo in prunin (odgovoren za eno tretjino grenkobe naringina). Nato se prunin hidrolizira v naringenin brez okusa in glukozo (zmanjšanje grenkobe grenivkinega soka). Naringinaza je v naravi razširjena in jo proizvajajo številni mikroorganizmi. Kljub temu velja plesen *Aspergillus niger* za najpomembnejši vir naringinaze (Enzymatic Debitting on Antioxidant Capacity of Grapefruit Juice. 2014. Povzeto 30. 3. 2023 na spletni strani <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/naringinase>).



Slika 7: Grenivka

(Vir: lasten)

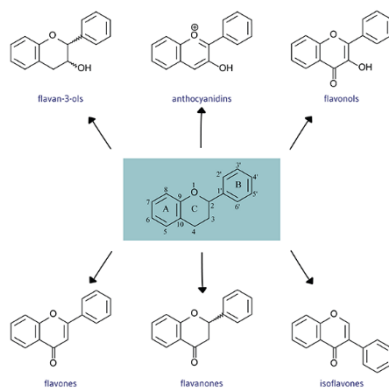
### 3. 1. 2 Čokolada

Kakavova zrna rastejo na kakavovcu (*Theobroma Cacao*), ki uspeva v toplem, tropskem podnebju. Vsak kakavov strok vsebuje približno 30–45 semen (zrn), ki so ena glavnih sestavin čokolade.

Večina čokoladnih tablic vsebuje precejšnje količine sladkorja – temna čokolada ga ima običajno okoli 30 odstotkov, mlečna čokolada pa več kot 50–60 odstotkov.

Bela čokolada je sicer narejena iz kakavovih zrn, vendar se uporablja samo maščoba, znana kot kakavovo maslo (The key to really good chocolate is not any single ingredient—it's chemistry. 2015. Povzeto 9. 2. 2023 na spletni strani <https://www-science-org-au.translate.google/curious/everything-else/chocolate? x tr sl=en& x tr tl=sl& x tr %20hl=sl& x tr pto=sc>).

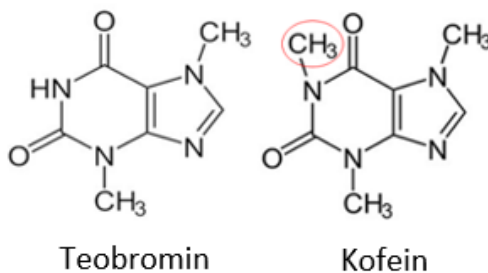
Temna čokolada vsebuje od 50 do 90 % kakava, kakavovo maslo in sladkor. Kakav je bogat z rastlinskimi kemikalijami, imenovanimi flavonoidi, ki lahko pomagajo zaščititi srce. Temna čokolada vsebuje 2–3 krat več kakava, bogatega s flavonoidi, kot mlečna čokolada (Dark Chocolate. 2023. Povzeto 9. 2. 2023 na spletni strani <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/food-features/dark-chocolate/>).



Slika 8: Flavonoidi

(Vir: Dostopno 9. 2. 2023 na <https://zdravaprehrana.info/flavonoidi-2/>)

Teobromin je alkaloid, ki je po strukturi podoben kofeinu in se nahaja tudi v kakavu. Daje mu značilen grenak okus. Različne čokolade imajo različne količine teobromina. Temna čokolada vsebuje približno 10 g teobromina na en kilogram čokolade, mlečna čokolada pa v enem kilogramu vsebuje približno 5, 5 g teobromina. Večja je torej vsebnost kakava, bolj grenka je čokolada. (Določanje teobromina. 2023. Povzeto 9. 2. 2023 na spletni strani <https://www.laboratuvar.com/sl/gida-analizleri/kimyasal-analizler/teobromin-miktari-tayini-hplc>)



Slika 9: Struktura teobromina in kofeina

(Vir: dostopno 9. 2. 2023 na <http://sportska-prehrana.com/wp/?p=517>)



Slika 10: Čokolada

(Vir: lasten)

### 3. 1. 3 PTC testni papir

PTC (phenylthiocarbamide) testni papir je namenjen testu okusa za gensko nadzorovano sposobnost okušanja te grenke snovi. PTC ima lahko blag, srednje grenak ali zelo grenak okus, odvisno od tega, kako občutljive so okušalne brbončice na to kemikalijo.

PTC testni papir je popolnoma varen za uporabo. Morebitna toksičnost PTC bi bila izražena v gramih na kilogram telesne teže. Na posameznem lističu je 20 mikrogramov feniltiokarbamida. V tej količini je snov zanemarljiva in neškodljiva.

Kontrolni papir ne vsebuje nobenih dodanih kemikalij in je zasnovan zato, da deluje kot kontrola v preizkusih okusa (PTC Taste Test Paper. Povzeto 9. 2. 2023 na spletni strani <https://www.preclaboratories.com/product/ptc-taste-test-paper/>).



Slika 11: PTC lističi

(Vir: Dostopno 10. 2. 2023 na [https://www.amazon.de/-/en/dp/B0085GRFSQ/ref=emc\\_b\\_5\\_i](https://www.amazon.de/-/en/dp/B0085GRFSQ/ref=emc_b_5_i))

## 3. 2 Metode dela

Vsem učencem osnovne šole (162 učencev) smo razdelili dokument, s katerimi so starši podali svoje soglasje, da lahko njihov otrok sodeluje v raziskavi oz. eksperimentu. V eksperimentu je sodelovalo 124 učencev od 1. do 9. razreda. Okušanje grenkega okusa je bilo izpeljano z grenivko in čokolado.

Učenci so najprej okušali grenivko, potem so si dobro splahnili usta z vodo. Vzpodbujali smo jih, da so usta spirali, dokler niso več zaznali okusa po grenivki. V drugem delu so okušali še čokolado. Za takšen vrstni red smo se odločili, saj smo sklepali, da je grenivkin sok lažje splahniti iz ustne votline (predvsem jezika), saj je tekočina. Čokolada pa je trda in bolj mazava, se bolj oprime jezika, zob in drugih delov ustne votline in jo zelo težko speremo. Med prvim in drugim okušanjem je potekla približno ena minuta.

Družinam učencev je bilo ponujeno sodelovanje v raziskavi. Družine, ki so izrazile sodelovanje v eksperimentu, so dobile navodila za izpeljavo. Sodelovalo je 10 družin. Nekatere so bile primarne, druge pa razširjene. Pogoji, da vsi živijo v istem gospodinjstvu, ni bil postavljen. Družine med seboj niso bile v sorodstvenem razmerju, prihajale pa so iz vasi Velika Polana, Mala Polana in Hotiza. Okušanje grenkega okusa je bilo izpeljano s PTC lističi.

Za zbiranje podatkov smo uporabili kvalitativno metodo raziskave. Po končanem testiranju smo dobljene podatke statistično obdelali.

### **Eksperiment 1:**

Sodelovali so učenci osnovne šole. Eksperiment smo izvedli v vsakem razredu posebej. Učencem smo razložili, na kakšen način bo eksperiment izveden. Poskrbeli smo, da se učenci med seboj med eksperimentom niso srečevali, da ne bi s svojimi ugotovitvami vplivali drug na drugega. Vsak učenec je individualno izvedel pokušanje. Izvedba je bila anonimna, podatka, ki smo ju zabeležili, sta bila spol in razred.

Potek dela (navodila):

- operi si roke,
- z vodo si splahni usta,
- zaužij košček grenivke in jo okušaj,
- okus, ki ga zaznaš, označi v tabeli (z znakom x).

Spol učenca	A) ni grenak okus 😊	B) srednje grenak okus 😐	C) zelo grenak okus 😞



Slika 12: Grenivka za testiranje

(Vir: lasten)

Potek dela (navodila):

- z vodo si splahni usta,
- zaužij košček čokolade in jo okušaj,
- okus, ki ga zaznaš, označi v tabeli (z znakom x).

Spol učenca	A) ni grenak okus 😊	B) srednje grenak okus 😐	C) zelo grenak okus 😞



Slika 13: Čokolada za testiranje

(Vir: lasten)

### Ekspiriment 2:

Sodelovalo je 10 družin. Nekatere družine so bile primarne, nekatere pa razširjene. Družina je prejela ovojnico, ki smo jo označili s črko (priimek družine ni bil potreben podatek). V ovojnici so bila natančna navodila za izvedbo eksperimenta ter manjša rdeča (2) in bela ovojnica (1). V rdeči ovojnici so bili testni lističi prepojeni s PTC, v beli ovojnici pa kontrolni testni lističi brez PTC.



Slika 14: Material za PTC testiranje




(Vir: lasten)

Potek dela (navodila):

- operi si roke,
- z vodo si splakni usta,
- s koščkom lističa 1 si podrgni po celotni površini jezika (jezik naj bo navlažen s slino),
- okušaj,
- okus, ki ga zaznaš, označi v tabeli (z znakom x),
- listič odvrzi v smeti.

*Sorodstveni odnos:*

1. učenec/učenka, 2. brat, 3. sestra,  
4. mama, 4a. babica, 4b. dedek, 4c. teta/4cc njen mož, 4d. stric/4dd njegova žena, 4e. sestrična, 4f. bratranec,  
5. oče, 5a. babica, 5b. dedek, 5c. teta/5cc njen mož, 5d. stric/5 dd njegova žena, 5e. sestrična, 5f. bratranec

Sorodstveni odnos (glede na učenca)	A) ni grenak okus 	B) srednje grenak okus 	C) zelo grenak okus 




Potek dela (navodila):

- z vodo si splahni usta,
- s koščkom lističa 2 si podrgni po celotni površini jezika (jezik naj bo navlažen s slino),
- okušaj,
- okus, ki ga zaznaš, označi v tabeli (z znakom x),
- listič odvrzi v smeti.

**PROSIMO, DA ISKRENO ZAPIŠETE SVOJE OKUŠANJE!**

Naj okušanje sorodnikov ne vpliva na vas.

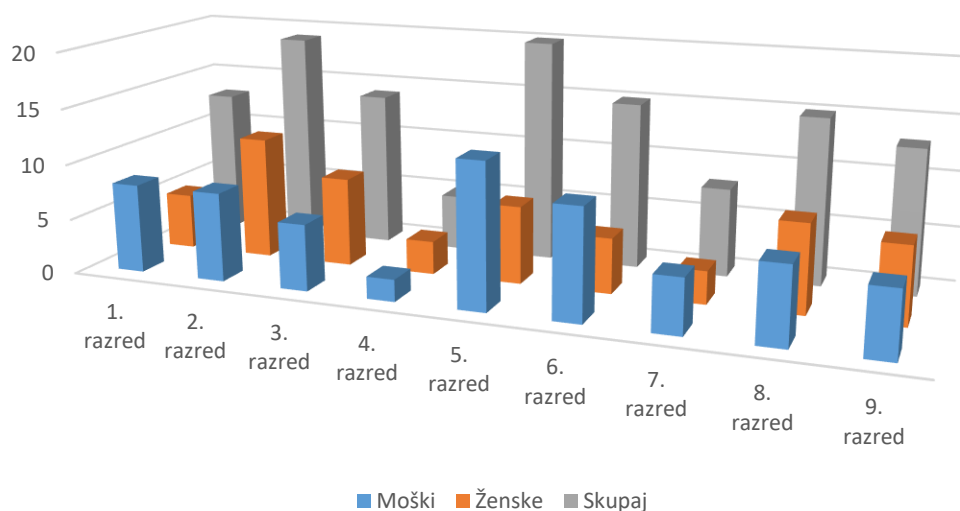
Sorodstveni odnos: glej razlago pri tabeli 1

Sorodstveni odnos (glede na učenca)	A) ni grenak okus 	B) srednje grenak okus 	C) zelo grenak okus 

## 4 REZULTATI

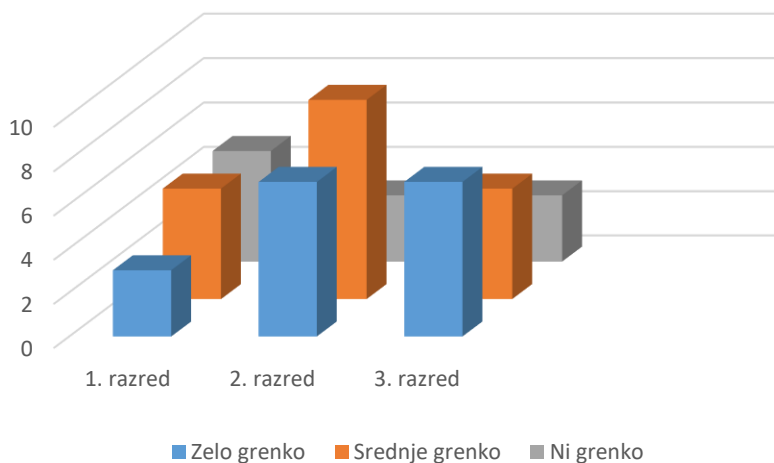
### 4.1 Učenci

#### 4.1.1 Grenivka

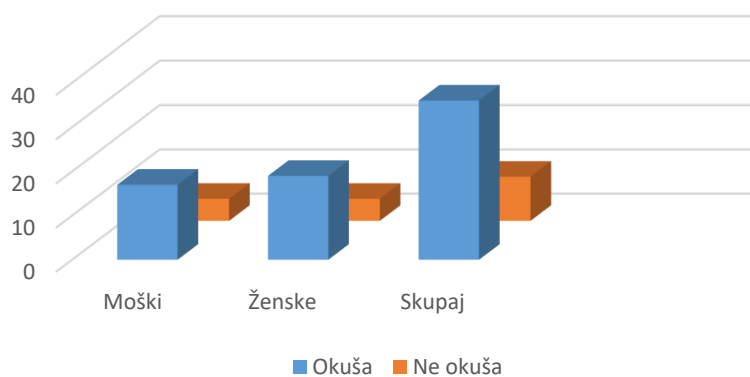


Graf 1: Sodelujoči učenci po razredih

Iz grafa je razvidno, da je v raziskavi sodelovalo 122 učencev od 1. do 9. razreda. To predstavlja 75,3 % vseh učencev šole. Od sodelujočih je bilo 65 učencev in 57 učenk. Če pogledamo po razredih, je bil največji delež sodelujočih v 2. razredu (95 %), sledi 6. razred z 93,8 % in 8. razred z 93,8 %. Razred z najnižjim deležem sodelujočih je bil 7. razred, kjer je sodelovalo 38,1 % učenk in učencev.



Graf 2: Okušanje – 1. triada



Graf 3: Okušanje po spolu – 1. triada

V prvem razredu je v raziskavi sodelovalo 13 učencev in učenk. Rezultati so pokazali, da je 61,5 % prvošolcev v grenivki okušalo grenko snov, od tega je bilo 5 učencev in 3 učenke. Preostalih 38,5 %, in sicer 2 učenki in 3 učenci, pa niso zaznali grenkobe.

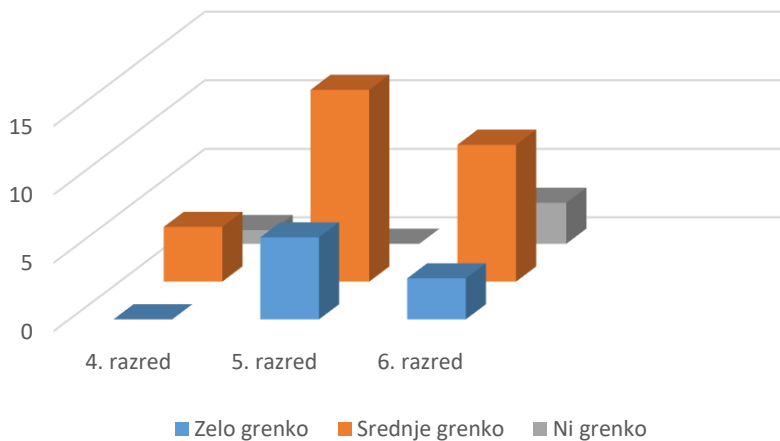
Izmed sodelujočih, ki so zaznali grenko v grenivki je bilo 37,5 % tistih (2 učenca, 1 učenka), ki so to zelo zaznali in 62,5 % tistih (3 učenci, 2 učenki), ki se jim je zdela grenivka srednje grenka. 19 drugošolcev je sodelovalo v raziskavi in kot je razvidno iz grafa, je bilo 16 (6 učencev, 10 učenk) oz. 84,2 % tistih, ki so okus grenivke opredelili kot grenak. 2 učenca in 1 učenka grenkega okusa v grenivki niso zaznali.

Izmed drugošolcev, ki so okušali grenko snov, jih je 43,8 % to zaznalo zelo intenzivno (3 učenci, 4 učenke), 56,2 % pa so omenjali srednje grenak okus (3 učenci, 6 učenk).

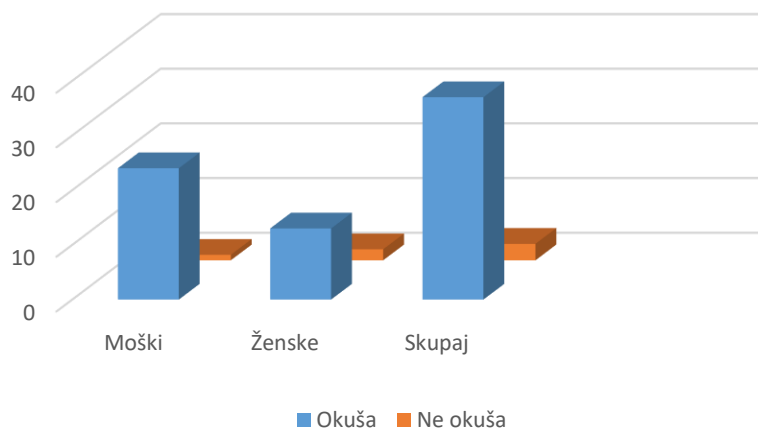
14 učencev tretjega razreda je sodelovalo v raziskavi in izkazalo se je, da jih 85,7 % okuša grenko snov v grenivki (6 učencev in 6 učenk). 2 učenki grenkega okusa nista zaznali.

3 učenci in 4 učenke so izpostavili zelo grenak okus grenivke (58,3 %), medtem ko so 3 učenci in 2 učenki (41,7 %) bili mnenja, da je okus srednje grenak.





Graf 4: Okušanje – 2. triada



Graf 5: Okušanje po spolu – 2. triada

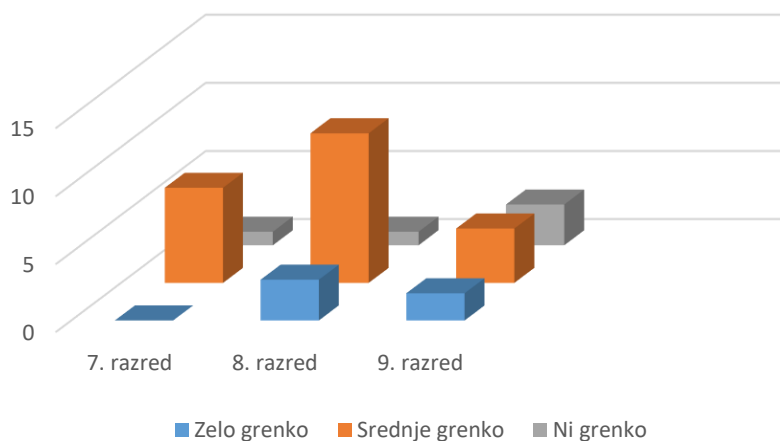
Pri četrtošolcih, ki so sodelovali v raziskavi ( 5 učencev in učenk), so raziskave pokazale, da jih 80 % (2 učenca in 2 učenki) zaznava grenko snov v grenivki. 1 učenka je bila mnenja, da grenivka ni grenka.

Iz grafa je razvidno, da so vsi četrtošolci, ki so okušali grenko, le-to okušali kot srednje grenko. Iz 5. razreda je v raziskavi sodelovalo 20 učencev. Raziskava je pokazala, da so vsi (100%) sodelujoči učenci (13 učencev, 7 učenk) opredelili grenivko kot grenko.

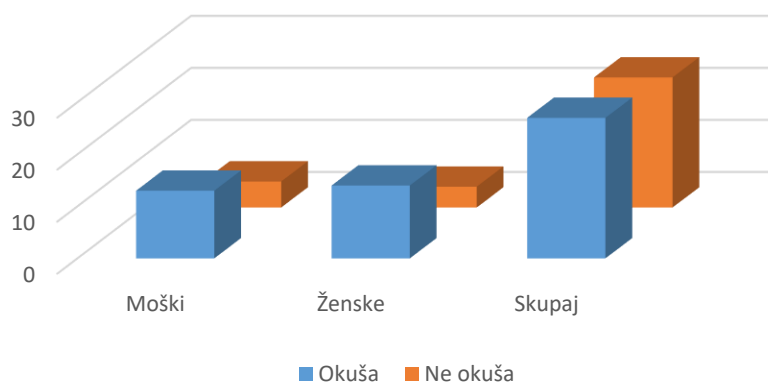
30 % jih meni, da je snov v grenivki zelo grenka (5 učencev, 1 učenka), ostali sodelujoči (70 %) pa so grenko okušali s srednjo intenziteto (8 učencev, 6 učenk).

V 6. razredu je v raziskavi sodelovalo 15 učencev in učenk. 13 ali 86,7 % (9 učencev in 4 učenke) jih je v grenivki zaznalo grenko snov, preostalih 13,3 % (1 učenec in 1 učenka) pa grenkobe niso zaznali.

Iz grafa je razvidno, da je večina okuševalcev grenkega (76,9 % oz. 6 učencev in 4 učenke) le-tega okušalo s srednjo intenziteto. Preostanek šestošolcev (23,1 % oz. 3 učenci) pa so menili, da je grenivka zelo grenka.



Graf 6: Okušanje – 3. triada



Graf 7: Okušanje po spolu – 3. triada

Iz grafa je razvidno, da je večina sodelujočih sedmošolcev (87,5 % oz. 4 učenci in 3 učenke) grenko snov v grenivki zaznala kot srednje grenko. Noben učenec ni v grenivki okušal zelo grenke snovi.

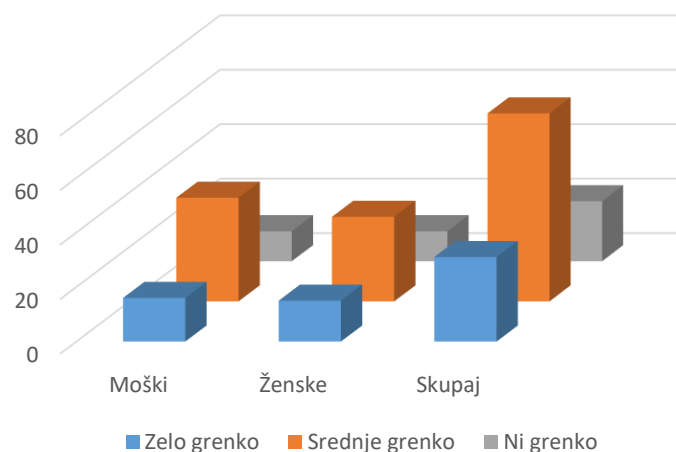
1 učenec (12,5 %) po zaužitju grenivke ni okušal grenke snovi.

Rezultati raziskave pri osmošolcih so pokazali, da večina učencev (93,3 % oz. 7 učencev in 7 učenk) zaznava grenko v grenivki. Samo 1 učenka (6,7 %) pri zaužitju grenivke ni zaznala grenkega okusa.

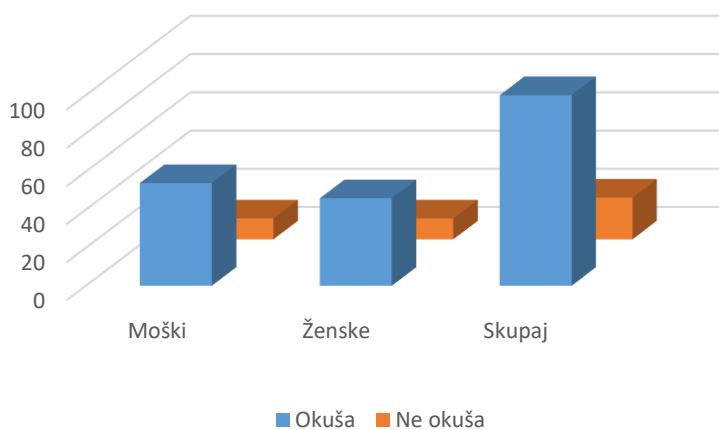
Izmed osmošolcev, ki so okusili grenko snov, je bilo 21,4 % (3 učenke) tistih, ki so zaznali snov kot zelo grenko, z 78,6 % (7 učencev in 4 učenke) pa so ocenili, da je grenka snov srednje grenka.

Med trinajstimi devetošolci jih je 6 zaznalo grenko snov v grenivki. To predstavlja 46,2 % delež. Rezultati so pokazali, da sta 2 učenci (33,3 %) okušali zelo grenak okus, 2 učenci in 2 učenci (66,7 %) pa srednje grenak okus grenivke.

Iz grafa je razvidno, da 7 sodelujočih učencev (4 učenci in 3 učenke oz. 53,8 %) v grenivki ni okušalo grenke snovi.



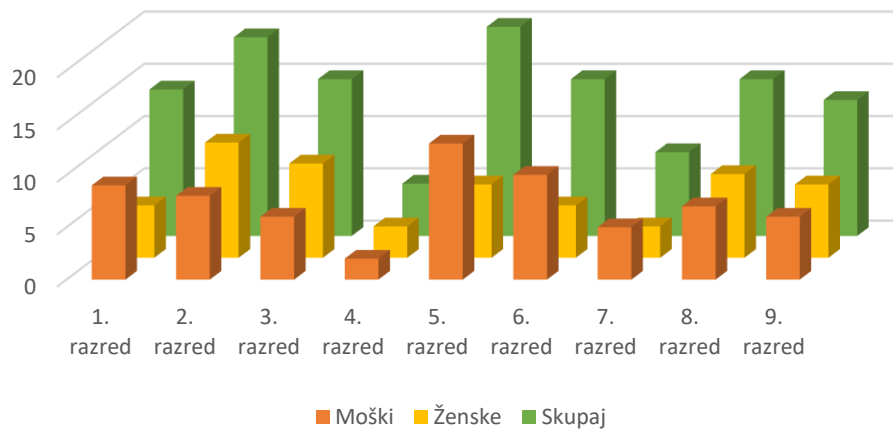
Graf 8: Okušanje – skupno



Graf 9: Okušanje po spolu – skupno

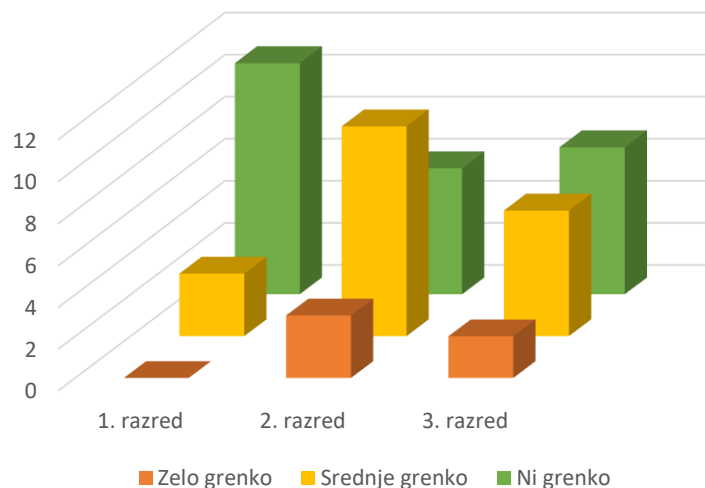
Zadnji graf prikazuje rezultate vseh učencev šole, ki so sodelovali v raziskavi. Razvidno je, da je 100 učencev oz. 82 % okušalo grenko snov v grenivki. Od teh je bilo 54 učencev in 46 učenk. Preostali učenci (18 % oz. 11 učencev in 11 učenk) pa v grenivki niso okušali grenke snovi. Med okuševalci grenkega jih je 31 oz. 31 % menilo, da je grenivka zelo grenka. Med temi je bil enak delež učencev in učenk (16 učencev, 15 učenk). Večji delež (69 %) je tistih, ki so bili mnenja, da je grenivka srednje grenka, in sicer je nekoliko večji delež učencev (38 oz. 55,1 %), učenske so v manjšini (31 oz. 44,9 %).

#### 4. 1. 2 Čokolada

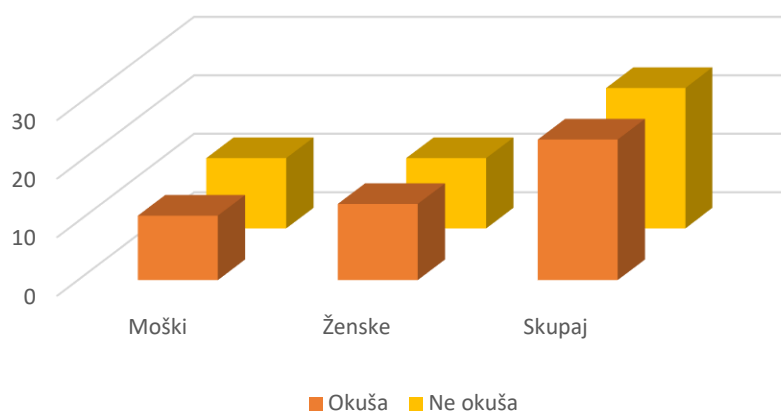


Graf 10: Sodelujoči učenci po razredih

Iz grafa je razvidno, da je v raziskavi sodelovalo 124 učencev od 1. do 9. razreda. To predstavlja 77 % vseh učencev šole. Od sodelujočih je bilo 66 učencev in 58 učenk. Če pogledamo po razredih, je bil največji delež sodelujočih v 2. razredu (95 %). Razred z najnižjim deležem sodelujočih je bil 7. razred, kjer je sodelovalo 38,1 % učenk in učencev.



Graf 11: Okušanje – 1. triada



Graf 12: Okušanje po spolu – 1. triada

V prvem razredu je v raziskavi sodelovalo 14 učencev in učenk. Rezultati so pokazali, da je 21,4 % prvošolcev v čokoladi okušalo grenko snov, od tega je bil 1 učenec in 2 učenki. Preostalih 78,6 % pa ni zaznalo grenkobe, in sicer 3 učenke in 8 učencev.

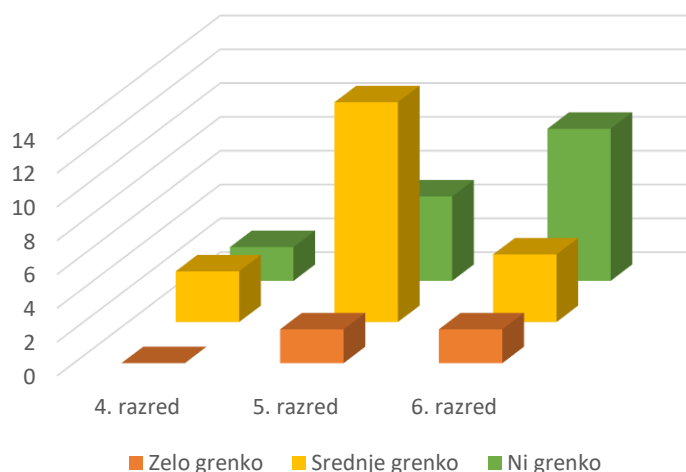
Izmed sodelujočih, ki so zaznali grenko v čokoladi, ni bilo nobenega prvošolca, ki bi to zelo zaznal, vsi ostali (1 učenec, 2 učenki) pa so bili mnenja, da je čokolada srednje grenka.

19 drugošolcev je sodelovalo v raziskavi in kot je razvidno iz grafa, je bilo 13 (6 učencev, 7 učenk) oz. 68,4 % tistih, ki so okus čokolade opredelili kot grenak. 2 učenca in 4 učenke grenkega okusa v čokoladi niso zaznali.

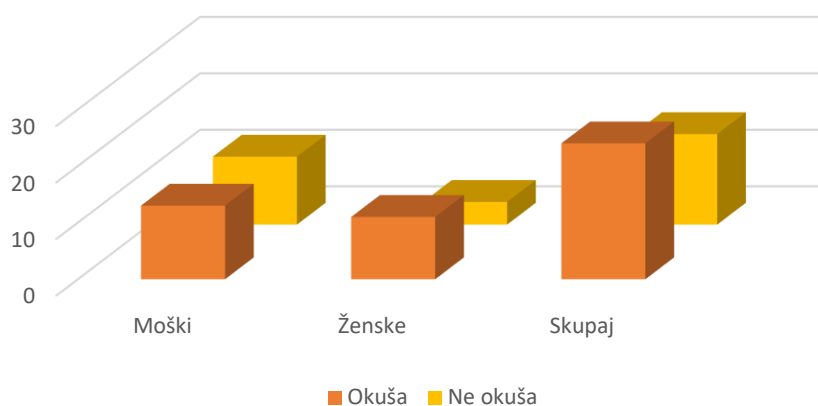
Izmed drugošolcev, ki so okušali grenko snov, jih je 23,1 % to zaznalo zelo intenzivno (3 učenci), 76,9 % vključenih pa je omenjalo srednje grenak okus (3 učenci, 7 učenk).

15 učencev tretjega razreda je sodelovalo v raziskavi in izkazalo se je, da jih 53,3 % okuša grenko snov v čokoladi (4 učenci in 4 učenke). 5 učenk in 2 učenca grenkega okusa niso zaznali (46,7%).

1 učenec in 1 učenka sta izpostavila zelo grenak okus čokolade (25 %), medtem ko so 3 učenci in 3 učenke (75 %) bili mnenja, da je okus srednje grenak.



Graf 13: Okušanje – 2. triada



Graf 14: Okušanje po spolu – 2. triada

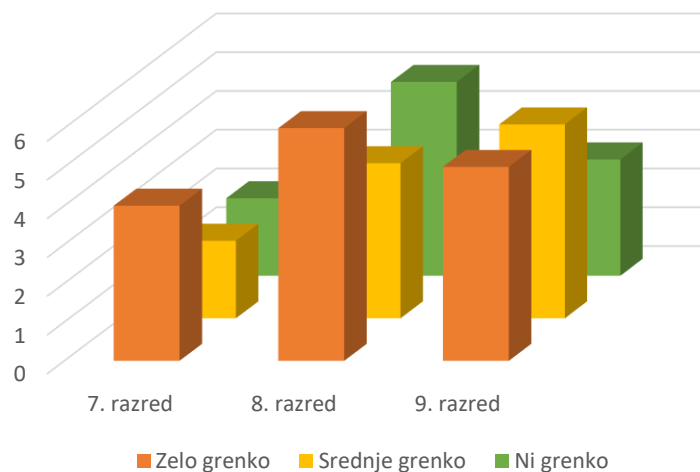
Pri petih četrtošolcih, ki so sodelovali v raziskavi, je le-ta pokazala, da jih 60 % (1 učenec in 2 učenci) zaznava grenko snov v čokoladi. 1 učenka in 1 učenec sta bila mnenja, da čokolada ni grenka.

Iz grafa je razvidno, da so vsi četrtošolci, ki so okušali grenko, le-to okušali kot srednje grenko. Iz 5. razreda je v raziskavi sodelovalo 20 učencev. Raziskava je pokazala, da je 75 % sodelujočih učencev (9 učencev, 6 učenk) opredelilo čokolado kot grenko.

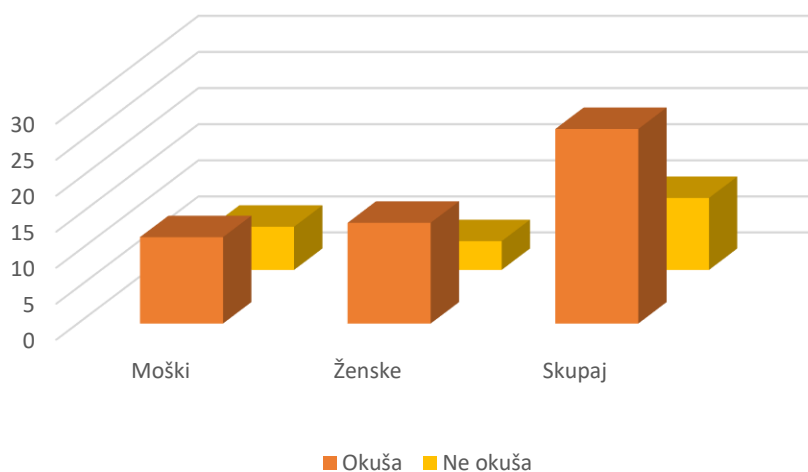
13,3 % jih meni, da je snov v čokoladi zelo grenka (1 učenec, 1 učenka), ostali sodelujoči (86,7 %) pa so grenkobo okušali s srednjo intenziteto (8 učencev, 5 učenk).

V 6. razredu je v raziskavi sodelovalo 15 učencev in učenk. 6 sodelujočih ali 40 % (3 učenci in 3 učenske) jih je v čokoladi zaznalo grenko snov, preostalih 60 % (7 učencev in 2 učenci) pa grenkobe ni zaznalo.

Iz grafa je razvidno, da je večina okuševalcev grenkega (66,7 % oz. 3 učenci in 1 učenka) le-to okuša s srednjo intenziteto. Preostanek šestošolcev (33,3 % oz. 2 učenca) pa menil, da je čokolada zelo grenka.



Graf 15: Okušanje – 3. triada



Graf 16: Okušanje po spolu – 3. triada

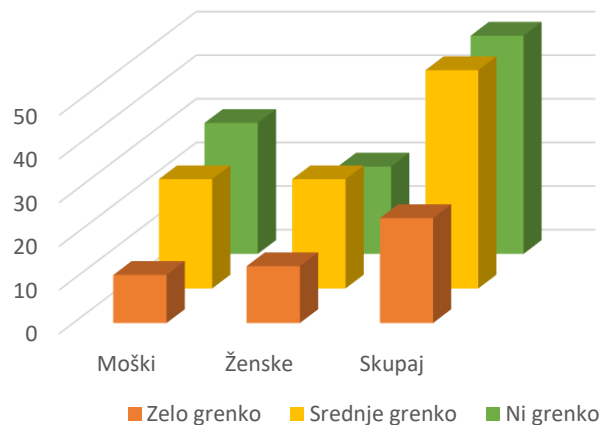
Iz grafa je razvidno, da je večina sodelujočih sedmošolcev (75 % oz. 3 učenci in 3 učenke) zaznalo grenko snov v čokoladi. Od teh okuševalcev je grenko snov opredelilo kot zelo grenko 66,7 % (2 učenca in 2 učenki), 1 učenec in 1 učenka (33,3 %) pa so bili mnenja, da je čokolada srednje grenka. 2 učenca v čokoladi nista zaznala grenke snovi.

Rezultati raziskave pri osmošolcih so pokazali, da večina učencev (66,7 % oz. 4 učenci in 6 učenk) zaznava grenko v čokoladi. 5 osmošolcev (33,3 %) pri zaužitju čokolade ni zaznala grenkega okusa.

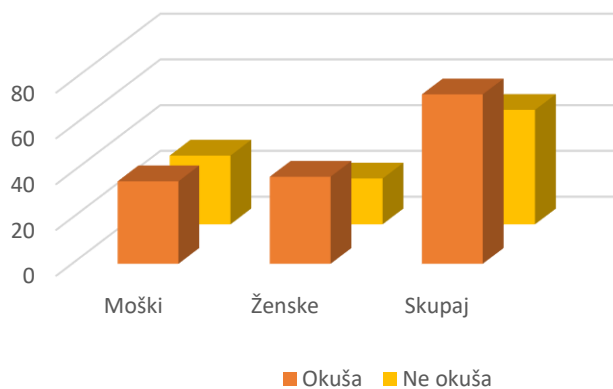
Sodelovalo je 15 osmošolcev. Izmed osmošolcev, ki so okusili grenko snov, je bilo 60 % (4 učenke, 2 učenca) tistih, ki so zaznali snov kot zelo grenko, 40 % (2 učenca, 2 učenki) pa je ocenilo, da je srednje grenka.

Med trinajstimi devetošolci jih je 10 zaznalo grenko snov v čokoladi. To predstavlja 76,9 % delež. Rezultati so pokazali, da sta 2 učenca in 3 učenke (50 %) okušali zelo grenak okus, 3 učenci in 2 učenki (50 %) pa srednje grenak okus čokolade.

Iz grafa je razvidno, da 3 sodelujoči učenci (1 učenec in 2 učenki oz. 23,1 %) v čokoladi ni okušalo grenke snovi.



Graf 17: Okušanje – skupno



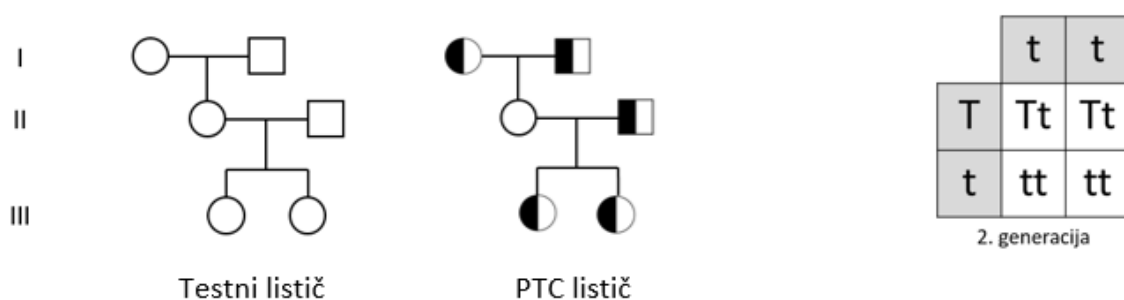
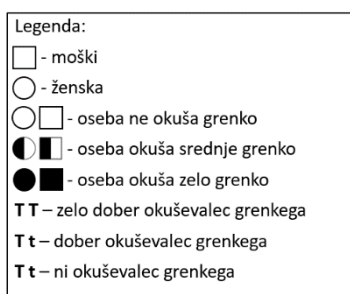
Graf 18: Okušanje po spolu – skupno

Zadnji graf prikazuje rezultate vseh učencev šole, ki so sodelovali v raziskavi. Razvidno je, da je 74 učencev oz. 59,7 % okušalo grenko snov v čokoladi. Od teh je bilo 36 učencev in 38 učenk. Preostanek učencev (40,3 % oz. 30 učencev in 20 učenk) pa v čokoladi ni okušalo grenke snovi. Med okuševalci grenkega jih je 24 oz. 32,4 % menilo, da je čokolada zelo grenka. Med temi je bil približno enak delež učencev in učenk (11 učencev, 13 učenk). Večji delež (67,6 %) je tistih, ki so bili mnenja, da je čokolada srednje grenka, kjer je enak delež učencev (15) in učenk (15). 40,3 % oz. 50 osnovnošolcev (30 učencev in 20 učenk) v ponujeni čokoladi ni zaznalo grenke snovi.



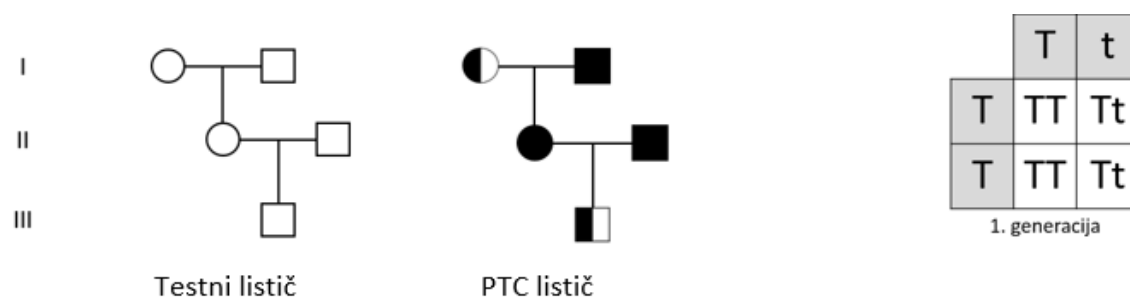
## 4.2 Družine

### 4.2.1 PTC lističi



Slika 15: Družina A

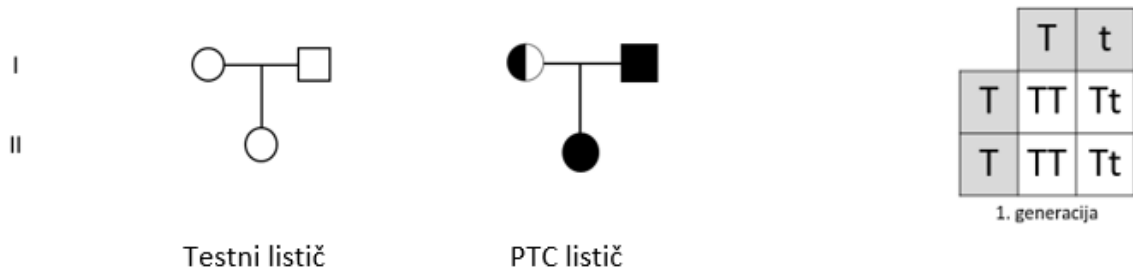
Iz rodovnikov družine A je razvidno, da večina okuševalcev PTC okuša s srednjo intenziteto, kar pomeni, da ima vsak en alel za kemoreceptorje na jeziku, ki so občutljivi na feniltiokarbamid. Ni razlike med moškimi in ženskami. Punnettov kvadrat prikazuje genotip očeta in mame iz druge generacije ter možne genotipe njihovih otrok, kar se je pokazalo tudi v raziskavi in je razvidno iz rodovnika.



Slika 16: Družina B

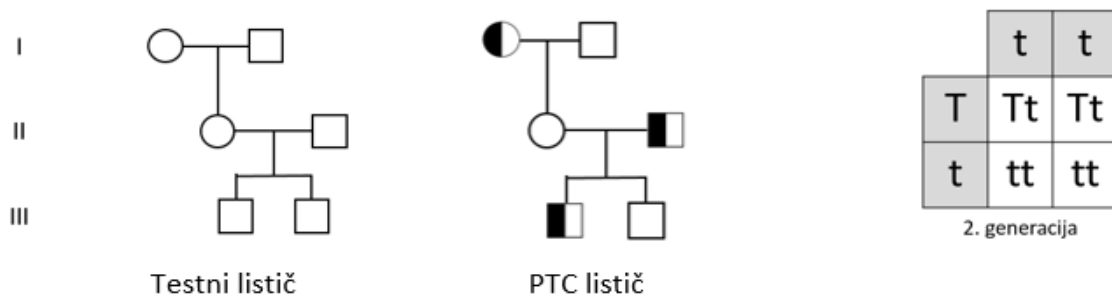
Člani družine B so dobri in zelo dobri okuševalci PTC. Med moškimi in ženskami ni razlike. Punnettov kvadrat prikazuje genotipe očeta in mame iz prve generacije ter možne genotipe njihovih otrok, ki so v vsakem primeru okuševalci feniltiokarbamida. Med njimi je njuna hčerka, ki ima dva alela za grenko. Glede na to, da sta oba starša druge generacije homozigota za

okušanje PTC, je nenavadno, da je njun sin heterozigot. Vzrok za to je lahko subjektivnost okuševalca (staršev ali otrok).



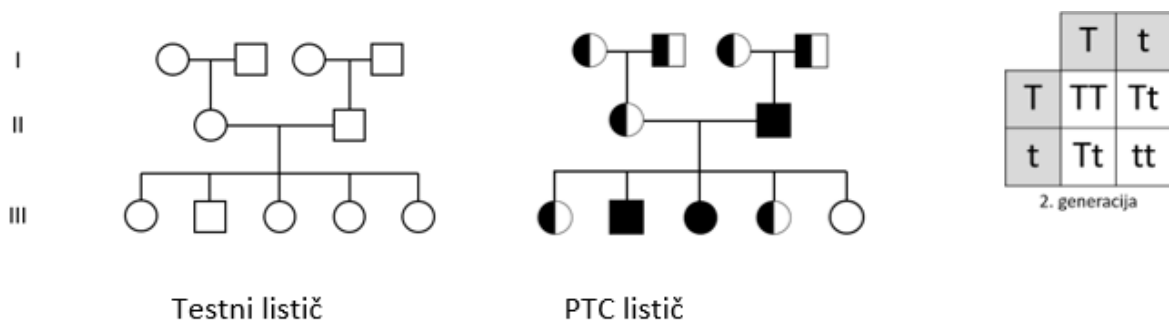
Slika 17: Družina C

Raziskava je pokazala, da so vsi trije člani družine C okuševalci feniltiokarbamida. Tudi iz Punnettovega kvadrata je razvidno, katere genotipe imajo lahko otroci homozigotnega in heterozigotnega starša.



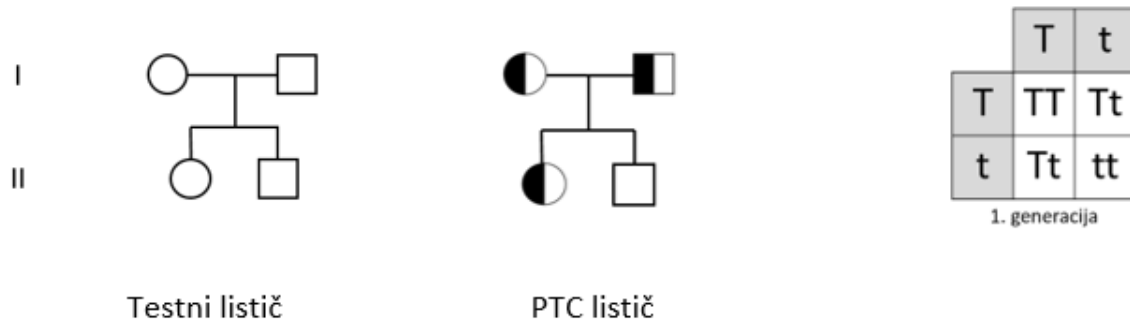
Slika 18: Družina D

Družino D sestavljajo tri generacije. Rezultati raziskave so pokazali, da so člani te družine slabši okuševalci PTC. Polovico članov grenkega okusa snovi ni zaznalo, ostala polovica pa ga je zaznala s srednjo intenziteto. Podoben rezultat nakazuje tudi Punnettov kvadrat, kjer so v enakem razmerju razporejeni heterozigoti z enim alelom za okušanje grenkega in homozigoti brez alelov za kemoreceptorje, ki so na jeziku občutljivi na grenko snov.



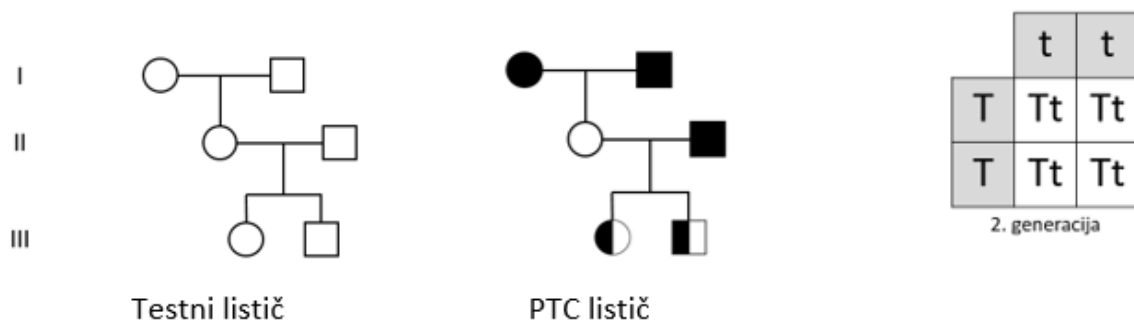
Slika 19: Družina E

Družina E je sestavljena iz dveh vej, pri čemer je iz rodovnika razvidno, da jih ima večina vsaj en alel za okušanje grenkega okusa. Več je srednjih okuševalcev kot okuševalcev, ki zelo okušajo grenko snov PTC. Punnettov kvadrat dokazuje, da imata starša, ki sta heterozigota potomce vseh možnih genotipov.



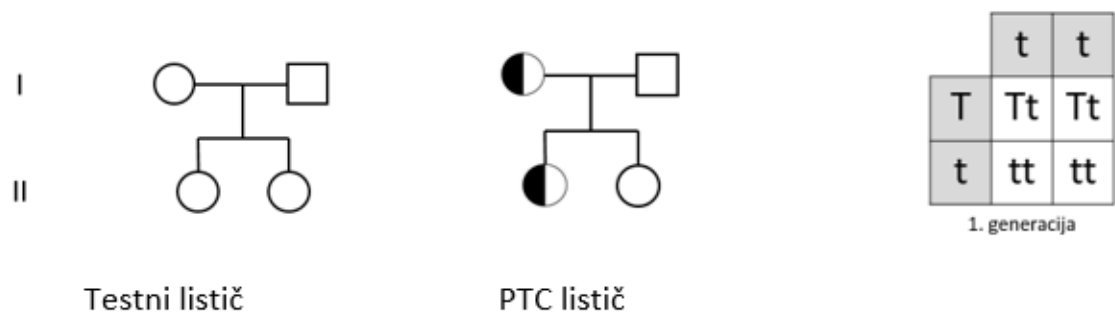
Slika 20: Družina F

V raziskavi so sodelovali štiri člani družine F. Trije člani so srednje okušali PTC, en pa tega okusa ni zaznal. Ker imata starša en alel za kemoreceptorje, ki so na jeziku zadolženi za okušanje grenke snovi, imajo njihovi otroci lahko vse možnosti (dva alela, en alel ali so brez alela).



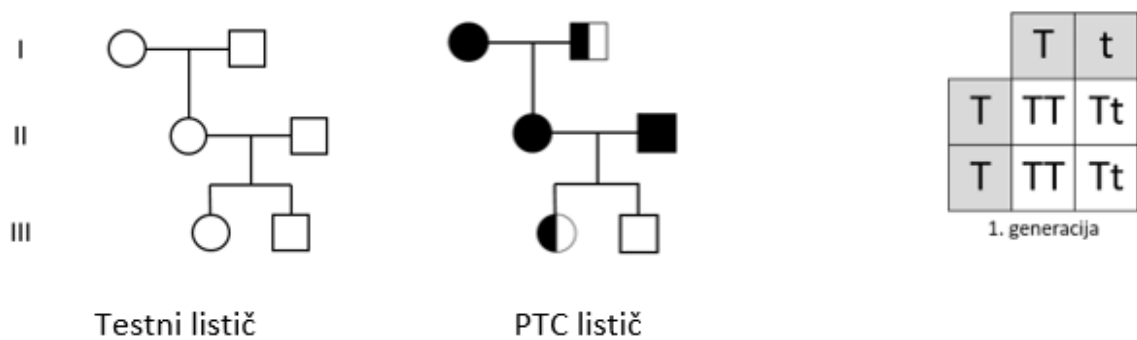
Slika 21: Družina G

V družini G so raziskave pokazale, da večina okuša grenak feniltiokarbamid. Ni posebne razlike med moškimi in ženskami. Ženska v drugi generaciji je glede na homozigotne starše, ki zelo okušajo grenko snov, homozigot brez alelov za okušanje. To je nemogoče, saj imajo lahko samo zgoraj omenjeni starši otroka z obema aleloma za grenko. Vzrok za prikazan rezultat je verjetno subjektivne narave. Iz Punnettovega kvadrata pa je razvidno, da imata lahko starša iz druge generacije otroke, ki izključno okušajo PTC kot srednje grenko snov.



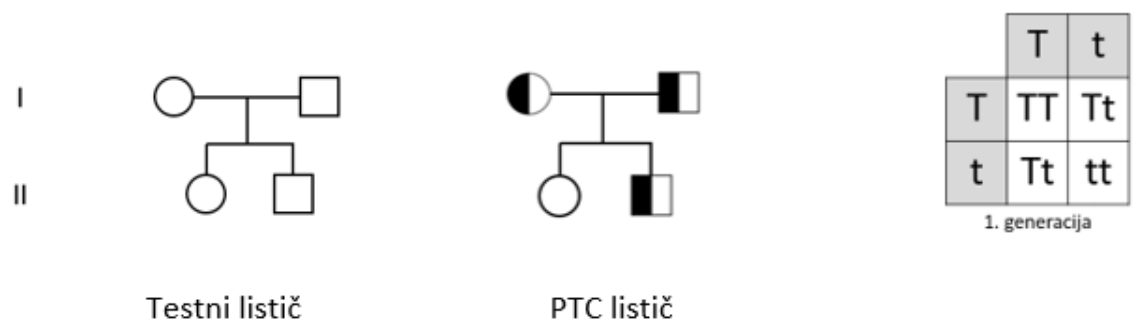
Slika 22: Družina H

V štiričlanski družini H sta dva člana okuševalca PTC (srednje grenko) in imata po en alel za okušalne kemoreceptorje grenkega okusa. Dva člana sta brez alelov za okušanje grenke snovi. Ta rezultat dokazuje tudi Punnettov kvadrat, kjer imata starša z omenjenima genotipoma otroke, katerih genotipi so enaki njunima.



Slika 23: Družina I

Raziskave so v družini I pokazale, da je večina zelo dobrih okuševalcev PTC. Starša iz prve generacije imata hčerko, ki je tudi glede na Punnettov kvadrat, homozigot in zelo dobro okuša grenko snov. Ker ima tudi njen partner enak genotip, je nemogoče, da bi imeli otroci samo en alel za okušanje grenkega ali da bi bili brez alelov. Do razhajanj je verjetno prišlo zaradi subjektivnih vzrokov.



Slika 24: Družina J

V družini J je večina članov okuševalcev grenkega PTC. Oba starša imata po en alel za kemoreceptorje in kot je iz Punnettovega kvadrata tudi razvidno, imajo lahko njihovi otroci vse možne genotipe, kar je tudi razvidno iz rodovnika.

## 5. RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK

### **H1: Več kot 80 % učencev, ki so sodelovali v eksperimentu, okuša grenko snov v čokoladi.**

HIPOTEZA JE OVRŽENA.

V eksperimentu so rezultati pokazali, da je dobra polovica (59,7 %) sodelujočih osnovnošolcev v čokoladi okusila grenko snov. Razlika v deležu učencev in učenek je bila manjša od treh odstotkov. Tudi v tem primeru (kot pri grenivki), je bilo občutneje več (67,6 %) tistih, ki so grenko snov (v tem primeru teobromin), okušali kot srednje grenko.

Menimo, da je prišlo do tako nizkega odstotka učencev, ki okušajo grenko snov zaradi tega, ker imajo otroci čokolado zelo radi, kljub temu, da so tiste z večjo vsebnostjo kakava in s tem tudi grenkega teobromina, bolj grenke. Čokolado vedno tudi uvrščamo med sladka živila.

### **H2: Več kot 80 % učencev, ki so sodelovali v eksperimentu, okuša grenko snov v grenivki.**

HIPOTEZA JE POTRJENA.

V raziskavi smo ugotovili, da 82 % sodelujočih osnovnošolcev okusi grenko snov v grenivki. Od teh je nekoliko več učencev (54 %) in nekoliko manj učenek (46 %). Če pogledamo samo okuševalce, so v manjšini tisti (31 %), ki okušajo snov kot zelo grenko, večina (69 %) jih namreč okuša naringin srednje grenko.

Grenivka pa je sadež, ki ga učenci slabše poznajo in so že zaradi tega bolj pozorni na njegov okus. Tudi ime, ki nakazuje na grenkobo, lahko vpliva na okušanje.

### **H3: Učenci bolj okušajo grenko snov v čokoladi kot v grenivki.**

HIPOTEZA JE OVRŽENA.

Ugotovili smo, da učenci občutneje bolj okušajo grenak naringin v grenivki, kot grenak teobromin v čokoladi. Delež prvih je bil 82 %, delež drugih pa 59,7 %.

Vzrok za veliko razliko bi lahko bil ta, da učenci radi jejo čokolado in jih grenčina pri tem sploh ne moti. Čokolada je tudi v vsakdanjem življenju predstavljena kot sladko živilo, grenivka pa, kot nakazuje že poimenovanje, kot grenko živilo.

### **H4: Mlajši učenci bolj okušajo grenko snov v čokoladi kot starejši učenci.**

HIPOTEZA JE OVRŽENA.

Raziskava je pokazala da mlajši učenci (učenci razredne stopnje oz. učenci od 1. do 5. razreda), manj zaznajo grenko snov v čokoladi (v povprečju 55,6 % sodelujočih) kot učenci predmetne stopnje (od 6. do 9. razreda), ki grenko zaznavajo v 64,7 %.

Menimo, da bi vzrok za takšen rezultat lahko bil v tem, da mlajši učenci še nimajo dovolj dobro razvitega okusa. Pri svoji starosti so se srečali z manj živili, ki so grenka, zato so mogoče na ta okus manj pozorni ali pa ga ne prepoznajo takoj. Menimo tudi, da bi ga lahko zamenjali za kateri drugi okus, npr. kisel. Verjetno pa mlajši otroci poznajo čokolado predvsem kot sladko živilo in je ne povezujejo z grenkobo.

Na osnovi rezultatov tudi sklepamo, da imajo starejši učenci že več izkušenj z različnimi okusi in grenak okus lažje definirajo.

#### **H5: Spol ne vpliva na zaznavanje grenke snovi v čokoladi in grenivki.**

HIPOTEZA JE POTRJENA.

Izmed sodelujočih učencev, ki zaznajo grenkobo čokolade je 52,3 % učenk in 47,7 % učencev. Razlika med spoloma je tako majhna, da ne moremo trditi, da spol vpliva na zaznavanje grenkega okusa. Podobno majhna razlika je med spoloma pri učencih, ki s srednjo intenziteto zaznavajo teobromin, in sicer je 50,8 % učenk in 49,2 % učencev. Velika razlika med spoloma se je pokazala le pri zelo intenzivnem okušanju teobromina v čokoladi, kjer ga učenci občutneje bolj zaznajo (73 %) kot učenke (27 %).

Ko smo preučili rezultate vpliva spola na okušanje naringina, ki daje grenivki grenak okus, smo ugotovili, da 47,8 % učenk in 52,2 % učencev to snov v grenivki zazna. Razlika je majhna, tako, da ne moremo trditi, da spol vpliva na prisotnost kemoreceptorjev za zaznavanje naringina. Nekoliko večja je razlika med spoloma glede intenzitete okušanja. V obeh primerih (zelo grenko in srednje grenko) je učencev za približno 20 % več. Tudi v tem primeru razlika ni zelo velika, ker moramo upoštevati, da je med vsemi sodelujočimi učenci šole nekoliko več učencev.

#### **H6: V družinah se okušanje PTC deduje.**

HIPOTEZA JE POTRJENA.

Izmed 10 družin, iz katerih je v raziskavi sodelovalo 55 oseb (25 moških in 30 žensk), smo pri 7 družinah ugotovili in s Punnettovim kvadratom dokazali, da se aleli za kemoreceptorje, ki so občutljivi na PTC, dedujejo. V treh družinah je prišlo do delnih odstopanj (v eni generaciji). Sklepamo, da bi lahko do tega prišlo zaradi subjektivnih vzrokov. V raziskavi so sodelovale tudi starejše osebe, pri katerih bi lahko bilo zaradi starosti ali določenih zdravil, moteno okušanje. Menimo tudi, da je meja med zelo grenkim in srednje grenkim okušanjem feniltiokarbamida zelo tanka in verjetno nekateri zelo težko določijo eno ali drugo.

Naše mnenje je, da je število družin, kjer je dokazano, da se okušanje PTC deduje, dovolj veliko, da hipotezo potrdimo.

Človeku so čutila že od njegovega evolucijskega začetka predstavljala izrodno pomemben stik z naravo. Z njihovo pomočjo se je orientiral, lovil, iskal hrano, se prehranjeval in še mnogo drugega. Ko je iskal nove vire hrane, je bil okus (poleg vida in voha) najpomembnejši čut, s katerim so ločili dobro hrano od slabe, okusno od neokusne, predvsem pa užitno od neužitne. Neprijeten okus (tudi grenak) je bil pogosto znak neokusne ali celo neužitne hrane.

Tudi danes je hrana sladkega okusa najbolj priljubljena, predvsem pri otrocih, kar opažamo tudi v šoli. Slan okus hrane ljudem (tudi šolskim otrokom) ne dela težav. Opažamo, da osnovnošolci ne marajo preveč kislega okusa, kar pa je pogojeno tudi z vrsto kisle hrane. Hrana grenkega okusa pa je najbolj nezaželena. Vzrok za to bi lahko bil evolucijsko pogojen, saj so grenkobo ponavadi povezovali s strupenimi in neužitnimi snovmi.

Nekatere grenke snovi za zdravje niso prav nič škodljive (lahko so tudi koristne). V tem primeru bi bilo smiselno, da se jih doda živilom, ki so v prehrani priljubljena. Takšen primer je čokolada.

Ugotovili smo, da:

- učenci šole bolj okušajo grenki naringin v grenivki, kot grenki teobromin v čokoladi,
- več učencev šole okuša kot ne okuša grenko snov,
- izmed okuševalcev grenkega je več učencev, ki grenkobo okušajo kot srednje grenko v primerjavi s tistimi, ki okušajo zelo grenko,
- starejši učenci bolj okušajo grenko snov v čokoladi, mlajši učenci pa bolj okušajo grenko snov v grenivki,
- približno enak delež učenk in učencev šole okuša grenak okus čokolade in grenivke,
- se sposobnost okušanja grenkega feniltiokarbamida deduje.

V nadaljnjih raziskavah bi bilo treba:

- podrobneje raziskati, ali okušanje oz. neokušanje grenkih snovi v hrani vpliva na prehrano (izbirčnost, odklanjanje določene vrste hrane ...),
- ugotoviti, v katerih živilih super okuševalci zaznavajo grenke snovi,
- preiskati, ali se grenka snov ohrani ob spremeniitvi dejavnikov (temperatura, vlaga, ipd.),
- ugotoviti, ali je količina grenke snovi v hrani dejavnik, ki vpliva na okus osebe,
- ugotoviti, kako vpliva okušanje drugih okusov (sladko, kislo, slano ...) na zaznavanje grenke snovi,
- raziskati okušanje teobromina v čokoladah z različno količino kakava,
- raziskati okušanje teobromina v čokoladah z enako vsebnostjo kakav različnih proizvajalcev,
- primerjati okušanje naringina v grenivki z rumenim, rožnatim in rdečim mesom.

## 6. LITERATURA

Boron, W. F., Boulpaep, E. L. 2012. Medical Physiology. A cellular and Molecular Approach. Chapter 15. Sensory transduction. USA

Bryson, B. 2021. Človeško telo: Vodnik za stanovalce, Ljubljana. Mladinska knjiga

Košiček, R. 2016. Fiziologija. Ljubljana. Medicinska fakulteta UL

Meredith, S. 2010. Izostrite čute. Ljubljana. Mladinska knjiga

Plut, Š. 2014. Anatomija in fiziologija človeka. Ljubljana. DZS

Dark Chocolate. 2023. Povzeto 9. 2. 2023 na spletni strani

<https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/food-features/dark-chocolate/>

Določanje teobromina. 2023. Povzeto 9. 2. 2023 na spletni strani

<https://www.laboratuvar.com/sl/gida-analizleri/kimyasal-analizler/teobromin-miktari-tayini-hplc>

Enzymatic Debittering on Antioxidant Capacity of Grapefruit Juice. 2014. Povzeto 30. 3. 2023

na spletni strani <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/naringinase>

Genetika. 2021. Povzeto 8. 2. 2023 na spletni strani

<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=21609>

Grenčine. 2021. Povzeto 7. 2. 2023 na spletni strani <https://www.mojfarmacevt.si/grencine/>

Heradity. 2022. Povzeto 8. 2. 2023 na spletni strani

<https://www.britannica.com/science/heredity-genetics>

Osnove dedovanja. 2018. Povzeto 8. 2. 2023 na spletni strani

[https://folio.rokus-klett.si/?credit=BIO9UC\\_2izd&pages=34-35](https://folio.rokus-klett.si/?credit=BIO9UC_2izd&pages=34-35)

PTC The Genetics of Bitter Taste. 2016. Povzeto 10. 2. 2023 na spletni strani

<https://learn.genetics.utah.edu/content/basics/ptc>

PTC Taste Test Paper. Povzeto 9. 2. 2023 na spletni strani

<https://www.preclaboratories.com/product/ptc-taste-test-paper/>

Senzorično zaznavanje. 2011. Povzeto 7. 2. na spletni strani

[https://studentski.net/gradivo/ulj\\_btf\\_zp1\\_snm\\_sno\\_senzoricno\\_zaznavanje\\_01](https://studentski.net/gradivo/ulj_btf_zp1_snm_sno_senzoricno_zaznavanje_01)



Taste Bud. 2016. Povzeto 7. 2. 2023 na spletni strani

<https://www.britannica.com/science/taste-bud>

The key to really good chocolate is not any single ingredient—it's chemistry. 2015. Povzeto

9. 2. 2023 na spletni strani <https://www-science-org-au.translate.goog/curious/everything-else/chocolate? x tr sl=en& x tr tl=sl& x tr %20hl=sl& x tr pto=sc>

Zakaj je grenivka grenkega okusa, če je hkrati lahko tudi sladka?. 2019. Povzeto 8. 2. 2023 na spletni strani

<https://www.bic-lj.si/novice/zakaj-je-grenivka-grenkega-okusa-ce-je-hkrati-lahko-tudi-sladka>