



Zbornik radova Državnog turnira mladih prirodoslovaca 2017.



Voditelj Hrvatskog tima

Danko Marušić

Donatori i sponzori

comping

LET IT BE PERFECT

EXPORTDRVO

FER
UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF
ELECTRICAL
ENGINEERING
AND COMPUTING



KARLOVAC

Grad Slatina



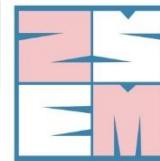
KAROLINA ŠIMEK MATO OSTOJIĆ

RAVEL Projektiranje
Nadzor
Gradjenje

Sedam IT



XV. GIMNAZIJA ZAGREB



zagrebačka
škola ekonomije
i managementa
zagreb school
of economics
and management



Meridijani
Izdavačka kuća



Mozaik knjiga **Školska knjiga**

Slike

sudionici IYNT 2016. te IYNT 2017.

Zbornik izradili

Dunja Vesinger, Domagoj Pluščec i Una Pale

Kolovoz 2017., Zagreb

SADRŽAJ

O TURNIRU MLADIH PRIRODOSLOVACA	2
INTERNATIONAL YOUNG NATURALISTS' TOURNAMENT	2
HRVATSKI DRŽAVNI TURNIR MLADIH PRIRODOSLOVACA (DTMP)	4
TURNIR MLADIH PRIRODOSLOVACA 2017.	8
PROBLEMI ZA IYNT 2017.	8
VREMENIK NATJECANJA 2017.....	11
RADOVI POZVANI NA DRŽAVNO NATJECANJE.....	13
POPIS UČENIKA I MENTORA POZVANIH NA DRŽAVNO NATJECANJE	13
RADOVI I UČENICI POZVANI NA DRŽAVNO NATJECANJE.....	14
Andrea Belamarić	14
Mateja Ostojić.....	26
Darian Sergo	38
Luka Mikšić	46
Elena Lukačević.....	55
Petra Banovec.....	64
Lucija Hartman.....	73
Borna Cesarec.....	94
Tomislav Novak.....	103
Ana Gudelj	109
Mihael Pristav	114
Livia Glavinović	126
Mila Pivac.....	145
Lara Resman	156
Helena Vulić.....	172
Luka Bulić Bračulj.....	179
Luna Zetaić.....	187
Emma Čović	199
Angeline Kišić	212

Sven Barac	224
RADOVI POSLANI ZA OBJAVU U ZBORNIKU	237
POPIS RADOVA POSLANYIH ZA ZBORNIK	237
UČENICI I RADOVI POSLANI ZA OBJAVU U ZBORNIKU	238
Petrica Mavrinac	238
Mara Paravić.....	249
Marta Modrušan.....	257
Andrej Todić.....	264
Marin Belamarić	274
Vilim Pavlović.....	283
Lana Klobas	294
MEĐUNARODNO NATJECANJE NANJING, KINA.....	302
IZVJEŠTAJ IZ KINE	302
ZAHVALE.....	306
ZAHVALE RECENZENTIMA	306
ZAHVALE SPONZORIMA I DONATORIMA	307
DONACIJE U PROIZVODIMA.....	307
NOVČANE DONACIJE	308



O turniru



INTERNATIONAL YOUNG NATURALISTS' TOURNAMENT

IYNT (International Young Naturalists' Tournament) je međunarodno natjecanje za učenike od 12 do 16 godina koji još nisu odabrali područje kojim se žele baviti, već su još uvijek vođeni znatiteljom posežu za znanjem iz svih područja znanosti. Ovo natjecanje traži znanje iz svih područja prirodnih znanosti i tehnike: biologije, kemije, fizike, informatike, tehnike i matematike.

Natjecanje je eksperimentalnog i istraživačkog karaktera. Zadano je 17 problema iz različitih područja i različitih zahtjevnosti, koje je potrebno proučiti, istražiti, razviti teorijski model koji opisuje promatrana pojavu, zatim napraviti aparaturu, provesti mjerena te na kraju usporediti rezultate mjerena s teorijskim modelom. Natjecanje se sastoji od perioda pripreme i rješavanja zadanih problema te prezentacije rješenja - takozvanih „znanstvenih borbi“.

IYNT problem nitko ne može rješiti unutar nekoliko sati ili unutar jednog dana, što ga čini potpuno drugačijim od ispita, svih ostalih natjecanja u rješavanju zadataka, ali i olimpijada. Problemi zahtijevaju upornost, eksperimentiranje, kritičko razmišljanje, učenje, pretraživanje literature, samostalno istraživanje i potpuno novi način suradnje učenika i profesora.

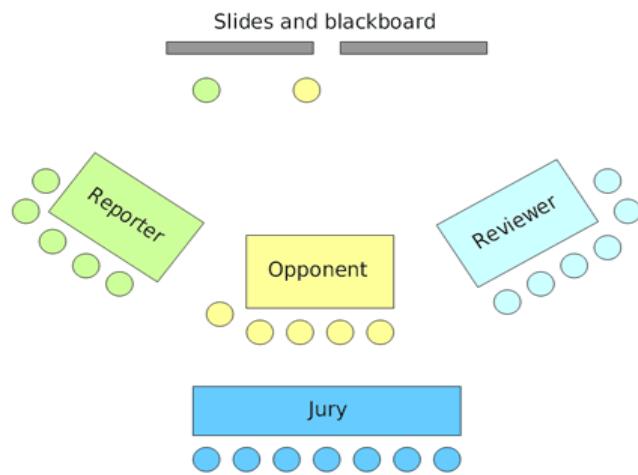
Sudjelovanje na natjecanju, a i same pripreme potiču kreativnost i dosjetljivost. Učenici rješavajući zadane probleme stječu osnovna, a i mnogo dublja znanja iz širokog spektra znanstvenih problema. Rješavajući probleme ulaze u svijet znanstvenika, svijet istraživača, promatrača, ali i onog koji stjecanjem znanja i iskustva mijenja svoj pogled na svijet.

Cilj IYNT-a je i razvijanje timskog duha tijekom rješavanja problema, ali i obrane vlastitih rješenja. Učenici nisu ograničeni načinom na koji trebaju rješiti pojedini problem, jer često ne postoji jedino točno rješenje. Dozvoljeno je tražiti pomoć prijatelja, profesora, roditelja itd.

Svaku državu predstavlja tim od 6 učenika koji su izabrani prethodnim seleksijskim postupkom. Nakon Državnog turnira formirana ekipa, uz pomoć organizatora, nastavlja raditi zajedno kako bi riješila sve probleme i kasnije prezentirala svoja rješenja na Međunarodnom turniru, koji se svake godine održava u drugoj državi sudionici.

Međunarodni turnir sastoji se „znanstvenih borbi“ u kojima sudjeluju tri tima iz različitih država. Svaki tim ima jednu od tri uloge u borbi: izlagatelj („reporter“), osporavatelj („opponent“) i kritičar („reviewer“, daje osvrt na borbu). Uloge se tokom jedne borbe ciklički rotiraju kako bi svaki tim odradio sve tri uloge. Oponentski tim izaziva tim koji izlaže sa određenim problemom. Tim koji izlaže prezentira svoje rješenje odabranog problema unutar 8 min. Oponentski tim ima ulogu kritički razmotriti predloženo rješenje te zatim razviti znanstvenu raspravu o ponuđenom

rješenju. Tim koji daje osvrt objektivno sagledava cijelu borbu te na kraju donosi pregled cjelokupne borbe.



Borba se odvija ispred žirija koji se sastoji od znanstvenika i profesora koji svaki tim ocjenjuju u svakoj od navedene tri uloge. Na kraju se ukupni bodovi zbrajaju te se odlučuje od pobjedniku borbe. Svaka od tri rotacije traje oko 50 min. Tijekom cijelog turnira odvije se oko 5 borbi, a bodovi iz svih borbi se pribrajaju. Najbolja 3 tima u finalu natjecanja izlažu svoje najbolje probleme pred svim ostalim timovima.

HRVATSKI DRŽAVNI TURNIR MLADIH PRIRODOSLOVACA (DTMP)

Hrvatski turnir mladih prirodoslovaca je pojedinačno državno natjecanje učenika dobi od 12 do 16 godina u znanju iz svih područja prirodnih i tehničkih znanosti, a to su: fizika, kemija, biologija, tehnika i informatika. Na Turniru učenici pokazuju sposobnost rješavanja složenih unaprijed zadanih prirodoslovnih problema te prezentacije rješenja kroz raspravu. Problemi su otvoreni, povezani s pojavama iz svakodnevnog okruženja, često bez poznatog konačnog rješenja. Cjeloviti pristup rješavanju problema uključuje osmišljavanje i izvođenje pokusa, teorijsko modeliranje i usporedbu rezultata modela i pokusa.

Početkom kalendarske godine učenici izabiru jedan od 17 unaprijed zadanih zadataka (zadaci Međunarodnog turnira mladih prirodoslovaca - IYNT) i rade na njemu. Do zadanog roka učenici šalju izvješće u obliku seminarinskog rada (4-6 stranica) popraćeno fotografijama ili video snimkama pokusa, ili drugim prilozima koji omogućuju bolji uvid u rezultate rada. Na temelju ocjena neovisnih ocjenjivača, učenici (do 18 učenika) se pozivaju na Hrvatski turnir mladih prirodoslovaca.

Tijek natjecanja na Turniru - prirodoslovne „borbe“

Na Hrvatskom turniru mladih prirodoslovaca svaki natjecatelj po unaprijed zadanom rasporedu prezentira svoje rješenje te o njemu raspravlja s oponentom pred žirijem koji ocjenjuje i autora i oponenta. Jedan ovakav ciklus naziva se borba i vremenski je strogo ograničen. Tijek jedne borbe može se podijeliti na šest cjelina:

1. izlagatelj izlaže rješenje – 8 minuta
2. oponent postavlja pitanja autoru – 2 minute
3. oponent se priprema za osvrt i raspravu – 2 minute
4. oponent daje osvrt na rješenje – 3 minute
5. autor i oponent raspravljaju – 5 minuta
6. pitanja žirija i za izvjestitelja i za oponenta – 5 minuta

Natjecatelji se ciklički izmjenjuju, dok svaki natjecatelj ne odradi ulogu i izlagatelja i oponenta.

Kako se radi o natjecanju s naglaskom na multidisciplinarnost, može se dogoditi da izlagatelj koji je radio na problemu iz jednog područja dobije zadatak oponirati problem iz drugog područja.

Prije početka borbi, natjecatelji rješavaju test sastavljen od konceptualnih pitanja iz područja fizike, kemije, biologije, tehnike i informatike.

Bodovanje

Ukupan broj bodova koji je moguće osvojiti na turniru iznosi 100. Bodovi su podijeljeni po sljedećem ključu:

1. 30% (30 bodova) - ocjena seminarskog rada

Tri recenzenta neovisno ocjenjuju radove ocjenom od 1 do 10. Ukupna ocjena svakog rada je zbroj ocjena sva tri recenzenta.

2. 20% (20 bodova) - ocjena testa znanja

3. 50% (50 bodova) - ukupna ocjena na turniru:

30% (30 bodova) - ocjena prezentacije vlastitog rješenja i rasprave s oponentom

20% (20 bodova) - ocjena oponiranja tuđeg rješenja

Članovi žirija ocjenjuju posebno autora rješenja i oponenta ocjenom od 1 do 10.

Srednja vrijednost najveće i najmanje ocjene se računa kao jedna ocjena. Zatim se računa prosječna ocjena za autora i oponenta. Prosječna ocjena od autora se množi s 3 dok se prosječna ocjena za oponenta množi s 2.

Temeljem ocjene seminarskih radova, prezentacije i oponiranja te bodova osvojenih na testu sastavlja se lista poretka natjecatelja.

Priznanja i nagrade

Na temelju konačne liste poretka dodjeljuju se priznanja za osvojeno 1., 2. i 3. mjesto.

Ekipa za međunarodni turnir mladih prirodoslovaca

Međunarodni turnir mladih prirodoslovaca za godinu 2017. se održava u Nanjingu, Kina, od 30. lipnja do 4. srpnja 2017. godine. Šesteročlana ekipa koja predstavlja Hrvatsku na Međunarodnom turniru mladih prirodoslovaca sastavlja se prema redoslijedu na listi poretka, uz ispunjavanje dodatnih uvjeta – znanje engleskog jezika, raspoloživo vrijeme za pripreme, sklonost timskom radu, rad na drugi zadacima itd.

Na Međunarodnom turniru mladih prirodoslovaca mogu sudjelovati učenici stari najmanje 12 godina, a najviše 16 godina. Učenici koji navrše 16 godina prije 15. svibnja 2017. ne mogu sudjelovati na Međunarodnom turniru.

Za odlazak na Međunarodni turnir, potreban je pismeni pristanak roditelja. Preporučamo da učenici već prilikom prijave upoznaju roditelje s detaljima ovoga natjecanja i najave mogućnost odlaska na Međunarodni turnir.

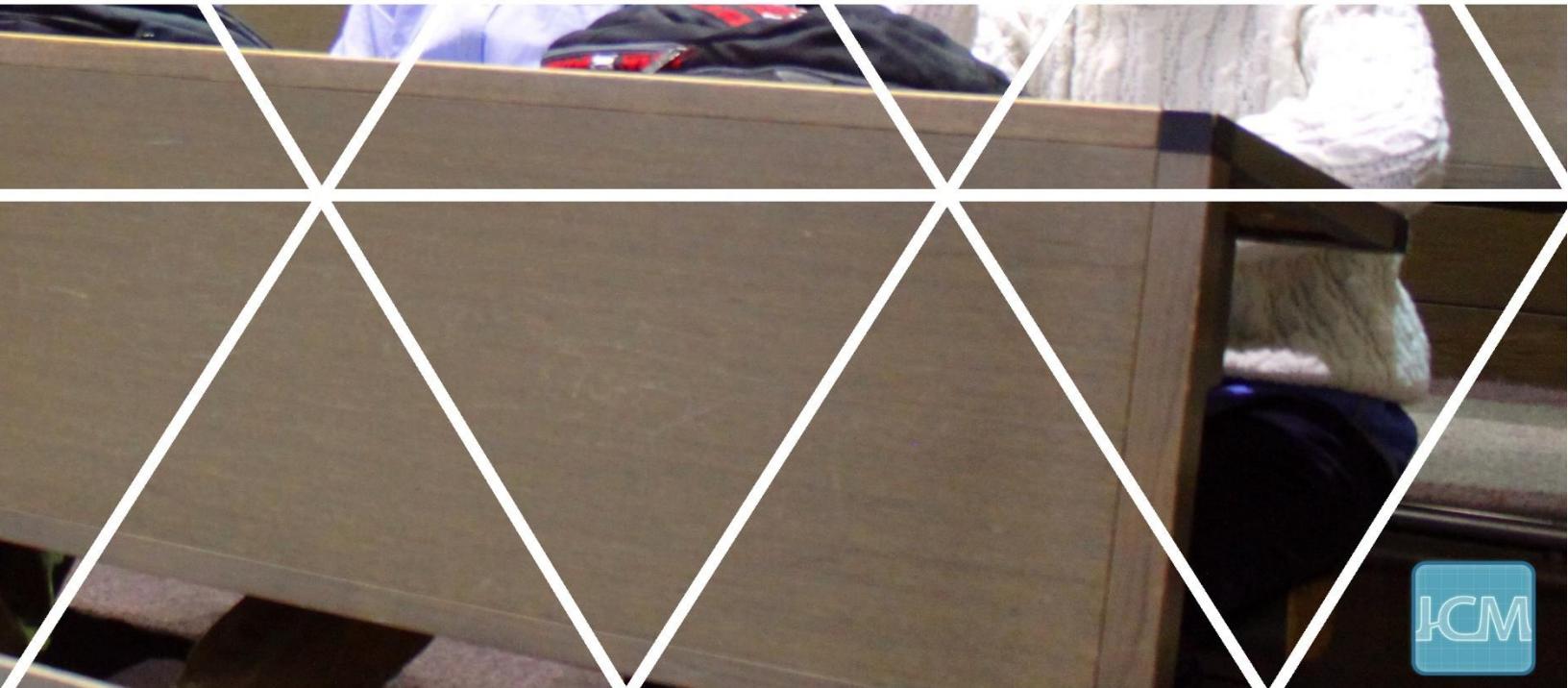
Organizator

Organizator Hrvatskog turnira mladih prirodoslovaca je Istraživački centar mladih (ICM). ICM organizira i sudjelovanje Hrvatske na Međunarodnom turniru mladih prirodoslovaca.

Sve informacije mogu se naći na internetskim stranicama www.iynt.icm.hr ili dobiti upitom elektroničkom poštom na adresu iynt@icm.hr Stojimo na raspolaganju svim zainteresiranim učenicima, roditeljima i mentorima.



Turnir mladih prirodoslovaca 2017.



PROBLEMI ZA IYNT 2017.

Ukoliko zaista vidim dalje od drugih ljudi, to je zbog toga što stojim na ramenima divova.

Isaac Newton

1. Izumi sam: Dobri pogodci

1906. Francis Galton promatrao je natjecanje gdje je 800 farmera pogađalo težinu životinje. Na njegovo iznenađenje, medijan pogodaka bio je unutar 0,8% stvarne izvagane težine. Kolika je vjerojatnost dobivanja tako dobrih poklapanja slučajno? Izaberite zanimljiv i važan parametar, izmjerite ga direktno i dajte grupi ljudi zadatku da pogode vrijednost parametra. Analizirajte i diskutirajte rezultate vašeg eksperimenta.

2. Izumi sam: „Time-lapse“ videi

Predložite vrlo spor fizikalni, biološki ili kemijski fenomen koji se može proučiti i predočiti korištenjem tehnike fotografiranja prolaska vremena (time-lapse). Proizvedite i prikažite takav video.

3. Izumi sam: Zakrivljena zrcala

Predložite i prikažite zanimljive eksperimente u kojima se velika konkavna zrcala mogu iskoristiti za zagrijavanje ili hlađenje različitih predmeta.

4. Izumi sam: Jezične barijere

Govornici srodnih, ali različitih jezika i dijalekata se ponekad mogu razumjeti bez prethodnog namjernog poučavanja. Predložite zanimljivo istraživanje takvog međusobnog razumijevanja. Istražite to eksperimentalno za dva jezika ili dijalekta po vašem izboru. Uvedite i odredite kvantitativne parametre.

5. Izumi sam: IYNT ocjene

Brojka do četiri tisuće ocjena koje su suci dali u znanstvenim borbama (SF) prethodna četiri natjecanja mogu otkriti svojstva i skrivene pravilnosti ocjenjivanja. Predložite zanimljivu hipotezu o sustavu ocjenjivanja i testirajte ju na pravim podacima proteklih IYNT natjecanja.

6. Jabuke

Zašto kriške jabuke posmeđe nakon rezanja? Istražite brzinu ovog procesa i testirajte metode za sprječavanje ove pojave.

7. Rast kroz asfalt

Može li mala biljka izrasti ravno kroz beton ili asfalt?

8. Tonik voda na UV svjetlu

„Tonik voda“ svijetli sjajno kada se izloži ultraljubičastoj crnoj žarulji. Međutim, lako je „ugasiti“ taj sjaj dodavanjem soli. Istražite tu pojavu. Koje druge učestalo upotrebljavane supstance sjaje pod UV svjetlom i kako se sve može utjecati na njihov sjaj?

9. Proizvodnja soli

Isparavanje morske vode na suncu ili kopanje rude soli su uobičajene metode dobivanja kuhinjske soli (NaCl). Predložite metodu za izdvajanje soli iz prirodnog izvora i odredite proizvodni kapacitet vaše metode i čistotu proizvoda. Prikažite količinu soli koja se može proizvesti vašom metodom.

10. Rijke-ova cijev

Ako zagrijavamo zrak u vertikalnoj cilindričnoj cijevi otvorenoj na oba kraja, cijev prozvodi zvuk. Proučite tu pojavu.

11. Rast pod svjetлом

Istražite kako različite vrste umjetne svjetlosti utječu na rast biljaka. Koja je uloga spektra svjetlosti?

12. Mlijeko

Razvijte jednostavne metode za određivanje nekih od bitnih svojstava mlijeka. Predložite istraživanje koje uključuje usporedbu različitih uzoraka mlijeka.

13. Alometrija

Kako se dužina i debljina kostiju skaliraju u omjeru prema cjelokupnoj veličini i težini životinja?

14. Routeri i vrtna salata

2013. pet mladih studenata tvrdilo je da su otkrili nešto senzacionalno, da vrtna salata (*Lepidium sativum*) ne klija kad je se posadi između dva Wi-Fi routera. Ponovite njihov eksperiment u kontroliranim uvjetima da biste potvrdili ili opovrgnuli njihove zaključke.

15. Voda iz zraka

Osmislite i izradite uređaj za prikupljanje vode koji bi kondenzirao vlagu iz zraka. Odredite je li voda koju ste dobili tim uređajem prikladna za piće. Koliko vode možete prikupiti za trajanja jedne znanstvene borbe (SF-a)?

16. Smežuranje papira

Kada se komad papira suši nakon što je bio namočen, može se smežurati i naborati. Istražite i objasnite taj fenomen.

17. Tornado stroj

Sagradite stroj koji bi proizveo zračni tornado u prostoriji. Istražite svojstva i stabilnost tog tornada. Je li stroj dovoljno prenosiv da bi se demonstrirao u sobi u kojoj se održava znanstvena borba (SF) na petom IYNT-u?

Probleme su osmislili Andrei Klishin, Ilya Martchenko i Evgeny Yunosov. Izabrali, pripremili i uredili su ih Ilya Martchenko i Evgeny Yunosov. Ovaj službeni set problema za 5ti IYNT 2017 je odobrilo Vrhovno vijeće IYNT-a i može se koristiti samo na događajima potvrđenim od Vrhovnog vijeća IYNT-a.

Na hrvatski preveo Istraživački centar mladih.

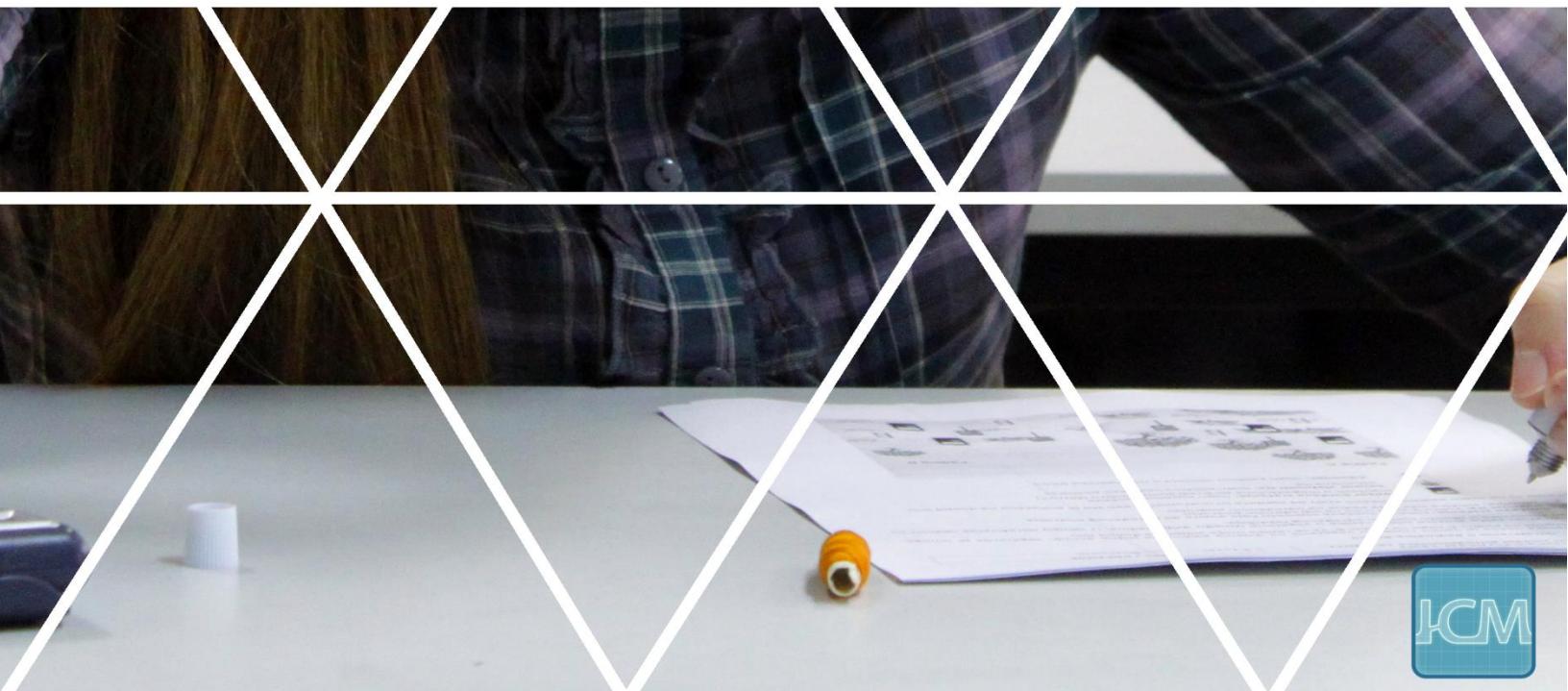
Objavljeno u Shirazu, Iran 22. srpnja 2016.

VREMENIK NATJECANJA 2017.

18.11.2016. petak	Rok za prijavu (google forma na www.iynt.icm.hr)
23.12.2016. 23:59 petak	Rok za slanje radova (na mail: iynt@icm.hr)
9.1.2017. ponedjeljak	Objava pozvanih učenika na Državni turnir (i objava problema za oponenciju)
14.1.2017. subota	3. hrvatski turnir mladih prirodoslovaca, Zagreb (prezentacije problema, oponiranje, kratki konceptualni test)
21.1.2017. subota	Objava članova ekipe za IYNT (kreću pripreme ekipe i rješavanje ostalih preostalih problema)
2017. ožujak	Prezentacija 2. problema
2017. svibanj	Prezentacija 3. problema
30.6. – 4.7.2017.	International Young Naturalists' Tournament (IYNT), Nanjing, Kina



Radovi pozvani na državno natjecanje



POPIS UČENIKA I MENTORA POZVANIH NA DRŽAVNO NATJECANJE

Učenik	Problem	Mentor	Škola
Andrea Belamarić	1. Invent Yourself: Good guesses	Ines Dukić	XV. Gimnazija, Zagreb
Mateja Ostojić	1. Invent Yourself: Good guesses	Magdalena Srdarević	Gimnazija Požega, Požega
Darian Sergo	2. Invent Yourself: Time-lapse videos	Goran Gotlibovic	Prirodoslovna i grafička škola Rijeka, Rijeka
Luka Mikšić	6. Apples	Darinka Ivković-Ciganović	OŠ Turanj, Karlovac
Elena Lukačević	6. Apples	Marijana Žgela	V. gimnazija, Zagreb
Petra Banovec	6. Apples	Nataša Hrbud Puhelek	OŠ Dragutina Domjanića, Sveti Ivan Zelina
Lucija Hartman	6. Apples	Gjino Šutić	OŠ Cavtat, Cavtat
Borna Cesarec	6. Apples	Ana Maslać	OŠ Augusta Cesarca, Krapina
Tomislav Novak	6. Apples	Ljiljana Hrastar	Gimnazija Lucijana Vranjanina, Zagreb
Ana Gudelj	7. Growing through asphalt	Bojana Domjanović	Gimnazija Lucijan Vranjanin, Zagreb
Mihael Pristav	10. Rijke's tube	Melita Sambolek	Gimnazija Josipa Slavenskog, Čakovec
Livia Glavinović	11. Grow light	Gjino Šutić	OŠ Marin Držić, Dubrovnik
Mila Pivac	11. Grow light	Mila Bulić	OŠ Pujanki, Split
Lara Resman	12. Milk	Krešimir Trojko	Gimnazija Josipa Slavenskog, Čakovec
Helena Vulić	12. Milk	Nataša Kruljac	OŠ Kralja Tomislava, Našice
Luka Bulić Bračulj	12. Milk	Marina Luetić	III. Gimnazija, Split
Luna Zetaić	12. Milk	Dragica Janković Biljan	OŠ Žuti brijeg, Zagreb
Emma Čović	14. Routers and garden cress	Mladen Kojanec	OŠ Nikola Tesla, Rijeka
Angeline Kišić	15. Water from the air	Damir Kliček	Elektrostrojarska škola Varaždin, Varaždin
Sven Barac	17. Tornado machine	Vlatka Kuhar	VII. Gimnazija, Zagreb

RADOVI I UČENICI POZVANI NA DRŽAVNO NATJECANJE

PROBLEM 1. IZUMI SAM: DOBRI POGODCI

Andrea Belamarić

Mentor: Ines Dukić, prof.

1.e, XV. gimnazija, Zagreb, Hrvatska

1 Uvod

„1906. Francis Galton promatrao je natjecanje gdje je 800 farmera pogodađalo težinu životinje. Na njegovo iznenađenje, medijan pogodaka bio je unutar 0,8% stvarne izvagane težine. Kolika je vjerojatnost dobivanja tako dobrih poklapanja slučajno? Izaberite zanimljiv i važan parametar, izmjerite ga direktno i dajte grupi ljudi zadatak da pogode vrijednost parametra. Analizirajte i diskutirajte rezultate vašeg eksperimenta.“

Ovaj rad ispituje točnost procjene grupe ljudi na nekoliko primjera. Rezultati ispitivanja se uspoređuju međusobno i s teoretskim očekivanjima. Raspravlja se kvaliteta procjene i mogućnost da velika grupa relativno nekompetentnih pojedinaca zajednički dođe do prilično točnih rezultata.

2 Teorijska razrada problema

2.1 Wisdom of the crowd

Wisdom of the crowd (engl. mudrost gomile) jest kolektivno mišljenje grupe za razliku od stručnog individualca. Nastoji prezentirati mišljenje grupe kao cjeline.

Procjena je dobra jer se greške (ekstremno visoke ili niske vrijednosti) poništavaju te ne utječu na srednju vrijednost. To vjedi ukoliko u procjeni nema sistemske pogreške (bias) – tendencije cijele grupe da grijese u istom smjeru. Na primjer, ljudi su skloni precijeniti vlastite sposobnosti.

I nakon pokusa Francisa Galtona, mnogi su istraživali ovaj fenomen, ali i u malo širem području kao što su donošenje grupnih odluka ili političkog mišljenja.

Kada govorimo o procjeni, često je procjena grupe ljudi jednaka ili točnija od one najstručnijih ljudi u grupi. Kako bi procjena bila ukupno točna, potrebno je mnogo različitih mišljenja (pogodaka).^[1] Oni će zajedno biti vrlo blizu točnoj vrijednosti.

Nisu sve grupe ljudi jednakim kvalitetne u procjeni. Kako bi procjena bila što točnija i reprezentativna, potrebno je da svatko ima nezavisno mišljenje te da se ljudi u grupi ne

dogovaraju.[1] Istraživanja pokazuju da grupe koje se dogovaraju imaju lošije rezultate od onih gdje su ispitanici nezavisni. [2]

Je li potrebno imati stručnjake ili ne, pitanje je na koje je teško odgovoriti. Neki smatraju kako grupno mišljenje ne ovisi toliko o ekspertizi [1], dok drugi smatraju da je to bitan faktor.

Na primjer, u pokusima gdje se od ispitanika tražilo da pogode broj zrna graha u staklenici, nitko nije bio ekspert. Individualni pogodci su bili jako daleko od prave vrijednosti, ali je unatoč tome grupni rezultat bio vrlu blizu točne vrijednosti.[3]

Novija istraživanja pokazuju da se procjene distribuiraju po log-normalnoj distribuciji koja se u čast Galtonu zove po njemu.[6]

Pokušala sam naći kasnije analize Galtonovog pokusa te otkriti kolika točnost procjene je moguća, kako koji faktor utječe na točnost, u kojem su odnosu ekspertiza i veličina uzorka, no bezuspješno. Zato ću to pokušati zaključiti nakon svog istraživanja.

Moje hipoteze:

Velika grupa eksperata će imati zajednički rezultat blizu točne vrijednosti.

Veća ekspertiza daje točniju vrijednost.

Veća grupa daje točniju vrijednost.

2.2 Distribucija i srednje vrijednosti

Distribucija (razdioba) je raspored podataka u kojem tražimo pravilnost. Iz mnoštva podataka koji čine distribuciju uzimamo reprezentativne kao što su srednja vrijednost i standardna devijacija (raspršenje).

Pravilna distribucija ima pravilnost koja se može iskazati matematičkom formulom. Razlikujemo normalnu distribuciju (po Gaussovoj krivulji), log-normalnu distribuciju, U-distribuciju, studentovu T-distribuciju...

Postoje brojne rasprave o tome je li bolje koristiti medijan ili aritmetičku sredinu te koja vrijednost je reprezentativnija. Francis Galton je u svojem pokusu koristio medijan, koji se razlikovao za 0.8% od stvarne vrijednosti.^[4] Kasnije su znanstvenici izračunali i aritmetičku sredinu koja se potpuno poklapa sa stvarnom vrijednosti.^[5] Usporediti ću te dvije sredine distribucije.

Centralna vrijednost (medijan) određuje sredinu distribucije tako da se pola vrijednosti distribucije nalazi iznad medijana, a pola ispod.

Aritmetička sredina jest prosjek svih vrijednosti. Računa se po formuli:

$$A = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

U procjeni je ono što je važno relativna greška, a aritmetička sredina uzima absolutnu grešku. Ako procjenjujemo neku vrijednost, jednako je pogrešno procijeniti da je dva puta manja kao i dva puta veća. Izračunajmo medijan i aritmetičku sredinu na primjeru 3 podatka: jedan točan, jedan 2 puta manji i jedan dva puta veći:

1. Aritmetičku sredinu tih rezultata

$$x - prava\ vrijednost$$

$$\frac{2x + x + \frac{1}{2}x}{3} = 1.17x$$

2. Medijan ovih vrijednosti je x , odnosno točna vrijednost.

Aritmetičku sredinu može poremetiti jedan ekstremni rezultat, dok je medijan manje osjetljiv na ekstreme. Ekstremno loša procjena može biti beskonačno visoka, a s donje strane je ograničena s nula. Jako visoke vrijednosti mogu znatno poremetiti aritmetičku sredinu jer je ono što se promatra njihova absolutna vrijednost.

Većina istraživanja pokazuje da je medijan reprezentativnija veličina od aritmetičke sredine. I Galton je u svom eksperimentu koristio medijan.^[4] Naknadnom obradom podataka koje je Galton prikupio u svom pokusu, ustanovilo se da je u tom slučaju aritmetička sredina pogodaka bila bliža stvarnoj vrijednosti. No, metodološki nije ispravno uzeti veličinu samo zato jer nam u konkretnom pokusu ispada bliže točnoj vrijednosti. Treba reći i da je Galtonov pokus pokazao veća odstupanja rezultata ispod medijana, dok je teoretsko očekivanje i rezultati novijih pokusa da će rezultati iznad medijana imati veća odstupanja (u absolutnom iznosu).

3 Parametri

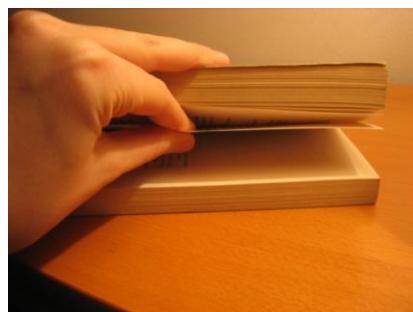
Galton je u svom pokusu promatrao farmere koji procjenjuju masu goveda. Ja sam, međutim, odlučila ispitati sposobnost procjene učenika svoje škole. Pretpostavila sam da ljudi danas, a pogotovo učenici, nemaju dobar osjećaj za masu domaćih životinja (a i bilo bi prilično teško i neprikladno dovesti kravu u školu). Vremena su se promijenila i nismo uopće u kontaktu s takvim parametrima.

Odlučila sam izvesti pokus sličan Galtonovom, pa sam razmišljala koji bi parametar bio blizak učenicima kao što je govedo bilo farmerima. Odlučila sam se za više različitih parametara kako bi ih mogla uspoređivati. Zamolila sam učenike da procjene masu tikve (Slika 1), broj stranica

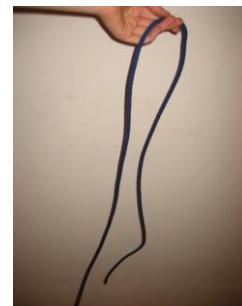
knjige (Slika 2) te duljinu užeta (Slika 3). Odabrala sam ta tri parametra jer očekujem različitu ekspertizu pri procjeni svakoga od njih.



Slika 1: Tikva



Slika 2: Knjiga, prikaz debljine jednog njenog lista



Slika 3: Uže

4 Metode i mjerjenje

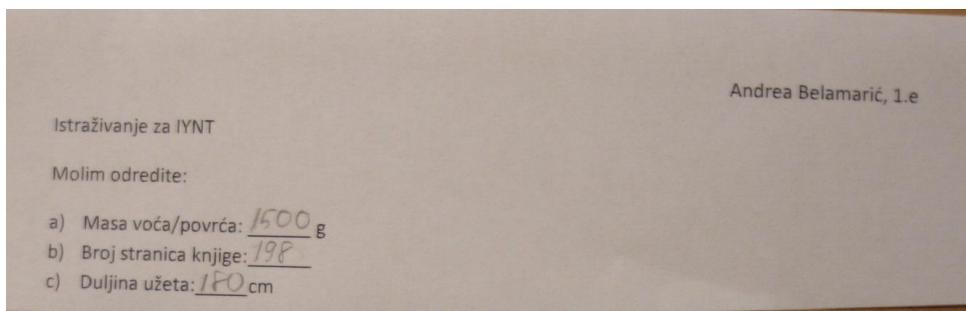
Provela sam ispitivanje sposobnosti procjene na uzorku od 152 učenika, iz 6 razreda. Nisam dijelila učenike po spolu niti po dobi jer smatram da nam to u ovom pokusu nije bitno. Željela sam dobiti razdiobu koja ne ovisi o tome. Mislim da je bitnije da je uzorak veći jer će tada razdioba biti pravilnija.

Ukratko ću opisati tijek pokusa. Razredu od prosječno 25 učenika sam ukratko ispričala kakav je zadatak kojim se bavim te u koju svrhu ga radim i opisala im Galtonov pokus. Zatim sam im pokazala tikvu i zamolila ih za procjenu njene mase. Tikvu su mogli samo gledati dok je u mojoj ruci, mirna, s oko dva metra udaljenosti. Nisu je smjeli uzeti u ruku kako bi procijenili masu na taj način. Željela sam da uvjeti budu što sličniji onima kod Galtona. Rekla sam im da je tikva svježa, nije šuplja te lagano kucnula po njoj da čuju zvuk.

Drugi parametar je broj stranica knjige. Naglasila sam da trebaju procijeniti broj stranica, a ne listova te da trebaju računati sve stranice, od korica do korica, neovisno o tome jesu li numerirane. Knjigu sam umotala u papir kako nitko ne bi znao o kojoj se knjizi radi te na temelju toga znao broj njenih stranica. Mogli su vidjeti sklopljenu knjigu te jedan njen list iz sredine.

Uže koje su trebali procijeniti sam im pokazala i u vertikalnom i u horizontalnom položaju. Držala sam uže za gornji kraj te ga pustila da visi uz mene. Ispitanici nisu znali moju visinu, već su i nju mogli samo procijeniti. Zatim sam uzela svaki kraj užeta u jednu ruku te ga raširila uz raspon svojih ruku.

Učenici su svoju procjenu pisali na listić kao na slici (Slika 4). Tražila sam da napišu točnu procjenu, bez zaokruživanja (npr. 1274 g).



Slika 4. Primjer ispunjenog listića procjene

Obzirom da sam uže držala okomito uz sebe, smatrala sam da će učenici biti u stanju prilično dobro procijeniti taj parametar, obzirom da svi imamo prilično dobru predodžbu o visini ljudi. Očekivala sam da će učenici prilično dobro moći procijeniti broj stranica knjige, a da će im masa tikve biti nešto teži izazov.

Zanimala me razliku u točnosti procjeni kod ta tri parametra i mogu li temeljem rezultata zaključiti nešto o utjecaju ekspertize na kvalitetu procjene.

Kako bih dodatno provjerila utjecaj ekspertize na kvalitetu procjene, odlučila sam za procjenu mase tikve kao drugu skupinu ispitati 35 ljudi koji prodaju voće i povrće na tržnici. Prepostavila sam da su oni u procjeni mase tikve daleko kompetentniji od učenika.

Kod ovog pokusa nije bilo moguće provjeriti ponovljivost na standardni način, jer ispitanici odmah nakon ankete razmjenjuju podatke, pa bi ponovno ispitivanje imalo drukčije uvjete (rezultati grupe koja komunicira su lošiji od grupe nezavisnih pojedinaca). Standardna metoda „kontrolne grupe“ također nije relevantna za ovaj eksperiment jer mjeri samo trenutno stanje. Kvalitetu pokusa mogla sam donekle provjeriti tako što sam usporedila rezultate različitih razreda. Očekivano, među njima nije bilo statistički značajnih razlika.

5 Rezultati i rasprava

Budući da je i dalje zanimljiva usporedba medijana i aritmetičke sredine, računat ću obje te ih usporediti. U ovom ću poglavlju također prikazati koliko ima pojedinaca koji bolje procijenjuju od grupe te zaključiti kako to i raspršenje ovise o ekspertizi. Zatim ću promatrati koliko je u mom istraživanju došao do izražaja fenomen „wisdom of the crowd“, odnosno je li grupna procjena uistinu bila bolja od vrlo točnih individualnih.

Mislim da ne postoje određene skupine koje su eksperti za procjenu visine, te da bi rezultati bili vrlo slični kod različitih skupina. Zato ću prvenstveno uspoređivati masu tikve te broj stranica knjige. Tablica prikazuje rezultate i ključne parametre koje sam izračunala.

Učenici:

	Masa tikve (g)	Broj stranica knjige	Duljina užeta (cm)
Veličina uzorka	152	152	152
Stvarna vrijednost	1158	504	183
Aritmetička sredina	1244.7	506.3	187.0
Centralna vrijednost (medijan)	1000.0	450.0	183.0
Varijanca	827431.2	44154.09	369.1764
Standardna devijacija	909.6	210.1	19.2
Standardna devijacija u odnosu na stvarnu vrijednost	78.6%	41.7%	10.5%
Apsolutna pogreška aritmetičke sredine	86.7	2.3	4.0
Apsolutna pogreška medijana	-158	-54	0
Relativna pogreška aritmetičke sredine	7.5%	0.5%	2.2%
Relativna pogreška medijana	-13.6%	-10.7%	0.0%
Razlika aritmetičke sredine i medijana	244.7	56.3	4.0
Razlika aritmetičke sredine i medijana u odnosu na stvarnu vrijednost	21.1%	11.2%	2.2%
Razlika aritmetičke sredine i medijana u odnosu na standardnu devijaciju	26.9%	26.8%	20.9%
Prosječna individualna pogreška	663.3513	139.4836	11.78092
Grupna greška (m)	158	54	0
Omjer ind. i gr. pogreške (m)	4.198426	2.583029	∞
Koliko ispitanika je bolje ili jednako kao grupa	18	47	6
Relativan broj ispitanika boljih od grupe (ili jednakih)	11.8%	30.9%	3.9%

Prodavači na tržnici:

Masa tikve (g)	
Veličina uzorka	35
Stvarna vrijednost	1158
Aritmetička sredina	1027.857
Centralna vrijednost	950
Varijanca	79900.38
Standardna devijacija	282.6666
Standardna devijacija u odnosu na stvarnu vrijednost	24.41%
Apsolutna pogreška aritmetičke sredine	-130.1
Apsolutna pogreška medijana	-208
Relativna pogreška aritmetičke sredine	-11.2%
Relativna pogreška medijana	-18.0%
Razlika aritmetičke sredine i medijana	77.857
Razlika aritmetičke sredine i medijana u odnosu na stvarnu vrijednost	6.7%
Razlika aritmetičke sredine i medijana u odnosu na standardnu devijaciju	27.5%
Prosječna individualna greška	188.4286
Grupna greška (m)	208
Omjer individualne i grupne greške (m)	0.905907
Koliko ispitanika je bolje ili jednako od grupe	18
Relativan broj ispitanika boljih od grupe	51.4%

U slučaju kada su prodavači na tržnici procjenjivali masu tikve, velik broj ispitanika je bolji od grupe. Oni su, jer su stručnjaci, bolji kao pojedinci. Raspršenje njihovih pogodaka je mnogo manje nego kod učenika jer oni imaju osjećaj za masu tikve i znaju u kojim se intervalima kreće te stoga ne mogu davati toliko ekstremne vrijednosti kao učenici.

Kod prodavača na tržnici je prosječna individualna pogreška mnogo manja od grupne, a kod učenika obrnuto. Dakle, učenici zaista jesu bolji kao grupa od prodavača, iako su kao pojedinci lošiji. Bolji su jer ih ima više pa je distribucija pravilnija te ekstremne vrijednosti ne utječu toliko na samu distribuciju.

Ljudi imaju osjećaj za to u kojem se intervalu kreću parametri koje poznaju. Visina/duljina je jednostavan, svima dobro poznat parametar. Učenici vide da je uže slično mojoj visini, malo manje. Znaju da ne mogu biti niža od 150 cm niti viša od 200 cm te im je stoga znatno lakše procijeniti duljinu.

Vidim da učenici nemaju osjećaj za masu tikve, kao što sam i prepostavila. Nemaju uopće ideju o intervalu u kojem se kreće masa tikve, pa su neki od njih masu tikve precijenili 6 puta ili podcijenili 12 puta. Totalni raspon pogodaka prodavača na tržnici je puno manji nego kod učenika.

Kod parametara u kojima je veća ekspertiza, standardna devijacija u odnosu na stvarnu vrijednost je manja. Primjećujem da je raspršenje kod učenika kada procjenjuju masu tikve mnogo veće nego kod broja stranica knjige, a najmanje kod duljine užeta. Što je veća ekspertiza ispitanika to je razlika medijana i aritmetičke sredine manja u odnosu na stvarnu vrijednost. Ekspertiza jest bitan faktor u procjeni parametra, no ipak je bitnije da je grupa velika. Učenici su zaista bolje procijenili broj stranica knjige nego masu tikve. Njihov broj je u oba slučaja jednak pa je ekspertiza ono zbog čega su rezultati procjene ta dva parametra drugačiji. U skupini prodavača na tržnici dobivam lošije rezultate jer su mala grupa. Zaključujem da grupna procjena ipak više ovisi o veličini grupe nego o ekspertizi.

Odmah jasno vidimo da se aritmetička sredina i medijan razlikuju te da je medijan uvijek manja vrijednost. To pokazuje pravilnost distribucija: sve su asimetrične na istu stranu. Kao što sam objasnila u teorijskom dijelu, smatra se da je medijan prikladniji za distribuciju pogodaka te će ga koristiti kao reprezentativnu srednju vrijednost.

Gledajući relativne pogreške aritmetičkih sredina i medijana, čini nam se da je aritmetička sredina preciznija jer su u tom slučaju ispitanici bliže točnoj vrijednosti. No, takav pristup nije metodološki ispravan; trebamo ipak gledati medijan kao točniji, neovisno o tome što nam rezultati aritmetičke sredine bolje odgovaraju.

Razlika medijana i aritmetičke sredine nam govori da distribucija pogodaka nije normalna, jer se kod normalne distribucije te dvije veličine poklapaju. Možemo primijetiti da je razlika aritmetičke sredine i medijana u odnosu na standardnu devijaciju vrlo slična u svim ispitivanjima, što pokazuje sličnost svih dobivenih distribucija.

Također primjećujem da su neki učenici pisali brojeve koji su lijepi (npr. 1234), sretne brojeve ili zaokruživali (1000). Takvi efekti umanjuju kvalitetu istražvanja, ali je to zanimljiva pojava te može biti predmet nekog drugog istraživanja. Zaključila sam da se podatci mog istraživanja distribuiraju po log-normalnoj distribuciji. U programu Wolfram Mathematica 10.4 sam nacrtala grafove log-normalne distribucije, koristeći naredbu FindFit.

Uzorke dobivene u istraživanju sam podijelila u razrede zbog previše različitih rezultata koji se pojavljuju mali broj puta. Točke na x osi predstavljaju sredinu intervala. Ekstremno velike podatke sam ipak grupirala u veće intervale.

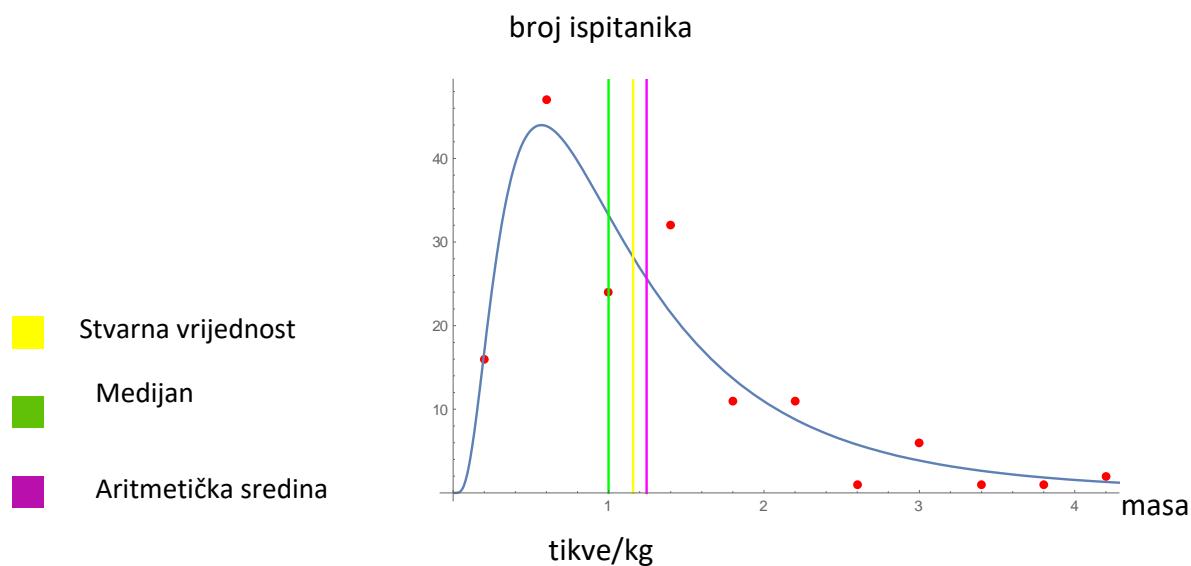
Grafovi prikazuju distribucije pogodaka. Log-normalna distribucija, odnosno Galtonova distribucija, razlikuje se od normalne Gaussove distribucije po formuli u kojoj se pojavljuje logaritam. Graf log-normalne distribucije nije simetričan u odnosu na pravac koji prolazi kroz najvišu vrijednost. To se posebno dobro vidi na grafu 1. Pojavu se može interpretirati u smislu da potcenjivanje i precjenjivanje parametra nije raspoređeno simetrično.

Graf 1 prikazuje procjenu mase tikve kod učenika. Intervali na ovom grafu su po 400 g.

Graf 2 prikazuje procjenu mase tikve kod prodavača na tržnici U ovom slučaju je interval 100 g, jer je raspršenje manje.

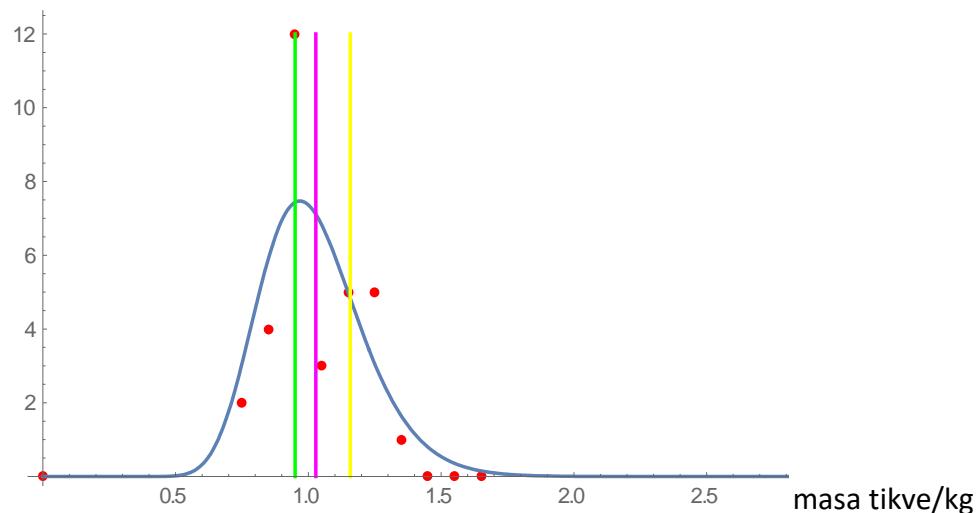
Graf 3 prikazuje procjenu broja stranica knjige Interval je 100 stranica. Aritmetička sredina je gotovo jednaka kao stvarna vrijednost.

Graf 4 prikazuje procjenu duljine užeta s intervalima od 10 cm. Medijan se poklopio sa stvarnom vrijednošću.

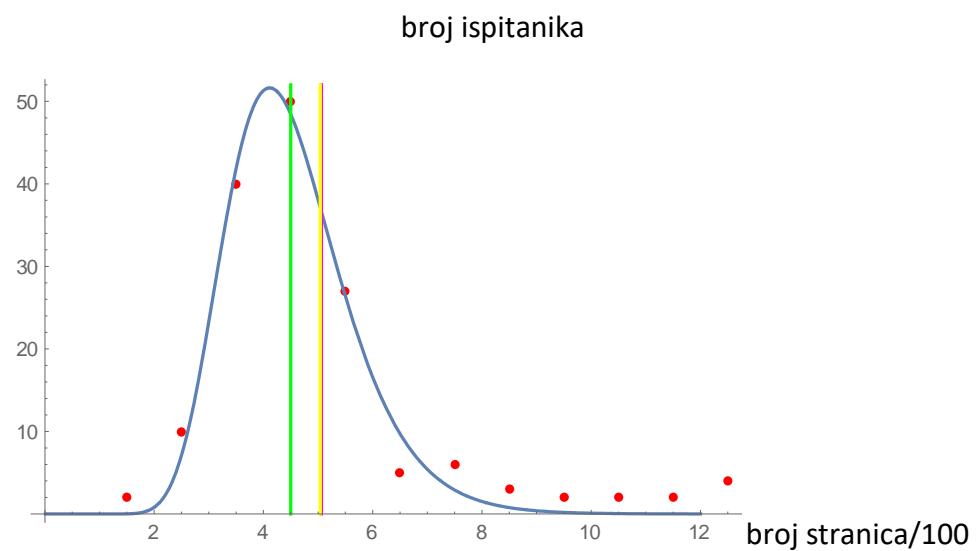


Graf 1: procjena mase tikve (učenici)

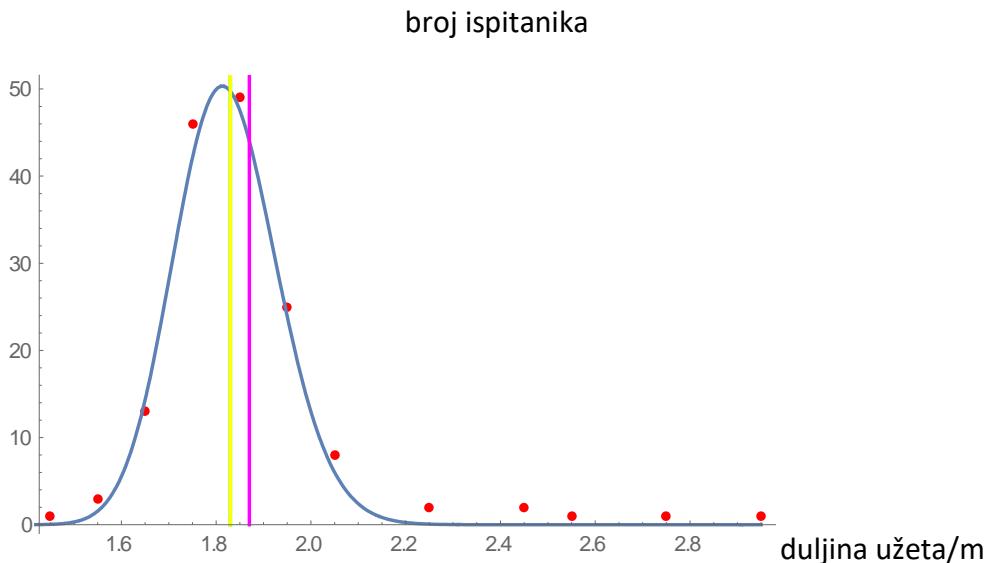
broj ispitanika



Graf 2: procjena mase tikve (prodavači na tržnici)



Graf 3: procjena broja stranica knjige



Graf 4: procjena duljine užeta

6 Zaključak

Ovo ispitivanje potvrđilo je fenomen Wisdom of the crowd, slično kao i Galton.

Potvrđena je hipoteza da će velika grupa eksperata imati zajednički rezultat blizu točne vrijednosti, te da veća grupa daje točniju vrijednost. Na primjeru tikve djelomično je potvrđeno da veća ekspertiza daje točniju vrijednost.

Rezultati istraživanja ukazuju na to da ekspertiza pozitivno utječe na kvalitetu procjene, a veličina uzorka još i više. Za točnost procjene je važnija veličina grupe nego ekspertiza pojedinaca .

Istraživačima je uvijek privlačno izvući općenite zaključke koji vrijede za cijelu populaciju, u ovom slučaju o kvaliteti procjene. Naši rezultati su samo jedan primjer ispitivanja određene grupe učenika i njihove procjene ovih triju veličina. Dolazak do općenitijih zaključaka traži zahtijevnija i duža istraživanja, što je vjerojatno razlog tome što i nakon sto godina u literaturi nema detaljnijih istraživanja ili ponavljanja unaprijeđenog Galtonovog pokusa.

Bilo bi mi zanimljivo još istražiti koje parametre ispitanici bolje procjenjuju, koje parametre potcenjuju, a koje precjenjuju, za koje parametre su eksperti u većoj prednosti i što zapravo znači biti ekspert, u kojoj vezi je procjena s demografskim podacima ispitanika, kao što su dob i spol, te obrazovanje.

7 Zahvale

Zahvaljujem svojoj mentorici, profesorici Dukić. Veliko hvala i mojim roditeljima, koji su uvijek bili tu za mene. Zahvaljujem i svim učenicima i profesorima XV. gimnazije koji su mi pomogli u prikupljanju podataka.

Literatura

- [1] James Surowiecki, *The wisdom of the crowds*, 2004
- [2] <http://www.bbc.com/future/story/20140708-when-crowd-wisdom-goes-wrong>
- [3] <http://wisdomofcrowds.blogspot.hr/2009/12/jelly-bean-experiment.html>
- [4] Francis Galton, *Nature*, 1907
- [5] <http://www.overcomingbias.com/2007/10/author-misreads.html>
- [6] <http://www.pnas.org/content/108/22/9020.full>

PROBLEM 1. IZUMI SAM: DOBRI POGODCI

Mateja Ostojić

Mentor: Magdalena Srdarević , prof.

1.b, Gimnazija Požega, Požega, Hrvatska

1 Uvod

Odabran je problem Dobri pogodci, koji glasi: *1906. Francis Galton promatrao je natjecanje gdje je 800 farmera pogađalo težinu životinje. Na njegovo iznenađenje, medijan pogodaka bio je unutar 0,8% stvarne izvagane težine. Kolika je vjerojatnost dobivanja tako dobrih poklapanja slučajno? Izaberite zanimljiv i važan parametar, izmjerite ga direktno i dajte grupi ljudi zadatak da pogode vrijednost parametra. Analizirajte i diskutirajte rezultate vašeg eksperimenta.*

Moj cilj je pokazati da skupina ljudi ima bolju sposobnost procjene nego jedna osoba. U svom istraživanju odlučila sam ispitati kolege gimnazijalce da procijene udaljenost između Gimnazije Požega i Željezničkog kolodvora Požega, te da procijene koliki je broj pikula (klikera) u staklenici. Svi ispitanici imaju između 15 i 18 godina.

- ISPITIVANJE KOLIKA JE UDALJENOST IZMEĐU KOLODVORA I GIMNAZIJE:

Prvo ću pomoći mobilne aplikacije „Distance Calculator“ i istraživanja preko Google Maps odrediti stvarnu udaljenost između zgrade gimnazije i željezničkog kolodvora, zatim ću učenike zamoliti da procijene tu istu udaljenost. U anketnom listiću ispitati ću prolaze li svakodnevno tim putem, bave li se sportom, te kojeg su spola. Cilj je izračunati srednju vrijednost (zbrojimo sve pojedinačne odgovore i podijelimo s brojem ispitanika), te medijan i odstupanje.

- ISPITIVANJE KOLIKO IMA KLIKERA U STAKLENICI:

Klikere ću prebrojati i njima napuniti staklenku. Učenike ću zamoliti da procijene koliko ih ima u staklenici. Ponovno ću izračunati srednju vrijednost i medijan.

2 Teorijska razrada problema

2.1 Istraživanje procjena u prošlosti

Godine 1906. Sir Francis Galton proveo je istraživanje u kojem je dokazao da gomila ljudi ima bolju sposobnost procjene nego specijalizirani pojedinac. U istraživanju koje je on proveo, ljudi su morali pogoditi masu vola na jednom sajmu. Dao je listice lutrije posjetiteljima sajma i nezavisno je uzeo procjenu mesara. Na opće iznenađenje, medijan pogodaka bio je unutar 0,8% stvarne izvagane težine, dok su mesari pogriješili puno više.

2.2 Zašto skupina ljudi bolje procjenjuje nego pojedinac?

Istraživanje koje je proveo Galton dokazalo je da skupina ljudi bolje procjenjuje nego jedna osoba. Zašto je tomu tako? Budući da smo svi različiti, imamo različite poglede na svijet. Procjena je naš prvi dojam, a on često nije točan. [1.] Uzmimo za primjer konopac duljine 100 m. Nekome će se činiti da je dug 50 m, a nekome možda 150 m. Kada zbrojimo te dvije vrijednosti i podijelimo s 2 (izračunamo aritmetičku sredinu) dobit ćemo točnu brojku, 100 m. Odgovori koji preuveličavaju neku vrijednost i oni koji ju umanjuju, poništavaju se. Okolnosti u kojima se nalazimo utječu na naše procjene. Isto tako, naše emotivno stanje, ljutnja, tuga, bijes, stres, sreća... Koliko god pojedini čovjek bio specijaliziran za određeno područje, ne prosuđuje samo na temelju svoga znanja, već i okolnosti u kojima se nalazi. [2.] Moderna znanost to objašnjava kao mudrost gomile. Mudrost gomile koristi se u politici, marketingu, medicini, raznim znanstvenim istraživanjima itd. Zamislimo da imate bolest s kojom se bolnica u kojoj se liječite još nije susrela. Više liječnika će se skupiti i razmotriti sve činjenice. Sagledat će simptome i na temelju prijašnjih znanja, dovesti zaključak o postupcima liječenja. Biste li željeli da sud donese jedan liječnik ili skupina njih? Kada se naš mozak „udruži“ s mozgom našeg prijatelja, koji je istu informaciju shvatio drugačije, procjena će biti točnija.

2.3 Parametri koji bi mogli utjecati na sposobnost dobre procjene

Postoje dugotrajni i kratkotrajni čimbenici koji bi mogli utjecati na našu sposobnost procjene. Dugotrajan i loš čimbenik je alkohol, a čimbenici za koje vjerujem da utječu na sposobnost dobre procjene, a bila sam ih u mogućnosti provesti, su: tjelesna aktivnost, stres, spol, te razvijenost naše logike.

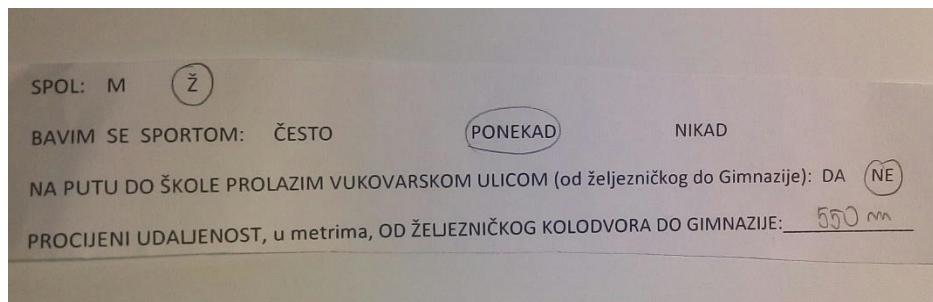
3 Eksperimentalni postav

3.1 Procjene udaljenosti

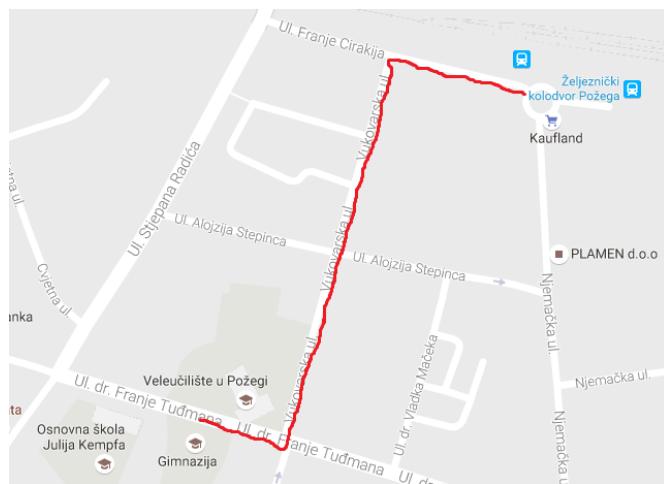
Krajem studenog, te početkom prosinca provodila sam ispitivanje u školi. Učenici su dobili lističe (Slika 1) koje su trebali ispuniti. Uz lističe, ispitanici su dobili i karte koje prikazuju Vukovarsku ulicu (Slika 2) čija se duljina trebala procijeniti.

Hipoteze koje sam postavila su:

- 1) Procjena ovisi o spolu.
- 2) Osobe koje se često bave sportom bolje će procijeniti udaljenost nego one koje bave ponekad ili nikad.
- 3) Učenici koji svakodnevno prolaze ulicom, čija se duljina ispituje, bolje će procijeniti tu udaljenost nego učenici koji u školu dolaze drugim putem.



Slika 1. Primjer anketnog listića-udaljenost



Slika 2. Karta s označenom udaljenosti koja se procjenjuje

3.2 Procjene broja pikula u staklenci

U istraživanje sam uključila još jedan parametar, odnosno objekt istraživanja. Sposobnost procjene testirala sam na broju pikula u staklenci (Slika 3.) Ispitanici su također u dobi od 15 do 18 godina (učenici Gimnazije Požega). Kao i u prijašnjem parametru, zadatak im je bio odgovoriti na nekoliko pitanja (Slika 4.).

Hipoteze koje sam postavila su:

- 1) Procjena ovisi o spolu.
- 2) Osobe koje su pod stresom lošije će procijeniti broj pikula.
- 3) Učenici koji pohađaju prirodoslovno-matematički smjer bit će najbolji u procjenama broja pikula.



Slika 3. Staklenka s pikulama

SPOL:	<input checked="" type="radio"/> M	Ž
SMJER:	PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI	
DANAS IMAŠ PISANU ILI USMENU PROVJERU ZNANJA:	DA	OPĆI
JEZIČNI		
PROCIJENI KOLIKO PIKULA IMA U POSUDI:	64	<input checked="" type="radio"/> NE

Slika 4. Primjer anketnog listića-pikule

4 Metode i mjerena

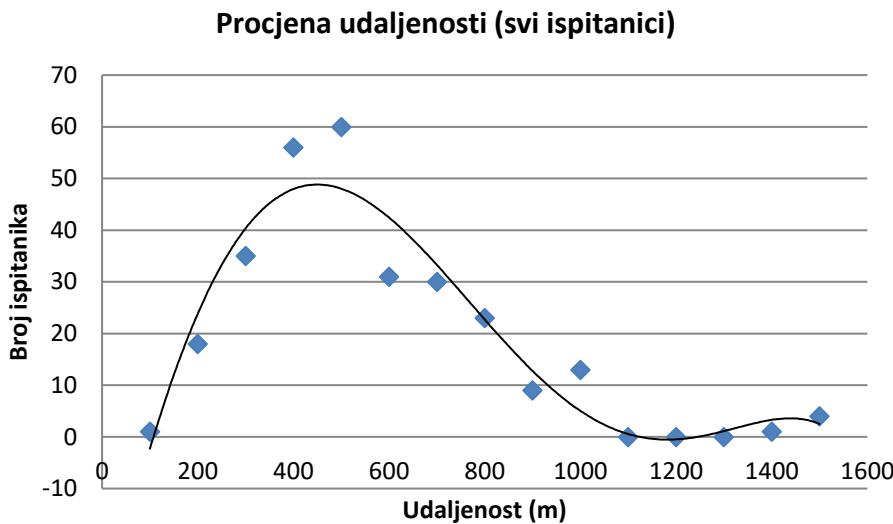
Budući da sam trebala provjeriti svoje hipoteze, učenicima sam, osim same procjene, postavila nekoliko pitanja. Pri procjeni udaljenosti zamolila sam ih da zaokruže svoj spol, učestalost bavljenja tjelesnom aktivnošću, te prolaze li svakodnevno putem čiju duljinu pogađaju. Time ću provjeriti jesu li moje hipoteze točne. Pri procjeni broja pikula u staklenci, osim spola, trebali su zaokružiti smjer koji pohađaju (pretpostavlja se da će učenici koji pohađaju prirodoslovno-matematičku gimnaziju bolje procijeniti vrijednost nego oni koji pohađaju opću ili jezičnu), te imaju li kakav ispit tog dana. Ovim zadnjim htjela sam provjeriti jesu li pod stresom, jer pisana ili usmena provjera izaziva stres kod većine učenika. 281 učenik je procjenjivao udaljenost, a 376 učenika procjenjivalo je broj pikula u staklenci. Broj pikula je 189, a stvarna udaljenost između kolodvora i zgrade gimnazije je 538 m.

5 Rezultati i rasprava

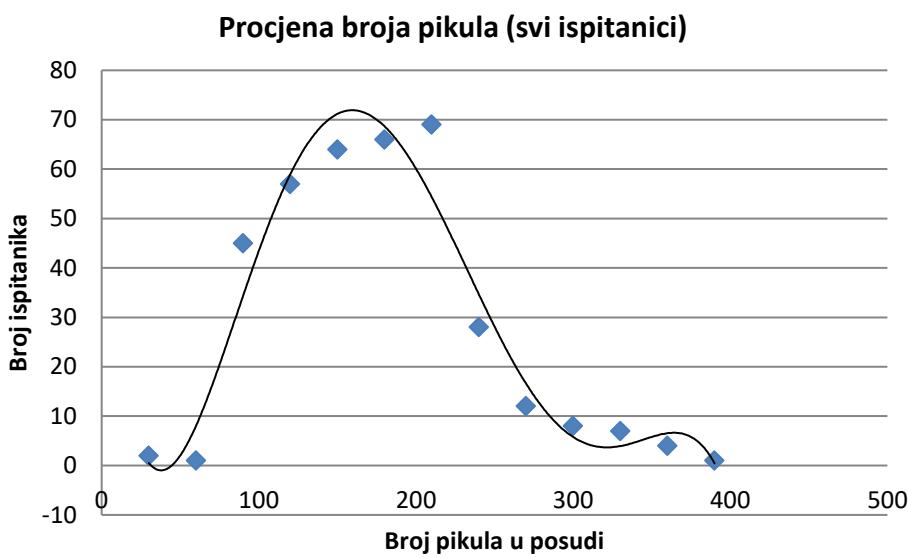
5.1 Medijan procjena

Aritmetička sredina izračunata iz podataka prikupljenih anketom o procjeni udaljenosti između Gimnazije Požega i Željezničkog kolodvora Požega iznosi 535,7 m, odnosno 0,42% manje od stvarne udaljenost. Medijan je centralna vrijednost. Računamo ga tako da poredamo sve rezultate po veličini i nađemo središnji rezultat. Medijan je 500. Mod je rezultat s najčešćom frekvencijom. Njegova vrijednost je također 500. Mod i medijan od stvarne udaljenosti odstupaju 7,06 %. U Excelu sam izračunala i prosječna odstupanja, ona za ukupan broj ispitanika iznosi 182,6 metara. Možemo vidjeti da je najviše ljudi točno procijenilo udaljenost, oko 500 m (Graf 1), što je i očekivano.

U staklenici je bilo 189 pikula, medijan koji sam izračunala s listića, ne uzimajući u obzir nijedan parametar, iznosi 181, što je 4,2 % odstupanja od stvarnog broja pikula (Graf 2). Mod je 200. Aritmetička sredina je 183,8. Prosječna odstupanja su 48,1.



Graf 1. Ukupna procjena udaljenosti

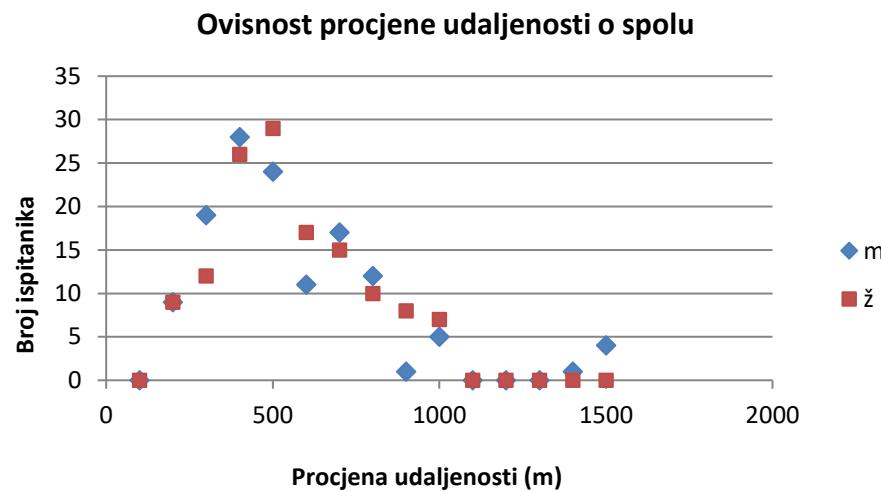


Graf 2. Ukupna procjena pikula

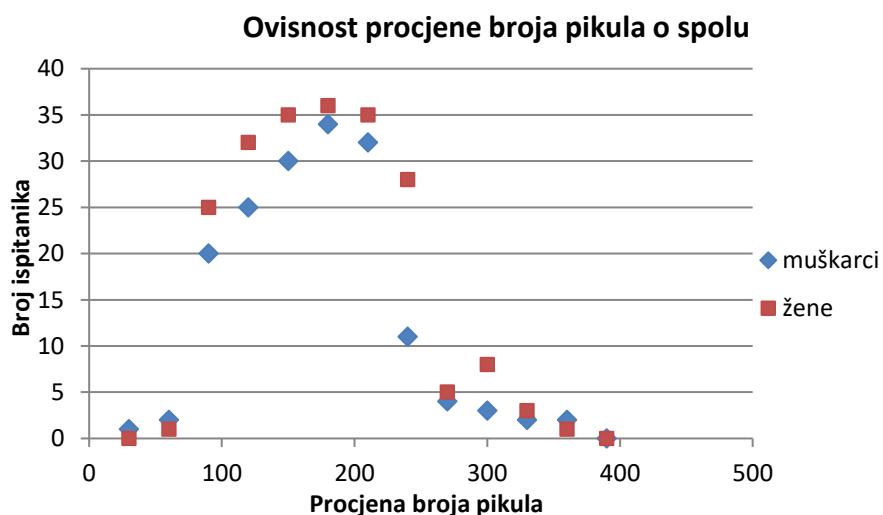
5.2 Ovisnost procjene o spolu

Pri ispitivanju udaljenosti, 150 ispitanika bili su pripadnici muškog spola, a 131 ženskog. Moja prva hipoteza u procjenjivanju udaljenosti nije se pokazala točnom (Graf 3). Procjena ipak ne ovisi o spolu. Aritmetička sredina odgovora ispitanica ženskog spola iznosila je 537,7 m, a

muškog spola iznosila je 533.5 m. Medijan odgovora koje su dali pripadnici muškog spola je 495, a pripadnice ženskog spola 500.



Graf 3. Ovisnost procjene udaljenosti o spolu



Graf 4. Ovisnost procjene broja pikula o spolu

Kod procjene pikula razlika je također bila zanemariva (Graf 4). Odstupanje aritmetičke sredine odgovora koje su dali učenici muškog spola (181,8) od broja pikula u staklenci je 3,8%. Medijan iznosi 180, a mod 200. Medijan odstupanja je manji za 4,8 %, kao i kod učenica. Aritmetička sredina odgovora koje su dale učenice je 180,6. Pogreška je 4,4%, a mod i medijan su 180.

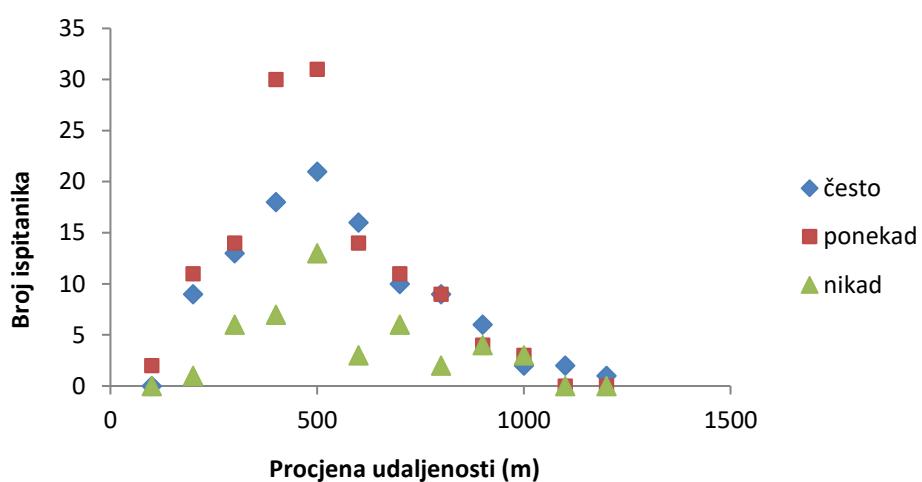
Iz svega navedenog možemo zaključiti da procjena ne ovisi o spolu.

5.3 Ovisnost procjene udaljenosti o tjelesnoj aktivnosti

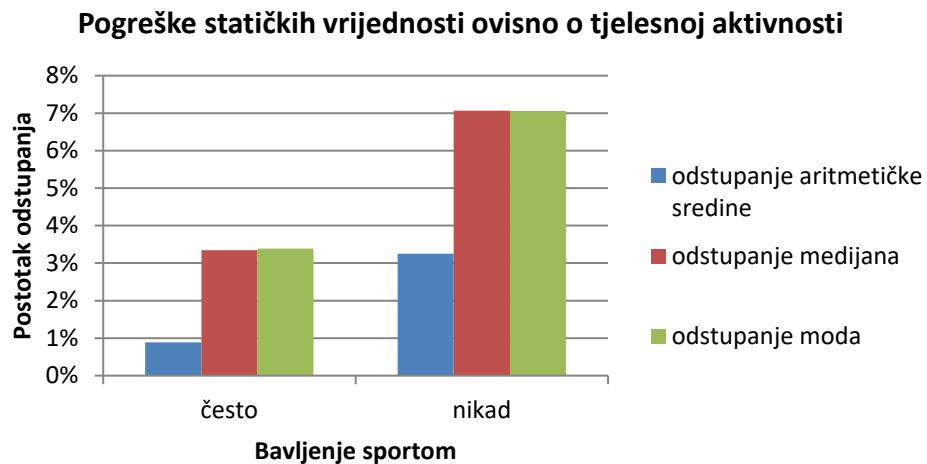
104 ispitanika često se bavi sportom, 133 ponekad, a 45 nikad. Aritmetička sredina odgovora koje su dali ispitanici koji se često bave sportom je 542,8 m, onih koji se ponekad bave sportom je 522,1 m, a onih koji se nikad ne bave sportom 555,5 m. Najtočniji medijan je kod učenika koji se često bave sportom, 520 m. Taj medijan od stvarne udaljenosti odstupa za 3,35%. Medijan odgovora koji se dali ispitanici koji se ponekad bave sportom je 490, a onih koji nisu tjelesno aktivni je 500 m. U Grafu 5 vidimo kako je pojedina skupina ljudi procjenjivala. Procjene osoba koje se nikad ne bave sportom su raspršene, za razliku od onih koji se često ili ponekad bave sportom (njihovi odgovori sličniji su Gaussovoj krivulji).

Najviše me zanimala razlika između onih koji se često bave sportom i onih koji se njime ne bave. Usporedila sam njihova odstupanja pomoću Grafa 6. Vidimo da su oni koji se često bave sportom puno manje pogriješili u sve tri kategorije, aritmetičkoj sredini, modu i medijanu. Time se moja hipoteza potvrđuje, osobe koje se često bave sportom najbolje procjenjuju udaljenost.

Ovisnost procjene udaljenosti o tjelesnoj aktivnosti



Graf 5. Ovisnost procjene o tjelesnoj aktivnosti

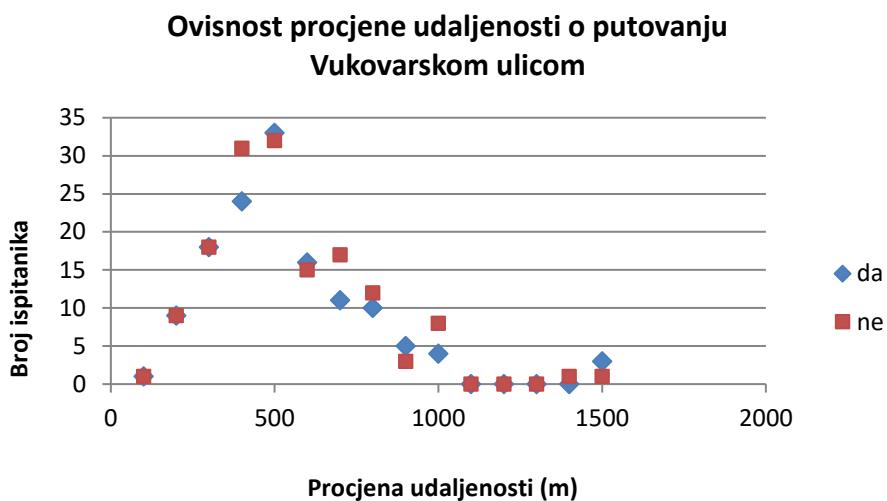


Graf 6. Pogreške u procjeni kod osoba koje se često bave sportom i onih koje se njime ne bave

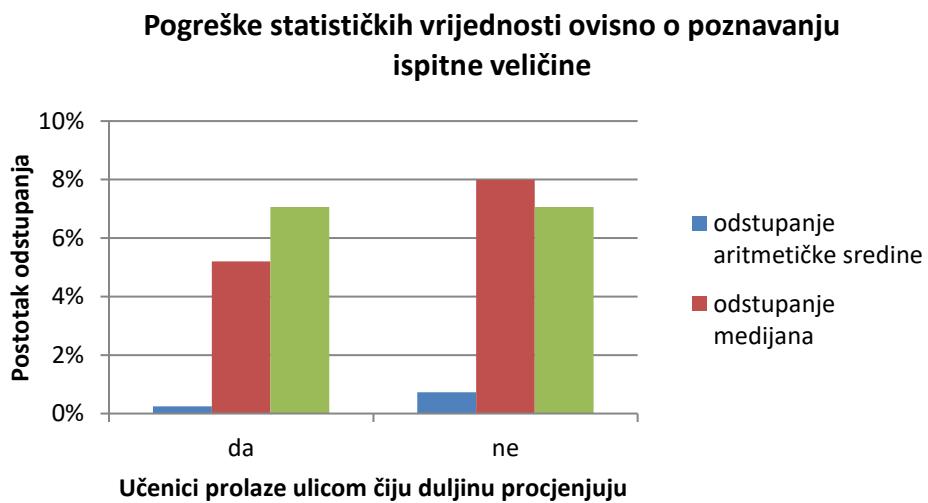
5.4 Ovisnost procjene udaljenosti o prolasku tim putem

133 ispitanika svakodnevno prolazi Vukovarskom ulicom (oni koji u školu dolaze vlakom ili autobusom). 148 učenika ne dolazi u školu tom ulicom. Analiza odgovora koje su dali učenici koji prolaze ulicom su: aritmetička sredina=536,7 m, prosječna odstupanja=165,6 m, mod=500 m, medijan=510 m. Aritmetička sredina tih odgovora odstupa za 0,243 % od stvarne veličine, odnosno aritmetička sredina odgovora tih učenika najbliža je stvarnoj vrijednosti. Medijan odstupa za 5,2%.

Analiza odgovora koje su dali učenici koji ne prolaze Vukovarskom ulicom svakodnevno su: aritmetička sredina=534,1 m (odstupanje 0,729 %), mod=500 m, medijan=495 m (pogreška 7,99 %), a prosječna odstupanja su 185,8 m. U grafu 7 prikazala sam kako su procjenjivali oni koji prolaze prema onima koji ne prolaze tim putem, a u grafu 8 odstupanja aritmetičke sredine, medijana i moda od stvarne veličine. Vidimo da su pogreške onih koji prolaze tom ulicom manje, ali ne toliko manje da bi hipoteza bila potvrđena. Mogu reći da oni koji ne prolaze tim putem imaju raspršenije i raznolikije odgovore od onih koji prolaze tim dijelom grada.



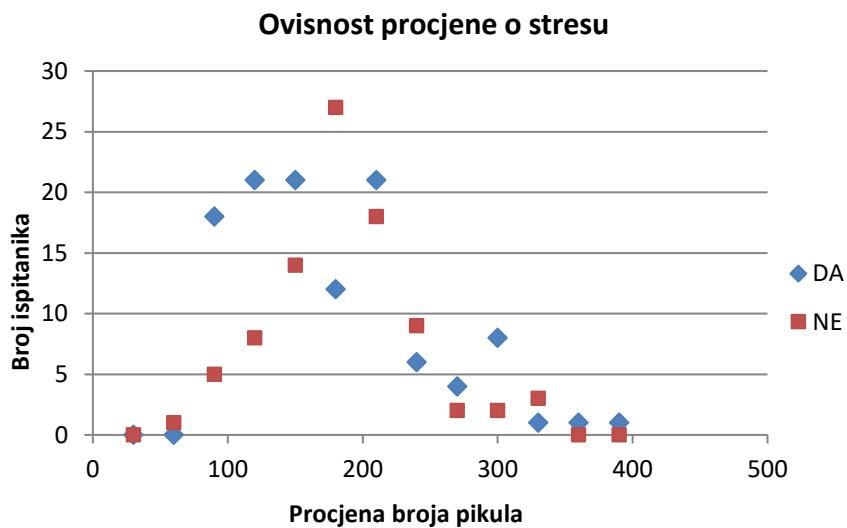
Graf 7. Ovisnost procjene udaljenosti o putovanju Vukovarskom ulicom



Graf 8. Pogreške statističkih vrijednosti ovisno o prolasku Vukovarskom ulicom

5.5 Ovisnost procjene broja pikula u staklenci o utjecaju stresa

Učenici su pod stresom kada imaju pisani ili usmeni ispit, odnosno provjeru. Stres loše utječe na naše zdravlje, koncentraciju, produktivnost, logiku i kreativnost. U istraživanju pikula to sam i pokazala. Medijan onih koji su pod stresom je 160, a onih koji nisu iznosi 190. Medijan ispitanika koji su pod stresom za 15,3% je manji od stvarne vrijednosti. S druge strane, medijan odgovora učenika koji nisu pod stresom odstupa za samo 0,524 % i ujedno je to najbolji medijan cjelokupnog istraživanja, najmanja pogreška. Na Grafu 9 prikazana je ovisnost procjene o stresu.

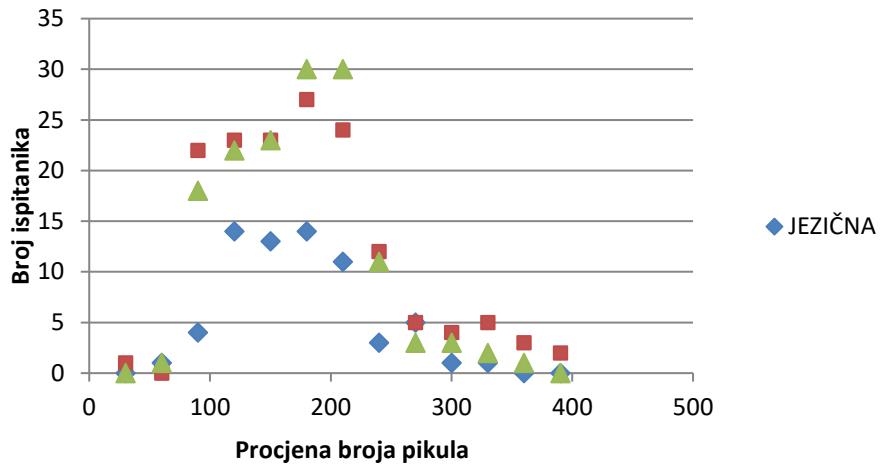


Graf 9. Ovisnost procjene o stresu

5.6 Ovisnost procjene broja pikula o smjeru koji pohađamo

Opće razmišljanje je da osobe koje su matematički nadarene, imaju bolje razvijenu logiku. Moja pretpostavka se temelji na tome, dakle osobe prirodoslovno-matematičkog smjera trebale bi najbolje pogoditi broj pikula u staklenci. Ta hipoteza nije se pokazala točnom, sve skupine podjednako su procjenjivale (Graf 10). Aritmetička sredina odgovora koje su dali jezičari iznosi 175,8, onih koje su dali učenici općeg smjera 177,9 i onih koji pohađaju prirodoslovno-matematičku gimnaziju 179,6. Razlika je zanemariva. Medijani kod učenika jezične i matematičke gimnazije su 180, a kod učenika opće gimnazije on iznosi 177. Mod je jednak kod sve 3 skupine i iznosi 200.

Ovisnost procjene broja pikula o smjeru kojeg učenici pohađaju



Graf 10. Ovisnost procjene broja pikula o smjeru koji pohađamo

6 Zaključak

Na temelju svog istraživanja donijela sam nekoliko važnih zaključaka. Bolje rezultate dobili smo kad smo povećali broj ljudi koji pristupa anketi. Imamo više odgovora i oni su transparentniji u anketi s pikulama. Odbacila sam hipotezu da procjena ovisi o spolu. Procjena ne ovisi ni o smjeru koji pohađamo. Velika je vjerojatnost da oni učenici koji su vješti matematičari imaju bolje razvijenu logiku, ali to nije presudno pri procjeni nekih vrijednosti. Stres je veliki faktor pri procjeni. Između ispitanika koji su pod stresom i onih koji nisu nailazimo na najveću razliku u odgovorima. Učenici koji su pod stresom imaju znatno slabiju sposobnost procjene.

Trebali bismo bolje procijeniti udaljenost, odnosno nekakvu veličinu koja nam je poznata i s kojom se svakodnevno susrećemo. Učenici koji u školu dolaze Vukovarskom ulicom, njenu su duljinu malo bolje procijenili nego oni učenici koji u školu dolaze drugim putem, ali ne mogu reći da je ta hipoteza u potpunosti potvrđena. Učenici koji su tjelesno aktivni imali su bolje rezultate, odnosno manja odstupanja. Oni su fizički zdraviji i ovo je još jedan dokaz o tome koliko sport može utjecati na naše zdravlje i inteligenciju.

Istraživanje bi se moglo nadograditi uvođenjem novih mjerila i uspoređivanjem istih. Recimo procjenjujemo li bolje ujutro ili navečer? Utječe li glad na naše procjene? Utječe li prostor ili društvo na naše procjene? Ima li dob veze sa sposobnošću dobre procjene? Mogli bismo isti broj pikula, ali u većoj posudi, dati istim ispitanicima. Tako bismo vidjeli procjenjujemo li bolje ili lošije ako imamo polupraznu posudu.

Mudrost gomile i nevjerojatna sposobnost procjene koja se u njoj javlja vrlo je plodno područje i žao mi je što nisam bila u mogućnosti provesti sva svoja mjerila u vezi iste.

7 Zahvale

Najviše se zahvaljujem svojoj mentorici, prof. Magdaleni Srdarević na odličnim savjetima i iznimnoj pomoći pri provođenju ovog istraživanja. Hvala Luki Korovu koji mi je pomogao pri statističkoj obradi podataka. Hvala profesoricama Vandi Louč, Sanji Grabusin i Lidiji Božić koje su mi pomogle pri samom provođenju ankete.

Literatura

- [1.] Goleman: Emocionalna inteligencija,2007.,Mozaik knjiga
- [2.] Surowiecki:Mudrost masa:zašto više ljudi zna i kako kolektivna mudrost utječe na poslovanje,privredu,društvo i narod,2007.,Profil
- [3.] <http://www.fotosofia.info/fotokolumna/Post.aspx?id=11> (27.11.2016.)
- [4.] http://www.fer.unizg.hr/dobrodosli/kako_uspjesno_studirati/stres (1.12.2016.)
- [5.] <http://wol.jw.org/hr/wol/d/r19/lp-c/2012167> (1.12.2016.)

PROBLEM 2. IZUMI SAM: "TIME-LAPSE" VIDEO ZAPISI - Alkoholno Vrenje

Darian Sergio

Mentor: Goran Gotlibović, prof.

1.PG, Prirodoslovna i grafička škola, Rijeka, Hrvatska

1 Uvod

Odabrao sam problem "*Izumi sam: "Time-lapse" video zapisi*". Njegov opis glasi: "Predložite vrlo spor fizikalni, biološki ili kemijski fenomen koji se može proučiti i predočiti korištenjem tehnike fotografiranja prolaska vremena (time-lapse). Proizvedite i prikažite takav video." Ovaj problem daje mnogo mogućnosti obrade, a ja sam kao kemijski, ali i biološki proces odabrao alkoholno vrenje.

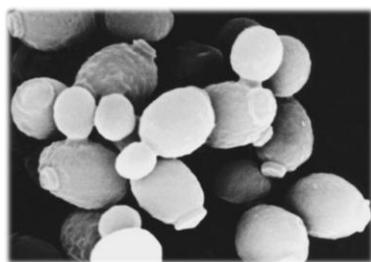
Želja mi je saznati kako kvaščeve gljivice iz glukoze dobivaju etanol i ugljikov dioksid, koju korist imaju od alkoholnog vrenja te ovisi li brzina reakcije o količini glukoze? Znam da je čovjeku najvažniji produkt alkoholnog vrenja upravo etanol, ali šteti li on kvaščevim gljivicama?

Najvažniji mi je zadatak osmislati i napraviti mjerjenje koje će pokazati promjenu volumena ugljikova(IV) oksida u ovisnosti o količini dodane glukoze u alkoholnom vrenju. Prepostavljam da će se količina dobivenog ugljikovog(IV) oksida linearno povećavati s povećanjem količine glukoze.

2 Teorijska podloga

2.1 Kvaščeve gljivice

Kvaščeve gljivice (Slika 1) su trivijalni naziv za jednostanične gljive roda *Saccharomyces*. Ovalnog ili okruglog oblika prosječne veličine oko $3\text{-}4 \mu\text{m}$. Mogu rasti u otopini s udjelom etanola do najviše 18%. Većinom se razmnožavaju nespolno (pupanjem), dok se rjeđe razmnožavaju spolno.



Slika 1. Pekarski kvasac (*Saccharomyces cerevisiae*) u pupanju

2.2 Metabolizam

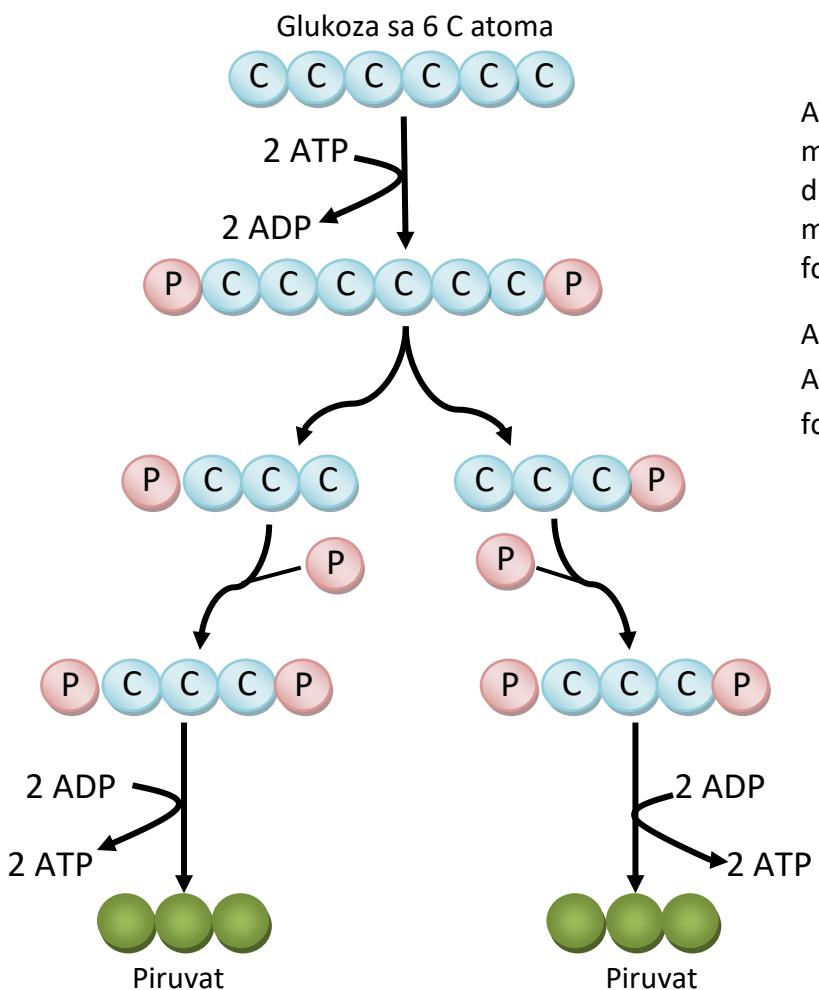
Metabolizam je jedno od osnovnih obilježja svakog živog bića. Procesi izmjene tvari i energije koji se događaju u stanici kako bi održali život nazivaju se metabolički procesi. Metabolizam je različit kod svakog pojedinog organizma i on određuje koje tvari će služiti kao izvor energije, a koje će tom organizmu štetiti. Životom organizmu upravo metabolički procesi omogućuju kretanje, rast i razvitak, razmnožavanje i prilagodljivost. Metabolizam se dijeli na katabolizam i anabolizam.

Katabolizam čine metabolički procesi koji složene molekule razgrađuju na manje, jednostavne molekule koje opet služe za izgradnju molekula bitnih organizmu.

Anabolizam također čine niz metaboličkih procesa, ali oni povezuju jednostavne molekule u složene, za što su potrebni produkti kataboličkih procesa i energija.

2.3 Glikoliza

Glikoliza je metabolički proces koji razgrađuje glukozu, a odvija se u citoplazmi stanica. Svrha glikolize je pretvorba glukoze ($C_6H_{12}O_6$) u piruvat (CH_3COCOO^-), odnosno anion pirogrožđane kiseline (Slika 2). Može biti aerobna ili anaerobna. Ukoliko je aerobna piruvat se dekarboksilira, tj. uklanja se karboksilna skupina ($-COO^-$), dok nakon anaerobne glikolize slijedi vrenje. Primarna uloga glikolize je dobivanje molekula ATP-a koje služe kao izvor energije uslijed hidrolize kovalentih veza između fosfatnih skupina.



ATP (adeozin-trifosfat)- molekula koja se sastoji od dušične baze adenin, momosaharida riboze i tri fosfatne skupine

ADP (adeozin-dvafosfat)- od ATP-a je uklonjena jedna fosfatna skupina

Slika 2. Pojednostavljeni prikaz procesa glikolize. Vidimo da su utrošene dvije molekule ATP-a, a dobivene su četiri.

2.4 Vrenje

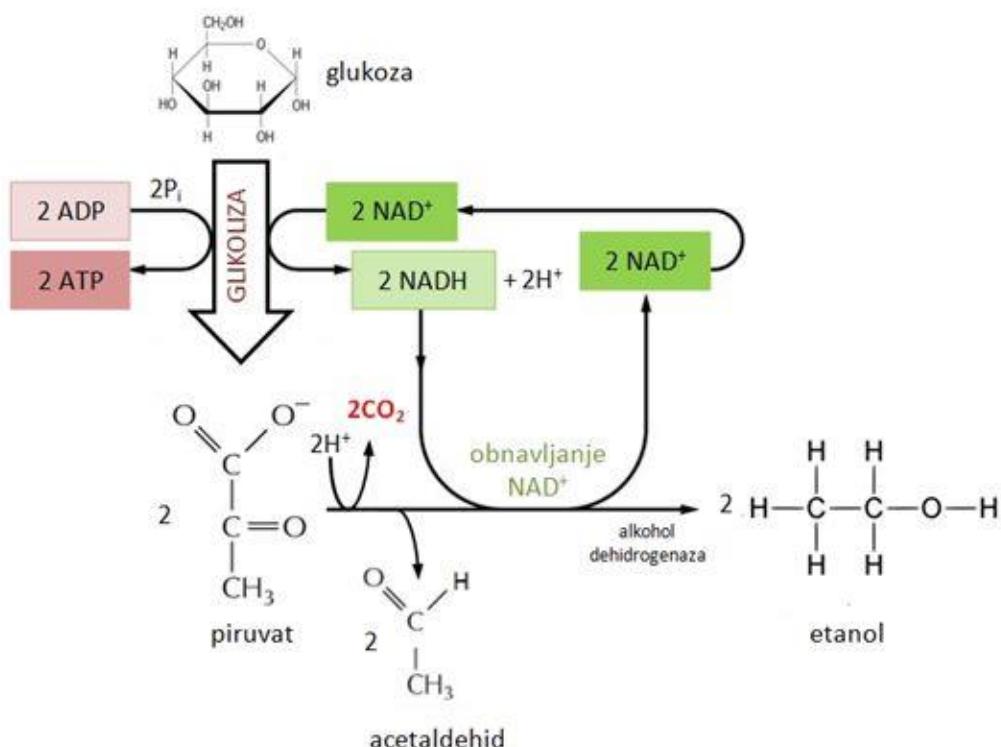
Vrenje je proces nepotpune razgradnje tvari, kojem primarna uloga nije dobivanje energije, nego obnavljanje nosača elektrona (NADH_2 i NAD^+) koji su nužno potrebni za proces glikolize, a time i dobivanje energije.

Alkoholnim vrenjem se monosaharidi sa 6 atoma ugljika (glukoza, fruktoza, manoza) razgrađuju u ugljični(IV) oksid i etanol bez prisutnosti zraka. Etanol je štetna tvar za stanice kvaščevih gljivica te ga se pokušavaju riješiti, dok ga mi iskorištavamo u industrijske svrhe. Također, kvaščeve gljivice nemaju nikakvu korist od ugljikovog(IV) oksida i zato ga otpuštaju, a nama može koristiti za određivanje intenziteta alkoholnog vrenja. Nadalje, ugljikov(IV) oksid je zaslužan za pjenušavost alkoholnih pića dobivenih navedenim vrenjem.

Alkoholno vrenje ima dvije faze. U prvoj se fazi monosaharid razgrađuje u piruvat, odnosno događa se proces glikolize, dok se u drugoj prvo piruvat dekarboksilira, otpuštajući ugljični

dioksid te nastaje acetaldehid. Tijekom pretvorbe acetaldehyda (CH_3CHO) u etanol obnavlja se nosač elektrona NAD^+ (Slika 3)

Postoje još i mlijeko vrenje (piruvat se razgrađuje u mlijeko kiselinu) te octeno vrenje (nastavlja alhoholno vrenje te iz etanola dobiva octenu kiselinu u aerobnim uvjetima).



Slika 3. Shematski prikaz reakcija u alkoholnom vrenju

3 Eksperimentalni pribor

Za potrebe izvođenja mjerjenja koristio sam:

1. suhi kvasac (proizvođač *Belbake*)
2. glukozu
3. tikvicu, stakleni štapić, staklenu čašu, menzuru (50 ml), staklenu posudu
4. špricu (5 mL)
5. mobilni uređaj s kamerom i instaliranim programom za time-lapse videe

4 Opis postupka mjerena

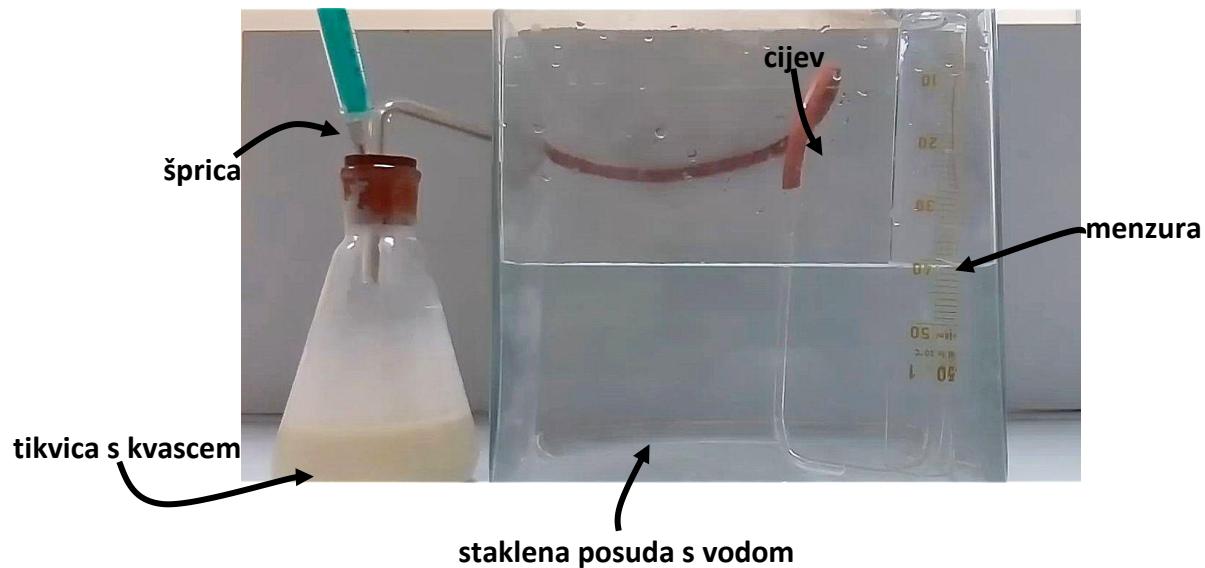
U uvodnom djelu napomenuo sam da će mjeriti promjenu volumena oslobođenog ugljikova(IV) oksida u ovisnosti o količini dodane glukoze tijekom vremena.

Na početku je bilo potrebno složiti odgovarajuću aparaturu. Dvije vrećice suhog kvasca (ukupno 14 g) usipao sam u staklenu času u kojoj se nalazilo 150 mL vode. Dobro sam promiješao dok nisam pripremio ujednačenu suspenziju te onda sadržaj prelio u tikvicu. Tikvicu sam zatvorio čepom na kojeg sam stavio špricu (Slika 4.) Čep ima i rupu za cijev. Veliku staklenu posudu napunio sam do $\frac{1}{2}$ volumena vodom. Menzuru (50 mL) sam uronio u staklenu posudu tako da se u potpunosti napunila vodom te je povezao s cijevi iz tikvice.



Slika 4. Suspenzija kvasaca u tikvici s priključenim gumenim crijevom i špricom za dodavanje otopine glukoze

U 50 mL vode otopio sam 2.5 g glukoze te dobio otopinu masenog udjela glukoze 5 %. Pomoću šprice u tikvicu sa suhim kvascem stavljao sam otopinu glukoze. Tada sam laganim pokretima rukom konstantno istom brzinom miješao sadržaj tikvice. U tikvici se odvijalo alkoholno vrenje te je kao produkt ugljikov(IV) oksid izlazio iz tikvice kroz gumenu cijev do menzure te iz nje istiskivao vodu. Volumen istisnute vode iz menzure jednak je volumenu nastalog plina u tikvici. Svake minute sam očitavao volumen ugljikova(IV) oksida u menzuri te ih zapisao u tablicu (Tablica 1. koja se nalazi u rezultatima). Cijeli postupak sam snimao mobilnim uređaj te pomoću programa za izradu time-lapse videa *Microsoft Hyperlapse Mobile* ubrzao snimljene video zapise.



Slika 5. Postavljena aparatura za sakupljanje plina

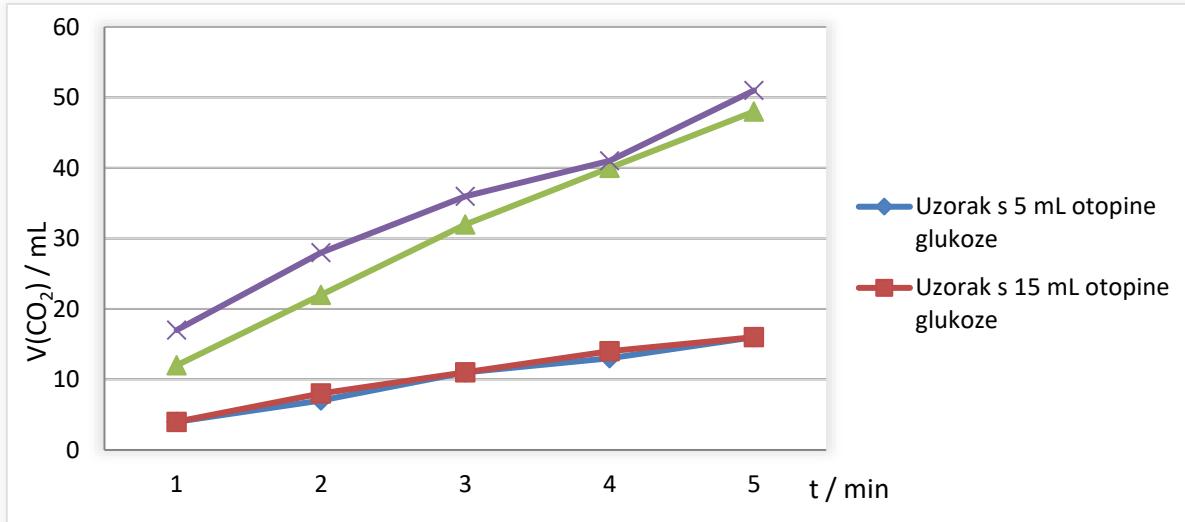
Odradio sam ukupno četiri mjerena, a svako je trajalo pet minuta. U prvom sam mjerenu dodao 5 mL otopine glukoze suspenziji kvasaca, dok sam u svakom sljedeću volumen dodane otopine glukoze povećao za 10 mL. Bitno je da se tijekom svih mjerena tirkvica miješa jednolikojer ako se miješa većom brzinom glukoza će lakše dolaziti do stanica kvaščevih gljivica te će sukladno tome ugljikov(IV) oksid brže nastajati u procesu alkoholnog vrenja.

5 Rezultati mjerena

U tablicu 1. unio sam očitane vrijednosti promjene volumena ugljikovog(IV) oksida tijekom vremena. Koristeći tablicu 1. u MS Excelu napravio sam grafički prikaz provedenih mjerena.

Tablica 1. Prikaz rezultata mjerena promjene volumena oslobođenog ugljikova(IV) oksida u ovisnosti o količini dodane glukoze

t / min	$V(\text{CO}_2) / \text{mL}$ (5 mL glukoze)	$V(\text{CO}_2) / \text{mL}$ (15 mL glukoze)	$V(\text{CO}_2) / \text{mL}$ (25 mL glukoze)	$V(\text{CO}_2) / \text{mL}$ (35 mL glukoze)
1	4	4	12	17
2	7	8	22	28
3	11	11	32	36
4	13	14	40	41
5	16	16	48	51



Graf 1. Grafički prikaz promjene volumena oslobođenog ugljikova (IV) oksida u ovisnosti o količini dodane glukoze

6 Rasprava o dobivenim rezultatima

Najvažniji cilj ovog projekta je pokazati promjenu volumena ugljikovog(IV) oksida u ovisnosti o količini glukoze. Iz prikazanog grafa možemo vidjeti da je promjena volumena ugljikovog(IV) oksida kod prva tri mjerena poprilično linearna, dok je u četvrtom mjerenu u prvoj minuti veliki skok.

Usporedimo li prvo i drugo mjerjenje te treće i četvrto možemo vidjeti kako su očitane vrijednosti vrlo blizu, ali postoji značajno povećanje oslobođenog volumena plina između drugog i trećeg mjerjenja. Moja pretpostavka je da se pri količini glukoze u trećem mjerenu kvaščeve gljivice naglo aktiviraju jer im je ta količina glukoze najoptimalnija i najbrže se događa alkoholno vrenje budući da imaju dovoljnu količinu hranjivih tvari za metaboličke procese. Ukoliko idemo dodavati veće količine glukoze kao u četvrtom mjerenu, malo je povećanje volumena ugljikovog(IV) oksida u usporedbi s trećim uzorkom jer kvaščeve gljivice, vjerojatno, nisu u stanju obraditi tu količinu glukoze.

Prostor za poboljšanje: mjerjenje kroz duži vremenski period, manje razlike u dodanim volumenima glukoze.

7 Zaključak

Rad na ovom projektu je za mene bio vrlo zanimljiv i poučan. Početna hipoteza mi je bila da će se količina dobivenog ugljikovog(IV) oksida linearno povećavati s povećanjem količine glukoze, ali mjeranjima sam dokazao da je to pogrešno. Naučio sam da se u živim bićima rijetko kada što događa u potpuno linearnoj pravilnosti jer mnoštvo uvjeta utječe na metaboličke procese i

svako novo mjerjenje rezultirat će vrlo sličnim, ali rijetko kada potpuno identičnim rezultatima. Drago mi je što za mentora imam profesora Gorana Gotlibovića i veselim se nastavku rada s njime.

8 Prilog

Snimke mjerena:

1. mjerjenje (suspenzija kvaščevih gljivica + 5 mL glukoze) - ubrzanje 32 puta
2. mjerjenje (suspenzija kvaščevih gljivica + 15 mL glukoze) - ubrzanje 4 puta

Napomena: Snimke prvog i drugog mjerjenja traju 10 min, ali za potrebe sam uzeo samo prvih 5 minuta.

Literatura

- [1] Rusak, Katušić, Penić: Živi svijet, udžbenik biologije za prvi razred gimnazije, 2014, Profil
- [2] Reese, Urry, Cain, Wasserman, Minorsky, Jackson: Campbell Biology tenth edition, 2014, Pearson
- [3] Nelson, Cox: Lehninger Principles of Biochemistry sixth edition, 2013, W. H. Freeman and Company
- [4]http://www.veleri.hr/files/datoteke/nastavni_materijali/k_vinarstvo_2/1a__fermentacije_stabilizacije.pdf; zadnji pristup: 22.12.2016.
- [5]<http://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odgovor405.htm>; zadnji pristup: 22.12.2016.
- [6]<http://proleksis.lzmk.hr/33386/>; zadnji pristup: 22.12.2016.

PROBLEM 6. JABUKE

Luka Mikšić

Mentor: Darinka Ivković-Ciganović, prof.

8.c, OŠ Turanj, Karlovac, Hrvatska

1 Uvod

„Zašto kriške jabuke posmeđe nakon rezanja? Istražite brzinu ovog procesa i testirajte metode za sprječavanje ove pojave.“

Kriške jabuke posmeđe nakon rezanja jer zbog oštećenja tkiva rezanjem dođu u kontakt polifenolni spojevi s enzimom polifenoloksidazom (u dalnjem tekstu PPO) sadržani u jabukama i kisikom iz zraka. Polifenolni spojevi s kisikom uz djelovanje PPO stvaraju spojeve koji reagiraju s drugim spojevima iz jabuke pri čemu nastaju smeđe obojeni pigmenti. Reakcija oksidacije polifenolnih spojeva s kisikom ovisi o aktivnosti enzima polifenoloksidaze. Ispitao sam i mjerio vrijeme i intenzitet posmeđivanja nekoliko autohtonih i križanih sorti pri sobnoj temperaturi te usporedio brzinu i intenzitet tamnjenja uz istu prisutnost kisika. Da bih istražio metode sprečavanja tamnjenja mjerio sam vrijeme i intenzitet tamnjenja u različitim temperaturnim uvjetima, poprskane zasićenim otopinama različitih tvari i uranjane u te otopine u vremenu od jedne minute.

2 Teorijska razrada problema

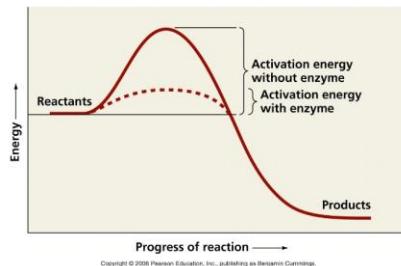
2.1 Polifenoli

Polifenoli su sekundarni biljni metaboliti koji predstavljaju široku skupinu u prirodi vrlo rasprostranjenih organskih spojeva. Imaju ulogu u pigmentaciji, rastu, reprodukciji te obrani od bolesti i štetočina i povoljni su za ljudsko zdravlje zahvaljujući svojim antioksidativnim svojstvima. (1) Antioksidacijskim djelovanjem neutraliziraju slobodne radikale koji nastaju u organizmu kao posljedica metabolizma stanice a karcinogeni su. Sadržaj fenolnih spojeva u plodovima ovisi o sorti, klimatskim uvjetima i dr..

2.2 Enzimi

Enzimi su biološki katalizatori (biokatalizatori). Kao katalizatori pospješuju brzinu kemijske reakcije, a da se pri tome sami ne troše i ne mijenjaju. Po kemijskom sastavu su globularni proteini relativne molekulske mase 10000 -100000. Neki enzimi osim proteinskog dijela sadrže i neproteinski dio prostetsku skupinu. Svaki enzim sadrži aktivno mjesto na koji se veže supstrat (molekula na kojoj će doći do kemijske reakcije) slabim kemijskim vezama. Enzim djeluje vrlo specifično po modelu „ključ-brava“ jer reagira samo s jednim supstratom pri čemu može

ubrzavati reakciju za faktor 10^8 - 10^{10} stvaranjem među produkta enzim supstrat. Energija aktivacije se znatno snižava što pogoduje brzini reakcije prikazano na Slika 1.



Slika 1. Energija aktivacije

Proteini gube prirodnu strukturu i funkciju pri višoj temperaturi, u kiselom, lužnatom, sa solima teških metala i u alkoholu. Zbog toga aktivnost enzima ovisi o temperaturi, pH sredine u kojoj djeluje, o prisustvu tvari koje stvaraju komplekse s metalima u aktivnom mjestu enzima i o koncentraciji supstrata. Optimalna temperatura je od 20 do 40 °C, a pH optimalni od 4 do 8. Ima više vrsta enzima koji se razlikuju po načinu djelovanja ili prema supstratu na koji djeluju.

Enzim polifenol oksidaza (PPO)

Pripada u oksidoreduktaze, koji sadrži bakar u aktivnom mjestu, a katalizira oksidaciju polifenola u spojeve koji su jako reaktivni pa reagiraju sa fenolnim spojevima i amino kiselinama pri čemu nastaju smeđe obojeni pigmenti. PPO se u biljnoj stanici nalazi u citoplazmi dok se fenolni spojevi nalaze većinom u vakuolama. Do reakcije dolazi oštećenjem biljnog tkiva prilikom kojega enzim (PPO) dolazi u kontakt sa svojim supstratom (polifenoli), a posljedica reakcije je posmeđivanje biljnog tkiva. Reakcije enzimatskog posmeđivanja koje katalizira PPO smanjuju kvalitetu bilja (voća i povrća).

2.3 Parametri(hipoteza)

Plodovi jabuka sadrže značajne količine polifenolnih spojeva što povoljno utječe na zdravlje čovjeka. Zbog prisutne količine polifenolnih spojeva podložne su enzimskom posmeđivanju. Enzimsko posmeđivanje je funkcija aktivnosti enzima PPO i koncentracije supstrata (polifenola) u jabukama o čemu ovisi stupanj posmeđivanja. Posmeđivanje ne rezultira samo promjenom boje nego i promjenama drugih senzorskih svojstava kao što su okus, miris i tekstura, te promjenama nutritivne vrijednosti. Autohtone sorte su bogatije polifenolima, a time i sklonije posmeđivanju. Da bi se izbjeglo enzimsko posmeđivanje u križanim komercijalnim sortama genski je znatno smanjena količina polifenola.

Prepostavio sam da će različitom brzinom posmeđivati ispitivane sorte. Prepostavio sam da će autohtone sorte brže i intenzivnije tamniti od križanih na sobnoj temperaturi zbog većeg sadržaja polifenola. Pošto su enzimi po kemijskom sastavu proteini podložni su denaturaciji pri

uvjetima koje sam naveo. Pretpostavio sam da će niska i visoka temperatura, pH sredine (limunska kiselina, djelomično askorbinska kiselina, soda bikarbona) i neki drugi spojevi koji će smanjiti aktivnost enzima stvarajući kompleks u aktivnom mjestu enzima spriječiti (posmeđivanje) kod ispitivanih sorti jabuka (etanol, k.sol, soda bikarbona). Također sam pretpostavio da neki antioksidansi koji su slični polifenolima (supstratu) po antioksidacijskom djelovanju mogu spriječiti oksidaciju i posmeđivanje (askorbinska kiselina-vitamin C, sok crvenog kupusa, glukoza).

3 Eksperimentalni postav

Za eksperiment sam koristio oguljene i narezane jabuke po dužini debljine približno 1 cm, satna stakalca, Petrijeve zdjelice, boćice prskalice, boćice kapalice sa zasićenim otopinama (glukoza, vitamin C, sok crvenog kupusa, limunska kiselina, soda bikarbona, kuhinjska sol) i 96% etanol, staklene čaše od 100 mL, nož sa tankom oštricom, hladnjak, pećnicu, tronožac, mrežicu, plinski plamenik, čašu od 200 mL, vodu i termometar.



Slika 2. Eksperimentalni postav prskanjem



Slika 3 Eksperimentalni postav uranjanjem

4 Metode i mjerene

Mjerenje sam proveo na 2 autohtone (Repica i Citronka (žuta)) i 2 komercijalne (Braeburn i Zlatni delišes) sorte jabuka. Pripremio sam navedene zasićene otopine, napunio boćice prskalice i boćice kapalice označene naljepnicama. Zatim sam ispred boćica prskalice stavio satna stakalca i još tri stakalca za hladnjak, sobnu temperaturu i pećnicu na 70°C . Ogulio sam jabuku, izrezao na jednake kriške, stavio na satna stakalca. Jednu stavio u hladnjak (3°C), drugu u pećnicu 5 min (70°C), a treću ostavio na sobnoj temperaturi ($21\text{-}22^{\circ}\text{C}$). Ostale sam poprskao sa navedenim otopinama. Pratio sam prvu promjenu boje, daljnih 10, 20, 30, 60, 90, 120 min i drugi dan približno nakon 24 sata. Ponovio sa ostalim sortama. Nakon toga sam proveo ista mjerenja uranjanjem krišaka jabuka u 25 mL zasićene otopine u trajanju od jedne minute nakon čega sam ih izvadio iz otopina i stavio na Petrijeve zdjelice, a umjesto pećnice uranjao sam također jednu minutu u vruću vodu temperature $70\text{-}80^{\circ}\text{C}$. Redoslijed uvjeta i otopina na slici je

jednak redoslijedu u tablici. Sva mjerena sam ponovio i uzeo srednju vrijednost. Mjerenja uranjanjem sam proveo da bih bio siguran da su jabuke jednolično natopljene ispitivanim otopinama. Ove otopine sam izabrao iz dva razloga. Prvi razlog je iskustvo iz svakodnevnog života da se voće prska limunovim sokom, rumom ili posipa šećerom da ne potamni. Drugi je razlog da su sve kemikalije iz kuhinje neotrovne.

5 Rezultati i rasprava

Metodom prskanja i uranjanja u otopine dobio sam približno iste rezultate i uzeo srednje vrijednosti.

5.1 Sorta Zlatni delišes



Slika 4 Eksperimentalni postav za sortu zlatni delišes



Slika 5 Zlatni delišes nakon 24 sata potapanjem

	Vrijeme posmeđivanja/min				
Uvjeti	početak	90	120	16 h	24 h
Sobna temperatura	16 h			(+)	(+)
Hladnjak	16h			(+)	(+)
Pećnica ° C		90 (+)		(++)	(++)
Vitamin C(aq)	ne				
Glukoza(aq)	ne				
Sok crvenog kupusa(aq)	ne				
Limunska kiselina(aq)	ne				
Soda bikarbona(aq)		120 (+)	(+)	k(+)	k(+) (++)
Kuhinjska sol(aq)	ne				
Etanol 96 %		90 (+)		(++)	(++)

Tablica 1 Rezultati mjerena sorte jabuka Zlatni delišes

Zlatni delišes je križana komercijalna sorta koja počinje posmeđivati na sobnoj temperaturi i u hladnjaku tek za 16 sati i tako ostaje i za 24 sata. Povišena temperatura, soda bikarbона i etanol

pospješuju posmeđivanje koje počinje od 90 do 120 minuta. Vitamin C, glukoza, sok crvenog kupusa, limunska kiselina i kuhinjska sol sprečavaju potpuno enzimsko posmeđivanje ove sorte jabuka u vremenu od 24 sata. Očekivao sam usporavanje i sprječavanje posmeđivanja u odnosu na sobnu temperaturu kod svih otopina, niske i povišene temperature.

5.2 Sorta Braeburn



Slika 6 Eksperimentalni postav za sortu Braeburn Slika 7 Braeburn nakon 24 sata

Uvjeti	Vrijeme posmeđivanja/min				
	početak	15	120	17h	24h
Sobna temperatura	120		(+)	(+)	(+)
Hladnjak	17h			(+)	(+)
Temperatura 70° C	15	(+)		r(++)	r(++)
Glukoza(aq)	120		r(+)	r(+)	r(+)
Vitamin C(aq)					
Sok crvenog kupusa(aq)	17h			r(+)	r(+)
Limunska kiselina(aq)					
Soda bikarbona(aq)	120		r(+)	r(++)	r(++)
Kuhinjska sol(aq)					
Etanol 96 %	17	(+)	(++)	(++)	(+++)

Tablica 2 Rezultati mjerena sorte jabuka Braeburn

Braeburn je križana komercijalna sorta koja na sobnoj temperaturi, glukozi i sodi bikarboni počinje smeđiti za 120 min i nema značajne promjene za 24 sata. Etanol i povišena temperatura znatno ubrzavaju posmeđivanje koje počinje od 15-17 min. U hladnjaku i soku crvenog kupusa proces se odgađa do 17 sati, a promjene nema do 24 sata. Vitamin C, limunska kiselina i kuhinjska sol sprečavaju potpuno enzimsko posmeđivanje ove sorte jabuka i do 24 sata.

5.3 Sorta Repica



Slika 8 Sorta Repica



Slika 9 Repica u potapanju



10 Repica nakon 24 sata

Uvjeti	Vrijeme posmeđivanja/min				Intenzitet boje			
	početak	10	30	60	90	180	10h	24 h
Sobna temperatura	(+)	5			(++)	(+++)	(+++)	(+++)
Hladnjak	(++)	90			(++)	(+++)	(+++)	(+++)
Pećnica ° C	(+)	7			(++)	(+++)	(+++)	(+++)
Vitamin C(aq)	ne							
Glukoza(aq)	(+)4				(++)	(+++)	(+++)	(+++)
Sok crvenog kupusa(aq)	(+)	90			(+)	(+)	(+)	(++)
Limunska kiselina(aq)	ne							
Soda bikarbona(aq)	3				(++)	(+++)	(++++)	(++++)
Kuhinjska sol(aq)	ne							(++)
Etanol 96 %	2		(+++)		(++++)	(++++)	(+++++)	(++++++)

Tablica 3 Rezultati mjerenja sorte jabuka Repica

Repica je autohtona sorta koja na sobnoj temperaturi, povišenoj temperaturi, glukozi i sodi bikarboni i etanolu vrlo brzo počinje smeđiti za 7 min što se zadržava do približno 90 min, nakon čega maksimum dostiže za 3 sata. U hladnjaku i soku crvenog kupusa proces se odgađa do 90 min, nakon čega u hladnjaku dosiže maksimum za 3 sata, a u soku crvenog kupusa tek se neznatno boja promjeni za 24 sata. Vitamin C, limunska kiselina sprečavaju potpuno enzimsko posmeđivanje ove sorte jabuka i do 24 sata. U k.soli počinje tamniti tek prije 24 sata.

5.4 Sorta Citronka-sitna žuta



Slika 11 Eksperimentalni postav za sortu Citronka



Slika 12 Citronka nakon 24 sata

	Vrijeme posmeđivanja/min				Intenzitet boje 1-6		
Uvjeti	početak	10	60	120	210	6h	24 h
Sobna temperatura	(+)	10	(+)	(+)	(++)	(++)	(++)
Hladnjak 3° C	(+)	60		(+)	(++)	(++)	(++)
Temperatura 70° C	(+)	20		(+)	(++)	(+++)	(+++)
Vitamin C(aq)	ne						
Glukoza(aq)	(+)	40		(+)	(+)	(++)	(++)
Sok crvenog kupusa(aq)	(+)	60		(++)	(+++)	(+++)	(+++)
Limunska kiselina(aq)	ne						
Soda bikarbona(aq)	(+)	10	(+)	(+)	(++)	(++)	(++++)
Kuhinjska sol(aq)	(+)	24h					(+)
Etanol 96 %	(+)	15		(+++)	(++++)	(++++)	(+++++)

Tablica 4 Rezultati mjerjenja sorte jabuka Citronka

Citronka je autohtona sorta koja na povišenoj temperaturi, sodi bikarboni, etanolu i glukozi kao i na sobnoj temperaturi brzo počinje smeđiti za 10-40 min što se zadržava do približno 90 min, nakon čega maksimum dostiže za 3,5 sati. U hladnjaku i soku crvenog kupusa proces se odgađa do 60 min, nakon čega u hladnjaku i soku crvenog kupusa dosiže maksimum za 2 sata, a boja se ne promjeni za 24 sata. Vitamin C, limunska kiselina sprečavaju potpuno enzimsko posmeđivanje ove sorte jabuka i do 24 sata. U k.solima počinje tamniti tek nešto prije 24 sata.

6 Zaključak

Prepostavio sam da autohtone sorte jabuka brže i intenzivnije smeđiti zbog većeg sadržaja polifenola što sam mjerenjima i dokazao.

Unutar autohtonih i križanih sorti postoje razlike u brzini posmeđivenja na sobnoj temperaturi.

Od križanih sorti Zlatni Delišes počinje posmeđivati za 16 sati , a Braeburn za 2 sata.

Od autohtonih sorti Citronka posmeđuje dvostruko sporije od Repice (približno 5 do 10 min).

Očekivao sam usporavanje i sprječavanje posmeđivanja u odnosu na sobnu temperaturu kod svih otopina, niske i povišene temperature. Enzimatsko posmeđivanje sprječavaju limunska kiselina, vitamin C i kuhinjska sol. Kako se radi o voću sol nije praktična za sprječavanje smeđenja.

Iz rezultata mjerenja je vidljivo da povišena temperatura, soda bikarbona i etanol ne sprečavaju smeđenje jabuka na zraku kod ni jedne ispitivane sorte jabuka. Što više, kod križanih sorti ubrzavaju proces 8 puta. U literaturi je opisano neenzimatsko posmeđivanje kojem pogoduje povišena temperatura, lužnata sredina i organska otapala, a odvija se u reakciji između šećera i dušika iz proteina (enzimi). (2) Glukoza sprječava smeđenje samo kod sorte Zlatni delišes, ali kod ostalih sorata nema utjecaja na enzimatsko posmeđivanje.

Sok crvenog kupusa (antioksidans) i niska temperatura odgađaju (usporavaju) proces tamnjjenja kod svih ispitanih sorti, a kod komercijalnih sorti vrijeme početka tamnjjenja je duže nego kod autohtonih zbog manjeg sadržaja polifenola. Antioksidans se potroši u redukciji do supstrata, a niska temperatura koja se postiže u hladnjaku nije dovoljna.

Moglo bi se ispitati sa različitim koncentracijama otopina i na nižoj temperaturi u dubinskom zamrzivaču. Moglo bi se također ispitati kako vrijeme potapanja u otopine utječe na posmeđivanje.

7 Literatura

- [1] Ivana Bečić, Ivana Polović. Utjecaj područja uzgoja i termina berbe na koncentraciju antocijana, elaginske kiseline i derivata te antioksidacijsku i antimikrobnuaktivnost sjemenki nara, Prehrambeno biotehnološki fakultet, Zagreb, 2013. preuzeto s www.unizg.hr/rektorova/upload.../Becic%20Polovic%20Rektorova%202013.doc
- [2] Midhat Jašić, Tehnologija hrane, Tehnološki fakultet ,Tuzla, 2013., preuzeto s <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/biljni-pigmenti>
- [3] Peter Karlson, Biokemija za studente kemije i medicine, Školska knjiga, Zagreb, 1993.
- [4] Božidar Štraus, Medicinska biokemija, Jumena, Zagreb, 1988.
- [5] Milan Sikirica,B.Korpar-Čolig, Organska kemija, udžbenik kemije za IV. razred gimnazije , Školska knjiga, Zagreb, 1998.
- [6] Enzimi i njihova podjela, Tijana Delić, seminarski

rad, PMF, Sarajevo, 2016. , preuzeto s <https://id.scribd.com/doc/306816437/Enzimi-i-Njihova-Podjela>

[7] Irena Janković, Izolacija, pročišćavanje i djelomična karakterizacija polifenoloksidaze iz jabuka, diplomska rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet , Osijek, 2014., preuzeto s <https://repozitorij.ptfos.hr/islandora/object/ptfos%3A320/dastream/PDF/view>

[8]. Nives Bušić, Enzimsko posmeđivanje jabuka, završni rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2014., preuzeto s <https://repozitorij.ptfos.hr/islandora/object/ptfos%3A61>

[9] <http://www.tehnologijahrane.com/hemijahrane/konzervansi#toc-literatura>

[10]. Skupina studenata, Inhibicija posmeđivanja patlidžana, seminarski rad, Prehrambeno tehnološki fakultet, Tuzla, 2012. preuzeto s <http://documentslide.com/documents/univerzitet-u-tuzli-5685ddbe67db2.html>

[11] Priručnik tradicionalnih , autohtonih vrsta i sorti jabuka PP Žumberak

PROBLEM 6. JABUKE

Elena Lukačević

Mentorica: Marijana Žgela Putniković, prof.

1.c, V. gimnazija, Zagreb, Hrvatska

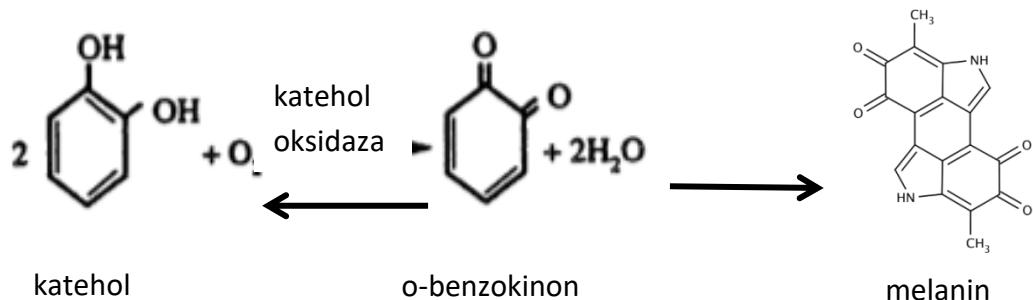
1 Uvod

„Zašto kriške jabuke posmeđe nakon rezanja? Istražite brzinu ovog procesa i testirajte metode za sprječavanje ove pojave.“ U ovom problemu zadatak je bio istražiti zašto jabuke posmeđe kada dođu u kontakt sa zrakom, kako toj reakciji možemo promijeniti brzinu i kako ju možemo spriječiti? Odlučila sam pokuse odraditi sa isciđenim sokom jabuke te promatrati brzinu reakcije pomoću kolorimetra, odnosno praćenjem promjene apsorbancije u vremenu.

2 Teorijska razrada problema

2.1 Reakcija

Kada jabuku izložimo zraku ona posmeđi. Fenoli koji se nalaze u stanicama jabuke, uglavnom spojevi nastali od katehola, reagiraju s kisikom iz zraka te se događa proces oksidacije. Nastaje spoj žute boje 1,2- benzokinon i molekula vode, a iz 1,2- benzokinona, uz pomoć enzima polifenol oksidaze nastaje melanin – prirodni pigment smeđe boje. Jednadžba kemijske reakcije glasi:



2.2 Brzina reakcije i parametri

Brzina te kemijske reakcije ovisi o nekoliko čimbenika. Površini jabuke, temperaturi, te prisustvu drugih tvari koje mogu kemijski reagirati sa sudionicima reakcije ili se ponašati kao katalizatori ili inhibitori. Ako povećamo površinu jabuke koja je izložena kisiku, povećat će se i brojnost reaktanata koji mogu doći u međusobni kontakt i dovesti do kemijske reakcije. Temperatura bi trebala dodatno ubrzati reakciju, a naročito dodatak katalizatora. Za usporavanje reakcije poželjno je dodati jabuci nekakav inhibitor ili obzirom da se radi o procesu oksidacije, antioksidans.

Uobičajeno je brzinu kemijske reakcije opisati kao promjenu množinske koncentracije nekog reaktanta ili produkta u određenom vremenu, kroz njegov stehiometrijski koeficijent:

$$v = \frac{\Delta c(katehol)}{v(katehol)\Delta t} = \frac{\Delta c(o-benzokinon)}{v(o-benzokinon)\Delta t} = \frac{\Delta c(melanin)}{v(melanin)\Delta t}$$

Množinska koncentracija fenola ili spoja koji nastaje oksidacijom iskazuje se kao množina otopljene tvari u 1 L otopine. Što znači da bi se brzina ove kemijske reakcije najbolje mogla opisati u vodenom mediju. To se može postići tako da se napravi vodena otopina sastojaka jabuke, odnosno jabučni sok i u njemu mjeri brzina nastajanja smeđeg produkta.

2.3 Apsorpcija

Način na koji možemo mjeriti brzinu oksidacije fenola jest pomoću mjerjenja apsorbancije. Svaka tvar apsorbira neke njoj svojstvene valne duljine svjetlosti. Tvar ili njezina otopina bit će obojena ako apsorbira u vidljivom djelu spektra, a intenzitet boje otopine ovisi o koncentraciji otopljene tvari. Čestice otopljene tvari apsorbiraju energiju koja im je potrebna za reakciju. Instrument pomoću kojeg mjerimo apsorbanciju naziva se kolorimetar.

Apsorbancija ovisi o 3 parametra i može se izračunati pomoću jednadžbe:

$$A = \varepsilon b c$$

pri čemu A predstavlja apsorbanciju, ε - svojstvo sustava, b -duljinu puta kroz koji prolazi zračenje kroz uzorak, a c množinsku koncentraciju tvari koja apsorbira svjetlost.

U istom sustavu i sa istim kivetama možemo prepostaviti da je:

$$\Delta A = \varepsilon b \Delta c$$

pa iz toga možemo definirati i novi izraz za brzinu reakcije:

$$v = \frac{\Delta A(melanin)}{v(melanin)\Delta t} \left[\frac{1}{s} \right]$$

Obzirom da je melanin polimer, prepostaviti ćemo i da je njegov stehiometrijski koeficijent u reakciji 1.

3 Hipoteza

Prepostavljam da će reakcija biti sporija ako je u prisutstvu antioksidansa (jer su inhibitori) a brža ako se odvija na višoj temperaturi (zbog količine energije).

4 Aparatura

4.1 Potrebni pribor

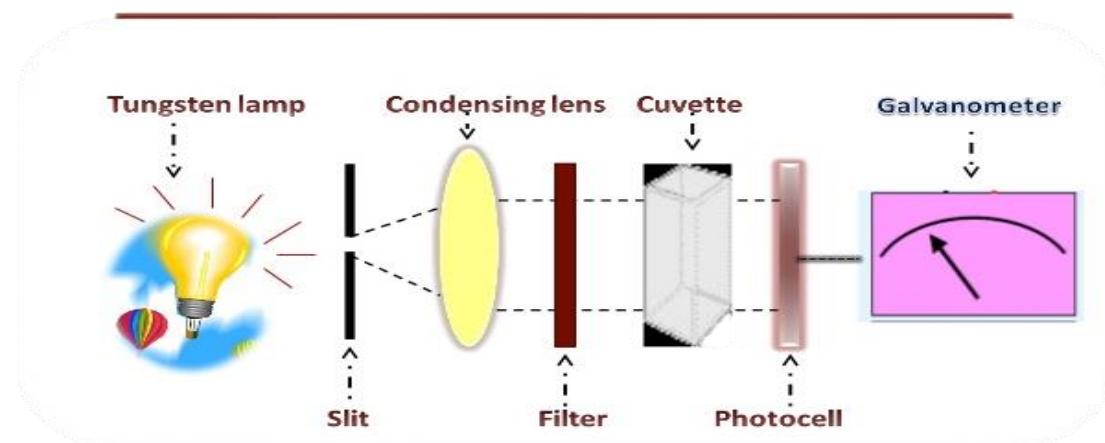
Za izvođenje ovog pokusa koristila sam: lijevak, 2 kivete, vatu, gaza, špricu (5ml), prešu za hranu, vodena otopina limunske kiseline (antioksidans), vodena otopina vitamina C, tj. askorbinske kiseline (antioksidans), destilirana voda, kolorimetar.



Slika 1. Korištena aparatura

4.2 Način rada kalorimetra

Kolorimetar ima prostor izoliran od dnevnog svjetla u kojemu se nalazi lampica koja propušta svjetlost kroz uzorak te sa suprotne strane uzorka fotoćeliju pomoću koje očitava kolika svjetlost dopire do fotoćelije kroz uzorak tj. koliku svjetlost je uzorak apsorbirao.

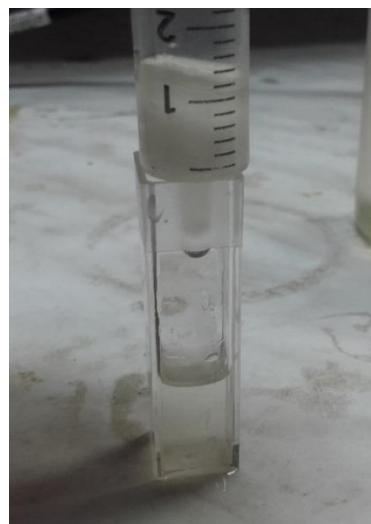


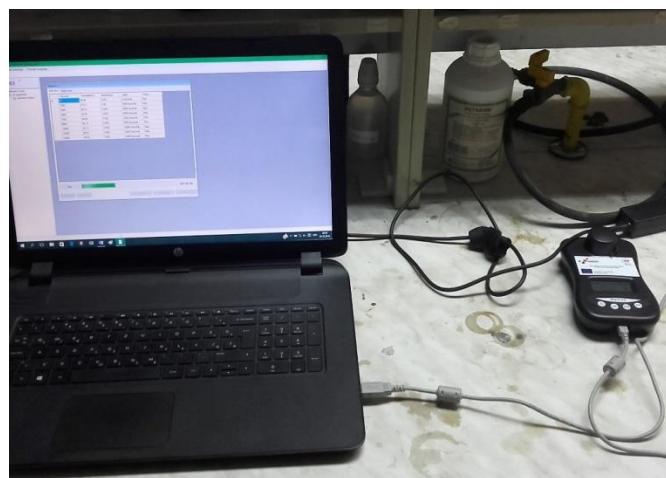
Slika 2. Shema rada kolorimetra

5 Pokus

Postupak izvođenja:

1. U prešu za hranu stavila sam gazu kako bi se jabuka bolje usitnila, na gazu sam stavila jabuku i usitnjavala ju dok nisam dobila željenu količinu soka (1,25 ml)
2. Dobiveni sok od jabuke sam usipala u drugu kivetu u kojoj je bila pripremljena destilirana voda (2,75ml)
3. Sadržaj druge kivete sam profiltrirala kroz vatu u injekcijskoj šprici
4. Vodenu otopinu jabučnog soka sam stavila u kolorimetar te mjerila količinu apsorbancije u 12 sati a vrijednosti zapisivala svakih 30 minuta





Slika 3. Slike postupka izvođenja mjerena

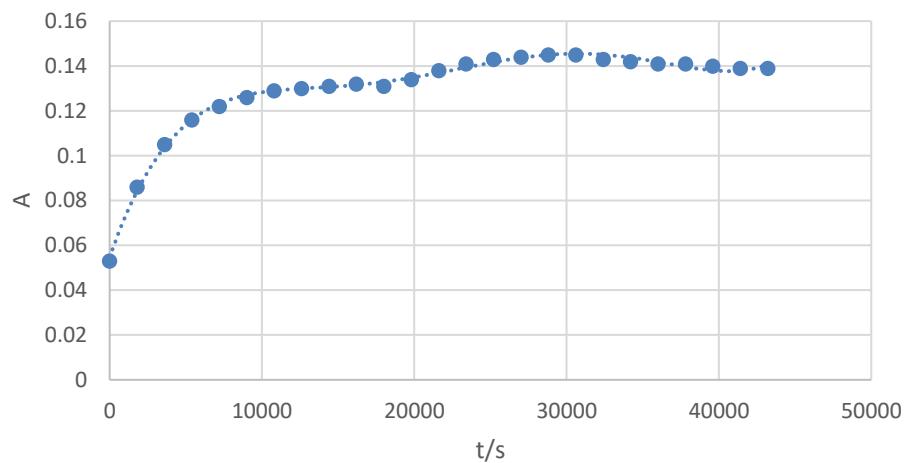
Pokus sam ponovila ali sam umjesto vode stavlja istu količinu vodene otopine limunske kiseline i vodene otopine vitamina C te sam napravila pokus samo sa jabučnim sokom. Pokus sa čistim jabučnim sokom ponovila sam na različitim temperaturama.

Parametri:

- Prisutstvo antioksidansa
- Temperatura

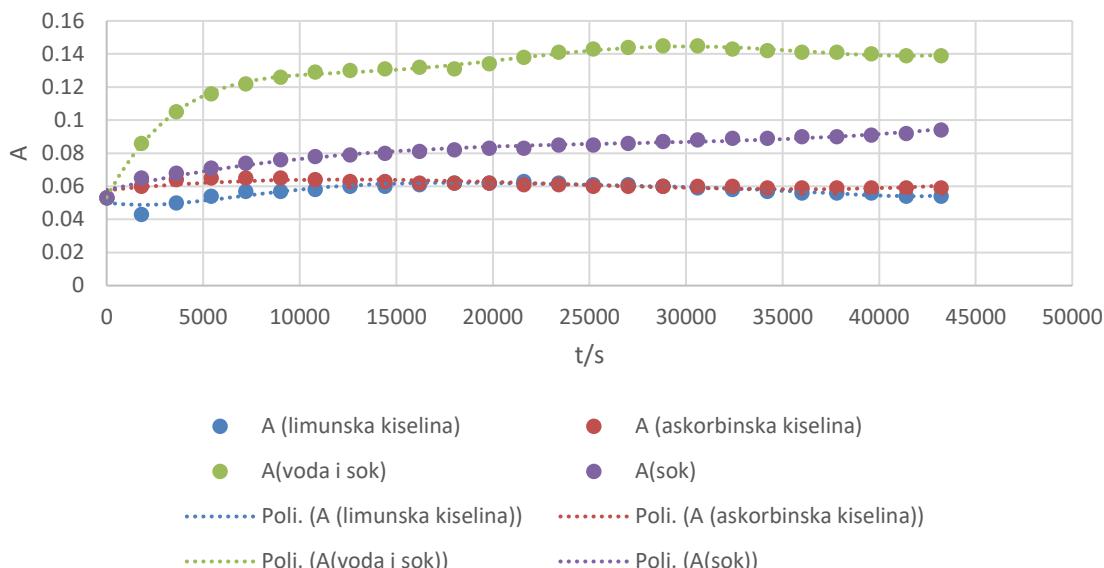
6 Rezultati

Oksidacija vodene otopine jabučnog soka



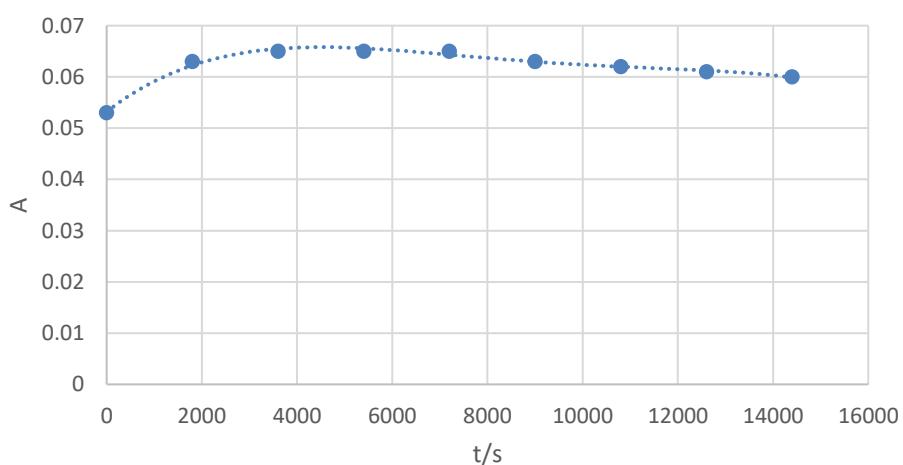
Graf 1. Brzina oksidacije vodene otopine jabučnog soka

Apsorbancije 4 uzorka



Graf 2. Uspoređene brzine reakcija 4 uzorka

Oksidacija jabukučnog soka na 30° C



Graf 3. Brzina reakcije jabučnog soka na povišenoj temperaturi

Na temelju rezultata možemo izračunati prosječnu brzinu kemijske reakcije u periodu od 12 sati.

Brzina reakcije nastanka melanina u jabučnom soku:

$$v = \frac{\Delta A(\text{melanin})}{v(\text{melanin})\Delta t} = \frac{0,054 - 0,053}{12 \text{ h}} = 8,33 \times 10^{-5} \text{ h}^{-1}$$

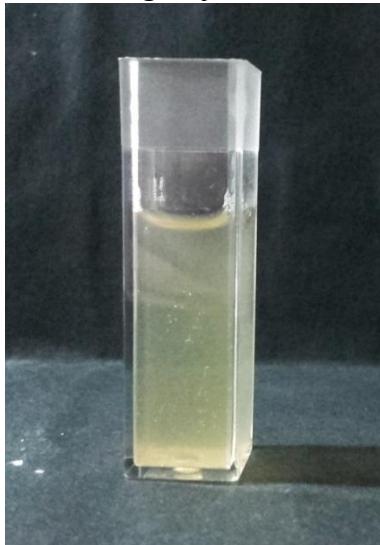
Brzina reakcije nastanka melanina u jabučnom soku s vitaminom C:

$$v = \frac{\Delta A(\text{melanin})}{v(\text{melanin})\Delta t} = \frac{0,059 - 0,053}{12 \text{ h}} = 5 \times 10^{-4} \text{ h}^{-1}$$

Brzina reakcije nastanka melanina u jabučnom soku s limunskom kiselinom:

$$v = \frac{\Delta A(\text{melanin})}{v(\text{melanin})\Delta t} = \frac{0,139 - 0,053}{12 \text{ h}} = 7,16 \times 10^{-3} \text{ h}^{-1}$$

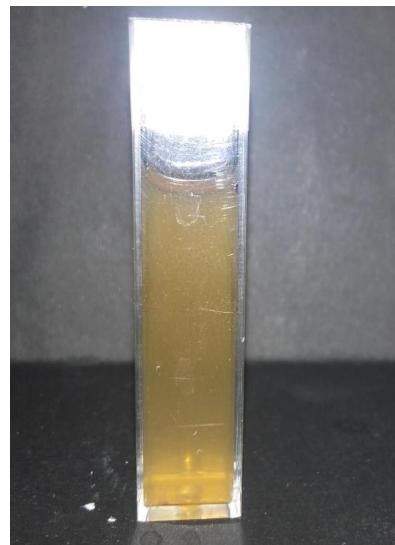
6.1 Fotografije rezultata



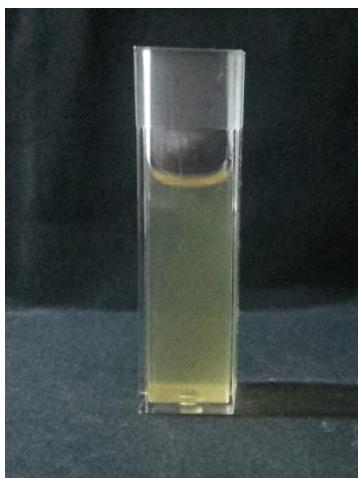
Slika 4. Vodena otopina jabučnog soka i askorbinske kiseline na kraju mjerena



Slika 5. Prikaz uzorka prije i poslije mjerena na povišenoj temperaturi



Slika 6. Vodena otopina jabučnog soka na kraju mjerena



Slika 7. Vodena otopina jabučnog soka i limunske kiseline na kraju mjerena



Slika 8. Vodena otopina jabučnog soka i limunske kiseline na početku mjerena



Slika 9. Vodena otopina soka na početku mjerena



Slika 10. Vodena otopina jabučnog soka i askorbinske kiseline na početku mjerena

7 Rasprava

Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti da limunska kiselina (antioksidans) usporava reakciju. U pokusu s vodenom otopinom askorbinske kiseline možemo zaključiti da je reakcija spriječena tj. jabučni sok je znatno manje oksidirao. Askorbinska kiselina djeluje na benzokinon i vraća ga nazad u katehol i tako sprječava nastanak prirodnog pigmenta - melanina. Dodatak vode u jabučni sok nije promijenio niti spriječio kemijske reakcije. Ono što je promijenilo dodatno brzinu kemijske reakcije jest temperatura na kojoj su se reakcije odvijale. Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti da je reakcija brža ako se odvija na višoj temperaturi. Temperatura je mjera za prosječnu količinu kinetičke energije koju imaju čestice, sukladno tome, ako povećamo temperaturu čestice će se više gibati te će imati statistički veće šanse za uspješni sudar koji je potreban za reakciju. Moje istraživanje bi bilo bolje da sam isprobala više antioksidansa u drugačijim omjerima te da sam pokušala napraviti mjerena na više različitih temperatura. Prijedlog za daljnje istraživanje je ispitati kako pH otopine utječe na reakciju, obzirom da je reakcija onzimski katalizirana, a poznato je da rad enzima ovisi o pH vrijednosti. Problem koji se pojavio tijekom istraživanja jest dizajn kolorimetra koji ne podržava niske temperature. Odstupanje u mjeranjima moglo se pojaviti zbog pozadinskih šumova u kolorimetru, zamućenja otopina, sedimentacije preostalih stanica tkiva jabuke. Ono što svakako utječe na mjerena je to da je jabuka prije samog početka mjerena bila na zraku cca. 3 minute (dok sam pripremala otopinu).

8 Zaključak

Reakcija je brža ako se odvija na većoj temperaturi ali je sporija ako u reakciji sudjeluju antioksidansi.

Literatura

- [1] <http://www.mystrica.com/Enzymes/catecholoxidase> (23.12.2016.)
- [2] https://books.google.hr/books?id=1OhFPZ7tFz8C&pg=PA494&lpg=PA494&dq=benzokinon+t+melanin+in+fruit&source=bl&ots=TinxUrnzP&sig=bNZI1ysBdE6MlwN9LPJjMlcZxZQ&hl=hr&s=a=X&redir_esc=y#v=onepage&q=benzokinon%20to%20melanin%20in%20fruit&f=false (23.12.2016.)
- [3] <http://www.znanostblog.com/zasto-jabuke-postanu-smede-nakon-sto-ih-prerezemo/> (23.12.2016.)
- [4] Sikirica, Korpar- Čolig, (2001.) Kemija s vježbama 2, udžbenik kemije za 2. razred gimnazija, Školska knjiga, Zagreb
- [5] Turčinković D., Halasz I., (2015.) OPĆA KEMIJA 1 – udžbenik kemije u prvom razredu gimnazije, Školska knjiga, Zagreb
- [6] A. B. Lerner and T. B. Fitzpatrick, “Biochemistry of melanin formation,” *Physiological Reviews*, vol. 30, no. 1, pp. 91–126, 1950.

PROBLEM 6. JABUKE

Petra Banovec

Mentor: Nataša Hrbud-Puhelek, prof.

8.b, OŠ Dragutina Domjanića, Sveti Ivan Zelina, Hrvatska

1 Uvod

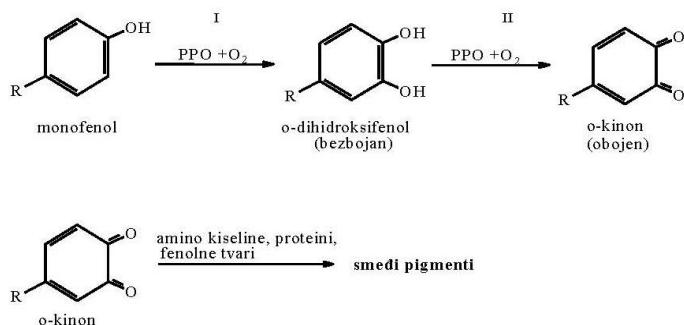
Odabran je problem „Jabuke (IYNT 2017.)“ koji glasi: „Zašto kriške jabuka posmeđe nakon rezanja? Istraži brzinu ovog procesa i testiraj metode za sprječavanje ove pojave.“ U problemu je bilo bitno istražiti što uzrokuje posmeđivanje jabuka nakon rezanja, ispitati što utječe na brzinu ove promjene te eksperimentalno odrediti koja od metoda koje se primjenjuju za sprečavanje ove pojave je najučinkovitija. Kako je ovaj problem vezan uz pripremu jela od voća u svom istraživanju testirala sam šest metoda koje se primjenjuju u kulinarstvu za sprječavanje posmeđivanja voća i to: 1. djelovanje limunova soka, 2. otopine meda, 3. gaziranog pića, 4. otopine kuhinjske soli, 5. blanširanje i 6. umatanje voća u plastičnu foliju.

2 Teorijska razrada problema

Tijekom čuvanja ili prerade voća i povrća, a i ostalih prehrabbenih namirnica dolazi do različitih poželjnih i nepoželjnih promjena boje. Posmeđivanje voća i povrća i proizvoda od voća i povrća može se podijeliti na : enzimsko i neenzimsko.

2.1 Enzimsko posmeđivanje

Enzimsko posmeđivanje nastaje tijekom rezanja, guljenja ili usitnjavanja voća i povrća tj. mehaničkom povredom tkiva koje je tada izloženo zraku. To je proces oksidativne pretvorbe raznih supstrata tipa fenola u kinone koji dalje sudjeluju u procesima kondenzacije i zajedno s visokomolekularnim spojevima daju smeđe do crno obojene spojeve tzv.melanoide.



Slika 1. Reakcije posmeđivanja s naznačenim supstratima i enzimima.

2.2 Čimbenici koji utječu na enzimsko posmeđivanje

Enzimsko posmeđivanje odvija se u prisutnosti enzima, fenolnih spojeva(supstrata) i kisika.

Mehaničkim oštećenjem tkiva, enzim (smješten u citoplazmi) dolazi u kontakt sa supstratom (fenolni spojevi smješteni u vakuolama) i s kisikom iz zraka pri čemu dolazi do posmeđivanja. Stupanj posmeđivanja ovisi o koncentraciji enzima i supstrata u voću i povrću.

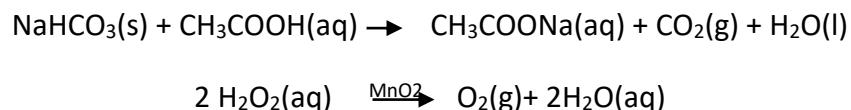
2.3 Kako spriječiti ili usporiti enzimsko posmeđivanje

Moje istraživanje usmjereno je na utvrđivanju kako eliminacija nekog od navedenih čimbenika ove reakcije utječe na sprječavanje enzimskog posmeđivanja jabuka.

Kako je prisutnost kisika jedan od uvjeta za enzimsko posmeđivanje ono se može spriječiti isključivanjem kisika iz reakcije npr. pakiranjem u ambalažu nepropusnu za kisik (plastična folija) (6.metoda), potapanjem jabuka u otopinu kuhinjske soli(4.metoda) ili pakiranjem u ambalažu ispunjenu inertnim plinom(npr. dušikom, ugljikovim dioksidom).

Za uvid u ovu pretpostavku odradila sam probni pokus kojim sam htjela vidjeti kako količina kisika utječe na brzinu posmeđivanja jabuka. Uzorak jabuke stavila sam u tikvicu u kojoj se razvijao kisik, jedan uzorak jabuke bio je na zraku ,a treći uzorak jabuke stavila sam u tikvicu u kojoj se razvijao ugljikov dioksid te sam mjerila vrijeme posmeđivanja uzorka tj. vrijeme do prvih naznaka tamnjenja uzorka koje sam mogla uočiti.

Kemijske jednadžbe promjena u dvije tikvice:



Slika 2. Početak tamnjenja uzorka jabuke u tikvici s kisikom.



Slika 3. Rezultati nakon 11 minuta (s lijeva: uzorak u CO₂, na zraku, u O₂).

Proba je pokazala da je nakon 11 minuta uzorak u kisiku najtamniji, malo manje onaj na zraku, a na uzorku u ugljikovom dioksidu ne opaža se promjena. Kako bi opažanje tamnjenja uzorka bilo što preciznije potrebno je načiniti uzorke podjednake veličine i oblika.

Enzimsko posmeđivanje moguće je spriječiti ili usporiti i inaktivacijom enzima kao što je termičko tretiranje (blanširanje)(5.metoda), potapanje u otopinu meda(2.metoda) te djelovanjem spojeva koji snižavaju pH-vrijednost ispod 4 kada enzimi ne pokazuju aktivnost (limunska kiselina)(1. i 3.metoda).

Kako sve metode koje će testirati djeluju na neki od čimbenika koji utječu na enzimsko posmeđivanje jabuka pretpostavljam da su sve metode učinkovite samo je pitanje do kojeg vremena.

3 Eksperimentalni postav

3.1 Pribor i kemikalije

Ovaj problem nije zahtijevao puno pribora, a poslužila sam se onim što sam imala u kuhinji: čaše, plitki tanjuri, žlice, nož, plastična folija, digitalna vaga, sat, cjedilo za limun i modlica za oblikovanje uzorka.

Kemikalije: vodena otopina meda, vodena otopina soli, napitak Fanta, limunov sok, jabuke.



Slika 4. Pribor i kemikalije.

3.2 Uzorci

Kako sam vizualno određivala promjene boje na uzorcima jabuka , a zbog veće točnosti, uzorke jabuka oblikovala sam modlicom kako bi bili iste veličine (površine promatranja). Paralelno sam radila probe s tanjim uzorcima (mase oko 5 grama) i debljim uzorcima (mase oko 10 grama).

Koristila sam jabuke iste sorte.

4 Metode i mjerjenje

Testirala sam šest načina koje se primjenjuju u kulinarstvu za sprječavanje enzimskog posmeđivanja voća (jabuka) i to djelovanjem:

1. limunova soka- uzorke jabuka polila sam iscijeđenim limunovim sokom;
2. vodene otopine kuhinjske soli- otopinu sam pripremila otapanjem $\frac{1}{2}$ čajne žličice soli u 1 litri hladne vode, uzorke jabuka uronila na 5 minuta, izvadila i oprala pod mlazom vode;
3. gaziranog pića - upotrijebila sam Fantu jer je prihvatljiva zbog boje,uzorke uronila na 5 minuta;
4. vodene otopine meda- otopinu sam pripremila otapanjem 2 čajne žličice meda u 2 dl vode, uzorke uronila na 5 minuta;
5. Blanširanje- uzorke potopila nekoliko minuta u kipućoj vodi, ohladila potapanjem u hladnoj vodi te osušila papirnatim ručnicima;
6. Umatanjem u plastičnu foliju – nije baš pogodna za male komade pa sam više uzoraka zajedno omotala folijom (slika 10.).

Mjerila sam vrijeme do prvih pojava tamnjenja uzoraka koje sam vizualno mogla odrediti.

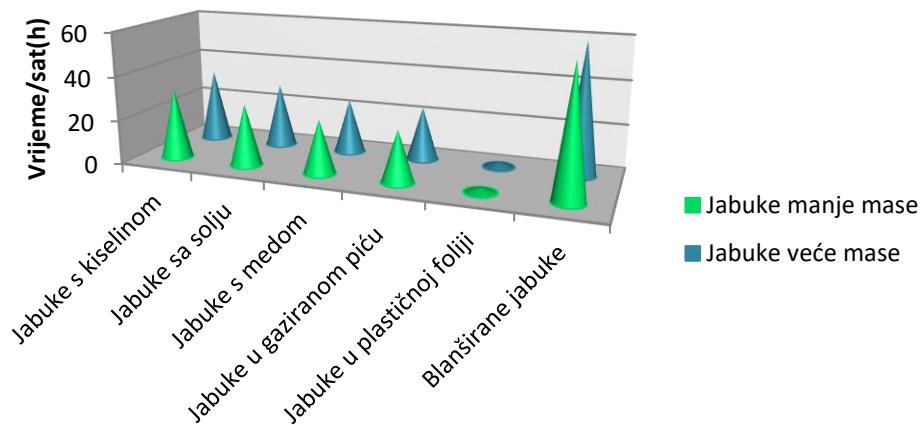
Za svaku metodu koristila sam 4-6 tanjih uzoraka i isto toliko debljih uzoraka.

5 Rezultati i rasprava

Dobiveni rezultati prikazani su tabelarno i grafički:

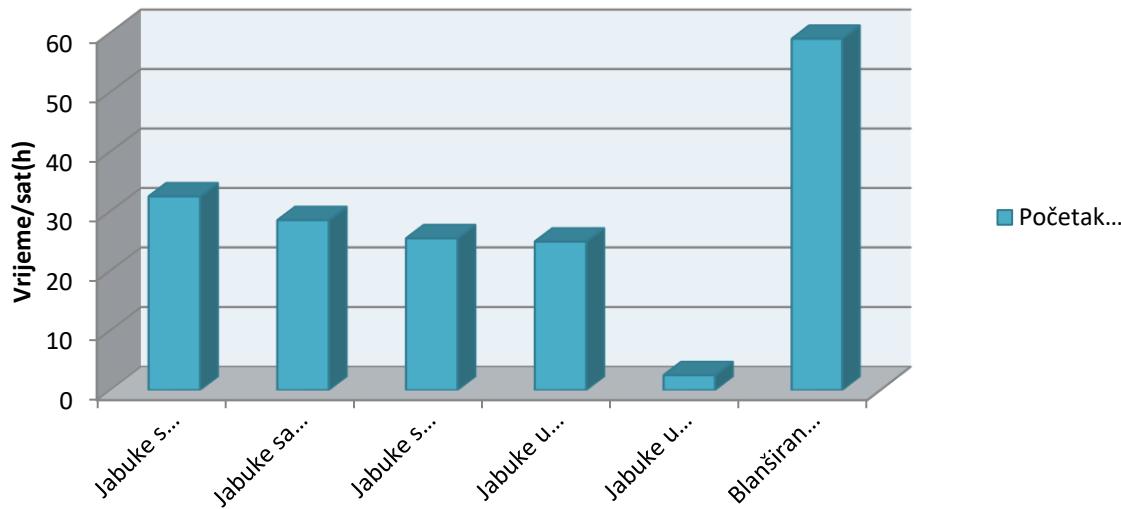
Tablica 1. Vrijeme do prvih naznaka tamnjjenja uzorka jabuka.

Vrijeme		
UZORCI METODE	Jabuke manje mase(4,9g-5g)	Jabuke veće mase(9,9g- 10g)
Blanširane jabuke	58 h 25 min	59 h 30 min
Jabuke polivene limunskom kiselinom	32 h	33 h
Jabuke uronjene u otopinu kuhinjske soli	28 h	29 h
Jabuke uronjene u otopinu meda	24h 50 min	25 h 45 min
Jabuke uronjene u gazirano piće	23h 40 min	24 h 15 min
Jabuke u plastičnoj foliji	2 h 10 min	2 h 40 min



Grafikon 1. Utjecaj debljine uzorka i različitih metoda na odgađanje enzimskog posmeđivanja jabuka

Početak tamnjenja



Grafikon 2. Vrijeme odgađanja enzimskog posmeđivanja jabuka ovisno o metodi

Prema dobivenim rezultatima vidljivo je da su sve metode za sprječavanja enzimskog posmeđivanja jabuka učinkovite određeno vrijeme.

Blanširanjem voća postiže se najbolji učinak dok metoda omatanja jabuka plastičnom folijom najslabiji.

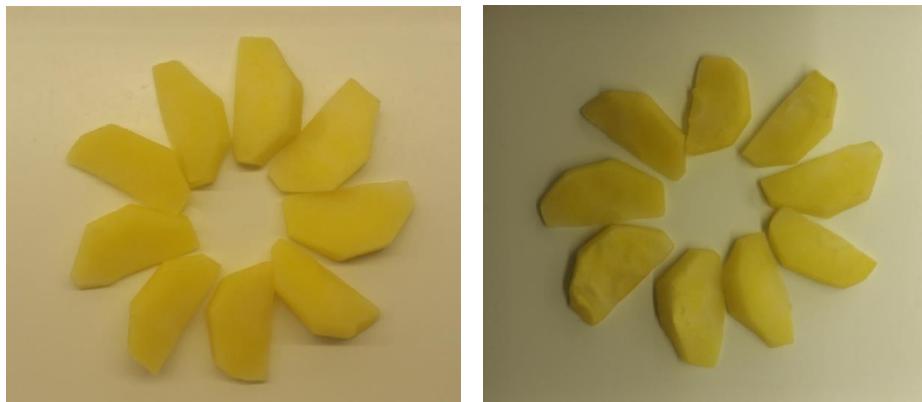
Kako se blanširanje provodi u rasponu temperature od 70 - 105 °C dolazi do inaktivacije enzima i onemogućuje ih da reagiraju s kisikom iz zraka. Ovom metodom, zbog visoke temperature, dolazi do gubitka vitamina, arome, ugljikohidrata i drugih u vodi topljivih tvari pa je hranjiva vrijednost takvih jabuka smanjena što kod primjene ove metode treba uzeti u obzir.

Umatanje u plastičnu foliju treba koristiti u krajnjem slučaju jer umotati namirnicu tako čvrsto da do nje ne dopire zrak je teško postići.

Deblji uzorci duže su se oduprli enzimskom posmeđivanju, bez obzira na metodu. Svima je poznato da ribane jabuke (npr. u pripremi kolača) jako brzo tamne što pokazuje da na pojavu enzimskog posmeđivanja utječe i debljina uzorka.

Na sljedećim fotografijama prikazani su uzorci jabuka na početku i 3. dana nakon primjene određene metode, osim za uzorce u plastičnoj foliji.

Uzorci su fotografirani kamerom s mobitela što nije dobro jer se pojavio problem kod uspoređivanja uzorka zbog lošeg osvjetljenja i odsjaja .



Slika 5. Blanširane jabuke



Slika 6. Jabuke u limunovom soku



Slika 7. Jabuke u otopini kuhinjske soli



Slika 8. Jabuke u otopini meda



Slika 9. Jabuke u gaziranom piću



Slika 10. Jabuke u foliji

Usporedbom fotografija na početku i 3. dana od primjene neke metode opazila sam da do enzimskog posmeđivanja uzoraka kod nekih metoda dolazi kasnije, no tada je propadanje uzoraka brže (limunov sok, otopina meda) u odnosu na uzorke jabuka tretiranih otopinom soli ili gaziranim pićem kada enzimsko posmeđivanje nastupa ranije, ali je sporije. Iznenadilo me to opažanje, ali i zainteresiralo.

6 Zaključak

Sve testirane metode odgađaju enzimsko posmeđivanje jabuka nakon rezanja što sam i predviđjela. Najučinkovitija je metoda blanširanja jabuka kojom se najduže odgađa enzimsko posmeđivanje jabuka čemu pridonosi i debljina narezanih komada. Kako sam radila sa jednom sortom jabuka trebalo bi provjeriti i na drugim sortama. Što utječe na brzinu posmeđivanja jabuka nakon prestanka djelovanja neke metode pitanje je za daljnje istraživanje.

7 Zahvale

Zahvaljujem Osnovnoj školi „Dragutin Domjanić“, Sveti Ivan Zelina.

Posebno zahvaljujem profesorici kemije Nataši Hrbud-Puhelek koja je uložila svoje znanje, vrijeme i zajedno sa mnom radila ovaj rad. Zahvaljujem profesorici fizike Ireni Hrženjak koja je svojim znanjem također pridonijela završnoj izradi rada.

Zahvaljujem mami Mirjani Hranjec Banovec, dr.med koja mi je bila podrška kod izrade ovog rada.

Literatura

- [1.] Lukić, Varga, Trenčevska, Volarević, Dujmović: Kemija 7 (udžbenik kemije za sedmi razred OŠ), 2014., Školska knjiga, Zagreb
- [2.] Lukić, Varga, Krmpotić-Grižančić, Marić Zerdun, Maričević: Kemija 8 (udžbenik kemije za osmi razred OŠ), 2014., Školska knjiga, Zagreb
- [3.] Vidaković-Cifrek, Pevalek-Kozlina, Tkalec, Babić, Radić Brkanac: Praktikum iz fiziologije bilja (skripta), 2014., PMF, Zagreb
- [4.] Bušić: Enzimsko posmeđivanje jabuka(završni rad), 2014., Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek
- [5.] Web.stranice: coolinarika.com, gastro.hr

PROBLEM 6. JABUKE

Lucija Hartman

Mentor: Gjino Šutić, prof.

VIII. razred,OŠ Cavtat, Cavtat, Hrvatska

1 Uvod

Zadatak istraživanja problema br.6 - Jabuke, bio je istražiti zašto kriške jabuka posmeđe nakon rezanja, brzinu navedenog procesa i testirati metode za sprječavanje ove pojave. Izabrala sam ovu temu jer se može primjeniti na svakodnevni život, nije teško nabaviti materijale te je sama po sebi poprilično zanimljiva – bolje razumiješ svijet oko sebe.

Koristila sam se raznim metodama i kemikalijama da bih dokazala svoje teorije i neke već poznate i potvrđene, te također ubrzala ili usporila proces. Kako enzimi u jabuci reagiraju sa okolinom, zrakom, o čemu zapravo tamnjenje jabuke ovisi, na koje se načine može spriječiti i koji dodatni faktori mogu utjecati na navedeni proces? Možemo li identificirati spojeve koji će utjecati na tu pojavu? Zašto bi baš neka određena metoda utjecala na tamnjenje? Djeluju li svi antioksidansi na tu pojavu na isti način?

2 Teorijska razrada problema

O ovoj temi imala sam podlogu za početno mišljenje već otprije – jabuke tamne zbog oksidacije. No, što je oksidacija? Sama riječ može zavarati, jer iako u procesu redukcije i oksidacije obično sudjeluje kisik (eng. oxygen), suvremena definicija označava gubljenje elektrona kod neke tvari koja oksidira. Na primjer, oksidiranje željeza ne odnosi se na njegovo spajanje s kisikom – odnosi se na činjenicu da je kisik „ukrao“ željezu neke od njegovih elektrona, te se time reducirao. Dakle, iako u našem slučaju kisik ima ulogu u reakciji, nije uvijek tako. To poprilično mijenja pogled na stvari. Znanstveni radovi koje sam pročitala uglavnom «krive» spoj polifenol oksidazu, kraće zvan PPO, za tamnjenje/okidaciju jabuka. Sve jabuke prirodno sadrže taj enzim u sebi, u reakciji tamnjenja jabuka on djeluje kao biološki katalizator oksidacije bezbojnih fenolskih spojeva u polifenole o-kinone koji se povežu međusobno i s proteinima, tvoreći velike polimerne molekule melanine - smeđkasto-crvene spojeve.

2.1 Enzimsko tamnjenje

Enzimi su proteini, neophodni za život kakav poznajemo, zbog svoje sposobnosti katalizacije tj. ubrzanja kemijskih reakcija. Bez njih mnoge reakcije potrebne za normalan rad stanica trajale bi mnogo duže, pa većina stanica tako ne bi mogla opstati. Pogreške u radu enzima vode do poremećaja u stanici, pa i cijelog organizma. Ukoliko enzim ne obavlja svoj posao u potpunosti,

ili utječe na komponente na koje ne bi trebao, to može dovesti do genetskih mutacija i raznih bolesti.

Katalizatori snižavaju energiju aktivacije reakcije. Mogu je ubrzati do nekoliko milijuna puta. Cijelo to vrijeme sam katalizator (u našem slučaju enzim) ostaje isti. Određen enzim, ukoliko ispravno radi, može utjecati samo na jednu vrstu reakcije.

Suprotnost enzimima su inhibitori. Mogu biti umjetni ili prirodni. Oni umanjuju aktivnost enzima ili potpuno onemogućavaju njegov rad. Kao i svi proteini, enzimi su termolabilni te osjetljivi na pH vrijednost svoje okoline. Funkcionirat će samo u određenom rasponu pH i temperature.

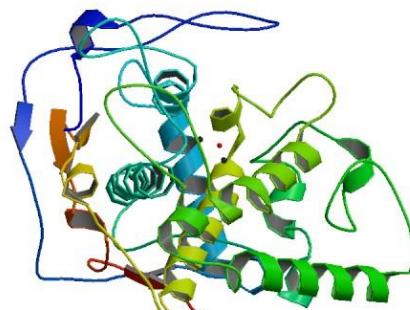
Enzimsko tamnjenje je posljedica oksidacije fenolskih spojeva u jabuci (i nekim drugim biljkama), koja nepovoljno djeluje na okus, boju, aromu i hranjivu vrijednost. U našem slučaju reakcije fenola, kisika i proteina uz poticaj PPO enzima rezultiraju stvaranjem smeđkastog pigmenta melanina koje također proizvode i stanice naše kože.

2.2 Polifenol oksidaza (ppo) i tamnjenje jabuka

PPO enzim

Polifenol oksidaza (PPO) je enzim - biološki katalizator reakcija oksidacije, kojeg pronalazimo u nekoliko vrsti voća i povrća (poput jabuka, krušaka, banana i krumpira). Kod jabuka, katalizira reakciju fenolskih spojeva s kisikom.

Jabuke su bogate PPO enzimom (Slika 1.) na bazi bakra koji se najčešće pojavljuje kao tetramer (koji sadrži 4 atoma bakra u molekuli), ali i u obliku monomera, trimera, oktomeru ili dodekamera. Kao svaki enzim ima optimalan raspon pH vrijednosti unutar koje djeluje: 6.0 - 7.0.



Slika 1. Molekula PPO enzima

U biljkama PPO se nalazi u plastidama biljke. Potpuna uloga PPO-a u biljkama još uvijek nije potpuno jasna, ali se pretpostavlja da je u kloroplastima uključen u proces fotosinteze, u pretvaranju adenozina difosfata (ADP) u adenozin trifosfat (ATP), koji pak služi za skladištenje molekularne energije i njenog prenošenja u stanici.

Mehanizam djelovanja PPO enzima

U samoj reakciji oksidacije sudjeluju kisik iz zraka koji reagira s monofenolima tvoreći o-difenole, potom reagira s njima tvoreći o-kinone (polifenole). PPO enzim ubrzava oba procesa oksidacije, koji bi bez njega trajali mnogo duže (Slika 2.).

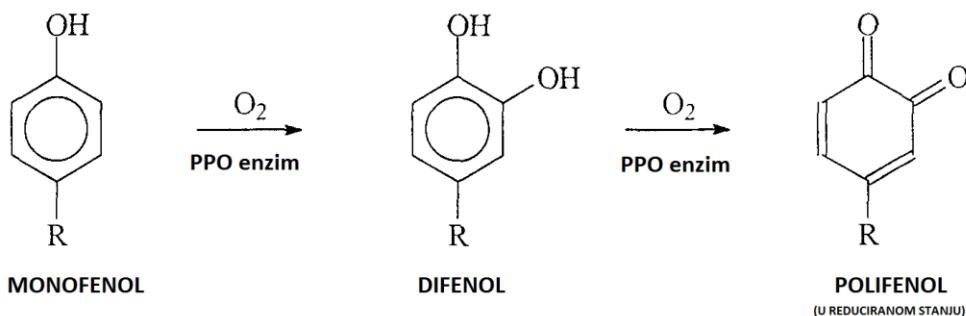
Kao biološki katalizator enzim PPO katalizira dvije kemijske reakcije:

1. Hidroksilacija monofenola u difenole

Enzim PPO katalizira hidroksilaciju molekula monofenola – njegovu pretvorbu pomoću kisika i vode u o-difenol.

2. Oksidacija difenola u polifenole

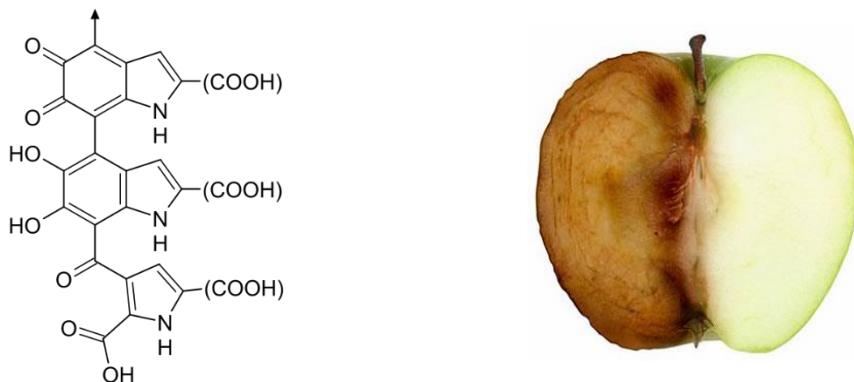
Dalnjim djelovanjem, PPO enzim katalizira oksidaciju o-difenola u o-kinone, iznimno reaktivne spojeve. Monofenoli, o-difenoli i o-kinoni su bezbojni spojevi. Sposobnost nepovratnog reagiranja o-benzokinona s proteinima može pružiti zaštitu tkiva od mikroorganizama, reagirajući s njihovim proteinima.



Slika 2. Kemijska pretvorba monofenola u polifenole uz pomoć PPO enzima

Brza polimerizacija polifenola - tvorba melanina

Bezbojni o-kinoni su veoma reaktivni spojevi čije molekule spontano brzo reagiraju međusobno i s proteinima (aminokiselinama) tvoreći prirodne polimere (crne, smeđe ili crvene) pigmente melanine (Slika 3.). Melanini daju oštećenom tkivu jabuke specifičnu smeđu boju. Melenini kao spojevi nisu uvijek nepoželjni, jer štite tkivo (žive stanice) od UV zračenja.



Slika 3. Lijevo - Osnovna formula eumelanina (smeđeg i crnog melanina),
Desno - melanin u jabuci

2.3 Dodatni faktori

Svaki enzim ima temperaturni i pH raspon unutar kojeg može djelovati pa sam eksperimentalno između ostalog testirala i utjecaj promjene pH i temperature na djelovanje enzima tj. tamnjenje tkiva jabuke.

2.4 Prevencija tamnjjenja jabuka

Usporavanje ili zaustavljanje tamnjjenja možemo uzrokovati oduzimanjem PPO-a iz jabuke (kao što stu tzv. Artic sorta genetski modificirana jabuka koja ne proizvodi taj enzim i stoga kod nje tamnjenje traje mnogo sporije), sprječavanjem kontakta kisika i mesa ploda (npr. umakanje jabuke u med), tretiranje antioksidansima koji mogu inhibirati utjecaj kisika te inhibirati ili neutralizirati sam PPO enzim promjenom temperature i pH vrijednosti.

3 Eksperimentalni postav

U pokusima koristila sam domaće uzgojenu i netretiranu Cripps Pink sortu jabuka, njih desetak sveukupno. Svaki pojedini pokus zahtijevao je četiri kriške, debljine otprilike oko pola centimetra. Tri su bile tretirane na isti način, da bi imala dovoljno velik uzorak za kvalitativnu analizu. Jedna je kriška u svakom pokusu uvijek bila netretirana kako bi mogla usporediti učinak sredstva kojim se koristim sa nesmetanim prirodnim procesom.

Moji alati sastojali su se od:

kapaljke, dvije laboratorijske čaše - 50mL i 250mL, vase preciznost 0,01g (Slika 4.), terarijskim termometra (raspona mjerena: -20 do +120°C), staklene posudice za vaganje, filter-papira, desetak keramičkih tanjura, digitalnog pH metra, svijeće, staklenke za med te mobitel s 10MP kamerom za dokumentaciju.



Slika 4. Alati: laboratorijske čaše, kapaljka, digitalna vaga i pH metar

Sredstva koja sam koristila su:

čisti vitamin C u prahu, limunska kiselina u prahu, kuhinjski 9% alkoholni ocat, Vanish (natrijev perkarbonat), 3% vodikov peroksid, šumsko voća (mix jagoda, borovnica, malina), zeleni čaj, soda bikarbona i cijeđeni limunov sok, te destilirana voda za ispiranje staklenih opreme (Slika 5.)



Slika 5. Materijali: limunska kiselina, zeleni čaj, šumsko voće

4 Metode i mjerjenje

Istraživanje se sastojalo od 3 cjeline:

1. Dokazivanje da je oksidacija uzrok tamnjenja jabuka
2. Testiranje dodatnih vanjskih faktora – temperature i pH vrijednosti
3. Testiranje različitih antioksidansa za prevenciju oksidacije

4.1 Dokazivanje da je oksidacija uzrok tamnjenja jabuka

Ovaj je dio bio najjednostavniji i najmanje zahtjevan. Uključivao je četiri pokusa.

Kod oba eksperimenta slikala sam kriške odmah nakon postavljanja, te ih slikala kroz tri dana u pravilnim razmacima (tj. nakon 24, 48 i 72 sata).

Ostavljanje jabuke na zraku

Prvi je pokus ubio testiranje oksidacije jabuka prirodnim putem – kisikom iz zraka. Kao u većini pokusa, testirala sam tri uzorka radi validacije, te da bi u slučaju neke anomalije u rezultatima mogli shvatiti u čemu smo i kako pogriješili.

Uklanjanje kisika iz okoline

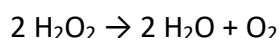
U drugom pokusu uzorci su stavljeni u u staklenku za med, iz koje je oduzet kisik. Prije zatvaranja stavila sam upaljenu svijeću unutra, da bi kisik izgorio i da bih unutar staklenke stvorila uvjete bez kisika.

Svijeća je ubrzo izgorila, a staklenka zatvorena stavljeni u uvjete bez svjetla i svježeg zraka.

Nakon navedenih eksperimenata htjela sam testirati spojeve koji bi mogli povećati količinu kisika, te tako kemijski ubrzati oksidaciju, te sam pronašla pojam kemijskih oksidansa. Moj mentor me savjetovao koju vrstu kemijskih oksidansa bi mogla nabaviti tj. koje koristimo u svakodnevnom životu a da spadaju u navedenu kategoriju.

Vodikov peroksid

Prvi eksperiment bio je testiranje vodikovog peroksida (H_2O_2) – jakog oksidativnog sredstva koje se koristi u kemiji na 3 uzorka jabuke. Vodikov peroksid je nestabilna otopina koja se spontano razlaže na vodu i kisik (koji djeluje kao oksidativno sredstvo), po slijedećoj formuli:



Testirane su 3 različite koncentracije od 3%, 1,5% i 0,75%. Otopine od 1,5% i 0,75% dobila sam razrjeđivanjem koncentriranog 3% peroksida (dostupnog u apotekama) destiliranom vodom (Slika 6.).

Vanish

Drugo jako oksidativno kemijsko sredstvo koje sam testirala bio je natrijev perkarbonat, koji se u trgovinama prodaje kao Vanish Oxi Action – odstranjivač mrlja s odjeće u prahu s «aktivnim kisikom» (Slika 7.). Proučivši spoj, uvidjela sam da su njegove molekule građene od natrijevog karbonata i vodikovog peroksida kojeg otpušta u vodi pa bi njegovo djelovanje teoretski trebalo biti slično vodikovom peroksidu. Natrijev karbonat se ponaša kao slaba lužina, a vodikov peroksid je oksidativno sredstvo.

Po završetku eksperimenta usporedila sam oksidaciju jabuke na zraku, oksidacije kemijskim sredstvima i u odsustvu zraka međusobno, te sa ostalim eksperimentima, da bi dobila rezultate.



Slika 6. Vodikov peroksid



Slika 7. Vanish Oxi action

4.2 Testiranje dodatnih vanjskih faktora – temperature i pH vrijednosti

Teoretski promjena temperature i pH vrijednosti mogu utjecati na djelotvornost enzima, pa sam istražila sam i utjecaj tih dodatnih faktora koji bi mogli utjecati na enzimsku oksidaciju – promjenu temperature i pH vrijednosti. Po završetku eksperimenta obavila sam usporedbu rezultata.

pH vrijednost

Testirala sam utječe li promjena pH vrijednosti na reakciju, s obzirom da svaki enzim ima optimalan raspon pH vrijednosti unutar kojeg djeluje. Za PPO enzim, navedeni raspon pH iznosi 6-7.

Za pokuse koji su uključivali promjenu pH vrijednosti, po 3 kriške su bile umočene u otopine različite pH vrijednosti jednu sekundu i onda postavljene na keramičke tanjure ta slikane odmah nakon izlaganja te nakon 24 i 48 sati.

Testirano je 5 različitih pH vrijednosti prikazanih u Tablici 1. Kao kiselinu koristila sam octenu kiselinu, a kao lužinu koristila sam sodu bikarbonu (čiste kiseline i lužine koju sam uspjela nabaviti u prehrambenoj trgovini). Njih sam odabrala jer sami po sebi nisu antioksidansi (za razliku od askorbinske i limunske kiseline koje sam također testirala).

Tablica 1. – testirane pH otopine

Vrsta otopine	Testirane pH otopine					
	Octena kiselina 9%	Octena kiselina 4,5%	Destilirana voda	Soda bikarbona	Soda bikarbona	Vanish (dinatrijев karbonat)

Kiselost	jako kiselo	slabo kiselo	neutralno	slabo lužnato	slabo lužnato	jače lužnato
pH vrijednost	1,5	1,8	7	7,8	8,0	9,8

Promjena temperature

Testirala sam utječe li promjena temperature na reakciju enzimatskog tamnjenja jabuke, s obzirom da svaki enzim djeluje samo unutar određenog temperaturnog raspona. Kod pokusa koji su uključivali promjenu temperature i/ili dodavanje kemikalija svaka je jabuka izložena jednakom volumenu tvari – 10 kapi, ostavljena na keramičkom tanjuru i slikana po istim pravilima kao i prijašnji pokusi.

Hladna temperatura i njen utjecaj na tamnjenje

Jabuku sam ostavila u zamrzivaču par sati. Kad sam je izvadila temperatura mesa bila je oko 1°C. Ohlađenu polovinu jabuke sam izrezala na četiri kriške, od koje sam tri tretirala s 3%-tним vodikovim peroksidom. Nakon toga ostavila sam ih na keramičkom tanjuru te slikala proces.

Toplina i njen utjecaj na tamnjenje

Jabuku sam izrezala na pola i jednu polovicu stavila u metalni lonac ispunjen vodom. Metalni kraj terarijskog termometra stavila sam u vodu tako da ne dodiruje stjenke lonca.

Jabuku sam kuhala u vodenoj kupki lagano zagrijanoj do 60°C. Nadalje je polovina izrezana na četiri dijela, od koja su tri tretirana 3%-tnim vodikovim peroksidom. Kriške su postavljene na keramički tanjur, a proces tamnjenja je praćen fotografijama.

4.3 Testiranje različitih antioksidansa za prevenciju oksidacije

Testirala sam hoće li zapravo antioksidansi djelovati za prevenciju oksidacije (enzimatskog tamnjenja), te u kojoj mjeri. Istražila sam koje bih mogla nabaviti u prehrambenim trgovinama, te pronašla više njih, koje sam odlučila koristiti. Popis testiranih antioksidansa vidljiv je u Tablici 2.

Svaki je pokus trajao dva dana, kroz koja sam slikala primjerke te zapisivala rezultate (tj. u kojoj je mjeri usporio proces).

Tablica 2. – testirani antioksidansi

Testirani antioksidansi		
Redni broj eksperimenta	Naziv antioksidansa	Testirane koncentracije
4.3.1	Limunov sok	100%, 50%, 25%
4.3.2	Limunska kiselina	10g/100mL, 5g/100mL, 2,5g/100mL
4.3.3	Vitamin C	10g/100mL, 5g/100mL, 2,5g/100mL
4.3.4	Zeleni čaj	10g/100mL, 5g/100mL, 2,5g/100mL
4.3.5	Ekstrakt bobičastog voća (jagode, maline i borovnice)	100%, 50%, 25%

Kao i kod prijašnjeg dijela, četiri kriške su korištene za svaki pokus. Tri su bile tretirane a četvrta ostavljena kao kontrola.

Limunov sok

Za ovaj pokus koristila sam čisti (svježe cijeđeni i filtrirani) limunov sok u različitim koncentracijama, prikazano u Tablici 3. Razrijeđene otopine napravljene su razrjeđivanjem 100% soka s destiliranom vodom o željene koncentracije. pH otopine mjerila sam digitalnim pH metrom. Na svaku krišku nakapala sam 10 kapi i ostavila ih dva dana, bilježeći i slikajući u međuvremenu.

Tablica 3. – testirane otopine limunovog soka

Limunov sok	
Koncentracija otopine	pH vrijednost otopine
100%-tni limunov sok	1.4
50%-tni limunov sok	1.6
25%-tni limunov sok	1.8

Pošto limunov sok sadržava i vitamin C i limunska kiselina, očekivala sam jednake, ako ne i jače rezultate od njegovih komponenata.

Limunska kiselina

Testirala sam 3 različite koncentracije limunske kiseline (Tablica 4.).

Koncentriranu otopinu (10g/100mL) limunske kiseline napravila sam otapanjem kristala limunske kiseline u destiliranoj vodi. Niže koncentracije dobila sam razrjeđivanjem. Kao i za prošli pokus, svaka je kriška bila tretirana s 10 kapi i ostavljena da stoji dva dana.

Tablica 4. – testirane otopine limunske kiseline

Limunska kiselina	
Koncentracija otopine	pH vrijednost otopine
10% (10g/100mL)	0.8
5% (5g/100mL)	1.1
2,5% (2,5g/100mL)	1.4

Vitamin C

Još jedan antioksidans, drukčije zvan askorbinska kiselina. Kao i s prošlim ispitivanjem, testirana je 10%-tna (10g/100mL), 5%-tna (5g/100mL) i 2,5%-tna (2,5g/100mL) otopina s vodom. Također su 3 od 4 kriške bile tretirane s 10 kapi, postavljene na keramički tanjur, označene te ostavljene da proces pođe po svom toku. Rezultati opažanja su bilježeni u laboratorijski dnevnik i dokumentirani fotografiranjem.

Pokusi su jednostavnji za validaciju, ne zahtijevaju posebne uvjete – da bi se pokus ponovio u većini slučajeva potrebno je samo pripremiti otopinu iste koncentracije ili promijeniti temperaturu hlađenjem/grijanjem.

Zeleni čaj

10 grama zelenog čaja kuhan je u 100mL destilirane vode do temperature od 80°C. Nakon toga čaj je procijeden kroz filter-papir u staklenu laboratorijsku čašicu. Razrijeđene otopine napravljene su s destiliranom vodom. Svaki uzorak jabuke tretiran je s 10 kapi, te zatim ostavljene na zraku dva dana.

Ekstrakt bobičastog voća

Svježe smrznuto šumsko voće izvađeno je iz zamrzivača i ostavljeno oko pola sata da se otopi. Nakon toga štapnim mikserom napravila sam gustu smjesu koju sam procijedila kroz sito i filter papir te dobila ekstrakt tamnoružičaste boje.

Koristila sam ista pravila kao i za ostale antioksidanse - 10 kapi na svaku krišku koje su ostale na zraku 2 dana. Tijekom tog razdoblja fotografirala sam uzorke.

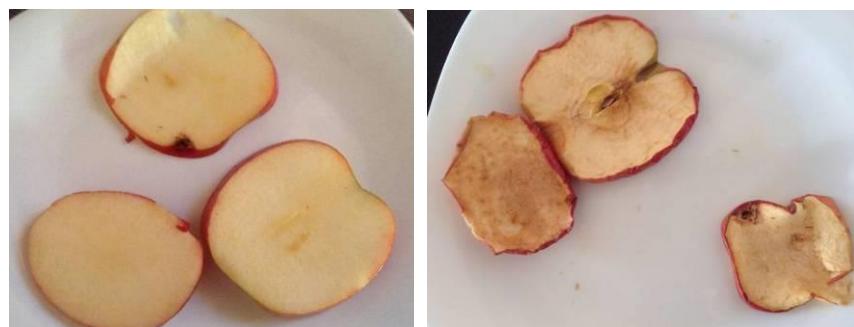
5 REZULTATI I RASPRAVA

5.1 1. SET EKSPERIMENTA - DOKAZIVANJE DA JE OKSIDACIJA UZROK TAMNJENJA JABUKA

Ostavljanje jabuka na zraku bez drugih utjecaja

Tri kriške jabuke ostavljene su na keramičkom tanjuru bez dodatnog tretmana 3 dana, da se testira prirodan proces oksidacije kisikom iz zraka. Promjene na jabukama praćene su fotografiranjem (svako 24h).

Jabuke su poprimile žućkasto-smeđu boju do trećeg dana zbog proizvodnje melanina (procesom enzimski potpomognutog tamnjena PPO enzimom). Također su se i smežurale kao posljedica evaporacije vode iz tkiva jabuke (sušene zrakom).



Slika 8. Utjecaj oksidacije zrakom na uzorke jabuke prije i nakon 72h

Postavljanje jabuka u uvjete bez kisika

Tri kriške jabuke ostavljene su u staklenci iz 3 dana koje je odstranjen kisik izgaranjem svijeće koja je dodana unutra, da se testira teorija da je kisik neophodna komponenta enzimskog tamnjena. Promjene na jabukama praćene su fotografiranjem (svako 24h).

Jabuke su pokazale nezamjetno malu promjenu u boji. Nisu se osušile jer su bile u hermetički zatvorenoj posudi. Rezultati su pokazali da je metoda uklanjanja kisika iz okoline jabuka uspješna za prevenciju enzimskog tamnjena.



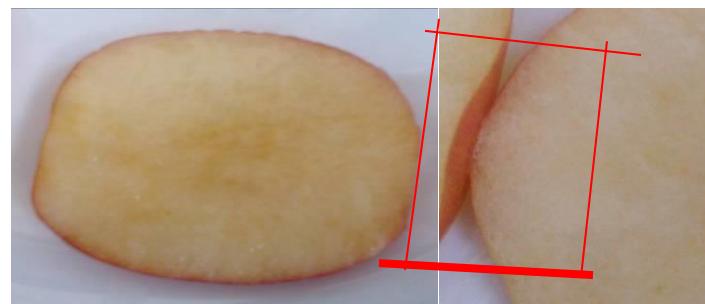
Slika 9. Utjecaj nedostatka kisika na uzorke jabuke nakon 48h

H₂O₂ testiranje (3%, 1,5%, 0,75%)

Suprotno mojim očekivanjima, vodikov peroksid nije ubrzao proces tamnjenja, no nije ga ni usporio. Umjesto toga, na mesu jabuke su se pojavili mjehurići i sloj vode, što dokazuje raspad vodikovog peroksida na kisik i vodu. Ali zašto onda jabuka nije brže potamnila?

Budući da su uzorci jabuke tamnili istom brzinom kao i referentni netretirani uzorak, moja teorija je da višak kisika nije bio dovoljan za ubrzavanje tamnjenja, jer je količina fenola i PPO enzima u jabuci ostala ista. Čak i da je bilo više kisika, ne bi bilo viška monofenola koji bi odmah reagirali s dodatnim kisikom. Zanimljivo je da se količina mjehurića smanjivala kako sam razrjeđivala otopinu. Na 0,75% bili su gotovo neprimjetni, što je dokaz dobre pripreme otopine.

Smatram da bi daljnje istraživanje te kemijskog djelovanja peroksida na specifične organske spojeve koji sudjeluju u oksidaciji jabuke pomoglo mom shvaćanju, ali zbog manjka vremena i sredstava sama nisam uspjela to učiniti.



Slika 10. Utjecaj peroksida kisika na uzorke jabuke
(u crvenom kvadratu - mjehurići kisika iz peroksida)

Nakon što se peroksid osušio, na jabuci su ostale duboke brazde (Slika 11.). Na 3%-tnoj otopini su bile najveće i najuočljivije, dok se na najslabijoj otopini nisu gotovo ni vidjele, što pokazuje da peroksid ipak reagira s nekim spojem u jabuci iako ne ubrzava tamnjenje.



Slika 11. - Brazde na jabuci nakon djelovanja vodikovog peroksida

Vanish 10%, 5%, 2,5%

Testirala sam hoće li plod ikako drukčije reagirati na peroksid sa dodatkom lužine, a rezultati su bili pozitivni - tamnjenje je ubrzano. Budući da tamnjenje nije ubrzano kod čistog peroksidu, moja teorija je da je u ovom slučaju za ubrzanje tamnjenja odgovorno podizanje pH vrijednosti tj. lužina (dinatrijev karbonat). Mjereno pH vrijednosti, pokazalo je da je otopina Vanisha jaka lužina ($\text{pH} = 9.8$). Budući da lužine reagiraju s mastima u membranama stanice, moguće je da je dinatrijev karbonat rastopio membrane, otpustivši više fenola i PPO iz stanica te omogućio ubrzano tamnjenje (reagiranjem veće količine fenola s kisikom).



Slika 12. - Tretiranje jabuka Vanishom (prije i poslije)

5.2 2. SET EKSPERIMENTATA – DODATNI FAKTORI

Promjena pH vrijednosti

Ocat (9%, 4,5%)

Iako je ocat kiselina s niskim pH-om, to je organska kiselina koja razgrađuje organske spojeve, tako da je uvelike ubrzala tamnjenje jabuka. Tamnjenje koje je ocat uzrokovao nije izgredalo

uobičajeno. Površina jabuke bile je mekana i mnogo tamnija nego kod ostalih pokusa, kao kada jabuka potamni od udarca.

Moguće je da je ocat, zbog svog vrlo niskog pH (1.5-1.8) reagirao sa šećerima u jabuci, što rezultira drugim tipom tamnjjenja. Vjerojatno je kiselina djelovala i na same membrane stanica i počela ih razgrađivati što je dovelo do gubljenja čvrstoće tkiva jabuke. Budući da je optimalan pH raspon za PPO enzim 6.0-7.0, preniski pH ga vjerojatno potpuno deaktivira.



Slika 13. djelovanje octa na tkivo jabuke (prije i poslije)

Soda bikarbona

Djelovanje sode bikarbune imalo je jako zanimljiv utjecaj (Slika 14). Ubrzalo je tamnjjenje u većoj mjeri, iako je promjena pH vrijednosti bila relativno mala (pH= 7,8 - 8) u odnosu na neutralan pH vode. Pri relativno maloj promjeni pH vrijednosti u odnos optimalnu pH vrijednost djelovanja PPO enzima (6.0-7.0), enzim je evidentno ostao aktivan, što je rezultiralo ubrzanim procesomenzimske oksidacije kod jabuke.



Slika 14. Tretiranje sodom bikarbonom - prije i poslije tretmana

Promjena temperature

Utjecaj hladnoće

Nakon što sam smrznutu jabuku prezela na četiri dijela i na tri kapala vodikov peroksid, nisam očekivala reakciju koja se odvijala u roku od minuta, umjesto sati kao kod ostalih pokusa. Već

nakon pet minuta kriške su izgledale kao da stoje na zraku više od dana. Navedeni fenomen možda nastaje iz više razloga. Zbog činjenice da se kao plin kisik puno brže otapa u hladnim tekućinama (po Henryevom zakonu), veoma je moguće da se kisik iz peroksida brže vezao za monofenole, a tomu je PPO dodatno ubrzao reakciju.

Na početku su sve tamnile otprilike jednakom brzinom. No nakon par sati ustanovila sam da četvrtina, netretirana kriška pokazuje jače znakove tamnjenja nego ostale. Na prvi pogled to se možda čini kontradiktorno mojem prvotnom pokusu s vodikovim peroksidom, u kojem sam ustanovila da brzina oksidacije ne ovisi o količini kisika, već o količini PPO-a i monofenola, ali ovdje nije pitanje o količini – već o brzini. Kad sam stavila vodikov peroksid na kriške, on se već počeo raspadati na kisik i vodu. Kisik se odmah spojio s monofenolima u jabuci.

Druga mogućnost je da su se stanice jabuke oštetile tijekom odmrzavanja, kristalićima vode. To je omogućilo jače miješanje monofenola i polifenola, omogućujući kisiku da se brže veže za te spojeve.



Slika 15. Jabuke nakon odmrzavanja (lijevo) i tretiranja peroksidom (desno)

Utjecaj topline

Osobno, pokusi s utjecajem topline bili su mi najzanimljiviji za promatrati jer su se njihovi rezultati toliko razlikovali od ostalih. To se posebice očituje u pokusu s povisivanjem temperature. Kao što sam spomenula, polovicu jabuke sam lagano zagrijavala do 60°C u metalnom loncu. Izrezala sam je na četiri dijela, a dio koji je bio izložen vodi to jest plohu koja je ostala otvorena nakon rezanja na polovice, nisam tretirala.

Dolazimo do zanimljivog dijela. Dvije kriške izrezane od kraja jabuke kojima meso nije bilo u kontaktu s vodom su se smežurale, isti rezultat kao i u pokusu samo s vodikovim peroksidom, te tek blago potamnile. Referentni netretirani uzorak je dobio smeđkaste obrise oko kore, ali samo meso je malo potamnilo.

Razlog inhibicije tamnjenja je termolabilnost enzima PPO enzima. Zagrijavanjem se raspao, te je to uvelike usporilo proces enzymskog tamnjenja. Što se tiče dva uzorka koja su direktno bila izložena vrućoj vodi, nisu pokazivali prevelike razlike, unatoč tome što je jedan ostao netretiran, dok je drugi tretiran peroksidom.



Slika 16. Utjecaj povišenja temperature na uzorak jabuke

Navedeno dokazuje da je temperatura uistinu deaktivirala PPO enzim. Nažalost, kuhanjem se također uništavaju druge hranjive vrijednosti, pa ovo nije baš najbolja metoda za očuvanje jabuka.

5.3 3. SET EKSPERIMENTA – ANTOOKSIDANSI

Teoretski, tretiranje tkiva jabuke antioksidansima, trebalo bi dati najbolje rezultate, pa sam isto iskušala.

Vitamin C

Od svih testiranih antioksidansa, vitamin C je ostvario najbolje rezultate (slika 17). Kriške tretirane otopinama od 10% i 5% nisu pokazale nikakve znakove tamnjenja, dok su one tretirane 2,5%-tним vitaminom C tek malo potamnile.

Razlog je taj što otopina reagira s kisikom iz okoline prije nego što on dođe u doticaj s monofenolima i PPO-om u jabuci. Možda je jedan od čimbenika uspješne prevencije oksidacije činjenica da vitamin C regira s bakrom (prevelika količina vitamin C navodno može uzrokovati manjak bakra u tijelu).



Slika 17. Prevencija tamnjenja tretiranjem C vitaminom

Limunska kiselina (10%, 5%, 2,5%)

Druge po redu po efektivnost u prevenciji enzimskog tamnjenja su bile kriške tretirane limunskom kiselinom(slika 18.). Pokazale su male znakove tamnjenja te - kao i vitamin C, ali i brazde na mesu, specifično za djelovanje jačih kiselina i lužina na tkivo jabuke (poput eksperimenata s octenom kiselinom, ali bez neobičnog tamnjenja).



Slika 18. Prevencija tamnjenja tretiranjem limunskom kiselinom

Limunov sok (100%, 50%, 25%)

Iznađujuće za mene, limunov sok nije postigao jako dobre rezultate (slika 19.). Unatoč tome što je mješavina vitamina C i limunske kiseline. Limun kojeg sam koristila je možda sadržavao veći udio vode u sebi, pa antioksidansi koje sam ja tražila nisu došli do izražaja.



Slika 19. Uzorak tretiran limunovim sokom nakon oksidacije

Zeleni čaj

Zeleni čaj se nije pokazao dobrom za prevenciju oksidativnog djelovanja (slika 20.). Problem je u tome što ne možemo dokazati da li je to krivnja samih antioksidansa koji se nalaze u čaju (odnosno njihovog manjka) ili pigmenta u čaju. S obzirom da sam primijetila neobične crvene

točkice po površini jabuke, nekoliko sati nakon tretiranja, koje se nisu pojavile u drugim pokušima i čija se brojnost smanjivala s razrjeđenjem koncentrata, mogu zaključiti da je ta pojava nastala reagiranjem čaja s mesom jabuke.



Slika 20. Utjecaj zelenog čaja na uzorke jabuke

Ekstrakt bobičastog voća

Tretiranje ekstraktom bobičastog voća nije dalo pozitivne rezultate u prevenciji enzimske oksidacije (slika 21). Moja prepostavka je da je u njemu bila premala koncentracija antioksidansa da bi mogla spriječiti ili usporiti enzimatsko tamnjjenje.



Slika 21. Uzorci jabuke nakon tretmana ekstraktom bobičastog voća

6 Zaključak

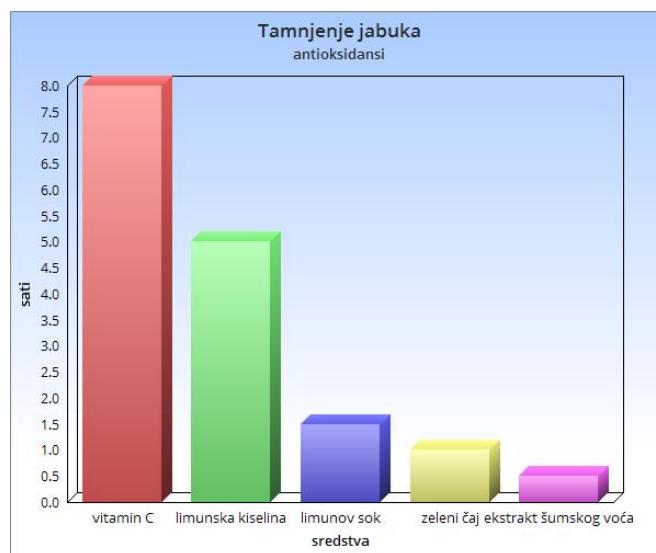
Prirodno enzimsko tamnjjenje uključuje reakciju kisika iz zraka i fenola u jabuci uz pomoć biološkog katalizatora polifenol oksidaze (PPO). Prvim setom eksperimenata dokazala sam da je kisik neizostavan dio te pojave.

Prirodnu reakciju tamnjjenja evidentno ubrzava oštećenje stanica - dokazano eksperimentima s zamrzavanjem i tretiranjem jakom kiselinom - octom. Iako, izgleda da je kod tretiranja octom i zamrzavanjem riječ o različitim vrstama tamnjjenja (brzo neenzimsko tamnjjenje kod octa te brzo enzimsko kod odmrzavanja jabuke).

Prirodnu reakciju tamnjenja usporilo je više tretmana:

Tretiranje antioksidansima

Tretiranje čistim koncentriranijim antioksidantima (vitamin C i limunska kiselina). Otopine s manjim udjelom antioksidansa poput limunovog soka, pokazale su djelovanje ali i malu učinkovitost u prevenciji tamnjenja, u odnosu na čiste koncentriranije antioksidanse. Otopine koje su sadržavale malu koncentraciju antioksidansa i prirodne pigmente (zeleni čaj i ekstrakt šumskog voća), pokazale su veoma malu efektivnost u usporedbi s prethodno navedenim antioksidantima. Usporedba učinkovitosti djelovanja testiranih antioksidansa prikazana je na grafu 1.



Graf 1. Usporedba inhibicije tamnjenja jabuka testiranim antioksidantima
(maksimalne testirane koncentracije)

Skladištenje u prostoru bez kisika

Eksperiment sa skladištenjem uzoraka jabuke u stakleni u kojoj je kisik oduzet izgaranjem, pokazao se veoma učinkovitim u prevenciji tamnjenja. Iako je bitno spomenuti da su nakon završetka eksperimenta uzorci počeli fermentirati te ponovno tamnjeti. Po mom mišljenju moguće je uspješno koristiti tu tehniku ako se doda neko antimikrobnو sredstvo za sprečavanje naknadne fermentacije.

Genetička modifikacija jabuka

Teoretsko istraživanje, pokazalo je postojanost sorte jabuka "Arctic" na tržištu, kod koje je genetičkim inženjerstvom oduzeta mogućnost sinteze PPO enzima. Potpuno duzimanje PPO enzima jabuci, u potpunosti onemogućava reakciju enzymskog tamnjenja. Navedeno nisam

mogla sama testirati jer „Arctic“ jabuke nisu dostupne na hrvatskom tržištu jer EU brani uvoz takvih GMO proizvoda.

Od svih eksperimenata, vitamin C se pokazao najuspješnijim za prevenciju tamnjenja, sukladno očekivanju (teoretskom istraživanju).

Budući da je enzimsko tamnjenje jabuka jedna od najkompleksnijih biokemijskih reakcija koja se odvija u biljkama, te da u istima ima mnoštvo organskih spojeva koji mogu reagirati s kemijskim reagensima, jako je teško detaljnije istražiti neke fenomene in vivo tj. unutar jabuke (poput eksperimenata s octenom kiselinom, sodom bikarbonom, peroksidom i zamrzavanjem). Navedene eksperimente bilo bi poželjno istražiti in vitro (izolirati polifenol oksidazu i fenole te testirati reakcije čistih spojeva).

Bitno je spomenuti, da je istraživanje teorije koja stoji iza procesa bilo izazovno i zanimljivo, s obzirom da školsko gradivo koje sam do sada prešla još nije pokrilo teme vezane uz organsku kemiju i biokemiju s kojim sam se susrela. Rad na istraživanju omogućio mi je samostalno učenje velike količine navedenog gradiva kroz praksu.

Također bitno je spomenuti da je u ovakvom istraživanju skoro nemoguće uspoređivati malu razliku u promjeni boje jabuke tijekom enzimskog tamnjenja. Bilo bi dobro imati kolorimetar, da se ta razlika može prikazati numerički. Navedeni uređaj je bio izvan našeg budžeta.

7 Zahvale

Prvo bih se htjela zahvaliti svom mentoru Gjinu Šutići na danim materijalima i strpljenjem kroz protekla tri tjedna, te na njegovim pohvalama i podršci. Zatim bi se htjela zahvaliti svojim roditeljima koji su mi puštali da radim na računalu mnogo više nego što bi mi inače bilo dopušteno.

Duboko se zahvaljujem organizatorima Hrvatskog turnira mladih prirodoslovaca - Istraživačkom centru mladih na održavanju ovog turnira te na danoj prilici da sudjelujem u njemu. Žao mi je što ovakve vrste natjecanja nisu više zastupljene u našim školama.

Literatura

- [1.] Vincek: Enzimsko i neenzimsko posmeđivanje, 2014, Prehrambeno - tehnički fakultet Osijek
- [2.] Bušić: Enzimsko posmeđivanje jabuka, 2014, Prehrambeno - tehnički fakultet Osijek
- [3.] Nicolas, Richard-Forget, Goupy, Amiot, Aubert: Enzymatic browning reactions in apple and apple products, 2009, Critical Reviews in Food Science and Nutrition

- [4.] Son, Moon, Lee: Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices, 2001, Elsevier - Food Chemistry
- [5.] Stričević, Sever: Organska kemija - Udžbenik za učenike srednjih škola, 2000, Profil International
- [6.] Lee: Forage polyphenol oxidase and ruminant livestock nutrition, 2014, Frontiers in plant science
- [7.] Internet stranice:
- https://en.wikipedia.org/wiki/Polyphenol_oxidase
- <http://www.todayifoundout.com/index.php/2014/04/insides-apples-turn-brown-exposed-air/>
- <https://hr.wikipedia.org/wiki/Enzim>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Melanin>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Hydroxylation>
- <https://sr.wikipedia.org/wiki/Hidroksilacija>
- <https://hr.wikipedia.org/wiki/Oksidacija>
- <http://www.worthington-biochem.com/ty/default.html>
- https://hr.wikipedia.org/wiki/Henryev_zakon
- <http://lpi.oregonstate.edu/mic/minerals/copper>
- <http://www.arcticapples.com/how-did-we-make-nonbrowning-apple/>

PROBLEM: 6. JABUKE

Borna Cesarec

Mentorica: Ana Maslać, prof.

7.a razred, OŠ Augusta Cesarca, Krapina, Hrvatska

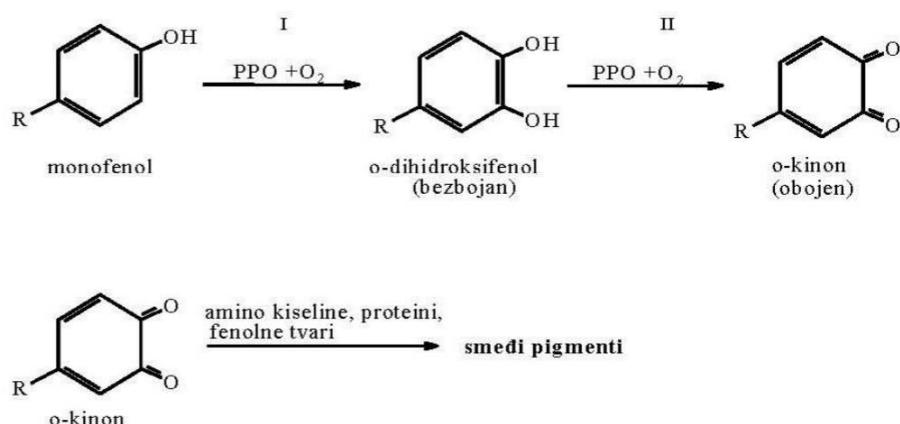
1 Uvod

Odabran je problem „Jabuke (IYNT 2017.)“ koji glasi: „Zašto kriške jabuke posmeđe nakon rezanja? Istražite brzinu ovog procesa i testirajte metode za sprječavanje ove pojave.“

U problemu je bilo važno istražiti zašto kriške jabuke posmeđe nakon rezanja na zraku te pronaći metode kojima se ta pojava može spriječiti. U praktičnom dijelu koristio sam domaće jabuke, koje nisu ničim tretirane pa sam mjerio vrijeme nakon kojeg će kriška odrezana keramičkim nožem posmeđiti na zraku. Zatim sam kriške jabuka tretirao različitim otopinama (limunov sok, jabučni ocat, vodena otopina kuhinjske soli, vodena otopina šećera, otopina askorbinske kiseline i otopina NaHCO_3) i mjerio vrijeme kada će posmeđiti. Dobivene rezultate sam proanalizirao. U literaturi sam pronašao razlog posmeđenja kriške jabuke nakon rezanja te kako se na isto možemo utjecati.

2 Teorijska razrada problema

2.1 Enzimsko posmeđivanje



Slika 1. „Reakcija enzimskog posmeđivanja“ [2]

Kad se jabuka zareže, dolazi do oštećivanja stanica. Kisik iz zraka pomoću enzima polifenol oksidaze uzrokuje niz reakcija kojima nastaju obojeni spojevi melanini. „Polifenol oksidaze spadaju u skupinu metaloenzima koji sadrže ione bakra kao prostetsku skupinu, te kataliziraju hidroksilaciju monofenola do o-difenola, te oksidaciju o-difenola u o-kinone, koji zatim mogu reagirati međusobno ili s aminima, tiolima ili fenolima, pri čemu nastaju obojeni spojevi melanini nizom reakcija enzimskog posmeđivanja ili melaninizacije (Slika 1).“ [1]

„Naime, do reakcija enzimskog posmeđivanja dolazi kada se mehanički ošteti biljna stanica (Slika 2), a to je najčešće kod minimalnog procesiranja voća (rezanje, guljenje, mljevenje, usitnjavanje i sl.).

Na intenzitet ovih reakcija utječe stupanj aktivnosti enzima, količina supstrata, količina kisika, temperatura, pH i vrijeme trajanja reakcije. Enzimsko posmeđivanje, nakon početnog stupnja u kojem sudjeluju enzimi, prelazi u neenzimsko pri čemu se javljaju sekundarne reakcije, što se odražava u promjeni boje prehrambenih proizvoda. Ove reakcije su vrlo kompleksne i mogu uzrokovati promjene mirisa, okusa, boje, teksture i arome u različitim vrstama prehrambenih proizvoda.“ [3]



Slika 2. Posmeđivanje kriške jabuke

2.2 Sprečavanje enzimskog posmeđivanja

Da bi se uspješno spriječilo enzimsko posmeđivanje jabuka potrebno je djelovati na uzroke, a to su: a) enzim,

- b) supstrat i
- c) kisik.

a) Najčešće primjenjivani postupak inaktivacije enzima je postupak blanširanja pri čemu pod utjecajem visokih temperatura dolazi do promjene u sekundarnoj i/ili tercijarnoj strukturi molekule enzima čime se smanjuje katalitička aktivnost. Međutim sama metoda dovodi do promjene teksture i arome jabuke.

Snižavanjem pH vrijednosti tako da se kriška jabuke uroni u limunov sok ili otopinu askorbinske kiseline dolazi do smanjenja aktivnosti enzima bez promjene teksture jabuke, ali dolazi do promjene okusa.

- b) Djelovati na supstrat možemo s reducirajućim sredstvima poput askorbinske kiseline ili uporabom meda. Tekstura jabuke ostaje ista, ali dolazi do promjene okusa.
- c) Uklanjanjem kisika sprečavamo enzymsko posmeđivanje, a to možemo učiniti potapanjem kriški jabuka u vodene otopine (šećera ili soli) ili pak pakiranjem u vakuumu ili u modificiranoj atmosferi.

3 Eksperimentalni postav

Za izvođenje ovog eksperimenta koristio sam tri domaće jabuke, keramički nož, staklene čaše s pripremljenim otopinama, keramičke tanjuriće, posudu za blanširanje, hladnjak, ledenicu, foliju za održavanje svježine, mobitel za mjerjenje vremena i digitalni fotoaparat.

U prvu čašu iscijedio sam limunov sok, u drugoj sam pripremio 6% otopinu NaHCO_3 tako da sam izvagao na digitalnoj vagi Radwag WPT 3/6C (podjeljka 0,1 g i razreda točnosti III) 6 g NaHCO_3 i dodao 94 g vode, u trećoj sam pripremio 0,1% otopinu askorbinske kiseline tako što sam 0,1 g askorbinske kiseline otopio u 99,9 g vode, u četvrtoj sam otopio 5 g šećera u 95 g vode i pripremio 5% otopinu šećera, u petoj sam pripremio 5% otopinu kuhinjske soli tako što sam 5 g kuhinjske soli otopio u 95 g vode, a u šestu sam čašu ulio jabučni ocat. Pripremio sam cvjetni med koji će koristiti za premazivanje kriške jabuke. Isti eksperiment proveo sam tri puta na istoj vrsti jabuke kako bih provjerio rezultate. Navedene koncentracije otopina pronašao sam na web stranici Nuffield foundation [4]. Eksperimentirao sam i s 1% otopinom NaHCO_3 te 1% otopinom soli i šećera.

4 Metode i mjerjenje

Kako nemam potrebnu aparaturu za mjerjenje koncentracije nastalih melanina, umjesto određivanja brzine posmeđivanja mjerio sam vrijeme potrebno da određena kriška jabuke posmeđi. Posmeđivanje sam bilježio fotoaparatom. Intenzitet odnosno pojavu smeđih mrlja odredio sam okularno uspoređujući kontrolnu jabuku s testiranim jabukama. Izradio sam svoju skalu stupnjevanja smeđe boje te određenu nijansu smeđe označio brojkama od nula do pet.

Šest kriški jabuka potopio sam svaku u različitu otopinu na četiri minute (eksperimentirajući s različitim vremenom (jedna, dvije, tri, četiri i pet minuta) potopljenih kriški jabuka u odabranim otopinama došao sam do zaključka da je upravo potrebno četiri minute da bi otopina prodrla u stanice kriški jabuka i djelovala) i nakon toga izvadio na tanjuriće i vremenski pratio pojavu posmeđivanja. Jednu krišku jabuke imao sam vani na tanjuriću kao kontrolnu. Jednu krišku sam zamotao u prijanjujuću foliju za održavanje svježine te zajedno s drugom kriškom stavio u

hladnjak na -3°C. Jednu krišku stavio sam u ledenicu na -19°C, jednu sam blanširao u kipućoj vodi pet minuta, a jednu sam premazao s medom.

Svakih pet minuta pa nakon sat vremena, nakon dva sata, nakon dvanaest i dvadeset i četiri sata pratio sam posmeđivanje i fotografirao.

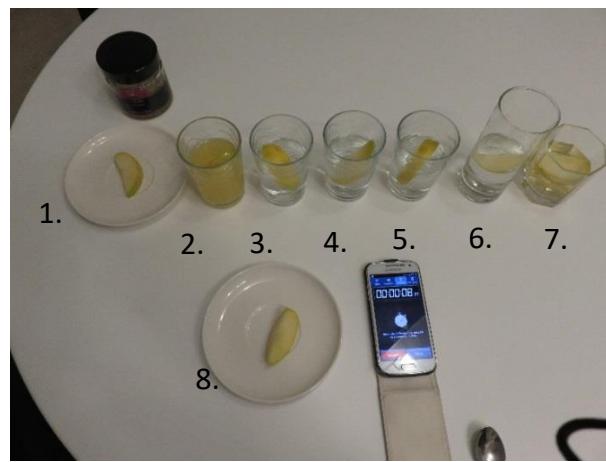
Prikazat ću na slikama samo one vremenske periode kada sam zabilježio značajne promjene posmeđivanja. To su deset, petnaest, trideset, četrdeset i pet i šezdeset minuta te dvanaest sati. Prilikom izvođenja pokusa bila je stalna sobna temperatura 22°C.

5 Rezultati i rasprava

Na slici 3 su prikazane kriške jabuke na početku mjerjenja u otopinama.

1. Kriška jabuke premazana cvjetnim medom – djeluje na supstrat i sprečava pristup kisika pa očekujem da će više usporavati posmeđivanje od ostalih otopina
2. Kriška jabuke u limunovom soku – snizuje pH čime smanjuje aktivnost enzima – usporit ćemo posmeđivanje
3. Kriška jabuke u 6% otopini NaHCO_3 – povisuje pH čime nećemo utjecati na aktivnost enzima – nećemo usporiti posmeđivanje
4. Kriška jabuke u 0,1% otopini askorbinske kiseline- snizuje pH čime smanjuje aktivnost enzima i djeluje reducirajuće na supstrat – usporit ćemo posmeđivanje
5. Kriška jabuke u 5% otopini šećera – otopina sprečava pristup kisika pa očekujem da će usporiti posmeđivanje
6. Kriška jabuke u 5% otopini kuhinjske soli – otopina sprečava pristup kisika i smanjuje aktivnost enzima polifenol oksidaze pa će usporavanje posmeđivanja biti jače izraženo od otopine šećera
7. Kriška jabuke u jabučnom octu – snizuje pH pa očekujem da će smanjiti aktivnost enzima i usporiti posmeđivanje
8. Kontrolna kriška jabuke

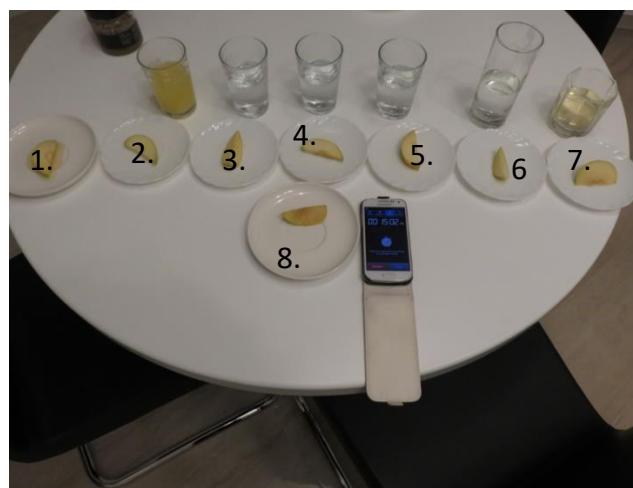
Na slici 4 su prikazane kriške nakon deset minuta, na slici 5 nakon petnaest minuta, na slici 6 nakon trideset minuta, na slici 7 nakon četrdeset i pet minuta, na slici 8 nakon šezdeset minuta, a na slici 9 nakon dvanaest sati.



Slika 3. Početak mjerjenja, kriške jabuka potopljene u otopine i u med



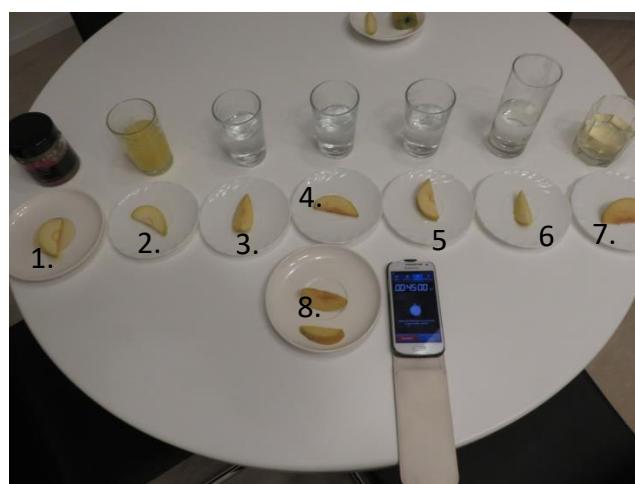
Slika 4. Kriške nakon deset minuta



Slika 5. Kriške nakon petnaest minuta



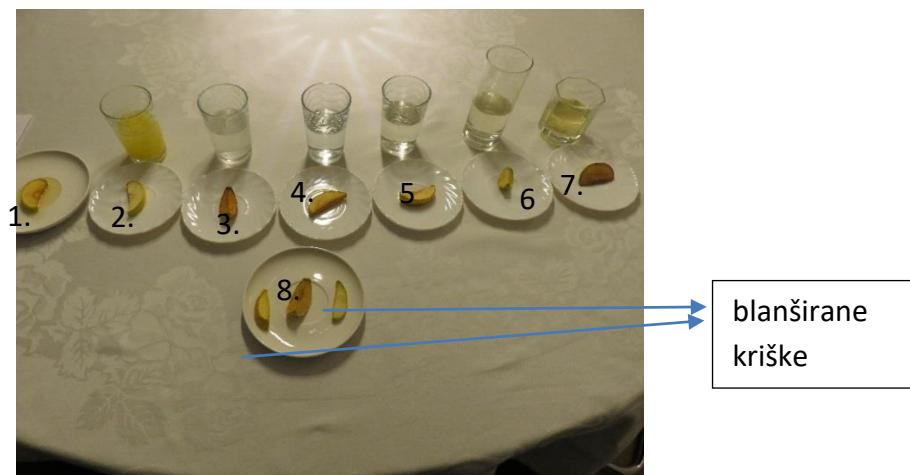
Slika 6. Kriške nakon trideset minuta



Slika 7. Kriške nakon četrdeset i pet minuta

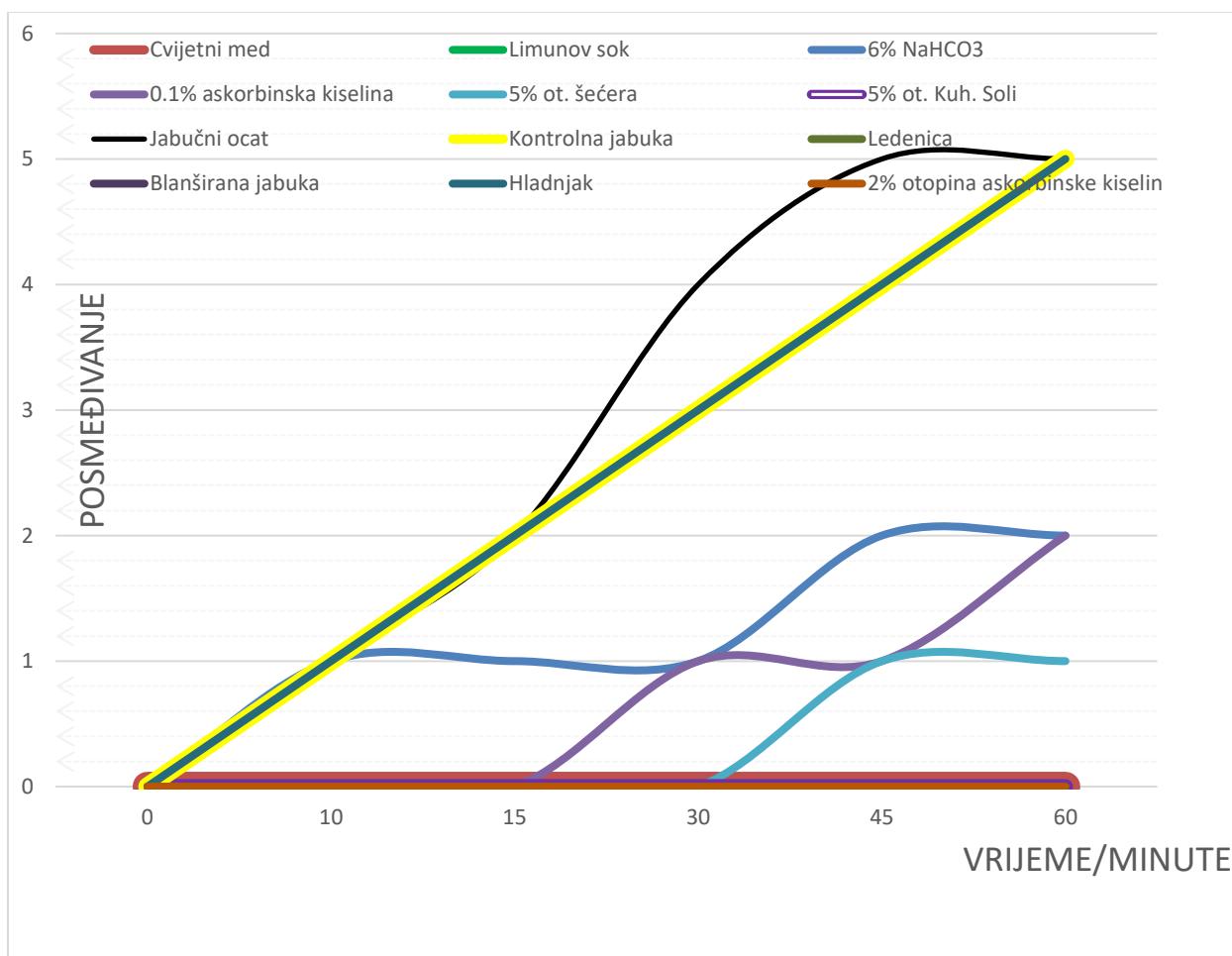


Slika 8. Kriške jabuke nakon šezdeset minuta

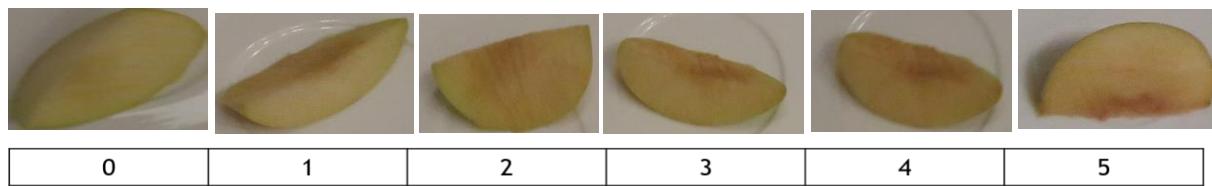


Slika 9. Kriške jabuke nakon dvanaest sati

Grafički možemo prikazati pojavu posmeđivanja u ovisnosti o vremenu za različito tretirane kriške jabuke (Graf 1.).



Graf 1. Grafički prikaz ovisnosti posmeđivanja o vremenu



Slika 5 Skala posmeđivanja jabuke

Vrijeme/min	Cvjetni med	Limunov sok	6%ot. NaHCO ₃	0,1%ot. askorbinske kiseline	5% ot. šećera	5% ot. NaCl	Jabučni ocat	Kontrolna jabuka	Ledenica	Blanširana jabuka	Hladnjak	2% ot.askorbinske kiselin	prijanjujuća folija
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1
15	0	0	1	0	0	0	2	2	0	0	2	0	2
30	0	0	1	1	0	0	4	3	0	0	3	0	3
45	0	0	2	1	1	0	5	4	0	0	4	0	4
60	0	0	2	2	1	0	5	5	0	0	5	0	4

Slika 10. Tablica posmeđivanja različitih kriški jabuka

Iz priloženog grafičkog prikaza (Graf 1) i tablice (Slika 10) možemo zaključiti da smo teorijske pretpostavke potvrdili eksperimentom. Naime, posmeđivanje kriške jabuke možemo spriječiti u potpunosti premazivanjem s medom (sprečava pristup kisika i djeluje na supstrat), uranjanjem u limunov sok (kiselina inhibira enzim) i otopinu kuhinjske soli (inhibiramo enzim i sprečava se pristup kisika). Umanjiti posmeđivanje možemo 0,1% otopinom askorbinske kiseline i otopinom šećera. 0,1% otopina askorbinske kiseline bila je preslabu, pa sam izveo pokus i sa 2% otopinom askorbinske kiseline koja je u potpunosti spriječila posmeđivanje zbog reduciranja o-kinona u difenol i tvoreći helatne spojeve s prostetskom skupinom polifenoloksidaze. Uranjanjem u otopinu sode bikarbune nismo zaustavili posmeđivanje, zato što povišenje pH ne utječe na aktivnost enzima, dok uranjanjem u jabučni ocat neočekivano se pojavilo posmeđenje, ali ne zbog nastanka melanina već zbog upijanja pigmenta jabučnog octa.

Što se tiče promjene temperature, kod blanširanja se potpuno zaustavio proces posmeđivanja kao i u ledenici na -19°C, dok je u hladnjaku na -3°C i omotano prijanjujućom folijom u hladnjaku samo malo usporen proces posmeđivanja. Blanširanjem smo inaktivirali enzim polifenoloksidazu, dok smo u hladnjaku samo usporili enzim. Prijanjujuća folija nije uspjela spriječiti posmeđivanje, jer nije u potpunosti spriječila pristup kisika.

Iz nagiba krivulja u grafičkom prikazu možemo zaključiti da najbrže posmeđe kriške jabuke na zraku ničim tretirane, te kriške jabuke u hladnjaku i otopini sode bikarbune. Najbolje se može spriječiti posmeđivanje kada se djeluje i na enzim i na supstrat ili pristup kisika.

6 Zaključak

Rezanjem jabuke one smeđe na zraku, jer se stvara melanin. Proces posmeđivanja je enzimska reakcija na koju se može utjecati na 3 načina. Utjecajem na supstrat, enzim i odvođenjem kisika. U eksperimentu smo pokazali da možemo inaktivirati enzim blanširanjem i snižavanjem pH vrijednosti uranjanjem u limunov sok. Isto tako djelovali smo na supstrat kad smo kriške jabuka uronili u askorbinsku kiselinu ili premazali s medom. Potapanjem kriške jabuke u otopinu soli uklonili smo kisik i smanjili aktivnost enzima polifenoloksidaze i na taj način zaustavili posmeđivanje.

Zaleđivanjem u ledenici se također može zaustaviti posmeđivanje dok to nismo uspjeli zaustaviti u hladnjaku na temperaturi -3°C. Poboljšanja ovog rada su moguća ukoliko bih mogao točnije odrediti posmeđenje kolorimetrom ili spektrofotometrom ili ukoliko bih mogao odrediti brzinu reakcije stvaranja melanina tj. odrediti koncentracije melanina u pojedinom intervalu

7 Zahvala

Zahvaljujem se prof. Ani Maslać i dipl. ing. Vesni Požgaj Mihajlović što su me potakle na prijavu za ovo natjecanje kao i na nesebičnoj pomoći prilikom izrade ovog rada. Također zahvaljujem svojoj majci magistri farmacije.

Literatura

- [1.] Janković I. Izolacija, pročišćavanje i djelomična karakterizacija polifenol oksidaze iz jabuka. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:537991> [19.12.2014.]
- [2.] Midhat J. Biljni pigmenti. Online enciklopedija. <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija-2/biljni-pigmenti> [24.9.2014.]
- [3.] Lovas I: Sprječavanje enzimskog posmeđivanja u kriškama jabuke sorte „Idared“. Diplomski rad. Prehrambeno tehnološki fakultet, Osijek, 1997.
- [4.] <http://www.nuffieldfoundation.org/> [20.9.2014]
- [5.] Yongxin Li, Ron B HWills, John B Goldinga, and Roksana Huquea: Effect of halide salts on development of surface browning on fresh-cut ‘Granny Smith’ (*Malus ×domestica* Borkh) apple slices during storage at low temperature.
- [6.] Student Project - Food Waste: Catechol Oxidase Activity in Fruits and Vegetables <http://www.saps.org.uk/students/projects/171-student-project-catechol-oxidase-activity-in-fruits-and-vegetables>

PROBLEM 6. JABUKE

Tomislav Novak

Mentor: Ljiljana Hrastar, prof.

1.F, Gimnazija Lucijana Vranjanina, Zagreb, Hrvatska

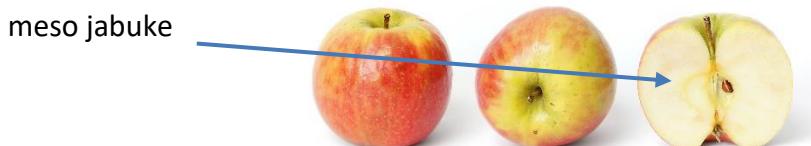
1 Uvod

Problem 6. Jabuke glasi „*Zašto kriške jabuke posmeđe nakon rezanja? Istražite brzinu ovog procesa i testirajte metode za sprječavanje ove pojave.*“ Postavljeno pitanje *zašto kriške jabuke posmeđe ostavljene nakon rezanja* podrazumijeva istraživanje kemijskih procesa koji se odvijaju u dodiru mesa jabuke s zrakom i njihove brzine. Tome prethodi i upoznavanje jabuke kao biljne vrste te njezinih različitih sorti. Zatim na red dolazi i pokus - ispitivanje ovisnosti brzine o pojedinim uvjetima: o vrsti i porijeklu jabuke, o temperaturi i o količini prisutnog zraka. Po završektu mjerena i prikazivanja rezultata valja doista predložiti odgovore na pitanje „*Zašto jabuke smeđe, kojom brzinom u kojim uvjetima i djeluju li postupci sprečavanja procesa?*“

2 Teorijska razrada problema

2.1 Jabuka i sorte jabuka

Jabuka (*Malus domestica*) jedan je od najpoznatijih voćnih plodova. Jabuka sadrži gotovo sve što je potrebno ljudskom organizmu: voćne kiseline i šećere, minerale, vittamine... Postoji preko stotinu zabilježenih sorti jabuka, no među najraširenijima su: Crveni Delišes, Zlatni Delišes, Granny Smith, Idared.



Slika 1. Jabuka – pogled sa strane; odozgo; presjek



Slika 2. Sorta Granny Smith



Sorta Idared



Sorta Zlatni Delišes

2.2 Smeđenje jabuke; kemijski procesi

Opće je poznato da se kod jabuke izrezane na kriške eventualno događa promjena boje – ona posmeđi. To je, dakako, kemijska reakcija. Glavni odgovorni enzim jest polifenoloksidaza (PPO), uz bakar kao koenzim (prostetska skupina). Taj enzim katalizira sljedeće dvije reakcije: Monofenolni spojevi iz mesa jabuke uz prisutnost kisika hidroksiliraju do o-difenola. Novonasatali o-difenoli oksidiraju do o-kniona. Knion je organski spoj koji tada tvori zaštitni sloj koji čuva izloženo meso jabuke od raznih bakterija i gljivica.

2.3 Parametri

Parametri koji će biti mijenjani u pokusu ispitivanja brzine smeđenja jabuka jesu sljedeći: temperatura, prisutnost zraka, sorta i porijeklo jabuke. Moja početna hipoteza jest da će brže posmeđiti jabuke izložene većoj prisutnosti zraka, te također da će biti vidne razlike u brzini smeđenja jabuka organskog porijekla i jabuka nepoznatog porijekla.

2.4 Postupci sprečavanja smeđenja

Na preporuku par ljudi i pretražujući internet, dolazim do zaključka da je najisprobavnija, najuspješnija i najraširenija metoda ona koja podrazumijeva prskanje jabuka limunovim sokom.

3 Eksperimentalni postav

Jabuke sljedećih porijekla i sorti:

– jabuke neprovjerljivog porijekla, kupljene u trgovini

- Granny Smith
- Idared
- Zlatni Delišes

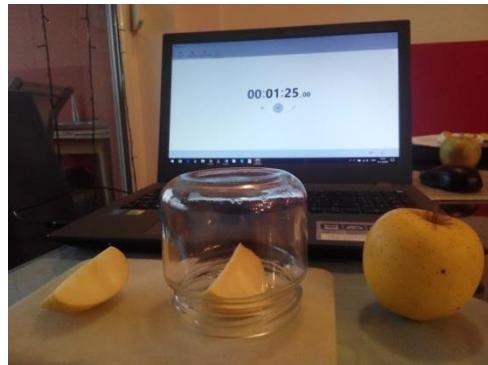
– jabuke organskog uzgoja

- Granny Smith

– Idared

izrezane na kriške jednake veličine bit će pojedinačno izložene sljedećim uvjetima:

- sobna temperatura ($\approx 20^{\circ}\text{C}$) uz prisutnost zraka,
 - sobna temperatura ($\approx 20^{\circ}\text{C}$) u zatvorenom sustavu,
 - temperatura $\approx 2^{\circ}\text{C}$ (*vanjska*) uz prisutnost zraka,
 - temperatura $\approx 2^{\circ}\text{C}$ (*vanjska*) u zatvorenom sustavu;
- gdje će zatvoren sustav imati određenu nepromjenjivu količinu zraka.



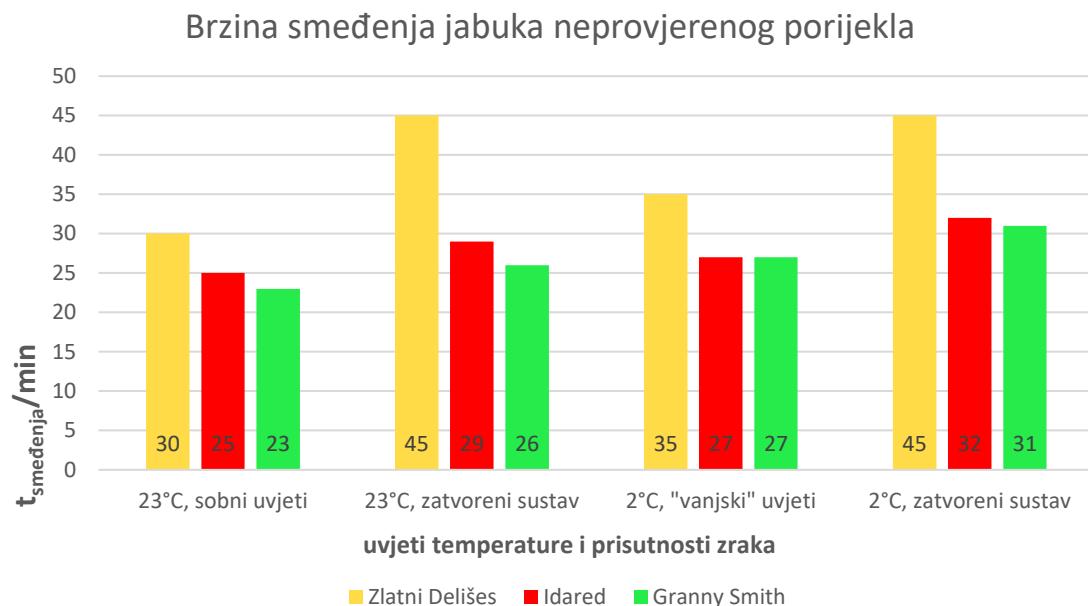
Slika 3. Eksperimentalni postav

4 Metode i mjerjenje

Za ovo mjerjenje definirao sam da je jabuka 'posmeđila' kada je zaštitni sloj smeđe boje prekrio cijelu površinu mesa kriške. Za svaku pojedinu sortu jabuke odvijalo se isto, sljedeće mjerjenje. Jabuku sam izrezao na četiri kriške jednake veličine. Dvije su stavljene na stol u stanu (temperatura je tokom cijelog pokusa u sobi bila regulirana na 20°C) jedna do druge, s tim da je jedna odmah poklopljena prozirnom staklenkom – to je poslužilo za postići ranije definiran zatvoreni sustav. Druge dvije stavljene su na balkon. Po termometru koji je bio ondje, temperatura se držala na $2^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$. Od njih dvije također je jedna poklopljena staklenkom. Tako izloženim kriškama zapornim je satom izmjereno vrijeme potrebno da posmeđe. Bitno je napomenuti i da sam svako mjerjenje radio dva puta; od svake sorte jabuka imao sam po dvije jedinke, a uvidjevši da sam na prvoj jedinki uspio obaviti sva potrebna mjerjenja za tu sortu, odlučio sam mjerjenja za istu sortu ponoviti i s drugom jedinkom. Tako će iskazani rezultati biti prikazani u vidu srednje vrijednosti dvaju mjerjenja u istim uvjetima. Izrezavši jabuke i postavivši ih na mjesto izvođenja pokusa, postalo mi je jasno da mjerjenje neće biti točno u sekundu, jer je par sekundi prošlo od trenutka kad su jabuke izrezane do trenutka kad sam uključio zaporni sat. Ispitivanje djelovanja i učinkovitosti metode sprečavanja u vidu prskanja jabuke limunovim sokom provedeno je shodno rezultatima ostalih mjerjenja, tako da pokuša sprečiti proces kod jedinke koja najbrže smeđi.

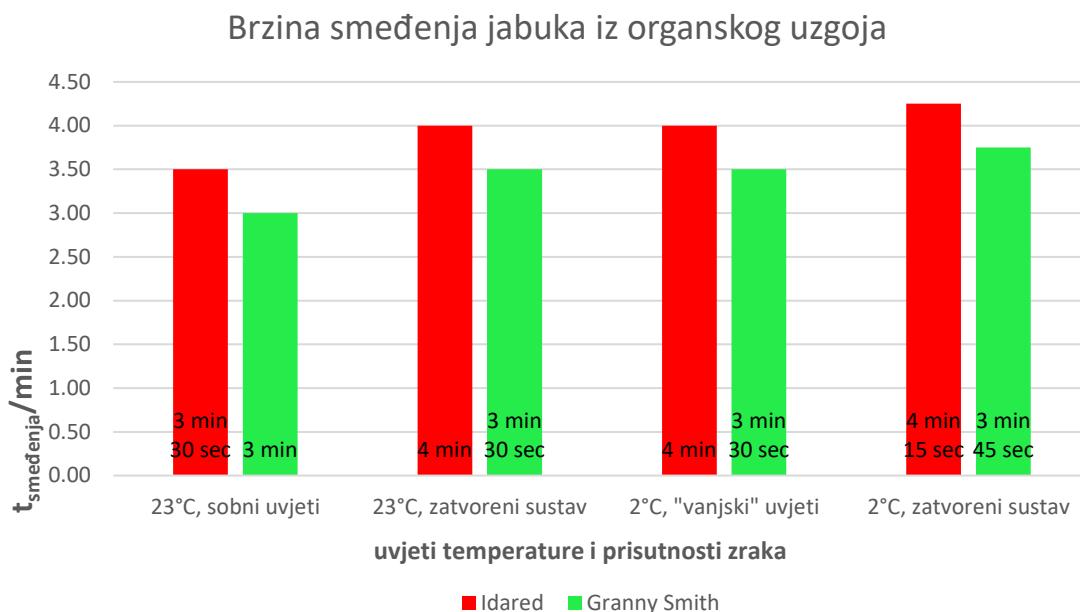
5 Rezultati i rasprava

Napravivši sva potrebna mjerena, zapisao sam ih te odlučio predočiti pomoću dva grafa – jedan za rezultate mjerena jedinki jabuka iz organskog uzgoja, te jedan za rezultate mjerena jedinki jabuka neprovjerenog porijekla.



Graf 1. Brzina smeđenja dviju sorti jabuka neprovjerenog porijekla u različitim uvjetima

Uočavamo sljedeće činjenice: jabukama neprovjerenog porijekla jako je puno duže trebalo da posmeđe u odnosu na jabuke organskog uzgoja; jabukama je nevezano na sortu malo duže trebalo da posmeđe kad su bile u zatvorenom sustavu, no oscilacija nije prevelika jer u zatvorenom sustavu je zraka bilo, a time zaključujem da jabukama nije potrebna velika količina kisika za kemijsku reakciju stvaranja zaštitnog sloja; vremena smeđenja različitih sorti se razlikuju, no ne puno, sorta Zlatni Dellišes je imala najsporije prolazno vrijeme, no, opet, razlika nije prevelika, i donekle je pravilna. Najveća je razlika u brzini smeđenja između dvaju suprotstavljenih porijekala jabuke – onog iz organskog uzgoja te onog dosad navođenog kao neprovjerenog porijekla, vjerojatno se radi o nekakvom uzgoju pod staklenikom ili plastenikom (možda čak i o genetski modificiranom organizmu) – razlika se očituje u desecima minuta. Naposlijetu, isprobao sam postupak pokušaja sprečavanja procesa – poprskao sam limunovim sokom baš kriške jabuka iz organskog uzgoja, gdje je brzina smeđenja bila najveća – metoda se pokazala uspješnom. Jabuka je pošpricana netom nakon rezanja, te je ostala nesmeđa do daljnjega.



Graf 2. Brzina smeđenja dviju sorti jabuka organskog uzgoja u različitim uvjetima

6 Zaključak

Moja se hipoteza sadržavala od mišljenja da će brže posmeđiti jabuke koje nisu u zatvorenom sustavu, što se pokazalo točnim, no ne i presudnim, kako su te razlike bile relativno male; također sam pretpostavio i razliku između brzine smeđenja jabuka između dvaju porijekala koja se ispostavila prisutnom i evidentnom. Zaključak će biti najpotpuniji odgovorom na već postavljeno pitanje: „Zašto jabuke sмеđe, kojom brzinom u kojim uvjetima i djeluju li postupci sprečavanja procesa?“ Jabuke sмеđe zbog kemijskog procesa koji se odvija na površini mesa u dodiru sa zrakom kataliziranog enzimom polifenoloksidazom, a kojim nastaje organski spoj knion koji tvori zaštitni sloj iznad površine mesa jabuke, vidljiv kao sмеđa boja koja se prostire mesom. Jabuke najbrže sмеđe u standardnim uvjetima – 20°C, atmosferski tlak 1013hPa. Najbrže sмеđe jabuke iz organskog uzgoja. Malo sporije sмеđe u ograničenoj količini zraka, iako im za kemijski proces nije potrebna velika količina kisika. Izabrani isprobani postupak sprečavanja procesa – prskanje limunovim sokom – djeluje, uvelike usporava proces smeđenja. Ovo istraživanje moglo bi se proširiti i nadopuniti dodavanjem još sorti jabuka, a svakako i još više vrsti porijekla (uzgoja) jer se to u mom istraživanju pokazalo kao glavni čimbenik koji je utjecao na brzinu smeđenja. Uvjete koje ja nisam uspio postići su također i uvjeti u kojima bi jedinke bile kompletno bez zraka, dakle u vakumiranom sustavu.

Literatura

- [1.] Midhat Jašić: Tehnologija voća i povrća – I dio, 2007., Univerzitet u Tuzli
- [2.] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Jabuka>
- [3.] <https://en.wikipedia.org/wiki/Apple>
- [4.] Slika 1. : Fir0002/Flagstaffotos: Pink Lady apple and its cross section isolated on a white background, 2009
- [5.] Slika 2. : Fir0002/Flagstaffotos: Granny Smith and its cross section isolated on a white background, 2009
- [6.] Slika 3. : Fir0002/Flagstaffotos: Golden delecious apple fruit, 2005

PROBLEM 7. RAST KROZ ASFALT

Ana Gudelj

Mentor: Bojana Domjanović, prof.

1. C, Gimnazija Lucijana Vranjanina, 10 000 Zagreb

1 Uvod

U ovom radu izabran je sedmi problem: "Rast kroz asfalt" kojim je trebalo istražiti: "Može li mala biljka izrasti ravno kroz beton ili asfalt?"

U početku nisam imala jasnu sliku o ovom problemu te sam se trebala detaljno konzultirati i istražiti literaturu. U glavi su mi se postavljala brojna pitanja kao: "Je li biljčica dovoljno jaka da zaista probije asfalt?", "Koji su joj preduvjeti potrebnii?", "Mogu li samo drvenaste biljke uspješno probiti asfalt?", "Utječe li na to debljina sloja kojeg biljka probija?" i slično.

2 Teorijska razrada problema

U kontekstu literaturnog istraživanja ovog problema nametnula su se pitanja probijanja stabljike kroz asfalt i probijanja korijena kroz asfalt (Slika 1).



Slika 1. Rast biljki kroz asfalt - izvor [3]

Postavila sam hipotezu da biljčica neće moći probiti asfalt svojom stabljikom ni korijenom. Neka velika drvenasta biljka, na primjer bor ili neki kserofit, bi trebala biti u mogućnosti probiti sloj od cca 3 centimetra asfalta ako ih on dijeli od tvari potrebnih za rast i razvoj. Takve biljke moguće je vidjeti kako usred širenja volumena svog korijena prave izbočine na cesti (Slika 2).



Slika 2. Izbijanje korijena biljke kroz asfalt - izvor [3]

Međutim, u tekstu predmetno postavljenog problema se navodi: "može li mala biljka" i zbog toga je bilo potrebno istražiti slučajeve vezane uz takve biljke.

3 Eksperimentalni dio

3.1 Terenski - opažanje iz prirode

U svom neposrednom životnom okruženju sam promatrala i fotografirala izrast malih biljaka iz asfalta i betona (Slika 3).



Slika 3. Izrast malih biljaka iz asfalta i betona

3.2 Laboratorijski – uzgoj graha ispod sloja gipsa

Budući da eksperimentiranje sa betonom nije bilo izvedivo, odlučila sam provesti pokus koji je bio izvediv, a sličan odnosu asfalta i biljke.

Pomoću materijala prikazanih na Slika 4: zemlje za cvijeće, gipsa u prahu, sjemenki graha, vode i posuda za uzgoj posadila sam u tripletu po pet sjemenki graha (Slika 5a), pošpricala ih vodom (Slika 5b), prekrila posađene sjemenke (Slika 6a) slojem cca 5 mm smjese gipsa i vode (Slika 6b) i na sobnoj temperaturi od 22°C izložila sunčevoj svjetlosti (Slika 6c) tijekom 10 dana.



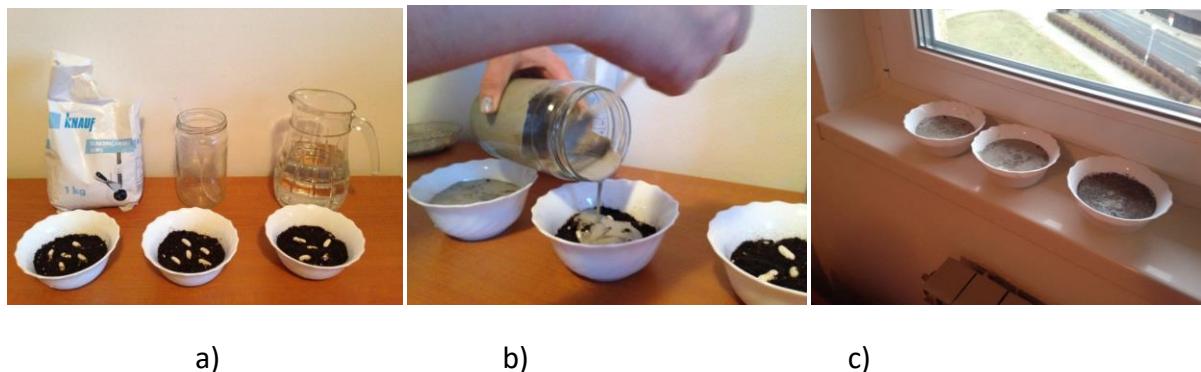
Slika 4. Materijali uporabljeni za uzgoj graha ispod sloja gipsa



a)

b)

Slika 5. Sadnja sjemenki



a)

b)

c)

Slika 6. Prekrivanje posađenih sjemenki a) slojem gipsa b) i izlaganje svjetlosti c)

4 Rezultati laboratorijskog eksperimenta

Nakon izlaganja tripleta posuda, sa sjemenkama prekrivenim gipsom, sunčevoj svjetlosti tijekom 10 dana ni u jednoj posudi nije došlo do:

- probijanja stabljike graha kroz sloj gipsa,
- pucanja sloja gipsa,
- podizanja sloja gipsa.



Slika 7. Stanje nakon izlaganja posuda sa sjemenkama prekrivenim gipsom sunčevoj svjetlosti tijekom 10 dana

5 Rasprava

Kroz primjere iz literature (Slike 1 i 2) i osobno promatranje (Slika 3) se moglo uočiti da su biljke sposobne izrasti iz asfalta, no provedba eksperimenta sa sjemenkama graha nije rezultirala izrastom/probijanjem klica kroz sloj gipsa niti puknućem tog sloja.

U slučaju izrasta biljaka (Slike 1 i 2) zasigurno je korijenje urasio duboko prema dolje, a zatim je uslijedio izrast nadzemnog dijela biljke uslijed:

- širenja volumena korijena (Slika 2) ili
- pronalaska pukotine u asfaltu (Slika 1b).

U primjerima prikazanim Slikama 3a, 3b, 3c i 3d se zasigurno ne radi o tome da su tako male biljke izrasle kroz asfalt, već su njihove sjemenke nanesene vjetrom ili nekim drugim načinom upale u udubinu u asfaltu i izrasle – budući da su im bili zadovoljeni svi uvjeti (dostupnost humusa, vlage i svjetlosti) za rast i razvoj.

6 Zaključak

Slijedom provedenih literaturnih i eksperimentalnih istraživanja može se zaključiti da:

- mala biljka ne može izrasti ravno kroz beton/asfalt,
- mala biljka je nedovoljno jaka da svojim rastom probije asfalt,
- samo drvenaste biljke dovoljno snažnog korjenja mogu probiti asfalt.

Zanimljiv predmet dalnjih istraživanja bi bilo istraživanje utjecaja debljine sloja asfalta, vrste biljke i jačine njenog korijena na uspješnost rasta kroz beton što bi bilo korisno za prevenciju šteta cesta i urbanih zona – s posebnim osvrtom na strane vrste.

Literatura

- [1] Springer O.P., Pevalek Kozlina B.: Biologija 3, udžbenik za 3. razred gimnazije, Zagreb, 1997.
- [2]<http://www.akvarij.net/index.php/a268lanci-menuslatkovodnabiljke-147/413-fiziologija-bilja-uvod>
- [3]https://www.google.hr/search?q=the+growth+of+plants,+asphalt&espv=2&biw=1920&bih=974&source=lnms&tbo=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjf3s2Ek4jRAhWEJMAKhdB0An4Q_AUIBigB&dpr=1#imgrc=9Z_G8vSTMnn0hM%3A
- [4] <http://blog.vecernji.hr/silvija-kolar-fodor/mala-cuda-prirode-5772>
- [5] <https://prezi.com/c9s8nwcvpgtr/rast-i-razvoj-biljaka/>
- [6] <https://www.quora.com/Can-plants-sprout-through-asphalt-or-is-this-picture-fake>

PROBLEM 10. RIJKE-OVA CIJEV

Mihael Pristav

Mentor: Melita Sambolek, prof.

1.F , Gimnazija Josipa Slavenskog , Čakovec, Hrvatska

1 Uvod

Odabrao sam problem „*Rijke-ova cijev (IYNT 2017.)*“ u kojem je navedeno: “If air inside a vertical cylindrical tube open at both ends is heated, the tube produces sound. Study this effect.”, odnosno na hrvatskom: “Ako zagrijavamo zrak u vertikalnoj cilindričnoj cijevi otvorenoj na oba kraja, cijev proizvodi zvuk. Proučite tu pojavu.”



Slika 1. Pieter Rijke [4]

Pieter Rijke (Slika 1) bio je nizozemski fizičar, uglavnom se bavio električnom energijom, ali 1859. otkriva pojavljivanje snažnih akustičnih oscilacija kada ugrijanu žičanu mrežicu postavi u cijev zatvorenu na jednom kraju; također primjećuje da su oscilacije jače ako je mrežica postavljena na jednoj četvrtini duljine cijevi.

Cilj istraživanja Rijkeove cijevi bio je dokazati i objasniti zašto se može čuti zvuk ako se zagrijava zrak u cijevi te o kojim parametrima i kako ta pojava ovisi. Proučavanjem literature saznao sam da se zrak zbog zagrijavanja širi i time nastaju promjene tlaka zraka koje se strujanjem kreću prema otvoru cijevi - nastaje zvučni val. U istraživanju i mjerenu koristio sam razne duljine i širine cijevi te pokušao odrediti ovisi li frekvencija odnosno visina tona o tim parametrima. Na kraju sam iz mjerenih podataka napisao zaključak i objasnio pojavu.

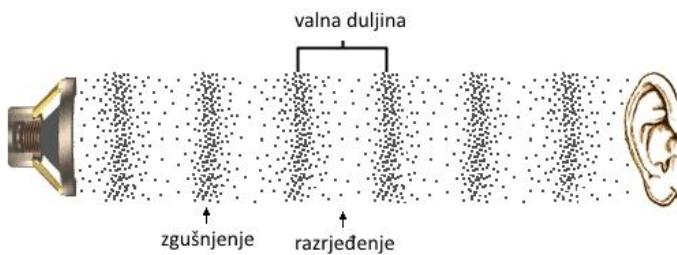
2 Teorijska razrada problema

Akustika je znanstvena disciplina koja proučava pojave vezane uz nastanak i djelovanje zvuka. Zvuk nastaje titranjem čestica fluida oko ravnotežnog položaja. Titranje čestica uzrokuje oscilaciju tlaka, gustoće, temperature i volumena oko ravnotežnog položaja pa se poremećaj

koji nastane širi u obliku longitudinalnog stojnog zvučnog vala. Termoakustički efekt je proces pretvorbe toplinske energije u energiju zvuka i obrnuto uz pomoć navedenih oscilacija. Pojmove potrebne za tumačenje ovog fenomena opisati će u nastavku.

2.1 Zvučni val

Zvuk je longitudinalni mehanički val (Slika 2) što znači da se sredstvom kojim se rasprostire zvuk širi poremećaj u obliku zgušnjenja i razrjeđenja čestica sredstva.



Slika 2. Longitudinalni val

Na mjestu zgušnjenja tlak je viši nego kad kroz sredstvo ne putuje zvučni val, a u područjima gdje su razrjeđenja je tlak niži. Ta promjena tlaka Δp u nekoj točki sredstva je periodična i možemo je opisati ovako:

$$\Delta p(t) = \Delta p_{\max} \sin \omega t$$

Za nastajanje zvučnog vala potreban je izvor koji titra pri čemu se titranje čestica izvora vala može opisati jednadžbom:

$$y(t) = A \sin \omega t$$

gdje je y pomak čestice iz ravnotežnog položaja, A je amplituda, a ω kružna frekvencija. Kružnu frekvenciju može se izraziti kao:

$$\omega = 2\pi f$$

gdje je frekvencija f broj titraja u jedinici vremena i izražava se u hercima (Hz). Frekvencija je obrnuto proporcionalna periodu titranja T i vrijedi:

$$T = 1/f$$

Energija čestice E mase m koja titra proporcionalna je kvadratu amplitude titranja A i kružne frekvencije titranja čestice ω :

$$E = \frac{mA^2\omega^2}{2}$$

Intenzitet zvuka iskazuje koliko energije prenese zvučni val u jednoj sekundi kroz plohu ploštine jednog kvadratnog metra, okomitu na smjer širenja vala i izražavamo ga u W/m²:

$$I = \frac{E}{St}$$

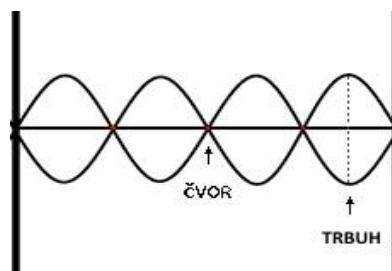
iz čega je vidljivo da je intenzitet proporcionalan energiji zvuka E , a obrnuto proporcionalan ploštinji S kroz koju zvuk prolazi vremenu t . Intenzitet zvuka će se smanjivati s udaljenosti od izvora jer će se energija zvuka prenositi kroz veću sfernu plohu pa je intenzitet zvuka obrnuto proporcionalan kvadratu udaljenosti od izvora. Time će tijelo koje je bliže izvoru zvuka dobiti više energije dok će isto takvo tijelo dalje od izvora zvuka dobiti manje energije. Intenzitet zvuka se dodatno smanjuje jer se dio početne energije zvuka izgubi zbog trenja između čestica medija.

Subjektivni parametri kojima se opisuje zvuk opisuju fizikalne veličine. Frekvencija tona određuje visinu tona - veća frekvencija znači viši ton; intenzitet zvuka određuje glasnoću (pri određenoj frekvenciji), a boju tona opisuje oblik zvučnog vala.

Izvor zvučnih valova u širem smislu može biti svako tijelo koje titra, napeta žica, elastična opna, stupac zraka, primjerice u brojnim muzičkim instrumentima.

2.2 Stojni val

Stojni val nastaje kada se reflektirani harmonijski val sudara sa izvornim harmonijskim valom u istom sredstvu. Superpozicijom ta dva vala jednake frekvencije i amplitude nastaju mesta na kojima je amplituda vala maksimalna – trbuš vala, i mesta na kojima se valovi poništavaju pa je amplituda vala jednaka nuli – čvor stojnjog vala (Slika 3).



Slika 3. Stojni val

Stojni val može nastati ako se val reflektira na čvrstom kraju ili na slobodnom kraju. Rijkeova cijev može se promatrati kao pojednostavljeni model cijevi ispunjene zrakom s otvorenim krajem. Za takvu cijev vrijedi slijedeći izraz koji opisuje frekvenciju nastalog tona:

$$f = (2n + 1) \frac{v}{4L}$$

gdje se može uočiti da je frekvencija nastalog tona proporcionalna brzini zvuka v i obrnuto proporcionalna duljini cijevi L . Također brzina zvuka u plinovima ovisi o tlaku p i obujmu V plina te o masi plina m , dok je γ adijabatski koeficijent proporcionalnosti, što opisuje slijedeći izraz:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma p V}{m}}$$

Te nam jednadžbe mogu pomoći u tumačenju pojava u pokusima s Rijkeovom cijevi.

2.3 Rijke-ova cijev

Rijke-ova cijev jednostavan je primjer termoakustičke pojave pretvorbe toplinske energije u energiju zvuka. Zagrijavanjem zraka na jednom kraju cijevi stvara se razlika u gustoći, a time i tlaku zraka u odnosu na zrak na drugom kraju cijevi, te se poremećaj širi kroz cijev u obliku zvučnog vala. Rijke je primijetio da su zvučne vibracije jače ako je mrežica na $\frac{1}{4}$ duljine cijevi.

Godine 1896. Lord Rayleigh objašnjava i daje definiciju termoakustičkih oscilacija: „Ako se zraku dovodi toplina u trenutku najvećeg zgušnjenja ili odvodi u trenutku najvećeg razrjeđenja, pojavljuju se vibracije.“ Iz definicije je vidljivo da je Rayleigh ispravno povezao termoakustiku s dovođenjem topline i promjenom gustoće. [2]

Mehanizam nastajanja zvučnih vibracija nešto je složeniji. Pola ciklusa vibracije zrak ulazi u cijev s obje strane dok tlak ne postane maksimalan. Kod druge polovice ciklusa zrak struji prema van dok se ne postigne minimalan tlak. Svako strujanje zraka kroz mrežicu se zagrijava te se pri prenesenoj toplini zraku povisi tlak. Kako zrak teče prema gore kroz mrežicu većina zraka je već zagrijana jer je došao odozgo gdje se je zagrijao u prijašnjoj polovici ciklusa. Međutim, trenutak prije maksimalnog tlaka mala količina hladnog zraka dolazi u dodir s mrežicom te se tlak naglo povećava. Time se povećava maksimum tlaka i time pojačava vibraciju. U drugoj polovici ciklusa u kojem se tlak smanjuje, zrak iznad mrežice je prisiljen strujati prema dolje i proći kroz nju. Budući je mrežica već vruća, ne dolazi do promjene tlaka jer nema predaje topline.

Zvučni val se tako pojačava kroz svaki vibracijski ciklus, i brzo postiže vrlo veliku amplitudu, a time i glasnoću. [8]

2.4 Hipoteze

Moja je pretpostavka je da visina zvuka u obrnuto proporcionalnom odnosu s duljinom cijevi, tj. da s povećanjem duljine cijevi, opada visina zvuka što je u skladu s jednadžbom za frekvenciju zvuka za otvorenu cijev ispunjenu plinom. Također mislim da je odnos visine zvuka sa širinom cijevi obrnuto proporcionalan, odnosno da se s povećanjem širine unutarnjeg promjera cijevi visina zvuka smanjuje. Jednadžba koja opisuje brzinu zvuka u plinovima pokazuje da brzina zvuka ovisi obrnuto proporcionalno o masi plina – u široj cijevi veća je masa plina, dakle manja brzina zvuka i manja frekvencija što znači i dublji ton.

3 Eksperimentalni postav

3.1 Aparatura i pribor

Za izvođenje eksperimenta bile su potrebne cijevi različitih promjera i različitih duljina (Slika 4 i 5), metalne mrežice od raznih materijala (Slika 6) i plamenik.



Slika 4. Cijevi raznih duljina Slika 5. Cijevi raznih promjera Slika 6. Mrežice raznih materijala

U tablici 1 prikazane su dimenzije cijevi, duljina L i promjer D . Cijevi različitih duljina sve su od istog materijala i jednake debljine stjenke, obojene su s vanjske strane temeljnom bojom. Cijevi različitog promjera željezne su ili čelične, te se malo razlikuju po debljini stjenke.

Tablica 1. Duljina L i promjer D cijevi korištenih u eksperimentu

Broj cijevi	L/cm	D/cm
1	54	12.7
2	54	9.8
3	54	8.3
4	54	7.1

5	54	5.4
6	45	5.4
7	36	5.4
8	27	5.4
9	18	5.4

Za mjerjenje frekvencije koristio sam *Vernier* mikrofon s ulaznom jedinicom *Vernier LabQuest 2* (slika 7) te aplikaciju *Sound meter* na mobitelu kao uređaj za mjerjenje glasnoće zvuka.

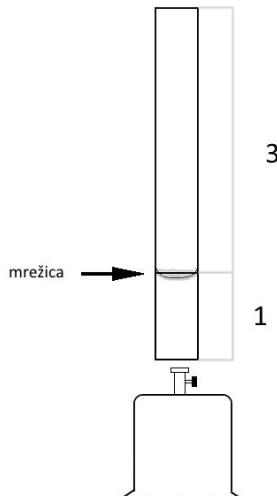


Slika 7. Vernier LabQuest 2 uređaj i senzor za tlak zvuka

Na slici 8 vidljivi su i drugi dijelovi potrebne opreme – rukavice za zaštitu od topline, stativ kao držač mikrofona te metalna šipka s nastavkom koja je služila za preciznije postavljanje mrežice.



Slika 8. Oprema i uređaji za izvođenje eksperimenta



Slika 9. Prikaz cijevi s mrežicom iznad plamenika

Pri izvođenju pokusa u cijev se stavlja mrežica na $\frac{1}{4}$ udaljenosti od jednog kraja cijevi. Taj se kraj stavlja okomito iznad plamenika i zagrijava kako pokazuje slika 9. Vrlo brzo čuje se ton određene frekvencije.

3.2 Izvođenje mjerena i obrada podataka

Iznad gornjeg vrha cijevi postavio sam mikrofon priključen na *Vernier* uređaj. Uređaj mjeri promjenu tlaka zraka i automatski prikuplja podatke u određenom vremenu. Da bi se podaci mogli kasnije obrađivati potrebno je bilo najprije ispitivati u kojim uvjetima i uz koje postavke na uređaju se dobije dovoljan, a ne preveliki broj podataka mjerena, da bismo iz grafičkog prikaza promjene tlaka u vremenu mogli kasnije određivati frekvenciju nastalog zvuka. Mjerenja su izvršena za sve duljine cijevi i sve dostupne promjere cijevi.

Na jednakoj udaljenosti od cijevi u svakom je pokusu postavljen mobitel za mjerjenje glasnoće zvuka u dB (decibelima).

Kako bi se uopće postigao zvuk, prije samog mjerena isprobavane su mrežice od raznih materijala (bakar, željezo, aluminij i legure) i oblika.

Mjerenje se provelo za vrijeme zagrijavanja zraka u cijevi pomoću plamenika te je nakon toga ponovljeno i bez metalne mrežice u cijevi pri čemu također nastaje zvuk.

Obrada podataka izvršena je u programu *LogerPro* dostupnom uz *Vernier* uređaj. Da bi se iz grafa ovisnosti tlaka zraka o vremenu dobila frekvencija, u navedenom programu potrebno je iz grafa odrediti period, a zatim računati frekvenciju i kružnu frekvenciju i očitati amplitudu. Dobivene podatke uvrštava se u zadalu formulu koja opisuje približno titranje zvučnog vala te se dobivena funkcija može „fitati“ na graf dobiven mjerljem i uspoređivati.

Funkcija koja približno dobro opisuje zvučni val i koju smo izabrali među ponuđenim mogućnostima je:

$$y = A \sin (Bx + C) + D$$

pri čemu je A amplituda, B je kružna frekvencija, a parametri C i D krivulju pomiču u grafu po x i y osi. Parametre A i B dobili smo očitavanjem iz grafa mjeranja, a C i D mogli smo mijenjati i pomicati funkciju da bi se krivulje poklopile.

Postupak mjeranja snimili smo te je dostupan na slijedećem linku:
<https://youtu.be/17FaGAitez0>

4 Rezultati i rasprava

Obradom podataka mjeranja za različite cijevi dobiveni su rezultati prikazani u tablicama 2 i 3.

Kao što je vidljivo cijevi 1 i 9 nisu proizvele zvuk. Prepostavlja se da se zrak u cijevi 9 zbog velikog promjera nije mogao dovoljno zagrijati u kratkom vremenu i zvuk nismo uspjeli dobiti korištenjem mrežice, a ni bez nje. Cijev 1 pak je prekratka te je plamenik zagrijavao sav zrak u cijevi, a bez razlike u toplini u stupcu zraka zvuk se ne pojavljuje. U cijev 8 morali smo staviti mrežicu koja je spriječila prijevremeno zagrijavanje ostatka zraka u cijevi da bi nastao zvuk. U svim ostalim cijevima dobili smo zvuk iste frekvencije s mrežicom ili pak bez nje.

Također smo samo u nekoliko izoliranih slučajeva uspjeli dobiti zvuk kad smo cijev pomaknuli dalje od plamenika, prepostavljamo da se mrežica prebrzo ohladila da bi razlika u tlaku zraka bila dovoljno velika da se počne širiti poremećaj duž cijevi. Unatoč različitim kombinacijama metalnih mrežica nismo uspjeli postići da se zvuk čuje svaki put kada se cijev udalji od plamenika.

Tablica 2. Podaci o frekvenciji i kružnoj frekvenciji za cijevi različitih duljina

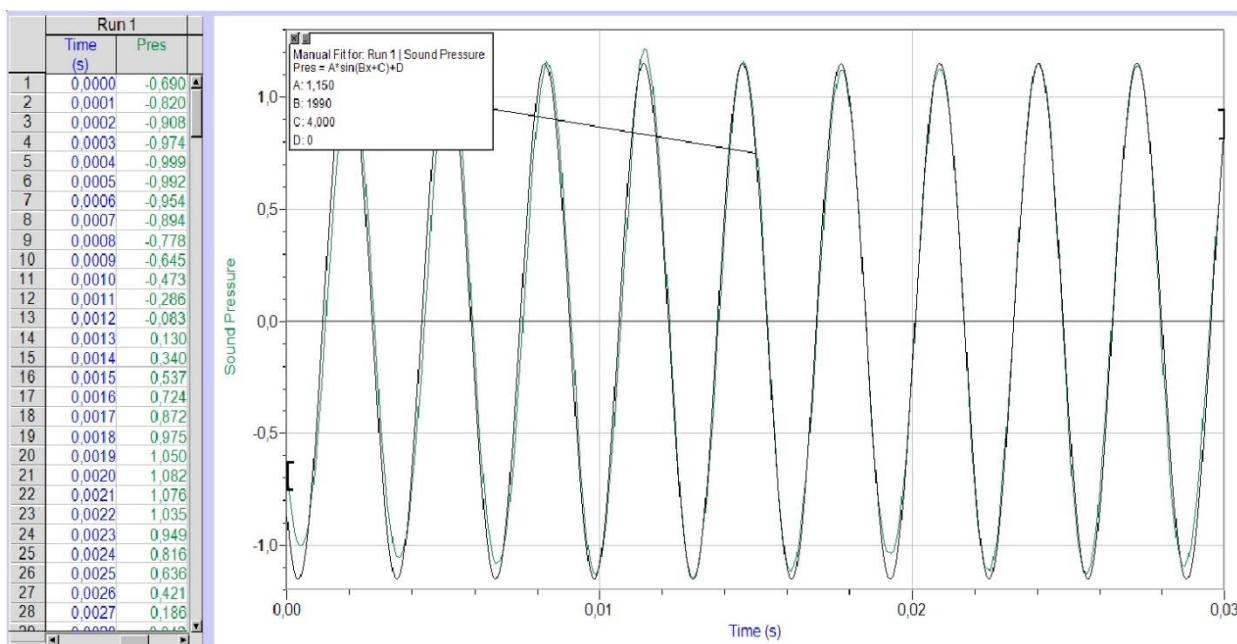
Broj cijevi	f/Hz	ω/s^{-1}	Potrebna mrežica
5	170	1068	Nije
6	270	1696	Nije
7	400	2513	Nije
8	690	4335	Potrebna
9	-	-	-

Tablica 3. Podaci o frekvenciji i kružnoj frekvenciji za cijevi različitih promjera

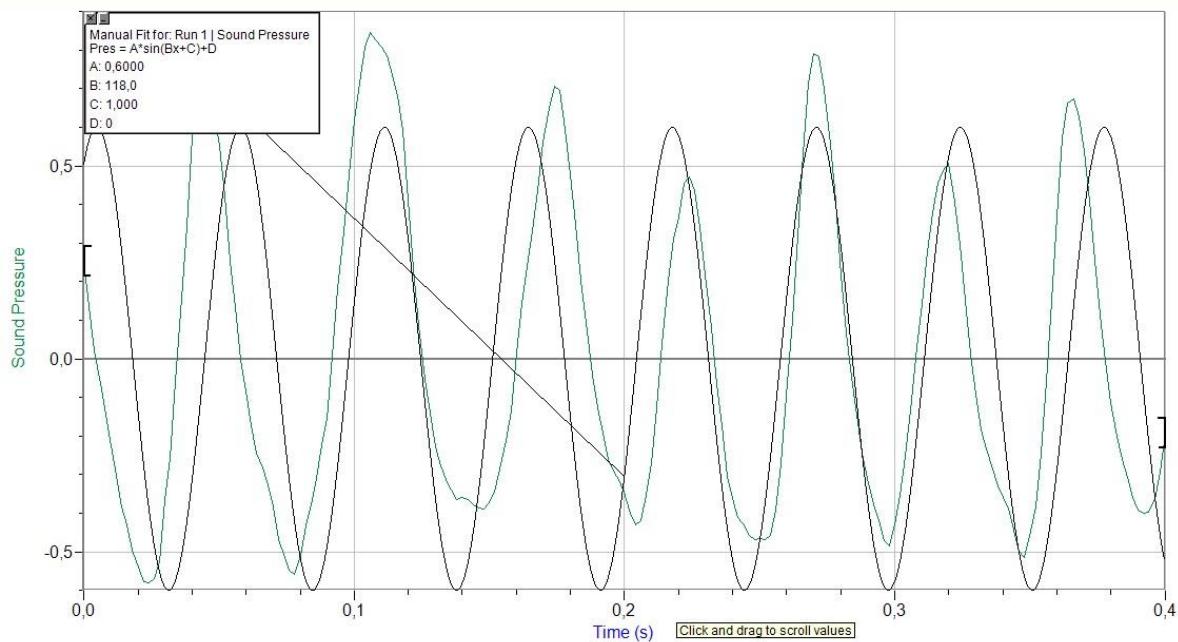
Broj cijevi	f/Hz	ω/s^{-1}	Potrebna mrežica
1	-	-	-
2	190	1194	Nije
3	230	1445	Nije
4	316	1985	Nije

Rezultati mjerjenja s cijevima s različitim unutarnjim promjerom i različitom duljinom se slažu u potpunosti s hipotezama koje su proizašle iz formule za energiju zvuka. Što je cijev dulja ili šira, frekvencija je manja. Veća masa čestica zraka u cijevi daje manju frekvenciju zvuka, a naš doživljaj je da je ton niži/dublji.

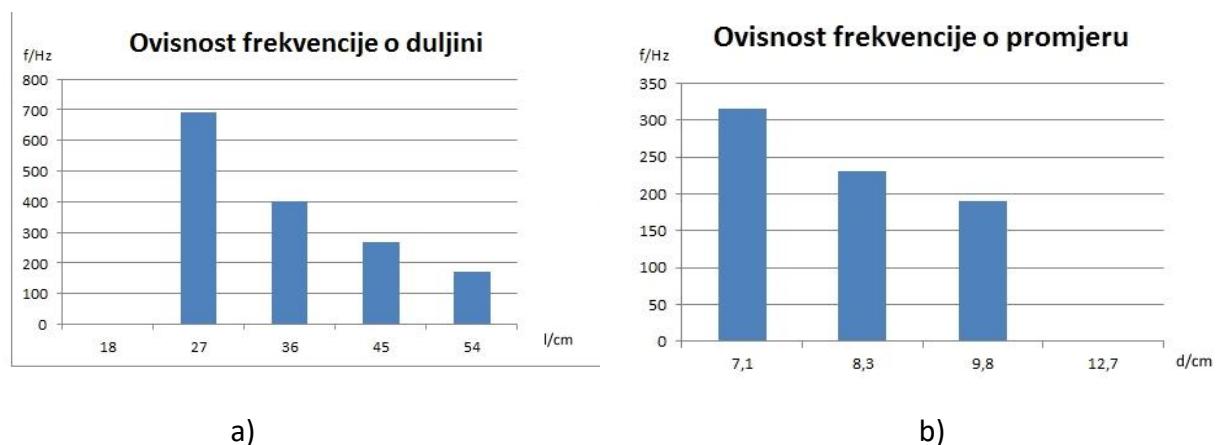
Grafovi na slikama 10 i 11 pokazuju kako se graf koji smo dobili mjerenjem poklapa s predviđenom funkcijom. Za neke slučajeve poklapanje je jako dobro i titranje zvučnog vala odgovara sinusnoj funkciji, no za većinu slučajeva kada ton koji cijev proizvodi nije čisti ton već se čuje šum i „podrhtavanje“ graf izgleda kao na slici 11. Pri tome smo period određivali tako da smoочitali duži vremenski period na osi x i podijelili ga s brojem titraja.



Slika 10. Primjer grafa ovisnosti tlaka zraka o vremenu dobivenog mjerjenjem (zelena boja) i krivulja funkcije (crna boja) koja se dobro s njom poklapa (parametri vidljivi u gornjem lijevom kutu)



Slika 11. Primjer grafa ovisnosti tlaka zraka o vremenu dobivenog mjerjenjem (zelena boja) i krivulja funkcije (crna boja) koja se s njom poklapa (parametri vidljivi u gornjem lijevom kutu) – poklapanje nije idealno ako zvuk koji cijev proizvodi nije čisti ton već „podrhtava“ i čuje se šum



Slika 12. Slika prikazuje a) graf ovisnosti frekvencije o duljini cijevi i b) graf ovisnosti frekvencije o promjeru cijevi.

Slika 12 pokazuje graf ovisnosti frekvencije o duljini te o promjeru cijevi. U nedostatku vremena nisam uspio provjeriti da li postoji neka funkcija koja to opisuje. Također zbog problema s uređajem za mjerjenje trebalo bi još provjeriti dobivene mjerene vrijednosti za frekvenciju.



Slika 13. Mjerni uređaj na mobitelu Soundmeter za mjerjenje razine intenziteta zvuka u dB.

U svim mjerjenjima za sve vrste cijevi razina intenziteta zvuka koji sam dobio bila je iznad 80 dB. Mjerni uređaj nije pokazivao stabilnu vrijednost već varijacije između 80 do maksimalno 88 dB.

5 Zaključak

Istraživanjem zvuka nastalog u Rijke-ovoj cijevi puno sam toga naučio. Izazov je bio postaviti pokus i nabaviti potrebne cijevi, ali također i izvesti mjerena i i istražiti kako obraditi podatke.

Zagrijavanjem cijevi različitih duljina i promjera nastao je zvuk različitih frekvencija, tj. visine tona. Potvrdio sam pretpostavke i utvrdio da su frekvencija i duljina cijevi obrnuto proporcionalne veličine kao i frekvencija zvuka i promjer cijevi. Također sam izmjerio razinu intenziteta koja je bila iznad 80 dB.

U nastavku rada mogao bi se još baviti analizom dobivenih podataka i također ispitati točnost mjernog uređaja. Trebao bih također pokušati nabaviti mrežicu koja bi dovoljno dugo bila zagrijana i proizvodila bi zvuk i kada se cijev udalji od plamenika.

Literatura

- [1.] Paar: FIZIKA 3 udžbenik za treći razred gimnazije, 2005, Školska knjiga
- [2.] Pacičić: Diplomski rad, 2010, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje
- [3.] <http://mri-q.com/angular-frequency-omega.html>
- [4.] https://en.wikipedia.org/wiki/Pieter_Rijke
- [5.] <http://demoweb.physics.ucla.edu/content/110-rijke-tubes>

- [6.] Shekhar M. Sarpotdar, N. Ananthkrishnan and S.D. Sharma: The Rijke Tube – A Thermo-acoustic Device, January 2003
- [7.] Jonathan Epperlein, Bassam Bamieh and Karl Astrom: ThermoAcoustics and the Rijke Tube- Experiments, Identification, and Modeling, Aug. 2014, Preprint: Submitted to Control Systems Magazine
- [8.] https://hr.wikipedia.org/wiki/Rijkeova_cijev

PROBLEM 11. RAST POD SVJETLOM

Livia Glavinović

Mentor: Gjino Šutić, prof.

VIII. razred,OŠ Marina Držića, Dubrovnik, Hrvatska

1 Uvod

Zadatak istraživanja problema br. 11 - Rast pod svjetлом, bio je istražiti kako različite vrste svjetlosti utječu na rast biljaka te koja je uloga spektra svjetlosti.

Temu sam odabrala da bi pokazala što sve jednoj biljci treba da bi preživjela. Biljke su me oduvijek zanimale i od svih tema ova mi je bila najfascinantnija. Na raznim televizijskim emisijama se čak spominjao mogući utjecaj glazbe kao vanjskog podražaja na rast biljaka, pa mi se ova tema najviše svidjela jer me podsjetila na to. Osim što se ovdje radi o nečemu neophodnom za cijeli život na planeti Zemlji.

Što bi mi bez biljaka? Rast biljaka ovisan je o vodi,koncentraciji ugljikova dioksida,temperaturi i svjetlosti. S obzirom da je problem bio utjecaj spektra svjetlosti na rast biljaka, izvela sam eksperiment kako bi pokazala kako i koliko različiti umjetni izvori svjetla utječu na rast biljke (rast njezina izdanka,korijena,količinu i veličinu razvijenih listova itd.). Testirala sam više umjetnih izvora svjetlosti koji ispuštaju svjetlost točno određene valne duljine (boje) ili kombinaciju više boja (različitih valnih duljina). Izvori svjetlosti analizirani su spektrometrom, da bi ustvrdila od kojih boja (valnih duljina) se sastoji svjetlost svakog izvora. Rezultate izvedenog pokusa sam usporedila s teorijom i zaključcima iz literature.

Pod jednom vrstom svjetla su uzgajane 2 različite kulture: grah i pšenica. Tokom 20 dana, provodila sam mjerena rasta izdanka i korijena te bilježila opažanja zdravlja biljke. Mjerena i opažanja zapisivala sam u laboratorijski dnevnik. Na kraju istraživanja dobivene podatke sam uspoređivala međusobno i sa referentnim uzorcima (rast na prirodnom sunčevom svjetlu i u mraku), za izvođenje zaključaka.

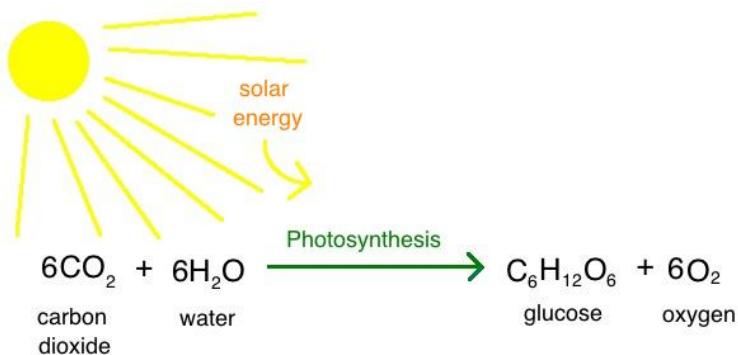
2 Teorijska razrada problema

Da bi mogli istražiti utjecaj umjetnih izvora osvjetljenja na rast biljaka, potrebno je razumjeti procese fotosinteze i elektromagnetski spektar. Budući da gradivo osnovne škole pokriva mali dio toga, teorijsku razradu problema pripremila sam istražujući srednjoškolsku i fakultetsku literaturu (udžbenik za 3. razred opće gimnazije "Živi svijet 3" autora O. P. Springer i B. Pevalek Kozlina, i knjigu "Fiziologija bilja" autora K.D. Dubravec i I.Regula.), wikipedia enciklopediju i više internetskih stranica i znanstvenih članaka.

2.1 Fotosinteza

Biljke su autotrofni organizmi. Autotrofni organizmi mogu iz anorganskih tvari primljenih iz okoliša stvarati organske spojeve neophodne za život koristeći se svjetlosnom energijom ili kemijskom energijom oslobođenom u različitim kemijskim reakcijama. Za fotosintezu (Slika 1.) su odgovorni pigmenti koji apsorbiraju svjetlosnu energiju, pretvaraju je u kemijsku i pohranjuju u obliku osnovnog šećera glukoze. Gljive, životinje (uključujući ljude), određeni mikroorganizmi, vrlo malo algi i neke biljke su heterotrofni organizmi koji ovise o proizvodima autotrofnih biljaka.

Fotosinteza je jedan od najbitnijih bioloških procesa kojim se anorganske tvari mogu pretvarati u organske spojeve. To je proces kojim se svjetlosna energija pretvara u kemijsku energiju. Pomoću kemijske energije ugljikov dioksid (CO_2) i voda (H_2O) povezuju se u organski spoj – glukozu (CH_1O_6) iz kojeg biljka dobiva energiju za rast, razvoj i život.



Slika 1. - Reakcija fotosinteze

Proces fotosinteze može se podijeliti u dva stadija:

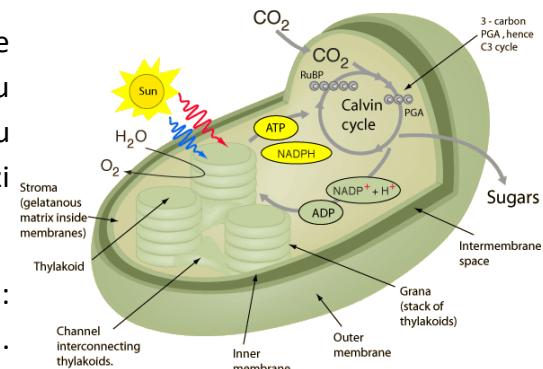
1. Svjetlosne reakcije u kojima se Sunčeva energija pretvara u kemijsku (primarne reakcije).
2. Calvinov ciklus u kojemu se reducira ugljikov dioksid i stvaraju ugljikohidrati (sekundarne reakcije).

Postoji više tipova fotosinteze, dijelimo ih na: C_3 , C_4 , i CAM. C_3 biljke su najzastupljenije (85%), one žive u ne pretjerano vrućim područjima. Neke biljne vrste (poput kaktusa) koje žive na staništima gdje prevladavaju relativno visoke temperature ili dulja sušna razdoblja razvile su posebne mehanizme nakupljanja ugljikova dioksida u listovima. Te prilagodbe omogućuju im provođenje reakcija fotosinteze i onda kada su pući zatvorene. (Pući-otvori u lisnoj epidermi koji omogućuju razmijenu plinova i omogućuju transpiraciju). Pući otvaraju tokom noći, tako ne gube vlagu – nazivamo ih C_4 biljke. O prilagodbi vrućim podnebljima jako su slične i CAM biljkama s kiselinskim dnevnim ritmom (u koje spadaju ananas i veliki broj orhideja).

2.2 Kloroplasti i biljni pigmenti

Kloroplasti (Slika 2.) pripadaju skupini organela koje nazivamo plastidi, nalaze se u citoplazmi biljaka i imaju sposobnost diobe neovisno o diobi stanice. Obavijeni su dvjema membranama, od kojih se na unutarnjim nalazi fotosintetski pigment neophodan za proces fotosinteze.

Biljnih pigmenta ima više, najčešći su: klorofil a i b, keratenoidi i ksantofili.

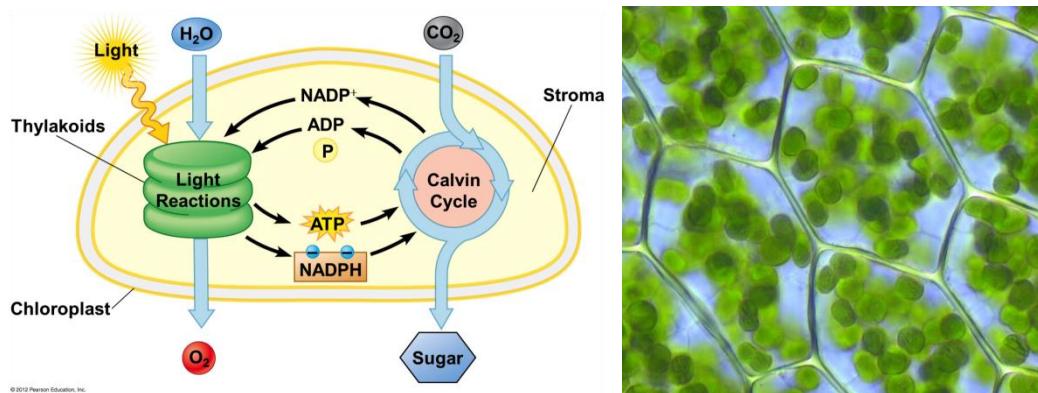


Slika 2. Kloroplast

Kloroplast ima tri različite membrane. Vanjsku, unutrašnju i tilakoidnu. U tilakoidnim membranama smješteni su pigmenti. Osobito je značajan klorofil a. Od svih pigmenata u biljnog tkiva jedino on može neposredno sudjelovati u pretvorbi Sunčeve energije u kemijsku. Ostali pigmenti apsorbiraju svjetlost i prenose je na klorofil a koji se tada ponaša kao da je on apsorbirao svjetlost (foton).

Apsorpcija svjetlosti uzrokuje prijelaz molekula klorofila iz osnovnog u pobuđeno stanje. Ako se radi o izoliranom klorofilu onda se on vrlo brzo vraća u prijašnje stanje, a višak energije se ispušta u obliku fluorescentne svjetlosti i topline. No u kloroplastima visokoenergizirane elektrone iz klorofila „hvata“ primarni akceptor elektrona i oni se povremeno pohranjuju u molekuli NADP^+ , pri tome molekula klorofila oksidira, a molekula NADP^+ reducira (NADPH). U tom procesu cijepa se voda i oslobađa se kisik (Slika 3.).

Elektroni se dalje prenose preko niza spojeva koji se mogu reverzibilno oksidirati i reducirati. Osim toga, u svjetlosnim reakcijama procesom fotofosforilacije nastaje ATP. Kemijska energija nastala pretvorbom svjetlosne energije se pohranjuje u dva spoja: NADPH i ATP. U tim reakcijama ne stvaraju se ugljikohidrati.



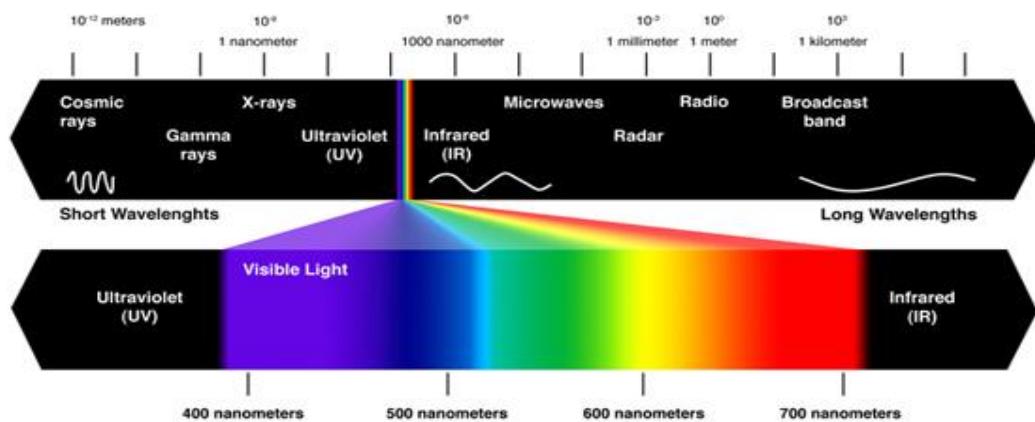
Slika . Shematski prikaz reakcija u kloroplastima i mikroskopska slika kloroplasta u stanicama

Različite biljne vrste prilagodile su se raznim podnebljima. Tako neke zahtijevaju veću, a neke manju količinu svjetlosti. Količina i vrsta sunčeve svjetlosti povezana je s godišnjim dobima (duljina noći/dana, temperatura infracrvena svjetlost). Biološki sat biljaka (sezona rasta, razdoblje cvjetanja) ovisi o svjetlosti, temperaturi i količini vlage u određenom dobu godine.

2.3 EM spektar

Elektromagnetski spektar (Slika 4.) je spektar svih elektromagnetskih zračenja u kojem malo dio zauzima svjetlost, koja se dijeli na vidljivu i nevidljivu. Kreće od ljubičaste pa do crvene. Ljubičasta počinje s oko 390-480 nm, a crvena 640-710 nm. Sva vidljiva svjetlost nalazi se između ultraljubičastog zračenja i infracrvenog zračenja tako da je crvena najtoplijia boja, a ljubičasta najhladnija.

UV zračenje (10-400nm) uzrokuje oštećenje DNA, može uništiti biljku ili izazvati mutacije i nije dobro za život biljke. Infracrveno (710-800 nm) prenosi najviše topline. Toplina je potrebna biljkama za život, u određenoj dozi.

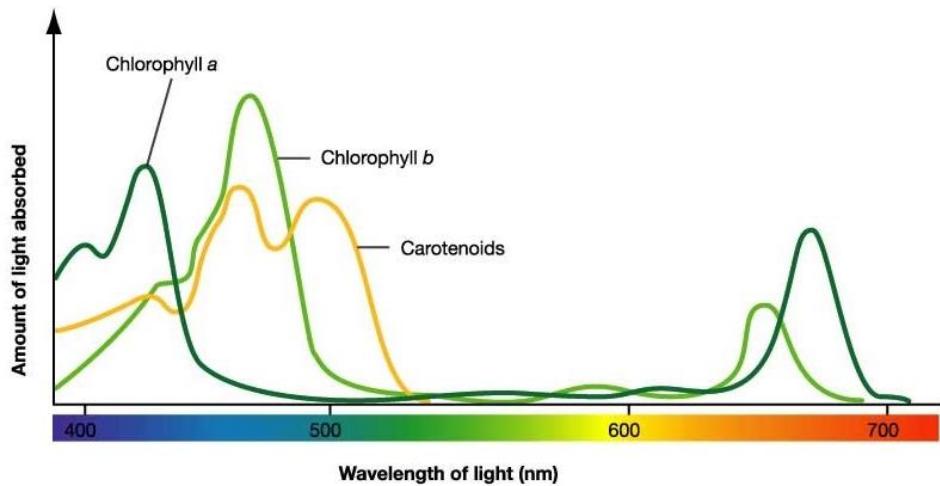


Slika 4. EM spektar

2.4 Svjetlost i fotosinteza

Biljke za fotosintezu mogu koristiti cijeli spektar vidljive svjetlosti, iako različiti pigmenti dobivaju više energije od točno određenih boja (valnih duljina), dok od drugih dobivaju jako malo energije.

Klorofili također apsorbiraju plavu, ljubičastu i crvenu svjetlost dok zelenu i žutu slabo i djelom je reflektiraju (Graf 1). Karoteni i ksantofili apsorbiraju ljubičastu, plavu i plavo-zelenu svjetlost, a reflektiraju ili propuštaju zeleno-žutu, žutu, narančastu i crvenu.



Graf 1. Apsorpcija svjetlosti u klorofilu a,b i keratenoidima

Klorofil a: najviše apsorbira ljubičastu i crvenu

Klorofil b: najviše apsorbira ljubičastu, plavu i crvenu.

Karotenoidi: najviše apsorbiraju plavu i ljubičastu

2.5 Hipoteza

Za istraživanje sam odabrala 2 kulture najzastupljenije vrste biljaka - C₃ (grah i pšenicu), koje brzo rastu (zbog vremenskog ograničenja). Obje vrste u sebi imaju najzastupljenije zelene pigmente klorofile (a i b). Pod jednom vrstom osvjetljenja testiran je eksperimentalni uzorak obje kulture.

Moja pretpostavka je bila da će se biljke najbolje razvijati pod kompozitnim svjetlima (bijela fluo. žarulja, žarna nit i ljubičasta) i pod plavim svjetлом, srednje dobro pod crvenim svjetлом i loše ili nikako pod zelenim i UV osvjetljenjem.

Na temelju literature istraživala sam teoriju da ljubičasto, plavo i crveno svjetlo najbolje djeluju na rast, a za kompozitno svjetlo pretpostavila sam da bi trebalo dati dobre rezultate, s obzirom da je Sunčeva svjetlost kompozitna svjetlost, a ona je prirodna i omogućava biljkama rast u prirodnim uvjetima.

Analizirala sam spektar svih izvora svjetlosti spektrometrom, da bih istražila poveznice između kompozitnih osvjetljenja i umjetnih osvjetljenja točno određene valne duljine (zeleno, plavo, crveno i UV).

Glavni cilj je bio ustvrditi kako biljke rastu pod navedenim izvorima svjetlosti i koji je izvor umjetnog svjetla najbolji za rast biljke.

Tokom 20 dana, provodila sam mjerena rasta izdanka i korijena te bilježila opažanja zdravlja biljke. Mjerena i opažanja zapisivala sam u laboratorijski dnevnik. Na kraju istraživanja dobivene podatke sam uspoređivala međusobno i sa referentnim uzorcima (rast na prirodnom sunčevom svjetlu i u mraku), za izvođenje zaključaka.

Rezultate izvedenog pokusa sam usporedila s teorijom i zaključcima iz literature.

3 Eksperimentalni postav

Kao što je spomenuto, za istraživanje odabrala sam 2 kulture najzastupljenije vrste biljaka - C₃ (grah i pšenicu), koje u sebi imaju najzastupljenije zelene pigmente klorofile (a i b).

Na navedenim kulturama testirala sam više izvora umjetne svjetlosti podjednake jakosti koje emitiraju isključivo osnovne boje (plavu, zelenu i crvenu) da bi provjerila teoriju i ustvrdila da li doista zelena i crvena valna duljina daju najviše energije klorofilu, a zelena se reflektira. Testirala sam i kompozitne izvore umjetnog osvjetljenja koji emitiraju više valnih duljina: žarulju sa žarnom niti, fluorescentnu žarulju i ljubičastu LED žarulju. Referentni uzorci postavljeni su u mrak i na sunce.

Sve biljke bile su na istoj sobnoj temperaturi i izolirane jedne od drugih, da se osiguraju isti vanjski uvjeti. Posijan je veći broj sjemenki pšenice, te točno određeni broj (po 6) sjemenki graha u svaku posudu, da bi se dobio dovoljno veliki uzorak za usporedbu. Svaka biljka zalijevana je istom količinom vode, da bi uvjeti vlage bili isti.

Kao posude za sadnju koristila sam sterilne prozirne spremnike od 100mL, čije sam poklopce izbušila, preokrenula te u njih zasadila sjemenke prekrivene tankim slojem zemlje (Slika 5.). Posudice sam ispunila vodom koju sam svakog dana mijenjala. Na taj način, biljke su mogle pustiti korijen u vodu, gdje je bio izložen osvjetljenju i mogao se lako mjeriti.



Slika 5. Eksperimentalni postav

Slika 6. Posuda s uzorkom izložena sunčevoj svjetlosti

Napravila sam drvenu kutiju s osam odjeljaka (Slika 5.) - jedan za svaki uzorak s vlastitim izvorom umjetne svjetlosti, te na vrhu svake probušila rupu kroz koju sam provukla kabel za grlo na koje bi išla po jedna žarulja. Obojila sam kutiju u mat crno (jer crna boja apsorbira svjetlost) kako bi svaka komorica bila izolirana od bilo koje druge svjetlosti osim od namijenjene.

Jedan referentni uzorak ostavljen je u mraku (Slika 5.-desno) a drugi izložen sunčevoj svjetlosti pokraj prozora u istoj prostoriji (Slika 6.).

4 Metode i mjerjenje

Za izradu eksperimentalnog postava koristila sam: drvo, crni autolak i čavle kao materijal. Alati za izradu bili su: ručna pila, ručna okvirna pila, kružna pila i čekić.
Za eksperimentalna mjerena koristila sam:

- Spektroskop "Spectralworkbench"- analiza valnih duljina u izvoru svjetlosti- Luksmetar "LINI-T UT382" -mjerjenje intenziteta svjetlosti
- Pomično mjerilo i ravnalo -mjerjenje duljine izdanka i korijena
- Fotoaparat "Nikon D3200" -slikavanje procesa rasta

Oprema je prikazana na slici 7.



Slika 7. Korištena oprema

Na početku istraživanja mjerila sam intenzitet svjetlosti luksmetrom i analizirala spektar raznih izvora svjetlosti spektrometrom. Ti uvjeti su ostali konstantni do kraja pokusa.

Eksperiment je trajao 20 dana. Svakog drugog dana (48h), mjerila sam rast biljaka (duljina izdanka i korijena) pomicnim mjerilom i ravnalom. Rezultate sam bilježila u laboratorijski dnevnik zajedno s opažanjima.

Kod pšenice mjerena je prosječan rast biljaka (izdanka i korijena) pod svakim svjetlom. Svakog puta mjerena je duljina 3 prosječno duge stabljike od kojih je izračunat i bilježen prosjek. Uspoređivala sam i opažanja fizičkog stanja biljaka (gustoće usjeva, boje listova, čvrstoće biljke i sveukupnog zdravlja).

Kod graha mjerena je brojnost preživjelih izdanaka, duljina najdulje biljke (izdanka i korijena) i bilježena opažanja fizičkog stanja biljaka (veličina i kvaliteta lista, čvrstoća biljke). Na kraju istraživanja podatke sam uspoređivala.

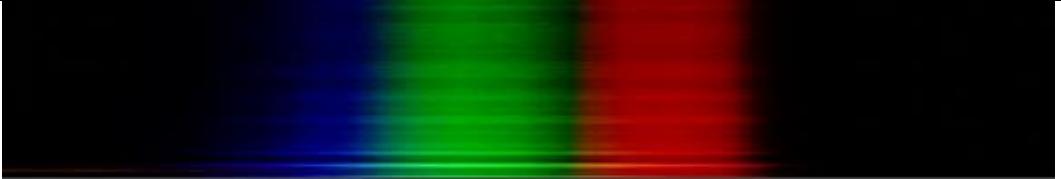
5 Rezultati i rasprava

5.1 Rezultati spektralne analize osvjetljenja

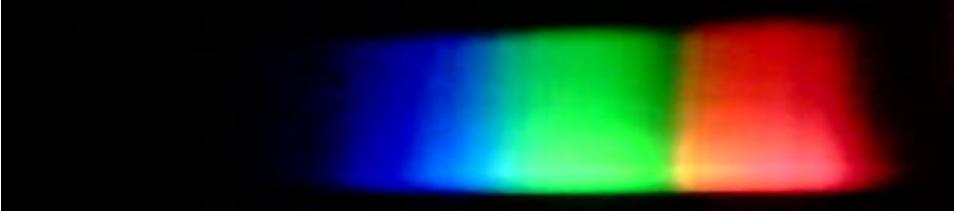
Analiza spektra različitih izvora obavljena je "Spectralworkbench" spektroskopom, koji može razdvojiti i prikazati cijeli vidljivi spektar svjetlosti i UV osvjetljenje (koje prikazuje kao ljubičastu boju). Njegov senzor ne može prikazati infracrveno osvjetljenje, zbog toga sam mjerila temperaturu unutar svakog odjeljka, i dobivenoj vrijednosti oduzela temperaturu prostorije da bi ustvrdila koji izvor emitira najviše topline (infracrvene svjetlosti).

Tablica 1. Analiza osvjetljenja prvog dana eksperimenta
(nakon izrade eksperimentalnog postava)

OSVJETLJENJE					
Redni broj odjeljka	Vrsta izvora svjetlosti	Napon i snaga el. potrošača	Period osvjetljenja	Intenzitet osvjetljenja	Temp. odjeljka (jakost infracrvenog spektra)
1	Žarulja sa žarnom niti	220V, 25W	Konstantno: 24h osvjetljenje	152 lx	24,1°C – 20,2°C = 3,9°C
Spektralni otisak					

					
2	Crveno LED svjetlo	220V, 4W	Konstantno: 24h osvjetljenje	6,01 lx	20,2°C – 20,2°C= 0°C
Spektralni otisak					
					
3	Ljubičasto difuzno LED svjetlo	220V, 6W	Konstantno: 24h osvjetljenje	235,6 lx	20,2°C – 20,2°C= 0°C
Spektralni otisak					
					
4	Plavo reflektorsko LED svjetlo	220V, 4W	Konstantno: 24h osvjetljenje	3.600 lx 20,2°C – 20,2°C= 0°C	20,2°C – 20,2°C= 0°C
Spektralni otisak					
					
5	Zeleno difuzno LED svjetlo	220V, 4W	Konstantno: 24h	389 lx	20,2°C – 20,2°C= 0°C

			osvjetljenje		
Spektralni otisak					
6	UV LED reflektorsko svijetlo 390-405nm	220V, 4W	Konstantno: 24h osvjetljenje	10,01 lx	20,2°C – 20,2°C= 0°C
Spektralni otisak					
7	Bijelo hladno fluorescentno svijetlo	220V, 11W	Konstantno: 24h osvjetljenje	540 lx	20,2°C – 20,2°C= 0°C
Spektralni otisak					
8	Mrak	/	Konstantno: 24h mrak	0 lx	20,2°C – 20,2°C= 0°C
Spektralni otisak					

9	Sunčeva svjetlost	/	Izmjenjivo: ~10h osvjetljenje, ~14h noć		$20,2^{\circ}\text{C} - 20,9^{\circ}\text{C} = 0,9^{\circ}\text{C}$
Spektralni otisak					
					

OPISNA ANALIZA SVJETLOSTI

Spektroskopska analiza pokazala je da:

-zeleno, plavo i crveno LED svjetlo emitiraju samo jednu valnu duljinu svjetlosti (Tablica 1. stavka 2,4 i 5), dok fluorescentna žarulja i žarulja sa žarnom niti emitiraju više njih.

Bijelo svjetlo vidljivo ljudskom oku se sastoji od crvenog, plavog i zelenog svjetla pomiješanih zajedno. Fluorescentna žarulja i žarulja sa žarnom niti su obje „bijela svjetla“ što znači da su kompozitna i emitiraju više valnih duljina.

Primijetila sam da Sunce i žarulja sa žarnom niti daju sličan spektralni otisak. Sunce je prirodno svjetlo i ono je također kompozitno. Daju sličan spektralni otisak (Tablica 1. stavka 1 i 9) jer i jedno i drugo osim vidljivog svjetla, ispuštaju i toplinu (infracrveno osvjetljenje, što dokazuje mjerjenje temperature).

Fluorescentna "štedna" žarulja ne proizvodi toplinu, pa zato na njenom spektralnom otisku nema žute boje ni infracrvene svjetlosti (tablica 1. - stavka 7), za razliku od Sunca i žarulje sa žarnom niti. Ali pokazalo se da emitira veliku količinu UV svjetlosti, za razliku od Sunca i žarulje sa žarnom niti, što objašnjava konstrukcija fluorescentne žarulje.

Pokazalo se da su UV i ljubičaste LED žarulje također kompozitne. Ljubičasta daje podjednaku količinu isključivo plave i crvene svjetlosti, a UV žarulja osim velike količine ultraljubičastog svjetla daje i manje plavog (Tablica 1. stavka 6.).

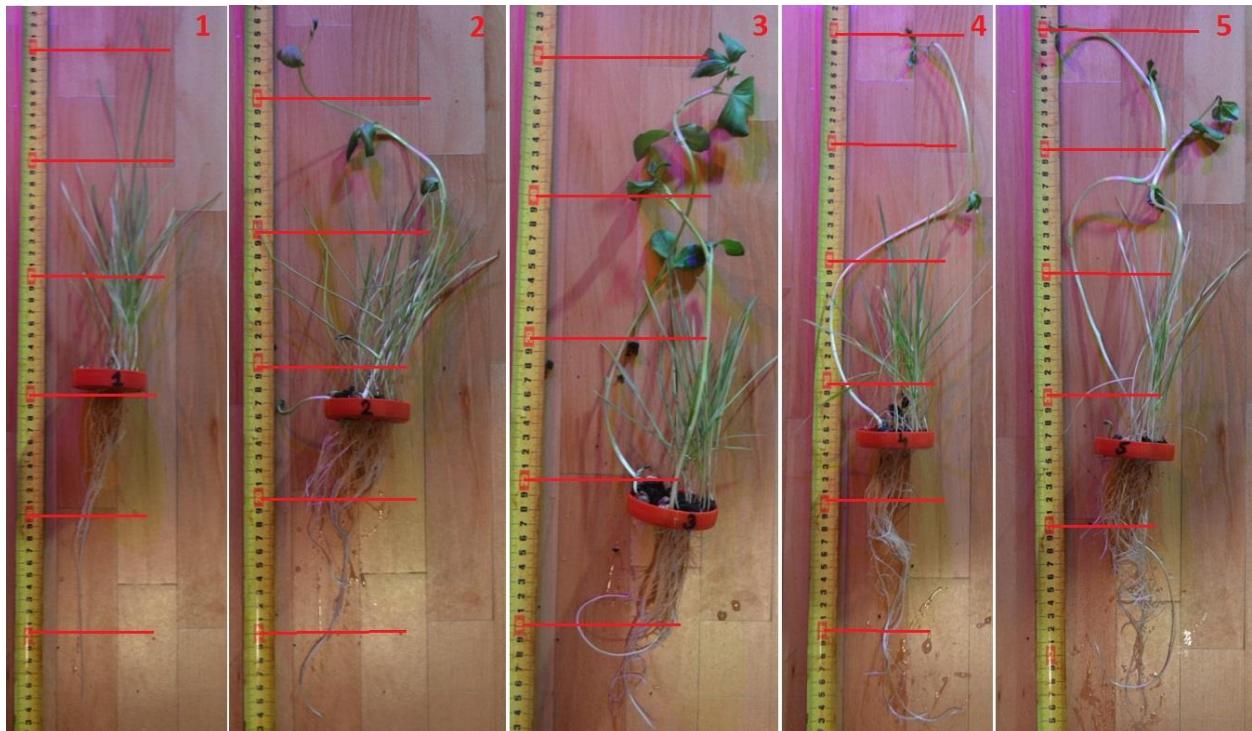
Različitost u spektru umjetnih izvora svjetlosti objašnjava različite utjecaje na rast biljaka.

5.2 Rezultati rasta

Kao što sam spomenula, istraživanje rasta biljaka provedeno je na podjednakom broju uzoraka pšenice i graha izloženim spomenutim izvorima svjetlosti.

Na kraju pokusa uočila sam razne promjene kod iste vrste biljaka uzrokovane svjetlosti koje je utjecalo na svaku pojedinačnu biljku. Zanimljivi su i rezultati utjecaja istog izvora svjetlosti na različite kulture (Npr. UV svjetlo je grah potpuno osušilo, dok je pšenica rasla stabilno u visinu uz veliki gubitak zelene boje.)

Tok eksperimenta i rezultati rada bilježeni su fotografiski.



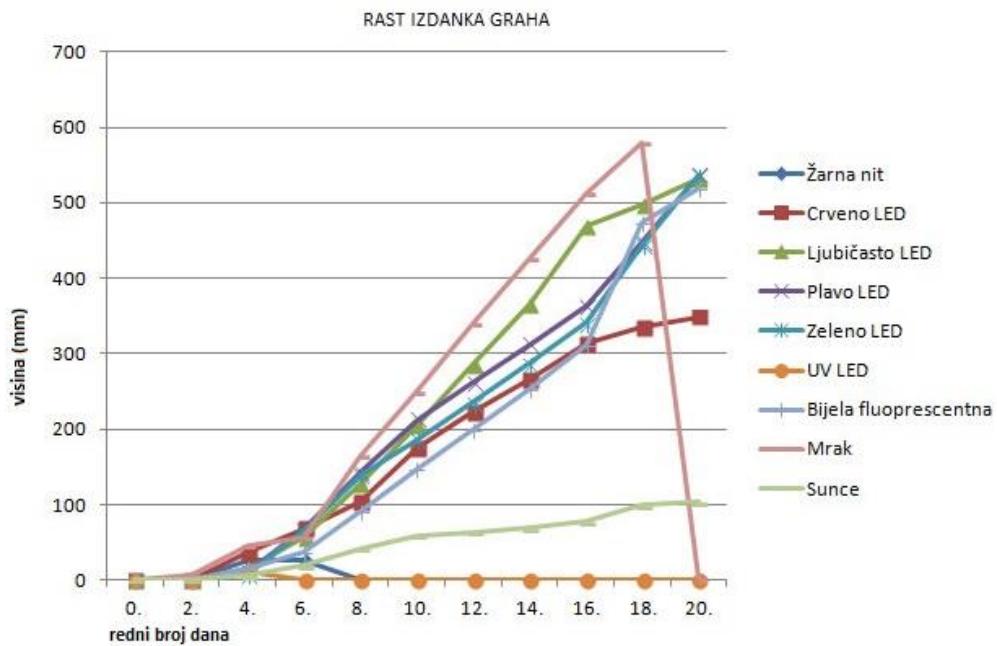
Slika 8. Testirani uzorci (1-5) pšenice i graha na kraju eksperimenta



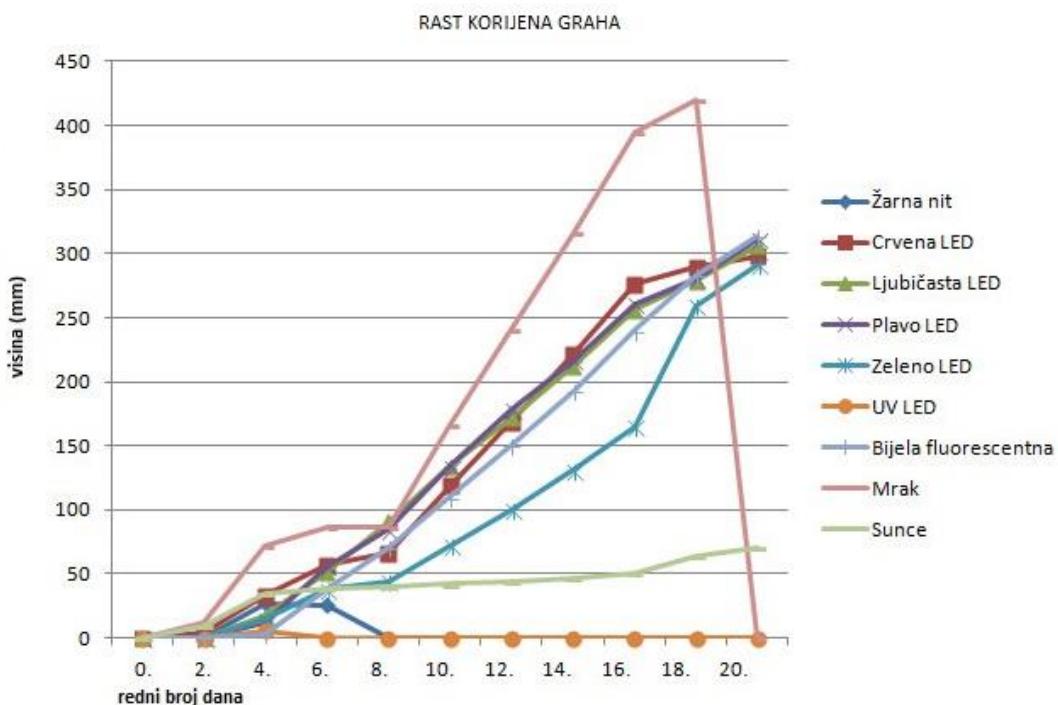
Slika 9. Testirani uzorci (6-9) pšenice i graha na kraju eksperimenta

RAST GRAHA

Rast izdanka i korijena graha prikazan je na grafovima 1 i 2. Vrijednost 0 označava da se stabljika ili korijen počinje sušiti.



Graf 1. rast izdanka graha



Graf 2. rast izdanka graha

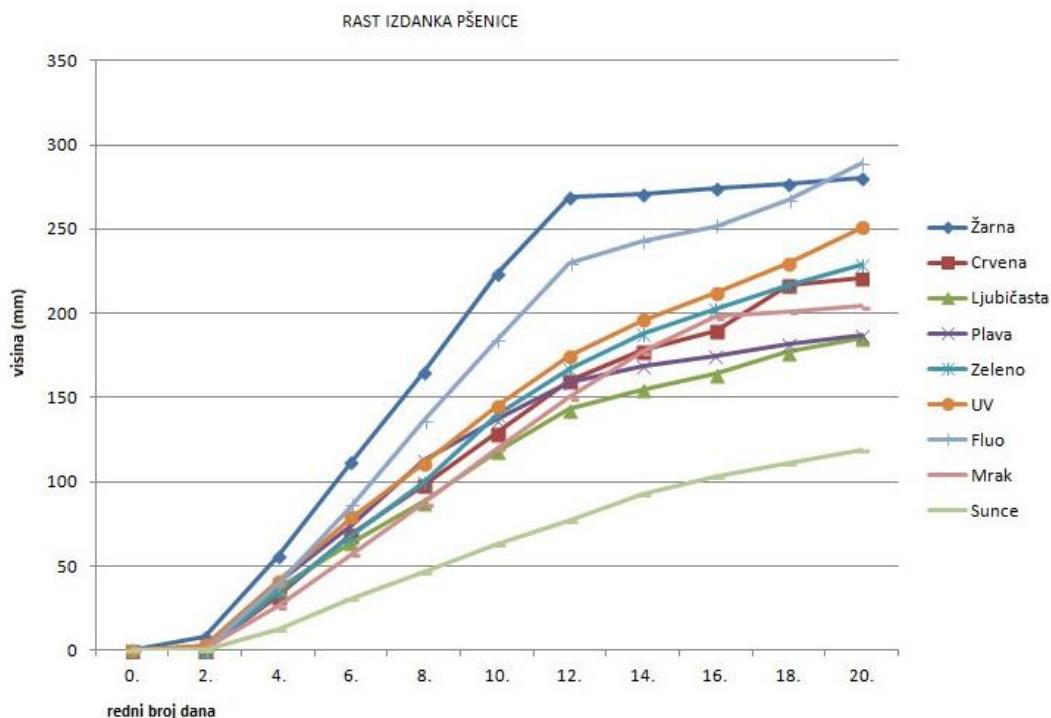
U svim posudama zasađeno je po 6 sjemenki graha.

Od toga je preživjelo:

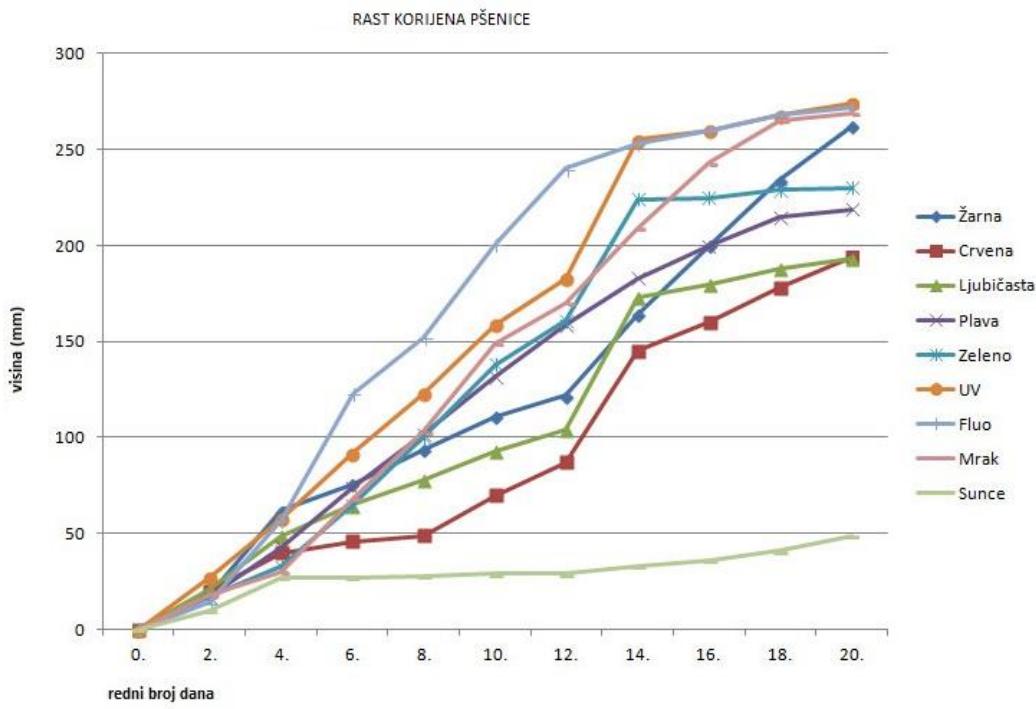
- 0** - u posudi 1 (žarna nit)
- 1** - u posudi 2 (crvena LED)
- 2** - u posudi 1 (ljubičasta LED)
- 1** - u posudi 2 (plava LED)
- 2** - u posudi 1 (zelena LED)
- 0** - u posudi 2 (UV LED)
- 2** - u posudi 1 (fluorescentna žarulja)
- 1** - u posudi 2 (mrak)
- 1** - u posudi 2 (sunce)

RAST PŠENICE

Rast izdanka i korijena pšenice prikazan je na grafovima 3 i 4. Vrijednost 0 označava da se stabljika ili korijen počinje sušiti.



Graf 3. rast izdanka pšenice



Graf 4. rast izdanka pšenice

OPISNI REZULTATI (ZAPAŽANJA) ISTRAŽIVANJA RASTA

1. ŽARULJA SA ŽARNOM NITI:

Grah – potpuno uvenuo

Pšenica - srednje visine, mali broj odumro, ostatak male gustoće, stabljike pucaju kad dođu do određene visine

2. CRVENA LED:

Grah - 1 uzorak živ, srednjeg rasta, nedovoljno jake stabljike (savija se)

Pšenica- srednja visina, srednje gustoće, dosta uvenulih, tanka, nestabilna, puca

3. LJUBIČASTA LED:

Grah- 2 uzorka živa, najrazvijeniji listovi, najrazvijeniji izdanci

Pšenica- bijeda, puno uvenulih, srednje gustoće, mlojava, puca

4. PLAVA LED:

Grah- 1 uzorak dobro raste, mali slabo razvijeni listovi

Pšenica - srednje bijeda, puno uvenulih, srednje gusti rast, mlojava i puca

5. ZELENA:

Grah - 2 živa, dobar rast, mali, dobro razvijeni

Pšenica - rijetka, puno uvenulih i neproklijalih , blijede stabljike

6. UV:

Grah- sasvim uvenuo

Pšenica- dobar rast, čvrste stabljike, stabilan rast, loša boja (žućkasta), dobra gustoća, mali broj uvenuo, srednje visine

7. FLUORESCENTNA ŽARULJA:

Grah-2 uzorka živa, zdrava biljka,razvijenih listova,čvrsta stabljika i stabilnog je rasta

Pšenica- najbolji zdrav rast, lijepa zelena boja, srednje gustoće, puca kad dosegne maksimalnu visinu

8. MRAK:

Grah- 1 uzorak živ, najdulji izdanak, s malim, nerazvijenim listićima, nestabilan,pri kraju se počeo sušiti

Pšenica- jako rijetka, bezbojna (puno uvenulih) - pšenica u najgorem stanju od svih

9. SUNČEVA SVIJETLOST:

Grah- 1 uzorak živ, najzdravija biljka, najstabilnija, lijepi veliki listovi, najrazgranatiji korijen

Pšenica- niskog rasta, lijepe boje, kratkih korijena

6 Zaključak

Moje prepostavke su uglavnom bile točne. Kao što znamo, Sunce je prirodno svjetlo pod kojim biljke prirodno trebaju rasti, što dokazuje dobar rast graha i pšenice pod prirodnom sunčevom svjetlosti.

Spektroskopska analiza pokazala je da je ono kompozitno, u sebi sadrži sve valne duljine. Istraživanje rasta pod umjetnim osvjetljenjem pokazalo je da obje kulture najbolje rastu pod kompozitnim svjetlima (grah pod ljubičastim, pšenica pod bijelim fluorescentnom žaruljom).

Generalno rekla bih da su obje kulture dobro rasle pod ljubičastim i fluo svjetлом, što odgovara teoriji budući da oba izvora emitiraju plavu i crvenu svjetlost. Bolji rast pšenice pod bijelim fluorescentnim svjetlom znači da su joj je povoljnije da je osvjetljena i dodatnim valnim duljinama osim plave i crvene.

Spektroskopska analiza pokazala je da fluorescentna žarulja emitira veću količinu UV svjetlosti, a testiranje rasta pšenice pod čistim UV osvjetljenjem pokazalo je iznenađujuće dobar rast (iako je bila blijeda) za razliku od graha kojeg je UV svjetlo potpuno osušilo nedugo nakon klijanja. Iz toga možemo izvući zaključak da je pšenici potrebno i UV osvjetljenje za dobar rast.

Testiranje teorije da zeleno svjetlo nije najpovoljnije za rast biljaka jer se reflektira pokazalo se netočnim. Rezultati rasta pod zelenim svjetlom pokazali su se sličnim rastu pod plavim svjetlom. Teoretsko istraživanje pokazalo je da postoji teoretsko objašnjenje. Navodno se samo mali dio zelene svjetlosti reflektira od površinu lista dok dobar dio prolazi do dubljih slojeva ti daje energiju kloroplastima u cijelom listu. Za razliku od plave svjetlosti koja se navodno potpuno apsorbira na površini lista i daje mnoštvo energije kloroplastima u gornjim slojevima lista, a jako malo u dubljim. Moje istraživanje pokazalo je da su biljke dobivale otprilike jednako energije od oba izvora svjetlosti.

Nedostatak svjetlosti tj. rast biljaka u mraku pokazao se očekivano najlošijim. Iako je klica rasla najdulje u visinu tražeći svjetlo, nije ga našla i počela se sušiti. Također, tokom rasta nije uspjela razviti lišće zbog nedostatka svjetla.

Žarulja sa žarnom niti pokazala se lošom kao umjetni izvor svjetlosti za rast biljaka, zbog prevelike količine infracrvene svjetlosti (topline) koja je isušila biljke.

Istraživanje je također pokazalo da na različite vrste biljaka različite valne duljine (umjetni izvori osvjetljenja) različito utječu, tako da ne mogu generalizirati.

Za najbolji rast pod umjetnim osvjetljenjem drugih biljnih vrsta, svaku kulturu trebalo bi posebno testirati. Smatram da sam razvila dobru metodu za to.

7 Zahvale

Zahvaljujem se najviše svom mentoru na uloženom vremenu i strpljenju, objašnjavanju naprednog gradiva koje u školi još nisam spominjala. Radom na istraživanju naučila sam mnogo toga o biologiji, biokemiji i fotokemiji.

Zahvalila bih se i svojoj mami koja mi je pomogla u nabavljanju materijala za rad, kao što bih se zahvalila i gospodinu Ivu Glavočiću na fizičkoj pomoći pri izradi drvene kutije i prijatelju Lovru Martinoviću koji mi je ustupio srednjoškolsku literaturu. Zahvalila bih se i profesorici fizike Mares Golubović i profesorici biologije Franici Barać na znanju iz fizike i biologije neophodnom za projekt, te organizatorima turnira mladih prirodoslovaca na prilici za sudjelovanje.

Literatura

- [1.] Springer, Pevalek-Kozlina: Živi svijet 3. - Fiziologija čovjeka i životni procesi u biljkama, udžbenik za treći razred gimnazije, 2011, Profil
- [2.] Dubravec, Regula: Fiziologija bilja, 2005, Školska knjiga – Zagreb
- [3.] Acero: Growth Response of Brassica rapa on the Different Wavelength of Light, 2013, International Journal of Chemical Engineering and Application

[4.] [4] Terashima, Fujita, Inoue, Soon Chow, Oguchi: Green Light Drives Leaf Photosynthesis More Efficiently than Red Light in Strong White Light: Revisiting the Enigmatic Question of Why Leaves are Green, 2009, Oxford journal – Plant & Cell Physiology

[5.] Web izvori:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Sunlight>
<https://en.wikipedia.org/wiki/Lighting>
https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_light
https://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent_light_bulb
https://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent_lamp
https://en.wikipedia.org/wiki/LED_lamp
https://en.wikipedia.org/wiki/Grow_light
<https://en.wikipedia.org/wiki/Photomorphogenesis>
<https://en.wikipedia.org/wiki/Hydroponics>
<https://en.wikipedia.org/wiki/Photosynthesis>
<https://en.wikipedia.org/wiki/Chloroplast>
<https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorophyll>
<https://en.wikipedia.org/wiki/Carotene>
<https://en.wikipedia.org/wiki/Xanthophyll>
<https://en.wikipedia.org/wiki/Bean>
<https://en.wikipedia.org/wiki/Wheat>
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Biology/phoc.html>

PROBLEM 11. RAST POD SVJETLOM

Mila Pivac

Mentor: Mila Bulić, prof.

8. razred, OŠ Pujanki, Split, Republika Hrvatska

1 Uvod

„Rast pod svjetлом: Istražite kako različite vrste umjetne svjetlosti utječu na rast biljaka. Koja je uloga spektra svjetlosti?“

Biljke su sjedilački, fotoautotrofni organizmi čije je cijeli životni ciklus određen svjetlosnim promjenama u okruženju (Kami i sur, 2010). Problem istraživanja je bio istražiti kako različite vrste umjetne svjetlosti utječu na rast biljaka. Najprije smo istražili koje vrste umjetnoga svjetla postoje te koji dio spektra svjetla je biljkama potreban za rast. Saznali smo kako biljke reflektiraju zelenu svjetlost (zato ih vidimo zelene) a za rast trebaju plavo i crveno svjetlo te smo odlučili raditi eksperiment koristeći upravo plavu i crvenu boju različitih vrsta umjetnoga svjetla. Kako uz prirodnu svjetlost biljke rastu i pod umjetnim svjetlom važno je naći najoptimalniju vrstu svjetla i boju spektra koja će imati najbolji učinak na rast i razvoj biljke.

Postavili smo hipoteze:

H1. Biljke osvijetljene različitim vrstama umjetne svjetlosti neće rasti ujednačeno. Pretpostavljamo kako će najviša narasti biljka osvijetljena klasičnom žaruljom.

H2. Biljke osvijetljene crvenim LED i fluorescentnim svjetlom narast će više od biljaka osvijetljenih plavim svjetlom istih žarulja.

H3. Različite vrste svjetla imat će utjecaj i na površinu lista tako da će biljke na prirodnom svjetlu imati najveću lisnu površinu.

U istraživanju se koristio grašak (*Pisum sativum L.*) koji je jednogodišnja biljka iz porodice *Fabaceae*. Ima zeljastu stabljiku koja se povija. Listovi su mu perasto složeni s 1-3 para listića, a dvospolni cvjetovi su skupljeni u grozdaste cvatove. Plod mu je 4-11 cm dugačka mahuna. Grašak je hranjivo povrće bogato ugljikohidratima, vlaknima, proteinima, vitaminom B1 i B2 te niacinom.

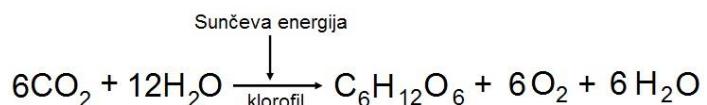
2 Ekološki čimbenici koji utječu na rast biljka

„Ekološki su čimbenici utjecajne veličine okoliša koji mogu pozitivno ili negativno djelovati na rast, razmnožavanje i gustoću populacije (Springer i sur, 2008)“. Svjetlost se ubraja u abiotičke ekološke čimbenike, a za optimalan rast biljke nužni su svi životni uvjeti: svjetlo, povoljna temperatura, tlo, zrak i voda. Svaka pojedina biljka je izložena djelovanju brojnih čimbenika iz okoliša, a njen opstanak ovisi o životnom uvjetu kojega ima najmanje (Liebigovo pravilo ekološkog minimuma). U prirodi se može uočiti kako na osunčanim dijelovima žive jedne biljne zajednice, dok na zasjenjenom dijelu žive potpuno drugačije biljne zajednice. Upravo takav mozaičan raspored biljnih vrsta na nekom staništu ukazuje na ovisnost rasprostranjenosti biljaka o dostupnoj količini svjetlosti. Također i sezona cvjetanja biljaka ovisi o duljini i količini dnevnoga svjetla i toplinskoj energiji. Biljke dugoga dana (ječam) traže dulje dnevno svjetlo, dok biljkama kratkoga dana (proljetnice, krizanteme) dugo dnevno svjetlo otežava cvjetanje (Springer i sur., 2008). Biljkama je svjetlost neophodna za obavljanje procesa fotosinteze

2.1 Fotosinteza

Fotosinteza je proces u kojem biljka sintetizira organski spoj šećer glukozu iz anorganskih spojeva uz pomoć sunčeve svjetlosti i kloroplasta (Lukša i Mikulić, 2009).

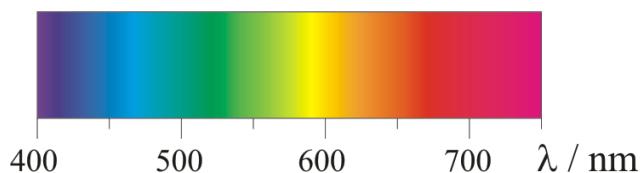
Opća jednadžba fotosinteze:



Kloroplasti su okrugli ili ovalni biljni stanični organeli, zelene boje, a sadrže biljne pigmente. Najčešći su pigmani tamnozeleni klorofil *a* i svijetlozeleni klorofil *b*. Neophodan izvor energije za fotosintezu je svjetlost. Biljni pigment klorofil pretvara svjetlosnu energiju u kemijsku energiju pohranjenu u šećeru. Biljka koristi kemijsku energiju šećera za rast i razvoj. Za vrijeme fotosinteze događaju se gotovo istodobno primarne i sekundarne reakcije. Primarne reakcije fotosinteze ovise o svjetlu i tada dolazi do fotolize vode kojom nastaje kisik (photosustav I), a sekundarne reakcije nisu ovisne o svjetlu (Calvinov ciklus) i tu se iz ugljikova dioksida proizvodi glukoza. U reakcijskom središtu koje „hvata“ fotone svjetla nalazi se molekula klorofila *a*. U središtu photosustava I je molekula klorofila koja ima maksimum apsorpcije kod valne duljine od 700 nm dok molekula klorofila u photosustavu II ima maksimum apsorpcije kod valne duljine od 680 nm (Springer i Pavlek-Kozlina, 1997). „Apsorpcijski spektri pokazuju da klorofil apsorbira crvenu i plavu svjetlost, a reflektira zelenu (Lukša i Mikulić, str. 162., 2009). Lukša i Mikulić (2009) navode kako intenzitet fotosinteze raste s jačinom svjetlosti, ali samo ako i ostali čimbenici to omogućavaju.

2.2 Svjetlost

Svjetlost je elektromagnetsko zračenje (fotoni) vidljivo ljudskom oku u rasponu od 390 do 750 nm (Star, 2005). Ukupan raspon zračenja koji nastaje u svemiru je elektromagnetski spektar. Vidljiva svjetlost je samo dio elektromagnetskoga spektra. Svjetlost manje energije ima manju frekvenciju (učestalost) ali veću valnu duljinu, a svjetlost s više energije ima veću frekvenciju a manju valnu duljinu. Ljudsko oko reagira samo na vidljivu svjetlost i raspozna male razlike unutar toga spektra koje nazivamo boje. Spektar vidljivoga zračenja (Slika 1.) sačinjavaju boje: ljubičasta (najveća frekvencija, najkraća valna duljina), plava, zelena, žuta, narančasta i crvena boja (najmanja frekvencija, najveća valna duljina).



Slika 1. Spektar vidljive svjetlosti

Bijela svjetlost se sastoji od kontinuiranoga niza u kojem su sve boje vidljivoga spektra. U stvarnom životu objekt ima onu boju koju reflektira kada ga osvijetlimo bijelom svjetlošću. Biljke vidimo zelene jer reflektiraju zelenu boju vidljivoga spektra, a apsorbiraju plavu i crvenu svjetlost.

2.3 Umjetni izvori svjetla

Umjetni izvori svjetla su svi izvori elektromagnetskoga zračenja koje su napravili ljudi. U eksperimentu se koriste: obična „Edisonova“ žarulja, fluorescentna (plava i crvena) te LED rasvjeta (plava i crvena). Za razliku od obične žarulje, čiji je spektar užarene volframove niti čisto toplinski, pa stoga nije štetan, ostala rasvjetna tijela u svakodnevnoj upotrebi imaju većinom spekture koji sadrže komponente UV i plavog svjetla (Martinis i Mikuta-Martinis, 2008). Tradicionalno svjetlo iz žarulja sa žarnom niti (klasična „Edisonova“ žarulja) koristi se preko 100 godina. Temelji se na procesu stvaranja svjetla prolaskom struje kroz metalnu „Volfram“ nit koja se zagrijava te isijava svjetlo. Problem kod običnih žarulja je u tome što je tek 10% iskorištenost svjetla a 90% energije gubi se na zagrijavanje.



Slika 2. Klasična Edisonova žarulja, CFL fluorescentna i LED žarulja

CFL ili kompakt fluorescentna žarulja (svima poznata kao štedna žarulja) - strujom se potpaljuje živa u cijevi kako bi proizvela UV svjetlo koje prolazi preko sloja fosfora u unutrašnjosti cijevi, te onda po principu fluorescentnosti proizvodi vidljivo svjetlo. Štedna žarulja je postala poznata jer je koristila manje električne energije, a proizvodila istu količinu svjetlosti kao žarulja sa žarnom niti. Prednosti fluo cijevi su ekonomičnost i rad na hladno. Mana im je što zauzimaju veliki prostor i što se ne može dobiti usmjerena rasvjeta velikoga intenziteta.

LED žarulja koristi LED tehnologiju koja se znatno razlikuje od navedenih. Maleni poluvodiči stvaraju svjetlost. Prednost LED rasvjete je njena dugotrajnost (preko 50000 sati). Kako LED rasvjeta traži manju količinu energije, manje je i zagađenje okoliša, ne sadrži živu, ne pregrijava se, nudi veliku ponudu različitih boja svjetla. LED rasvjeta smanjuje toplinski stres, izbjegavaju se opeklne listova, štedi se na klima uređajima i sustavu hlađenja, energiji i vodi. LED lampe mogu biti čimbenik u fotosintezi biljka kojom će proizvoditi hranu na i izvan Zemlje. Potencijali LED-a kao učinkovitog izvora svjetlosti za unutarnju poljoprivrednu proizvodnju se naveliko istražuju (Yeh i Chung, 2009).

2.4 Svojstva svjetlosti važna biljkama

Tri bitna svojstva svjetlosti važna za rast i razvoj biljka su: trajanje svjetlosti/iznos koji primaju, smjer svjetlosti i kvaliteta spektra (Orphek). Biljke su osjetljive čak i na mali intenzitet svjetla, reagiraju na svjetlost i prije izlaska i nakon zalaska Sunca. Iznos svjetla je količina svjetla koju biljke primaju. Foton svjetla ima valnu duljinu između 400 i 700 nm i osigurava energiju za fotosintezu. Svaka pojedina biljna vrsta ima optimalan intenzitet svjetla koji povećava fotosintezu i njen rast. Profesionalni uzgajivači brojnih biljnih kultura koriste svjetlosne senzore za mjerjenje intenziteta svjetla u staklenicima. Smjer svjetla je bitan čimbenik jer biljke rastu u smjeru svjetla (phototropizam). Stoga je važno izvor svjetla staviti na pravo mjesto da bi se optimizirala apsorpcija svjetlosti, da bi biljka imala dobru morfologiju te da bi prostor bio optimalno iskorišten. Svjetlost ima različite boje i spektar predstavlja različite valne duljine. Biljke reagiraju na određene valne duljine u svjetlosnom spektru. Vidljivo svjetlo kreće se od

plavoga do crvenoga, a opisano je kao valnim duljinama između 380 nm i 750 nm. Područje između 400 nm i 700 nm je ono što biljke koriste za fotosintezu i obično se naziva fotosintetski aktivno zračenje.

3 Eksperimentalni postav

Najprije smo osmislili tijek eksperimenta i napravili nacrt drvene kutije u koju će biti smještene biljke tijekom eksperimenta. Odlučili smo kako nećemo sjemenke odmah staviti u zemlju u posudama jer možda klijavost sjemenki neće biti ista u zadanim uvjetima. Tu varijablu smo planirali eliminirati tako da sjemenke stavimo proklijati na vatu na Petrijevu zdjelicu i onda saditi samo proklijale sjemenke (Slika 3.).

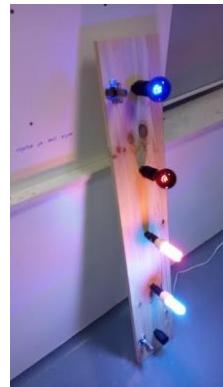


Slika 3. Proklijale sjemenke graška

Kod izrade aparature bila nam je potrebna pomoć električara te smo se sastali s jednim roditeljem koji nam je napravio poklopac za kutiju prema našem nacrtu. Na poklopac je spojio sve zadane lampe i izolirao kabele jer smo željeli obaviti siguran eksperiment. Drugoga roditelja smo zamolili pomoći kod izrade drvene kutije s pregradama za biljke kako bismo spriječili dotok dnevne svjetlosti do biljaka. Odlučili smo pet posuda s posađenim prokljalim sjemenkama postaviti u kutije i osvijetliti ih različitim svjetлом. Šestu posudu, kontrolnu, smo stavili izvan kutije na dnevno svjetlo. Mjerena smo vršili svaki dan u isto vrijeme (9 h ujutro) mjereći temperaturu zraka i visinu svih biljka u svakoj posudi. Ujutro su učenici dolazili u sedam sati zatvarati poklopac i paliti svjetla, a navečer su nakon nastave u 19.30 gasili svjetla i otvarali poklopac. Eksperiment se provodio u učionici biologije u vremenu od mjesec dana. U drvenu kutiju s pregradama (Slika 4) postavljene su posude s prokljalim biljkama. Na kutiju je stavljen poklopac na kojem su spojeni različiti izvori umjetne svjetlosti (Slika 5) tako da je svaki izvor obasjavao jednu pregradu s biljkom: 1. LED plavo, 2. LED crveno, 3. Fluorescentno crveno, 4. Fluorescentno plavo, 5. Obična žarulja. Šesta posuda s biljkama nije smještena u kutiju već je bila vani tako da su biljke koristile dnevno svjetlo-kontrolna posuda.



Slika 4. Kutija za 5 posuda s biljkama



Slika 5. Poklopac

Kako se nakon jednoga dana pokazalo da temperatura u 5. dijelu kutije (obična žarulja) raste više nego u ostalima, tu biljku smo izvadili iz kutije i stavili u zamračenu prostoriju gdje je bila osvijetljena običnom žaruljom ali se više zbog veličine prostora nije biljka pregrijavala. Mjerenja temperature su obavljana svaki dan ujutro u 9. i bilježena. Učenici su svaki dan mjerili i visinu svih biljka u svakoj posudi.

4 Materijali i metode

Eksperimentalni postupak je izведен u OŠ Pujanki, Split u vremenu od 22. 11.-19.12. 2016. Posude s posađenim sjemenkama su stavljenе u kutiju kako bi biljke bile samo pod utjecajem umjetnim svjetлом.

1. Posuda: LED lampa-plavo svjetlo (Paulmann, 1W, E27)
2. Posuda: LED lampa-crveno svjetlo (Paulmann, 1W, E27)
3. Posuda: fluorescentna lampa-crveno svjetlo (ECOLAMP, 9W, 230V~50Hz)
4. Posuda: fluorescentna lampa -plavo svjetlo (ECOLAMP, 9W, 230V~50Hz)
5. Posuda: obična žarulja (OSRAM CLASSIC, 30W, 230V)
6. Posuda: dnevno svjetlo (kontrolna)

Mjerenja su počela 29.11. kada je klica izbila iz zemlje. Eksperiment je postavljen u kontroliranim uvjetima rasta u učionici škole, pri čemu su kontrolirane temperatura i svjetlost. Temperature su mjerene svaki dan u isto vrijeme. Dobiveni podaci su obrađeni SPSS sustavom te su rezultati prikazani grafički.

5 Rezultati i rasprava

Nakon svakodnevnoga mjerjenja temperature i visine svih biljka graška u svim posudama prikupljene podatke smo unijeli u Excel i obradili. Kako je u svakoj posudi bilo po četiri biljke izračunata je aritmetička sredina (AS) visine biljka za svaku posudu. Koeficijent varijacije visine

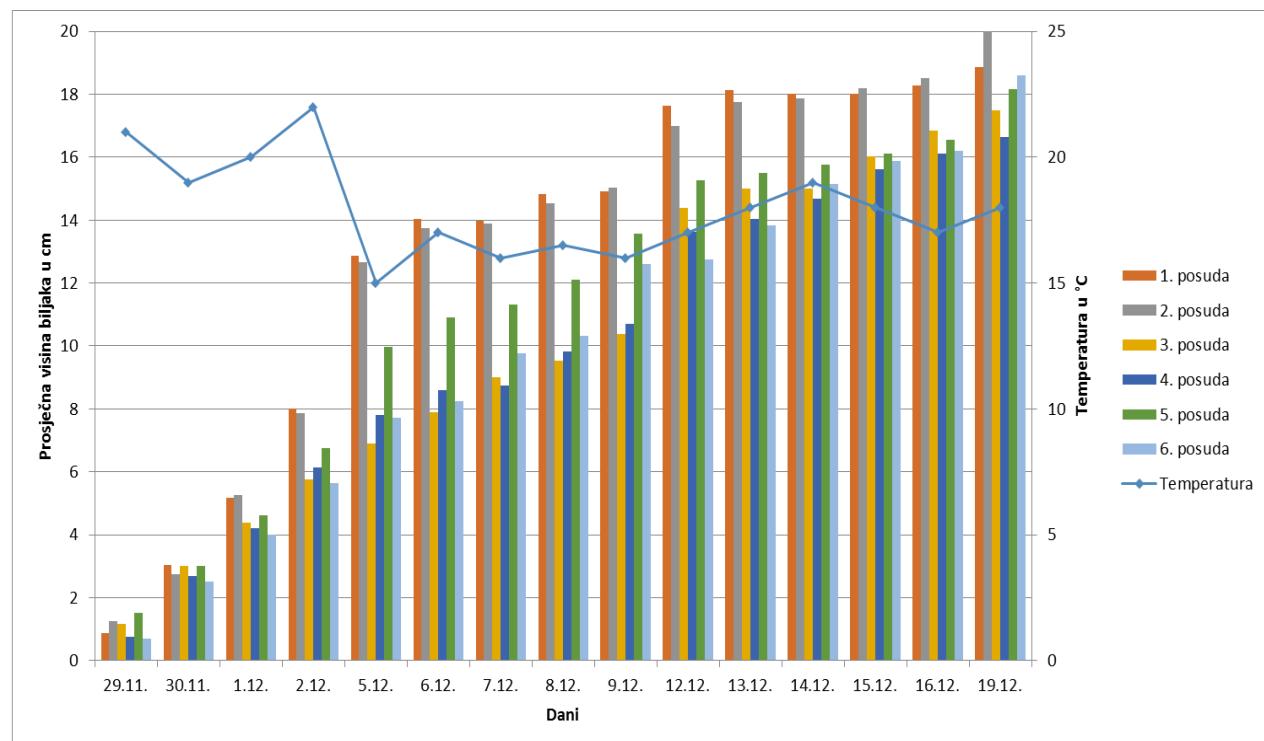
biljaka je za svaku posudu po svakom danu manji od 30% što ukazuje na reprezentativnost aritmetičke sredine. Biljke u prvoj i drugoj posudi su narasle najviše (Slika 6).



Slika 6. Izgled biljka u svim posudama nakon mjerena

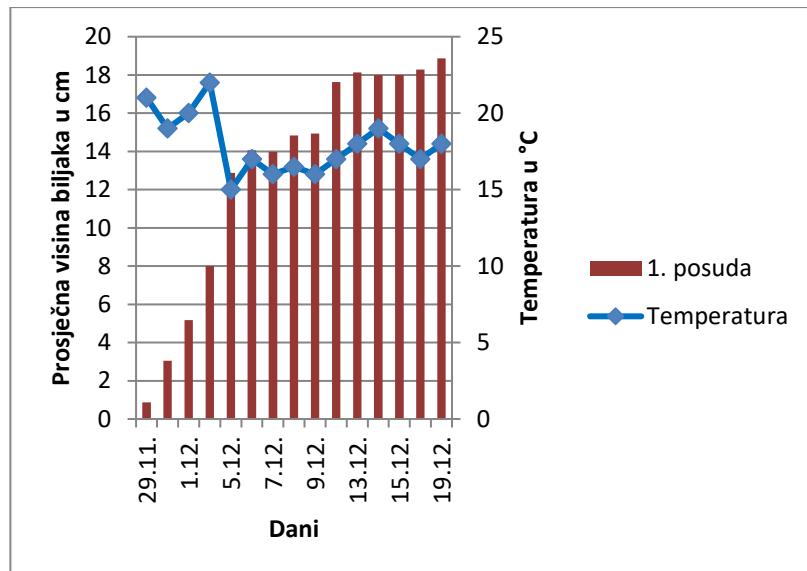
Rezultati jasno pokazuju (Grafikon 1) razliku u rastu biljka u ovisnosti o izloženosti umjetnom svjetlu određene valne duljine. Najviše su bile biljke izložene LED rasvjeti plavoga i crvenoga svjetla.

Grafikon 1. Temperatura i prosječna visina biljaka (AS)

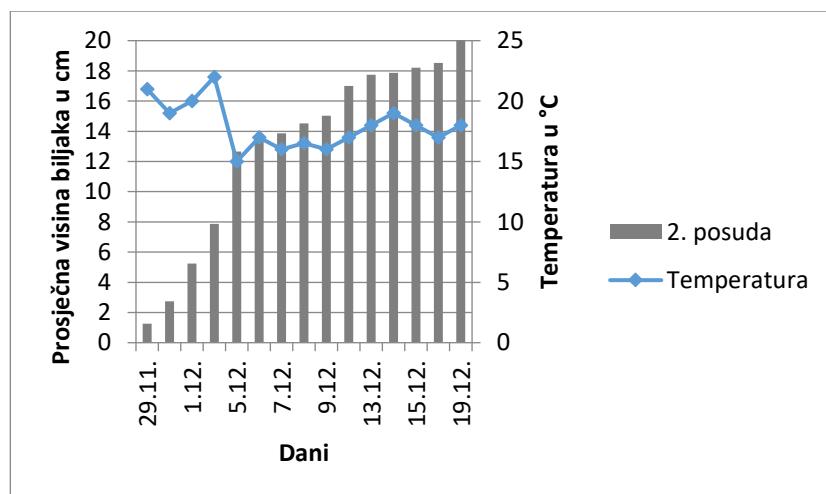


Biljke pod LED crvenim svjetlom imale su ukupno najviši rast i bile su visoke 25 cm, a biljke pod LED plavim svjetlom su bile visoke 22 cm.

Grafikon 2. Temperatura i prosječna visina biljaka pod LED plavim svjetlom po danima



Grafikon 3. Temperatura i prosječna visina biljaka pod LED crvenim svjetlom po danima

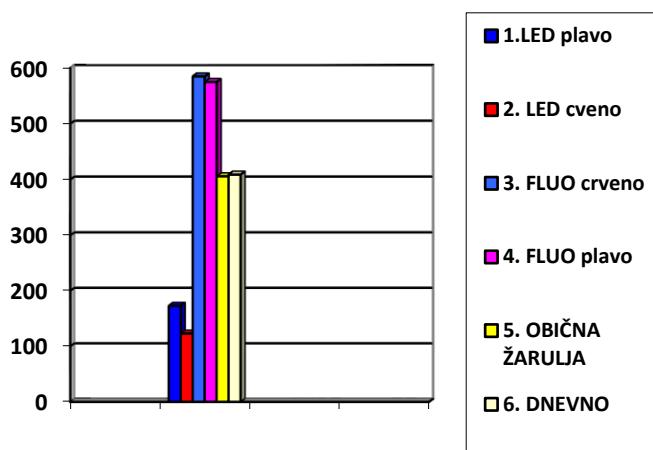


Kod biljka u prvoj i drugoj posudi je uočena manja lisna površina (Slika 7) te se pristupilo mjerenuju i uspoređivanju lisnih površina biljka svih posuda (Grafikon 4).



Slika 7. Lisna površina biljka

Grafikon 4. Usporedba lisne površine biljka



Biljke osvijetljene fluorescentnim svjetlom razvijaju veću površinu lista u odnosu na biljke osvijetljene LED crvenim i plavim svjetlom (Grafikon 4). Listovi biljka pod fluorescentnim svjetлом su tamnije zelene boje u odnosu na listove ostalih biljka.

U sličnim istraživanjima koja su se bavila utjecajem svjetla na rast i razvoj biljka uočena je veća morfološka raznolikost biljka nakon izlaganja umjetnom svjetlu određene valne duljine. Vinković i sur. naglašavaju kako dodatno osvjetljenje ima produženi efekt kod presadnica rajčice nakon njihovoga presađivanja u plastenik. Naime, određena valna duljina u zelenome području čak je inhibirala rast presadnica rajčice.

Kod primjene LED dioda crvenoga i plavoga spektra svjetlosti i HPS (High Pressure Sodium) lampi utvrđeno je da crvene LED lampe značajno utječu na kašnjenje cvatnje kod indijske gorušice i bosiljka u usporedbi s plavim LED i HPS lampama (Tarakanov i sur., 2012.). Ovdje prikazano istraživanje korelira s rezultatima istraživanja koje su proveli Mizuno i sur. (2011.) kada su ispitivali utjecaj plavih LED dioda na presadnice kupusa i utvrdili značajan utjecaj na elongaciju peteljki. I u ovdje prikazanom istraživanju biljke graha u posudama koje su bile izložene LED svjetlu plave i crvene boje imale su visoke stabljljike. To bi moglo biti od koristi poljoprivrednicima koji se bave proizvodnjom poljoprivrednih kultura kojima je važna jestiva

stabljika (npr. celer). Kako su biljke pod fluorescentnim svjetлом crvene i plave boje razvile veću lisnu površinu to bi moglo biti iskoristivo u poljoprivrednoj proizvodnji biljka kojima se jede list (špinat).

Hipoteza 1 je djelomično potvrđena, biljke nisu rasle ujednačeno ali najveća nije bila biljka osvijetljena običnom žaruljom. Hipoteza 2 je potvrđena jer su biljke osvijetljene crvenim svjetлом narasle više u donosu na biljke osvijetljene plavim svjetлом. Hipoteza 3 je djelomično potvrđena i biljke su razvile različitu lisnu površinu. Biljke na prirodnom svjetlu nisu imale najveću površinu već biljke pod fluorescentnim svjetлом.

6 Zaključak

Zbog sve veće potrošnje i potražnje za hranom i potrebe učinkovitije proizvodnje biljaka važno je saznanja do kojih se dođe znanstvenim istraživanjima primijeniti u proizvodnji. Umjetna rasvjeta se može uvoditi u poljoprivrednu proizvodnju, ali je pri tome važno poznavati biološke zahtjeve pojedine biljne vrste, prvenstveno spram svjetlosti i temperature s posebnim naglaskom na fazu rasta, kako bi proces proizvodnje bio uspješan i ekonomski isplativ.

Grašak je termofilna i fotofilna biljka i ima potrebe za toplinom i svjetlošću. Primjena umjetne rasvjete: LED, fluorescentne i obične žarulje u ovom istraživanju značajno je utjecala na morfološke pokazatelje rasta i razvoja stabljike te na lisnu površinu. Tijekom istraživanja utvrđeno je da primjena LED rasvjete (plave i crvene diode) značajno utječe na visinu biljka pa su biljke više nego pod ostalom umjetnom rasvetom. Korištenje fluorescentnoga svjetla plave i crvene boje utjecalo je na povećanje lisne površine biljka i pojavu tamnije boje lista zbog veće količine klorofila.

7 Zahvale

Prije svega zahvaljujem kolegama iz razreda koji su samnom radili na rješavanju ovog problema: Ani Ćukušić, Filipu Mujanu i Lari Topić.

Oko tehničkih poslova (izrada kutije za biljke i električarski radovi) su nam pomogli naši roditelji te im ovim putem zahvaljujemo.

Literatura

- [1] Kami, Lorrain, Hornitschek i Fankhauser: Chapter two-light-regulated plant growth and development, 2010, Current topics in developmental biology, 91, 29-66.
- [2] Lukša, Mikulić: Život 3: Fiziologija bilja, 2009, Školska knjiga, Zagreb.
- [3] Martinis, Mikuta-Martinis: Život pod umjetnom rasvetom, 2008, Sigurnost 50(2)97-103.

- [4] Mizuno, Amaki, Watanabe: Effect of monochromatic light irradiation on the growth and anthocyanin contents in leaves of cabbage seedlings, 2011, Acta Horticulturae, 907: 179-184.
- [5] Springer, Pavlek-Kozlina: Biologija 3:Fiziologija bilja, 1997, Profil, Zagreb
- [6] Springer, Papeš, Kalafatić: Biologija 4, 2008, Profil, Zagreb.
- [7] Starr:Biology: Concepts and Applications, 2005, Thomson Brooks/Cole.
- [8] Tarakanov, Yakovleva, Konovalova, Paliutina, Anisimov: Light-emitting diodes: on the way to combinatorial lighting technologies for basic research and crop production, 2012, Acta Horticulturae
- [9] Vinković, Parađiković, Tkalec, Lisjak, Teklić, Zmajić, Vidaković: Utjecaj led osvjetljenja na prinos i parametre rajčice, Agriculture/Poljoprivreda
- [10] Yeh, Chung: High-brightness LEDs—Energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation, 2009, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(8), 2175-2180.
- [11] Web izvori

<http://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=vidljivo+zra%C4%8Denje>
<http://161.53.194.251/~poljo/upload/publications/poljoprivreda-22-1-1.pdf>
<https://hr.orphek.com/growlight/about/about-light-plants/>

PROBLEM 12. MLIJEKO

Lara Resman

Mentor: Krešimir Trojko , prof.

1.f razred, Gimnazija Josipa Slavenskog, Čakovec, Hrvatska

1 Uvod

Odabrala sam problem broj 12. Mlijeko (IYNT 2017.) koji glasi: „*Razvijte jednostavne metode za određivanje nekih od bitnih svojstava mlijeka. Predložite istraživanje koje uključuje usporedbu različitih uzoraka mlijeka.*“ Istražujući literaturu našla sam da se u mlijeku može mjeriti više od 15 različitih svojstava. Za ljudsku su prehranu najvažniji sastojci: kalcij, lakoza, masti i proteini. Pokušala sam razviti metode za određivanje lakoze i svojim sam pokusima tražila pouzdanu i jednostavnu metodu za kvantitativno određivanje tog sastojka. Tijekom pokusa naišla sam na problem u određivanju lakoze zbog toga što mlijeko nije bistro, već je bijele boje. Da bih dobila bistro otopinu, odlučila sam odvojiti bjelančevine zgrušavanjem i filtracijom zbog čega sam kasnije odlučila određivati i količinu bjelančevina. Nakon što sam odredila prikladnu metodu za određivanje lakoze, napravila sam nekoliko mjerjenja sa kupovnim mlijekom „z bregov“ Vindije koje sadrži 2.8% mliječne masti te sam pokušala pojednostaviti metodu i mjerne instrumente. Istu sam metodu primijenila i na svježe kravljе mlijeko. Na taj sam način željela uočiti ima li razlike između različitih vrsta mlijeka.

Prepostavila sam da će se metode i postupci kojima ću određivati količinu sastojaka razlikovati po preciznosti. Koliko će postupak biti jednostavniji i s manjim troškovima, toliko će rezultat biti manje precizan. Druga je hipoteza da svježe domaće mlijeko sadrži veće nutritivne vrijednosti od kupovnog jer nije termički obrađeno, jer sadrži sve hranjive tvari. Svježe kravljе mlijeko će sadržavati više bjelančevina i lakoze od kupovnog mlijeka.

Problem „Mlijeko“ izabrala jer me zanimalo koji sastojci određuju bitna svojstva mlijeka zbog kojih je mlijeko najbolja hrana za dojenje djece i neizostavan sastojak ljudske prehrane.

2 Teorijska razrada problema

2.1 Kemijski sastav mlijeka

Kada kažemo mlijeko mislimo na kravljе mlijeko, a ostale se vrste moraju istaknuti oznakom („ovčje“, „kozje“, i sl.). Različite vrste mlijeka sadržavaju iste sastojke, ali udjeli i međusobni odnos sastojaka, pa i njihova struktura može biti vrlo različita.

Mlijeko je emulzija mliječne masti u vodi u kojoj su otopljeni lakoza, minerali topljivi u vodi te vitamini topljivi u mliječnoj masti. U mlijeku se nalaze proteini te spojevi proteina sa solima u koloidnom obliku [1]. Prosječni kemijski sastav kravljeg mlijeka prikazala sam u obliku tablice (Tablica 1.) [2]. Na deklaraciji mlijeka „z bregov“ Vindije s 2.8 % mliječne masti nalaze se opći podaci o sastavu mlijeka. (Tablica 2)

Tablica 1. Prosječni kemijski sastav kravljeg mlijeka

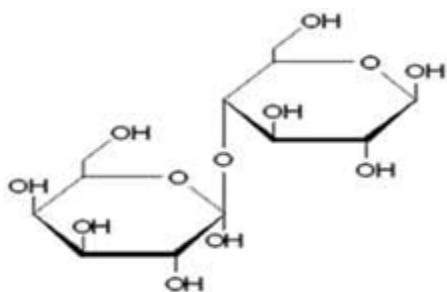
Sastojak	Udio
Voda	87.4 %
Suha tvar	12.6%
Lakoza	4.7 %
Masti	3.9 %
Bjelančevine	3.3 %
Kazein	2.7 %
Albumin	0.6 %
Globulin	U tragovima
Minerali (soli, pepeo)	0.7 %

Tablica 2. Opći podaci o sastavu mlijeka „z bregov“ Vindije s 2.8 % mliječne masti

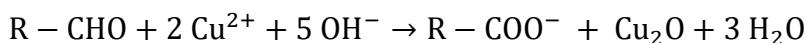
Sastojak	masa (sastojak, u 100g)/g
masti	2.8
ugljikohidrati	4.6
od kojih šećeri	4.6
bjelančevine	3.2
kalcij	0.12

2.2 Lakoza u mlijeku

Lakoza ($C_{12}H_{22}O_{11}$) je disaharid koji se nalazi u mlijeku sisavaca, pa se zbog toga naziva i mliječnim šećerom. Sastavljen je od molekula α -D-glukoze i β -D-galaktoze međusobno povezanih β (1-4)- glikozidnom vezom (Slika 1)[3]. Lakoza je reducirajući šećer te reducira Fehlingov reagens jer sadrži slobodnu poluacetalnu skupinu u molekuli glukoze (Slika 2.) Reakcija Fehlingovog reagensa se temelji na redukciji Cu^{2+} iona u Cu^+ ione uz karakterističan crveni talog bakrova (I) oksida. Lakoza se reakcijom hidrolize može rastaviti na glukozu i galaktozu. Za hidrolizu se mogu koristiti povišena temperatura, enzimi i kiselina. Glukoza i galaktoza su monosaharidi koji sadrže aldehidnu skupinu. Aldehydi se lako oksidiraju slabim oksidirajućim sredstvom poput Cu^{2+} iona uz povišenu temperaturu.



Slika 1. Strukturna formula laktoze

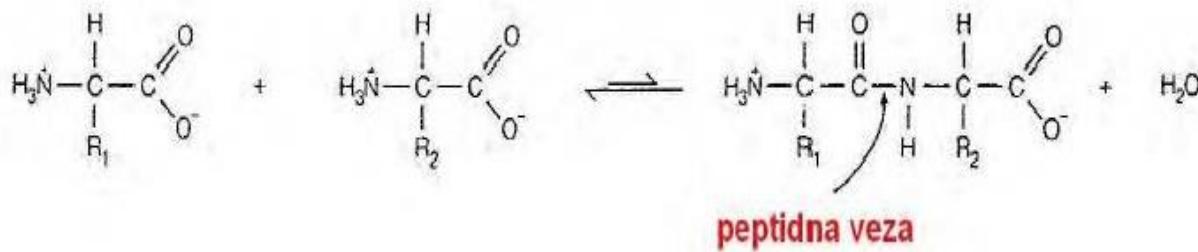


Slika 2. Jednadžba Fehlingove reakcije

Fehlingov reagens sastoje se od dvije otopine: Fehling I i Fehling II. Fehling I priprema se otapanjem bakrova(II) sulfata pentahidrata u vodi. Fehling II je otopina kalijeva natrijeva tartarata i natrijeva hidroksida u vodi. Otopine se miješaju u volumnom omjeru 1:1 neposredno prije upotrebe [4]. Ako otopina u koju stavimo Fehlingov reagens sadržava reducirajući šećer, nakon nekog vremena na dnu će se pojaviti crvenosmeđi talog bakrova(I) oksida, Cu₂O.

2.3 Bjelančevine u mlijeku

Bjelančevine su polimeri koji se sastoje od aminokiselina povezanih peptidnom vezom u dugačke lancе (Slika 3.).



Slika 3. Nastajanje peptidne veze

U mlijeku se nalaze dva tipa različitih bjelančevina: kazein koji čini otprilike 80 % ukupnih bjelančevina i proteini sirutke koji čine oko 20 % ukupnih bjelančevina mlijeka [5]. Ta dva tipa proteina razlikuju se po svojim svojstvima, stabilnosti, a osobito po načinu zgrušavanja ili koagulacije. Kazein brzo koagulira dodavanjem kiseline, a proteini sirutke u doticaju s kiselinom ostaju nepromijenjeni. Kazein je naziv za više srodnih proteina mlijeka i sadržava sve aminokiseline koje ulaze u sastav proteina. Kazein se u mlijeku nalazi u obliku kalcijeve soli. U njegov sastav ulaze i drugi sastojci kao što su kalcij i magnezij u obliku fosfata i citrata te kalij i

natrij u ionskom obliku. U laboratoriju se dobiva taloženjem octenom kiselinom jer se u doticaju s kiselinom zgrušava ili koagulira [4]. Pritom nastaje kalcijev acetat i netopljni fosfoprotein. Nakon izdvajanja kazeina ostaje žućkasta otopina koja se naziva sirutka. Proteini sirutke su, međutim, osjetljivi na visoke temperature pa oni mogu koagulirati pri temperaturi višoj od 80 °C. Ako se mlijeko zakiseli na pH 4,6 do 4,7 dolazi do taloženja veće količine proteina mlijeka.

3 Eksperimentalni postav

3.1 Određivanje količine lakoze u mlijeku Fehlingovom otopinom

Pripremila sam Fehlingov reagens te sam te sam 20 mL otpipetirala u Erlenmeyerovu tikvicu. U tikvicu sam dodala destiliranu vodu da povećanje volumena otopine. Otopinu Fehlingovog reagensa sam stavila zagrijavati na plinskom plameniku. Za to sam vrijeme biretu napunila mlijekom ili sirutkom(ovisno o pokusu) do 0 mL. Kada se otopina Fehlingovog reagensa zagrijala, u nju sam polako titrirala kap po kap mlijeko sve dok otopina Fehlingovog reagensa nije izgubila modro obojenje.

3.2 Određivanje količine bjelančevina filtracijom

Označila sam i izvagala 5 filter papira. Filter papire sam stavila u lijevke koje sam postavila u menzure. U 5 laboratorijskih čaša otpipetirala sam 25 mL mlijeka i 5 mL octene kiseline. Kad je nastao talog, sve sam smjese profiltrirala, pustila da se osuši i izvagala ih nakon 3 dana. Izvagane filter papire s talogom sam stavila u eksikator s kalcijevim kloridom (CaCl_2) te sam ih ponovno izvagala nakon tri dana. Filter papire sam ostavila u eksikatoru te sam ih povremeno vagala da bih utvrdila da li im se masa i dalje mijenja.

4 Metode i mjerjenje

4.1 Određivanje količine lakoze u mlijeku

Priprema Fehlingovog reagensa

Fehling I je otopina modre galice u vodi. Masena koncentracija otopine Fehling I je 70 g/dm^3 . Iz literature sam pročitala a kasnije i izračunala sam da mi je za izradu 250 mL otopine Fehling I potrebno 17.3217 g bakrovog (II) sulfata pentahidrata. Na analitičkoj vagi sam izvagala 17.3217 g bakrova (II) sulfata pentahidrata ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$) na satnom stakalcu. Pomoću lijevka sam bakrov (II) sulfat pentahidrat polako prenijela u odmjernu tikvicu od 250 mL te sam polako dodavala destiliranu vodu i mučkala tikvicu da se talog otopi. Kada se talog otopio nadopunila sam odmjernu tikvicu destiliranom vodom do nule.

$$\gamma(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{V(\text{otopine})} = \frac{30.0089 \text{ g}}{0.25 \text{ dm}^3} = 120.04 \text{ g/dm}^3$$

Fehling II je lužnata otopina kalijeva natrijeva tartarata masene koncentracije natrijeva hidroksida (NaOH) 120 g/dm^3 i masene koncentracije kalijeva natrijeva tartarata ($\text{KNaC}_4\text{O}_6\text{H}_4$) 350 g/dm^3 . Iz literature sam pročitala a kasnije i izračunala potrebnu masu natrijevog hidroksida

$$\gamma(\text{CuSO}_4 \times 5 \text{ H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{CuSO}_4 \times 5 \text{ H}_2\text{O})}{0.25} = \frac{17.3217 \text{ g}}{0.25 \text{ dm}^3} = 69.29 \text{ g/dm}^3$$

$$\gamma(\text{KNaC}_4\text{O}_6\text{H}_4) = \frac{m(\text{KNaC}_4\text{O}_6\text{H}_4)}{V(\text{otopine})} = \frac{86.5020 \text{ g}}{0.25 \text{ mL}} = 346 \text{ g/dm}^3$$

i kalijevog tartarata. Na analitičkoj vagi izvagala sam 86.5020 g natrijevog kalijevog tartarata ($\text{KNaC}_4\text{O}_6\text{H}_4$) i 30.0089 g natrijevog hidroksida (NaOH) koje sam pomoću lijevka prenijela u odmjernu tikvicu i u tikvicu sam dodavala vodu i mućkala sve dok se nastali talog nije otopio. Kada se otopio sav talog, tikvicu sam napunila destiliranom vodom sve do nule.

Fehlingov se reagens dobiva miješanjem otopina Fehling I i Fehling II i volumnom omjeru 1:1. U laboratorijsku čašu zapremnine 500 mL sam ulila svih 250 mL otopine Fehling I i svih 250 mL otopine Fehling II te sam ih promiješala staklenim štapićem (Slika 4.)



Slika 4. Otopina Fehling I i otopina Fehling II

Titracija mlijeka

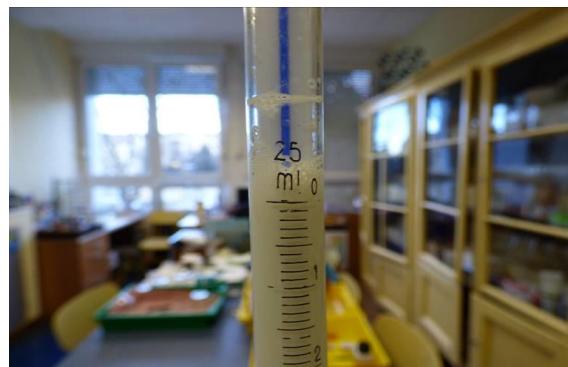
Pokus 1

U Erlenmeyerovu sam tikvicu otpipetirala po 25 mL Fehlingovog reagensa te sam dodala 25 mL destilirane vode. Otopinu sam stavila grijati na plinskom plameniku (Slika 5.). Za to sam vrijeme biretu napunila trajnim mlijekom `z bregov Vindije s 2.8% mliječne masti. Uljevanjem čistog mlijeka u biretu, nastalo je mnogo mjehurića koje je bilo teško ukloniti (Slika 6.). Bilo je teško precizno napuniti biretu do 0 mL jer se zbog mjehurića nije jasno vidjela površina mlijeka u bireti. Dok je otopina Fehlingova reagensa zavrela, u nju sam dodavala mlijeko kap po kap.

Dodavanjem mlijeka pojavio se sitni crveni talog koji se sporo taložio. Dalnjim dodavanjem mlijeka plava boja otopine Fehlingovog reagensa je polako blijedjela i u jednom se trenutku potpuno izgubila. Kraj titracije je bio teško vidljiv jer mlijeko nije bilo bistro. Do nestanka plave boje otopine utrošen volumen mlijeka za titraciju bio je $V_1=2.6$ mL.



Slika 5. Zagrijavanje vodene otopine Fehlingovog reagensa



Slika 6. Mjehurići nastali prilikom ulijevanja mlijeka u biretu

Pokus 2

U Erlenmeyerovu sam tikvicu otpipetirala 25 mL Fehlingovog reagensa te sam dodala 25 mL destilirane vode. Otopinu sam stavila grijati na plinskom plameniku. U posebnu sam čašu ispipetirala 25 mL mlijeka`z bregov Vindije s 2.8 % mlječne masti i 75 mL vode. Time sam napravila smjesu mlijeka i vode u omjeru 1 : 3. Biretu sam napunila tom smjesom mlijeka i vode. Ulijevanjem smjese mlijeka i vode nije nastalo toliko mjehurića pa sam mogla precizno napuniti biretu do 0 mL. Kada je otopina Fehlingovog reagensa zavrela, u nju sam kap po kap dokapavala smjesu mlijeka i vode. Plava boja Fehlingovog reagensa se polako gubila i u jednom je trenutku potpuno nestala. Kraj titracije je ponovno bio teško vidljiv jer je mlijeko nije bilo bistro. Titraciju

sam ponovila 3 puta. U prvoj je titraciji za nestanak plave boje bilo utrošeno $V_1= 10.1$ mL mlijeka, u drugoj $V_2= 9.8$ mL mlijeka te u trećoj $V_3=9.1$ mL mlijeka.

Pokus 3

Da bi uklonili nedostatke iz prva 2 pokusa odlučila sam ukloniti bjelančevine iz mlijeka. U literaturi sam pronašla većinu bjelančevina čini kazein koji se u prisustvu kiseline zgrušava. Kako sam za provođenje pokusa morali izdvojiti bjelančevine, odlučila sam i izmjeriti njihovu masu. Uzela sam 5 čaša. U svaku sam čašu otpipetirala 25 mL mlijeka i 5 mL octene kiseline. Nastalu sam smjesu promiješala. Bjelančevine su koagulirale te sam ih potom profiltrirala. Dobivene filtrate sam spojila i njima napunila biretu do 0 mL. U Erlenmeyerovu sam tikvicu otpipetirala 25 mL Fehlingovog reagensa te sam dodala 25 mL destilirane vode. Otopinu sam stavila grijati na plinskom plameniku. Dok je otopina na plameniku zavrela, u nju sam kap po kap dodavala filtrat mlijeka sve do nestanka plavog obojenja. Nastao je sitni crvenosmeđi talog. Titraciju sam ponovila 3 puta. U prvoj je titraciji za nestanak plavog obojenja bilo potrebno istitrirati $V_1= 2.9$ mL mlijeka, u drugoj $V_2= 2.8$ mL te u trećoj $V_3= 3.1$ mL mlijeka.

Pokus 4

Da bismo pojednostavili pokus i da bi se pokus mogao izvesti bez skupocjenog pribora odlučila sam izvesti isti pokus, ali sam umjesto birete koristila injekcijsku špricu od 10 mL sa preciznosti mjerena 0.5 mL. Za titraciju sam koristila bistru otopinu mlijeka iz koje su odvojene bjelančevine iz prethodnog pokusa. Tom otopinom sam napunila injekcijsku špricu do 10 mL (Slika .). U Erlenmeyerovu sam tikvicu otpipetirala 25 mL Fehlingovog reagensa te sam dodala 25 mL destilirane vode. Otopinu sam stavila grijati na plinskom plameniku. Dok je otopina na plameniku zavrela, u nju sam kap po kap dodavala filtrat mlijeka sve do nestanka plavog obojenja. Nastao je sitni crvenosmeđi talog. Titraciju sam ponovila 3 puta. U sve tri titracije je za nestanak plavog obojenja bilo potrebno utrošiti $V= 3$ mL filtrata mlijeka. Zbog male preciznosti mjerena injekcijskom špricom rezultati koje smo dobili nisu dovoljno precizni.



Slika 7. Titracija sirutke u vodenu otopinu Fehlingovog reagensa

Pokus 5

Pošto četvrta titracija zbog male preciznosti injekcijske šprice nije bila dovoljno precizna, odlučila sam provesti još jednu titraciju s injekcijskom špricom od 3mL preciznosti mjerena od 0.1 mL. I za ovu titraciju koristila sam otopinu iz 3. pokusa. Tom otopinom sam napunila injekcijsku špricu do 3 mL. U Erlenmeyerovu sam tikvicu otpipetirala 25 mL Fehlingovog reagensa te sam dodala 25 mL destilirane vode. Otopinu sam stavila grijati na plinskom plameniku. Dok je otopina zavrela, u nju sam dodavala filtrat mljeka kap po kap sve dok otopina Fehlingovog reagensa nije izgubila plavu boju. Nastao je sitni crvenosmeđi talog. Pošto je potreban volumen filtrata mljeka za nestanak plavog obojenja bio veći od 3 mL, injekcijsku sam špricu punila 2 puta po 2 mL za svaku titraciju. Titraciju sam ponovila 3 puta. U prvoj tikvici je titraciji za promjenu boje i nastajanje crvenog taloga bilo potrebno $V_1= 3.0$ mL filtrata mljeka, u drugoj $V_2=3.3$ mL te u trećoj $V_3=3.3$ mL.

Pokus 6

Da bih odredila razlike između svježeg kravljege i kupovnog mljeka, odlučila sam provesti jednu titraciju s svježim kravljim domaćim mljekom. Da bih dobila bistru tekućinu odlučila sam ukloniti bjelančevine iz mljeka. Uzela sam 5 čaša. U svaku sam čašu otpipetirala 25 mL mljeka i 5 mL octene kiseline. Nastalu sam smjesu promiješala. Bjelančevine su koagulirale te sam ih potom profiltrirala. Dobivene filtrate sam spojila i njima napunila biretu do nule. Pošto sam

imala bistru otopinu, mogla sam vrlo precizno napuniti biretu. U Erlenmeyerovu sam tikvicu otpipetirala 25 mL Fehlingovog reagensa te sam dodala 25 mL destilirane vode. Otopinu sam stavila grijati na plinskom plameniku. Dok je otopina zavrela, u nju sam kap po kap dodavala filtrat mlijeka sve do nestanka plavog obojenja otopine. Nastao je sitni crvenosmeđi talog. Titraciju sam ponovila 5 puta. U prvoj je titraciji za nestanak plavog obojenja bilo potrebno $V_1 = 4.3$ mL filtrata mlijeka, u drugoj $V_2 = 4.0$ mL, u trećoj $V_3 = 4.3$ mL, četvrtoj $V_4 = 4.4$ mL te u petoj $V_5 = 4.5$ mL mlijeka.

4.2 Određivanje količine bjelančevina taloženjem

Pošto sam za mjerjenje količine laktoze iz mlijeka morala izdvojiti bjelančevine, odlučila sam da će pokušati odrediti i masu bjelančevina u mlijeku. Iz literature nam je poznato da se u mlijeku nalaze dvije vrte bjelančevina: kazein i proteini sirutke. Te se vrste bjelančevina najviše razlikuju po načinu koagulacije. Kazein se koagulira već pri utjecaju kiseline dok je za koagulaciju proteina sirutke potrebni i zagrijavanje. Zato sam probala dvije različite vrste taloženja: dodatkom kiseline i zagrijavanjem uz dodatak kiseline.

Prva filtracija – priprema otopine za pokus 3, pokus 4. i pokus 5.

U pokusu sam koristila papire tvrtke „Filtrak“ crne vrpce. Filter papire sam označila brojevima od 1 do 5 te sam ih izvagala na analitičkoj vagi. Mase filter papira su iznosile: $m_1 = 0.8273$ g, $m_2 = 0.8260$ g, $m_3 = 0.8276$ g, $m_4 = 0.8184$ g i $m_5 = 0.8186$ g. Zatim sam načinila papire te sam svaki filter papir stavila u jedan lijevak koji je stajao u menzuri. U svaku sam laboratorijsku čašu otpipetirala po 25 mL mlijeka i po 5 mL 9 %-tne octene kiseline. Kada je nastao bijeli talog, sve sam nastale smjese profiltrirala (Slika 8.). Sirutku sam izdvojila za pokus 3, a talog sam više puta isprala destiliranom vodom da bih sa stjenka čaši uzela što više taloga. Za tri sam dana kada se talog osušio izvagala mase taloga zajedno sa filter papirom. Mase su iznosile: $m_1 = 2.5025$ g, $m_2 = 2.5213$ g, $m_3 = 2.5391$ g, $m_4 = 2.5902$ g i $m_5 = 2.5836$ g. Filter papire sam stavila u eksikator u koji sam prethodno stavila bezvodni kalcijev klorid (Slika 9.). Nakon tri dana sam ponovno izvagala mase filter papira s talogom te sam ih ponovno stavila u eksikator. Mase su iznosile: $m_1 = 2.4332$ g, $m_2 = 2.4643$ g, $m_3 = 2.4664$ g, $m_4 = 2.5076$ g, $m_5 = 2.5087$ g. Nakon tri dana ponovno izvagala mase filter papira s talogom koje su iznosile: $m_1 = 2.4056$ g, $m_2 = 2.4368$ g, $m_3 = 2.4327$ g, $m_4 = 2.4730$ g i $m_5 = 2.4785$ g. Talog je bio manji i smanjila mu se masa.



Slika 8. Filtracija kazeina



Slika 9. Filter papiri s filtratom u eksikatoru

Druga filtracija

U drugoj sam filtraciji željela ustanoviti koliko ukupno bjelančevina sadrži mlijeko te sam zato izvagala čaše s mlijekom „z bregov“ Vindije s 2.8 % mliječne masti i čaše da bih izračunala masu mlijeka te odredila postotak ukupnih bjelančevina u kupovnom mlijeku. Mase čaša su iznosile: $m_1 = 32.8553$ g, $m_2 = 33.3510$ g, $m_3 = 34.4954$ g, $m_4 = 34.2727$ g i $m_5 = 34.3879$ g. Mase čaša s mlijekom su iznosile: $m_1 = 58.4550$ g, $m_2 = 58.8881$ g, $m_3 = 60.0971$ g, $m_4 = 60.0945$ g i $m_5 = 59.9694$ g. Izračunala sam masu mlijeka te sam kasnije izračunala maseni udio svih bjelančevina u mlijeku.

Filter papire sam označila brojevima od 1 do 5 te sam ih izvagala na analitičkoj vagi. Mase filter papira su iznosile: $m_1 = 0.8201$ g, $m_2 = 0.8135$ g, $m_3 = 0.7990$ g, $m_4 = 0.8108$ g i $m_5 = 0.8206$ g.

Načinila sam naborani filter papir te sam ga stavila u ljevak koji je stajao u menzuri. Zatim sam pripremila 5 laboratorijskih čaša te sam u svaku čašu ispipetirala po 25 mL kupovnog mlijeka. Svaku sam čašu zagrijavala na plinskom plameniku do pojave mjehurića te sam u tako zagrijano mlijeko ispipetirala po 5 mL 9%-tne octene kiseline. Dobivene sam smjese profiltrirala. Nakon tri dana izvagala sam filter papir zajedno sa nastalim talogom. Mase su iznosile: $m_1 = 2.5221$ g, $m_2 = 2.5931$ g, $m_3 = 2.5533$ g, $m_4 = 2.6748$ g i $m_5 = 2.6962$ g. Filter papire sam stavila u eksikator s bezvodnim kalcijevim kloridom te sam nakon tri dana ponovno izvagala. Mase su iznosile: $m_1 = 2.4620$ g, $m_2 = 2.5051$ g, $m_3 = 2.4806$ g, $m_4 = 2.5649$ g i $m_5 = 2.6237$ g. Filter papire sam ponovno stavila u eksikator te sam ih za 3 dana ponovno izvagala. Masa su iznosile: $m_1 = 2.4545$ g, $m_2 = 2.4792$ g, $m_3 = 2.4523$ g, $m_4 = 2.5284$ g i $m_5 = 2.5967$ g.

Treća filtracija – priprema otopine za pokus 6

U trećoj sam filtraciji željela utvrditi razlike u količini proteina između svježeg kravlje mlijeka i kupovnog mlijeka „z bregov“ Vindije s 2.8 % mliječne masti. U pokusu sam koristila papire tvrtke Filtrak crne vrpce. Filter papire sam označila brojevima od 1 do 5 te sam ih izvagala na analitičkoj vagi. Mase filter papira su iznosile: $m_1 = 0.8092$ g, $m_2 = 0.8251$ g, $m_3 = 0.8142$ g, $m_4 = 0.8125$ g i $m_5 = 0.8066$ g. Zatim sam načinila papire te sam svaki filter papir stavila u jedan ljevak koji je stajao u menzuri. U svaku sam laboratorijsku čašu otpipetirala po 25 mL mlijeka te po 5 mL 9 %-tne octene kiseline. Kada je nastao bijeli talog, sve sam nastale smjese isfiltrirala (Slika 8.). Sirutku sam izdvojila za pokus 3, a talog sam više puta isprala destiliranom vodom da bih sa stjenka čaši uzela što više taloga te da bih na kraju pokusa dobila što točniji rezultat. Za tri sam dana kada se talog osušio izvagala mase taloga zajedno sa filter papirom. Mase su iznosile: $m_1 = 3.8759$ g, $m_2 = 4.0625$ g, $m_3 = 4.0464$ g, $m_4 = 4.1118$ g i $m_5 = 4.0841$ g. Filter papire sam stavila u eksikator u koji sam prethodno stavila bezvodni kalcijev klorid (Slika 9.) . Nakon tri dana sam ponovno izvagala mase filter papira s talogom te sam ih ponovno stavila u eksikator. Nakon tri sam dana ponovno izvagala mase filter papira s talogom koje su iznosile: $m_1 = 3.4911$ g, $m_2 = 3.7769$ g, $m_3 = 3.7629$ g, $m_4 = 3.7705$ g i $m_5 = 3.7158$ g. Talog je bio manji i smanjila mu se masa.

5 Rezultati i rasprava

5.1 Određivanje mase laktoze u mlijeku

Rezultate mjerena utrošenog volumena mlijeka za titraciju 25 mL Fehlingovog reagensa u svježem domaćem kravljem mlijeku i kupovnom mlijeku „z bregov“ Vindije 2.8 % mliječne masti prikazala sam tablicom (Tablica 3.).

Tablica 3. Rezultati određivanja količine laktoze u mlijeku

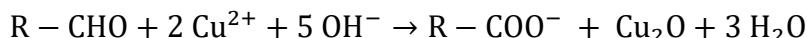
Broj titracije	V (potreban za titraciju)/ mL				
	Pokus 2.	Pokus 3.	Pokus 4.	Pokus 5.	Pokus 6.
Titracija 1.	10.3	2.9	3.0	3.0	4.3
Titracija 2.	9.8	2.8	3.0	3.3	4.0
Titracija 3.	9.1	3.1	3.0	3.3	4.3
Titracija 4.	-	-	-	-	4.4
Titracija 5.	-	-	-	-	4.5
V/mL *	9.7	2.9	3.0	3.2	4.3

*Određivanje srednjeg volumena:

$$\bar{V} = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_n}{n}$$

Određivanje mase laktoze u mlijeku:

Jednadžba po kojoj Fehlingov reagens reagira sa reducirajućim šećerima je:



Množina bakrovih iona u pripremljenoj otopini Fehling I jednaka je množini izvagane modre galice potrebne za pripremu te otopine.

$$n(CuSO_4 \cdot 5H_2O) u 250 mL = \frac{m(CuSO_4 \cdot 5H_2O)}{M(CuSO_4 \cdot 5H_2O)} = \frac{17,3217 g}{249,7 g mol^{-1}} = 0,0694 mol$$

Otopina Fehlingovog reagensa dobije se miješenjem istih volumena otopina Fehling I i Fehling II tako da je nakon miješanja:

$$n(Cu^{2+}) u 250 ml = n(Cu^{2+}) u 500 ml$$

Pipetom otpipetiramo 25 ml otopine Fehlingovog reagensa koji titriramo pa je množina bakrovih iona u otpipetiranoj otopini:

$$n(Cu^{2+}) u 25 ml = \frac{n(Cu^{2+}) u 500 ml}{20} = \frac{n(Cu^{2+}) u 250 ml}{20} = \frac{0,0694 mol}{20} \\ = 3,47 \cdot 10^{-3} mol$$

Prema jednadžbi reakcije množina odnosno masa laktoze u utrošenom volumenu mlijeka je:

$$n(laktoza) = \frac{1}{2} n(Cu^{2+}) u 25 ml = 1,735 \cdot 10^{-3} mol$$

$$m(laktoza) = n(laktoza) \cdot M(laktoza) = 1,735 \cdot 10^{-3} mol \cdot 342,296 g mol^{-1} = 0,594$$

Da bi mogli usporediti različite uzorke preračunali smo masu na 100 ml titrirane otopine.

$$\frac{m(\text{laktoza}) u 100 \text{ ml}}{100 \text{ ml}} = \frac{m(\text{laktoza})}{V(\text{titracija})}$$

Za drugu sam titraciju morala dobiveni volumen podijeliti s 4 jer sam koristila mlijeko razrijeđeno vodom u volumnom omjeru 1 : 3.

$$m(\text{laktoza } 2) = 24.49 \text{ g}$$

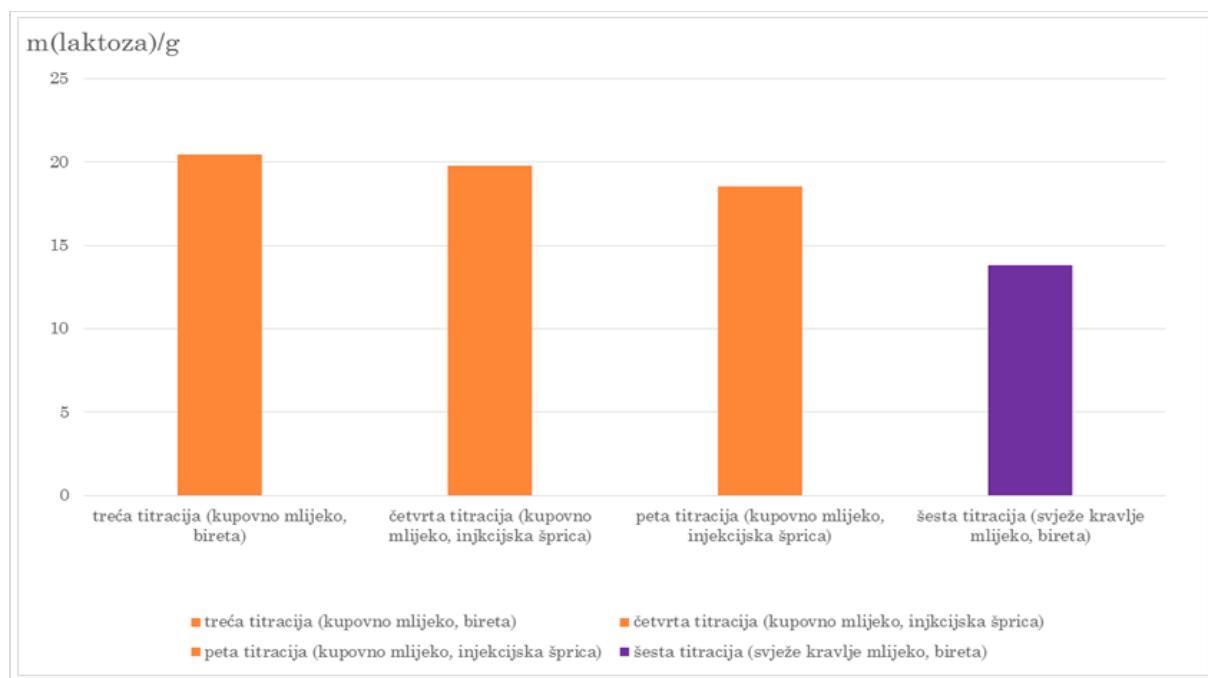
$$m(\text{laktoza } 3) = 20.48 \text{ g}$$

$$m(\text{laktoza } 4) = 19.8 \text{ g}$$

$$m(\text{laktoza } 5) = 18.56 \text{ g}$$

$$m(\text{laktoza } 6) = 13.81 \text{ g}$$

Dobivene sam rezultate radi preglednosti prikazala grafikonom. (Graf 1.)



Graf 1. Masa laktoze u mlijeku

Prije eksperimenta sam očekivala da će mjerjenjima mase laktoze dobiti rezultate slične onima na deklaraciji mlijeka, ali se dobiveni rezultati razlikuju. Na deklaraciji mlijeka stoji da u 100 g mlijeka ima 4.6 g ugljikohidrata. Naš rezultat je 4 puta veći. Odstupanja u rezultatima mogu prepisati jednostavnim i manje pouzdanim metodama, da je crveni talog bio sitan i sporo se taložio pa se teško mogao uočiti gubitak plave boje te je moguće da je došlo do hidrolize laktoze na glukozu i galaktozu koji su povećali količinu reducirajućih šećera 2 puta. Za iduće bi se istraživanje mogla naći neka druga preciznija metode mjerena.

Unatoč tome što metode nisu potpuno pouzdane, za različite vrste mlijeka sam koristila iste metode pa su zbog toga dovoljno dobre za usporedbu. Rezultati koje smo dobili mjereći bijelo mlijeko najviše odstupaju od ostalih rezultata zato što zbog mjeđurića nisam mogla dobro vidjeti nulu na bireti te zbog bijele boje zbog koje nisam mogla dobro vidjeti nestanak modre boje Fehlingovog reagensa. Pošto su rezultati treće, četvrte i pete titracije približno jednaki, mogu pretpostaviti da je jednostavnija metoda mjerena volumena špricom jednako pouzdana kao mjerena volumena biretom.

Rezultati analize ukazuju na to da u domaćem kravljem mlijeku ima manje laktaze nego u kupovnom. Pretpostavljam da je to zbog toga da kupovno mlijeko mora odgovarati deklaraciji pa u kupovno mlijeko „z bregov“ Vindije s 2.8% mliječne masti u preradi i proizvodnji umjetno dodaju laktazu da bi deklaracija bila ispravna te zbog toga što se pri utjecaju octene kiseline i pri zagrijavanju vjerojatno desila hidroliza laktaze na glukozu i galaktolu što povećava broj reducirajućih šećera 2 puta. Moguće je i da je u sirutci veća koncentracija laktaze zbog vode koja je ostala zarobljena u talogu.

5.2 Određivanje količine bjelančevina u mlijeku

Rezultate mjerena mase bjelančevina taloženjem iz mlijeka u svježem domaćem kravljem i kupovnom mlijeku „z bregov“ Vindije s 2.8% mliječne masti prikazala sam tablicom (Tablica 4.)

Tablica 4. Rezultati određivanja mase bjelančevina u mlijeku

Broj mjerena	m(talog)/g *		
	Prva filtracija	Druga filtracija	Treća filtracija
1	1.5783	1.6344	2.6819
2	1.6108	1.6657	2.9518
3	1.6051	1.6533	2.9487
4	1.6546	1.7176	2.9580
5	1.6599	1.7761	2.9092
$\bar{m}(\text{talog})/\text{g} **$	1.6217	1.6894	2.8899

*Određivanje mase taloga:

$$m(\text{talog}) = m(\text{filter papir i talog iz zadnjeg mjerena}) - m(\text{filter papir})$$

**Određivanje srednje mase taloga bjelančevina:

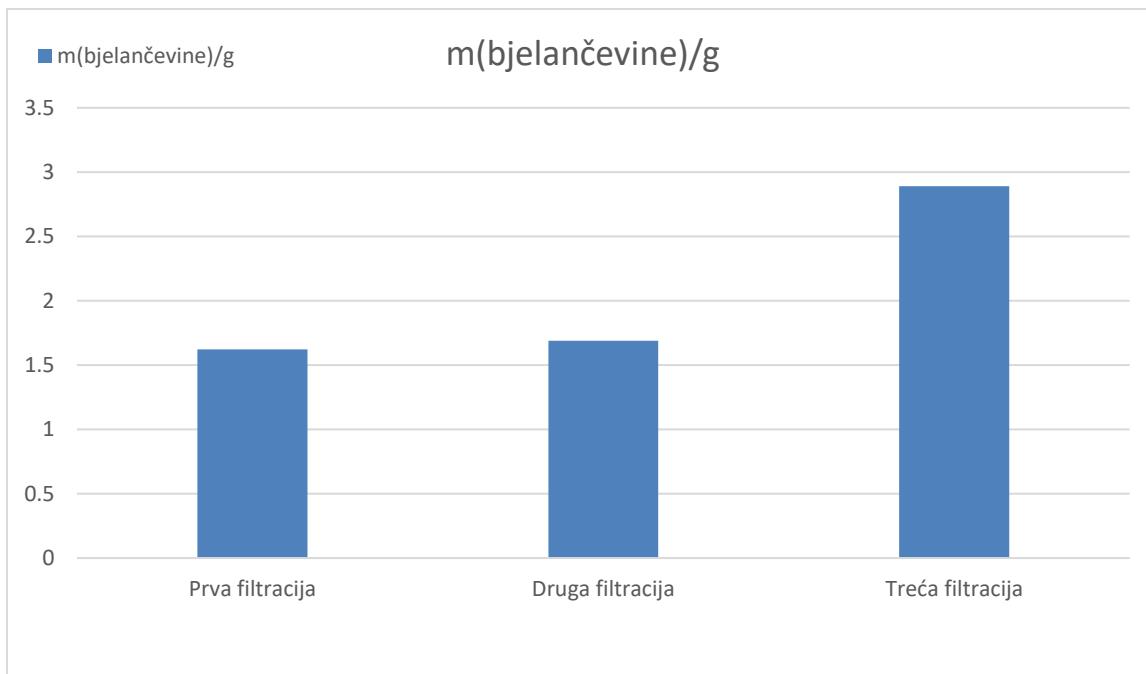
$$\bar{m} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5}{5}$$

Određivanje masenog udjela ukupnih bjelančevina u mlijeku:

$$m(\text{mlijeko}) = m(\text{čaša i mlijeko}) - m(\text{mlijeko})$$

$$w(bjelančevine, mljeko) = \frac{\bar{m}(talog druge filtracije)}{\bar{m}(mljeko)} = \frac{1.6894 \text{ g}}{25.6272} = 6.59\%$$

Prosječnu masu bjelančevina sam prikazala grafom (Graf 2.)



Graf 2. Prosječne masa bjelančevina u 25 mL mlijeka

Najprecizniju masu taloga i filter papira možemo vidjeti iz zadnjeg vaganja zato što je isparila gotovo sva voda pa sam zadnje podatke vaganja koristila kao konačne.

Očekivala sam da će masa istaloženih proteina iz kupovnog mlijeka „z bregov“ Vindije s 2.8% mliječne masti biti približno jednaka masi proteina na deklaraciji mlijeka. Mjeranjem je došlo da je masa bjelančevina dvostruko veća zbog toga da su se možda zajedno s bjelančevinama istaložile i druge tvari te sam prekratko sušila, ali svejedno ne mislim da bi se daljnjim sušenjem postigao rezultat jednak onom na deklaraciji.

Usporedbom prve i druge filtracije sam dokazala da u mlijeku postoje dvije vrste bjelančevina te a se proteini sirutke mogu istaložiti zagrijavanjem. Dobila sam rezultat da u kupovnom mlijeku ima 95.99% kazeina te 4.01% proteina sirutke.

Potvrdila sam da domaće kravljе mlijeko ima 41.5 % više bjelančevina od kupovnog mlijeka. Hipoteza je točna. Bjelančevina je u domaćem kravljem mlijeku više nego u kupovnom zato što domaće kravljе mlijeko nije termički obrađeno te neke tvari nisu uzete za druge mliječne proizvode kao u proizvodnji kupovnog mlijeka. U kupovnom je mlijeku maseni udio bjelančevina 3.2 %

6 Zaključak

Metoda koju sam koristila za određivanje mase laktoze nije precizna jer se teško uočila točka prestanka titracije. Greška nije ovisila o korištenju mjernih uređaja jer sam za sve mjerne uređaje dobila približno jednake rezultate.

Hipoteza da svježe kravlje mlijeko sadržava više laktoze od kupovnog mlijeka „z bregov“ Vindije s 2.8% mlijecne masti se pokazala netočnom. Razlog tome može biti neujednačena prehrana krava te dodavanjem laktoze u kupovno mlijeko da bi se uskladili rezultati na deklaraciji.

Metoda za određivanje mase bjelančevina nije precizna zbog toga što su se u reakciji taloženja istaložile i druge tvari. Pokusom sam dokazala da u mlijeku postoje dvije vrste bjelančevina koje se talože na različiti način. Također sam dokazala da je za jednu vrstu bjelančevina da bi se zgrušale dovoljna samo kiselina, a za drugu vrstu je potrebna i visoka temperatura. U kravljem mlijeku se nalazi više bjelančevina zato što to mlijeko nije prerađeno.

U dalnjim bi se istraživanjima moglo usporediti količine laktoze u različitim vrstama svježeg kravljeg mlijeka, npr. različita prehrana krava, različita vrsta krava te krave sa različitih staništa. U slijedeća bi se istraživanja moglo uključiti analize drugih vrsta mlijeka poput kozjeg za koje se u narodu vjeruje da je zdravo ili sojino koje konzumiraju vegani kao nadomjestak za kravljje.

Literatura

- [1] <http://documents.tips/documents/2-kemijski-sastav-mlijeka.html> (18.2.2016.) [1]
- [2] https://bib.irb.hr/datoteka/466278.ZAVRNI_RAD_ana_tomas_1.doc (30.9.2009.)
- [3] <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/laktoza> (26.1.2008.)
- [4] <http://eskola.chem.pmf.hr/udzbenik/u45/15%20ugljikohidrati.pdf>
- [5] <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/kazein> (25.1.2008.)

PROBLEM: 12. MLJEKO

Helena Vulić

Mentor: Nataša Kruljac, prof.

7. b, OŠ kralja Tomislava, Našice, Hrvatska

1 Uvod

Odabrala sam problem „12. Mlijeko“ (IYNT 2017) koji glasi: „Razvijte jednostavne metode za određivanje nekih od bitnih svojstava mlijeka. Predložite istraživanje koje uključuje usporedbu različitih uzoraka mlijeka.“

Mlijeko je najkompletnija prehrambena namirnica. U mlijeku zastupljene hranjive tvari omogućavaju rast i razvoj mладунčeta (djeteta) mjesecima, bez uzimanja drugih dodatnih namirnica. Mlijeko predstavlja jednu od najvažnijih sirovina u prehrambenoj industriji tako da ima veliki gospodarski značaj. Da bi se mogla odrediti vrijednost samog mlijeka, kao namirnice i sirovine, potrebno je znati njegov sastav. Mlijeko je sastavljeno od vode i suhe tvari. Najvažniji sastojci u suhoj tvari mlijeka su tehnološki iskoristivi, a to su mliječna mast, bjelančevine i mliječni šećer. Razlozi kontrole kakvoće mlijeka su raznovrsni: ekonomski, tehnološki, sanitarni, selekcijski, znanstveni i savjetodavni.

U ovom istraživanju cilj nam je bio utvrditi je li moguće jednostavnim metodama, gdje smo iskoristili svojstva vrhnjenja i koagulacije mlijeka, odrediti količinu mliječne masti i bjelančevina u uzorku svježeg kravljeg mlijeka, a u usporedbi s laboratorijskom analizom istog uzorka te jesu li vrijednosti dobivene mjeranjem u našem istraživanju u korelaciji s laboratorijskim rezultatima.

2 Teorijska razrada problema

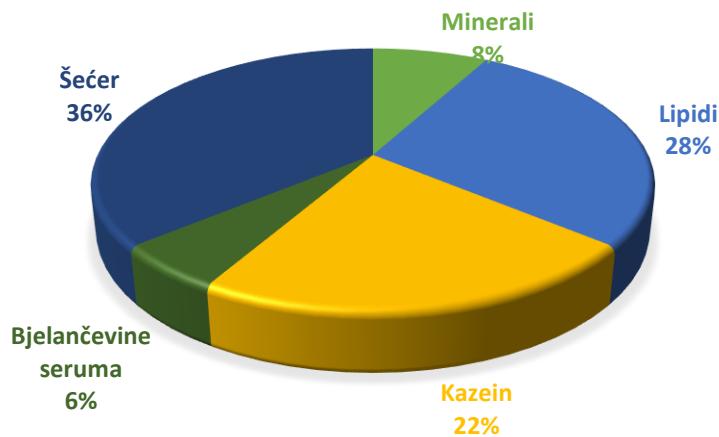
Mlijeko je biološka tekućina mliječnih žljezda sisavaca koja se luči određeno vrijeme nakon poroda, a osnovna mu je namjena prehrana mладунčadi. Prosječan sastav kravljeg mlijeka je oko 87% vode i 13% suhe tvari: 1,0 % minerala, 3,2% lipida, 3,2-3,5% bjelančevina [80% kazein i 20% bjelančevina seruma (β -laktoglobulin, α -laktoalbumin, imunoglobulini, enzimi)], 4,2% šećeri (prevladava laktoza ; glukoza, galaktoza) (Grafikon 1). Sastav mlijeka varira, što ovisi od više faktora, kao što su: uzrast, rasa, prehrana životinje, godišnje doba i sl. [1].

Sirovo mlijeko, u našem istraživanju kravje, jest prirodni sekret mliječne žljezde, dobiveno redovnom i neprekidnom mužnjom jedne ili više zdravih muznih životinja, pravilno hranjenih i držanih, kojem nije ništa dodano niti oduzeto i nije zagrijavano na temperaturu višu od 40°C [2].

Jedan od važnih i vrijednih sastojaka mlijeka svakako je mliječna mast. Udio mliječne masti je jedan od najbitnijih činitelja kod određivanja otkupne cijene mlijeka. Kako bi se zadovoljile

potrebe, tražene su najprikladnije metode određivanja udjela masti u mlijeku, te se obzirom na svrhu ispitivanja, razlikuju znanstvene (ekstrakcijske, gravimetrijske) i praktične, brze, rutinske metode (volumetrijske).

Mlijeko je emulzija, smjesa u kojoj se dispergirana faza – čestice masti, ne miješa s kontinuiranom fazom – vodom, već je u vodi fino raspršena. U istraživanju smo iskoristili svojstvo emulzije – vrhnjenje, gdje se kapljice masti koje imaju manju gustoću od tekućine u kojoj se nalaze nakupljaju i kreću prema gore [3,4].



Grafikon 1. Sastav suhe tvari kravljeg mlijeka

Drugo svojstvo mlijeka koje smo iskoristili u istraživanju je koagulacija. Koagulacija (lat. coagulatio: grušanje, sirenje), zgrušavanje, nakupljanje, agregiranje, sjedinjavanje manjih čestica u veće nakupine, aggregate. U kemiji, izdvajanje koloidno dispergiranih tvari iz kapljivite faze u obliku grudica, odnosno prijelaz koloidnoga sustava iz stanja sola u stanje gela. Koagulacija se postiže zagrijavanjem, dodatkom elektrolita (u našem pokusu kiseline) ili koloida sa suprotnim nabojem [5]. U istraživanju smo izazvali koagulaciju kazeina. Kazeini se lako talože iz mlijeka na različite načine pa se tako mogu izdvojiti iz mlijeka (u proizvodnji sira ili kazeina). Proteini sirutke su neosjetljivi na djelovanje kiselina ili enzima, pa obično zaostaju u otopini po kojoj su i dobili naziv. Međutim, proteini sirutke, osim frakcije proteoza i peptona, opet su osjetljivi na djelovanje topline, te mogu denaturirati već pri temperaturi iznad 80°C [6].

Za ovo istraživanje nije bilo moguće koristiti homogenizirano mlijeko. U homogeniziranom mlijeku su kapljice masti (globuli) s veličine od 20 µm usitnjene na veličinu od 1-5 µm da bi se dobila veća stabilnosti emulzije. Zato kod homogeniziranog mlijeka nema pojave vrhnjenje koja nam je potrebna u ovom istraživanju. Isto tako dodavanjem kiseline, nastali koagulat u homogeniziranom mlijeku nije jasno odvojen od sirutke. Razlog je što se kazein prilikom koagulacije nakuplja oko globula masti koja je sada sitno raspršena [8].

3 Materijal i metode

Istraživanje je napravljeno na farmi mlijecnih krava „Farma Salaš d.o.o.“ Marijanci. Na farmi se nalazi 400 krava holštajn-frizijske pasmine. Krave se mazu dva puta na dan u izmuzištu 2x12 mjesta oblika riblja kost.

Uzimanje uzorka mlijeka napravljeno je u sklopu mjeseca pojedinačne kontrole mlijeka u svih krava. Uzorci su uzimani u izmuzištu iz posuda za uzorkovanja plastičnom špricom od 10 ml (Slika 1). Posude za uzorkovanje omogućuju da se tijekom mužnje krave cijelo vrijeme izuzima određena količina mlijeka kako bi uzorak bio reprezentativan za tu kravu. Uzorci su označeni brojem krave, a uzeto je mlijeko od 48 krava. Svaki uzorak podijeljen je na dvije, brojem označene, epruvete s točno 10 ml mlijeka. Promjer epruveta iznosio je 15 mm. Iz jedne se određivala količina mlijecne masti, a iz druge količina proteina. Ukupno je bilo 96 epruveta.



Slika 1. Uzorkovanje mlijeka u izmuzištu

U epruvete odvojene za određivanje mlijecne masti dodana je jedna kap tinte koja je služila kao kontrastno sredstvo za lakše očitavanje rezultata. Sadržaj epruvete lagano je promiješan okretanjem epruvete.

U epruvete za određivanje proteina dodan je 1 ml jabučnog octa i sadržaj je promiješan. Kod određivanja proteina nismo se mogli koristiti dodavanjem tinte. U probnom pokusu je nakon dodavanja tinte s jabučnim octom došlo do jednoličnog grušanja mlijeka u cijeloj epruveti odnosno sirutka i ugrušak se nisu razdvojili. Epruvete su začepljene i ostavljene na sobnoj temperaturi 24 sata (Slika 2).



Slika 2.. Uzorci nakon 24 sata

Očitavanje je napravljeno uz pomoć ravnala. Mjerili smo izdvojenu mast (Slika 4) pri vrhu epruvete i izdvojeni koagulat (Slika 3). Dobivene vrijednosti u milimetrima zapisali smo u tablicu. Mjerenja smo ponovili tri puta i dobivenu srednju vrijednost upisali kao konačan rezultat. U Središnjem laboratoriju za kontrolu kvalitete mlijeka u Križevcima, kamo su otišli uzorci mlijeka s farme, sastav mlijeka se određuje infracrvenom spektrofotometrijom [7]. Iz laboratorija dobivene postotke upisali smo uz rezultate u milimetrima za svaki uzorak.



Slika 3.. Izgled koagulata



Slika 6. Izgled izdvojene mlijecne masti

3.1 Statistička obrada podataka

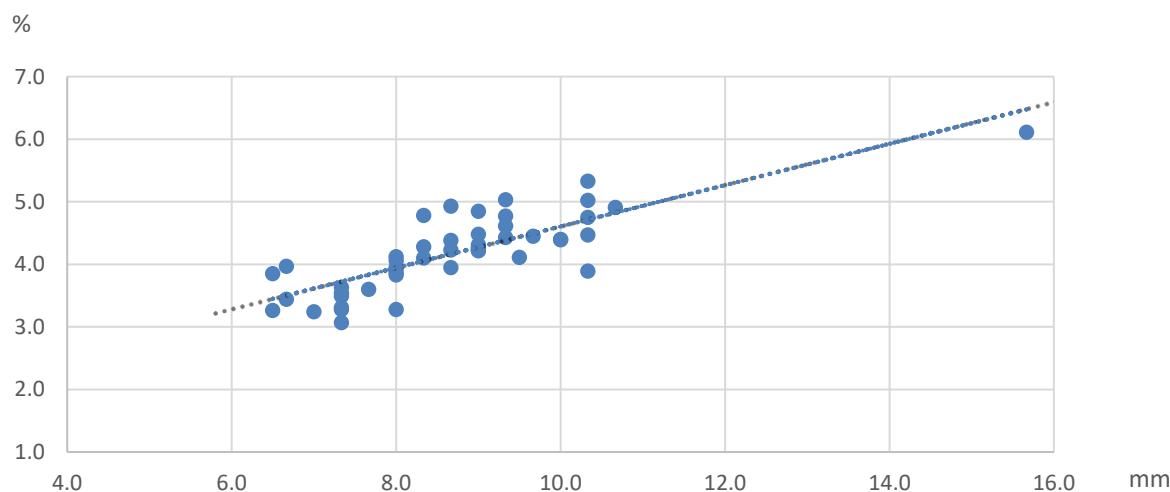
Nakon dobivanja rezultata iz laboratorija usporedili smo i statistički obradili rezultate. U statističkoj obradi računali smo, koristeći program MS Office 2016 Excel, srednju vrijednost za rezultate u milimetrima i postocima. Također smo računali i Pearsonov koeficijent korelacije (r) između izmjerениh vrijednosti masti i koagulata u milimetrima, s rezultatima za postotak masti i

proteina dobivenih u laboratoriju. Korelacija predstavlja sukladnost u variranju vrijednosti dvaju ili više varijabli. Varijable su pri tom numeričke. Potpuna korelacija ili funkcionalna veza postoji kada svakoj vrijednosti varijable x (vrijednosti u milimetrima) odgovara samo jedna vrijednost u drugoj varijabli y (vrijednosti u postocima). Također smo, u istom programu, nacrtali pripadajuće točke svakog pojedinačnog para vrijednosti u dvodimenzionalnom točkastom dijagramu ili dijagramu raspršenja (scatter diagram). Na horizontalnoj osi je x (mm), a na vertikalnoj y (%) varijabla. Obilježja Pearsonovog koeficijenta korelacije su da je vrijednost r u rasponu od -1 do +1; predznak r ukazuje na smjer korelacije (pozitivna ili negativna korelacija); veličina r ukazuje na to koliko su točke blizu pravcu; r nema mjeru niti jedinicu mjerena; da korelacija između x i y nužno ne ukazuje na „uzročno-posljedičnu“ vezu. Interpretacija koeficijenta korelacije najviše ovisi o kontekstu, o prirodi pojava, a okvirne granice su: nikakva ili neznatna povezanost (od 0.00 do ± 0.20); lagana povezanost (od ± 0.20 do ± 0.40); stvarna značajna povezanost (od ± 0.40 do ± 0.70) i visoka ili vrlo visoka povezanost (od ± 0.70 do ± 1.00).

4 Rezultati i rasprava

4.1 Mliječna mast

Dobivene su srednje vrijednosti za mliječnu mast 8,73 mm i 4,19%. Koeficijent korelacije (r) između milimetara izdvojene masti i postotka mliječne masti u uzorku iznosio je $r = 0,82$. Ova vrijednost koeficijenta korelacije govori da je korelacija između ovih varijabli visoka i pozitivna. Na točkastom dijagramu (Grafikon 2) to se očituje grupiranjem točaka blizu pravca koji ima uzlazni tok.

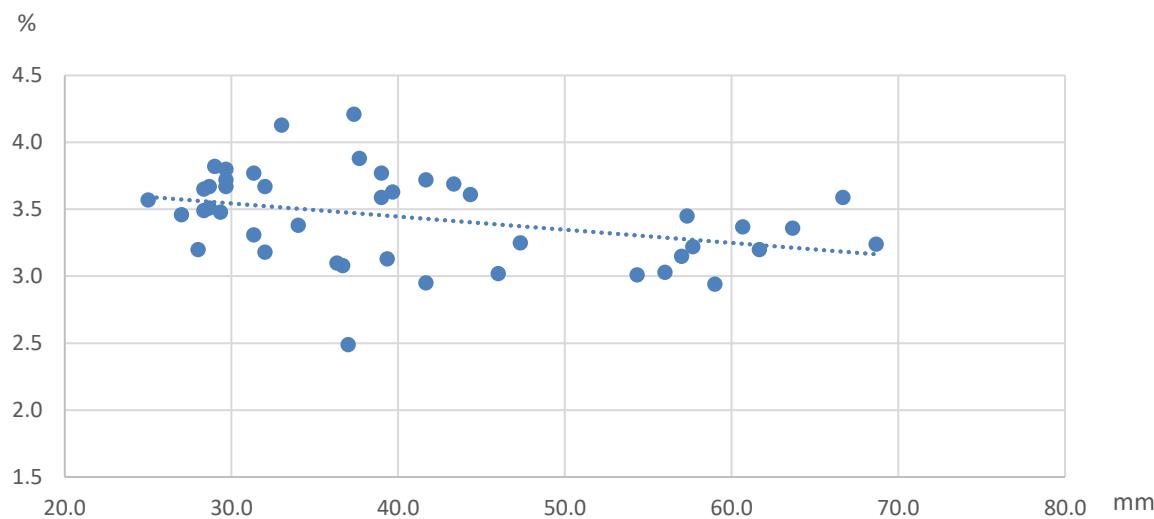


Grafikon 2. Koreacijski odnos mliječne masti u mm i % u svježem kravljem mlijeku

Ako podijelimo srednju vrijednost postotka mlijecne masti (4,19%) sa srednjom vrijednosti milimetara mlijecne masti (8,73 mm) dobiti ćemo faktor pretvorbe 0,48. Pomoću njega možemo za svaki sljedeći uzorak mlijeka dobiti približnu vrijednost postotka mlijecne masti tako da izmjerenu visinu mlijecne masti u milimetrima pomnožimo s 0,48. Ovaj faktor vrijedi samo uz poštovanje uvjeta pri kojima je izведен ovaj pokus. Ova metoda se može koristiti i na drugim farmama tako da se prvo na isti način odredi faktor pretvorbe.

4.2 Protein

Za protein su srednje vrijednosti iznosile 41 mm i 3,44%. Koeficijent korelacijske (r) između milimetara koagulata i postotka proteina u uzorku iznosio je $r = -0,36$. Ova vrijednost koeficijenta korelacijske govori o laganoj i negativnoj povezanosti između ovih varijabli. Na točkastom dijagramu (Grafikon 3) to se očituje većim raspršenjem točaka od pravca koji ima silazni tok. Zbog slabe korelacijske za protein u mlijeku nismo određivali faktor pretvorbe. Metoda određivanja količine proteina u mlijeku izazivanjem koagulacije kiselinom nije se pokazala pouzdanom. Mogući uzroci takvog ishoda pokusa su u nepravilnom obliku, izgledu koagulata zbog čega je i očitanje bilo otežano, odnosno unutar koagulata nalazili su se džepovi sirutke. Za daljnje istraživanje bilo bi zanimljivo filtrirati koagulat, a potom ga izvagati te njegovu težinu usporediti s postotkom proteina, a zatim isprobati djelovanje različitih vrijednosti pH na izgled koagulata.



Grafikon 3. Korelacijski odnos proteina u mm i % u svježem kravljem mlijeku

5 Zaključci

- Priručna metoda mjerjenja visine sloja izdvojene mlijecne masti može se iskoristiti za približno određivanje postotka mlijecne masti u uzorku svježeg sirovog mlijeka.

2. Da bi se iz milimetara izdvojene mlječne masti odredio postotak mlječne masti u svježem sirovom mlijeku potrebno je prvo odrediti faktor pretvorbe.
3. Priručna metoda mjerjenja visine izdvojenog koagulata nije pogodna za određivanje postotka proteina u uzorku svježeg sirovog mlijeka.

Literatura

- [1.] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Mlijeko>
- [2.] http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2000_10_102_1998.html
- [3.] https://www.fkit.unizg.hr/_download/repository/Emulzije.pdf
- [4.] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Flokulacija>
- [5.] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=32132>
- [6.] Tomas Ana: Kontrola i ocjenjivanje kakvoće mlijeka Osijek 2009
- [7.] http://www.hpa.hr/wp-content/uploads/2014/08/SLKM-10_godina_rada.pdf
- [8.] http://www.umb.no/statisk/nordost/laht_renneting_jurmala.pdf

PROBLEM 12. MLJEKO

Luka Bulić Bračulj

Mentor: Marina Luetić, prof.

III. gimnazija Split, prosinac 2016.

1 Uvod

„Razvijte jednostavne metode za određivanje nekih od bitnih svojstava mlijeka. Predložite istraživanje koje uključuje usporedbu različitih uzoraka mlijeka.“

Jedan od najpoznatijih sastojaka mlijeka je laktoza. Mnogi ljudi ne toleriraju laktozu (nisu sposobni probaviti ju). Zbog toga su prisiljeni izbjegavati obično mlijeko i mnoge mliječne proizvode. Umjesto običnog mlijeka, često piju mlijeko sa sniženim udjelom laktoze u kojima se laktoza uklanja fizikalnim ili kemijskim procesima.

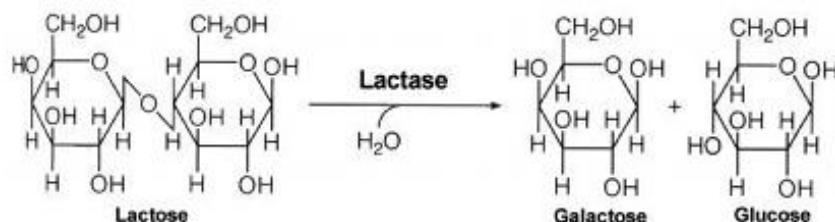
Moj plan je pokušati razviti test kojim bi se moglo koncentracija saharida u mlijeku i pomoći toga odrediti koncentraciju laktoze te zaključiti je li mlijeko obično ili bez laktoze.

2 Teorijska razrada

2.1 Mlijeko i laktoza

Mlijeko je tekućina koju proizvode i skupljaju ženke sisavaca u mliječnim žlijezdama a služi za dojenje mладунčadi.[1] Sadrži masti (trigliceride), proteine (npr. kazein), šećere (npr. laktoza), vitamine i minerale.

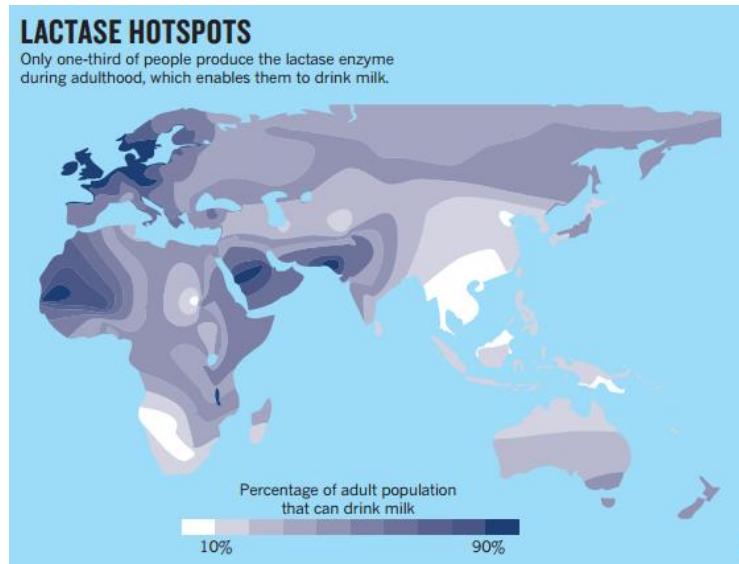
Laktoza (ili mliječni šećer), molekulske formule $C_{12}H_{22}O_{11}$, je disaharid koji se pod djelovanjem enzima laktaze cijepa na glukozu i galaktozu (kao što vidimo na Sliku 1)



Slika 1. Cijepanje laktoze na glukozu i galaktozu[2]

Mladunčad sisavaca (uključujući i ljudi) je sposobna probaviti laktozu sadržanu u majčinom mlijeku. Ali kako odrastaju, većina gube tu sposobnost. Samo oko 35% ljudske populacije može probaviti laktozu nakon dobi od 7-8 godina. Kod ljudi koji ne mogu probaviti laktozu, ona odlazi u debelo crijevo gdje ju probavljaju bakterije što uzrokuje probavne smetnje.

Većina ljudi koji su sposobni probaviti laktozu su podrijetlom iz Europe, gdje se prije ~7500 godina dogodila mutacija LP alela koja je omogućila probavu mlijeka (kao što možemo vidjeti na Slika 2 [3].



Slika 2. Karta postotka ljudi koji mogu konzumirati laktozu[3]

2.2 Određivanje koncentracije saharida u mlijeku

Planiram odrediti koncentracije saharida u:

- Običnom mlijeku (lijevo na Slika 3)
- Mlijeku bez laktoze (s dodanom laktazom) (desno na Slika 36)

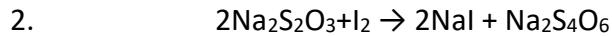
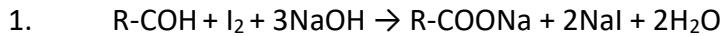


Slika 3. Obično mlijeko (lijevo) i mlijeko bez laktoze (desno)

Tablica 1. Sastav mlijeka s etikete

Mlijeko	Obično	Bez lakoze
masti	2.8g/100mL	1.5g/100mL
proteini	3.3g/100mL	3.3g/100mL
ugljikohidrati/šećeri	4.6g/100mL	4.6g/100mL
lakoza	/	<0.1g/100mL

Određivanje koncentracije saharida u mlijeku će se zasnivati na sljedećim reakcijama:



Iz ovih reakcija možemo zaključiti sljedeće:

$$n(\text{saharidi}) = n(I_2) - \frac{n(Na_2S_2O_3)}{2}$$

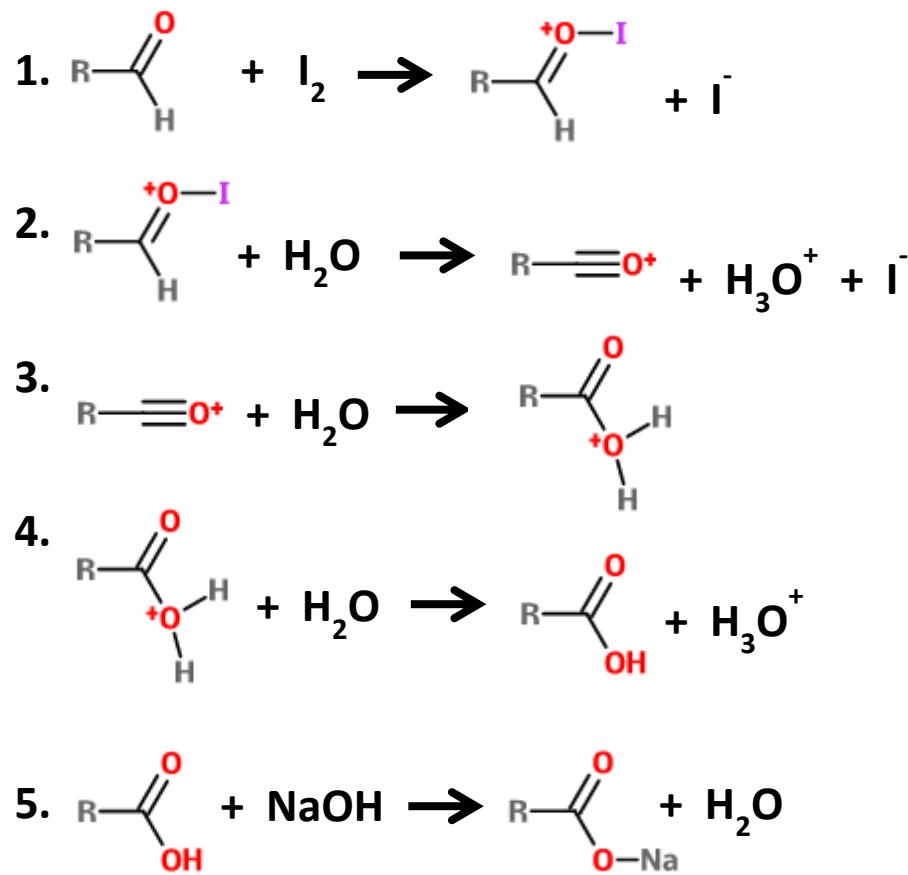
Dakle, ako dodamo poznatu količinu joda mlijeku i titriramo natrijevim tiosulfatom, možemo izračunati množinu (a time i koncentraciju) saharida u mlijeku.

No trebamo primjetiti da je prva reakcija reakcija oksidacije pa ovom metoda određujemo samo koncentraciju reducirajućih šećera (glukoza, galaktoza, lakoza, ali ne saharoza(koja ionako nije prisutna u mlijeku))

2.3 Objašnjenje jednadžbi kemijskih reakcija

Lakoza, glukoza i galaktoza su aldehidi, dakle možemo ih prikazati formulom $R-COH$.

Reakciju broj 1 možemo podijeliti na 5 reakcija (Slika 4). Prve 4 reakcije prikazuju oksidaciju saharida (npr. glukoze) u lužnatome mediju u karboksilnu kiselinu (npr. glukonska kiselina) koja onda reagira s natrijevim hidroksidom te nastaju voda i natrijeva sol karboksilne kiseline (npr. natrijev glukonat)



Slika 4. Razrada reakcije br. 1

3 Eksperimentalni postav

3.1 Kemikalije

- obično i lactose-free mlijeko
- otopina CuSO_4
- 0.5M otopina NaOH
- 1M otopina HCl
- 0.05M otopina I_2
- 0.1M otopina $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- otopina škroba

3.2 Korišteni postupci

- Filtracija (odvajanje istaloženih proteina)
- Pipetiranje (uzoraka za titraciju)
- Titracija (titriranje joda u suvišku pomoću natrijeva tiosulfata)



Slika 5. Postav za titraciju

4 Eksperiment

4.1 Plan eksperimenta [4]

1. U odmjernu tikvicu od 100mL dodano je 10mL mlijeka, tikvica je dopunjena vodom do pola te promiješana.
2. Dodano je 5mL otopine CuSO_4 i 4mL otopine NaOH koncentracije 0.5M te je promiješano. (za taloženje proteina) (**Pogreška! Izvor reference nije pronađen.** 6)
3. Odmjerna tikvica dopunjena je vodom do oznake, začepljena, protresena te ostavljena 20 minuta.
4. Nakon 20 minuta, sadržaj tikvice je profiltriran u čašu
5. Odmjereno je 10mL filtrata u Erlenmeyerovu tikvicu
6. Dodano je 4mL otopine I_2 koncentracije 0.05M i lagano promiješano, zatim je dodano 3mL otopine NaOH koncentracije 0.5M i opet promiješano.
7. Tikvica je začepljena, zaštićena od svjetla i ostavljena na miru 20 minuta.
8. Otopini je dodano 1.5mL otopine HCl koncentracije 1M. (zbog suviška NaOH)
9. Suvišak joda titriran je otopinom $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ koncentracije 0.1M do svjetlo žutog obojenja.
10. Dodano je nekoliko kapi otopine škroba do plavog obojenja, a zatim nastavljeno titrirati dok obojenje nije nestalo.
11. Titracija je ponovljena još 2 puta za svako mlijeko. (svako je mlijeko titrirano 3 puta)



Slika 6. Tikvica s mlijekom i istaloženim proteinima

4.2 Titracija

Tablica 2. Slike uzorka mlijeka u različitim trenucima

Nakon dodatka I_2 i NaOH (korak 6)	Nakon dodatka HCl (korak 8)	Nakon prvog dijela titracije (korak 9)	Nakon dodatka škroba (korak 10)	Nakon cijele titracije (korak 10)

5 Rezultati

Tablica 3. Rezultati titracija

Mlijeko	Obično mlijeko	Mlijeko bez laktoze
1. titracija (volumen $Na_2S_2O_3$)	0.90mL	0.75mL
2. titracija	0.85mL	0.75mL
3. titracija	0.85mL	0.70mL
Prosječna titracija	0.87mL	0.73mL

Iz ovoga pomoću formule $n(\text{saharida}) = n(I_2) - \frac{V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)*c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{2}$ možemo odrediti da je koncentracija saharida u običnom mlijeku 0.1565M, a u mlijeku bez laktoze 0.1635M. (Graf 5).



Graf 5. Koncentracija reducirajućih šećera u običnom mlijeku i lactose-free mlijeku

Kao što možemo vidjeti iz grafa, koncentracija reducirajućih saharida u mlijeku bez laktoze je veća nego u običnom mlijeku, zato što je svaka molekula laktoze rastavljena na 2 molekule reducirajućih monosaharida.

Kad bi laktoza bila zapravo uklonjena iz mlijeka umjesto razgrađena na glukozu i galaktozu, koncentracija saharida u mlijeku bez laktoze bi vjerojatno bila manja nego u običnem mlijeku.

6 Zaključak

Obično mlijeko sadrži 0.1565M saharida, dok mlijeko bez laktoze sadrži 0.1635M saharida.

Mlijeko bez laktoze ima veću koncentraciju reducirajućih šećera jer se svaka molekula laktoze razloži na 2 saharida.

Ova metoda se može koristiti za određivanje koncentracije saharida u mlijeku, ali ne može odrediti točnu koncentraciju laktoze.

Ideje za poboljšanja:

- Ponoviti eksperiment s drugim vrstama mlijeka (npr. kozje)
- Istražiti ovisnost koncentracije saharida s vremenom koliko je dugo mlijeko otvoreno

7 Zahvale

Zahvalio bih svojim roditeljima, obitelji i kolegama iz škole na njihovoj podršci koju su mi pružili.

Zahvalio bih svojoj profesorici iz kemije Marini Luetić, kao i svim ostalim nastavnicima koji su mi pomogli u radu i/ili izašli u susret.

Literatura

- [1] Vujić, A. : Opća i nacionalna enciklopedija u 20 knjiga, 2006., Pro Leksis d.o.o.
- [2] <http://bcrc.bio.umass.edu/intro/content/enzyme-kinetics-lab-protocol> (14.11.)
- [3] Curry, A. : The Milk Revolution, 2013., Nature Vol 500, Macmillan Publishers Limited
- [4] Test Euso 2016 Milk

PROBLEM 12. MLJEKO

Luna Zetaić

Mentor: Dragica Janković Biljan, prof.

8. razred, Osnovna škola Žuti brije, Zagreb, Hrvatska

1 Uvod

„Mlijeko; Razvijte jednostavne metode za određivanje nekih od bitnih svojstava mlijeka. Predložite istraživanje koje uključuje usporedbu različitih uzoraka mlijeka.“ U ovom problemu je zahtjevano utvrđivanje važnih svojstava mlijeka. Istraživanje sam temeljila na sastavu mlijeka zato što se najveće rasprave vode upravo o njemu. „Je li mlijeko zdravo?“ i „Zašto neki ljudi ne podnose mlijeko?“ su pitanja na koja možemo odgovoriti samo ako imamo spoznaju o tome što je mlijeko, što ga čini takvim kakvo je i koja mu je prvotna namjena. Ova tema je zanimljiva zato što se s njom susrećemo u svakodnevnom životu i ono što je najvažnije, odražava se na naše zdravlje!

2 Teorijski dio

2.1 Općenito o mlijeku



Slika 1. Mlijeko

Mlijeko je tekućina bijele boje (Slika 1.), specifičnog mirisa i okusa koja nastaje u mliječnim žljezdama ženki sisavaca određeno vrijeme nakon rođenja mladunaca. Kolostrum je naziv za prvo mlijeko i ono se razlikuje po sastavu od kasnijeg, dobivenog iz iste žljezde. Mlijeko sadrži sve što je potrebno za razvoj mladog organizma i zato se mlijeka različitih vrsta razlikuju po sastavu, ovisno o njihovim različitim potrebama.

U svakodnevici se pod nazivom mlijeko podrazumijeva kravljie mlijeko i samo se ono može staviti u promet pod tim nazivom. Kod mlijeka drugih vrsta sisavaca podrijetlo mlijeka se mora naznačiti (npr. ovčje, kozje, kobilje).

Kvaliteta mlijeka ovisi o brojnim čimbenicima. Neki od njih su: vrsta sisavca od koje je dobiveno, ishrana, tretiranje mlijeka nakon dobivanja iz žljezde (mužnjom), uvjeti dobivanja itd. [1]

2.2 Kemski sastav mlijeka

U kemijskom sastavu mlijeka se mogu naći: voda (vezana u spojevima ili slobodna s otopljenim mineralnim i drugim tvarima), proteini (kazein, proteini sirutke), ugljikohidrati (laktoza), mineralne tvari, plinovi i neizbjegno, nečistoće (**Pogreška! Izvor reference nije pronađen.**). [1]

Tablica 1. Udjeli glavnih sastojaka u mlijeku

	Kravljie mlijeko(%)
voda	87,5
proteinii	3,5
ugljikohidrati	4,8
mlječna mast	3,7
elementi u tragovima	0,7

Voda

Voda se u mlijeku nalazi u obliku slobodne vode (s otopljenim mineralnim i drugim tvarima) i u spojevima (kazein, alumin, globulin, masti, laktoza itd.)[3]. Mlijeko je heterogena smjesa pa su određeni sastojci vidljivi pod odgovarajućim uvećanjem.

Izdvojiti vodu iz mlijeka ne bi bilo moguće pomoću destilacije (kada bi voda isparila, ostatak bi se karamelizirao), ali ju je vrlo lako dokazati zagrijavanjem mlijeka. Za to nije potreban nikakav posebni kemijski pribor, već je dovoljno i obično zagrijavanje mlijeka u loncu jer je ukapljena para vidljiva na stijenkama lonca i poklopcu (Slika 2.).



Slika 2. Ukapljena vodena para

Proteinii

„Bjelančevine ili proteini su najvažniji biološki spojevi, prirodni polimeri velike relativne molekulske mase, složene građe i višestruke uloge u živim organizmima. Izgrađeni su od aminokiselina koje se međusobno povezuju petidnim vezama.“[2]

Najvažniji protein mlijeka je kazein, a posebno se ističu i proteini sirutke, albumin i globulin. Albumin čini najveći dio krvne plazme. Zagrijavanjem i promjenom pH vrijednosti se mijenjaju biološka, kemijska i fizikalna svojstva tih proteina pa se oni denaturiziraju (zgrušavaju) jer im se smanjuje topljivost.[2]

Već oko treće godine života ljudi nemaju dovoljnu zalihu enzima za razgradnju kazeina (i laktoze, kao što je niže navedeno) pa je probava mlijeka otežana.[4]

Ugljikohidrati

Ugljikohidrati su spojevi vrlo rašireni u prirodi. Uz masti su osnovni izvor energije za sve oblike života. Tipčni ugljikohidrati su šećeri ili saharidi, škob i glikogen.[5]

Laktoza ili mliječni šećer je disaharid i nalazi se u mlijeku većine sisavaca. Ona je vjerojatno glavni razlog ašto se ljudi okreću alternativama poput sojinog mlijeka. Iako su ugljikohidrati vrlo važan izvor energije u organizmu, mnogi (pogotovo odrasli) ljudi ne mogu probaviti laktozu, zato što nemaju dovoljno laktaze, enzima koji ju razgrađuje. Čak 90% afro-američke, 70% azijske i 15% kavkaske djece ne može probaviti laktozu.[4]

Laktoza se izdvaja iz matičnice nakon što iz mlijeka denaturizacijom i koagulacijom izdvojimo (uklonimo) kazein i albumin.

Mliječna mast

Mliječna mast je glavni izvor energije u mijeku. U njoj se nalaze vitamini topivi u masti (A, D, E, i K) koji su jako bitni za naš organizam (vid, čvrstoća kostiju, prokrvljenost tkiva, zgrušavanje krvi itd.). Mliječna mast se odlikuje velikim udjelom masnih kiselina kratkih lanaca koji joj daju izuzetnu probavljivost[6] i niskim udjelom (LDL) kolesterola koji uzrokuje bolesti srca i krvnih žila.[7]

Jedno od svojstava masti je masna mrlja (Slika 3.). Masti u mlijeku se lako dokazuju umakanjem komada papira u mlijeko i sušenjem, zato što nakon sušenja na mjestu mlijeka ostaje mrlja. Udio mliječne masti se može odrediti Garberovom metodom koja se temelji na otapanju kazeina i zaštitne opne kuglice mliječne masti, na odvajanju oslobođene mliječne masti centrifugiranjem i na određivanju udjela mliječne masti izdvojene u posebnoj cjevčici sa skalom.



Slika 3. Masna mrlja

2.3 Mliječni proizvodi

U mliječne proizvode ubrajamo jogurt, kiselo mlijeko, kiselo vrhnje, kefir, razne sireve itd. Mliječne bakterije u procesu vrenja pretvaraju mliječni šećer, laktuzu u mliječnu kiselinu pa te proizvode mogu konzumirati ljudi koji ne podnose laktuzu. Sirevi se mogu dobiti iz kazeina ili iz sirutke. Oni (proizvodi) su bogat izvor kalcija i fosfora koji daju čvrstoću našim kostima i reguliraju rad živčanog sustava i mišića. Mliječni proizvodi sadrže i vitamin B te tiamin koji je važan za razvoj mozga i normalno funkcioniranje živčanog sustava. Mliječne bakterije potiču stvaranje zdrave bakterijske flore u crijevima.[8]

2.4 Različite vrste mlijeka animalnog i biljnog podrijetla

Do sada sam se koncentrirala samo na kravljie mlijeko, no ne smijemo zaboraviti da, iako je ono najčešće korišteno mlijeko u zapadnim zemljama, postoje i druge vrste mlijeka sa različitim svojstvima koja možda više odgovaraju nekim ljudima zbog raznih razloga (netolerancija na laktuzu). Postoje i mlijeka koja nisu produkt mliječne žljezde sisavca i zato se na uklapaju u definiciju mlijeka, ali su im svojim izgledom (bojom, tečnostij) i drugim svojstvima na neki način slični pa ih je vrijedno spomenuti, ako ni zbog čega dugog, onda da bi se utvrdile razlike i time dodatno precizirala definicija mlijeka animalnog podrijetla. (Kravljie mlijeko neću spominjati ili će ga spominjati samo zbog usporedbe, zato sto je težište ovog rada upravo na njemu.)

Kozje mlijeko je blisko ljudskom po strukturi i lakše je probavljivo od kravljeg zbog manjih kuglica masti i većeg omjera srednjih lančanih masnih kiselina. Prirodno je homogenizirano (molekule masti su ravnomjerno raspoređene) pa se ne mora homogenizirati industrijskim postupkom. Sadrži manje lakteze od kravljeg, a ima veće razine željeza, kalcija, fosfora i magnezija te sadrži vitamine B6 i A.

Ovčje mlijeko ima visoku koncentraciju kalcija i cinka i gotovo savršen omjer kalcija i fosfora. Sadrži gotovo dvostruko više vitamina D, ali je i kaloričnije jer sadrži dvostruko više masnoća u odnosu na kravljie mlijeko.

Magareće mlijeko ima svojstva bliska ljudskom majčinom mlijeku, slatkastog je okusa, ima visoke razine kalcija, omega -3 i 5 masnih kiselina i nisku razinu kolesterola.

Bademovo mlijeko ne sadrži laktozu niti kazein što je dobro za ljudе koji ne podnose laktozu ili gluten, kojem je kazein vrlo blizak. Ne sadrži kolesterol i ima brojne vitamine i minerale kao i omega-3 masne kiseline koje su dobre za srce.

Rižino mlijeko ima najmanju količinu masti, nema kolesterola, sadrži nezasićene masti i izvor je vitamina B koji je važan za metabolizam, cirkulaciju i živčani sustav. Nedostatak mu je velika količina škroba.

Sojino mlijeko, o kojemu najviše slušamo kada je riječ o alternativama za kravlje, ne sadrži zasićene kiseline, laktozu, gluten, kazein i zato je vrlo popularno među onima koji ih ne mogu konzumirati. Bogato je proteinima i kalcijem, ali ima i mnoga negativna svojstva od kojih je jedno povećanje rizika od karcinoma dojke zbog svog fitoestrogenskog djelovanja sličnog djelovanju ženskih spolnih hormona.

Kokosovo mlijeko sadrži masnoće koje su lakše probavljive od mliječnih, prepun je vitamina C, E, B1, B3, B5 i B6 i sadrži minerale. Liječi upale, sudjeluje u prevenciji osteoporoze, ublažava PMS i pomaže u odrzavanju zdravlja probavnog sustava. Unatoč navedenim blagodatima, kokosovo mlijeko podiže raziku kolesterola u krvi.[9]

3 Eksperiment

3.1 Izdvajanje kazeina, albumina i laktoze iz mlijeka

Pribor: menzure, kemijske čaše, plinski plamenik, azbestna mrežica, termometar, stakleni štapić, Buchnerov lijevak, odsisna boca, lijevak, gaza, vata

Kemikalije: mlijeko (100 ml), razrijeđena 10% octena kiselina (3 ml), kalcijev karbonat (3 g), 96% etanol (10 ml)

Postupak: Mlijeko ću zagrijavati do temperature od 40°C i onda ga zakiseliti s 3 ml razrijeđene octene kiseline. Bjelančevine su osjetljive na povišene temperature i kiseline pa će se kazein denaturizirati (zgrušati). Kazein ću profiltrirati preko gaze, osušiti i izvagati. U bistrnu kiselu matičnicu ću dodati 3 g kalcijevog karbonata da se neutralizira i zatim je zagrijavati 15 minuta kako bi se istaložio albumin. Nastali albumin ću profiltrirati kroz stakleni lijevak i vatu. Matičnicu ću miješati i uparavati na 5 ml, a zatim ću je premjestiti u bočicu i preko nje preliti 10 ml 96% etanola kako bi se iskristalizirala. Bočicu ću zatvoriti i nakon dva dana odfiltrirati laktozu preko Buchnerovog lijevka i odsisne boce i izvagati ju.

Pokus (Slika 4.): U menzuri sam izmjerila 100 ml mlijeka, prelila ga u čašu i pomoću plinskog plamenika i azbestne mrežice (i tronožca) sam ga zagrijala na 40°C (Slika 5.). U menzuri sam izmjerila 3 ml razrijeđene 10% octene kiseline i lagano dokapala u mlijeko. Iz mlijeka se istaložio prvi protein, kazein (Slika 6.).



Slika 4. Priprema pokusa



Slika 5. Zagrijavanje mlijeka



Slika 6. Kazein se denaturizirao (zgrušao)

Kazein sam filtrirala preko gaze (Slika 7.),(Slika 8.), malo posušila, izvagala (Slika 9.) i dobila masu $m(\text{kazeina})=27,09\text{g}$.



Slika 7. Filtriranje kazeina 1



Slika 8. Filtriranje kazeina 2



Slika 9. Vaganje kazeina

U bistru kiselu matičnicu sam dodala 3g kalcijevog karbonata da se neutralizira (Slika 10.) i zagrijavala miješajući 15 min (Slika 11.). Kada se albumin istaložio iz matičnice, filtrirala sam ga kroz vatu i stakleni lijevak (Slika 12.).



Slika 10. Neutraliziranje kisele matičnice

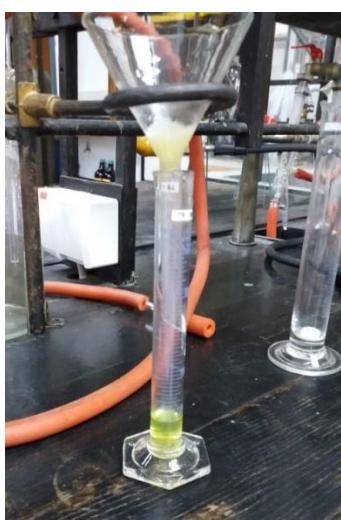


Slika 11. Zagrijavanje uz miješanje



Slika 12. Filtriranje albumina

Bistru matičnicu sam uparavala na 5 ml, ali se zagrijavanjem opet istaložio albumin pa sam morala ponovo filtrirati (Slika 13.). U menzuru sam ulila 10 ml 96% etanola, a matičnicu sam premjestila u bočicu. Prelila sam etanol preko matičnice (Slika 14.).



Slika 13. Ponovno filtriranje



Slika 14. Matičnica s etanolom

Nakon tjedan dana sam odsisala lakozu preko Buchnerovog lijevka i odsisne boce pod sniženim tlakom. Masa lakoze je bila $m(\text{lakoza})=2,4 \text{ g}$ (Slika 15.), (Slika 16.), (Slika 17.), (Slika 18.), (Slika 19.).



Slika 15. Laktoza nakon tjeđan dana u etanolu



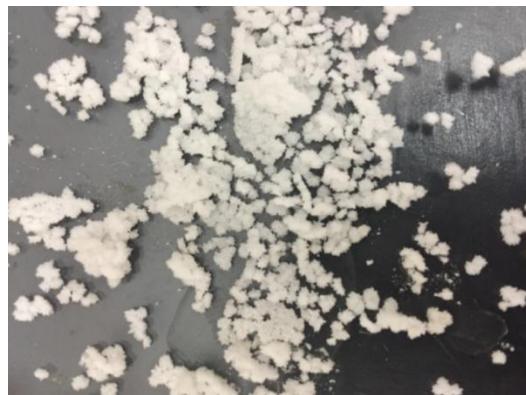
Slika 16. Kristali laktoze u matičnici



Slika 17. Odsisavanje laktoze



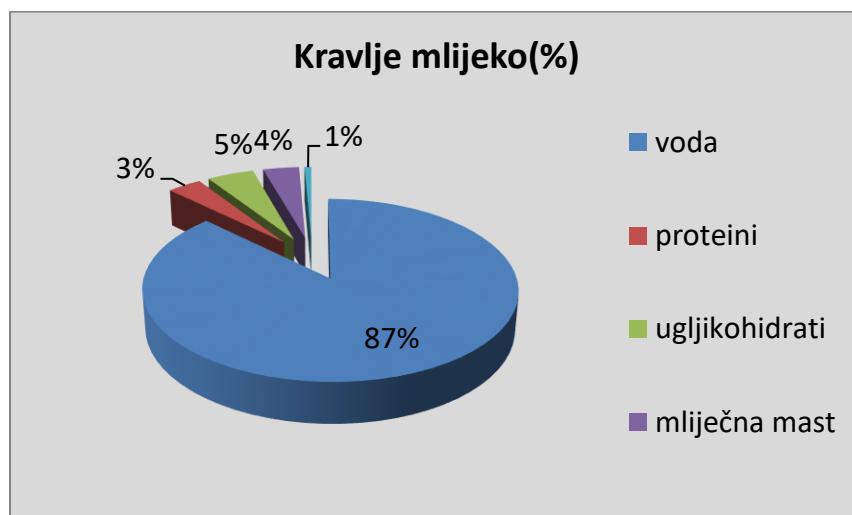
Slika 18. Aparatura za odsisavanje



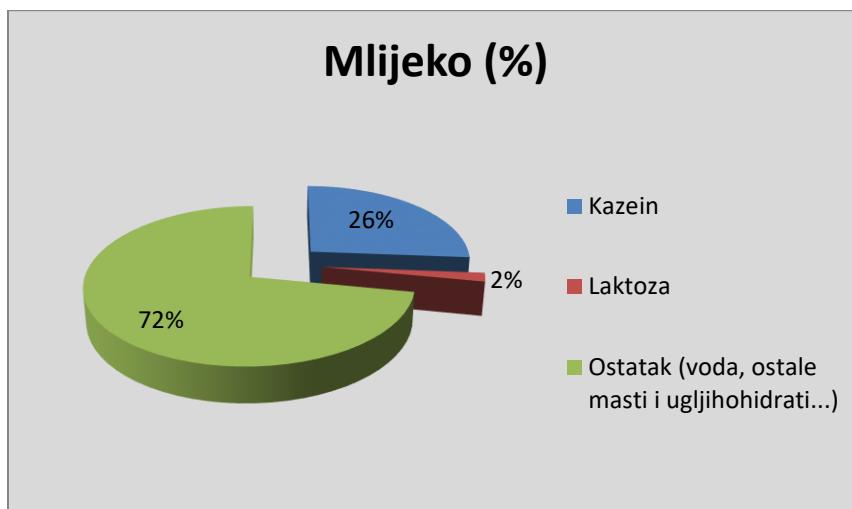
Slika 19. Osušeni kristali laktoze

4 Rezultati i rasprava

U eksperimentu sam pomoću zagrijavanja i promjene pH vrijednosti izdvojila bjelančevine i iz preostale matičnice izdvojila lakozu. Od 100 ml mlijeka sam dobila 27,09 g kazeina i 1,87 g lakoze. Gustoća mlijeka je relativna jer se razlikuje od uzorka do uzorka čak i iste vrste mlijeka, ali se uzima da je gustoća kravljeg mlijeka oko $1,034 \text{ g/cm}^3$ (ml) kako se ono većinom sastoji od vode. To znači da je masa mlijeka u pokusu oko 103,4 g. Kazein čini oko 80% proteina u mlijeku, a u ugljikohidratima prevladava lakoza. Rezultate će usporediti tako da će napraviti dva grafikona, prvi temeljen na tablici na početku rada (Slika 20.), a drugi na rezultatima pokusa. U drugom će posebno istaknuti vrijednosti kazeina i lakoze kako su oni jedini mjereni (Slika 21.).



Slika 20. Udio tvari u kravljem mlijeku



Slika 21. Udio tvari u pokusu

Na prvi je ogled vidljivo da odstupanje udjela laktoze u pokusu i u mnogo komplikiranijim i preciznijim mjerjenjima nije veliko. Međutim, problem je nastao u mjerenu kazeina. Postotak kazeina u pokusu je skoro deset puta veći nego što bi trebao biti.

Napominjem da je pokus obavljen u suradnji s Prehrambeno-biotehnološkim fakultetom uz dozvolu i pomoć doc. Jasmine Lapić, zato što njegovo izvođenje nije bilo moguće u kabinetu biologije. Nije bilo mogućnosti ponavljanja pokusa, uključujući i novih kontrolnih mjerena zbog ograničenja raspoloživog vremena i resursa.

Zaključujem da je problem u mjerenu kazeina nastao zbog neispiranja acetonom i zbog nefiltriranja preko Buchnerovog lijevka, zbog čegaje sadržavao masti, druge tvari i znatne količine vode. Pokus bi trebalo napraviti tako da kazein, nakon što ga filtriramo preko gaze, filtriramo preko filter papira pomoću Buchnerovog lijevka, prebacimo u čašu, prelijemo acetonom kako bi se isprale mast i voda i zatim ponovno odsišemo preko Buchnerovog lijevka. Ispiranje treba ponoviti i dobiveni kazein sušiti na zraku i tek onda izvagati.

Također, zbog spomenutih ograničenja, nije bilo moguće izvagati albumin što bi bilo vrlo korisno u ovom pokusu.

5 Zaključak

Ovaj rad je temeljen na sastavu kravlje mlijeka, a odabrala sam ga iz razloga što se u današnje vrijeme mnogo govori o stvarnom utjecaju mlijeka na zdravlje i zato što mi je to vrlo zanimljiva tema. Informativno sam spomenula i ostale vrste mlijeka biljnog i animalnog podrijetla koje se koriste kao alternativa za kravljе mlijeko zbog svojih drugačijih svojstva koja možda imaju bolji utjecaj pa zdravlje. U eksperimentalnom dijelu sam iz mlijeka izdvajala proteine, kazein i albumin te mliječni šećer, laktozu.

6 Zahvale

Za rješavanje ovog rada mi je bilo potrebno mnogo više resursa od onih koje sam imala na raspolaganju, kao i znanja i druge pomoći potrebne za izvođenje pokusa i zato zahvaljujem svojoj mentorici, Dragici Janković Biljan na velikoj podršci i pomoći te doc. Jasmini Lapić i Petri Strčićna s Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta na velikoj pomoći pri izvođenju pokusa.

Literatura

[1] Z. Šumić: Osobine i sastav mlijeka, 2008., Tehnologija hrane

[2] R. Milošević: BJELANČEVINE, SAT KEMIJE

[3] Lj. Tratnik: Mlijeko- tehnologija, biokemijai mikrobiologija, 1. Izd., 1998., Hrvatska mljekarska udruga

[4] Velimir G.: Mlijeko – zašto ga ne konzumirati? (1.dio), 7. studenog 2012., Portal 2012 Transformacija Svijesti

[5] D Mrvoš-Sermek, N. Ribanić: 23. Ugljikohidrati – monosaharidi, 1. Izdanje, Kemija 8, 2014., Zagreb

[6] <http://www.coolinarika.com/magazin/prehrambeni-rjecnik/m/mast-mlijecna/>

[7] Dr. sc. Darija Vranešić Bender, dipl. ing. biotehnologije: Prehrana kod povišenog kolesterola, 17.06.2009., Pliva zdravlje

[8] Doc. dr. sc. Donatella Verbanac, dipl. ing. medicinske biokemije: Fermentirani mliječni proizvodi, Pliva zdravlje

[9] Barbara Arbanas Kovačević, Denis Pellegrini: Vrste mlijeka i njihovi učinci na organizam, 21.09.2013., Matrix World

PROBLEM 14. ROUTERI I VRTNA SALATA

Emma Čović

Mentor: Mladen Kojanec, prof.

8. razred, OŠ Nikola Tesla, Rijeka, Hrvatska

1 Uvod

Odabran je problem „*Routeri i vrtna salata (IYNT 2017.)*“ koji glasi: „*2013. pet mladih studenata tvrdilo je da je otkrilo nešto senzacionalno, da vrtna salata (*Lepidium sativum*) ne klija kad je se posadi između dva Wi-Fi router-a. Ponovite njihov eksperiment u kontroliranim uvjetima da biste potvrdili ili opovrgnuli njihove zaključke*“

Za razradu ovog problema, najprije je bilo potrebno pronaći izvorni eksperiment na kojemu se ova tvrdnja temelji kako bi taj eksperiment što točnije mogla ponoviti. Iz pronađenog članka izvukla sam slijedeće bitne parametre koje sam iskoristila za repliciranje eksperimenta: upotrijebljena je biljka *Lepidium sativum* koja je bila izložena istim uvjetima tokom rasta , izuzev što je jedna grupa uzoraka bila izložena utjecaju zračenja dvaju WiFi router-a dok druga nije.

Zaključak do kojega su došle studentice iz Danske je taj da je zračenje WiFi router-a drastično naštetilo biljci. Je li uistinu tako, zapitalo se mnogo znanstvenika širom svijeta. Eksperiment koji će provesti pomoći će u rasvjetljavanju tog misterija.

Pogledajte šta je bežični internet uradio običnoj salati!

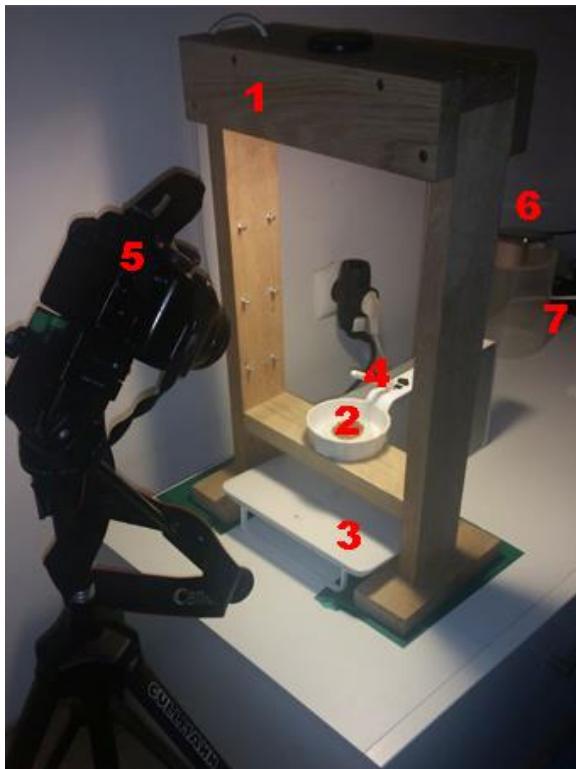


Eksperiment kojeg je provelo pet djevojaka u školi za nauku Hjalerup u danskom Nort Jutlandu navelo je naučnike širom svijeta da se počnu zabrinuto "češkati po glavi". Vrtna salata je brzo rastuća i jestiva biljka za čiji je rast potrebno sunce i mala količina vode. No, očigledno postoji i jedan izuzetak od tog pravila. Grupa od pet djevojaka je provela eksperiment na naučnoj školi Hjalerup u Sjevernom Jutlandu (Danska). Sjeme vrtnе salate su stavile u 12 kaca, i podijelile u dvije grupe. I jednih i drugih šest kaca bilo je stavljen u sobe sa istom temperaturom, količinom vode i sunca, ali je razlika u tome što su u jednu prostoriju postavili dva WiFi ruteraka kakvi se danas, zbog bežičnog Interneta, nalaze svuda oko nas – od stanova, kafića, restorana, hotela... pa nadalje. Očekivali biste da će salata u obje sobe rasti isto. Ali nije! Vrtna salata u blizini WiFi ruteraka nije htjela prokljati, a razlog je nepoznat. Pretpostavlja se da je riječ o nekoj vrsti zračenja, ali tek novi eksperimenti trebaju potvrditi otkriće učenica i pojasniti o čemu je zaista riječ.

Slika 1. Članak iz novina. Portal Nezavisne novine 26.05.2013.

2 Eksperimentalni postav

Očekujući razliku u brzini rasta uzorka želja mi je bila promotriti fenomen *Time-lapse* metodom (ubrzani prikaz sporih procesa). Obzirom na ograničene tehničke mogućnosti (jedan fotoaparat, jedna prostorija), eksperiment sam morala podijeliti u dvije vremenski odvojene faze. Kako nisam mogla računati s time da će u obje vremenske faze imati identičnu izloženost eksperimenta sunčevoj svjetlosti, morala sam uzorke izložiti umjetnoj svjetlosti čije parametre (trajanje i intenzitet osvijetljena) mogu kontrolirati. Sunčeva svjetlost, naravno, kvalitetnije bi se odrazila na rast biljke, ali bi vjerojatno izloženost uzorka sunčevoj svjetlosti bila drugačija. Temperaturu i vlagu prostorije kontrolirala je automatska regulacija klime prostora.



Postav eksperimenta:

1. Po visini podesivi stalak s umjetnim izvorom svijetlosti;
2. Posudica s uzorkom;
3. WiFi router 1;
4. WiFi router 2;
5. Fotoaparat Canon EOS 450D;
6. Mobitel koji IC signalom upravlja fotoaparatom;
7. Vremenski prekidač za upravljanje osvjetljenjem;

Slika 2. Eksperimentalni postav

Od opreme za mjerjenje koristila sam: digitalni termometar i digitalni vlagomjer; posudila sam ručni IC termometar s kamerom; za mjerjenje jakosti zračenja WiFi signala koristila sam program WiFi Analyzer koji sam instalirala na tatin Samsung S5; te školsko milimetarsko ravnalo za mjerjenje dužine stabljika.

Parametri eksperimenta	
Pozicija	Opis
1	Po visini podesivi stalak s umjetnim izvorom svijetlosti - OSRAM štedna žarulja snage 20W, temperatura svijetla 2700K (warm white), svjetlosni tok 1170lm - dnevno trajanje osvjetljenja: od 16:00h do 10:00h (18 sati traje dan), od 10:00h do 16:00h (6 sati traje noć) - udaljenost izvora svijetla od uzorka 36cm
2	Posudica s uzorkom - 200 sjemenki Lepidium sativum na medicinskoj gazi koja održava vlažnost - dnevno zalijevanje sa 6ml vode
3	WiFi router 1 - model Speedport W 724V Type Ci (Hrvatski telekom)
4	WiFi router 2 - model THOMSON TG782i (Hrvatski telekom)
5	Fotoaparat Canon EOS 450D - fotografira svakih 15 minuta fotografiju visoke razlučivosti
6	Mobitel koji IC signalom upravlja fotoaparatom - Samsung Galaxy S5 - software za upravljanje DSLR fotoaparatom "DSLR remote 1.12.1" (Google Play)
7	Vremenski prekidač za upravljanje osvjetljenjem - Commel 90823
8	Mobitel za mjerjenje jačine signala routera - Samsung Galaxy S5 - software "Wifi Analyzer 3.10.2-L" (Google Play)
9	Vremenska stanica za mjerjenje temperature i vlažnosti zraka - Brandson
10	Ručna IC termokamera - FLIR TG165

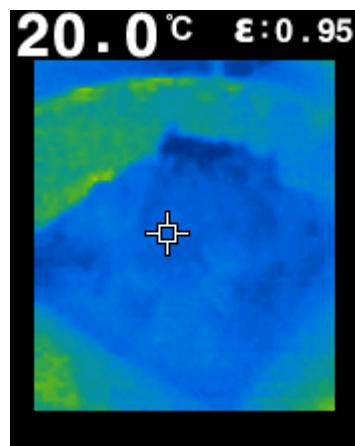
Slika 3.. Parametri eksperimenta

Eksperiment sam nastojala napraviti u što je moguće više kontroliranim uvjetima. Treba uzeti u obzir da je eksperiment rađen kod kuće, a ne u laboratoriju u kojem bi uvjeti bili strogo kontrolirani. Oprema koja je korištena je amaterska te ne daje precizne podatke kakvima sam težila, no vjerujem da će rezultati ovog eksperimenta biti indikativni te poticaj drugima da naprave sličan eksperiment. Kako bi eksperiment bio vjerodostojan, bilo bi ga potrebno više puta ponoviti, ali, nažalost, zbog ograničenog vremena koje mi je stajalo na raspolaganju nisam bila u toj mogućnosti. Stoga sam se potrudila rezultate ovog eksperimenta što preciznije izmjeriti te potom interpretirati.

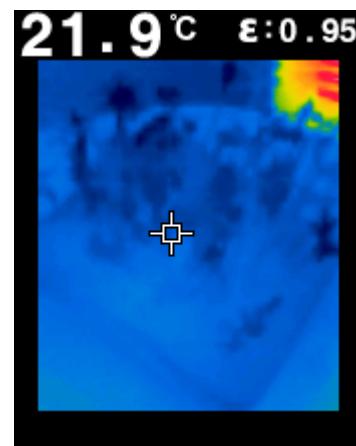
3 Metode i mjerena

Eksperiment sam provjera na slijedeći način:

U posudicu sam stavila medicinsku gazu te na nju posložila 200 pravilno raspoređenih sjemenki salate *Lepidium sativum*. Sjemenke sam zalila sa 6ml vode sobne temperature, a gazu sa dodatnih 7ml vode. Svakodnevno sam zalijava salatu sa 6ml (3ml vode po sjemenkama, a 3ml gazu). Temperatura vode je bila jednaka temperaturi zraka u prostoru gdje sam provodila eksperiment. Tijekom dana u nekoliko navrata provjeravala bih temperaturu i vlagu zraka. Temperatura zraka se je kretala u rasponu od 20.1°C do 21.5°C, a vлага između 49 i 52%. Ručnim IC termometrom mjerila sam temperaturu uzorka te napravila njegovu termosliku. Temperatura uzorka bez utjecaja zračenja se kretala između 19.1°C i 20.2°C, a temperatura uzorka pod utjecajem zračenja se je kretala između 19.7°C i 22.5°C.

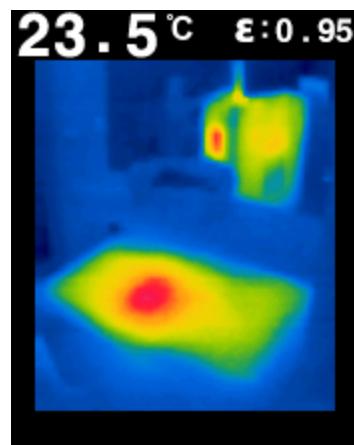


Slika 4. Bez zračenja



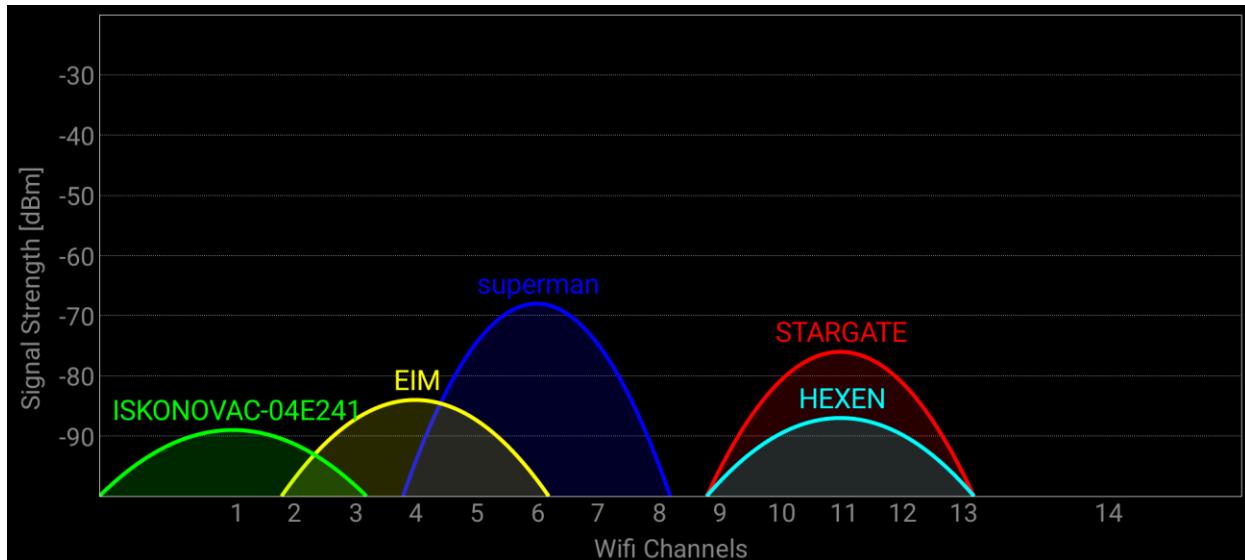
Slika 5. Sa zračenjem

Na slijedećoj slici može se vidjeti toplinsko zračenje upaljenih routera koji se nalaze oko uzorka.



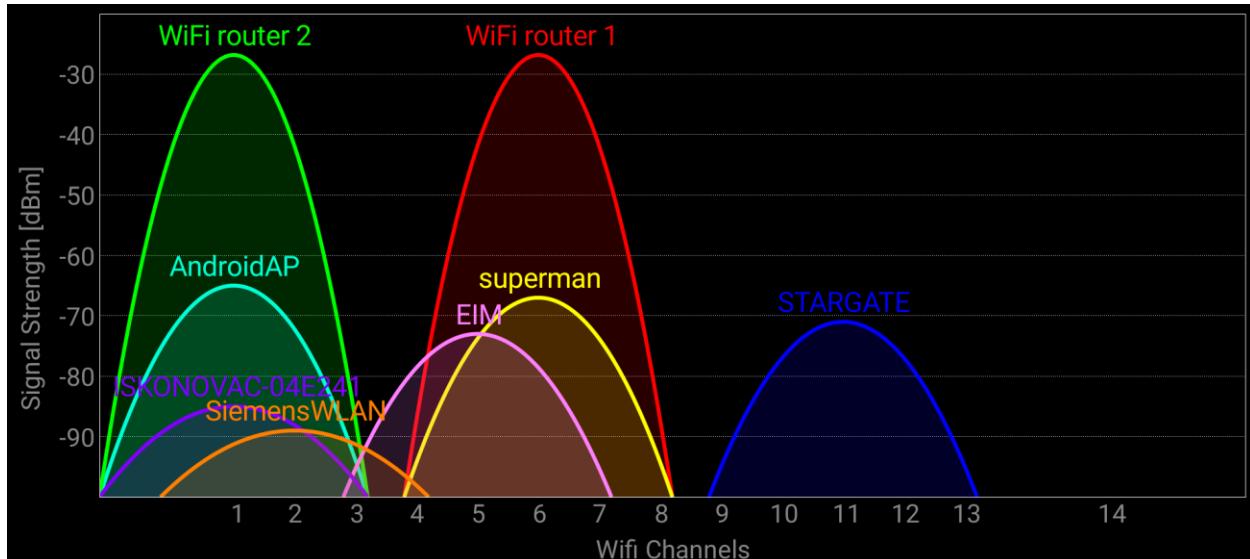
Slika 6. Toplinsko zračenje routera

Također, svakodnevno sam mjerila koliko zračenja dolazi do uzorka. Dok uzorak nije bio pod utjecajem WiFi zračenja, dopirala su zračenja u manjoj mjeri iz susjednih stanova. Na slijedećoj slici može se vidjeti intenzitet toga zračenja.



Slika 7.. Dopiranje zračenja susjednih WiFi routera

Kada sam uzorke izložila utjecaju zračenja WiFi routera (WiFi router 1 i WiFi router 2) koje sam postavila oko uzorka, tada se je intenzitet zračenja koji je dopirao do uzorka znatno povećao što se vidi iz priložene slike.



Slika 8. Ukupno zračenje koje dolazi do uzorka
(WiFi router 1 i WiFi router 2 su moji routeri s kojima zračim uzorke)

Iskustveno vrijeme rasta salate *Lepidium sativum* u normalnim uvjetima od sijanja do izrastanja je 7-12 dana. Zbog spomenute vremenske ograničenosti i metode rada, u svakoj fazi eksperimenta mogla sam svaki uzorak pustiti da raste sedam dana. Kako bih dobila snimku (Time-lapse) u trajanju od oko 28s, potrebno je bilo napraviti 672 fotografije (24fps) što bi razvučeno na sedam dana bilo po jedna fotografija svakih petnaest minuta. Stoga sam mobitel programirala da svakih 15min. „okane“ po jednu fotografiju.

4 Teorijska razrada problema

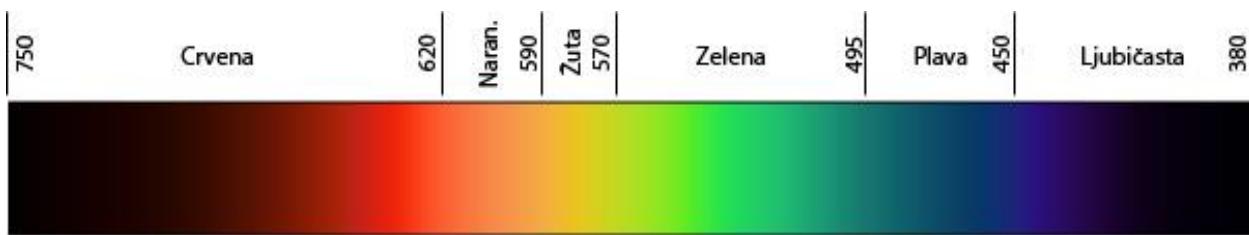
Kako bi shvatili na koji način WiFi routeri mogu utjecati na biološki materijal, potrebno je znati kako WiFi routeri rade te na koji način prenose podatke. Ulaziti u dublje objašnjavanje toga zahtijevalo bi mnogo vremena pa je u ovome slučaju dovoljno znati da WiFi routeri zrače elektromagnetsku energiju. No, što je elektromagnetsko zračenje?

Elektromagnetsko zračenje je svuda oko nas. Danas znamo da je vidljiva svjetlost elektromagnetsko zračenje, kao i radijski, infracrveni, ultraljubičasti i optički valovi, te X-zrake. Elektromagnetsko zračenje su elektromagnetski valovi, koji su sinkronizirane oscilacije električnih i magnetskih polja, koja se šire brzinom svjetlosti (300,000 km/s) kroz vakuum. Kada je točka gledanja elektromagnetskog vala dovoljno daleka od izvora elektromagnetskog vala, elektromagnetski val se sastoji samo od dvije komponente: jedne komponente električnog polja te jedne komponente magnetskog polja. Smjer prostiranja elektromagnetske energije je okomit na oba spomenuta smjera, tj. i na komponentu električnog, i na komponentu magnetskog polja. Ova vrsta vala naziva se ravni, odnosno transverzalni val. Elektromagnetski val je određen frekvencijom f , odnosno valnom dužinom oscilacija λ , koje su obje međusobno povezane (valna dužina je inverzna frekvenciji i obrnuto), kao i s brzinom svjetlosti c ,

$$c = f \lambda$$

Frekvencija se mjeri u hercima, koji broje broj valova koji prolaze kroz određenu točku u sekundi. Valna dužina je udaljenost između vrha jednog vala i vrha sljedećeg vala i mjeri se u metrima. Frekvencija i valna dužina određuju mjesto vala u elektromagnetskom spektru. Možda će nam to najlakše biti za shvatiti ako elektromagnetski val promotrimo u vidljivom spektru.

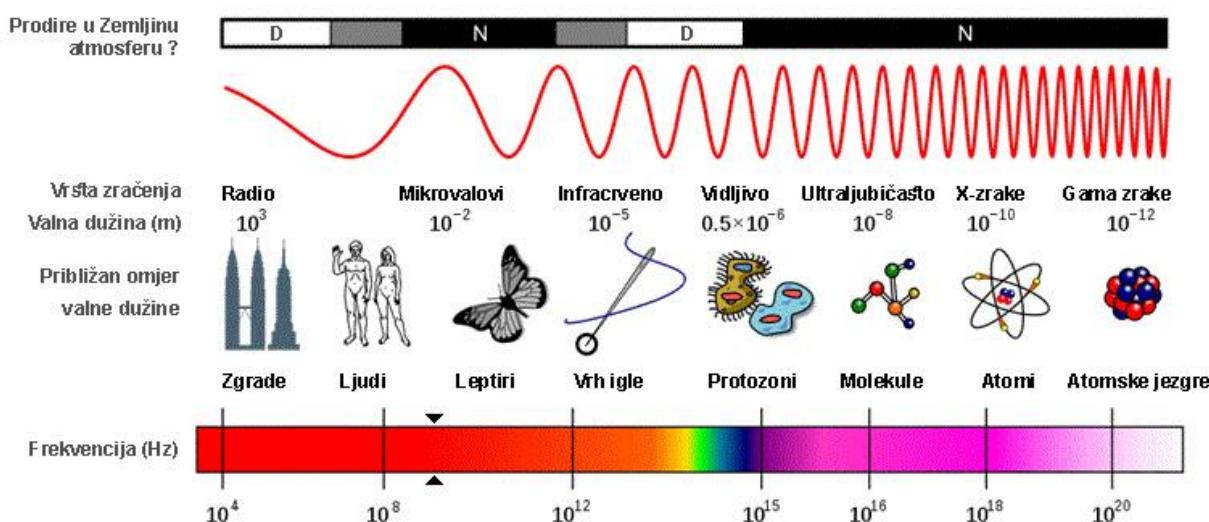
Slikom 9 prikazan je vidljivi spektar elektromagnetskog vala (od crvene do ljubičaste boje).



Slika 9. Valna dužina vidljivog spektra u nm

Elektromagnetski val kojeg vidimo oscilira između 400 i 790 THz, što je nekoliko stotina trilijuna puta u sekundi. Valne dužine su velike otprilike kao veći virus (390-750 nm, što je milijarditi dio metra). Crvena boja ima najdulju valnu dužinu, a ljubičasta najkraću valnu dužinu. Naše oko prevodi (ili "vidi") različite valne dužine svjetla kao različite boje.

Slikom 10 prikazan je cijeli elektromagnetski spektar, koje naše oko ne vidi. Pojava je slična onoj vezanoj uz zvuk (znamo da mi čujemo određeni dio spektra, a neke životinje čuju zvukove koje naši uređaji mogu detektirati, ali ih mi ne čujemo. Zvuk, da ne bi bilo zabune, ne spada u elektromagnetska zračenja). Znači, svjetlost koju mi vidimo je samo jedan mali dio elektromagnetskog spektra, a ostali dio mi ne možemo "vidjeti" niti osjetiti svojim čulima, već samo specijalno izrađenim instrumentima.



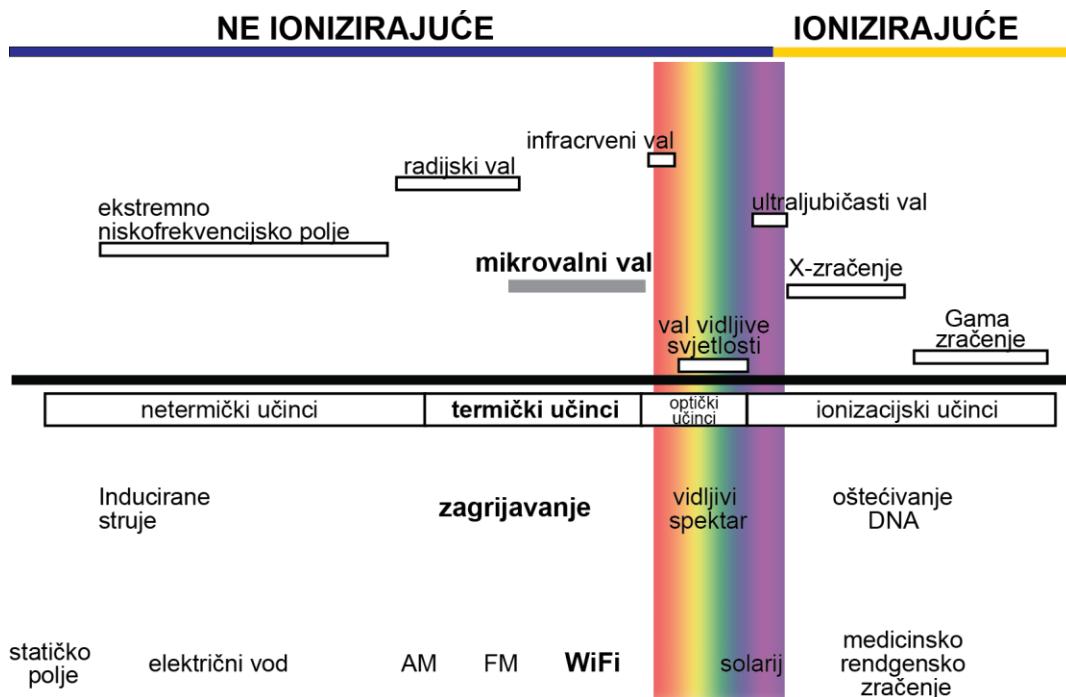
Slika 10. Cjelokupni elektromagnetski spektar je mnogo više od vidljive svjetlosti koju ljudsko oko može vidjeti (slika uzeta od NASA-e)

Elektromagnetski valovi pomažu prostiranju elektromagnetske energije dalje od izvora i mogu uzrokovati interakciju (međudjelovanje) s materijalima kroz koje prolaze. Interakcija ovisi o frekvenciji i energiji izvornog vala.

Elektromagnetski valovi svjetlosti ili nižih frekvencija (npr. radijski, mikrovalni, infracrveni valovi) se nazivaju *neionizirajućim* zračenjem, jer čestice nemaju dovoljno veliku energiju za ionizaciju atoma ili molekula biološkog materijala (npr. biljke, životinje, čovjek).

Stoga je do sada jedina znanstveno priznata pojava neionizirajućeg zračenja grijanje tih materijala. Znači da svi izvori koji se koriste u bežičnim komunikacijama pa i naši WiFi routeri koriste neionizirajući dio elektromagnetskog spektra.

S druge strane, X-zrake i gama zračenje se zove *ionizirajuće* zračenje, jer pojedine čestice ovih visokih frekvencija mogu imati dovoljno veliku energiju da ioniziraju molekule, tj. da slome postojeće kemijske veze. Ovo zračenje ima mogućnost izazivanja kemijskih reakcija, čime se može naijeti šteta po zdravlje živih stanica.



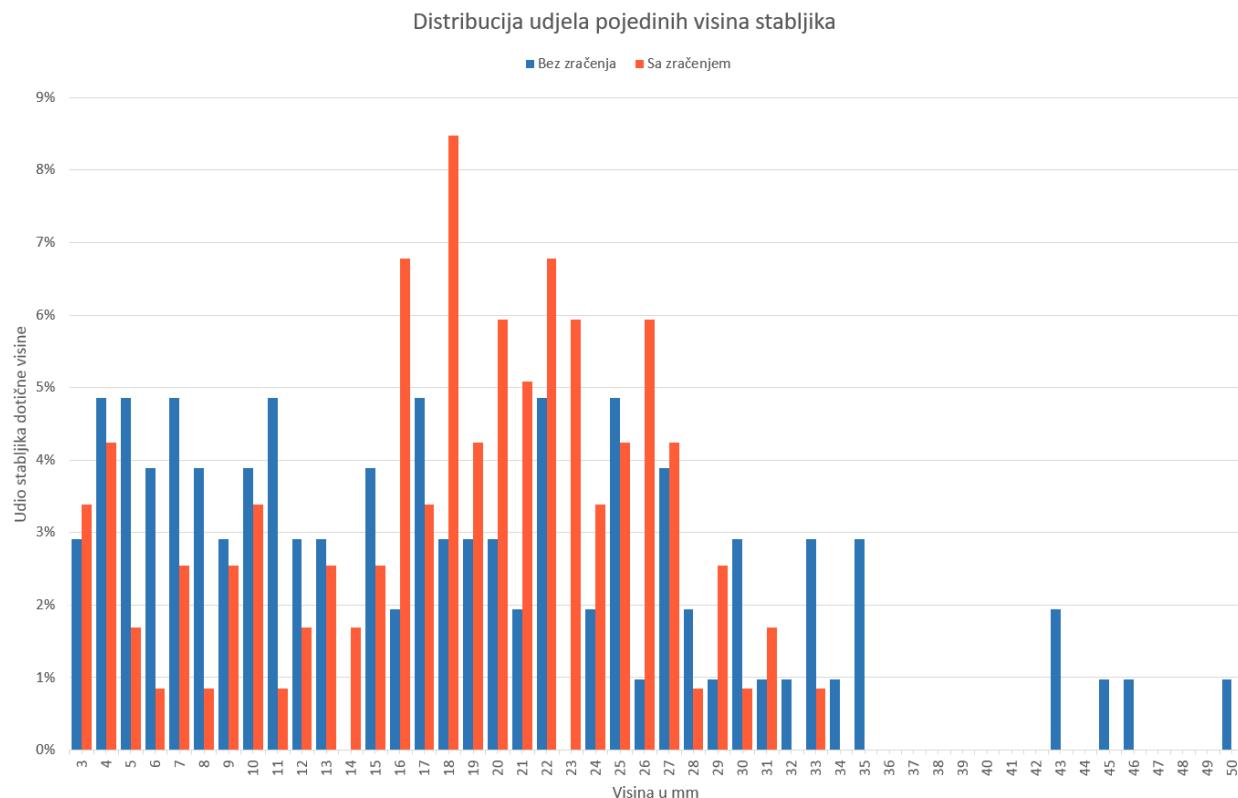
Slika 11. Podjela zračenja na neionizirajuće i ionizirajuće zračenje

Na slici 11. prikazana je podjela elektromagnetskog spektra na neionizirajuće i ionizirajuće zračenje. Iz ovog prikaza važno je uočiti u kojem dijelu elektromagnetskog spektra se nalazi mikrovalno zračenje (mikrovalni val). Uočavamo kako se mikrovalno zračenje, znači i zračenje WiFi routera, nalazi udaljenije od ionizirajućeg zračenja čak i od vidljive svjetlosti. No važno je uočiti i kako zračenje WiFi routera spada pod onaj dio neionizirajućeg zračenja koji može izazvati zagrijavanja materijala s kojim dolazi u interakciju.

5 Rezultati i rasprava

Nakon provedenog istraživanja i mjerena, rezultate koje sam dobila uvelike odstupaju od onoga što su danske studentice svojim eksperimentom ustvrdile.

Naime, salata koja je rasla u prisustvu zračenja WiFi routera ne samo da je proklijala, već je narasla jednako, pa čak i malo bolje od salate koja nije bila izložena zračenju. Slijedeći graf prikazuje distribuciju udjela pojedinih visina stabljika za svaku fazu eksperimenta.



Slika 12. Distribucija udjela pojedinih visina stabljika za svaku fazu eksperimenta

Od 200 posađenih sjemenki koje **nisu bile** izložene zračenju, uspješno ih je izraslo 103 (51.5%). Od 200 posađenih sjemenki koje **su bile** izložene zračenju, uspješno ih je izraslo 118 (59.0%).

Prosječna visina stabljika salate koje **nisu bile** izložene zračenju izrasla je do visine od 17.98mm, a medijan je 17mm.

Prosječna visina stabljika salate koje **su bile** izložene zračenju izrasla je do visine od 18.16mm, a medijan je 19mm.

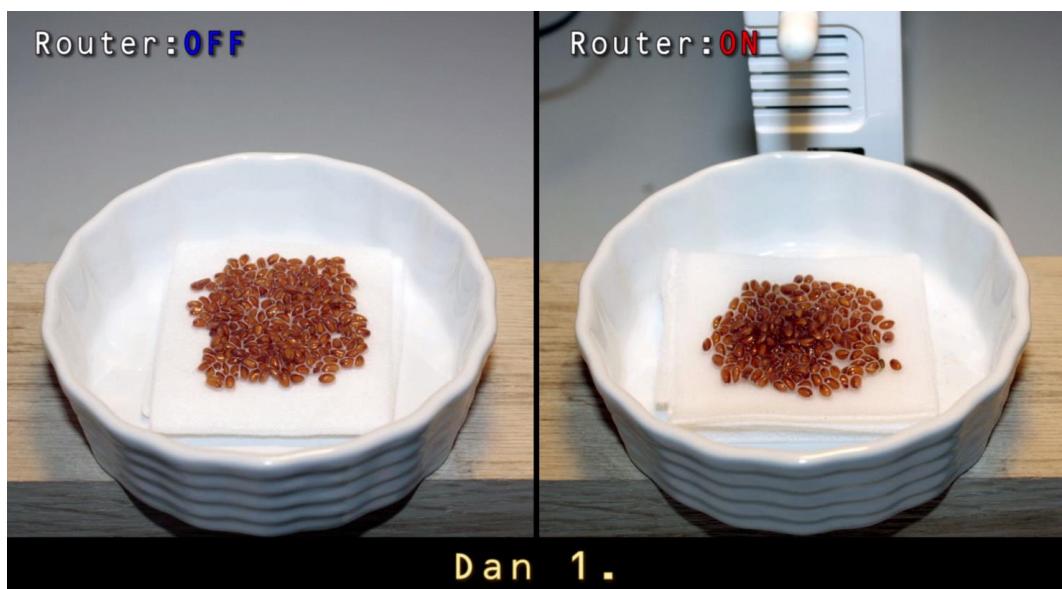
Unatoč jednakoj vlazi i temperaturi zraka u obje faze eksperimenta, temperatura uzorka se razlikovala (mjereno u više navrata ručnim IC termometrom). Razlog tomu vjerojatno je toplinsko isijavanje samih routera kao i pojava grijanja uslijed zračenja WiFi routera (opisano u

teorijskoj razradi problema). Koliko je što utjecalo na zagrijavanje uzorka, nažalost, s raspoloživim mjernim instrumentima nisam mogla izmjeriti.

Veliko odstupanje od rezultata koje su do bile danske studentice ponukalo me da proučim samu prirodu rasta biljki. U literaturi koju sam pronašla, naišla sam na informaciju kako do izostanka klijanja sjemenki može doći iz više razloga. Ta pojava suzdržanosti naziva se *dormantnost* sjemena te je više vezana uz kemijske procese rasta biljki nego uz elektromagnetska zračenja.

Isto tako, naišla sam na pojam *Van't Hoffovo pravilo* koje govori o tome kako pri svakom porastu temperature za 10°C dolazi do ubrzanja kemijske reakcije za 2-3 puta što može biti razlog neznatno obimnijem rastu salate u drugoj fazi eksperimenta.

Slika 13 prikazuje isječak time-lapse snimke koja prikazuje ubrzani rast dvaju uzoraka. Snimka se nalazi u privitku ovoga rada.



Slika 13. Usporedba rasta salate (time-lapse isječak)

Na osnovu eksperimenta koje su provele danske studentice očekivala sam kako će uzorak koji nije bio izložen zračenju narasti više nego uzorak koji sam izložila zračenju. Prvi i drugi dan, tako je to i izgledalo no ubrzo nakon toga i zračeni uzorak je prokljao te je vrlo brzo sustigao rast uzorka koji nije bio zračen ta ga čak i nadmašio.

Možda bi do toga došlo čak i da drugi uzorak nije bio zračen. Jedini način da to provjerimo jest taj da ponovimo ovaj eksperiment što više puta.

6 Zaključak

Provođenjem ovog eksperimenta spoznala sam slijedeće.

Eksperiment koje su provele studentice iz Danske na drastičan i spektakularan način je htio ukazati kako zračenje WiFi routera do te mjere oštećuje sjemenke *Lepidium sativum* da ista nije uspjela niti proklijati. Moj eksperiment je pokazao kako zračenje nije imalo negativnog utjecaja na klijanje i rast salate *Lepidium sativum*, što više, možda je imalo i pozitivan učinak, što bi se daljnjim eksperimentima trebalo istražiti. Ovaj eksperiment bi trebalo ponoviti na što više različitim uzoraka i različitim biološkim materijala (raznovrsne biljke, mikroorganizmi, životinje...).

Obzirom kako postoji velika bojaznost među ljudima kako korištenje uređaja koja zrače ovu vrstu elektromagnetskih valova mogu imati negativne posljedice, daljnjim bi se istraživanjima taj strah mogao opravdati ili, vjerojatnije, reducirati.

7 Zahvale

Prije svih želim se posebno zahvaliti prof.dr.sc Dini Šimunić s FER-a koja mi je za moju dob i razinu mog, do tada, stečenog znanja na vrlo slikovit i zabavan način objasnila fizikalnu pozadinu rada WiFi uređaja te prirodu elektromagnetskog zračenja. Shvativši osnovne principe ovog prirodnog fenomena znatno mi se je proširio i „spektar“ pogleda na svijet. Prof. Dini se zahvalujem i na vrlo preciznim uputama kako ispravno pristupiti znanstvenom istraživanju te kako rezultate tog istraživanja kvalitetno prezentirati. Nadam se da sam u tome uspjela :)

Nadalje, zahvalujem se mom mlađem bratu Borni Čoviću koji je nesebično gotovo mjesec dana žrtvovao igranje igrica na svom mobitelu kako bih ga mogla iskoristiti za upravljanje fotoaparatom pri izradu time-lapse videa. Mami Dunji Ropac bih se zahvalila za brzo pronalaženje sjemenka salate *Lepidium sativum* kojih u mojoj okolini nema za kupiti. Zahvalila bih se i tati Žarku Čoviću koji mi je pomogao grafički urediti fotografije te pomoći u izradi time-lapse videa.

Zahvalila bih se i tatinom prijatelju Bošku Matoviću koji mi je napravio predivan drveni stalak za provođenje eksperimenta te što mi je posudio IC termometar. I na kraju, posebna zahvala mojemu profesoru i mentoru Mladenu Kojancu. Bez pomoći svih njih zasigurno ne bih na vrijeme stigla dovršiti ovaj projekt.

Literatura

[1.] Članak iz Nezavisnih novina portal od 26.05.2013. <http://www.nezavisne.com/nauka-tehnologija/internet/Pogledajte-sta-je-bezicni-internet-uradio-obicnoj-salati/193676> dohvati 20.11.2016.g.

- [2.] Can WiFi Signals Stunt Plant Growth? abcNEWS 24.05.2013.g by Daniel Bean
<http://abcnews.go.com/blogs/technology/2013/05/can-wifi-signals-stunt-plant-growth/> dohvat 20.11.2016.g.
- [3.] Student Science Experiment Finds Plants won't Grow near Wi-Fi Router, mother nature network 23.05.2016. <http://www.mnn.com/health/healthy-spaces/blogs/student-science-experiment-finds-plants-wont-grow-near-wi-fi-router>, dohvat 20.11.2016.g.
- [4.] Science Meets Fiction and other cool stuff by Ph.D. Alex R. HOWE
<https://alexrhewe.com/2013/12/16/no-wi-fi-does-not-hurt-plants-or-anything-else-for-that-matter/> dohvat 10.12.2016.g.
- [5.] salata *Lepidium sativum*, <http://www.plantea.com.hr/sjetvena-grbica/> dohvat 20.11.2016.g.
- [6.] *Time-lapse* metoda, opis metode članak Wikipedija https://en.wikipedia.org/wiki/Time-lapse_photography, dohvat 27.11.2016.g.
- [7.] Neionizirajuće zračenje, članak s Wikipedije https://en.wikipedia.org/wiki/Non-ionizing_radiation, dohvat 26.11.2016.g.
- [8.] Occupational Safety and Health Training, OSHAcademy, <http://www.oshatrain.org/courses/mods/813m9.html>, dohvat 26.11.2016.g.
- [9.] Z. Čmelik, S. Perica: „Dormantnost sjemena voćaka“, 2007., str. 51-57, objavio: „10hrčak Portal znanstvenih časopisa Republike Hrvatske“, <http://hrcak.srce.hr/17004>, dohvat 19.12.2016.g.
- [10.] Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu - Forum za potrebe studenata Šumarskog fakulteta, <http://sumfak.foruminute.com/t17-osnivanje-suma>, dohvat 19.12.2016.g. „16. Temperatura u procesu klijanja, objasni Van't Hoffovo pravilo: Temp. utječe na bubrenje koje se odvija prema van't Hoffovom pravilu prema kojem se brzina kem. reakcija udvostručuje kada se temp. okoline poveća za 10°C. Primjer: sjeme vrste *Pinus nigra* pri 25°C završi bubrenje za 18 sati, a pri temperaturi 35°C za 10 sati. Enzimi u sjemenu su neaktivni na temp. točke ledišta, aktivnost im raste s porastom temp. do određene granice a zatim se usporava i potpuno prestaje. Sjeme najbolje klije na optimalnoj temperaturi. Smreka na 27 °C.“

PROBLEM 15. WATER FROM THE AIR

Angeline Kišić

Mentor: Damir Kliček, prof.

1.razred, Elektrostrojarska škola Varaždin, Varaždin, Hrvatska

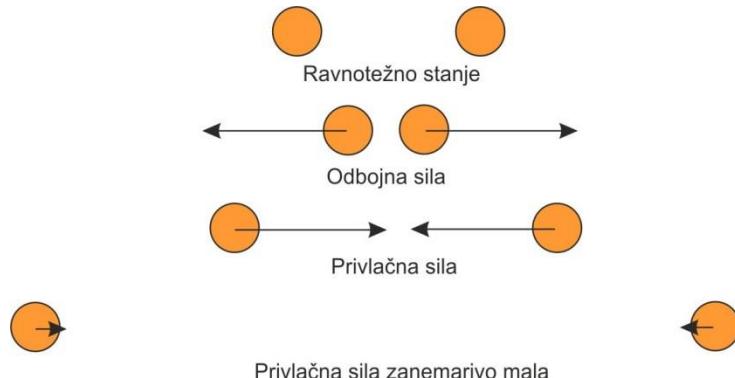
1 Uvod

„Design and construct a device allowing collection of water by condensing moisture from air. Determine if the water obtained with your device is suitable for drinking. What amount of water is possible to collect during one Science Fight?“

Zadatak traži da se izgradi uređaj za dobivanjem vode iz zraka koji bi kondenzirao vlagu. Treba odrediti je li voda prigodna za piće te koliko se vode može dobiti tim uređajom. Uređaj se sastoji od staklene posude do pola pune vodom i ledom, kartonske kutije s rupicama kroz koje ulazi zrak te koja pokriva staklenu posudu, usisavača koji isisava zrak iz kartonske kutije, termometra koji mjeri temperaturu zraka u kartonskoj kutiji i temperaturu vode u staklenoj posudi.

2 Teorijska razrada problema

2.1 Sila između molekula



Slika 1. Sile među molekulama

Slika 1 prikazuje sile između molekula. Kada su molekule u ravnotežnom stanju ukupni zbroj sila je nula. Ako molekule približimo djeluje odbojna sila, a ako ih udaljimo djeluje privlačna sila. Ako su molekule jako daleko jedna od druge privlačna sila između njih je zanemarivo mala.



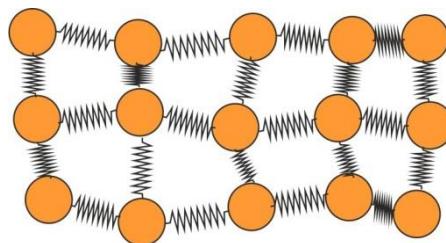
Slika 2. Titranje molekula oko ravnotežnog položaja

Zbog sila između molekula molekule mogu titrati oko ravnotežnog položaja. To titranje je slično kao da su molekule povezane s nekom oprugom. Slika 2 prikazuje to titranje.

2.2 Agregatna stanja

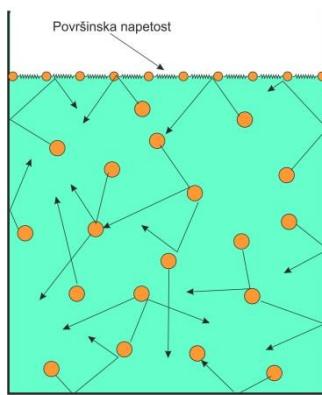
Imamo kruto, plinovito i tekuće agregatno stanje.

Kod krutog stanja molekule su raspoređene u čvorovima kristalne rešetke i postoji uređenje dugog dosega. Molekule mogu titrati oko ravnotežnog položaja. Što brže titraju odnosno imaju veću energiju titranje to je temperatura viša.



Slika 3. Titranje molekula krutog tijela

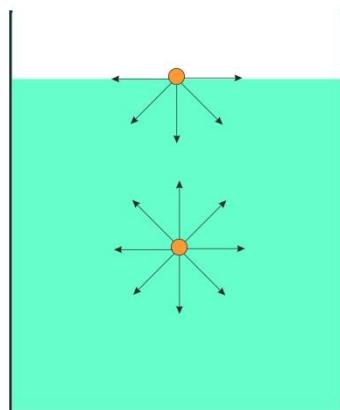
Slika 3 prikazuje titranje molekula krutog tijela. Kod tekućina molekule nisu čvrsto vezane odnosno postoji uređenje kratkog dosega. Molekule su u nakupinama koje se mogu slobodno gibati. Što se brže gibaju i brže titraju to je temperatura tekućine veća.



Slika 4. Kretanje molekula u tekućinama

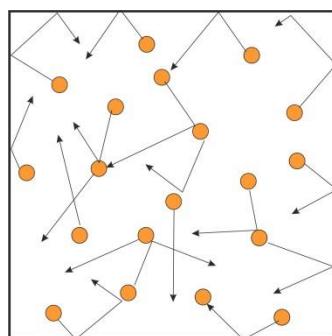
Nakupine molekula sudaraju se međusobno, sa stjenkama posude i s molekulama na površini. Slike 4 prikazuje kretanje molekula u tekućinama. Molekule na površini stvaraju površinsku

napetost. Na molekule u tekućini djeluju okolne molekule pa je resultantna sila na njih nula. Na molekule na površini resultantna sila nije nula i postoji sila koja ih vuče u tekućinu.



Slika 5.. Sile na molekule u tekućinama

Pogreška! Izvor reference nije pronađen. 5 prikazuje zašto je nema sile na molekuli u tekućini i zašto postoji sila koja vuče molekule u tekućinu. Gustoća molekula na površini je manja nego u unutrašnjosti. One su jače razmaknute pa između njih postoji privlačna sila koja stvara površinsku napetost. Slično kao kad rastegnemo balon.



Slika 6. Gibanje molekula u plinu

U plinovitom stanju molekule su dovoljno daleko jedna od druge i sile su zanemarivo male. Slika 6 prikazuje gibanje molekula u plinu. Molekule se sudaraju međusobno i sa stjenkama posude. Također kad molekule udaraju stjenku tlače stjenku. Tlak plina je veći što molekule češće udaraju u stjenke posude.

2.3 Vrenje

Do vrenja dolazi na temperaturi kod koje molekule dobiju dovoljno energije da probiju površinsku napetost. Zagrijavanjem vode na dnu i na stjenkama posude stvaraju se mjehurići ispunjeni zrakom i zasićenom vodenom parom. Kada se voda dovoljno zagrije mjehurići se povećaju te izađu iz vode. Da bi se mjehurić širio i dizao prema površini njegov tlak mora biti

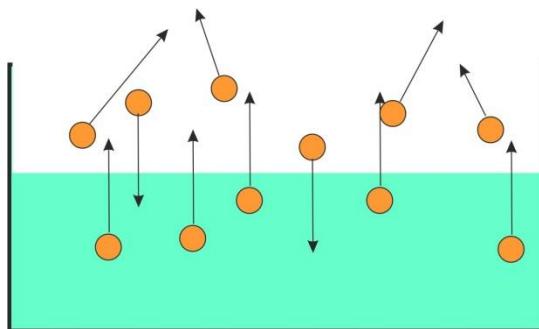
veći od ukupnog tlaka na mjeđuriču. Tlak mjeđuriča poveća se zagrijavanjem tekućine. Tekućina vrije pri temperaturi pri kojoj tlak zasićenih para postane veći od tlaka u tekućini. Uvjet za vrenje je da tlak zasićene pare bude veći od vanjskog te možemo reći da vanjski tlak određuje vrelje tekućine. Poveća li se vanjski tlak mora se povećati i tlak zasićene pare što zahtijeva povećanje temperature. S povećanjem vanjskog tlaka povisuje se i vrelje tekućine i obrnuto. Voda u planinama vrije pri temperaturi nižoj od 100°C zbog povećanja nadmorske visine.

2.4 Atmosferski tlak

Atmosferski tlak nastaje zbog težine stupca zraka iznad neke površine na Zemlji. Normirani atmosferski tlak na površini mora pa = 101,3 kPa. Atmosferski tlak se smanjuje s visinom i ovisi o meteorološkim uvjetima. Tlak zraka čine parcijalni tlakovi plinova u zraku prema postotku zastupljenosti (kisik, dušik, ugljični dioksid, vodena para itd.)

2.5 Isparavanje i kondenzacija

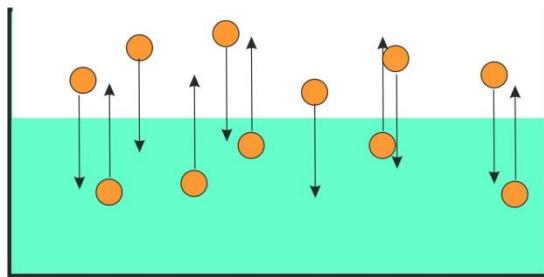
Pri određenoj temperaturi molekule se gibaju određenom prosječnom brzinom odnosno energijom. Prilikom sudara neke molekule mogu dobiti dovoljno energije da probiju površinsku napetost i izlaze van iz tekućine. Dolazi do isparavanja. Što je temperatura tekućine veća to će više molekula izaći van. Kad molekule izlaze iz tekućine odnose sa sobom dio energije pa se molekule u tekućini gibaju sporije i temperatura se smanjuje. Dio molekula odlazim u prostor i povećava vlažnost prostora, a dio molekula vraća se nazad u tekućinu.



Slika 7. Isparavanje i kondenzacija

2.6 Zasićena para

Ako je broj molekula koje uđu u vodu jednaka broju molekula koje izađu iz vode para i tekućina su u ravnoteži. Ako povećamo broj molekula u pari povećat će se i tlak pare. Tlak zasićene pare bit će veći ako je veća sposobnost isparavanja tekućina. Pri višoj temperaturi veća je srednja brzina molekula je veća te je tlak zasićene pare veći. Para u kojoj je postignuta ravnoteža ulaznih i izlaznih molekula zove se zasićena para.



Slika 8. Ravnotežno stanje molekula koje izlaze i ulaze u tekućinu

Pogreška! Izvor reference nije pronađen. 8 prikazuje ravnotežno stanje molekula koje izlaze iz tekućine i koje ulaze u tekućinu. Iznad tekućine je zasićena para. Tlak zasićene vodene pare ovisi o temperaturi i može se izračunati Magnus –Tetensovom formulom:

$$E = E_0 10^{\frac{at}{b+t}}$$

gdje je E tlak zasićene pare na temperaturi t , E_0 tlak zasićene na 0°C i iznosi $E_0=6,11 \text{ mbar}$, a i b su konstante i iznose za vodu $a=7,5$ i $b=273,3$

2.7 Vlaga zraka

U zraku uvijek postoji određena količina vodene pare zbog isparavanja s raznih površina voda, leda, snijega, tla, bilja itd. Mi svojim disanjem i isparavanjem s kože doprinosimo povećanju vodene pare u zraku.

2.8 Relativna vlaga

Relativna vlaga zraka karakterizira stupanj zasićenja zraka. Određuje se kao omjer tlaka pare e i tlaka zasićene pare E pri istoj temperaturi zraka. Izražava se obično u postocima, a obilježava se sa r .

$$r = \frac{e}{E} 100\%$$

2.9 Apsolutna vlaga

Apsolutna vlaga u zraka masena je gustoća vodene pare u zraku. Najčešće se izražava u g m^{-3} . Može se izračunati iz formule:

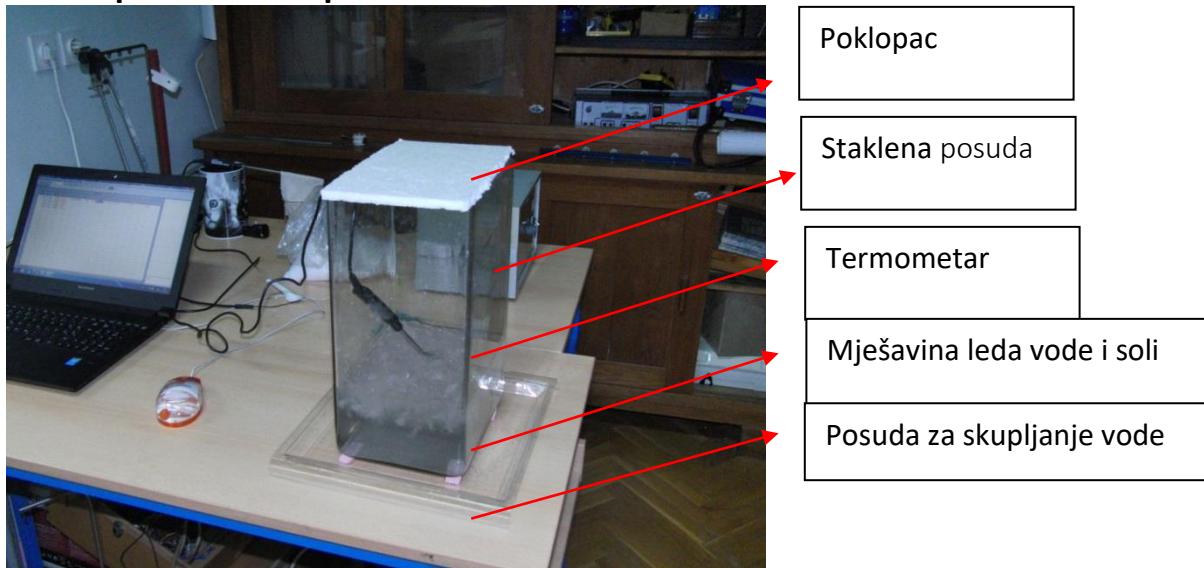
$$a = 217 \frac{e}{T}$$

e je tlak vodene pare pri temperaturi T izražen u milibarima, T je termodinamička temperatura u kelvinima.

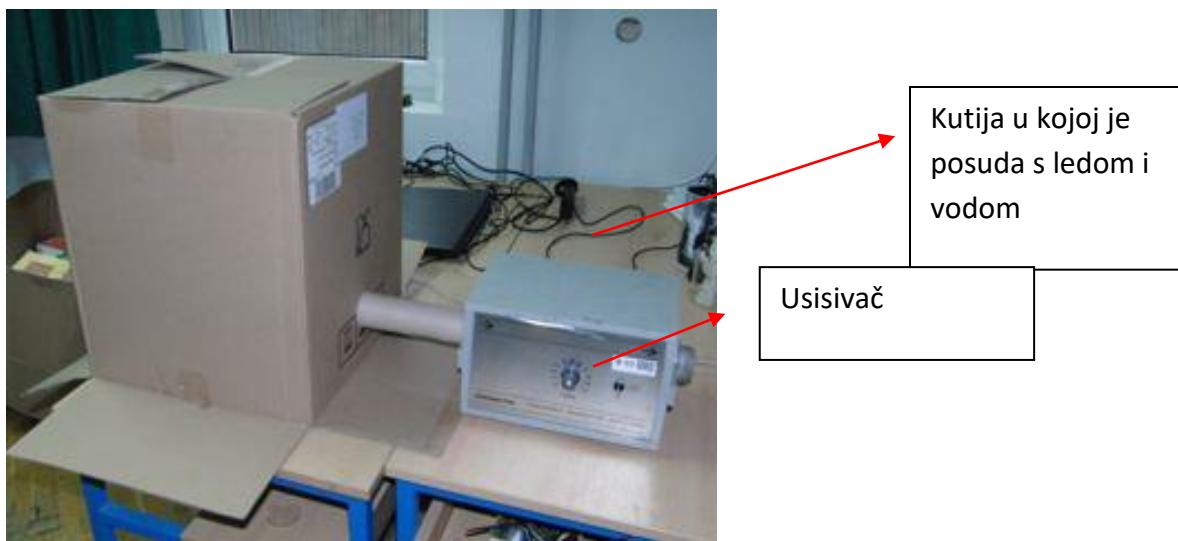
2.10 Rosište

Ako stalno snižavamo temperaturu dosegnut ćemo temperaturu pri kojoj će zrak biti zasićen vodenom parom. Pri toj temperaturi relativna vlažnost zraka je 100%, tu temperaturu nazivamo rosištem. Kondenzacijom vodene pare stvara se rosa na travi i magla u zraku te zamagljivanje stakla u vlaku i automobilu. Zamagljivanje stakla u automobilu događa se zbog isparavanja vodene pare iz tijela koje povećava relativna vlažnost zraka u automobilu te se temperatura u automobilu povećava. No temperatura prozorskog stakla se snižava zbog utjecaja vanjskog zraka. Kada ta temperatura bude dovoljno niska zrak uz staklo će se ohladiti te će temperatura biti ispod temperature rosišta. Te će zrak biti zasićen vodenom parom zbog čega se vodena para kondenzira i staklo se zamagljuje.

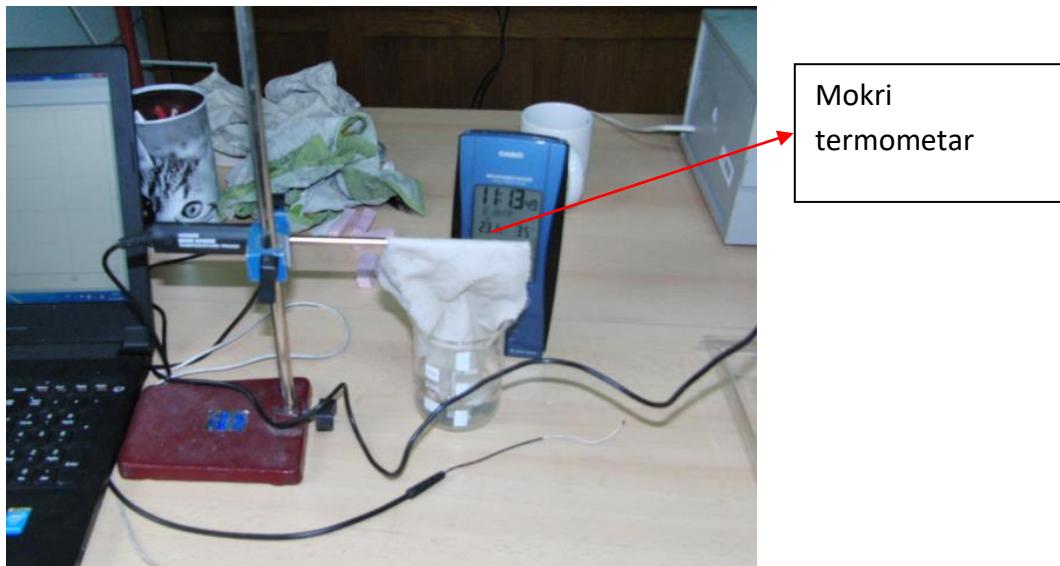
3 Eksperimentalni postav



Slika 9. Eksperimentalni postav – dio 1



Slika 10. Eksperimentalni postav – dio 2



Slika 11. Eksperimentalni postav – dio 3

Za mjerjenje sam koristila Vernijerove sonde i Logger Pro za obradu podataka. Uređaj se sastoji od staklene posude u kojoj se nalazi smjesa leda, vode i soli. Posudu sam stavila u kartonsku kutiju koju sam spojila na usisivač koji je usisavao zrak u kutiju. Usisivaču se može regulirati brzina strujanja zraka. (Slika 9 i 10).

Relativnu vlažnost određivala sam pomoću suhog i vlažnog termometra (Slika 11). Masu vode određivala sam pomoću precizne digitalne vase koja važe minimalno 0,01g.

4 Metode i mjerjenje

Ideja je bila da se voda iz prostorije kondenzira na stjenkama staklene posude u kojoj se nalazi smjesa vode leda i soli tako da se dobije puno niža temperatura od temperature rosišta. Kod temperature rosišta staklo će se samo zamagliti jer će blizu stakla nastati ravnotežno stanje i absolutna vlaga te će prestati kondenzacija. Kod nižih temperatura nalovit će se više vode jer će trebati veća količina vode na stjenkama da dođe do ravnotežnog stanja. Poklopac na posudi služi da voda iz zraka se ne kondenzira na samoj smjesi leda i vode te gubim taj dio vode. Posuda je postavljena na male nožice tako da se i na dnu kondenzira voda. Voda se kondenzira na plohamu posudu samo gdje je smjesa leda, vode i soli. Sol sam dodavala kako bi temperatura smjese bila manja od 0°C.

Pomoću usisivača usisavala sam zrak točno određeno vrijeme. Brzina strujanja zraka bila je mala zato što zrak koji struji uz stjenke posude odnosi paru koja je ishlaplila iz nakupljene vode te nakupljena voda brže isparava.

Nakon toga s gumenim brisačem pokupila bih tekućinu s stjenka posude u posudu za prikupljanje tekućine te ulila u bočicu. Zatim bih izvagala bočicu s tekućinom. Pošto sam izvagala praznu bočicu znala sam kolika je masa prikupljene tekućine.

Za mjerjenje relativne vlage zraka koristila sam psihrometar. Psihrometar je uređaj koji se sastoji od dva jednaka termometra. Jedan služi za mjerjenje temperature zraka i zove se suhi termometar. Rezervoar drugog termometra obavljen je tankom pamučnom krpicom koja se prije mjerjenja natopi destiliranim vodom taj termometar zovemo mokri termometar. Voda s krpice mokrog termometra isparuje i time molekule koje isparavaju odnose energiju te se termometar hlađi i pokazuje nižu temperaturu od suhog. Iz razlike temperature t_s i t_m u tom slučaju određujemo vlagu zraka. Kada je zrak zasićen vodenom parom, voda s krpice ne može isparavati pa oba termometra pokazuju istu vrijednost. Tlak vodene pare e tada je jednak tlaku zasićene vodene pare E' pri temperaturi t_m . Vlagu zraka računamo po formuli:

$$E' - e = K(t_s - t_m)$$

K je konstanta proporcionalnosti. Konstanta K jednaka je $K=0,65 \text{ mbar } K^{-1}$. Podatke za E' i e za određenu temperaturu očitavala sam iz tablice u priručniku.

Mjerena sam vršila u kabinetu fizike Izmjerila sam volumen prostorije koji sam umanjila za 20% zbog pribora i namještaja u prostoriji. Volumen je oko $53m^3$.

U vrijeme mjerjenja relativna vlažnost bila je jako niska čak i ispod 30%. Za neka mjerjenja povećavala vlažnost tako da sam iskuhavala vodu. Pošto je ta vodena para bila topla dizala se prema plafonu. Zato sam usisivač stavila neko vrijeme na najjače (nije bio priključen na kutiju s vodom) kako bi se izmiješala vodena para sa hladnjim zrakom u prostoriji.

Problemi kod mjerjenja su bili što su u prostoriju ulazili profesori i drugi učenici pa su se uvjeti nešto mijenjali. Naročito je smetala prašina u zraku jer se oko nje kondenzira para. U mirnijim uvjetima voda se kondenzirala na stjenkama posude i na -5°C , međutim kada je bilo dosta učenika u kabinetu voda bi se ledila i na -2°C .

5 Rezultati i rasprava

5.1 Masa dobivene vode

Temperatura zraka u prostoriji bila je $t=23,1^{\circ}\text{C}$.

Mokri termometar pokazivao je temperaturu $t_m=14,5^{\circ}\text{C}$.

Iz tablice očitana je vrijednost $E'=16,5 \text{ mbar}$ i $E=28,2 \text{ mbar}$.

Iz jednadžbe (**Pogreška! Izvor reference nije pronađen.**) tlak vodene pare u prostoriji je: $e=10,91 \text{ mbar}$

Relativna vlažnost zraka je: $r=38,7\%$

Apsolutna vlaga je: $a=8,0 \text{ g/m}^3$

Površina na koju se kondenzira voda: $S=8,3 \text{ dm}^3$

Temperatura smjese leda, vode i soli: $t_s=-5^{\circ}\text{C}$

Vrijeme prikupljanja vode: $t=10 \text{ min}$

Masa dobivene vode: $m=2,5 \text{ g}$

Ako računamo koliko smo dobili vode iz 1 m^3 vodene pare je 31%.

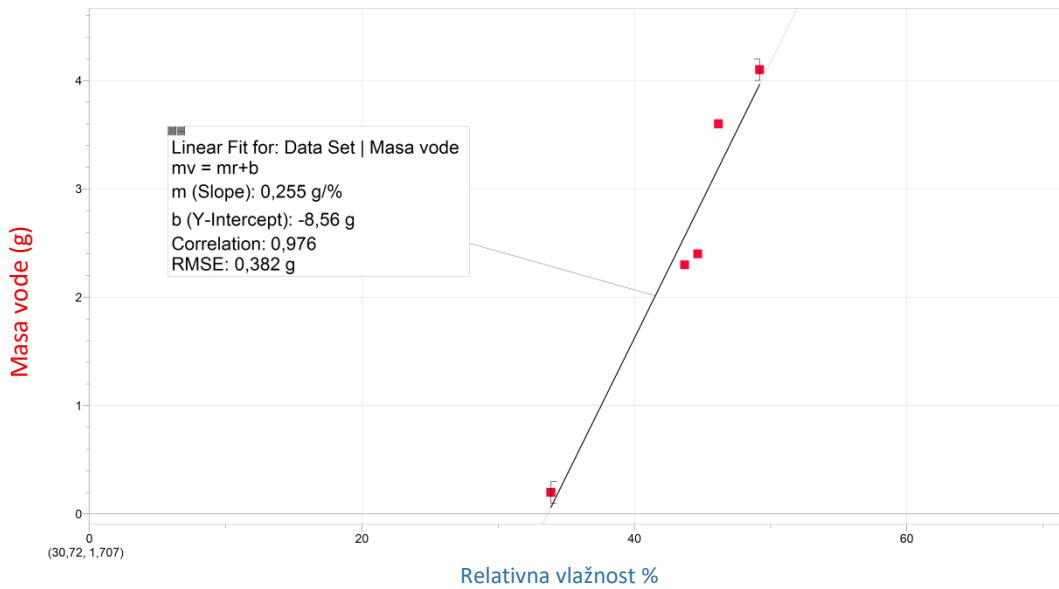
5.2 Ovisnost dobivene vode o relativnoj vlažnosti u prostoriji

Mjerenje je rađeno tako da se kuhanjem isparila određena količina vode, a zatim su se mjerili ostali parametri. Za svako mjerenje isparilo se oko $2,5 \text{ dm}^3$ vode.

Površina na koju se kondenzira voda: $S=10,5 \text{ dm}^3$

Temperatura smjese leda, vode i soli: $t_s=-2^{\circ}\text{C}$

Vrijeme prikupljanja vode: $t=10 \text{ min}$



Slika 12. Ovisnost mase vode o relativnoj vlažnosti zraka

Iz grafa (Slika 12) vidimo da masa prikupljene vode iz zraka po ovim uvjetima raste linearno s povećanjem vlažnosti i to za 0,255 g/%

Pri 100% vlazi dobili bi u ovom slučaju 16,3 grama vode za 20 minuta.

5.3 Ovisnost dobivene vode o površini kondenzacije

Problem kod ovog mjerjenja je bio što se najviše vode skuplja na dnu posude, a sa strane manje. Neka mjerena su pokazala da se skupi više vode ako je površina jednaka pri približno istim uvjetima. Međutim, radila sam na različitim temperaturama smjese pa su rezultati nepouzdani. Za dalja mjerena mislim ispitati kako ovisi količina vode pri istim uvjetima za različite dodirne površine.

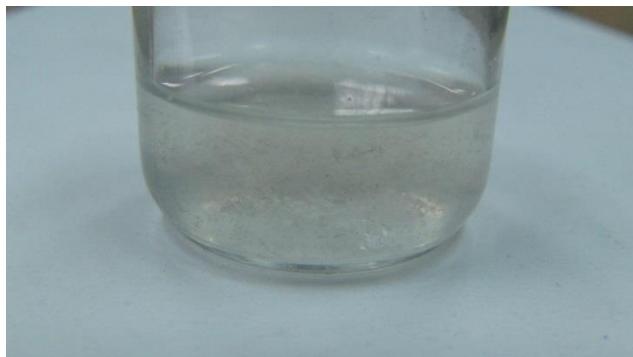
5.4 Ovisnost dobivene vode o temperaturi smjese

Nisam radila ta mjerena iako usporedbom nekih mjerena sa sličnim uvjetima, a na različitim temperaturama smjese prikupljeno je više vode na različitim temperaturama. Mislim to ispitati.

5.5 Ovisnost dobivene vode o brzini izmjene zraka u kutiji

To je mjerjenje koje mislim napraviti. Već sam napravila mjerjenje statičkog i ukupnog tlaka u cijevi za pojedine brzine strujanja iz čega mogu izračunati dinamički tlak u cijevi i koliku količinu zraka upuhuje usisivač za različite brzine rada usisivača.

5.6 Da li je voda za piće?



Slika 13. Kondenzirana voda

Jedan dio kondenzirane vode skupila sam u bočicu. U početku voda je bila neznatno mutna, ali nakon nekoliko dana voda se jače zamutila, a vidi se da u njoj plivaju komadići i nakupine nekih tvari. Smatram da je to zbog prašine u zraku. Smatram da ta voda nije za piće.

5.7 Koliko bi se vode skupilo tijekom jedne borbe?

To bi ovisilo o više parametara. Prvo o postavkama samog mjerjenja, a to je kolika je temperatura smjese, kolika je površina kondenzacije, kolika je brzina upuhivanja zraka u kutiju. Zatim bi ovisilo o vanjskim parametrima kao što su temperatura zraka i relativna vlažnost u prostoriji u kojoj se odvija borba. Osim toga učesnici bi u žaru borbe svojim disanjem i znojenjem povećavali bi vlažnost u prostoriji (i ne samo oni) pa bi se vlažnost stalno povećavala.

6 Zaključak

Pokazala sam da moj uređaj može prikupljati vodu iz zraka na principu kondenzacije vodene pare radi zasićenja vodene pare pri niskom temperaturama. U teorijskom dijelu sam objasnila pojmove vezane uz vlagu u zraku i kondenzaciju vodene pare iz zraka na nižim temperaturama od temperature rosišta. Ta teorija objašnjava kako radi uređaj. Mjerjenjem sam pokazala da je količina prikupljene vode razmjerna povećanju relativne vlage u zraku. Prema izgledu prikupljene vode voda nije za piće. Trebalo bi napraviti još mjerjenja koja sam navela kako bi dobili bolji uvid koliko možemo vode skupiti pri različitim uvjetima. Također mislim proučiti tekućinu pod mikroskopom.

Također bi promijenila uređaj jer mislim da je na ovaj način mala količina prikupljene vode, a mnogi parametri su nepouzdani. Uređaj bi se sastojao od veće metalne limenke koja bi bila ispunjena s smjesom leda, vode i soli na određenoj temperaturi. Limenka bi se mogla lagano okretati u horizontalnom smjeru tako da osovina prolazi kroz baze limenke. Jedan gumeni strugač bio bi montiran tako da stalno skida vodu s limenke koja bi padala u posudu za skupljanje vode. Cijela aparatura nalazila bi se u kutiji kroz koji bi strujio zrak. Time bi se

izbjeglo isparavanje vode sa stjenka posude i stvaranje zasićene pare uz stjenke posude. Mislim da bi na taj način dobila više vode iz zraka, a neke bi parametre mogla lakše kontrolirati.

Literatura

[1.] Šips: Fizika 2 toplina, 1993., Školska knjiga

[2.] Lopac: Fizika 1, 2007., Školska knjiga

[3.] Šips, Paar: Fizika 2, 2009., Školska knjiga

[4.] Winterhalter, Sliepčević, Kuntarić, Kempni: Vježbe iz fizike, 1987., Školska knjiga

PROBLEM 17. TORNADO STROJ

Sven Barac

Mentor: Vlatka Kuhar, prof.

1.B, VII. gimnazija , Zagreb, Hrvatska

1 Uvod

1.1 Zadatak

U ovom radu odabran je problem „Tornado stroj“ koji glasi: „ Sagradite stroj koji bi proizveo zračni tornado u prostoriji. “ U problemu je bilo bitno istražiti na koji način tornado nastaje i kako mijenja svoja svojstva kod promjene parametara koji na njega utječu. Kao što je navedeno, potrebno je osmisliti i napraviti mehanizam koji će omogućiti formiranje umjetnog tornada u prostoru.

1.2 Opis prirodne pojave

Formiranje tornada u prirodi je rijetka pojava te je za njegov nastanak potrebno nekoliko uvjeta: nestabilnost atmosfere koju karakteriziraju mehanizmi podizanja i vlaga u srednjim te donjim dijelovima atmosfere. Zbog veće nestabilnosti i vlage, tornado češće nastaje nad vodenom podlogom i sastoji se od vodenih kapljica podignutih s površine vode te kondenziranih kapljica u oblaku i nazivamo ga morska pijavica. Ukoliko tornado nastane nad tlom sastoji se od prašine i pjeska.

Istraživanja tornada izuzetno su važna jer te prirodne pojave često rezultiraju s velikim ljudskim i materijalnim gubicima. Tornada je nemoguće spriječiti, međutim moguće ih je proučavati i u određenoj mjeri predviđati njihovo nastajanje kako bi se smanjili rizici i spriječile štete. U svijetu najsnažniji vrtlozi dosežu brzinu od 400 km/h i više.

1.3 Rješenje problema

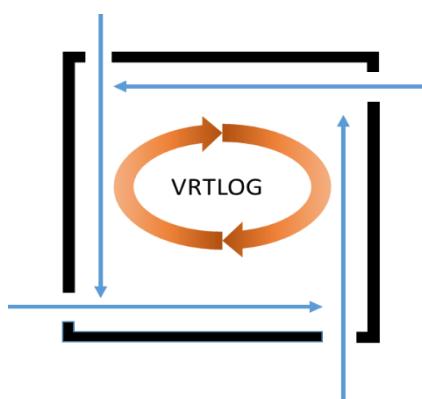
Jasno je, da stvaranje umjetnog tlaka i nestabilne atmosfere u nekom prostoru ne bi bilo moguće, stoga sam morao riješenje potražiti u nekom malom prostoru gdje bi mi mala količina energije vjetra omogućila formiranje tornada. U vrtložnim komorama postiže se rotacija zraka, a vrtlog postaje vidljiv korištenjem tvari kao što je suhi led.

„Tornado stroj“ je u osnovi vrtložna komora u kojoj se korištenjem ventilatora postiže rotacija zraka i potisak. Suhi led se koristi kako bi vrtlog postao vidljiv.

2 Teorijska razrada problema

2.1 Tornado

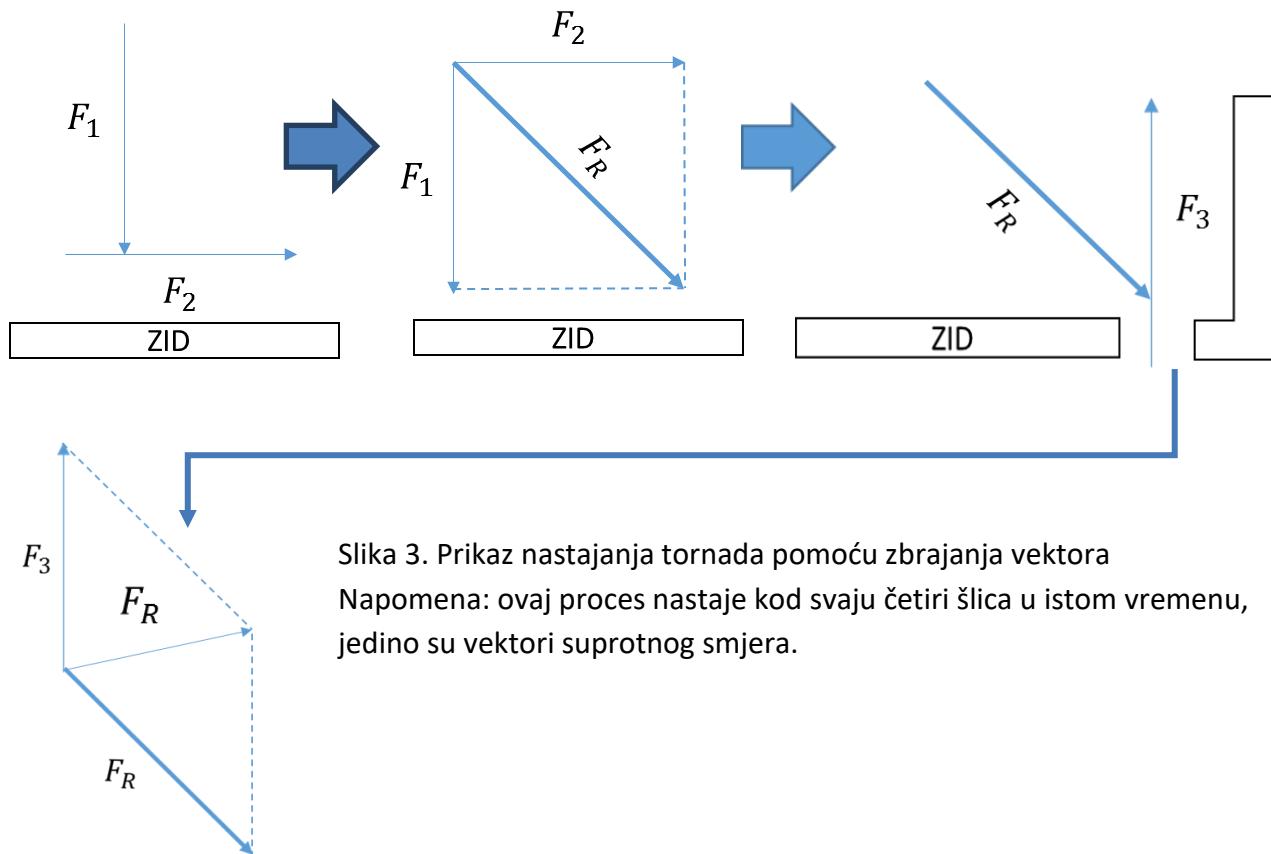
Kako bi u laboratorijskim uvjetima stvorio tornado, konstruirao sam vrtložnu komoru koja se sastoji od ventilatora, komore i posude sa suhim ledom. Potrebno je napomenuti da je vrtložno kretanje moguće postići radi postojanja čestica zraka koje se sasatoje od dušika, kisika, ugljikovog dioksida i plemenitih plinova. Ventilator na vrhu komore stvara potisak prema gore, dok šlicevi na kutiji stvaraju rotaciju zraka, a suhi led stvara vrtlog vidljivim. Na svakoj desnoj stranici kutije nalazi se otvor šlica dimenzija 48cm x 1.8cm. Šlicevi i njihove dimenzije su važni parametri jer utječu na svojstva tornada i u ovom istraživanju sam promatrao kako njihovo smanjivanje djeluje na tornado. Preveliki šlicevi ne bi dobro utjecali jer bi bila potrebna veća komora i ventilator. Kada upalimo ventilator stvara se potisna sila koja uvlači zrak kroz četiri šlica. U tom vremenu dolazi do nastanka dvaju gibanja (koja u trenutku nastanka tornada djeluju kao jedno), odnoso strujanja zraka. Kako se na svakoj desnoj stranici nalazi šlic, potisna sila ventilatora uvlači zrak koji se nalazi u otvorenom prostoru u rotirajuću komoru. Označimo svaki smjer strujanje fluida kao vektor. Svaki vektor koji prolazi kroz desni šlic sudara se okomito na njemu susjedni vektor. Dva pravocrtna gibanja čestica u jednom će se trenutku dodirnuti, njihova rezultanta će ih zakrenuti u kružno gibanje. Bitno je reći da tu ulogu ima i zid odnosno staklo koje ne dozvoljava prolazak zraka već ga usmjerava u daljni kružni tok. To se događa na svakom šlicu. Kada sve to zbrojimo dobijemo gibanje koje podsjeća na kružno gibanje. To "pobija" njihovo pravocrtno gibanje te se ono formira u rotaciju tj. kružno gibanje oko posude koji djeluje kao centar rotacije. Prilikom sudara čestica plina s drugim česticama i zidovima uređaja dolazi do promjene njene količine gibanja. Promjene količine gibanje koje pri tome nastaju, usmjerenu su prema centralnoj osi uređaja. Centripetalne su i zbog toga nastaje ciklonsko gibanje. Tako ciklonsko gibanje postaje makroskopski efekt mikroskopskog kaosa. Zamislimo da promatramo pojedinačnu česticu plina, ona bi se istovremeno gibala u krug i prema gore (ciklonski), ali uz veliki broj sudara koji ju u tome stalno, kaotično ometaju. Slijedila bi stazu uz kaotična odstupanja. Nakon što se ispunio uvjet horizontalnog strujanja fluida (Slika 1), pojavljuje se potisna sila. Potisna sila ventilatora je vertikalnog smjera. Ona tjera paru suhog leda prema gore odnosno van. Upravo ta dva gibanja uzrokuju nepravilno, vrtložno gibanje plina kad struji pored čvrstih predmeta, jer pored srednje brzine horizontalnog strujanja svaka čestica fluida ima još dodatnu brzinu koja ju tjera prema gore. Na taj način smo dobili turbulentno strujanje zraka čija je posljedica formiranje spiralnog oblika vrtloga.



Slika 1. Pojednostavljeni prikaz nastajanje vrtloga



Slika 2. Tornado



Slika 3. Prikaz nastajanja tornada pomoću zbrajanja vektora
Napomena: ovaj proces nastaje kod svaju četiri šlica u istom vremenu, jedino su vektori suprotnog smjera.

Promjenu količine gibanja iskazujemo formulom:

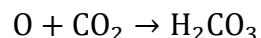
$$\Delta p = m\Delta v$$

Umnožak mase tijela i centripetalne akceleracije je centripetalna sila:

$$F_{cp} = \frac{mv^2}{r}$$

2.2 Suhu led i para

Suhu led je ugljikov(IV)oksid(CO₂) u čvrstom agregatnom stanju čija temperatura iznosi -80°C (Slika 4). Bijele je boje, nema okus ni miris. Pri sobnoj temperaturi i tlaku se ne topi već sublimira. Sublimacija je process izravnog prijelaza tvari iz njena čvrstog u plinovito stanje. U praznoj posudi se nalazi zrak. Kada ulijemo vruću vodu u posudu, strujanjem se prenosi toplina i zbroj kinetičke te potencijalne energije svih čestica zraka raste. Zagrijavanjem se plin širi. Postaje manje gušći. Kada stavimo hladan suhi led u vruću vodu, on se razlaže stvarajući ugljičnu kiselinu.H₂O



Magla nastaje kada se para iz zraka kondenzira u sitne kapljice, a topao i vlažan zrak hlađi. Zrak se hlađi na način tako da suhi led u vodi sublimira i miješa se s hladnim plinom. Naposlijetku, topla voda zagrijava hladan zrak iznad, čineći ga manje gušćim. Posljedica toga je nastanak bijele pare (Slika 5). U konačnici hladan suhi led hlađi topao zrak do točke da on postaje gušći od zraka između posude što uzrokuje njegovo tonuće. Suhu led je na temperaturi od -80°C dok para koju stvara je sobne temperature. Razlog tomu je sublimacija i kondenzacija vode. Sublimacija je endoterna reakcija, što znači da sustav prima energiju iz okoline, dok je kondenzacija egzotermna, sustav predaje energiju okolini. Zbog njihove razlike u temperaturi, okolina ne doživljava nikakve značajne promjene u temperaturi.



Slika 4. Suhu led na sobnoj temperaturi i tlaku



Slika 5. Reakcija suhog ledi i vode

2.3 Parametri

Šlic

Kada govorimo o parametrima, veliki utjecaj imaju šlicevi. Oni određuju svojstva i postojanje tornada. Mijenjanjem dimenzija šlica mijenjat će se i svojstva tornada. Oni su nezavisne varijable jer možemo utjecati na njih. Kada bi se šlicevi zatvorili tornado uopće nebi postojao. Duljinu šlica bi podijelio na $\frac{1}{4}$ od ukupne duljine te bi postupno krenuo smanjivati protok zraka. Tijekom izvođenja pokusa, svaki put bih stavio istu količinu i temperaturu vode te suhog ledi.

Smanjivanjem dimenzija šlica protok zraka ostat će isti jer je količina zraka koja je ušla u komoru jednaka količini zraka koja izađe. Ono što će se promijeniti je brzina protoka zraka. Kako se smanjuje dužina stvarat će se tlak koji će omogućiti brže uvlačenje zraka jer u većem prostoru je potrebna veća brzina i snaga ventilatora dok u malom će biti potrebnija manja količina energije. Tornado ne bi nastao u slučaju kada bi mi prekrili $\frac{1}{4}$ ili $\frac{2}{4}$ šlica odozdo jer je to mjesto gdje se najviše stvara kružno gibanje ciklona i mjesto gdje se nalazi posuda sa suhim ledom.

Temperatura vode

Temperatura je mjera zagrijanosti tijela. Ona se očituje kroz toplinu vode. Toplina je unutarnja energija u prijelazu (zbroj kinetičke i potencijalne energije svih čestica unutar tijela) s toplijeg tijela na hladnije tijelo. Označavamo je slovom Q. Ovim parametrom i njenim promatranjem bi isto tako očitao svojstva tornada poput promjera i duljine trajanja. U zdijelicu promjera 18cm i dubine 8.5cm stavio bih 50g suhog leda u 0.7l vode. To bih napravio nekoliko puta, mjenjajući temperaturu vode. Također, tijekom izvođenja duljina šliceva bi uvijek bila jednaka, kako bi se najbolje ispitao ovaj parameter. Moja očekivanja su sljedeća: mislim da smanjivanjem temperature vode, nećemo dobiti najbolji tornado najvećeg promjera no postoji šansa da bi najdulje trajao. Razlog tomu je hladna voda. Ona ne bi zagrijavala zrak i nebi se dogodila reakcija koja upravo nastaje zbog tople vode. Tornado bi kraće trajao s razlogom jer topla voda stvara paru. Kada imamo paru suhi led brže sublimira jer se dogodi velika potrošnja energije. Imali bi vrlo rijetku gustoću zraka, zbog topline vode jer ona ga zagrijava a plin se time širi. I baš zbog toga bi se velika količina zraka hladila što bi uzrokovalo puno pare, ali s posljedicom da će suhi led brže nestati a time i para. Kod hladne vode bi se reakcija dogodila (ne toliko intenzivna) ali bi se vidjela, zato što se čestice zraka ionako nalaze pod temperaturom u kojoj se mogu ispuniti svi uvjeti za stvaranje pare. Suhi led će dulje sublimirati jer se nebi tolika količina energije potrošila na stvaranje pare. Mi ćemo dobiti slabiji tornado koji će isto tako dulje trajati.

2.4 Hipoteze

Moje hipoteze su sljedeće:

H1: smanjivanjem temperature vode povećava se duljina trajanja tornada

H2: povećanjem temperature vode povećava se promjer tornada

H3: smanjivanjem otvora povećava se brzina strujanja zraka

3 Eksperimentalni postav

Eksperimentalni postav sastoji se od vrtložne komore i ključih komponenti (ventilator, posuda i suhi led)

3.1 Dimenzije komore

1. Visina pobočke kvadra: 600mm
Širina pobočke kvadra: 310mm
 - Dvije stranice kvadra izrađene su od pleksiglasa debljine 4mm
 - Dvije preostale stranice kvadra izrađene su od lesonita
 - ❖ Lesonit je s unutrašnje strane i vanjske ofarban u crnu boju kako bi vidljivost i uočljivost tornada bila bolja
2. Baza stroja izrađena je kvadratnog oblika čije su stranice jednake duljine te iznose : 310mm
 - Debljina baze iznosi: 18mm
3. Na gornjoj bazi nalazi se otvor za tornado promjera 70mm (nešto manji od promjera ventilatora, kako bi usisavanjem zraka dobili stožasti oblik tornada)



Slika 6. Komora s ključnim komponentama



Slika 7. Mjerenje brzine ventilatora pomoću stroboskopa



Slika 8. Ključne komponente u strujnom krugu

3.2 Ključne komponente

1. Na gornjoj strani baze nalazi se ventilator (Coolermaster blade master pwm) dimenzija 80 x 80 x 25mm max. Broj okretaja iznosi =3500okr/min. Napon je DC/12V, dok struja iznosi 0.36A
2. Ventilator je električnim vodičima spojen na akumulator (Multipower mp 1.2-12) od 12V
3. Frekvenciju okretaja kontroliram potenciometrom: promijenjivi otpornik koji funkcioniра kao razdjeljnik napona
4. Na dnu stroja nalazi se posuda promjera 180mm, dubine 85mm koja služi za stavljanje suhog leda

3.3 Postupci prilikom mjerena

“Tornado stroj” stavimo na čvrstu podlogu. U posudu s vrućom vodom stavimo suhi led. Kada započne reakcija posudu stavimo u komoru. Dobro sve zatvorimo kako bi omogućili pravilan protok zraka. Nakon toga pregledamo jesu li svi elektronički dijelovi pravilno spojeni. Kada smo pregledali, polako počnemo okretati potenciometar sve dok ventilator ne stvori dovoljan uzgon podizanja pare. Kada se to uspostavi, nastat će tornado.

Kod uočavanja i mjerena parametra mijenjao sam dužinu šlica tako da sam od ukupne veličine smanjio na $\frac{1}{4}$ dužine šlica. To sam radio na način tako da sam svakih 12cm zalijepio lijepljivom trakom. Temperaturu i količinu suhog leda uvijek sam održavao istom. Kada sam upalio stroj sve promjene i nepravilnosti zapisivao sam na papir.

Drugi parametar koji sam mjerio je temperatura vode. Mjereno je obavljeno termometrom. Također mjerio sam i količinu vode posudom za mjereno kako bi uvijek iznosila pola od ukupne veličine posude, odnosno 0,7L. Količinu suhog leda odredio sam na raznini od 50g. Ta procjena je učinjena nakon dužeg eksperimentiranja gdje sam utvrdio da upravo ta količina suhog leda daje najbolji tornado.

4 METODE I MJERENJE

4.1 Mjerenje utjecaja temperature vode na tornado

Kod mjerenja temperature vode proveo sam četiri testa. Svaki test sam proveo dva puta kako bi doista ispitao ponovljivost rezultata. Vodu sam laganim zagrijavanjem dovodio do željene temperature i to sam svaki put mjerio. Dok se voda zagrijavala, preciznom vagom sam mjerio masu suhog leda. Kako je suhi led na sobnoj temperaturi sublimira, a tima se mijenja njegova masa, uvijek sam ga s vremenom nadodavao. Kada se voda dovela do željene temperature, izmjerio sam njen obujam posudom na kojoj pišu mjere u ml te sam ih pretvorio u l i odvojio u plastičnu posudu gdje sam stavio suhi led. Ovakav proces je uvijek bio isti, osim u jednom slučaju kada sam temperaturu vode smanjio na 10°C , tada sam vodu stavio na nekoliko minuta u hladnjak. U trenutku nastajanja tornada svi ostali parametri su bili isti. Vrijeme trajanja tornada sam mjerio štopericom od trentuka kada sam upalio ventilator. Promjer tornada sam mjerio tako da sam ravnalo s mjerama stavio na staklo i približno određivao kroz vrijeme njegov promjer. Sve podatke sam istovremeno zapisivao na papir.



Slika 9. Mjerenje temperature vode

4.2 Mjerenje utjecaja veličine šlica na tornado

Kod mjerenja veličine šlica također sam proveo četiri testa. Duljinu šlica podijelio sam na $\frac{1}{4}$ veličine od ukupne veličine šlica. Svaku četvrtinu sam sam zabilježio tako da sam stavio lijepljive papiere i na njima zapisao veličinu šlica (Slika 10). Šlic sam zatvarao lijepljivom trakom jer sam tako bio siguran da neće biti protoka zraka unutar područja lijepljive trake. Veličinu lijepljive trake sam odredio pomoću ravnala na kojem su pisane mjere u cm. Taj postupak sam radio na svakom šlicu. Svakim smanjivanjem otvora odnosno šlica, ostale parametre sam držao nepromijenjene. Radi pouzdanosti rezultata mjernja sam provodio dva puta. Vrijeme trajanja tornada sam mjerio štopericom, svojstva i promjer sam mjerio ravnalom, a rezultate zapisivao na papir.



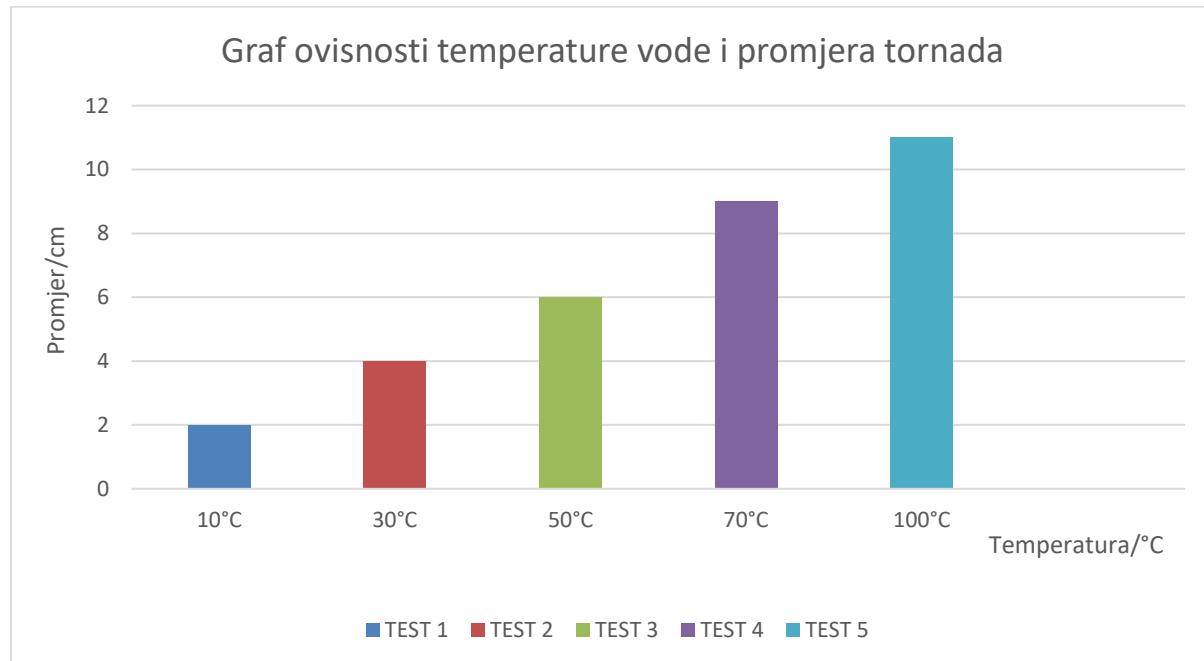
Slika 10. Određivanje duljine šlica

5 REZULTATI I RASPRAVA

5.1 Mjerjenje temperature vode

Pri mjerenuju temperatuve vode, količinu suhog leda uvijek sam održavao tako da njegova masa iznosi 50g. Dimenzije šlica držao sam nepromijenjenim. Obujam vode koji se ulijevao u istu zdijelicu uvijek je iznosio 0.7l. Temperaturu vode sam mijenjao tako da sam ju povećavao za 20°C u svakom idućem testu, osim u zadnjem testu gdje sam temperaturu vode povisio za 30°C , zbog toga što sam smatrao da neće biti pretjerane razlike u rezultatu između 90°C i 100°C .

Rezultati mjerena temperature vode prikazani su na Grafu 1.



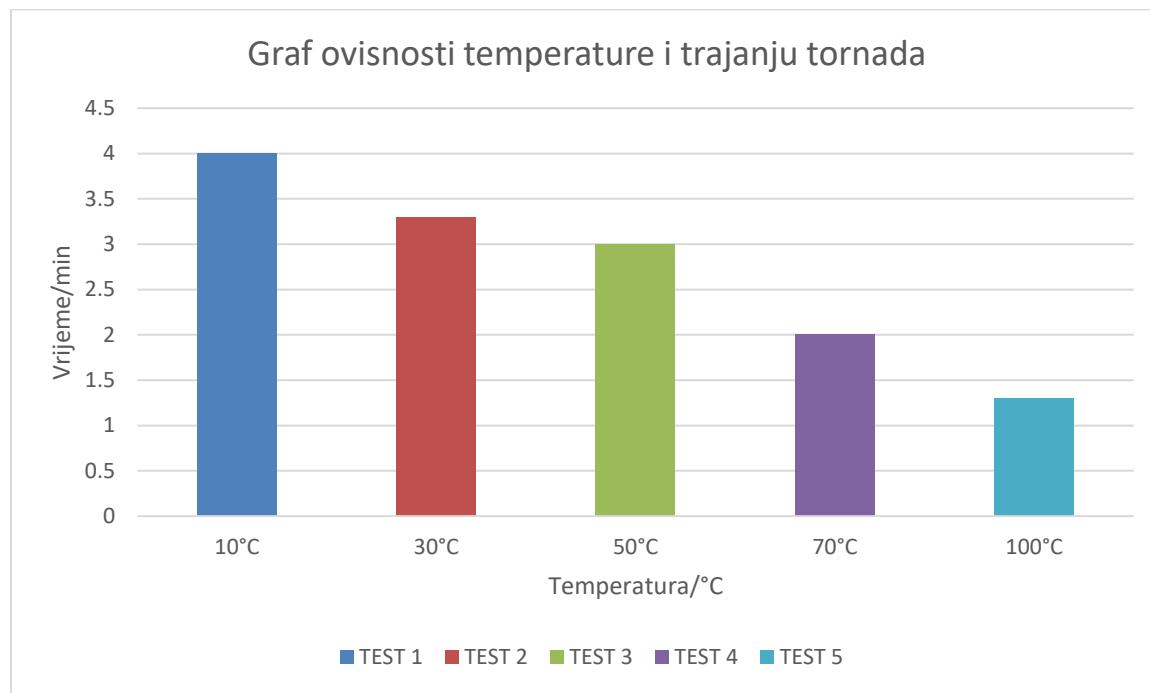
Graf 1. Ovisnost temperature vode i promjera tornada

Iz rezultata mjerenja vidljivo je da povećanjem temperature vode istovremeno se povećava promjer tornada. Te dvije ovisnosti su proporcionalne. Ako je voda vrelja ona će zagrijati zrak iznad i oko površine vode te on postaje rijedji. Kada stavimo suhi led u vodu on će rashladiti okolni, topao zrak koji će se početi kondenzirati u kapljice. Uz to dijeluje i vruća voda koja zagrijava zrak i ponovo ga stvara rijedim. Rezultat toga je para. Dakle, ako je zrak rijedji, a voda vrelja, suhi led će moći kondenzirati više kapljica. Posljedica toga bit će stvaranje više pare, a više pare znači veći promjer tornada. Ova hipoteza je jasno dokazana mjerjenjem.

5.2 Mjerenje trajanja tornada

Trajanje tornada mjerio sam tako da sam koristio štopericu i mijenjao temperaturu vode. Postupke sam i uvjete sam radio na identičan način kao u prethodnom mjerenu.

Rezultati mjerenja trajanja tornada prikazani su na Grafu 2.



Graf 2. Ovisnost temperature vode i trajanja tornada

Iz rezultata mjerenja vidljivo je da se povećanjem temperature smanjuje vrijeme trajanja tornada. Te dvije ovisnosti su obrnuto proporcionalne. Ako je voda hladnija ona neće zagrijavat zrak oko sebe, međutim zrak je još uvijek dovoljno rijedak na sobnoj temperaturi da se stvari para. Suhi led će dulje sublimirati jer se taj proces dulje događa u hladnoj vodi i manja se količina energije troši. Upravo zato hlađenjem vode dobijemo dužu trajnost tornada, ali manjeg promjera jer se ipak ne stvara dovoljno pare za lijepi ciklon.

5.3 Mjerenje duljine šlica

Kod mjerjenja duljine šlica proveo sam četiri testa. U svakom testu temperaturu vode sam održavao na 40°C, masa vode mi je iznosila 0.7l i masa suhog leda je iznosila 60g. Ove podatke sam utvrdio na temelju istraživanja i prošlih mjerjenja jer sam očekivao da će s njima dobiti najbolji tornado. Lijepljivom trakom sam svaki put pokrio $\frac{1}{4}$ više od ukupne dužine šlica. Općenito promjer i duljina trajanje tornada se nije mijenjala osim u testu 4 gdje sam zatvorio protok zraka kroz sva četiri šlica što nije uzrokovalo ciklon.

Rezultati pokusa prikazani su u sljedećoj tablici.

TEST 1 (1/4)	TEST 2 (2/4)	TEST 3 (3/4)	TEST 4 (4/4)
Ne događaju se posebne promjene u odnosu na potpuno otvoren šlic. Uglavnom stabilan tornado	U početku veliki promjer, kasnije postaje prosječan Nakon jedne minute gubi na stabilnosti	U početku mu treba duže vrijeme da se formira ciklon, na neobičan način u širinu se podiže zatim sužava Primjećuje se brže okretanje ciklona	Tornado ne nastaje već se cijela komora napuni parom koju ventilator usisava.

U ovom mjerenu TEST 3 je potvrđio moja očekivanja o prema kojima je tornado sporije nastao ali je imao bržu rotaciju. Ovu pojavu možemo usporediti s dvije cijevi različitog promjera koje izbacuju istu količinu vode, međutim zbog različitog promjera različita je brzina protoka vode. Isto tako je i ovdje, količina zraka koja se uvlači smanjivanjem šlica je jednaka. No, ako smanjujemo šlic stvaramo tlak zbog kojega će brzina uvlačenja biti brža, a samim time bit će brža rotacija. Ipak će mu trebati trenutak da se ciklon formira jer zrak ne prolazi cijelim šlicem već odozdo te zbog toga treba više vremena da se formira tornado. To opisujemo jednažbom kontinuiteta:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

“Koliko je puta površina presjeka šireg dijela cijevi veća od površine presjeka njezina užeg dijela, toliko je puta brzina strujanja fluida kroz uži dio cijevi veća od one kroz širi dio cijevi.” [1.]

6 Zaključak

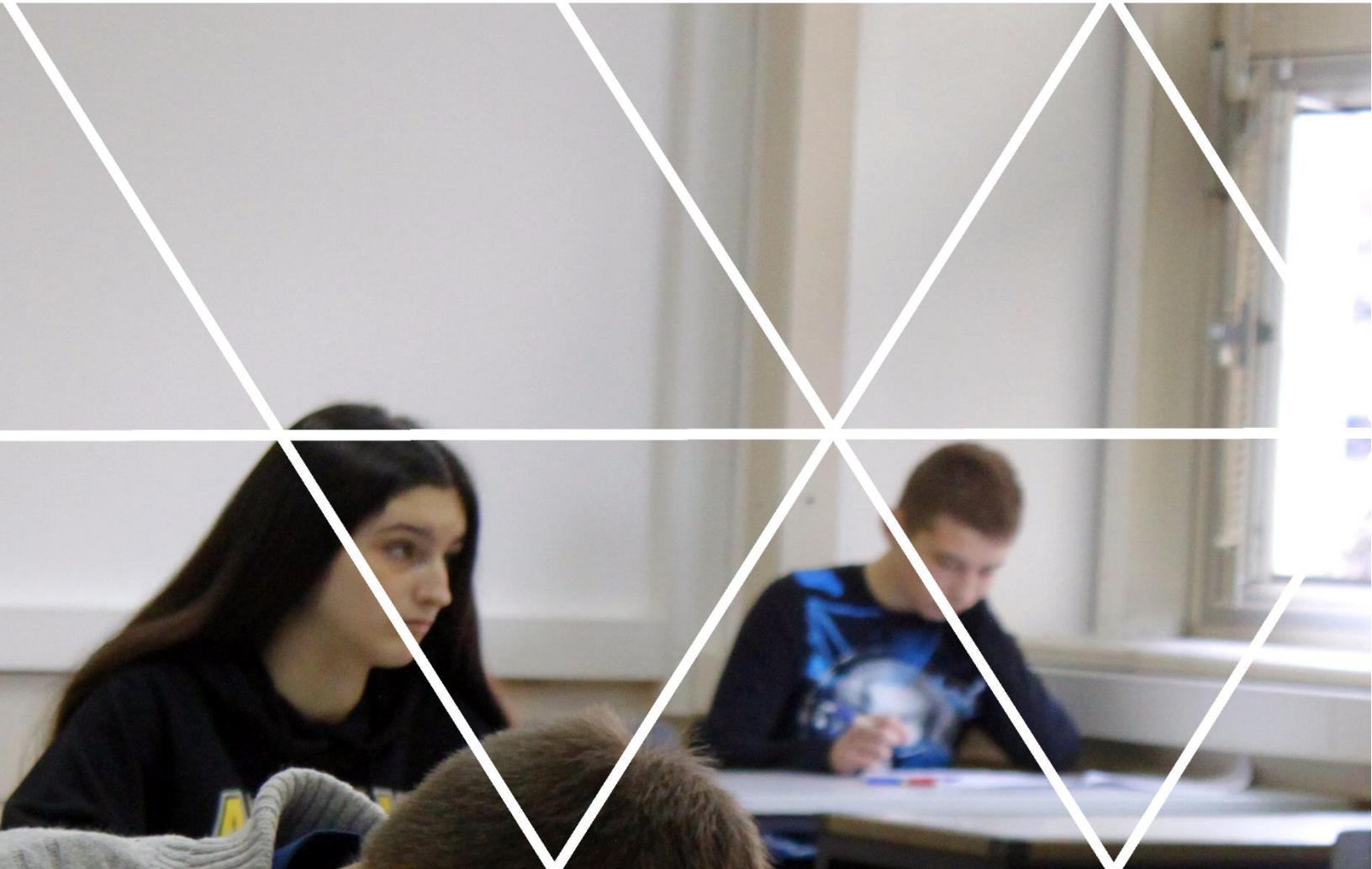
U cijelom istraživanju se provodilo umjetno stvaranje ciklona kao simulacija prirodne pojave. Provedena su mjerena i uočavanje parametra koji oblikuju svojstva tornada. Prema teoriji većina mojih hipoteza se slaže sa rezultatima mjerjenja. Jedna od ideja za nastavak i napredak ovog stroja je ta da bi tornado svojom vrtnjom generirao struju i dodatno olakšao ljudima istraživanje tornada.

7 Zahvale

Kroz ovo dugo i naporno istraživanje najviše bih se zahvalio svojemu djedu Ivici koji je ovaj projekt učinio stvarnim i koji mi je puno pomogao u izradnji "Tornado stroja" te omogućio daljnja mjerena i istraživanje.

Literatura

- [1.] Jakov Labor, FIZIKA 1, udžbenik za 1. Razred gimnazije, ALFA, Zagreb, 2015
- [2.] Zora Popović, Ljiljana Kovačević, KEMIJA 1, udžbenik iz kemije za prvi razred gimnazije, ALFA, Zagreb, 2015
- [3.] https://hr.wikipedia.org/wiki/Suhi_led
- [4.] <http://cldfacility.rutgers.edu/content/fog-formation-upon-dry-ice-hot-water-contact>
- [5.] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Strujanje>
- [6.] https://hr.wikipedia.org/wiki/Snaga_vjetra#Kineti.C4.8Dka_energija_i_snaga_vjetra
- [7.] <http://www.tornadoproject.com/cellar/workshop.htm>
- [8.] <http://www.emsb.qc.ca/laurenhill/science/dryice.html>



Radovi odabrani za objavu u zborniku



POPIS RADOVA POSLNIH ZA ZBORNIK

Učenik	Problem	Mentor	Škola
Petra Mavrinac	1. Invent Yourself: Good guesses	Ljerka Linić	OŠ Čavle, Čavle
Andrea Belamarić	1. Invent Yourself: Good guesses	Ines Dukić	XV. Gimnazija, Zagreb
Luka Mikšić	6. Apples	Darinka Ivković-Ciganović	OŠ Turanj, Karlovac
Borna Cesarec	6. Apples	Ana Maslać	OŠ Augusta Cesarca, Krapina
Mara Paravić	6. Apples	Vlatka Kirinčić Orbanić	Prva riječka hrvatska gimnazija, Rijeka
Marta Modrušan	6. Apples	Olivera Tadić	SŠ Mate Blažine, Labin
Petra Banovac	6. Apples	Nataša Hrbud Puhelik	OŠ Dragutina Domjanića, Sveti Ivan Zelina
Andrej Todić	10. Rijke's tube	Aziz Oračević	OŠ Veli Vrh, Pula
Marin Belamarić	10. Rijke's tube	Ines Dukić	XV. Gimnazija, Zagreb
Mihael Pristav	10. Rijke's tube	Melita Sambolek	Gimnazija Josipa Slavenskog, Čakovec
Vilim Pavlović	11. Grow light	Đurđica Culjak	OŠ Vugrovec, Sesvete
Helena Vulić	12. Milk	Nataša Kruljac	OŠ Kralja Tomislava, Našice
Lana Klobas	12. Milk	Olivera Tadić	SŠ Mate Blažine, Labin
Lara Resman	12. Milk	Krešimir Trojko	Gimnazija Josipa Slavenskog, Čakovec
Sven Barac	17. Tornado machine	Vlatka Kuhar	VII. Gimnazija, Zagreb

UČENICI I RADOVI POSLANI ZA OBJAVU U ZBORNIKU

PROBLEM 1. IZUMI SAM : DOBRI POGODCI

Petra Mavrinac

Mentor: Ljerka Linić, prof.

7 razred, OŠ Čavle, Čavle, Hrvatska

1 Uvod

„1906. Francis Galton promatrao je natjecanje gdje je 800 farmera pogađalo težinu životinje. Na njegovo iznenađenje, medijan pogodaka bio je unutar 0,8% stvarne izvagane težine. Kolika je vjerojatnost dobivanja tako dobrih poklapanja slučajno? Izaberite zanimljiv i važan parametar, izmjerite ga direktno i dajte grupi ljudi zadatku da pogode vrijednost parametra. Analizirajte i diskutirajte rezultate vašeg eksperimenta.“

Odabran je ovaj problem jer se učinio jako zanimljiv tako mali postotak odstupanja medijana pogotka od neke stvarne vrijednosti. Ovaj problem govori o mudrosti gomile, da je u nekim slučajevima gomila „mudrija“ od pojedinaca. „Mudrost gomile“ ili „mudrost masa“ je naziv teorije koju je James Surowiecki izneo u svojoj knjizi "The Wisdom of Crowds: Why the Many Are Smarter Than the Few and How Collective Wisdom Shapes Business, Economies, Societies and Nations" (Hrvatsko izdanje: "Mudrost masa - zašto više ljudi zna i kako kolektivna mudrost utječe na poslovanje, privredu, društva i narode"). On u knjizi tvrdi da masa često donosi bolje odluke nego da ih je doneo i jedan pojedinačan član grupe. Da provjerim da li je ovo slučajno, istražila sam kako će djeca od petog do osmog razreda (oko 250 učenika) procijeniti duljinu pokazanog štapa, i kako će procijeniti težinu predmeta koji drže u ruci. Na temelju prikupljenih podataka izvršena je analiza. Izračunala sam medijan i aritmetičku sredinu za prikupljene podatke. Zanimalo me da li će se i ovdje medijan biti unutar 0,8 % stvarne vrijednosti, a zanimalo me i za koliko se razlikuje aritmetička sredina od samog medijana.

2 Prikupljanje podataka

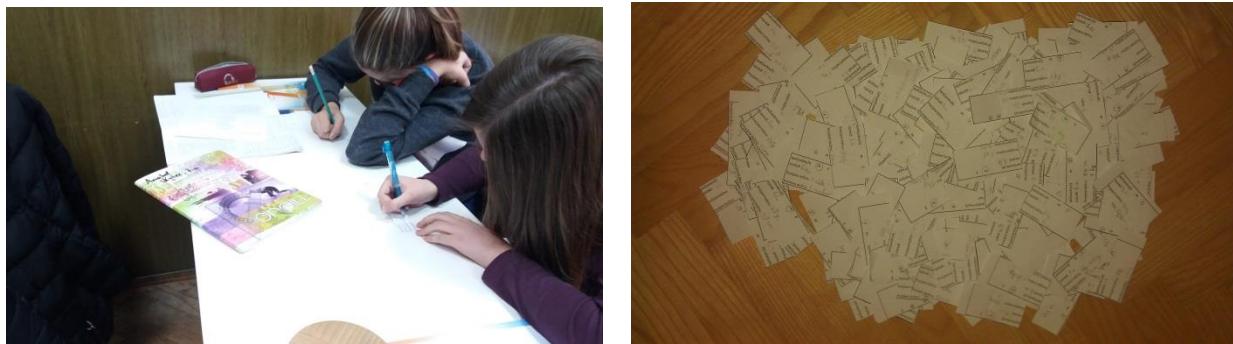
Uzela sam drveni valjak, izmjerila mu težinu. Stvarna težina iznosi 0.862 kg. Štap je izmjerjen i stvarna duljina mu iznosi 0.72 m.



Slika 1. Mjerenje duljine štapa i vaganje drvenog valjka

Pripremljeni su mali listići kao obrasci za popunu podatka

spol(zaokruži)	<input type="checkbox"/> m	<input type="checkbox"/> ž
razred:		
Procijeni težinu:		
Procijeni dužinu:		



Slika 2. Ispunjavanje listića procjene

Obišla sam sve razrede od 5.a, 5.b, 5.c do 8.c, ukupno 12 razreda. U svakom razredu objasnila istraživanje, pokazala štap, dala u ruke učenicima drveni valjak da procjene težinu, podijelila listiće koje su onda ispunili. Tako su sakupljeni podaci s otprilike 250 procjena.

2.1 Aritmetička sredina i medijan

Aritmetička sredina nekog promatranog skupa brojeva dobije se tako da se zbroj svih vrijednosti podijeli s njihovim brojem. Dobijemo broj koji je veći od najmanjeg i manji je od najvećeg. Aritmetička sredina je srednja vrijednost promatranog skupa.

Medijan je centralna vrijednost promatranog skupa. Brojevi u skupu moraju biti sortirani uzlazno. Pola vrijednosti skupa nalazi se iznad, a pola ispod medijana. Kad je neparan broj vrijednosti u skupu, medijan je vrijednost u sredini tog skupa. Ako skup sadrži paran broj vrijednosti, kao medijan uzima se aritmetička sredina srednja dva broja.

Zanima me hoće li aritmetička sredina ili medijan svih procjena biti bliži stvarnoj težini. Pretpostavljam da je medijan bliži stvarnoj vrijednosti jer je sama postavka problema na medijanu, a ne na aritmetičkoj sredini. Želim provjeriti hoće li djevojčice ili dječaci točnije procjenjivati težinu i duljinu. Moja pretpostavka ovdje je da će dječaci bolje procjenjivati. Zanima me pogađaju li bolje mlađi uzrasti tj. 5. i 6. razredi ili stariji uzrasti djece tj. 7. i 8. razredi. Pretpostavljam da bolje pogađaju stariji, jednostavno zbog više godina životnog iskustva s mjeranjem i nošenjem nekih stvari za koje znaju težinu.

Alat kojim ću se koristiti je program Excel jer je jednostavan za unos, obradu i prikazivanje rezultata.

3 Obrada podataka u programu Excel

3.1 Upis podataka

Najprije su svi podaci upisani u tablice po razredima (5.a, 5.b, 5.c, 6.a, 6.b, 6.c, 7.a, 7.b, 7.c, 8.a, 8.b, 8.c).

3.2 Težina

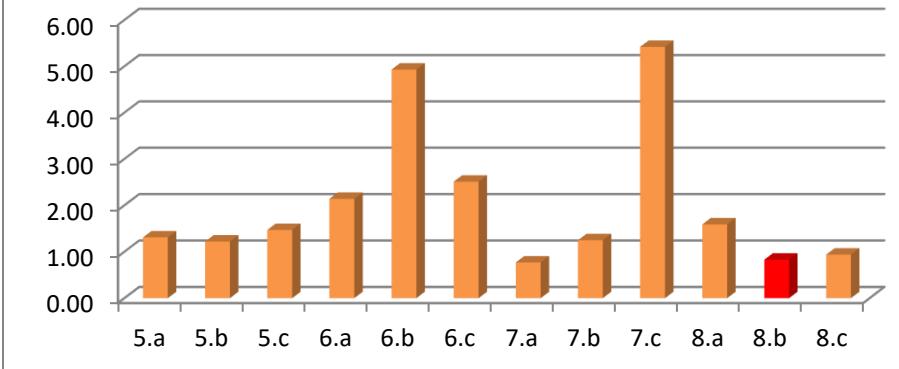
Stvarna težina drvenog valjka je 0.862 kg. Slijedi analiza procjene težine pomoći aritmetičke sredine i pomoći medijana.

Izračun aritmetičke sredine za procjenu težine

Nakon upisa slijede izračuni. Najprije sam izračunala aritmetičku sredinu procjene težine prvog predmeta za svaki razred posebno. Zatim sam izračunala razliku aritmetičke sredine i točne vrijednosti za svaki razred.

Izračunala sam aritmetičku sredinu svih procjena težine, ona iznosi 2.03 kg. Pogreška je $2.03 - 0.862 = 1.168$. Postotak pogreške aritmetičke sredine u odnosu na stvarnu vrijednost je $1.168 : 0.862 = 1.355 = 135\%$. Zaključila sam da je aritmetička sredina jako odstupila od stvarne vrijednosti.

aritmetička sredina procjena težine

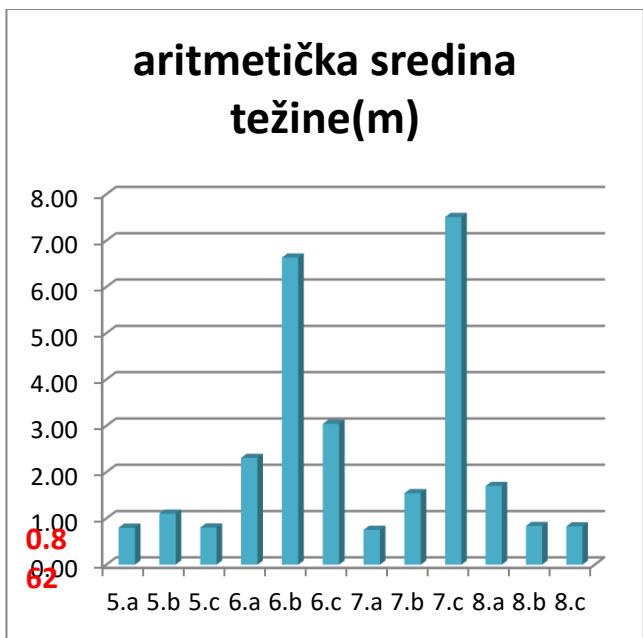
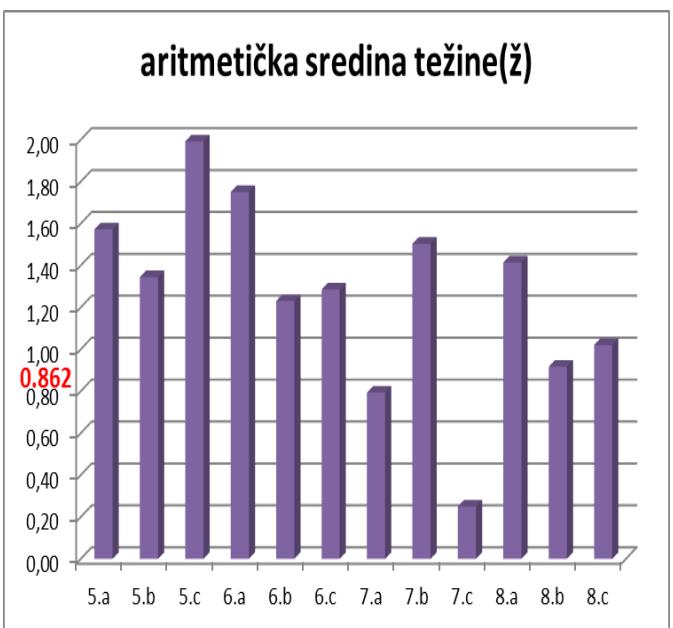


Grafikon 1. Grafički prikaz aritmetičkih sredina procjena težine po razredima, točna težina je 0.862 kg.

Zatim sam izračunala aritmetičke sredine po spolu za svaki razred jer me zanimalo pogađaju li djevojčice ili dječaci bolje; razliku aritmetičke sredine i točne vrijednosti posebno za djevojčice i posebno za dječake.

Slijedio je izračun aritmetičke sredine svih djevojčica i svih dječaka posebno. Rezultati su: djevojčice - 1.26 kg, a dječaci - 2.32 kg. Razlika aritmetičke sredine i stvarne vrijednosti kod djevojčica je $1.26 - 0.862 = 0.398$, tako da je postotak pogreške $0.398 : 0.862 = 0.462 = 46.2\%$. Prema tome možemo zaključiti da aritmetička sredina odstupa za 46.2% od točne vrijednosti. Razlika aritmetičke sredine i stvarne vrijednosti kod dječaka je $2.32 - 0.862 = 1.458$, tako da je postotak njihove pogreške $1.458 : 0.862 = 1.691 = 169.1\%$. Prema tome možemo zaključiti da aritmetička sredina odstupa za 169.1% od točne vrijednosti.

Zaključila sam da prema aritmetičkoj sredini djevojčice puno bolje procjenjuju težinu od dječaka.



Grafikon 2. Grafički prikaz aritmetičkih sredina po razredima za djevojčice i dječake, točna vrijednost je 0,862 kg



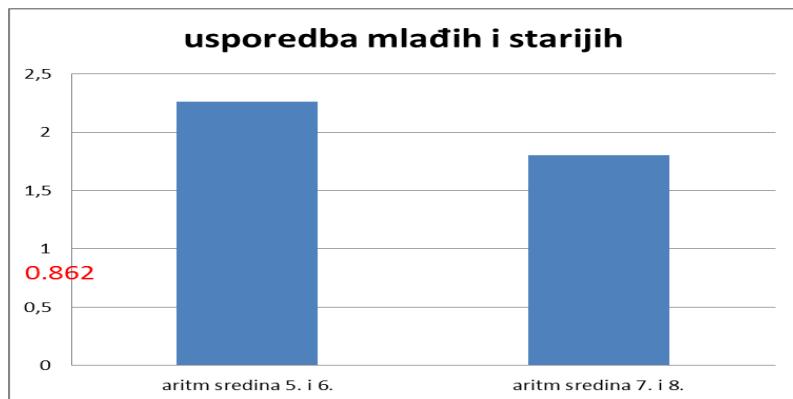
Grafikon 3. Grafički prikaz usporede aritmetičkih sredina za djevojčice i dječake

Slijedi izračun aritmetičke sredine posebno za 5. i 6. razrede, a posebno za 7. i 8. razrede.

Aritmetička sredina 5. i 6. razreda je 2,26 kg. Razlika aritmetičke sredine 5. i 6. razreda i stvarne vrijednosti je $2,26 - 0,862 = 1,398$. Postotak njihove pogreške je $1,398 : 0,862 = 1,62 = 162\%$.

Aritmetička sredina 7. i 8. razreda je 1,80 kg. Razlika aritmetičke sredine 7. i 8. razreda i stvarne vrijednosti je $1,80 - 0,862 = 0,938$. Postotak njihove pogreške je $0,938 : 0,862 = 1,09 = 109\%$.

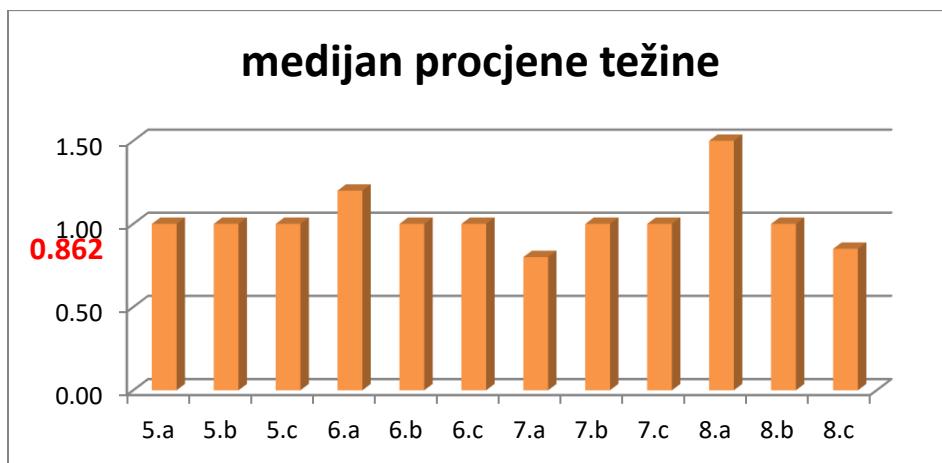
Zaključujem da stariji bolje procjenjuju težinu od mlađih prema aritmetičkoj sredini, što je u skladu s pretpostavkom.



Grafikon 4. Grafički prikaz usporedbe aritmetičkih sredina za 5. i 6. razrede i 7. i 8. razrede; točna vrijednost je 0,862 kg

Izračun medijana za procjenu težine

Medijan je srednja vrijednost. Pronašla sam medijan procjene težine za svaki razred posebno. Zatim izračunala razliku medijana i stvarne težine za svaki razred. Najmanja razlika je iznosila samo 0.01. Postotak te pogreške je iznosio $0.01 : 0.862 = 0.012 = 1.2\%$.



Grafikon 5. Grafički prikaz medijana procjena težine, točna vrijednost je 0,862 kg

Zatim sam izračunala medijan procjena težine svih razreda zajedno i ona iznosi 1 kg. Razlika medijana i stvarne vrijednosti svih razreda je $1.00 - 0.862 = 0.138$. Tako da postotak pogreške medijana u odnosu na točnu vrijednost iznosi $0.138 : 0.862 = 0.16 = 16\%$. Prema tome možemo zaključiti da medijan odstupa za 16% od točne vrijednosti.

Slijedi izračun medijana procjene težine po spolu za svaki razred i razlika medijana i točne vrijednosti. Medijan procjena težine svih djevojčica iznosi 1 kg, a medijan dječaka isto 1 kg. Razlika medijana i stvarne vrijednosti kod svih dječaka i djevojčica iznosi $1 - 0.862 = 0.138$. Tako da postotak pogreške medijana djevojčica i dječaka u odnosu na točnu vrijednost je $0.138 : 0.862 = 0.16 = 16\%$. Prema tome zaključujem da medijan odstupa od točne vrijednosti za 16%.

Slijedi izračun medijana posebno za 5. i 6. razrede, a posebno za 7. i 8. razrede. Medijan 5. i 6. razreda je 1,00 kg. Razlika medijana 5. i 6. razreda i stvarne vrijednosti je $1,00 - 0,862 = 0,138$. Postotak njihove pogreške je $0,138 : 0,862 = 0,16 = 16\%$.

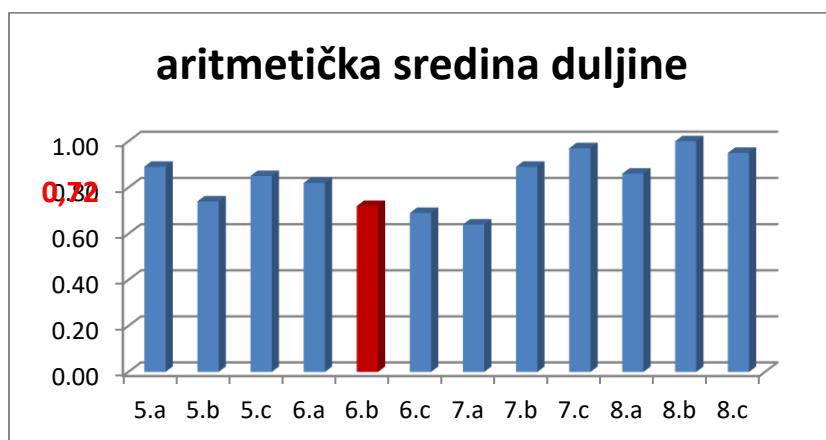
Medijan 7. i 8. razreda je isto 1,00 kg. Tako da je i razlika medijana i stvarne vrijednosti $1,00 - 0,862 = 0,138$. Postotak pogreške im je isti 16%. Zaključujem da prema medijanu 5. i 6. razredi isto procjenjuju težinu kao i 7. i 8. razredi.

3.3 Duljina

Stvarna duljina štapa je 0.72 m. Slijedi analiza procjene duljine pomoću aritmetičke sredine i pomoću medijana.

Izračun aritmetičke sredine za procjenu duljine

Aritmetička sredina procjena duljine štapa svih učenika iznosi 0.84 m. Razlika te aritmetičke sredine i stvarne vrijednosti je $0.84 - 0.72 = 0.12$. Postotak pogreške aritmetičke sredine svih učenika je $0.12 : 0.72 = 0.167 = 16.7\%$. Prema tome zaključujem da je razlika aritmetičke sredine i točne vrijednosti 16.7%.



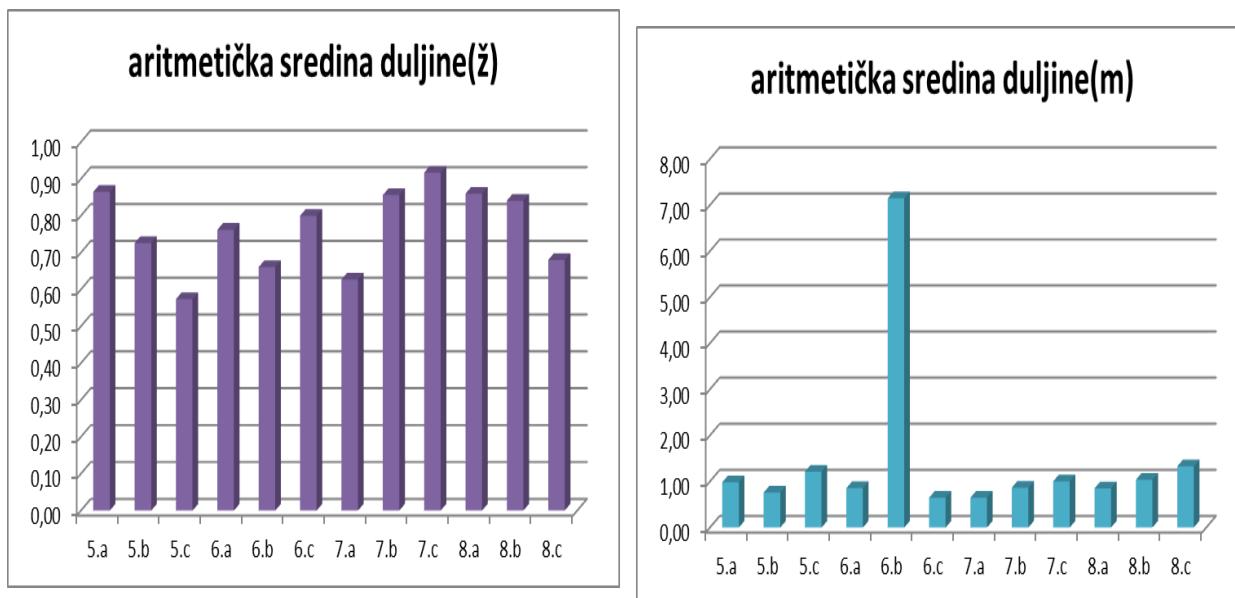
Grafikon 6. Grafički prikaz aritmetičkih sredina procjena duljine po razredima

Slijedi izračun aritmetičke sredine procjene duljine po spolu za svaki razred i razlika sredine i točne vrijednosti.

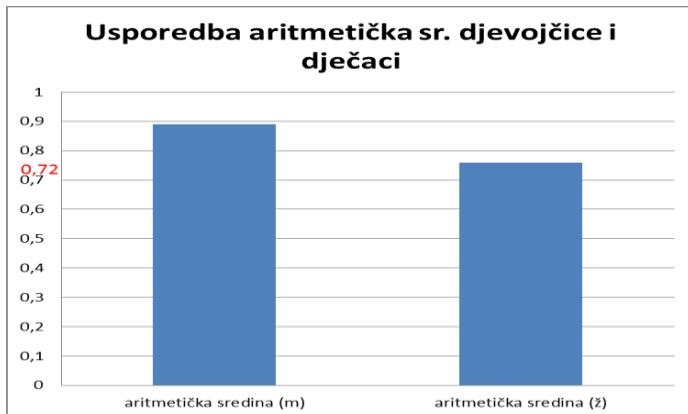
Aritmetička sredina procjena duljine svih djevojčica iznosi 0.76m, a aritmetička sredina dječaka 0.89 m. Razlika aritmetičke sredine i stvarne vrijednosti duljine kod svih djevojčica iznosi $0.76 - 0.72 = 0.04$, tako da je postotak pogreške kod djevojčica $0.04 : 0.72 = 0.056 = 5.6\%$. Zaključujemo da djevojčice prema aritmetičkoj sredini procjenjuju duljinu s pogreškom od 5.6%.

Razlika aritmetičke sredine i stvarne vrijednosti duljine kod svih dječaka iznosi $0.89 - 0.72 = 0.17$, tako da je postotak pogreške kod dječaka $0.17 : 0.72 = 0.236 = 23.6\%$. Zaključujem da je razlika aritmetičke sredine i točne vrijednosti 23.6%.

Djevojčice prema aritmetičkoj sredini procjenjuju duljinu puno bolje nego dječaci.



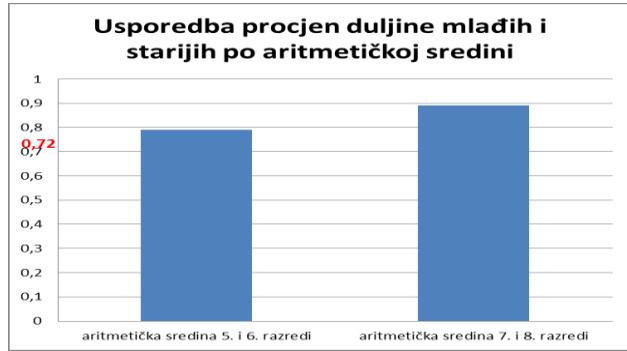
Grafikon 7. Grafički prikaz aritmetičkih sredina po razredima za djevojčice i dječake



Grafikon 8. Grafički prikaz usporedbe aritmetičkih sredina procjene duljine za djevojčice i dječake

Slijedi izračun aritmetičke sredine posebno za 5. i 6. razrede, a posebno za 7. i 8. razrede.

Aritmetička sredina 5. i 6. razreda je $0,79m$. Razlika aritmetičke sredine 5. i 6. razreda i stvarne vrijednosti je $0,79 - 0,72 = 0,07$. Postotak njihove pogreške je $0,07 : 0,72 = 0,097 = 9,7\%$. Aritmetička sredina 7. i 8. razreda je $0,89 m$. Razlika aritmetičke sredine 7. i 8. razreda i stvarne vrijednosti je $0,89 - 0,72 = 0,17$. Postotak njihove pogreške je $0,17 : 0,72 = 0,24 = 24\%$.

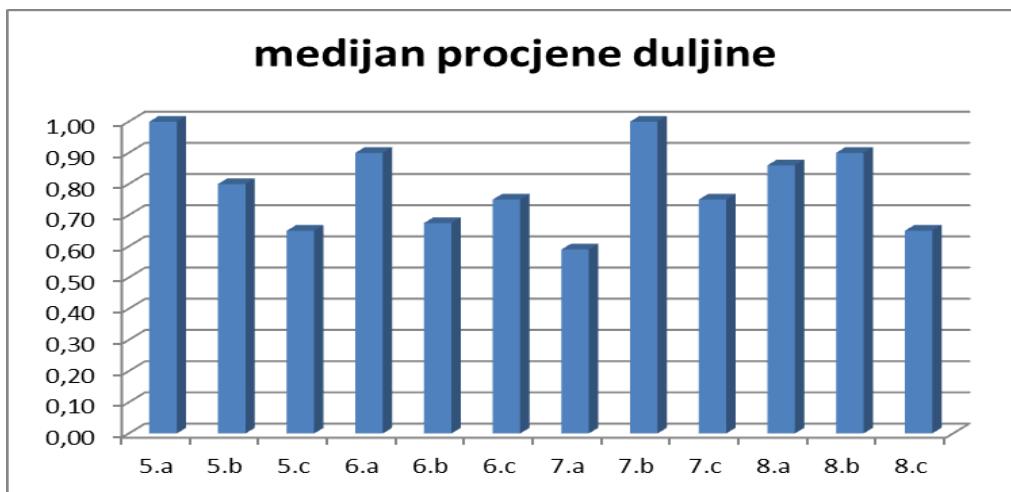


Grafikon 9. Grafički prikaz usporedbe aritmetičkih sredina procjene duljine za starije i mlađe učenike

Izračun medijana za procjenu duljine

Pronašla sam medijan procjene duljine za svaki razred posebno. Zatim izračunala razliku medijana i stvarne duljine za svaki razred.

Izračunala sam da medijan procjena duljine svih razreda zajedno i ona iznosi 0.8 m. Razlika medijana i stvarne vrijednosti svih razreda je $0.8 - 0.72 = 0.08$. Tako da postotak pogreške medijana u odnosu na točnu vrijednost iznosi $0.08 : 0.72 = 0.111 = 11.1\%$. Prema tome zaključujem da je razlika točne vrijednosti i medijana 11.1%.

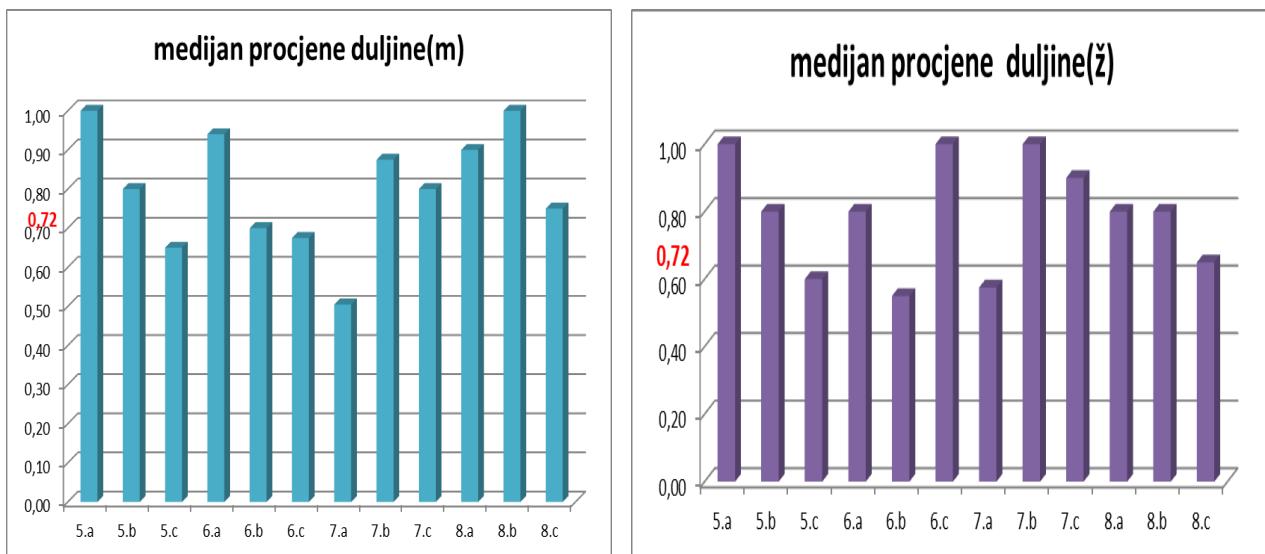


Grafikon 10. Grafički prikaz medijan po razredima za duljinu

Slijedi izračun medijana procjene duljine po spolu za svaki razred i razlika medijana i točne vrijednosti.

Medijan procjene duljina svih djevojčica je 0.8 m, a medijan procjene svih dječaka je isto 0.8 m. Razlika medijana procjene duljine i stvarne duljine kod dječaka i djevojčica iznosi isto $0.8 - 0.72$.

= 0.08. Tako da je postotak pogreške prema medijanu kod dječaka i djevojčica ista, iznosi $0.08 : 0.72 = 0.111 = 11.1\%$.



Grafikon 11. Grafički prikaz medijana procjena duljine po razredima po spolu.

Slijedi izračun medijana procjene duljine posebno za 5. i 6. razrede, a posebno za 7. i 8. razrede.

Medijan 5. i 6. razreda je 0,78 m. Razlika medijana i stvarne vrijednosti je $0,78 - 0,72 = 0,06$. Postotak njihove pogreške je $0,06 : 0,72 = 0,08 = 8\%$. Medijan 7. i 8. razreda je 0,81 m. Razlika medijana i stvarne vrijednosti je $0,81 - 0,72 = 0,09$. Postotak njihove pogreške je $0,09 : 0,72 = 0,125 = 12,5\%$. Zaključujem da mlađi uzrast prema medijanu bolje procjenjuje duljinu .

4 Zaključak

Medijan u ovom projektu procjene težine i duljine nije bio unutar 0,8 % stvarne vrijednosti. Medijan je dao točniji rezultat od aritmetičke sredine tj. bio je bliži stvarnoj vrijednosti osim kod procjene duljine kod djevojčica.

O težini:

Aritmetička sredina kod procjene težine izuzetno odstupa od stvarne vrijednosti kod svih dječaka (169.1%) i kod malo manje kod učenica (46.2%). Prema aritmetičkoj sredini bolje procjenjuju težinu stariji učenici.

Medijan procjene težine odstupa od stvarne vrijednosti 16 %. Prema medijanu podjednako procjenjuju težinu i djevojčice i dječaci, podjednako procjenjuju i mlađi i stariji uzrasti.

O duljini:

Aritmetička sredina procjene duljine svih učenika razlikuje se od točne vrijednosti 16,7 %. Djevojčice prema aritmetičkoj sredini procjenjuju duljinu bolje nego dječaci, a mlađi učenici bolje procjenjuju od starijih.

Prema medijanu djevojčice i dječaci procjenjuju duljinu podjednako, a mlađi uzrast bolje procjenjuje duljinu od starijeg uzrasta.

5 Zahvale

Zahvaljujem svim učenicima OŠ Čavle na suradnji i dobroj volji kod popunjavanja anketnih podataka i učiteljici Ljerki Linić za pomoć.

Literatura

- [1.] Wikipedija, https://sh.wikipedia.org/wiki/Mudrost_gomile
- [2.] James Surowiecki, Mudrost masa - zašto više ljudi zna i kako kolektivna mudrost utječe na poslovanje, privredu, društva i narode, PROFIL INTERNATIONAL, Zagreb, 2007.
- [3.] Zvonimir Šikić, Iva Golac – Jakopović, Milana Vuković, Luka Krnić, Učebnik i zbirka zadataka iz matematike za 7. razred, 1.dio, PROFIL, ZAGREB, 2016.

PROBLEM 6. JABUKE

Mara Paravić

Mentor: Vlatka Kirinčić Orbanić, prof.

1.razred, Prva riječka hrvatska gimnazija, Rijeka, Hrvatska

1 Uvod

Odabrala sam problem pod brojem 6 „ Jabuke-zašto kriške jabuke posmeđe nakon rezanja? Istražite brzinu ovog procesa i testirajte metode za sprječavanje ove pojave.“ Htjela sam utvrditi koliko vremena je određenoj vrsti jabuka potrebno da potamni te kako otopina u koju uronimo kriške jabuka utječe na brzinu reakcije. Odabrala sam četiri sorte jabuka (Jonagold, Granny Smith, Zlatni delišes i Braeburn) koji se mogu pronaći u trgovini te ih uronila u pet različitih otopina (voda, otopinu sode bikarbune, ocat, limunov sok i otopinu limunske kiseline) te na taj način pokušala pronaći rješenje problema saznavši u kojoj otopini jabuka najsporije tamni.

2 Teorijska razrada problema

2.1 Sastav jabuke

Zašto jabuke uopće posmeđe nakon što ih prerežemo? Jabuke sadrže fenole – to su skupine spojeva koji se sastoje od hidroksilne skupine (-OH) vezane izravno na aromatski ugljikovodik. Najjednostavniji je fenol (C_6H_5OH). Fenoli štite jabuku od gljivica i bakterija. Kada jabuku prerežemo, fenol dolazi u doticaj s kisikom iz zraka i enzimom pod imenom polifenol oksidaza. Reakcija koja se dogodila dovodi do stvaranja smeđeg pigmenta melanina. Stvara se također i netopljivi sloj koji usporava gljivičnu infekciju.

2.2 Enzimi

Proteini ili bjelančevine su najrašireniji spojevi u živim bićima, složenije su molekule od ugljikohidrata i lipida. Sve biološke vrste i jedinke razlikuju se po proteinima koje posjeduju.

Enzimi ili biokatalizatori su posebne vrste proteina koji su potrebni da bi se dogodila većina reakcija u živome svijetu. Neke se reakcije bez njih uopće ne bi mogle dogoditi, a neke bi bile toliko spore da se ne bi moglo odviti u uvjetima u kojima se odvija život. Enzimi ubrzavaju reakcije do milijun puta, pritom se ne trošeći i ne mijenjajući svojstva. Enzimi djeluju po principu ključ-brava, gdje razlikujemo aktivno i prijelazno mjesto. Aktivno mjesto je mjesto na koje se veže supstrat, a prijelazno mjesto je vezivanje supstrata na aktivno mjesto. Do reakcije u kojoj se stvori melanin dovodi spajanje enzimom polifenolom iz jabuke i drugim polifenolom.

2.3 Parametri

Parametre koje sam promatrala bili su vrsta otopine i vrijeme. Istražila sam brzinu intenziteta obojenja u destiliranoj vodi, otopini sode bikarbune, otopini limunske kiseline, limunovom soku i octu. Intenzitet obojenja uspoređivala sam s kontrolnim uzorkom (komadić jabuke koji nije uronjen u otopinu). Promatrala sam promjene u vremenskom razdoblju od trideset minuta i bilježila promjene svakih pet minuta.

3 Eksperimentalni postav

Na početku eksperimenta pripremila sam otopine. Iscijedila sam limune rukom te sam dobivenu tekućinu profiltrirala pomoću lijevka i filter papira kako bih se riješila koštica i ostalih krupnih čestica. Filtrat sam iskoristila kao prvu vrstu otopine za promatranje. Limunska kiselina i sodu bikarbonu otapala sam do pojave taloga, odnosno dok otopina nije postala zasićena. Destiliranu vodu i alkoholni otac samo sam natočila u zdjelice. Izmjerila sam pH svake otopine pH metrom (Hanna instruments: Checker, portable pH meter).

Za ovaj eksperiment koristila sam male bijele plastične zdjelice u koje sam stavila tvari i promatrala promjene. Odabrala sam bijele zdjelice i bijelu podlogu zbog bolje vidljivosti obojenja i lakšeg uočavanja promjena.

Koristila sam nožić da bih odrezala kriške jabuka te pincetu kako bih mogla staviti jabuke u zdjelice.

Za mjerjenje vremena koristila sam štopericu na mobitelu, a mobitel sam koristila i za fotografiranje.

Na Slici 1 je prikazan eksperimentalni postav na početku eksperimenta, odnosno u trenutku kada u promatrane otopine još nisam stavila narezane kriške jabuka.



Slika 1. Eksperimentalni postav

4 Metode i mjerene

U ovom eksperimentu promatrala sam i mjerila tri stvari: vrijeme, intenzitet obojenja te pH otopine. Najprije sam izmjerila pH svake otopine te sam dobila sljedeće rezultate: destilirana voda- 7,00, otopina limunske kiseline- 1,65, limunov sok-2,02, ocat- 2,85 te otopina sode bikarbune- 8,01. Nakon dobivenih rezultata pretpostavila sam da je pH razmjeran intenzitetu obojenja, odnosno što je manji pH, intenzitet obojenja biti će manji te što je pH veći, to će intenzitet obojenja biti veći. Da bih čim točnije prikazala intenzitet obojenja odlučila sam napraviti skalu od 0-5 u kojoj brojevi označavaju sljedeće:

- 0-nema obojenja
- 1-vrlo slabo obojenje
- 2-slabo obojenje
- 3-umjereno obojenje
- 4-jako obojenje
- 5-vrlo jako obojenje.

Odlučila sam fotografirati promjene svakih pet minuta. To sam učinila mobitelom. Vremenski interval od pet minuta bio je idealan jer su promjene u manjem vremenskom intervalu bile gotovo neznatne, a u svakom većem intervalu promjene bi bile prevelike te bi promatranje trajalo predugo. Odlučila sam se se promatrati jabuku unutar trideset minuta jer nakon tog vremena, intenzitet se ne bi mijenjao.

Kontrolni uzorak je uzorak koji je oslobođen utjecaja otopina i ima ulogu kontrole važnosti utjecaja one tvari čiji se utjecaj istražuje. Moj kontrolni uzorak bila je kriška jabuke koju sam pincetom stavila u praznu plastičnu zdjelicu, odnosno u onu u kojoj nije bila niti jedna otopina. Ona je bila u dodiru s kiskom iz zraka pa je moja pretpostavka bila da će upravo ona postići najveći intenzitet obojenja.

5 Rezultati i rasprava

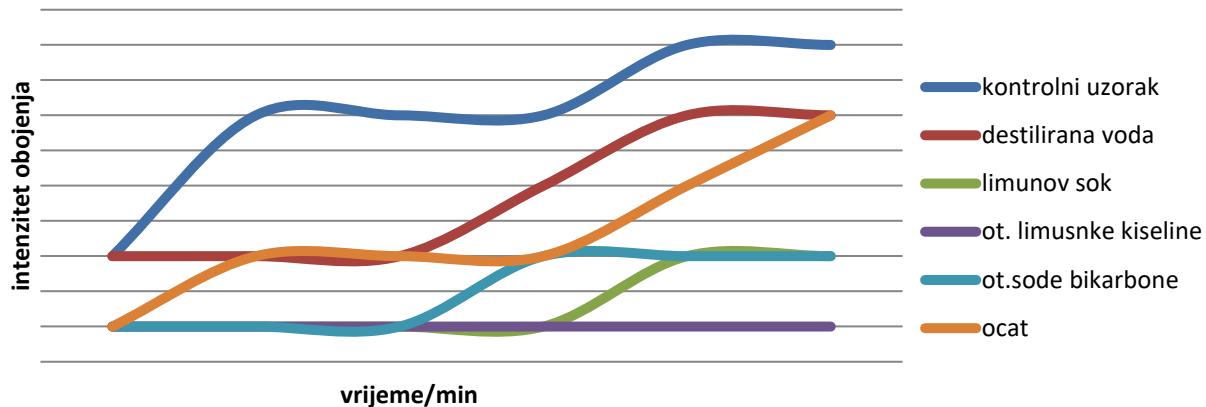
Obzirom da sam eksperiment provodila na četiri vrste jabuka, rezultati su se nešto razlikovali jedni od drugih, stoga sam odlučila ovo poglavlje podijeliti u potpoglavlja obzirom na vrstu jabuke.

5.1 Jonagold

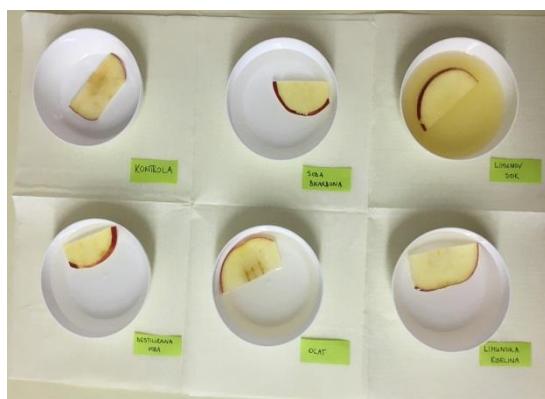
Na ovoj vrsti jabuka najveće obojenje, kao što je i pretpostavljeno, postigla je kontrolna grupa, dok jedino jabuka uronjena u otopinu limunske kiseline nije bila obojena ni nakon trideset minuta. Uz pomoć grafičkog prikaza lakše nam je razumjeti promjene.

Kod ove vrste jabuke u prvih pet minuta samo su kontrolna grupa i jabuka u destiliranoj vodi postigle vrlo slabo obojenje. Nakon deset minuta zamijetila sam promjene i u octu. Jabuka u

limunovom soku vrlo slabo se obojila tek u dvadesetpetoj minuti i takva je ostala do kraja mjerjenja. Grafovi ostalih jabuka u otopinama ostali su pravilni.



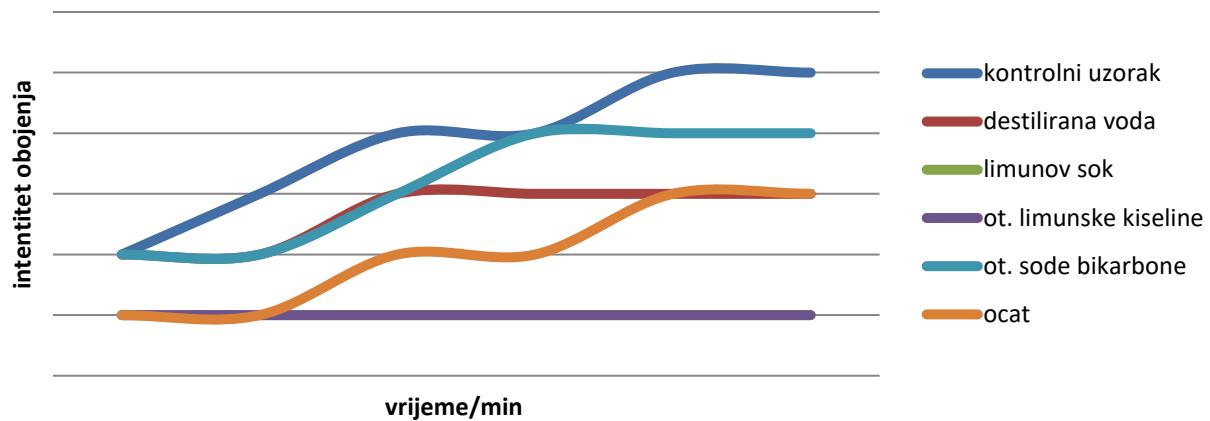
Grafički prikaz 1. Intenzitet obojenja jabuke vrste Jonagold u različitim otopinama



Slika 2. Jabuka vrste Jonagold nakon trideset minuta u različitim otopinama

5.2 Granny Smith

Ova vrsta jabuke pokazala je neke razlike obzirom na Jonagold. Opću pozvati na Grafički prikaz 2. zbog jednostavnijeg praćenja. U ovome slučaju u prvih pet minuta vrlo slabo obojenje postigla je kontrolna grupa, kriške jabuka u destiliranoj vodi te otopini sode bikarone. Graf tih skupina također je bio poprilično pravilan. Kontrolna grupa postigla je najveće obojenje (jako), jabuka u destiliranoj vodi obojila se je slabo, a u sodi bikarboni umjereno. Jabuke u octu, boju su promijenile tek u petnaestoj minuti te su postigle slabo obojenje. Jabuke ove vrste uronjene u limunov sok i u otopinu limunske kiseline nisu se uopće obojile.



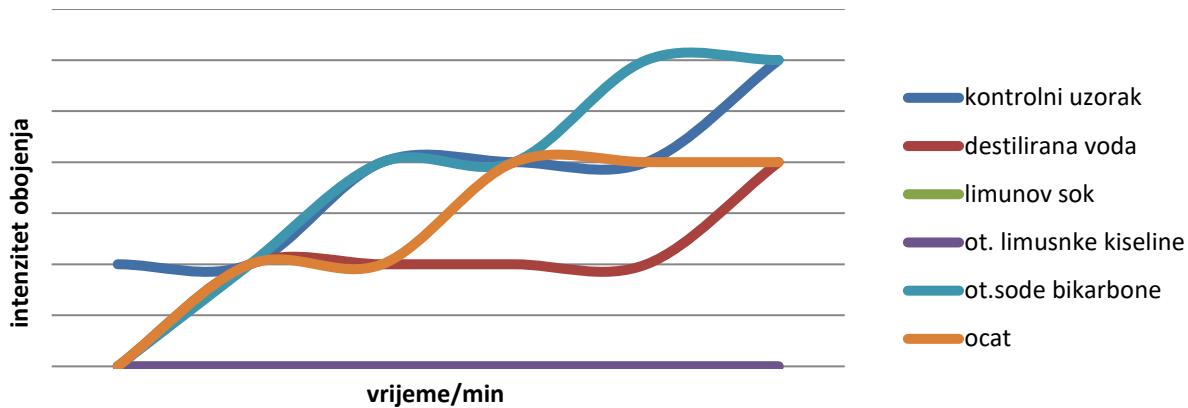
Grafički prikaz 2. Intenzitet obojenja jabuke vrste Granny Smith u različitim otopinama



Slika 3. Jabuka Granny Smith nakon trideset minuta u različitim otopinama

5.3 Zlatni delišes

Jabuka vrste Zlatni delišes pokazala je vrlo slične rezultate ako je uspoređujemo s jabukom vrste Granny Smith. U svakoj otopini maksimalno obojenje bilo je jedanko kao i s prethodnom jabukom, osim kontrolne grupe. Kontrolna grupa dosegla je umjereno obojenje. Samo se je kontrolna grupa obojila u prvih pet minuta i to vrlo slabo, dok su jabuke u drugim otopinama ostale neobojane. Jabuke u destiliranoj vodi bile su vrlo slabo obojene do tridesete minute kada sam zamijetila slabo obojenje. Jabuke u limunovom soku i otopini limunske kiseline ostale su neobojane. Kao i za ostale jabuke, i za ovu vrstu jabuke izradila sam grafički prikaz.



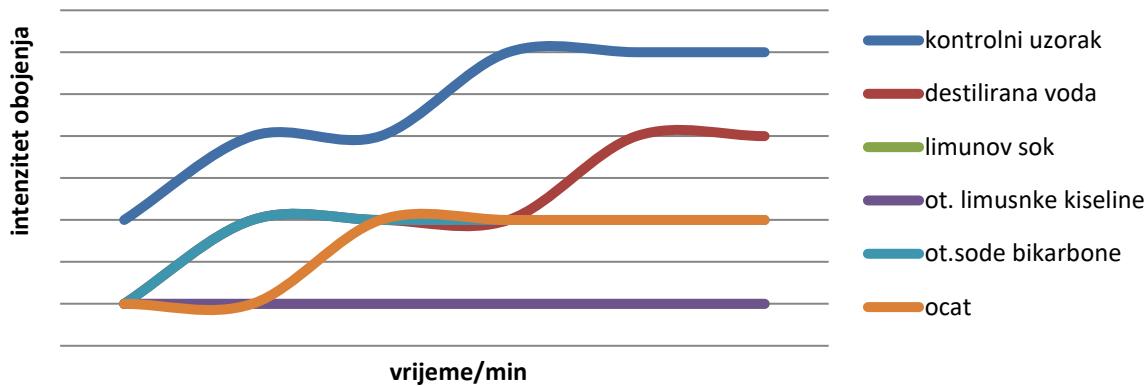
Grafički prikaz 3: Intenzitet obojenja jabuke vrste Zlatni delišes u različitim otopinama



Slika 4. Jabuka Zlatni delišes nakon trideset minuta u različitim otopinama

5.4 Braeburn

Ova jabuka pokazuje neke sličnosti, ali uočavam i neke razlike u odnosu na prethodne. Kontrolna grupa postigla je maksimalno obojenje koje je bilo umjereno, a isto toliko obojenje imala je i jabuka u otopini sode bikarbune. Jabuke uronjene u destiliranu vodu i ocat postigle su slabo obojenje, a jabuke u limunovom soku i otopini limunske kiseline nisu se obojile. Grafički prikaz 4. prikazuje obojenje jabuka u određenoj otopini.



Grafički prikaz 4: Intenzitet obojenja jabuke vrste Zlatni delišes u različitim otopinama



Slika 5. Jabuka Braeburn nakon trideset minuta u različitim otopinama

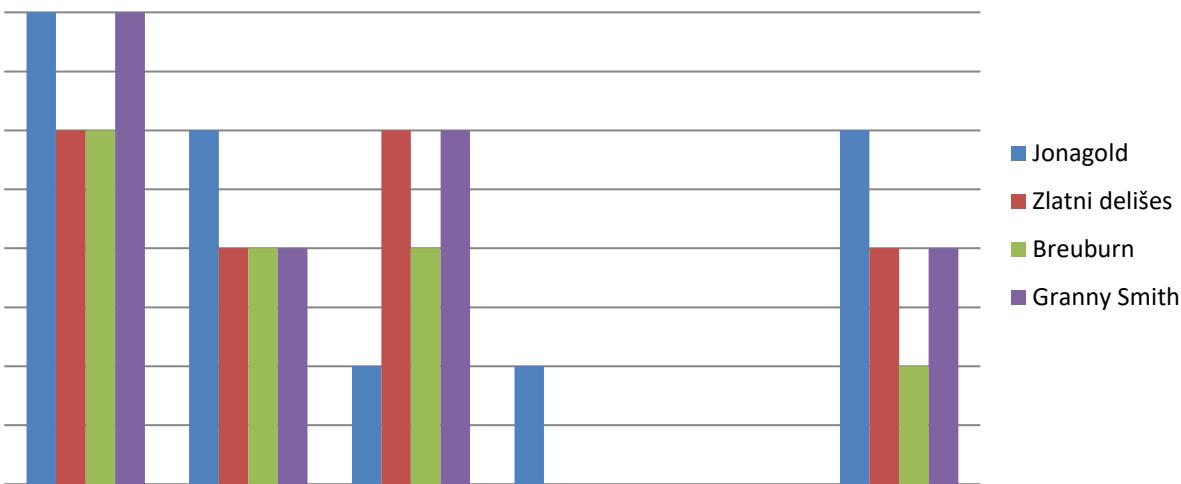
6 Zaključak

Ovim eksperimentom potvrdila sam svoju pretpostavku da je pH razmjeran s intenzitetom obojenja, što je bio viši pH obojenje je bilo jače. Osim pH na obojenje je utječe i izostak kisika iz zraka koji u dodiru s polifenol oksidazom uzrokuje tamnjenje jabuke. Niti jedna vrsta jabuke u limunovom soku i otopini limunske kiseline koji su imali nizak pH nije postigla obojenje. Jabuke u destiliranoj vodi čiji je pH 7,00 nisu se jednako obojile zato što nisu bile u dodiru s kisikom iz zraka koji uzrokuje obojenje jabuka. Kontrolna grupa postigla je najveći intenzitet obojenja upravo zato što je bila u dodiru s kisikom iz zraka. Mislim da bi za daljnje istraživanje bilo zanimljivo istražiti kako promjena temperature utječe na brzinu obojenja. Također se ovo istraživanje može nastaviti na istraživanje količine polifenola u jabukama.

Stoga, ako želite zaustaviti tamnjenje vaših jabuka možete nakapati limunovog soka.

U nastavku se nalazi grafički prikaz intenziteta obojenja svake vrste jabuka nakon trideset minuta u određenoj otopini. Broj jedan je kontrolna skupina, broj dva destilirana voda, broj tri

otopina sode bikarbone, broj četiri limunov sok, broj pet otopina limunske kiseline, a broj šest ocata.



Grafički prikaz 5. Intenzitet obojenja pojedinih vrsta jabuka u svim
otopinama nakon 30 minuta

Literatura

Većinu informacija koje su mi bile potrebne pronašla sam na internetu, ali neke informacije pronašla sam i u udžbenicima.

- [1] <http://www.znanostblog.com/zasto-jabuke-postanu-smede-nakon-sto-ih-prerezemo/>
- [2] <https://fi.wikipedia.org/wiki/Fenoli>
- [3] Bogut, Đumlija, Lukačević, Marceljak Ilić: Biologija 1, 2014., 1. Izdanje
- [3] George Mateljan: Najzdravije namirnice svijeta, 2009, Profil

PROBLEM 6. JABUKE

Marta Modrušan

Mentor: Olivera Tadić, prof.

1. razred, Srednja škola Mate Blažine, Labin, Hrvatska

1 Uvod

Why do apple slices turn brown after being cut? Investigate the speed of this process and test methods to prevent browning of apple slices.

Zadatak traži da se istraži brzina procesa posmeđivanja jabuka te da se testiraju metode za sprječavanje te pojave.

Cilj pokusa je istražiti utjecaj različitih čimbenika na stupanj posmeđivanja kriški jabuke.

2 Teorijska podloga

2.1 Zašto dolazi do posmeđivanja

Uzrok posmeđivanja jabuke na sobnoj temperaturi, nakon nekog vremena, krije se u biokemijskim procesima koji se zbivaju na staničnoj razini. Jabuke sadrže fenole, kemikalije koje ju štite od gljivica i bakterija. Kada je voće oštećeno, fenol dolazi u doticaj s zrakom i enzimom kojeg nazivamo polifenoloksidaza. Kombinirana reakcija stvara smeđi pigment melanin te dolazi do kreiranja netopljivog sloja koji usporava gljivičnu infekciju.

Pri guljenju i rezanju voća i povrća te nagnjećenju i smrzavanju narušava se stanična struktura i omogućava kontakt polifenoloksidaze s kisikom iz međustaničnog prostora, što uzrokuje posmeđivanje. Reakcija se zbiva u rasponu pH-vrijednosti od 5 do 7 pri blago povišenim temperaturama. U prisutnosti iona željeza ili bakra reakcija se može dodatno ubrzati, primjerice, rezanjem voća zahrdalim nožem ili u dodiru s ostacima pesticida. Navedeni biokemijski proces može prouzročiti znatnu ekonomsku štetu smanjujući rok trajanja oštećenom voću i povrću nakon branja.

2.2 Koji su načini sprječavanja posmeđivanja

Načini smanjenja tamnjjenja jabuke su limunska i alkoholna octena kiselina koje smanjenjem pH-vrijednosti usporavaju reakciju posmeđivanja. Namakanjem voća i povrća u vodi se privremeno sprječava kontakt kisika s biljnim tkivom. Zagrijavanjem se inaktivira enzim, ali i onemogućava održavanje voća i povrća svježim.

3 Pribor i materijal

Potrebno mi je bilo 5 kriški jabuke. Koristila sam sortu zlatni delišes. Jabuku sam ogulila i porezala pomoću noža, a masu sam izmjerila kuhinjskom vagom.

Za metode sprječavanja posmeđivanja kriški jabuka koristila sam vodenu otopinu limunske kiseline, alkoholnu 9% octenu kiselinu, destiliranu vodu te lončić i štednjak na kojem sam krišku jabuke zagrijavala. Prilikom izvođenja pokusa potrebna mi je bila, mjerica, 5 čaša, viljuške, pinceta i papirnati ubrus na kojeg sam odložila kriške.



Slika 1. Potreban pribor i materijal

4 Opis pokusa

Prije izvođenja pokusa zabilježila sam temperaturu prostorije koja je iznosila 21°C.

Prvo sam ogulila i izrezala jabuku te dobila 5 kriški. Svaku krišku sam izvagala na kuhinjskoj vazi.

Masa jedne kriške jabuke iznosila je 15 grama.

Jednu krišku jabuke ostavila sam kao kontrolni uzorak.

Prvu krišku jabuke sam pirjala u 20 ml vode, 5 minuta. Krišku sam stavila u prvu čašu.



Slika 2. Vaganje kriške jabuke



Slika 3. Kriška jabuke prije pirjanja



Slika 4. Kriška jabuke nakon 4 minute pirjanja

U drugu čašu sam stavila otopinu limunske kiseline i u nju pomoću pincete uronila novu krišku jabuke. U trećoj čaši je kontrolni uzorak. U četvrtu sam čašu stavila 100 ml alkoholne octene kiseline i u nju uronila krišku jabuke. U posljednju čašu stavila sam 100 ml destilirane vode i krišku jabuke.



Slika 5. Jabuke koje se namaču

Pustila sam kriške da se namaču 1 minutu. Kako bi ostale uronjene u vodu cijelom površinom, pomogla sam se viljuškama. Nakon 1 minute izvadila sam ih pincetom i poredala na papirnatni ubrus. Promatrala sam promjene svakih 10 minuta.



Slika 6. Kriške jabuka na početku (Kriška 1. – pirjana jabuka, kriška 2. - jabuka u otopini limunske kiseline, kriška 3. – jabuka u alkoholnoj octenoj kiselini, kriška 4. – jabuka u destiliranoj vodi, kriška 5. – kontrolni uzorak)



a) nakon 10 min



b) nakon 20min



c) nakon 30 min



d) nakon 40 min



e) nakon 50 min



f) nakon 60 min

Slika 7. Kriške jabuka kroz 60 min

5 Rezultati

Stupnjevi tamnjenja:

- 1 Posmeđivanje nije prisutno
- 2 Jako blago posmeđivanje ili male smeđe mrlje
- 3 Blago posmeđivanje
- 4 Malo jače posmeđivanje
- 5 Jako posmeđivanje

Tablica 1. Tamnjenje krišaka jabuka prema stupnjevima tamnjenja

vrijeme/min	Uzorak 1. pirjana jabuka	Uzorak 2. limunska kiselina	Uzorak 3. 5% alkoholna octena kiselina	Uzorak 4. destilirana voda	Uzorak 5. kontrolni
0	2	1	1	1	2
10	2	1	2	1	2
20	2	1	3	2	2
30	2	1	4	2	3
40	2	1	4	3	3
50	2	1	4	3	3
60	2	1	5	3	3

6 Rasprava

Voće sam gulila i rezala pa je naravno počelo tamniti. Kriške su sporo dobivale smeđu boju, vjerojatno zbog relativno niske temperature prostorije.

Uzorak 1: Pirjana kriška jabuke je omekšala i malo posmeđila. Uzorak kasnije uopće nije mijenjao boju i jer je enzim bio inaktiviran.,

Uzorak 2: Kriška jabuke koju sam namakala u limunskoj kiselini nije nimalo posmeđila i nije bilo vidljivih smeđih mrlji.

Uzorak 3: Kriška jabuke koju sam namakala u jabučnoj octenoj kiselini postepeno je dobivala smeđe mrlje, a na kraju je bila potpuno prekrivena smeđom bojom.

Uzorak 4: Kriška jabuke koju sam namakala u destiliranoj vodi privremeno je spriječila posmeđivanje, no kasnije su se pojavile smeđe mrlje.

Uzorak 5: Kontrolni uzorak je posmeđivao sporo, no na kraju su bile vidljive smeđe mrlje.

Očekivala sam da će pirjana jabuka ipak posmeđiti s vremenom, te da će alkoholna octena kiselina također kao i limunska inaktivirat enzim te da će posmeđivanje biti prekinuto. Očekivala sam da će kontrolni uzorak brže tamniti, a prepostavila sam da će uzorak u otopini limunske kiseline iznimno sporo tamniti. Za uzorak u destiliranoj vodi sam mislila da će potamniti već nakon par minuta.

7 Zaključak

Najviše je potamnio uzorak jabuke koji se namakao u jabučnom octu, dok je najmanje potamnio onaj u limunovom soku. Limunov sok smanjio je pH – vrijednost te nije došlo do posmeđivanja i aktivacije enzima polifenoloksidaze. Pirjana kriška jabuke je odmah posmeđila zbog izlaganja visokoj temperaturi, no kasnije se enzim inaktivirao. Destilirana voda nakratko sprječava posmeđivanje jabuke, no ubrzo je ponovo opet prisutno. Dakle, enzim polifenoloksidaza se inaktivira limunovim sokom i zagrijavanjem, no aktivira se jabučnom octenom kiselinom, destiliranom vodom i pri blago povišenim temperaturama. Kako bi spriječili oksidaciju, možemo staviti nekoliko kapi limuna na presječeni dio jabuke. Kiselina inhibira polifenol oksidazu i sprječava formiranje smeđeg sloja.

Literatura

- [1] <http://www.serouseats.com/2015/09/how-to-prevent-apple-pear-browning.html>
- [2] <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/disanje-ubranih-plodova-voca-i-povrca>
- [3] <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/biljni-pigmenti>
- [4] <http://www.znanostblog.com/zasto-jabuke-postanu-smede-nakon-sto-ih-prerezemo/> https://tkojetko.irb.hr/documents/13794_178.pdf

PROBLEM 10. RIJKEOVA CIJEV

Andrej Todić

Mentor: Aziz Oračević, prof.

Škola: Osnovna škola Veli Vrh, Pula

1 Uvod

Prije nego što sam se uopće prijavio na Hrvatski turnir mladih prirodoslovaca otišao sam na službenu stranicu natjecanja i pronašao koji su ponuđeni zadaci i razmotrio ih. Ukupno ih je bilo sedamnaest i pročitao sam opis svakog zadatka. Primijetio sam da su zadaci obuhvaćali niz različitih znanstvenih područja i većina je bila vrlo interesantna. Nakon nekog vremena odlučio sam se za jedan zadatak i odabrao sam problem Rijkeove cijevi. Zadatak glasi ovako: "Ako zagrijavamo zrak u vertikalnoj cilindričnoj cijevi otvorenoj na oba kraja, cijev proizvodi zvuk. Proučite tu pojavu."

Odabrao sam ovaj zadatak ne samo iz razloga jer mi je bio zanimljiv, već mi je bio i nepoznat. Nikada na nastavi u školi, pa čak ni na dodatnoj nastavi, nismo razgovarali s profesorom o pojmu "Rijkeove cijevi" tako da nisam mogao ni znati išta o njemu bez istraživanja ili čitanja opisa zadatka. Opis zadatka je razjasnio većinu stvari o kojima sam razmišljao, ali ja i dalje nisam znao mnogo o tome kako će napraviti pokus.

O termodinamici sam prije početka eksperimenta poznavao samo osnove, ali bio sam uvjeren da to nije dovoljno da istinski shvatim eksperiment. Trebao sam pronaći način da naučim više o tome kako bih to mogao objasniti u svom radu i kako bih proširio svoje znanje. Pronašao sam nekoliko knjiga o termodinamici i strojarstvu. To je točno što mi je trebalo. Uz znanje koje sam već imao i ono koje sam dobio čitajući literaturu bio sam sposoban osmisliti i provesti eksperiment. Tako sam to i napravio i uz to sam napisao ovaj rad.

Moj rad podijeljen je u dva dijela. Prvi dio je teorijski i on obuhvaća znanja koja ja smatram da nisu važna samo za provođenje eksperimenta, već kao opće činjenice koje je korisno znati. U praktičnom dijelu zadatak je proveden, i posljedice eksperimenta su objašnjene. Na kraju praktičnog dijela nalaze se izvori u kojima sam pronašao neke neizostavne informacije i pojedinosti.

2 Teorijski dio

Moj praktični rad kojeg će kasnije objasniti obuhvaća znanja iz područja topline i zvuka. U sljedećim odlomcima obrazložit ću što je potrebno znati za toplinu i zvuk za razumijevanje eksperimenta "Rijkeove cijevi". Nazvan je po nizozemskom znanstveniku kojemu je ime bilo P. L.

Rijke. On je 1859. godine po prvi put izveo pokus dok je radio kao profesor fizike na sveučilištu Leiden.

2.1 Unutrašnja energija

Unutrašnja energija je naziv za zbroj različitih oblika energije (toplinska, kemijska, ...). Oblici unutarnje energije mijenjaju se ovisno o promjeni osnovnih parametra tlaka, jediničnog volumena i temperature. Promjena unutrašnje energije ovisi o početnom i završnom stanju osnovnih parametara.

U toplinskim i rashladnim uređajima uzima se u obzir energija predana toplinskim gibanjem molekula. Ukupnu energiju čine kinetička energija koja ovisi samo o temperaturi i potencijalnoj energiji koja ovisi o udaljenosti između molekula. Udaljenost između molekula određena je volumenom plina. Za ovaj slučaj vrijedi jednadžba:

$$u = f(p, T)$$

U slučaju idealnih plinova koji nemaju međumolekularne sile privlačenja i odbijanja, jednadžba je drukčija. Idealni plinovi imaju vrlo malu gustoću iako njihove molekule imaju neizmjerno mali volumen. Zbog velikog prostora između molekula, potencijalna energija je zanemariva. Jednadžba za unutarnju energiju idealnih plinova glasi:

$$u = f(T)$$

Promjene unutarnjih energija pišu se u obliku:

$$\Delta u = u_2 - u_1 \text{ za promjenu unutarnje energije u procesima}$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 \text{ za promjenu ukupne unutarnje energije}$$

2.2 Toplina

Toplina je mjera količine energije predane s jednog tijela na drugo. Uvijek prelazi s tijela s većom temperaturom na tijelo s manjom temperaturom. Ne može doći do izmjene topline ukoliko ne postoji razlika temperature između dva tijela. Do izmjene dolazi isijavanjem ili neposrednim dodirom tijela. Ako se energija dovodi radnom mediju u obliku topline, naziva se dovedena toplina, a u slučaju da se odvodi sa radnog medija, nazive se odvedena toplina. Promjenom topline radnog medija mijenja se i temperatura. Omjer dovedene ili odvedene topline i promjene temperature naziva se specifični toplinski kapacitet. Znanstvena disciplina koja proučava toplinu i kretanje topline naziva se termodinamika.

2.3 Zvuk

Zvučni val predstavlja širenje mehaničkih titraja malih amplituda elastičnom sredinom. Povećanjem amplitude zvuk se pojačava, a njezinim smanjenjem zvuk se stišava. Širenjem zvučnog vala može doći do promjene tlaka i gustoće elastične sredine, promjene brzine čestice i

njezinog pomaka iz položaja ravnoteže. Po broju titraja u jednoj sekundi može se odrediti frekvencija zvuka. Izražava se u hercima (Hz). Ljudsko uho može čuti zvukove frekvencija između 20 Hz i 16000 Hz. Zvukovi koji imaju frekvenciju manju od 20 Hz pripadaju području infrazvuka. Najbolji primjer infrazvuka su valovi na vodi. Zvukovi koji imaju frekvenciju višu od 16000 Hz pripadaju skupini ultrazvuka. Takve zvukove proizvode neki kukci i određena vrsta električnih generatora.

Postoji više vrsta zvučnih valova. Jednu od njih čine transverzalni valovi. Oni se ponekad pojavljuju u čvrstim tijelima i čestice čvrstih tijela titraju okomito na smjer rasprostranjivanja vala. Druga vrsta valova su longitudinalni valovi. Najčešće se pojavljuju u tekućinama i plinovima i uzrokuju titranje čestica elastične sredine u smjeru kretanja vala. Treću vrstu čine stojni valovi, a četvrtu čine progresivni. Stojni valovi nastaju zbrajanjem dvaju valova iste valne duljine i frekvencije te su posebno važni za ovaj eksperiment.. Znanstvena disciplina koja proučava nastajanje, širenje i osjet zvuka naziva se akustika.

Zvuk nastaje u tijelu koje titra. To tijelo naziva se izvorom zvuka. Najjednostavnije titranje izvora je harmonično titranje. Okolina ga prigušuje smanjivanjem amplituda zvučnih izvora. Čak i uz malo prigušenje amplituda titranja može se uvelike smanjiti. Postoji mnogo različitih primjera izvora zvuka. Neki od njih su:

- napeta žica ili struna
 - glazbena vilica
 - električni štap
 - membrana
-
- titraju transverzalno
- mogu titrati transverzalno i longitudinalno

Izvor zvuka koji titra prenosi titraje na okolinu. Širenjem titraja mogu se pobuditi drugi mirni izvori. Pojava širenja titraja na različite izvore zove se akustična rezonanca. Svaki izvor zvuka ima svoju osnovnu frekvenciju. To je najniža moguća frekvencija titranja stojnog vala u izvoru. Ako je miran izvor pobuđen tako da titra svojom osnovnom frekvencijom, titrat će intenzivnije.

Svaki zvučni val ima određenu razinu intenziteta. Drugo ime za tu razinu je glasnoća. Izražava se u mjernej jedinici belu, ali mnogo češće se upotrebljavaju deset puta manje mjerne jedinice decibeli.

Kako se zvučni val širi elastičnom sredinom, njegova zvučna energija se gubi pretvaranjem u druge oblike energije, ponajviše u toplinsku energiju. Navedena pojava naziva se slabljenje ili

atenuacija zvuka. Količina pretvorene energije ovisi o sastavu elastične sredine. Zbog toga je doseg zvučnih signala u vodi veći od dosega u zraku.

3 Praktični dio

Moja prepostavka za ovaj pokus odnosi se na odnos udaljenosti čelične mrežice od kraja cijevi koji se zagrijava na plamenu, frekvencije i jačine zvuka. Mijenjanjem udaljenosti (pomicanjem mrežice) frekvencija i glasnoća zvuka bi se trebale mijenjati. Ovu prepostavku kasnije sam provjerio eksperimentom.

Kao što sam i naveo u uvodu, upute za izvođenje eksperimenta bile su "Ako zagrijavamo zrak u vertikalnoj cilindričnoj cijevi otvorenoj na oba kraja, cijev proizvodi zvuk. Proučite tu pojavu." To znači da sam morao izraditi cijev koja bi to zbilja napravila. Sam opis nije bio dovoljan jer su cijevi nedostajale još neke pojedinosti za koje sam saznao istraživanjem o cijevi i razmišljanjem što će nabaviti. Većinu pribora zapravo nisam ni trebao nabaviti. Prije i za vrijeme izvođenje eksperimenta fotografirao sam nekoliko fotografija mobilnim telefonom. Sve fotografije snimljene su na Samsung Galaxy A5.

3.1 Potreban pribor i materijali

- aluminijска cijev duljine 80 cm i promjera 3,5 cm
- smotuljak čelične mrežice
- plastični štap
- škare
- papir (A4 format)
- vodootporni flomaster
- metar
- upaljač
- plinski plamenik

Zaključio sam da cijev mora biti promjera 3,5 cm kako bi ju sav plamen plinskog plamenika mogao zagrijati iznutra. Odlučio sam se za aluminij kao materijal od kojeg će biti građena jer pokus najbolje uspijeva ako je cijev građena od metala i jer aluminij ima manju masu od ostalih. Pri prijenosu cijevi više bih energije trebao upotrijebiti za nošenje da je građena od željeza nego aluminija.

3.2 Izrada aparature

Prvo sam uzeo plastični štap koji će služiti prilikom postavljanja mrežice unutar aluminijске cijevi. Pomoću metra sam na njemu izmjerio udaljenost od 20cm. To mjesto označio sam crtom koju sam povukao vodootpornim flomasterom.

Zatim sam izrezao škarama kružni oblik mrežice tako da je polumjer veći od polumjera aluminijске cijevi. Pripomogao sam si flomasterom za označavanje.

Sljedeći problem bilo je stavljanje dijelova čelične mrežice u aluminijsku cijev. Nije smjela biti postavljena preduboko, a udaljenost između mjesta postavljanja i kraja cijevi bila je oko dvadeset centimetara. Taj problem riješio sam vrlo jednostavno. Posložio sam komadiće čelične mrežice jednog na drugi i uzeo plastični štap. Prihvatio sam ga tako da je strana na kojoj se nalazila oznaka bila smještена prema dijelovima čelične mrežice. Postavio sam ih na otvor cijevi i oblikovao tako da nema pukotina između njihovih rubova i stjenke aluminijске cijevi. Tada sam ih pomoću plastičnog štapa ugurao u cijev. Gurao sam sve dok se oznaka na štapa nije podudarila sa krajem cijevi. Kad se to dogodilo izvadio sam plastični štap, a dijelovi čelične mrežice zbog trenja su ostali unutar cijevi i nisu se pomicali.



Slika 1. Izrada aparature

Pripremio sam cijev, upaljač i plamenik za nastavak pokusa. Aluminijsku cijev sam položio uspravno. Upaljačem sam pokrenuo plamen na plinskom plameniku i plamen se nastavio. Cijev sam neko vrijeme držao iznad plamenika

3.3 Zapažanja

Nakon kraja postavljanja eksperimenta i za vrijeme izvođenja glavnog dijela primijetio sam jednu vrlo važnu promjenu. Zagrijavanjem aluminijске cijevi ona počela je proizvoditi zvuk. Zvuk je bio visoke frekvencije. Čim bih maknuo cijev sa plamenika, zvuk bi se još neko vrijeme čuo, a

onda bi nestao. Mogao sam mijenjati frekvenciju zvuka pomicanjem cijevi gore - dolje u odnosu na plamenik.

4 Objasnjenje pokusa

Stavljanjem plamenika na kraj aluminijске cijevi zagrijava se zrak unutar cijevi. Za zrak se može primijeniti jedno svojstvo idealnih plinova. Idealni plin je plin u kojem ne dolazi do međudjelovanja molekula. Iako su idealni plinovi samo teoretski zamišljeni i zrak ne pripada toj skupini, to pravilo može se primijeniti i na njega. Zove se jednadžba stanja idealnih plinova i ona glasi ovako:

$$p \cdot V = G \cdot R \cdot T$$

Za tu jednadžbu vrijedi:

p = apsolutni tlak [Pa, N / m²]

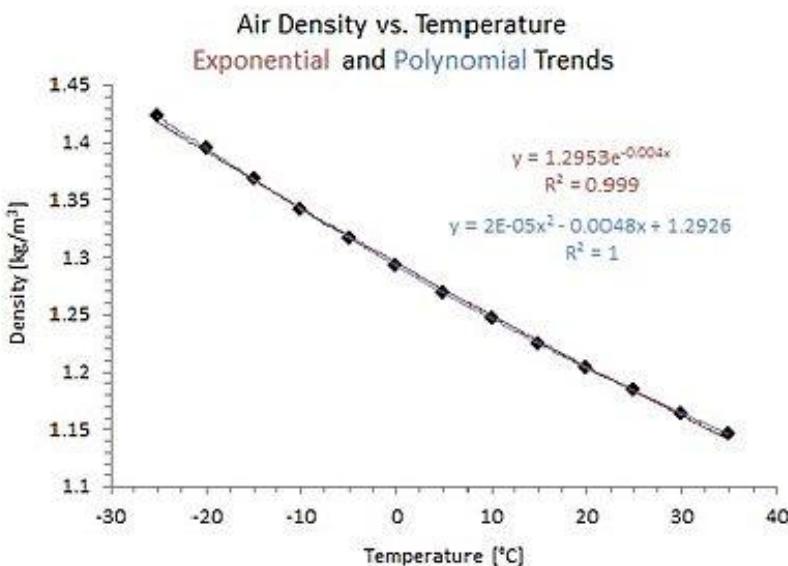
V = volumen idealnog plina [m³]

G = masa idealnog plina [kg]

R = plinska konstanta [J / (kg · K)]

T = apsolutna temperatura [K]

Pomoću jednadžbe stanja idealnih plinova možemo matematički prikazati toplinsko širenje zraka. Masa i plinska konstanta zraka nikad se ne mijenjaju. Primjenom na eksperiment vidi se da je apsolutni tlak izvan cijevi i unutar cijevi jednak prije zagrijavanja, a nakon zagrijavanja razlika tlakova je zanemariva. Nakon toga ostaju samo volumen i apsolutna temperatura idealnog plina. Iz jednadžbe se može dokučiti da su volumen i temperatura međusobno proporcionalne veličine. Povećanjem temperature povećava se volumen zraka. Iz toga se može izvesti da se gustoća smanjuje porastom temperature zraka.



Slika 2. Ovisnost gustoće zraka o temperaturi [4.]

Prijelaz toplinske energije sa zraka unutar cijevi koji je zagrijavan na onaj koji nije može se izraziti pojmom koji se naziva konvekcija ili strujanje. To je jedan od najvažnijih načina prijelaza topline i vrlo je čest kod razmjene topline tekućina i plinova. Njihov skupni naziv je fluidi tako da toplinska energija prelazi s jednog fluida na drugi konvekcijom. Postoje dva oblika tog prijelaza. To su prirodna ili slobodna te prisilna ili prinudna konvekcija. Kad se događa prirodna, zrak na dnu cijevi se zagrijava i smanjuje mu se gustoća. Čestice postaju lakše i dižu se uvis. Njihovo gibanje unutar cijevi potiče strujanje i izmjenu topline. Prisilna konvekcija koje nema u eksperimentu nastaje podržavanjem strujanja zraka drugim sredstvom. To sredstvo može biti ventilator, pumpa, vjetar, ... Ponekad postoje slučajevi u kojima se događaju oba dva oblika istovremeno. To se zove mješovita konvekcija. Sva tri oblika imaju nešto zajedničko. Čestice fluida (u ovom slučaju zraka) kreću se od stjenke aluminijске cijevi do sredine struje. Na stjenki se zagrijavaju i odlaze u sredinu struje gdje se hlađe i ponovno vraćaju na stjenku cijevi. U mojojem eksperimentu događa se prirodna konvekcija. To je zato što plinski plamenik nikako ne podržava samo strujanje zraka.

Mrežica koja se nalazi unutar cijevi smatra se suženjem. Strujanjem zraka kroz nju dolazi do pada tlaka i rasta jediničnog volumena zraka. Taj proces je nepovratljiv i naziva se prigušivanje. Događa se jako brzo, a nakon njega ne dolazi do izmjene energije u obliku topline. Idealni plinovi prigušivanjem ne mijenjaju temperaturu. Pri prigušivanju realnih plinova dolazi do temperaturnog sniženja. Prigušivanje ima svoje prednosti i mane. Jedna od prednosti tog procesa je njegova jednostavnost. Zbog toga se upotrebljava u toplinskim i rashladnim uređajima. Pojavljuje se i u motoru s unutrašnjim izgaranjem. U njemu se održava snaga

promjenom položaja prigušnog zaslona karburatora. Najveća mana je to što proces nije ekonomičan jer se dio rada gubi.

U slučaju Rijkeove cijevi taj dio rada gubi se na stvaranje zvuka. Ako nakon procesa nema viška energije, neće doći do stvaranja zvuka. Zbog toga je vrlo važno da aluminijска cijev nije već zagrijana prije izvođenja eksperimenta.

5 Mjerenje

Sva mjerenja su napravljena pomoću beplatne aplikacije SpectrumAnalyze za mobilne. Mjerio sam ovisnost frekvencije i jakosti zvuka o poziciji čelične mrežice. Za svaku poziciju obavio sam tri mjerenja. Za svaku skupinu po tri mjerenja odredio sam i prosječnu vrijednost. Rezultate mjerenja prikazao sam tablicom i dijagramima. Čeličnu mrežicu sam postavio na svaku od pozicija plastičnim štapom.

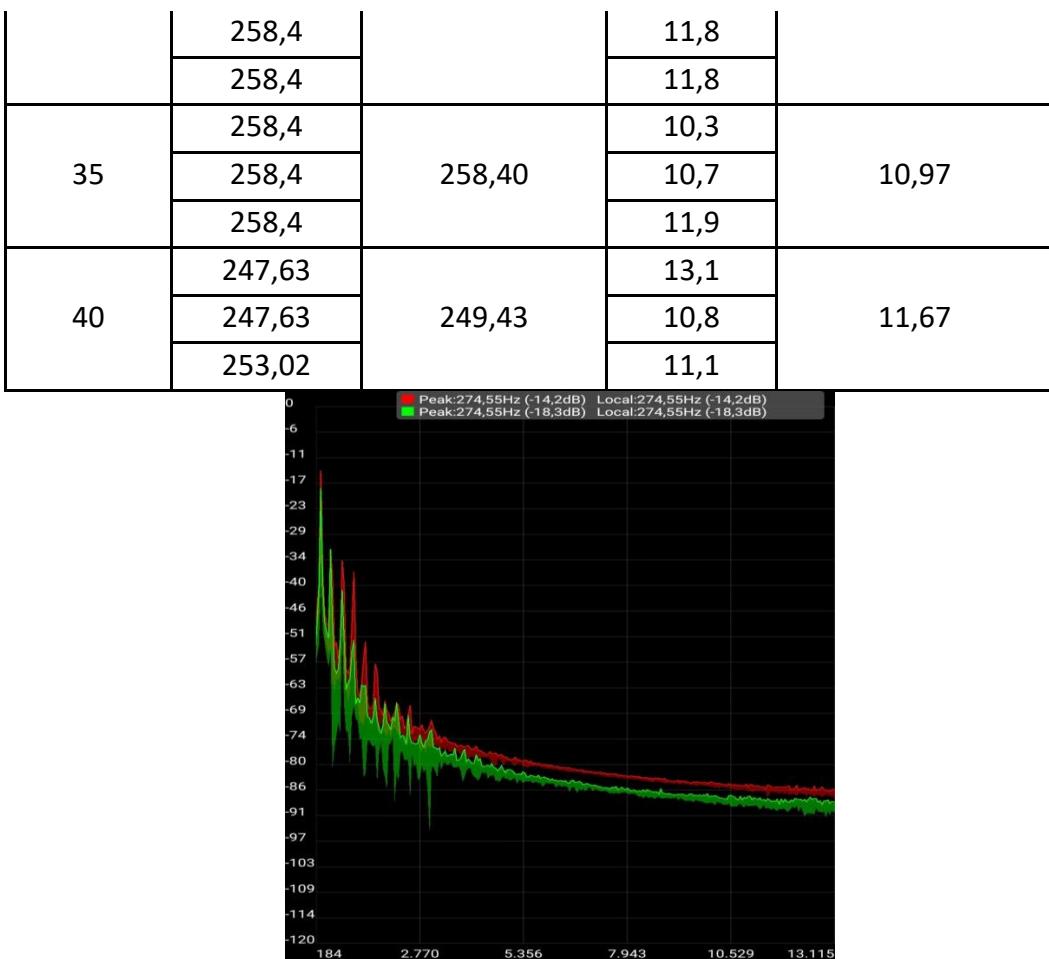
s - udaljenost čelične mrežice od kraja cijevi koji se zagrijava

f - frekvencija zvuka

I - jakost zvuka

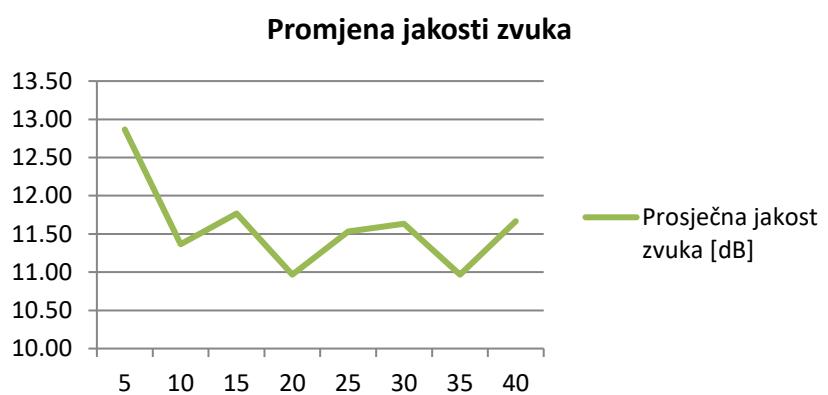
Tablica 1. Rezultati mjerenja, ovisnost frekvencije i intenziteta zvuka o položaju mrežice

s [cm]	f [Hz]	Prosječna frekvencija [Hz]	I [dB]	Prosječna jakost zvuka [dB]
5	274,55	265,58	14,2	12,87
	263,78		13	
	258,4		11,4	
10	258,4	254,81	10,9	11,37
	253,02		11,1	
	253,02		12,1	
15	258,4	251,22	10,9	11,77
	247,63		12,6	
	247,63		11,8	
20	253,02	256,61	11,4	10,97
	258,4		9,9	
	258,4		11,6	
25	253,02	255,71	11,5	11,53
	253,02		12,1	
	258,4		11	
30	258,4	258,40	11,3	11,63

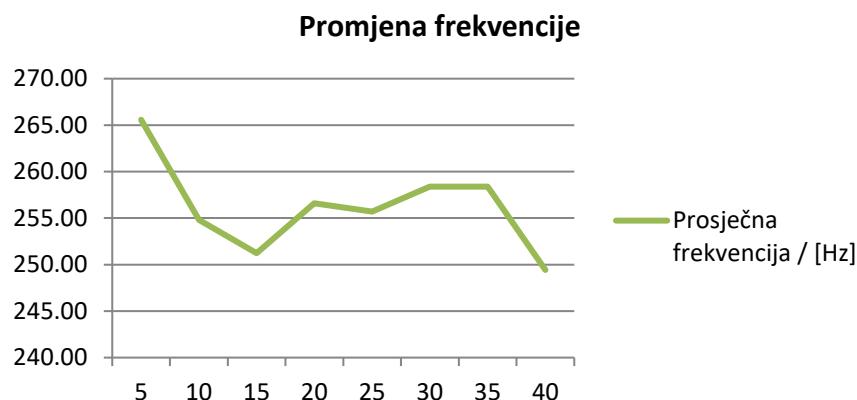


Slika 3. Analiza spektra zvuka pomoću mobilne aplikacije SpectrumAnalyze

Rezultate sam prikazao grafičkim prikazom kako bi se jasnije uočile pojave.



Grafikon 1. Promjena jakosti zvuka [dB] sa promjenom udaljenosti mrežice od donjeg ruba cijevi [cm]



Grafikon 2. Promjena frekvencije zvuka [Hz] sa promjenom udaljenosti mrežice [cm]

6 Zaključak

Iz ovih rezultata zaključio sam da se frekvencija i jakost zvuka mijenjaju promjenom položaja čelične mrežice u cijevi. Tako je hipoteza koju sam postavio na početku potvrđena.

Literatura

[1.] Inženjerski priručnik:

Prof. dr. sc. Višnja Henč - Bartolić: Akustika

Doc. dr. sc. Boris Halasz: Energija

Prof. dr. sc. Antun Galović: Načini izmjene topline

[2.] Prof. dr. sc. Antun Galović: Nauka o toplini II

[3.] Prof. dr. sc. Rajka Budin, Prof. dr. sc. Alka Mihelić - Bogdanić: Osnove tehničke termodinamike

[4.] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8e/Air_density_vs_temperature.jpg/400px-Air_density_vs_temperature.jpg

PROBLEM 10. RIJKEOVA CIJEV

Marin Belamarić

Mentorica: Ines Dukić, prof.

1.E , XV. Gimnazija, Zagreb, Hrvatska

1 Uvod

„Ako zagrijavamo zrak u vertikalnoj cilindričnoj cijevi otvorenoj na oba kraja, cijev proizvodi zvuk. Proučite tu pojavu.“

Taj je eksperiment prvi proučavao nizozemski fizičar Petrus Rijke. Rijke je 1859. proveo svoj eksperiment sa cijevi duljine 80 cm i promjera 3.5 cm. Lord Rayleigh također se bavio tim fenomenom te je 1877. izdao udžbenik o zvuku.

U problemu je bilo važno istražiti je li uopće moguće čuti zvuk. Proučio sam različitu literaturu i našao aparaturu koja je potrebna za taj eksperiment kao i objašnjenje tog fenomena. Važno je bilo nabaviti grijач kao i cijev koja će biti zagrijavana. Nakon nekoliko početnih eksperimenata odredio sam najbolji tip grijaća. Također sam provjerio razne druge parametre: duljina i promjer cijevi, materijal od kojeg je cijev napravljena.

Odlučio sam da će mjeriti kako razina zvuka ovisi o snazi grijaća.

S obzirom na to da sam imao 2 cijevi, jednu duljine 50 cm i drugu duljine 80 cm, najprije sam napravio kratko istraživanje o tome kako valna duljina dobivenog zvuka ovisi o duljini cijevi, te usporedio svoj rezultat s teorijskim objašnjenjem.

2 Teorijsko objašnjenj

Rijkeova cijev jedan je od najzanimljivijih eksperimenata s područja termoakustike. U tom eksperimentu zvuk nastaje zbog zagrijavanja zraka i nastajanja stojnog vala u cijevi. Postoje razni srodnii eksperimenti koji su proučavali termoakustiku. Klasična Rijkeova cijev je otvorena s obje strane, a u njoj se nalazi mrežica koja je učvršćena u donjoj polovici cijevi. Zagrijava se plamenikom s donje strane.

2.1 Mehanizam proizvodnje zvuka

Zagrijavanje dovodi do toga da se zrak u donjem dijelu cijevi zagrijava te zbog toga postaje rjeđi te se podiže u gornji dio cijevi. Time se postiže osnovno strujanje zraka kroz cijev ali ono još ne stvara zvuk.

Prema Rijkeovom objašnjenju [1]: Kad vrući zrak dolazi u gornji dio cijevi on se hlađi te postaje gušći a u donjem dijelu se grijije izvorom topline i postaje rjeđi međutim to nije bilo dovoljno za

potpuno razumijevanje ove pojave. Štoviše, to ne objašnjava efekt da Rijekova cijev proizvodi zvuk kad se plamenik ukloni i da zapravo mrežica u Rijkeovoj cijevi stvara zvuk.

Rayleigh je kasnije objasnio [1] da se valovi podržavaju ukoliko se zrak u trenutku kad je raširen zagrijava a hlađa kad je zgušnut. U obratnom slučaju valovi se prigušuju. U Rijkeovoj cijevi zrak titra tako da se širi i skuplja i tako izlazi i ulazi na oba kraja cijevi. To titranje je dodano na osnovni tok zraka.

Rijekova cijev je toplija od okoline i podržava osnovno strujanje zraka prema gore. Kad zrak prođe preko vruće mrežice on se zagrije i time raširi. U nekom trenutku će to širenje doći do maksimuma pa će se zrak nakon toga početi ponovo zgušnjavati. Obzirom da postoji osnovno strujanje zraka prema gore, to zgušnjavanje dovest će novi hladni zrak na mrežicu, što će ga zagrijati i početi širiti. To je početak novog ciklusa.

To točno odgovara Rayleighovom objašnjenju, to je upravo kriterij za podržavanje titranja. Takvim titranjem nastaje stojni val od jednog do drugog kraja cijevi tako da valna duljina odgovara dvostrukoj duljini cijevi.

Ako mrežicu postavimo u gornju polovicu cijevi, širenje zraka zagrijavanjem na mrežici će biti u istom smjeru kao i osnovno strujanje, pa neće doći do te rezonancije i cijev neće proizvoditi zvuk.

Rijkeova cijev može proizvoditi zvuk i nakon što se ukloni plamenik, dok se mrežica ne ohladi.

2.2 Hipoteza

Iz objašnjenja se vidi da zvuk nastaje zbog širenja i zgušnjavanja zraka u cijevi. Zrak se širi zbog zagrijavanja pa očekujem da će veća snaga grijajuća uzrokovati veće razlike u temperaturi i time glasniji zvuk. Prema formuli:

$$\Delta T = \frac{Pt}{mc}$$

Vidi se da veća snaga uzrokuju veću promjenu temperature dakle moja hipoteza glasi da će razina zvuka rasti s porastom snage grijajuća.

Osim proučavanja ovisnosti intenziteta zvuka o snazi grijajuća, htio sam ugrubo provjeriti i osnovnu teorijsku postavku da je valna duljina zvuka jednaka dvostrukoj duljini cijevi.

3 Eksperimentalni postav

Za provođenje eksperimenta koristio sam pocinčane cijevi duljine 50 cm i duljine 80 cm, obje promjera 8 cm, plinski grijajući na štednjaku (koji ima promjenjivu snagu), metalni stalak za držanje cijevi, mrežicu koja je bila smještena unutar cijevi na udaljenosti 14 cm, odnosno 22 cm

od dna cijevi. Na Slici 2. prikazan je eksperimentalni postav s kraćom cijevi. Za mjerjenje razine zvuka koristio sam sonometar marke Walcolm international industry tip SL 824 , prikazan na Slici 1. Taj instrument ima raspon mjerjenja od 30-130 dB i preciznost od 0.1 dB.



Slika 1. Sonometar

Za utvrđivanje frekvencije zvuka koristio sam program za osobno računalo „Audacity“[4.].



Slika 2. Cijev prilikom provođenja pokusa

4 Metode i mjerena

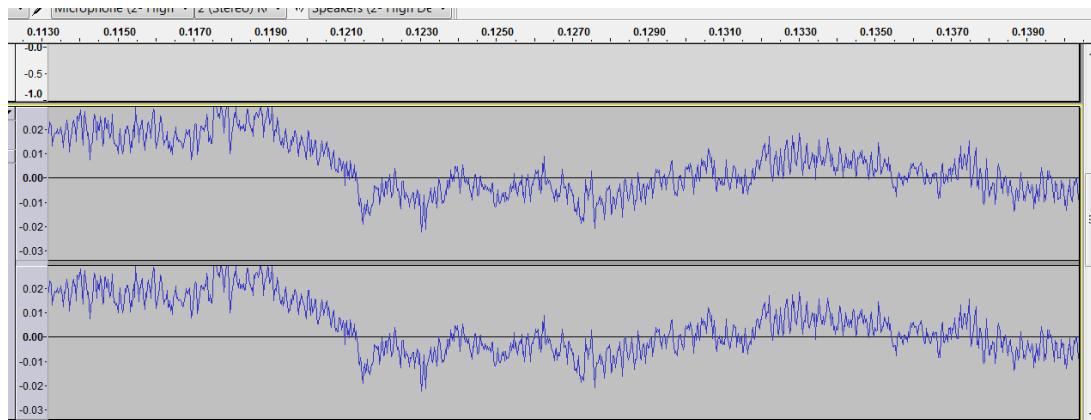
4.1 Provjera frekvencije zvuka

Za provjeru frekvencije zvuka napravio sam 3 snimanja programom Audacity:

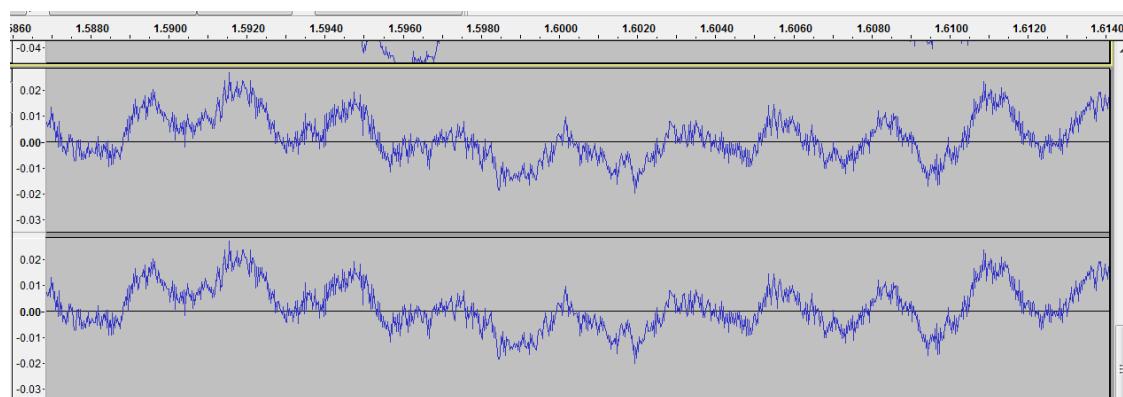
- 1) Šum plamenika
- 2) Zvuk cijevi od 50 cm

3) Zvuk cijevi od 80 cm

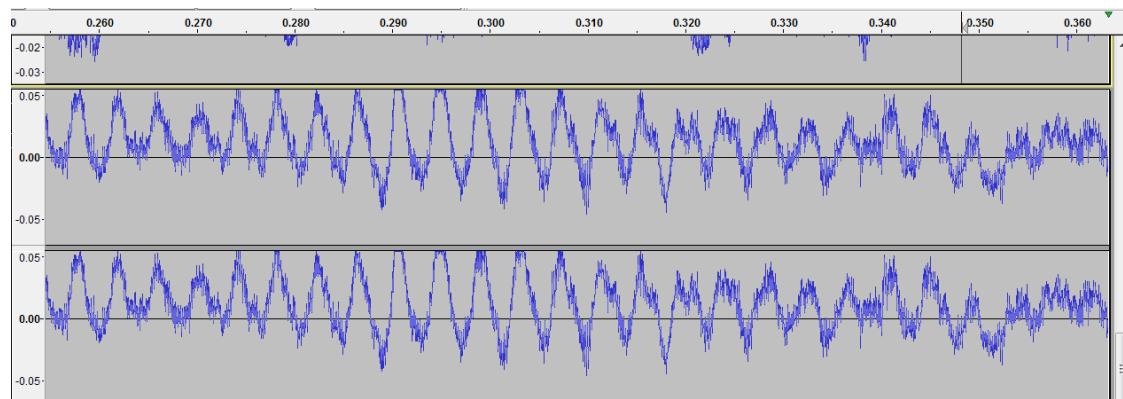
Karakteristični uzorci prikazani su na slikama 3, 4 i 5.



Slika 3. Šum plamenika



Slika 4. Zvuk cijevi od 50 cm



Slika 5. Zvuk cijevi od 80 cm

Za brzinu zvuka u zraku od 334 m/s dobivamo.

Duljina cijevi l	Očekivana valna duljina $\lambda=2*l$	Očekivana frekvencija $f = v/\lambda$	Izmjerena frekvencija
0.5 m	1m	334 Hz	370 Hz
0.8 m	1.6 m	209 Hz	238 Hz

Tabela 1. Duljina cijevi i frekvencija zvuka

Rezultati pokazuju da valna duljina zvuka raste s duljinom cijevi i da približno odgovara teoretski očekivanoj, ali i da postoje odstupanja od teorije. Odstupanja od teoretske vrijednosti: stvarna frekvencija je nešto viša, odnosno valna dužina je u stvarnosti nešto manja. Vjerojatno se na krajevima cijevi, obzirom da je prilično široka, gubi efekt pa je efektivna dužina cijevi manja od stvarne.

Osim toga, vide se i dodatne oscilacije koje bi bilo zanimljivo istražiti i objasniti, ali to izlazi izvan granica ovog rada.

4.2 Određivanje snage grijača

Za provjeru hipoteze da će razina zvuka rasti s porastom snage grijača, trebalo je najprije odrediti snagu grijača. Budući da na plameniku ne piše kolika mu je snaga odlučio sam odrediti snagu za svaki od 5 različitih položaja ventila plamenika. U tablici rubrika označena slovom N označava položaj plamenike s tim da 1 daje najmanju, a 5 najveću snagu.

Dosjetio sam se da bih to mogao odrediti zagrijavanjem vode točno određeno vrijeme i zatim gledati promjenu temperature vode. Snaga je

$$P = \frac{mc\Delta T}{t}$$

Efektivnu snagu grijača računao sam pomoću ove formule gdje je P snaga, m masa, ΔT promjena temperature u jedinici vremena a t jedinica vremena. Stavio sam 1 L vode u lonac i zagrijavao ga 5 minuta (vrijeme sam mjerio zapornim satom). Termometrom bih prije toga izmjerio početnu temperaturu i zatim nakon 5 minuta očitao završnu i izračunao promjenu temperature. Promjenu temperature mogao sam očitati najpreciznije za 0.5°C . Ukupni toplinski kapacitet sustava $m_1 c_1 + m_2 c_2$ gdje je m_1 masa vode, c_1 toplinski kapacitet vode, m_2 masa lonca, a c_2 toplinski kapacitet lonca iznosio je 4580 J/K . Po gore navedenoj formuli vidimo da za $\Delta T = 0.5^\circ\text{C}$ korisna snaga je 7.6 W dakle ne mogu odrediti preciznije od toga s opremom koju imam pa ću zaokružiti snage na 10 W

Položaj plamenika	1	2	3	4	5
$\Delta T / ^\circ\text{C} \pm 0.5$	15.0	20.5	23.0	26.5	27.5
$P/\text{W} \pm 5$	230	310	350	400	420

Tabela 2. Položaj plamenika i pridružena snaga

4.3 Mjerenje razine zvuka cijevi

Mjerenje razine zvuka je provedeno s cijevi duljine 50 cm. Najprije sam pokušao stvoriti zvuk pomoću električnog grijajućeg uređaja ali to nije dalo rezultate vjerojatno zato što je njegova snaga bila premala. Zatim sam probao s plinskim grijajućem koji je imao veću snagu te sam uspio dobiti zvuk. Mjerio sam zvuk u tihom prostoru (svi ljudi su bili primorani napustiti prostor kako ne bi stvarali buku). Pazio sam da svi kontrolni parametri (snaga grijajućeg, udaljenost cijevi od grijajućeg, kut pod kojim je cijev nagnuta, udaljenost mrežice od dna cijevi, početna temperatura cijevi, udaljenost sonometra od otvora cijevi) budu isti. Mjerio sam razinu zvuka za svaku snagu grijajućeg 5 puta da bismo dobili srednju vrijednost. Da bih dobio ovisnost mijenjao sam razlike snage plamenika koje sam izmjerio.

Formula po kojoj sam zbrajao decibele nalazi se u nastavku. Počeo sam od definicije razine zvuka

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0},$$

gdje je L razina zvuka, I intenzitet zvuka, I_0 najslabiji intenzitet zvuka kojeg je moguće čuti te iznosi $10^{-12} \text{ W m}^{-2}$. U ovom eksperimentu izmjerili smo 5 razina zvuka za svaku snagu grijajućeg. Razina zvuka je

$$L_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

Pretvorio sam razinu zvuka u intenzitet zvuka

$$I = 10^{L_1/10} I_0.$$

\bar{I} označava srednju vrijednost intenziteta zvuka definiranog s

$$\bar{I} = \frac{I_1 + \dots + I_5}{5}$$

$$\bar{L} = 10 \log \frac{\bar{I}}{5I_0}$$

\bar{L} označava srednju vrijednost razine zvuka.

$$\bar{L} = 10 \log \frac{10^{L_1/10} + \dots + 10^{L_5/10}}{5}$$

$P/W \pm 5$	230	310	350	400	420
L_1/dB	49.0	54.5	56.5	58.0	60.5
L_2/dB	49.0	54.5	56.0	58.5	59.0

L_3/dB	48.0	54.0	56.0	58.0	60.0
L_4/dB	48.0	54.0	56.5	59.0	61.0
L_5/dB	47.5	55.0	56.0	60.5	60.0
\bar{L}/dB	48.3	54.4	56.2	58.9	60.1

Tabela 3. Mjerenje razine zvuka cijevi ovisno u snazi grijaca

4.4 Mjerenje razine zvuka plamenika

Budući da i sam plamenik proizvodi određenu razinu zvuka bilo je bitno taj zvuk oduzeti kako bih dobio zvuk koji proizvela cijev. Taj sam eksperiment napravio tako što sam upalio plamenik i postavio sonometar točno na udaljenost od plamenika na kojoj je bio vrh cijevi.

$P/W \pm 5$	230	310	350	400	420
L_{pl}/dB	42.0	46.0	47.0	51.5	54.0

Tabela 4. Mjerenje razine zvuka plamenika ovisno o snazi

4.5 Oduzimanje razine zvuka plamenika od razine zvuka cijevi

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$I = 10^{L_1/10} I_0$$

$$I_1 - I_2 = I_0(10^{L_1/10} - 10^{L_2/10})$$

$$L_r = 10 \log(10^{L_1/10} - 10^{L_2/10})$$

L_r označava resultantu nakon oduzimanja dvije razine zvuka.

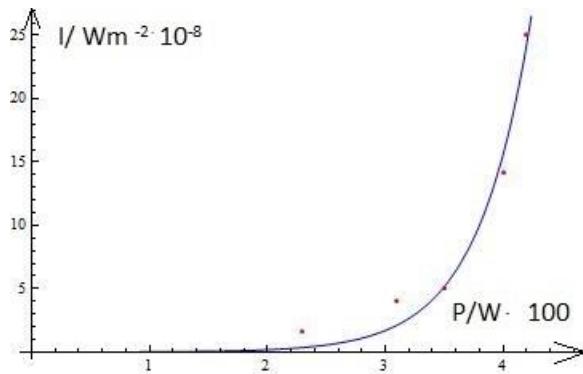
5 Rezultati i rasprava

5.1 Rezultati

Izmjereni rezultati su prvo prikazani tablicno a zatim grafički. Graf na Slici 6. prikazuje ovisnosti intenziteta zvuka o snazi grijaca. Njihova ovisnost je eksponencijalna, što je logično ako uzmemu u obzir vezu između razine zvuka i intenziteta zvuka.

$P/W \pm 5$	230	310	350	400	420
\bar{L}/dB	48.3	54.4	56.2	58.9	60.1
L_{pl}/dB	42.0	46.0	47.0	51.5	54.0
L_r	47.1	53.7	55.6	58.0	58.9
$I/\text{Wm}^{-2} \cdot 10^{-8}$	1.58	3.98	5.01	14.13	25.12

Tabela 5. Ovisnost razine i intenziteta zvuka o snazi grijaca nakon što je oduzeta razina zvuka plamenika



Slika 6. Graf ovisnosti intenziteta zvuka o snazi grijča aproksimiran eksponencijalnom funkcijom

5.2 Rasprava

Podaci o ovisnosti intenziteta zvuka o snazi grijča, prikazani na Slici 6 aproksimirani su eksponencijalnom funkcijom s jednadžbom

$$f(x) = 0.56 \cdot 10^{-10} e^{-0.92+0.02x}.$$

Pri izračunu jednadžbe funkcije uzeto je u obzir da je na grafu na Slici 6 intenzitet zvuka (I) pomnožen s 10^{-8} , a snaga (P) sa 100, pa je trebalo skalirati osi. Graf je izrađen u Wolframovoj Mathematici pomoću naredbe FindFit.

Moja hipoteza je potvrđena i precizirana na način da su mjerena pokazala da je ovisnost intenziteta zvuka o snazi grijča eksponencijalno rastuća.

6 Zaključak

Na ovom istraživanju napravio sam mnogo zanimljivih eksperimenata. Nakon istraživanja o fenomenu na internetu nabavio sam cijevi, te složio instalacije potrebne za provođenje eksperimenta.

Najprije sam na dvije cijevi duljina 50 cm i 80 cm provjerio teoretsku postavku da je valna duljina zvuka proizvedenog u cijevi jednak dvostrukoj duljini cijevi.

Hipoteza kojom sam se najviše bavio je bila da veća snaga grijča uzrokuje veću razinu zvuka. Mjerio sam razinu zvuka i snagu grijča te sam pazio da kontrolni parametri uvijek budu isti. Više puta sam provodio mjerena radi smanjivanja slučajne pogreške. Mjerena se slažu s mojim očekivanjima te su potvrdila moju hipotezu „razina zvuka raste ovisno o snazi grijča“.

Što se tiče nastavka ispitivanja ovog problema tu su brojne mogućnosti jer su i brojni parametri uključeni u eksperiment. Neka od sljedećih pitanja mogla bi biti pojava dodatnih oscilacija koje su uočene kod mjerjenja frekvencije zvuka, ovisnost razine zvuka o duljini cijevi, ovisnost razine zvuka o širini cijevi, ovisnost razine zvuka o udaljenosti mrežice od dna cijevi, ovisnost frekvencije zvuka o duljini cijevi...

7 Zahvale

Zahvaljujem mentorici profesorici Dukić za pomoć i savjete oko mog projekta. Zahvaljujem svom djedu na pomoći oko izrade cijevi i ostale aparature.

Literatura

[1.] Atis, Sarker, Ehsan: *Study of thermoacoustic phenomenon in a Rijke Tube*, 2013, 10th International Conference on Mechanical Engineering, Procedia Engineering 90 (2014) 569 – 574

[2.] Brković: *Fizika 3*, 1998, Look d.o.o.

[3.] Epperlein, Bamieh, Åström: *Thermoacoustics and the Rijke tube*, April 2015 « IEEE Control Systems Magazine, 57-77

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Waves/rijke.html>

[4.] <http://www.audacityteam.org/>

PROBLEM 11. RAST POD SVJETLOM

Vilim Pavlović

Mentor: Đurđica Culjak, prof.

7.c, OŠ Vugrovec, Prekvršje

1 Uvod

Tekst problema glasi: „Istražite kako različite vrste umjetne svjetlosti utječu na rast biljaka. Koja je uloga spektra svjetlosti?“, te treba istražiti kako različite vrste umjetne svjetlosti obzirom na boju tj. valnu duljinu utječu na rast biljaka te koja je uloga spektra svjetlosti.

Ideja je da posijem salatu, promatram njen rast i razvoj, tako da svaka sadnica raste osvijetljena drugom bojom svjetlosti. Odabrala sam salatu sorte „*Lactuca sativa acephala*“ krhkolisna sorta koja se može sijati cijele godine.

Svetlost je nužna za biljke jer je potrebna za fotosintezu. Moj je zadatak ustanoviti kako određena valna duljina (boja svjetla) utječe na rast i razvoj biljke. Eksperimentirat ću sa crvenim, zelenim, plavim, led bijelim te danjim svjetlom. Pošto crvena boja ima najveću valnu duljinu (a najmanju frekvenciju) očekujem da će biljka pod crvenim svjetлом najviše narasti, a biljka pod plavim najmanje jer plava boja ima najmanju valnu duljinu (a najveću frekvenciju).

2 Materijali

Za izradu mog projekta koristio sam sljedeće materijale (Slika 1): plastična posuda, četiri žarulje (različitih boja), pet plastičnih boca (2L), škare, čaše, zemlja, paket sjemenja zelene salate, aluminijска folija i ljepljiva traka.



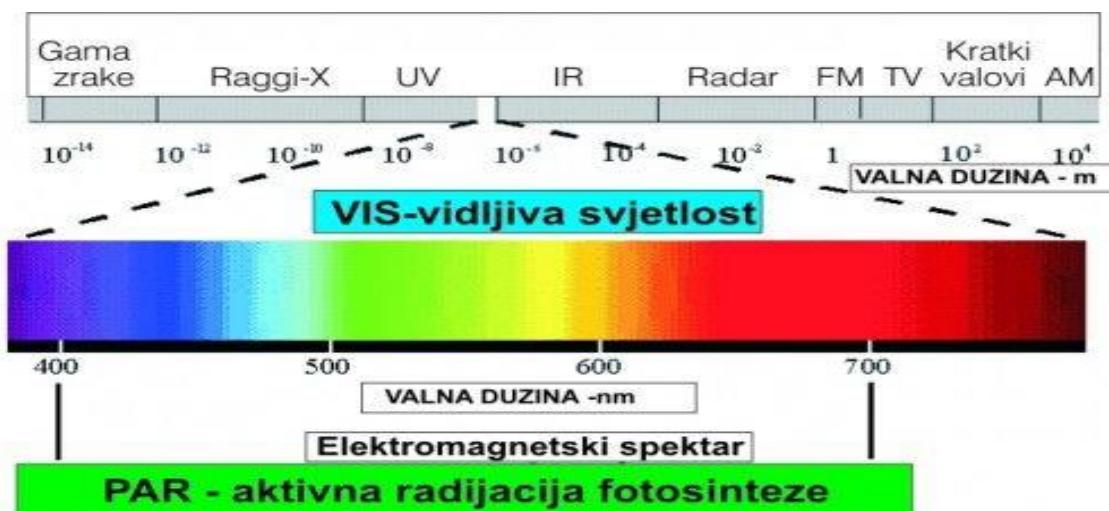
Slika 1. Postavljena tegla sa zasebno posađenim sadnicama i umjetno osvjetljenje

3 Teorijska podloga

3.1 Svjetlost

Svjetlost je elektromagnetsko zračenje koje je vidljivo ljudskom oku. Ljudsko oko u prosjeku može vidjeti svjetlost s valnom duljinom u rasponu od 390 do 750 nm. Zračenje valnih duljina između 400-700 nm je fotosintetski aktivno tj. tu energiju biljni pigmenti mogu apsorbirati i prevesti u kemijsku energiju fotosinteze.

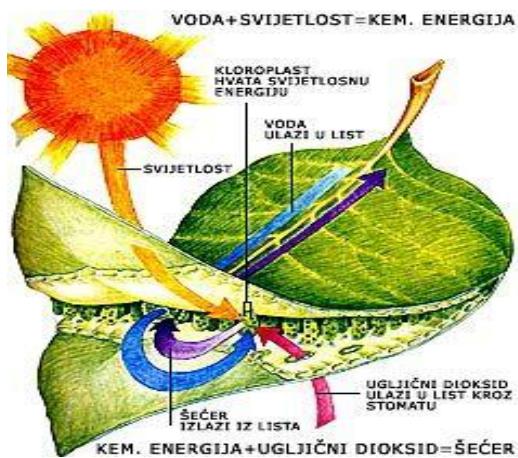
Čestica koja nosi kvant energije naziva se foton. Energija fotona ovisi o frekvenciji elektromagnetskih valova koja je povezana s valnom duljinom. Prikaz elektromagnetskog spektra sunčevog zračenja prikazan je na Slici 2.



Slika 2. Prikaz u kojem djelu elektromagnetskog spektra se vrši fotosinteza

3.2 Fotosinteza

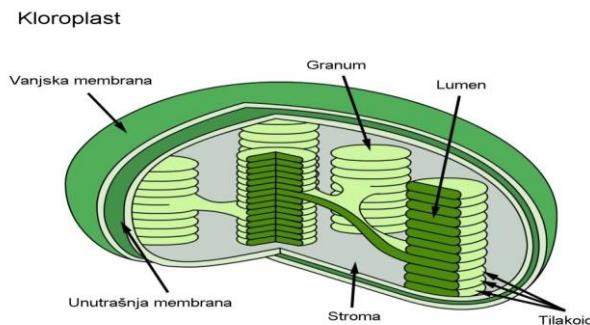
Fotosinteza je proces kojim fotosintetski organizmi koriste svjetlosnu energiju za sintezu organskih molekula. Biljke, alge i cijanobakterije u atmosferu otpuštaju kisik kao nus produkt fotosinteze (Slika 3.).



Slika 3. Prikaz fotosinteze [11]

Biofizika apsorpcije svjetlosti

Fotosinteza u viših biljaka odvija se u kloroplastima, ovalnim organelama veličina 5-10 mikrometara, smještenim u stanicama lista. Kloroplasti su omeđeni dvjema membranama između kojih je međumembranski prostor. Unutrašnjost kloroplasta je ispunjena tekućinom koja se zove stroma (Slika 4).



Slika 4. Presjek kloroplasta

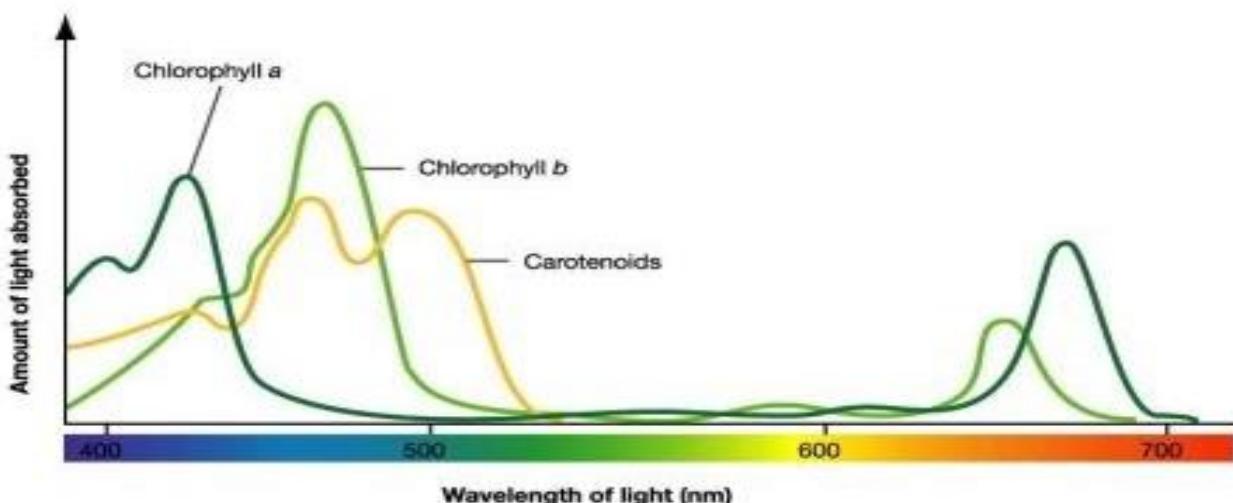
3.3 Fotosintetski pigmenti

Fotosintetski pigmenti su molekule koje mogu apsorbirati sunčevu svjetlost određenih valnih duljina. Svi pigmenti koji su aktivni u fotosintezi nalaze se u membranama kloroplasta. Većina pigmenata organizirana je u „kompleks antena“ koje apsorbiraju svjetlost, prenose energiju do molekule klorofila do reakcijskog centra u kojem se događa pretvorba svjetlosne energije u kemijsku [9].

Fotosintetske pigmente dijelimo na klorofile od kojih su u biljkama najzastupljeniji a i b te na karotenoide. Unutar karotenoida razlikujemo dvije skupine - karotene (npr. beta-karoten) i ksantofile (npr. neoksantin, lutein...)[9].

3.4 Apsorpcijski spektri fotosintetskih pigmenata

Svaki fotosintetski pigment ima svoj jedinstveni apsorpcijski spektar s apsorpcijskim maksimumima pri određenim valnim duljinama (Slika 5).



Slika 5. Učinkovit dio spektra svjetlosti za fotosintezu u području plave i crvene svjetlosti koju apsorbiraju klorofili [12]

Spektar apsorpcije ima dva maksimuma: jedan u plavom, drugi u crvenom dijelu. Valne duljine zelene-žute svjetlosti od 520-570 nm ne koristi se za fotosintezu, uglavnom se reflektiraju što za rezultat ima boju klorofila koja je plavo-zelena-klorofil a ili žuto-zelena-klorofil b. Apsorpcijski maksimum za klorofil a u plavom dijelu vidljivog spektra je na otprilike 430nm, a u crvenom dijelu na 600nm. Pozicija apsorpcijskog maksimuma klorofila b je između dvaju maksimuma klorofila a, i to na oko 450 i 640 nm.

Svaka fotosintetska biljka, alga i bakterija ima određene vrste pigmenata (klorofila) te im to određuje koliko maksimalno mogu apsorbirati svjetlosti i koje valne duljine (Tablica 1).

PIGMENTI	VALNE-DULJINE/MAX APSORPCIJE(nm)	NALAZE SE U:
Klorofil a	420,660	Više biljke i alge
Klorofil b	435,643	Više biljke i zelene alge
Klorofil c	445,625	Dijatomeje i mrke alge
Klorofil d	450,690	Crvene alge
β Karoten	425,450,480	Više biljke i većina algi
α Karoten	420,440,470	Više biljke i neke alge
Lutein	425,445,475	Više biljke zelene i crvene alge
Violakasantin	425,450,475	Više biljke

Tablica 1. Prikaz maksimalne apsorpcije svjetlosti nekih pigmenata i gdje se nalaze

4 Pokus

Za pokus sam kao biljku odabrao zelenu salatu jer brzo klija, otporna je te ima velike listove koji sadrže puno klorofila da mogu promatrati utjecaj svjetla na njih.

Posijao sam sjeme zelene salate sorte „*Lactuca sativa acephala*“ (Slika 6). To je krhkolisna sorta salate koja se može sijati tijekom čitave godine. Glave su okrugle rozete sa zupčastim rubom lista zelene boje. Sjeme klija približno 7 dana. Dobro podnosi ljetnu vrućinu i zimske hladnoće.

Ova sortu sam odabrao radi gore navedenih karakteristika odnosno otpornosti na temperaturne uvjete jer će neke sadnice biti izložene većoj temperaturi obasjane svjetlošću žarulja sa žarnom niti koje isijavaju toplinu.



Slika 6. Biljka sorte salate koju sam posijao

Za pokus nije potrebno sijati u zemlju koja je osvijetljena jer sjemenka klija u mraku. Kada biljke niknu za pokus mogu uzeti sadnice približno jednake veličine. Salatu sam posijao u teglicu koju sam prekrio prozirnom vrećicom koja je imala ulogu održavanja stalne temperature i vlažnosti te zalijevao jednom u tri dana (Slika 7).

Salati je trebalo sedam dana da nikne. Kad su sadnice salate dosegle visinu od 2cm po 10 sadnica sam presadio u čašice (Slika 8). Svaku čašicu sam umetnuo u plastičnu bocu odrezanih vrhova obloženih aluminijskom folijom. Boce su obložene folijom da refleksijom pojačam osvjetljenje izloženih biljaka, da svaka posuda sa biljkama bude izložena samo jednoj vrsti svjetlosti bez zagađenja drugim svjetлом te da imaju jednake uvjete što se tiče temperature. Vlažnost sam održavao tako da sam sve biljke zalijevao svaki drugi dan sa po 25 ml vode.

Posadio sam 50 sadnica u 5 čaša (10 sadnica po čašici) koje sam stavio u aluminijskom folijom presvučene velike „čaše“od boca. Radi stabilnosti ,sigurnosti i praktičnosti za rukovanje sve sam stavio u dugačku teglu za cvijeće te iznad postavio osvjetljenje (Slika 9).



Slika 7. Mali „plastenik“ za klijanje



Slika 8. Presađivanje sadnica



Slika 9. Postavljen eksperiment

Izvor umjetne svjetlosti su 3 električne žarulje sa žarnom niti u boji to :

- 1.Crvena žarulja- E14 25W 230V
- 2.Zelena žarulja- E14 25W 230V
- 3.Plava žarulja-E14 25W 230V ,te
- 4.Led-bijela žarulja- E14 3W 230V 220lm 3000K KUGLA



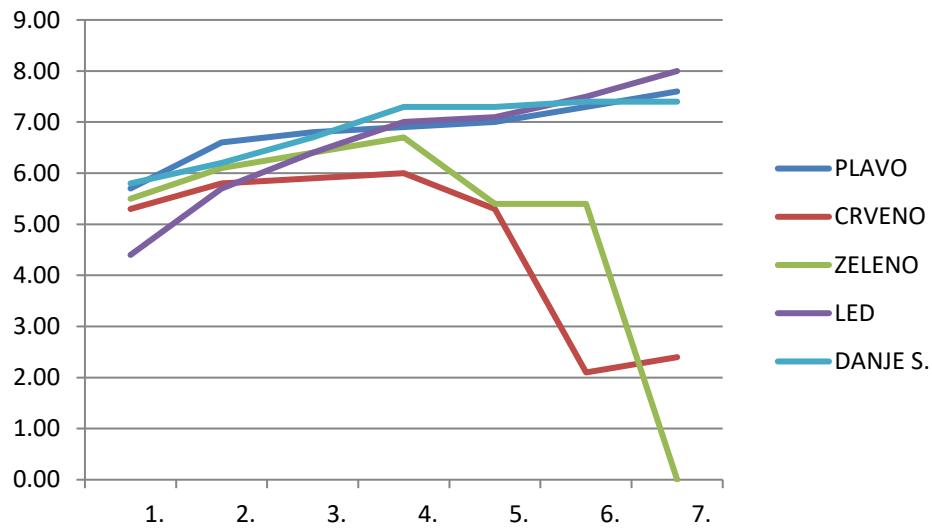
Slika 10. Prikaz led-bijele žarulje

5 Rezultat pokusa

Sadnica sam promatrao i bilježio napredak u rastu u cm sedam puta svaka tri dana, te sam mjerio visinu biljaka. Svjetlo sam palio u 7h ujutro i gasio u 16:30h popodne tako da slijedim danje svjetlo kojemu su također biljke izložene. Cilj pokusa je vidjeti pod kojim će svjetlom biljke najbolje rasti. Slijedi tablica promatranja (Tablica 2).

Mjerenje	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
LED BIJELO SVJETLO	14 kom. 4.4 cm	14 kom. 5.7 cm	14 kom. 6.4 cm	14 kom. 7 cm	14 kom. 7.1 cm	14 kom. 7.5 cm	14 kom. 8 cm
PLAVO SVJETLO	26 kom. 5.7 cm	24 kom. 6.6 cm	20 kom. 6.8 cm	20 kom. 6.9 cm	18 kom. 7 cm	11 kom. 7.3 cm	10 kom. 7.6 cm
CRVENO SVJETLO	11 kom. 5.3 cm	11 kom. 5.8 cm	10 kom. 5.9 cm	6 kom. 6 cm	1 kom. 5.3 cm	1 kom. 2.1 cm	1 kom. 2.4 cm
ZELENO SVJETLO	20 kom. 5.5 cm	19 kom. 6.1 cm	11 kom. 6.4 cm	10 kom. 6.7 cm	3 kom. 5.4 cm	1 kom. 5.4 cm	0 kom. 0 cm
DANJE SVJETLO	67 kom. 5.8 cm	67 kom. 6.2 cm	47 kom. 6.7 cm	13 kom. 7.3 cm	4 kom. 7.3 cm	3 kom. 7.4 cm	2 kom. 7.4 cm

Tablica 2. Izmjerene visine biljaka svaka 3 dana



Graf 1. Graf prikaz rasta sadnica u pokusu

Biljke su rasle 21 dan, a mjerio sam ih svaka 3 dana.

Salate izložene crvenom svjetlu narasle su od tokom mjerjenja maksimalno 6 cm, a onda su nakon 12. dana krenule venuti i smanjivati visinu. Salate pod zelenim svjetlom narasle su maksimalno do 6.7cm, a zatim kao i pod crvenim krenule venuti.

Salate pod plavim svjetlom narasle su maksimalno 7.6cm. Salate pod led-bijelim svjetlom su narasle najviše , čak 8cm i razvile su najveće listove, a salate pod danjim svjetlom su narasle do maksimalno 7.4cm.

Salate pod led-bijelom svjetlom su najbolje rasle. Žarulje sa žarnom niti u boji koje sam koristio proizvode više topline nego svjetla pa biljke nemaju dovoljno svjetlosti za fotosintezu, a toplina mlade sadnice dodatno oštećuje, iako sam odmaknuo žarulje od biljaka. Led-bijela žarulja proizvodi više svjetla i ne zagrijava, stoga su sadnice imale bolje uvjete za rast, jače svjetlo i bez oštećivanja toplinom. Svjetlo se ujedno odbijalo o aluminijsku foliju i time su biljke dobivale više svjetlosti.

Rezultati rasta i razvijenosti biljaka prikazani su na Slika 11 a) do e) :



a) Sadnice pod led-bijelim svjetlom: nakon 7 dana i nakon 21 dan



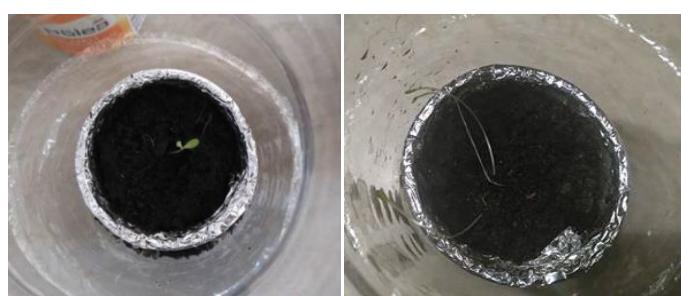
b) Sadnice pod plavim svjetлом: nakon 7 dana i nakon 20 dana (uvenule)



c) Sadnice pod crvenim svjetлом: nakon 7 dana i nakon 21 dan (uvenule)



d) Sadnice pod zelenim svjetлом: nakon 7 dana i nakon 21 dan (uvenule)



e) Sadnice da danjem svjetlu: nakon 7 dana i nakon 21 dan

Slika 11. Izgled biljaka kroz vrijeme

6 Zaključak

Žarulje u boji sa žarnom niti koje sam koristio u pokusu nisu dobre za rast biljaka jer najveći dio energije troše na isijavanje topline te ne daju dovoljno svjetlosti potrebne za fotosintezu. Led svjetlo je stoga bolji izbor jer ne troši energiju za zagrijavanje pa se može postaviti bliže biljci i daje dovoljno jako svjetlo. Postoje led svjetla za rast biljaka sa spektralnom optimizacijom (svjetlo točno određene valne duljine potrebno za fotosintezu) koja su trenutno najbolji izbor za rast biljaka.

Pokus bi mogao poboljšati tako da proizvedem razvijenije sadnice tj. sa razvijenim listovima što bi smanjilo šok biljke kod presađivanja. Također trebao bi posaditi veći broj biljaka što bi dalo bolje rezultate jer čimbenici rasta osim svjetla su: temperatura zraka, vлага u zraku, CO₂, voda, hranjive tvari, bolesti i štetnici.

Trebao bih koristiti LED rasvjetu u boji.

Rezultat je bio drugačiji od moje pretpostavke da će biljke pod plavim i crvenim svjetлом najbolje rasti obzirom da je u tom području fotosinteza najaktivnija. Pod crvenim svjetлом su najmanje narasle. One pod plavim svjetлом su narasle više od crvenih, ali biljke pod led-bijelim svjetлом (koje imitira danje svjetlo) su najviše narasle. Ovim zaključujem da fotosintetski aparat vrlo mladih listova još nije u potpunosti u funkciji te su radi toga vrlo mlade biljke poput mojih u pokusu osjetljivije na okolišne uvjete. Temperatura, vлага, stres presađivanja,... koji su vrlo važni čimbenici u rastu i razvoju biljke.

7 Zahvale

Zahvaljujem se prof. Culjak na poticaju, trudu i strpljenju u čitanju i ispravljanju mojih ideja. Hvala roditeljima na strpljenju i pomoći oko tehničke izvedbe (razvlačenje produžnog kabla po kući da mogu osvjetljavati biljke).

Literatura

- [1] Energetika-potrošač-Vodič kroz LED rasvjetu
- [2] Primjena dopunskog osvjetljenja,prof.dr.Borošić Josip,dr.sc.Benko Boždar,dr.sc.Dumićić Gvozden.
- [3] Fotosintetski pigmenti u listovima posidonije (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) zadarskog akvatorija Adam Cvrtila
- [4] Osnove agroekologije-ekofiziologija bilja,prof.dr.Irena Jug
- [5] Pevalek-Kozlina-Fiziologija bilja (Profil)
- [6] Zeigler D.-Botanika-Morfologija i fiziologija (Šk.knjiga)

[7] Lods H.-Molekularna biologija

[8] Britton G.-Biokemija prirodnih pigmenata

[9] Taiz L., Zeiger E. - Plant Physiology, 5th Edition, 2010

Izvori slika:

[10] <https://www.homesciencetools.com/a/photosynthesis>

[11] <https://pmgbiology.com/tag/leaf/>

[12] <https://www.heliospectra.com/blog/led-light-spectrum-101-absorption-spectra>

PROBLEM 12. MLJEKO

Lana Klobas

Mentor: Olivera Tadić, prof.

1.f, SŠ "Mate Blažina", Labin, Hrvatska

1 Uvod

Tekst problema glasi: „Razvijte jednostavne metode za određivanje nekih od bitnih svojstava mlijeka. Predložite istraživanje koje uključuje usporedbu različitih uzoraka mlijeka.“ Iz tog razloga, u ovome radu obrađujem temu vezanu uz određivanje bitnih svojstva mlijeka te usporedbu različitih uzoraka mlijeka koristeći jednostavne metode.

Mlijeko je tekućina, vrlo složenog sastava, žućkasto-bijele boje, karakteristična okusa i mirisa. Pod pojmom mlijeko podrazumijevamo ponajprije kravlje mlijeko te ostale vrste (kozje, ovčje, sojino, kokosovo i dr.). Sve vrste mlijeka sadrže iste sastojke, ali udjeli i međusobni odnosi sastojaka mogu biti vrlo različiti. Zbog toga se vrste mlijeka razlikuju prema prehrambenim, fizikalno-kemijskim i tehničkim osobinama. Mlijeko je sirovina koju možemo preraditi u mnoge mlječne prerađevine, a pojedini sastojci mlijeka koriste se u mnogim granama prehrambene industrije, ali u zadnje vrijeme i farmacije, sportske prehrane i sl. Mlijeko sadrži vodu i suhu tvar mlijeka. Najvažniji sastojci u suhoj tvari mlijeka su tehnički iskoristivi, kao što su mlječna mast, bjelančevine i mlječni šećer, a s prehrambenog su gledišta važne još i mineralne tvari, vitamini itd.

U ovom zadatku nameću mi se pitanja vezana za svojstva mlijeka kao i usporedba različitih uzoraka mlijeka. Metode koje će koristiti za određivanje svojstva mlijeka biti će kratke i jednostavne sa točnim uputama za rad.

2 Mlijeko kao emulzija: Tindalov efekt

Mlijeko je emulzija masnih kapljica u mlječnoj plazmi. Promjer masnih kapljica u mlijeku daje mlijeku poseban fenomen koji se zove *Tindalov* efekt. *Tindalov* efekt temelji se na rasutosti svjetlosti po suspendiranim česticama u koloidu, odnosno, drugim rječima, zraka svjetlosti je jasno vidljiva kako prolazi kroz koloid. Naziv potječe od irskog fizičara iz 19.st Johna Tyndalla.

Koloid je smjesa u kojoj je jedna tvar sa mikroskopskim raspršenim netopljivim česticama raspršena u masi tekućine druge tvari. Mlijeko je koloid globula mlječne masti raspršenih u vodi. Zraka svjetlosti koja će se vidjeti kroz otopinu mlijeka biti će u obliku stošca.

2.1 Pokus: Tindalov efekt

Kemikalije: Voda(H_2O) i mlijeko

Pribor: 2 staklene čaše(250ml), kapaljka, svjetiljka, crni papir, škare i ljepljiva traka

Opis pokusa:

U prvu staklenu čašu stavimo samo vodu, a u drugu staklenu čašu stavimo vodu i nekoliko kapljica mlijeka. Sa crnim papirom napravimo valjkastu formu, tako da otvor bude promjera otprilike 1 cm i zatim ga oblijepimo ljepljivom trakom. Soba mora biti mračna, svjetlo svjetiljke je usmjerimo prvo prema prvoj čaši zatim prema drugoj čaši uz pomoć otvora na valjkastoj formi crnog papira. Moja pretpostavka prije pokusa je ta da će se u mlijeku zamijećeno vidjeti prolaz svjetlosti.

Slike pokusa:



Slika 2.1. Čaša s vodom

Slika 2.2. Čaša s mlijekom

2.2 Zapažanja

Svetlost usmjerena u čašu sa vodom nije vidljiva. Kroz otopinu mlijeka i vode jasno je uočljiva zraka svjetlosti te ona ima oblik stoča.

Rezultati pokusa za više različitih vrsta mlijeka prikazani su u Tablici 2.1.

Tablica 2.1. : Određivanje Tindalovog efekta na različitim uzorcima mlijeka

Vrsta mlijeka	Količina vode	Jačina prolaza svjetlosti	Prolaz svjetlosti
Kravljie mlijeko (kupljeno, 2.8% m.m., trajno, sterilizirano)	150ml	Jasno vidljiva zraka svjetlosti	Da

Kravljе mlijeko (domaće)	150ml	Malo manje vidljiva, raspršenost zrake svjetlosti je osrednja	Da
Kravljе mlijeko (0.9% m.m., kratkotrajno sterilizirano, homogenizirano)	150ml	Jasno vidljivo, čak i bolje od drugih uzoraka kravljih mlijeka	Da
Kozje mlijeko (kupljeno, 2.8% m.m., sterilizirano, homogenizirano)	150ml	Manje vidljiva zraka od kravljih mlijeka, raspršenost svjetlosti je manje vidljiva	Da

2.3 Zaključak

Svetlost usmjerena u čašu s mlijekom je vidljiva, jer mlijeko sadrži koloid glubula mliječne masti u vodi i oni omogućuju raspršenost svjetlosti. Kroz kravljа mlijeka svjetlost je više vidljiva nego kod kozjeg mlijeka. Možda je tome uzrok što kozje mlijeko sadrži veliki udio srednjih lančanih masnih kiselina (35% u kozjem mlijeku dok u kravlјem 17%) koje mu omogućuju njegovu lakšu probavljivost. Također moja prepostavka za rezultate kod kozjeg mlijeka sa većim udjelom masti jesu smanjenje vidljivosti zrake svjetlosti.

3 Viskoznost mlijeka

Viskoznost je pojam kojim se, kada govorimo o tekućinama označava otpornost promjeni položaja, koja je izazvana kohezijom (molekularna sila koja drži na okupu čestice iste tvari) i adhezijom (molekularna sila kojom se privlače molekule različitih tvari), pa se i označava kao unutarnje trenje. Obilježava se sa η .

Viskoznost u mlijeku ovisi o njegovom kemijskom sastavu i fizičkom stanju nekih od komponenata u mlijeku. Najveći utjecaj na mliječnu viskoznost imaju proteini, a zatim i mliječna mast. Mlijeko s više proteina ima veći viskozitet, a isto vrijedi i za mliječnu mast u mlijeku.

3.1 Pokus: Određivanje viskoznosti u različitim vrstama mlijeka

Kemikalije: kravljе mlijeko (domaće), kravljе mlijeko (kupljeno, 2.8% m.m.) i kravljе mlijeko (kupljeno, 0.9% m.m.)

Pribor: 3 menzure, stalak za epruvete, štoperica i 3 kuglice

Opis pokusa:

Na stol postavimo 3 menzure. U prvu menzuru stavimo 1 dL kravlje mlijeka(domaće), u drugu 1 dL kravlje mlijeka (kupljeno) , a u treću 1 dL kravlje mlijeka(0.9% m.m.). Zatim jednu kuglicu(ne smije biti preteška , zbog lakšeg mjerena vremena) ispustimo u mlijeko i mjerimo vrijeme pada. To isto ponovimo sa ostalim uzorcima mlijeka.

Slike pokusa:



Slika 3.1. Menzura

Slika 3.2. Čaša s mlijekom

3.2 Zapažanja:

U domaćem mlijeku potrebno je najviše vremena da kuglica padne na dno menzure,dok je u mlijeku sa 0.9% m.m. potrebno najmanje vremena.

Rezultati pokusa za više različitih vrsta mlijeka prikazani su u Tablici 3.1.

Tablica 3.1. : Vrijeme padanja kuglice u različitim postotcima mlijecne masti

Vrsta mlijeka	Količina mlijeka	Težina kuglice	Prosječno vrijeme padanja kuglice u mlijeku
Kravlje mlijeko (kupljeno, 2.8% m.m., trajno, stelizirano)	100ml	1g	1.07s
Kravlje mlijeko (domaće)	100ml	1g	0.9s
Kravlje mlijeko (kupljeno, 0.9% m.m., kratkotrajno sterilizirano, homogenizirano)	100ml	1g	0.83

3.3 Zaključak:

Na temelju zapažanja razlike u vremenu pada kuglice možemo zaključiti da viskoznost mlijeka ovisi o postotku mliječne masti. U ovome pokusu na primjeru padanja kuglice najveće vrijeme padanja imala je kuglica u kupljenom kravljem mlijeku (m.m. 2.8%), a najmanje u kupljenom kravljem mlijeku manjeg postotka mliječne masti (0.9%). Što se tiče kravljeg domaćeg mlijeka koji je trebao imati najveće vrijeme (veći postotak masti) u ovom pokusu to nije zadovoljeno.

4 Zgrušavanje kazeina u mlijeku

U proteinima mlijeka nalaze se dva glavna tipa potpuno različita proteina: kazein i proteini sirutke (u mjeru 80% : 20%). Kazeini se lako talože iz mlijeka na različite načine pa se tako mogu izdvojiti iz mlijeka (u proizvodnji sira ili kazeina). Međutim, proteini sirutke, osim frakcije proteoza i peptona su osjetljivi na djelovanje topline, te mogu denaturirati već pri temperaturi iznad 80°C.

Ukratko kazein je nepostojan u kiselom sastavu i može se istaložiti sa kiselinom, protein sirutke termolabilan je i može se istaložiti zagrijavanjem.

U ovom pokusu ispitat će zgrušavanje kazeina i uzroke njegovog zgrušavanja.

4.1 Pokus: Zgrušavanje kazeina upotrebom različitih kiselina i uzoraka mlijeka

Kemikalije: Kravlje mlijeko (kupljeno), octa (octena kiselina- CH_3COOH), limun (limunska kiselina- $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) i solna kiselina(HCl)

Pribor: 3 staklene čaše, cjestiljka i posuda

Opis pokusa:

U 3 staklene čaše ulijemo kravlje mlijeko (kupljeno). U prvu dodamo 5 žličica octa, u drugu limunskog soka i u treću 1% vodenu otopinu solne kiseline. Sastojke promješamo u sve tri čaše i promatramo.

Slika pokusa:



Slika 4.1. Mlijeka i rezultati zgrušavanja

4.2 Zapažanja

Tijekom pokusa opazila sam stvaranje guščih grudica u octenoj kiselini nego u limunskoj i solnoj kiselini.

Rezultati pokusa za više različitih vrsta mlijeka i različitim kiselinama prikazani su u Tablici 4.1.

Tablica 4.1. : Zgrušavanje kazeina

Vrsta mlijeka	Kiseline		
	Octena kiselina CH_3COOH	Limunska kiselina $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	Solna kiselina HCl
Kravlje mlijeko (kupljeno, 2.8%, trajno, sterilizirano)	0-5 min -odmah reagira, grudice gušće nego kod limunske k. 5-10 min -nastavljaju se raditi grudice	0-5 min -reagira, stvara grudice 5-10 min -postaje gusto, veće grudice od prije	0-5 min -sporije reagiranje od octene k., manje grudice 5-10 min -nastavljaju se raditi grudice
Kravlje mlijeko (domaće)	0-5 min -odmah reagira, veće grudice nego u limunskoj k. 5-10 min -nastavljaju se raditi grudice	0-5 min -brzo reagira, odmah stvara velike grudice 5-10 min -gušći od svih drugih mlijeka	0-5 min -sporije reagira od octene k., grudice su jednake 5-10 min -nastavljaju se raditi grudice
Kozje mlijeko (kupljeno, 2.8%, sterilizirano, homogenizirano)	0-5 min -slabo reagira, gotovo ništa 5-10 min -bez grudica i dalje nisu vidljive značajne reakcije	0-5min -slabije reagira, nema grudice 5-10 min -mala gustoća i dalje bez grudica	0-5 min -nema promjena, nema grudica 5-10 min -nema reakcije ni grudica

4.3 Zaključak

Ocat (9 % vodena otopina octene kiseline) jače je reagirao sa mlijekom od ostalih kiselina. U limunskoj kiselini je najmanja reakcija, dok u solnoj kiselini reakcija bila nešto veća. Kod domaćega mlijeka reakcije među mlijekom i kiselinama bile su znatno veće dok kod kozjega mlijeka ne uviđamo nikakve rezultate ni prevelike reakcije. Vjerujem da pH vrijednost mlijeka (domaće kravlje mlijeko, kozje mlijeko i obično kravlje mlijeko) utječe na rezultate ovog pokusa. Pa po tome domaće mlijeko vjerojatno ima više kiselu pH vrijednost nego ostala mlijeka u pokusu. No, u pokusu također utječe i pH vrijednost kiselina. U ovom pokusu kiselina sa najvećom pH vrijednošću je solna kiselina. Naravno, po pH vrijednosti najviše bi trebala reagirati solna kiselina, ali ona nije reagirala po očekivanome.

4.4 Pokus: Plastično mlijeko

Kemikalije: Kravljie mlijeko (kupljeno, punomasno) i ocat

Pribor: Staklena čaša, žlica, cjediljka i posuda

Opis pokusa:

Zagrijemo mlijeko dok ne postane vruće(ne treba biti 100 stupnjeva), pazimo da mlijeko ne zakipi. Zatim ga izlijemo u posudu i u nju stavimo 4 žlice octa. Promješamo sadržaj i pričekamo da se ohladi. Procijedimo mlijeko kroz cjediljku.

Slika pokusa:



4.2. Rezultat zgrušavanja kazeina (obično kravljie mlijeko)

4.5 Zaključak

U cjediljki je ostala masa koju još možemo definirati kao kazein. Kazein se uvelike nalazi u mlijeku te kazein kada dođe u dodir sa kiselom tvari, u ovom slučaju ocat (octena kiselina- CH_3COOH) se zgrušava. Vjerovatno je sa svakim uzorkom mlijeka rezultat jednak.

5 Zaključak rada

Zaključujem da mlijeko ovisno o vrsti ima mnogo sličnosti i razlika u pojedinim njegovim uzorcima. Ne samo da je mlijeko važna prehambena namirnica već je i dobar temelj na kojim se može izvesti jako puno istraživanja i pokusa.

Literatura

- [1] www.dairyprocessinghandbook.com/chapter/chemistry-milk
- [2] www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/fizicke-osobine-mlijeka
- [3] www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/osobine-i-sastav-mlijeka
- [4] matrixworldhr.com/2013/09/21/vrste-mlijeka-i-njihovi-ucinci-na-organizam/



Međunarodno natjecanje

Nanjing, Kina



IZVJEŠTAJ IZ KINE

„Kina je bila jedno novo sasvim drugačije iskustvo. Bilo je zabavno upoznavati nove ljudе i novu kulturu. Natjecanje je bilo napeto, ali ponosna sam na tim i voditelje zbog kojih imamo broncu u rukama. Stekla sam puno novog: znanja, iskustva, prijatelja i uspomena :)"

Elena

"Zaista je zanimljivo bilo upoznati daleku Kinu i njenu kulturu. Nisam mogla ni predvidjeti kako će sve to izgledati dok nismo sletili u zračnu luku u Shanghaiju. Sve u svemu jako neobično, pomalo kaotično, ali lijepo na svoj način. No, hrana i nije bila tako loša iako je većini kolega iz tima to bio veliki kulturni šok..."

Fokus je ipak bio na turniru, nije bilo toliko vremena za razgledavanje. Veliko iskustvo mi je bilo i pripremati radove za ovaj turnir, a još posebniye "boriti se" na samom turniru.

Naučila sam kako funkcionirati u timu, raspavljati s drugim ekipama na pristojan način, argumentirajući, prepoznati probleme i postaviti pitanja. I naravno, kako biti donekle normalan s malo spavanja...

Naučila sam ponešto i o sudcima, o tome kako različiti ljudi jako različito ocjenjuju i gledaju potpuno druge stvari kod znanstvenog rada.

Nikada neću zaboraviti prijateljsku utakmicu hrvatskog i iranskog tima. Nakon znanstvene borbe smo unatoč jakoj kiši odlučili zaigrati nogomet sa šest cura iz Irana, a pridružili su nam se i voditelji.

Najljepše mi je na turniru bilo družiti se s članovima drugih timova, shvatila sam da smo svi mi isti i da se dobro razumijemo, jer nas zanima znanosti i svijet koji nas okružuje, da to ne ovisi o tome odakle dolazimo. "

Andrea

„U Kini je bilo super. Čim smo došli bilo mi je malo čudno jer je grad dosta zagađen, a ja sam navikla na prirodu i naš mali grad, a i hrani prvih dana nisam mogla jesti. Nije bilo vremena za upoznavanje ljudi okolo jer smo cijelo vrijeme bili u toj školi. Navečer smo opet pripremali se za sljedeći dan. Imali smo jedan slobodan dan kad smo se kao turisti prošetali po gradu. Dok smo bili u školi, lako smo se sporazumijevali jer je to škola stranih jezika ali, u hotelu i po ulici bilo je teško jer oni ne znaju engleski. „

Mateja





General Council of the International Young Naturalists` Tournament

Nanjing 5th International Young Naturalists`
Tournament 2017 Organizing Committee

5th International Young Naturalists` Tournament 2017 – Nanjing, China

DIPLOMA

THIRD PLACE

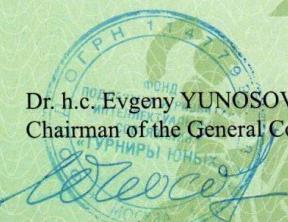
This is to certify that the team
Croatia

Luka Bulić Bračulj (Captain)
Andrea Belamarić
Elena Lukačević
Luka Mikšić
Mateja Ostojić
Mihael Pristav
Danko Marušić (Leader)

has achieved 3rd place and earned Bronze Medals
at the 5th International Young Naturalists' Tournament 2017

Dr. h.c. Evgeny YUNOSOV
Chairman of the General Council

Mr. ZOU Zheng
Principal of NFLS



Dr. Ilya MARTCHENKO
Speaker of the General Council

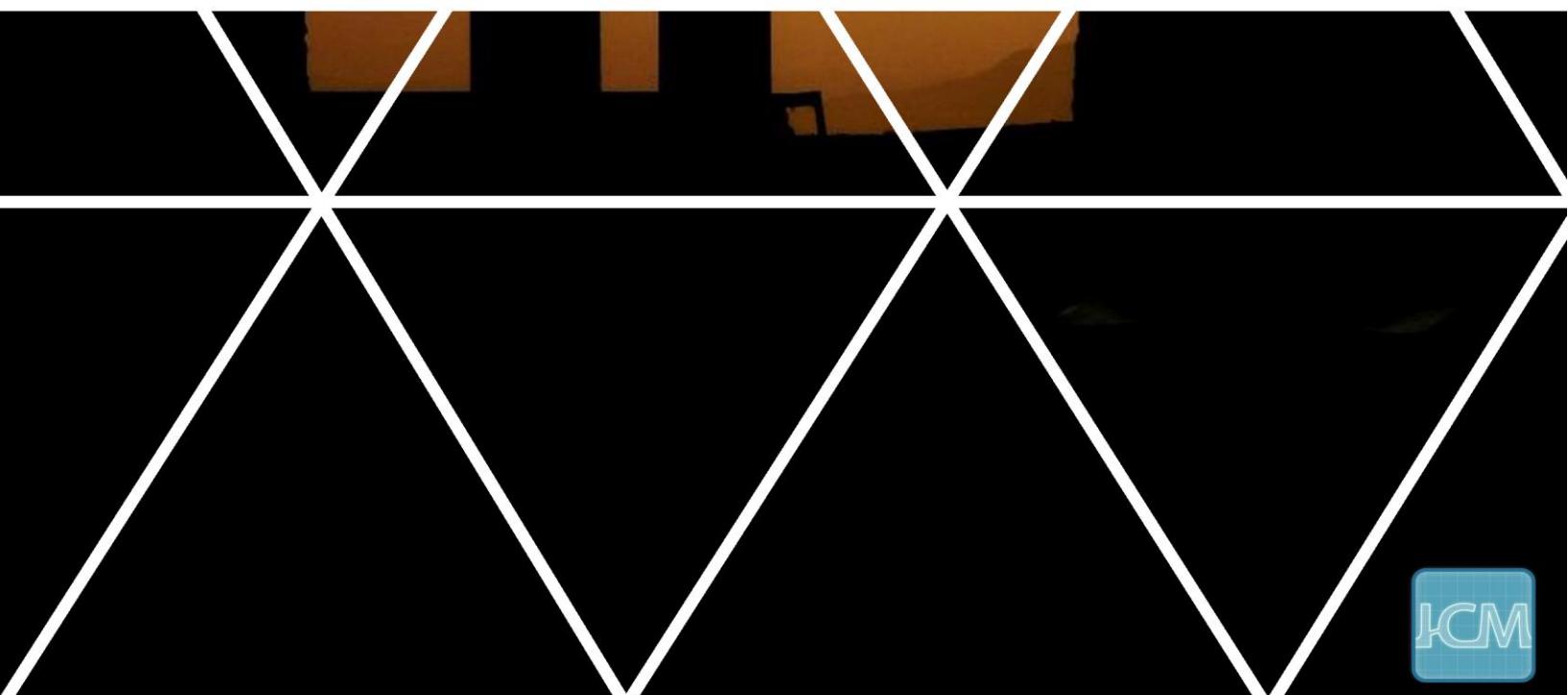
Mr. FENG Shaodong
Vice President, Jiangsu Association
for Science and Technology

Nanjing, July 04, 2017

www.iynt.org



Zahvale



JCM

ZAHVALE RECENZENTIMA

Prije svega zahvaljujemo se svim recenzentima koji su dobrovoljno i to u kratkom roku pregledali, ocijenili te ponekad i veoma detaljnim uputama i savjetima dali ideje kako unaprijediti rad. Svaki rad ocijenila su 3 recenzenta samostalno i neovisno, a ukupna ocijena radova napravljena je kao prosjek ocijena sva tri recenzenta.

Recenzenti ove godine za probleme iz područja biologije i kemije su bili (abecednim redoslijedom):

Petar Čuček
Mihajlo Filep
Domagoj Gajski
Tomislav Gojak
Jovana Katrinka
Tomislav Šklebar
Ana Urošević
Magdalena Valenta

Recenzenti iz područja fizike, matematike i tehničke su bili (abecednim redoslijedom):

Katja Kustura
Toni Marković
Danko Marušić
Una Pale
Vasilije Perović
Goran Popović
Dunja Vesinger

ZAHVALE SPONZORIMA I DONATORIMA

DONACIJE U PROIZVODIMA

Donacijama u proizvodima ove godine Turnir su podržali (abecednim redom): nakladnička kuća Element , Meridijani izdavačka kuća, Mozaik knjiga nakladnička kuća i knjižare, Školska knjiga izdavačka kuća, te zastupnik u Europskom parlamentu Davor Škrlec. Bez njih Državni turnir nebi bio na razini na kojoj je bio!



NOVČANE DONACIJE

Novčano su nas podržali mnogi, te bez njih odlazak hrvatske ekipe na međunarodno natjecanje u Kini u Nanjingu ne bi bilo izvedivo. Iz toga razloga beskrajno smo im zahvalni. Najvećim dijelom zaslužni su upravo roditelji natjecatelja koji su uspjeli pridobiti toliki broj donatora da pristanu pomoći u sufinciraju odlaska.

Donatori koji su novčano potpomogli odlazak hrvatske ekipe na IYNT 2017. u Nanjingu, Kina su (abecednim redom): Comping d.o.o, ExportDrvo d.o.o., Fakultet elektrotehnike i računarstva, Gimnazija Josipa Slavenskog, grad Karlovac, grad Slatina, grad Solin, Karolina Šimek, Mato Ostojić, Općina Vratišinec, Ravel d.o.o., Sedam IT, Virovitičko-podravska županija, XV. Gimnazija (Grad Zagreb), Zagrebačka škola ekonomije i managmenta.

comping

LET IT BE PERFECT





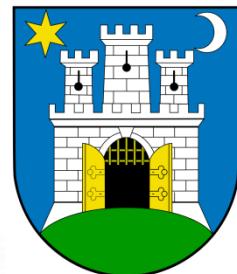
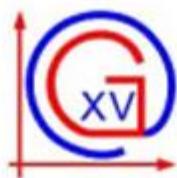
Grad
Slatina



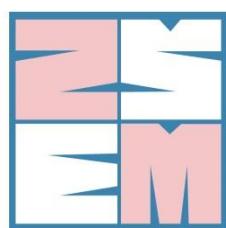
KAROLINA ŠIMEK

MATO OSTOJIĆ





XV. GIMNAZIJA ZAGREB



zagrebačka
škola ekonomije
i managementa
zagreb school
of economics
and management



Istraživački centar mladih

