

Gimnazija Franca Miklošiča Ljutomer

Prešernova 34

Ljutomer

## RAZISKOVALNA NALOGA

### **Vpliv liofilizacije na vsebnost vitamina C**

Tematsko področje: aplikativne raziskave in razvoj

Avtorici: Julija Vajs in Iva Kuhar

Razred: 3. a

Mentorica: mag. Nina Žuman, prof. kemije

Ljutomer, februar 2022

# Kazalo vsebine

Kazalo vsebine .....	2
<b>Povzetek</b> .....	6
<b>1. Uvod</b> <sup>(1)</sup> .....	7
<b>2. Cilji raziskovalne naloge</b> .....	8
<b>3. Hipoteze</b> .....	9
<b>4. Teoretični del</b> .....	10
<b>4.1. Vitamin C</b> <sup>(2)(3)(4)(5)</sup> .....	10
<b>4.2. Jabolka</b> <sup>(6)(7)</sup> .....	12
<b>4.3. Jabolčni olupek</b> <sup>(8)(9)</sup> .....	13
<b>4.4. Slive</b> <sup>(10)(11)</sup> .....	14
<b>4.5. Liofilizacija</b> <sup>(12)(13)</sup> .....	15
<b>4.6. Sprememba mase jabolk in sliv pri liofilizaciji</b> .....	18
<b>4.7. Poraba elektrike med postopkom liofilizacije</b> .....	18
<b>4.8. Spreminjanje tlaka med postopkom liofilizacije</b> .....	19
<b>4.9. Zamrzovanje</b> <sup>(14)(15)</sup> .....	20
<b>4.10. Segrevanje</b> <sup>(16)(17)(18)(19)</sup> .....	21
<b>4.11. Staranje</b> <sup>(20)</sup> .....	22
<b>4.12. Titracija</b> <sup>(21)</sup> .....	23
<b>4.12.1. Nevtralizacijska titracija</b> <sup>(22)</sup> .....	24
<b>5. Metode</b> .....	25
<b>6. Eksperimentalni del</b> .....	26
<b>6.1. Priprava DI-reagenta:</b> .....	26
<b>6.2. Standardizacija DI-reagenta</b> .....	27
<b>6.3. Priprava slepega vzorca</b> .....	28
<b>6.4. Proces liofilizacije jabolk in sliv</b> .....	28
<b>6.5. Titracijsko določanje vitamina C v različnih stanjih jabolk in sliv</b> .....	29
<b>7. Rezultati</b> .....	35
<b>7.1. Jabolka</b> .....	35
<b>7.2. Slive</b> .....	40
<b>9. Razprava</b> .....	44
<b>10. Zaključek</b> .....	46
<b>11. Viri in literatura</b> .....	47

## Kazalo slik

Slika 1: Skeletna formula askorbinske kisline. ....	10
Slika 2: Jabolka sorte Fuji. ....	12
Slika 3: Slive sorte Damson. ....	14
Slika 4: Liofilizator. ....	15
Slika 5: Liofilizirana jabolka. ....	16
Slika 6: Liofilizirane slive. ....	16
Slika 7: Liofilizirano sadje in zelenjava iz Sušilnice sadja Angela Vratuša s.p.....	16
Slika 8: Titracija. ....	23
Slika 9: Nevtralizacijska titracija. ....	24
Slika 10: DI. ....	26
Slika 11: DI. ....	26
Slika 12: Tehtanje jabolk brez olupka. ....	30
Slika 13: Tehtanje jabolk z olupkom.....	30
Slika 14: Tehtanje sliv z olupkom.....	30
Slika 15: Tehtanje sliv brez olupka. ....	30
Slika 16: Zmleta jabolka z olupkom (zgoraj) in brez olupka (spodaj). ....	31
Slika 17: Kuhanje narezanih jabolk z olupkom. ....	31
Slika 18: Zmlete slive brez olupka (na levi strani) in z olupkom (na desni strani).....	31
Slika 19: Filtriranje sliv z olupkom (na desni strani) in brez olupka (na levi strani), s pomočjo gaze.....	32
Slika 20: Filtriranje jabolk z olupkom, s pomočjo gaze.....	32
Slika 21: Filtriranje sliv z olupkom (na desni strani) in brez olupka (na levi strani).....	32
Slika 22: Primerjava barv vzorcev. Na levi strani je vzorec po titriranju, na desni strani pa vzorec pred titriranjem. ....	33
Slika 23: Odčitavanje izpuščenega reagenta. ....	33
Slika 25: Primerjava titriranega vzorca (na levi strani-sprememba barve) in vzorca pred titriranjem. ....	33
Slika 24: Titrirani vzorci olupljenih jabolk. ....	33
Slika 28: Primerjava vzorcev sliv z olupkom pred titracijo (na desni strani) in po titraciji (na levi strani).....	34
Slika 26: Primerjava dveh vzorcev (sprememba barve): sliv brez olupkov pred titracijo (na desni strani) in po titraciji (na levi strani). ....	34
Slika 29: Vzorci sliv brez olupkov pred titracijo. ....	34
Slika 27: Vzorci sliv z olupki po titraciji. ....	34

## Kazalo tabel

Tabela 1: Vsebnost vitamina C v različnem sadju. ....	11
Tabela 2: Sprememba mase jabolk in sliv pri liofilizaciji.....	18
Tabela 3: Poraba elektrike med postopkom liofilizacije.....	18
Tabela 4: Sprememba tlaka pri liofilizaciji. ....	<b>Napaka! Zaznamek ni definiran.</b>
Tabela 5: Sveža jabolka z olupki in brez olupkov. ....	35
Tabela 6: Zamrznjena jabolka z olupki in brez olupkov.....	36
Tabela 7: Kuhana jabolka z olupki in brez olupkov.....	37
Tabela 8: Liofilizirana jabolka z olupki. ....	38
Tabela 9: Stara jabolka z olupki.....	39
Tabela 10: Sveže slive z olupki in brez olupkov.....	40
Tabela 11: Zamrznjene slive z olupki in brez olupkov.....	41
Tabela 12: Kuhane slive z olupki in brez olupkov.....	42
Tabela 13: Liofilizirane slive z olupki .....	43

## **Zahvala**

Zahvaljujeva se mag. Nini Žuman za strokovno pomoč pri nastajanju raziskovalne naloge, brez nje zagotovo ne bi naredili takšne naloge, kot sva jo. Še enkrat se ji lepo zahvaljujeva za vso spodbudo in pomoč pri delu.

Zahvaljujeva se tudi laborantki Sonji Koroša za pomoč v laboratoriju in pri raziskovanju.

Zahvaljujeva se Angeli Vratuša s. p., Sušilnica sadja, za predstavljen postopek liofilizacije ter podrobno razlago o produktih.

Zahvaljujeva se tudi lektorici Katji Peršak Hajdinjak za jezikovni pregled raziskovalne naloge.

Posebna zahvala gre tudi najinima družinama za neomajno podporo med najinim raziskovanjem.

## **Povzetek**

Namen raziskovalne naloge je bil spoznati prednosti postopka liofilizacije. Liofilizacija je proces, pri katerem gre za nizkotemperaturno sušenje (sublimacijo) globoko zamrznjenih plodov, kjer se po posebnem postopku odstrani voda, ohranijo pa se struktura, barva, aroma, vitamini in sestava plodov. Z namenom spoznavanja procesa in prednosti le-tega sva določevali vsebnost vitamina C v različno pripravljenih jabolkih in slivah. Analizirali sva sveže, kuhane, zamrznjene in liofilizirane vzorce. Pri tem sva ugotovili, da s postopkom liofilizacije ohranimo večino vsebnosti vitamina C v jabolkih in slivah, medtem ko se s procesoma zamrzovanja in kuhanja vsebnost vitamina C precej zmanjša. Slabi lastnosti procesa liofilizacije sta cena postopka priprave takšne ozimnice, ki je zelo visoka, in dolgotrajnost postopka.

Ključne besede: liofilizacija, vitamin C, titracija, jabolka, slive.

## **The Abstract**

The purpose of the research project was to understand the advantages of the lyophilization process. The lyophilization is a process of low-temperature drying / sublimation of deep-frozen fruit in which water is removed by a special procedure while the structure, color, aroma, vitamins and composition of the fruit are preserved. In order to analyse this process and its advantages, we determined the content of vitamin C in variously prepared apples and plums. We analyzed fresh, cooked, frozen, and lyophilized samples. We found that the lyophilization process preserves most of the vitamin C in apples and plums while with freezing and cooking, the content of vitamin C is significantly reduced. A bad feature of the lyophilization process is the very high cost of preparing such a product and the duration of the process.

Key words: lyophilization, vitamin C, titration, apples, plums.

## 1. Uvod<sup>(1)</sup>

Ni skrivnost, da so jabolka in slive zelo zdrave. To ponazori tudi stavek: »Jabolko na dan, odžene zdravnika stran.« Jabolka so polna pomembnih hranil, vključno z vlakninami, vitamini, minerali in antioksidanti.

Prav zato sva se odločili, da bo osrednja tema najine raziskovalne naloge vsebnost vitamina C v različnih stanjih jabolk in sliv. Predstavili vam bova raziskano delo o jabolkah, slivah in vitaminu C. Gradivo sva zbrali v Splošni knjižnici Ljutomer in na spletu. Za to temo sva se odločili, ker sva iskali nekaj, kar ni tako poznano v Sloveniji. Sprva sva raziskovali vitamin C v jagodah, malinah in borovnicah, a nama titracija teh sadežev ni uspela zaradi njihove barve. Nato sva prešli na slive, limone in jabolka. Na koncu sva se odločili samo za jabolka in slive, saj so pogoste v našem okolju in jih uživava skoraj vsak dan. Zanimalo naju je tudi, kako se vitamin C spreminja v različnih stanjih jabolk in v različnih stanjih sliv; ob svežih, kuhanih, zamrznjenih in pa liofiliziranih. Raziskovali sva tudi vitamin C v olupku jabolk in sliv. Bistvo raziskovanja pa je bilo spoznavanje procesa liofilizacije in njegovih prednosti pri pripravi ozimnice.

## 2. Cilji raziskovalne naloge

Za namen raziskovanja sva si postavili sledeče cilje:

- Ugotoviti, ali liofilizirana jabolka in slive vsebujejo več vitamina C kot sveža, zamrznjena in skuhana jabolka ter slive.
- Ugotoviti, ali jabolka in slive z olupki vsebujejo več vitamina C kot jabolka ter slive brez olupkov.

Prvi cilj, ki sva si ga zastavili, je bil preveriti vsebnost vitamina C v različnih stanjih jabolk in sliv. Poskušali sva dokazati, da liofilizirana jabolka in slive vsebujejo največ vitamina C in so posledično najprimernejša in najbolj zdrava za uživanje.

Drugi cilj, ki sva si ga zastavili, je bil preveriti vsebnost vitamina C v jabolkih in slivah z olupkom in jabolkih ter slivah brez olupka. S poskusom sva poskušali dokazati, da jabolka in slive z olupkom vsebujejo več vitamina C kot jabolka in slive brez olupkov.



### 3. Hipoteze

**HIPOTEZA 1:** Jabolka in slive z olupki vsebujejo več vitamina C kot jabolka ter slive brez olupkov.

Jabolka in slive z olupki vsebujejo več vitamina C kot jabolka ter slive brez olupkov. Izvedli bova dva različna poskusa, in sicer bova preverjali vsebnost vitamina C v jabolku in slivah z olupkom in v olupljenem jabolku ter slivah.

**HIPOTEZA 2:** Liofilizirana jabolka vsebujejo več vitamina C kot stara jabolka.

Liofilizirana jabolka vsebujejo več vitamina C kot stara jabolka. Izvedli bova dva različna poskusa, in sicer bova preverjali vsebnost vitamina C v liofiliziranih jabolkih in v starih jabolkih.

**HIPOTEZA 3:** Vsebnost vitamina C v kuhanih in zamrznjenih jabolkih in slivah bo drugačna od vsebnosti vitamina C v liofiliziranih jabolkih in slivah.

Kuhana in zamrznjena jabolka ter kuhane in zamrznjene slive vsebujejo manj vitamina C kot liofilizirana jabolka in liofilizirane slive. Izvedli bova tri različne poskuse. Med sabo bova primerjali vsebnost vitamina C v liofiliziranih jabolkih in liofiliziranih slivah, zamrznjenih jabolkih ter zamrznjenih slivah in v kuhanih jabolkih ter v kuhanih slivah.

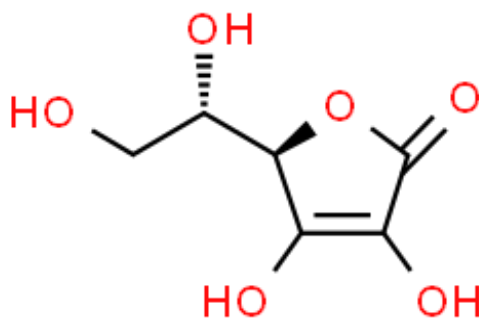
## 4. Teoretični del

### 4.1. Vitamin C<sup>(2)(3)(4)(5)</sup>

Vitamin C ali L-askorbinska kislina oz. antiskorbutni vitamin je vodotopen vitamin, ni pa topen v maščobah. Je brezbarvni kristal brez vonja in zelo kislega okusa. Vitamin C je občutljiv na vodo in kisik.

Naravno je prisoten v nekaterih živilih, lahko je dodan drugim ali je na voljo kot prehransko dopolnilo. Ljudje ne zmoremo endogeno sintetizirati vitamina C, zato je bistvena sestavina prehrane. Mnogo ga je v šipku, jagodah, pomarančah in limonah, papriki, paradižniku in drugem sadju ter zelenjavi.

Vitamin C je potreben za biosintezo kolagena in sodeluje pri presnovi beljakovin. Kolagen je bistvena sestavina vezivnega tkiva, ki je pomembno pri celjenju ran. Če ni vitamina C, pride do skorbuta, pomanjkanje pa povzroča npr. spomladansko utrujenost, neodpornost proti infekcijam in nagnjenje h krvavitvam dlesni. Če je dnevni vnos vitamina C nizek, lahko pride do slabšega delovanja imunskega sistema, slabšega celjenja ran in večje možnosti za razvoj srčnih bolezni ter raka. Vitamin C je tudi pomemben fiziološki antioksidant. Skoraj ves vitamin C izločimo z urinom.



Slika 1: Skeletna formula askorbinske kisline.

Tabela 1: Vsebnost vitamina C v različnem sadju.

SADJE	VSEBNOST VITAMINA C (mg/100 g)
<b>Sveža jabolka s kožo</b>	<b>4,6</b>
<b>Sveža jabolka brez kože</b>	<b>4</b>
Sušena jabolka	3,9
<b>Sveže slive</b>	<b>9,5</b>
Suhe slive	0,6
Sveže jagode	58,8
Kivi	92,8
Pomaranča	53,2
Limona	53
Lubenica	8,1
Hruška	4,3
Evropski črni ribez	181
Mandarine	26,7

## 4.2. Jabolka<sup>(6)(7)</sup>

Jabolka (*Malus x domestica*) so sadje, ki vsebuje veliko hranilnih snovi. Jabolka spadajo med kulturne rastline, te je vzgojil človek s pomočjo križanja. Njihove korenine izvirajo iz Azije.

Jabolka vsebujejo veliko ogljikovih hidratov, tudi sladkorja. Olupek vsebuje velik del vlaknin, med katerimi izrazito izstopajo vitamini in minerali. Izstopajo biotin, vitamin B6, vitamin K in vitamin C ter mangan, kalij in železo. Jabolka so tudi pomemben vir polifenolov v naši prehrani.

Obstaja na tisoče različnih sort. Najbolj znane sorte jabolk so:

- jonagold
- elstar
- braeburn
- gala
- idared
- topaz
- fuji in fuji kiku



Slika 2: Jabolka sorte fuji.

### 4.3. Jabolčni olupek<sup>(8)(9)</sup>

Jabolčna lupina je sestavljena iz povrhnjice in večplastne hipoderme, torej mehanskega tkiva. Najpomembnejšo zaščitno vlogo pred omenjenimi dejavniki ima kožica, torej epitelij lipidnega tipa z neenakomerno strukturo.

Če zavržemo olupek (kožo), odstranimo velik del vlaknin. Po podatkih Ministrstva za kmetijstvo Združenih držav Amerike veliko rdeče jabolko z nedotaknjeno kožo vsebuje približno 5 gramov vlaknin, 13 miligramov kalcija, 239 miligramov kalija in 10 miligramov vitamina C. Če odstranite kožo, še vedno vsebuje približno 3 grame vlaknin, 11 miligramov kalcija, 194 miligramov kalija in veliko vitamina C ter drugih hranilnih snovi.

Drug primer je sladki krompir. USDA pravi, da 100-gramska porcija sladkega krompirja, kuhanega z lupino, vsebuje 2 grama beljakovin, 3 grame vlaknin in 20 miligramov vitamina C. Toda enaka porcija sladkega krompirja brez kože, ki je bila kuhana – proces, ki dodatno izloči nekaj hranilnih snovi – se še vedno ponaša z 1,4 grama beljakovin, 2,5 grama vlaknin in 13 miligramov vitamina C.

#### 4.4. Slive<sup>(10)(11)</sup>

Slive (*Prunus domestica*) so sadje, ki vsebujejo veliko učinkovitih snovi, ki jih potrebujemo za normalno delovanje našega telesa. Slive so v Sloveniji tradicionalna sadna vrsta. So antioksidanti sadež. Vsebujejo pa tudi veliko vitamina C.

Ti antioksidanti, ki jih najdemo v slivah, varujejo naše telo pred oksidativno škodo, ki jo povzročajo kajenje, stres, itd.

Slive vsebujejo tudi vitamin C, ki ga potrebujemo, da lahko naše telo iz hrane absorbira železo. Vitamin C krepi imunski sistem, naše telo ga potrebuje tudi za regeneracijo žil. Dokazano je, da vitamin C ščiti ožilje tako, da preprečuje oksidacijo holesterola.

Vrste sliv:

- imperial gage
- damson
- lombard
- maynard
- yellow egg



Slika 3: Slive sorte damson.

#### 4.5. Liofilizacija<sup>(12)(13)</sup>

Liofilizacija sadja in zelenjave pomeni nizkotemperaturno sušenje (sublimacija) globoko zamrznjenih plodov, pri katerem se po posebnem postopku odstrani voda, ohranijo pa se struktura, barva, aroma, vitamini in sestava plodov. Običajne metode sušenja, kot so sušenje na zraku in v pečici, lahko močno spremenijo biokemično sestavo plodov. Sušenje sadja in zelenjave z liofilizacijo pa dejansko zaščiti biokemično in encimsko sestavo rastlin ter ohrani zdravilne učinke le-teh. Na koncu tega postopka dobimo posušene, hrustljave in krhke rastline. To je eden izmed najbolj dragocenih načinov predelave občutljivih živil. Takšen postopek sušenja poteka zelo dolgo. Proces liofilizacije izvajamo z napravo liofilizator. Liofilizirano sadje in zelenjava sta dalj časa obstojna in vsebujeta vse hranilne vrednosti iz svežega sadja, ki se obdrži dalj časa, tudi skozi zimo.



Slika 4: Liofilizator.



Slika 5: Liofilizirana jabolka.



Slika 6: Liofilizirane slive.



Slika 7: Liofilizirano sadje in zelenjava iz Sušilnice sadja, Angela Vratuša, s. p.



Proces liofilizacije delimo na tri faze: zamrzovanje, primarno sušenje in sekundarno sušenje.

### *Zamrzovanje*

V procesu zamrzovanja se material zamrzne. V laboratoriju se običajno material namesti v posebno stekleno komoro, vrtečo se v kopeli, ki je hlajena z mehanskim ohlajevanjem, suhim ledom in metanolom (ledeno-alkoholna kopel) ali tekočim dušikom. V večjem obsegu je zamrzovanje izvedeno v zamrzovalno-sušilnem stroju. Pri zamrzovanju je pomembno ohladiti material pod njegovo trojno točko, najnižjo temperaturo, kjer je material hkrati v trdnem in tekočem agregatnem stanju. S tem zagotovimo pojav sublimacije in se izognemo taljenju. Večje kristale je v postopku liofilizacije lažje uporabiti. Dobimo jih s počasnim zamrzovanjem produkta. V primeru hrane ali materialov z nekoč živimi celicami pa veliki ledeni kristali uničijo celične stene (kar je odkril Clarence Birdseye). Običajno so zamrzovalne temperature med  $-50$  in  $-80$  °C. Zamrzovalna faza je najbolj kritična v celotnem procesu liofilizacije, saj lahko v primeru nepravilnega izvajanja pride do uničenja produkta.

### *Primarno sušenje*

Med fazo primarnega sušenja znižamo tlak (na nekaj milibarov) in dovedemo dovolj toplote materialu, da voda sublimira. V začetni fazi sušenja sublimira okoli 95 % vode v materialu. Ta faza mora biti počasna (v industrijski obdelavi lahko traja nekaj dni), ker se v primeru, da dovedemo preveč toplote, lahko spremeni struktura materiala. Tlak je nadzorovan s pomočjo parcialnega vakuumu. Vakuum pospeši sublimacijo. Hladna kondenzacijska komora in/ali kondenzacijske plošče predstavljajo površino, kjer se lahko vodna para kondenzira. Kondenzator ne igra nobene vloge pri zamrzovanju materiala, ampak preprečuje vodni pari, da bi dosegla vakuumsko črpalko, kar bi lahko zmanjšalo njen učinek. Temperature v kondenzatorju so običajno nekje okoli  $-50$  °C. V tej fazi se toplota dovaja s kondukcijo ali z radiacijo, medtem ko je uporaba konvekcije neučinkovita.

### *Sekundarno sušenje*

Cilj sekundarnega sušenja je odstraniti nezamrznjene vodne molekule, kajti led je bil že odstranjen s sublimacijo med primarno fazo sušenja. Ta del liofilizacijskega procesa je odvisen od adsorpcijskih izoterm materiala. V tej fazi je temperatura višja kot v primarni fazi sušenja in je lahko celo nad  $0$  °C, saj hočemo prekiniti fizikalno-kemijske interakcije, ki so nastale med vodnimi molekulami in zamrznjenimi materialom. Običajno znižamo tudi tlak, da pospešimo desorpcijo (proces nasproten adsorpciji). V nekaterih primerih pa je treba ohraniti visok tlak. Ko je proces liofilizacije končan, vakuum izničimo z inertnim plinom (npr. dušikom) in nato je material neprodušno zaprt. Na koncu procesa se v produktu nahajajo zelo nizke koncentracije vode (nekje med 1 in 4 %).

#### 4.6. Sprememba mase jabolk in sliv pri liofilizaciji

Tabela 2: Sprememba mase jabolk in sliv pri liofilizaciji.

<b>KOLIČINA VSEŽIH JABOLK</b>	<b>KOLIČINA LIOFILIZIRANIH JABOLK</b>	<b>KOLIČINA SVEŽIH SLIV</b>	<b>KOLIČINA LIOFILIZIRANIH SLIV</b>
600–700 g (odvisno od velikosti)	100 g	500–600 g (odvisno od velikosti sliv)	100 g

Da pridobimo 100 g liofiliziranih jabolk, potrebujemo nekje 600–700 g (odvisno od velikosti) svežih jabolk. Za 100 g liofiliziranih sliv pa potrebujemo nekje 500–600 g (odvisno od velikosti) svežih sliv.

#### 4.7. Poraba elektrike med postopkom liofilizacije

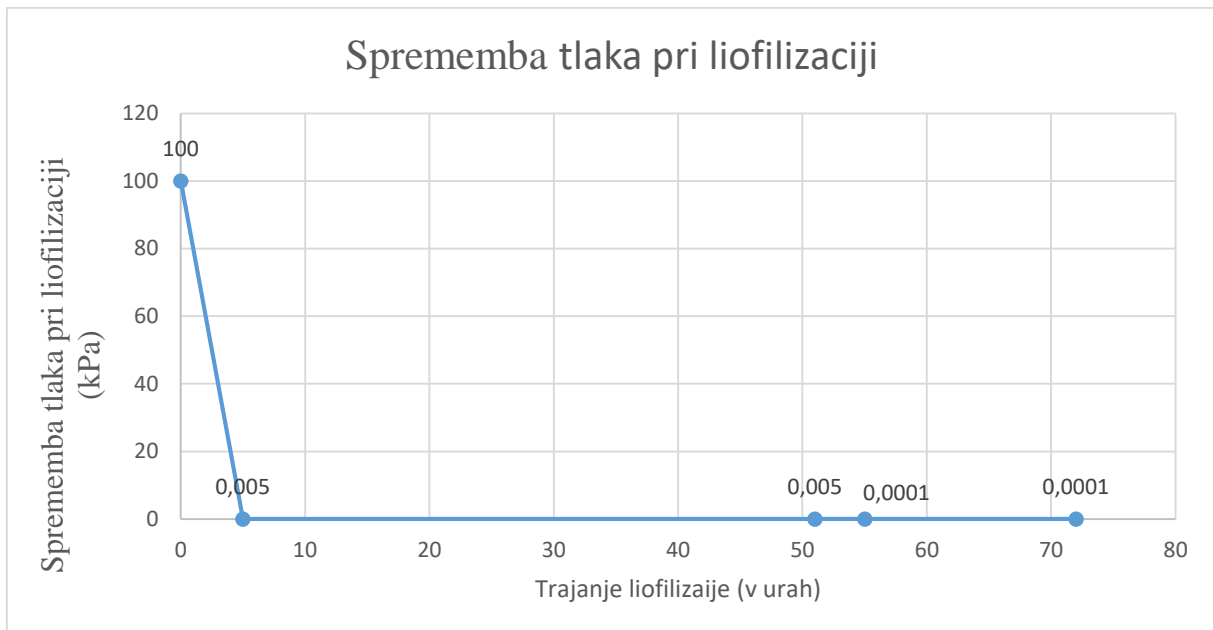
Tabela 3: Poraba elektrike med postopkom liofilizacije.

<b>TRAJANJE POSTOPKA</b>	<b>LASTNOSTI SADJA</b>	<b>PORABA ELEKTRIKE</b>
<b>3 dni</b>	srednje, majhne velikosti in zrelo sadje	150–180 kW
<b>3 dni</b>	debelejše, večje in prezrelo sadje	200–250 kW

Postopek liofilizacije traja tri dni in pri tem se pri srednje ali majhne velikosti sadja, ki je zrelo porabi 150–180 kW elektrike. Pri sadju, ki pa je debelejše, večje ali prezrelo, se porabi 200–250 kW elektrike.

## 4.8. Spreminjanje tlaka med postopkom liofilizacije

Tabela 4: Sprememba tlaka pri liofilizaciji.



Graf prikazuje spreminjanje tlaka med postopkom liofilizacije. Naprej nastavimo tlak na 100 kPa, pri katerem poteka ohlajanje naprave. Po petih urah pade tlak na 0,05 kPa in takrat damo globoko zamrznjene plodove v napravo. Po 46 urah spremenimo tlak. Ta pade v štirih urah na 0,0001 kPa. Nato plodove pustimo 17 ur pri tem tlaku in jih po tem vzamemo iz naprave. Pri samem postopku se ustvari vakuum, ki je ključen za ta postopek.

## 4.9. Zamrzovanje<sup>(14)(15)</sup>

Zamrzovanje je običajen način podaljševanja obstojnosti živil ter ohranjanja njihove prehranske in hranilne vrednosti. Zaradi nizkih temperatur zamrzovanje zelo zmanjša ali pa popolnoma prepreči razvoj mikroorganizmov. Oteži pa se tudi delovanje encimov, ki so sicer najbolj odporne snovi v živilu in počasi delujejo tudi med večmesečnim zamrzovanjem ter poslabšajo kakovost.

Zamrznjena živila so tista, ki jih shranjujemo pri  $-18^{\circ}\text{C}$ . Ta temperatura ohranja hrano varno, saj mikrobi mirujejo, njihova rast pa je preprečena. Čeprav zamrzovanje ohranja hrano varno za uživanje, se lahko organoleptična kakovost živila po dolgotrajnem zamrzovanju poslabša.

Zaradi vpliva številnih dejavnikov pri zamrzovanju prihaja do spremembe prehranske vrednosti, zato je treba živila pred zamrzovanjem ustrezno obdelati (npr. blanširanje zelenjave). Poseben problem v domačih zamrzovalnikih predstavlja nihanje temperature, kar povzroči rast kristalov, ki poslabšajo teksturo živila in povečajo količino tekočine, ki izteče po odtajevanju. Glavni dejavnik, ki vpliva na kemijske in biokemijske lastnosti zamrznjenih živil, je gibanje vode. Izguba vode je največji problem, saj je velikokrat glavni razlog za krajšo obstojnost zamrznjene hrane.

Količina vitamina C z zamrzovanjem upada. Vitamin C je najbolj občutljiv na temperaturne spremembe, še bolj občutljiv pa je na hitro spreminjanje temperature. Vitamin C se izgubi s hitrimi zamrzovanjem. Na  $-30^{\circ}\text{C}$  se izgubi približno 15–20 % vitamina C.

Midve sva sadje zamrzovali v zamrzovalniku pri  $-18^{\circ}\text{C}$ , izgubilo pa se je približno 9–10 % vitamina C. Sadje sva zamrzovali 12 ur, zato se je tudi izgubilo manj vitamina C.

#### 4.10. Segrevanje<sup>(16)(17)(18)(19)</sup>

Vitamin C je vodotopen in temperaturno občutljiv vitamin, zato se med kuhanjem zlahka razgradi, pri čemer je bilo ugotovljeno, da povišane temperature in daljši čas kuhanja povzročajo posebno hude izgube vitamina C.

S kuhanjem se izgubi veliko vitamina C, saj se vitamin C raztaplja v vodi in se pri visokih temperaturah, in sicer pri 88–89 °C začne razgrajati. V najinem primeru se je razgradilo zelo veliko vitamina C, ker sva kuhali slive in jabolka, dokler voda ni zavrela (pri 100 °C), in sicer sva jih kuhali približno 15 minut.

##### Obstojnost vitamina C

V aerobnih pogojih askorbinska kislina oksidira do dehidroaskorbinske kisline, nakar potečeta hidroliza in cepitev obroča dehidroaskorbinske kisline (DHA) do nastanka 2,3-diketo-L-gulonske kisline. Pri tem molekula izgubi svojo vitaminsko aktivnost in antioksidativne lastnosti. V anaerobnih pogojih se DHA ne tvori, temveč nastanejo drugi produkti.

Vitamin C se hitro uniči pri visokih temperaturah, saj ga ob prisotnosti kisika z višanjem temperature več oksidira. Tudi manjša osvetljenost pomeni manjšo tvorbo vitamina C v rastlini.

Povzetek: Pri hlajenju živil se izgubi povprečno 10–30 %, v kleti 15–40 % vitamina C, pri namakanju v vodi 30 %, pri pranju pod tekočo vodo 17 %. Pri kuhanju in gretju se uniči 20–80 % vitamina C.

#### **4.11. Staranje<sup>(20)</sup>**

Sčasoma se vsebnost vitamina C v sadju zmanjša. Študija iz leta 2002, objavljena v Journal of the American Dietetic Association, je primerjala vsebnost vitamina C v svežem in rekonstituiranem pomarančnem soku v obdobju štirih do petih tednov. Vitamin C se je v rekonstituiranem pomarančnem soku v štiritedenskem obdobju študije zmanjšal z 84 mg na 1 skodelico na 39 oz. 46 mg na 1 skodelico. Vitamin C v svežem pomarančnem soku se je zmanjšal s 27 na 65 mg vitamina C na 1 skodelico na 0 oz. 25 mg na 1 skodelico.

## 4.12. Titracija<sup>(21)</sup>

Volumetrija oziroma titracija je kvantitativna metoda v analizi kemiji. Pri titraciji odmerjeni množini raztopljenega vzorca iz birete dodajamo raztopino z znano koncentracijo, dokler reakcija ni končana (ekvivalentna točka), kar se zazna po tvorbi oborine ali po barvnem preskoku indikatorja.

Volumetrične metode delimo glede na vrste reakcij, ki pri tem potekajo, na:

- nevtralizacijske metode,
- oksidacijske metode,
- jodometrične metode (jodometrija),
- redukcijske metode,
- obarjalne metode,
- titracije z elektrokemijsko indikacijo.



Slika 8: Titracija.

### 4.12.1. Nevtralizacijska titracija<sup>(22)</sup>

Gre za najbolj znano analizo tega tipa. Drugače jo imenujemo še kislinsko bazna titracija.

Pri nevtralizacijski titraciji raztopini kisline neznane koncentracije kot reagent dodajamo bazo znane koncentracije (acidimetrija) ali pa raztopini hidroksida neznane koncentracije kot reagent dodajamo raztopino kisline znane koncentracije (alkalimetrija).

Pri močnih kislinah in bazah dodajamo reagent toliko časa, dokler ni raztopina, ki jo titriramo nevtralna. Končno točko titracije pa določimo z indikatorjem.

Nevtralizacijska titracija se uporablja za določanje neznane koncentracije kisline ali pa baze z nevtralizacijo s kislino ali z bazo že znane koncentracije.



Slika 9: Nevtralizacijska titracija.



## 5. Metode

1. Zbiranje podatkov s pomočjo različnih virov in literature.
2. Določanje vsebnosti vitamina C z nevtralizacijsko titracijo.
3. Obisk Sušilnice sadja Angela Vratuša (inž. agr.), s. p.

### Vzorci:

- jabolka in slive z olupkom
- jabolka in slive brez olupkov
- zamrznjena jabolka in slive z olupkom
- zamrznjena jabolka in slive brez olupkov
- liofilizirana jabolka in liofilizirane slive
- kuhana jabolka in slive z olupkom
- kuhana jabolka in slive brez olupka

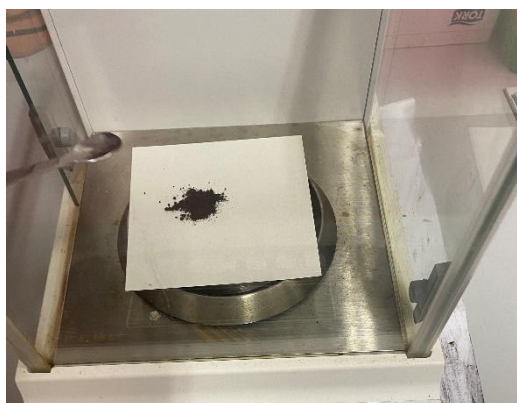
## 6. Eksperimentalni del

### 6.1. Priprava DI-reagenta:

Laboratorijski inventar in kemikalije:

- 2,6-diklorofenolindofenol (DI)
- urno steklo
- analizna tehtnica
- spatula
- gorilnik
- kovinsko stojalo
- čaša
- destilirana voda
- steklena palčka
- merilna bučka, kapacitete 250 ml
- lijak

2200 mg DI (2,6-Dichloroindophenol sodium salt hydrate) topimo v 8 ml vrele destilirane vode. Nato ga kvantitativno prelijemo v 500-mililitrsko merilno bučko in dopolnimo do oznake z destilirano vodo (1 ml = 0,24 mg askorbinske kisline).



Slika 10: DI.



Slika 11: DI.

## 6.2. Standardizacija DI-reagenta

Laboratorijski inventar in kemikalije:

- analizna tehtnica
- urno steklo
- spatula
- čaša
- steklena palčka
- bučka, kapacitete 250 ml
- bireta, kapacitete 50 ml
- erlenmajerice
- polnilna pipeta, kapacitete 5 ml
- žogica za pipetiranje
- destilirana voda
- raztopina DI-reagenta
- askorbinska kislina ( $C_6H_8O_6$ )
- očetna kislina ( $CH_3COOH$ )

Pripravili sva raztopino, ki vsebuje 0,24 mg askorbinske kisline v 1 ml reagenta DI. Najprej sva na analizni tehtnici stehali 0,0600 g askorbinske kisline in jo ob mešanju s stekleno palčko raztopili v destilirani vodi. Raztopino sva nato prelili v 250-mililitrsko merilno bučko in jo z destilirano vodo razredčili do oznake. Potem sva v erlenmajerico odpipetirali 5 ml vzorca in ji dodali še 5 ml 10-odstotne očetne kisline ( $CH_3COOH$ ) ter 150 ml destilirane vode. Pripravljene vzorce sva titrirali z reagentom DI in pri titraciji askorbinske kisline porabili 68,1 ml reagenta DI. Ta podatek sva uporabili za izračun faktorja reagenta DI, ki je bil pomemben za nadaljnje izračune vsebnosti vitamina C v različnih stanjih jabolk in sliv.

$$f_{DI} = \frac{5ml}{ml DI}$$

$$f_{DI} = \frac{5ml}{68,1ml} = 0,073$$

### 6.3. Priprava slepega vzorca

Laboratorijski inventar in kemikalije:

- merilni valj
- polnilna pipeta, kapacitete 10 ml
- polnilna pipeta, kapacitete 5 ml
- bireta, kapacitete 50 ml
- erlenmajerice
- žogica za pipetiranje
- destilirana voda
- očetna kislina
- reagent DI

Voda in očetna kislina porabita nekaj reagenta DI za obarvanje do rdeče barve, zato sva naredili slepi vzorec in napako pri nadaljnjih titracijah odšteli.

Slepi vzorec sva pripravili tako, da sva k 150 ml destilirane vode dodali 5 ml 10-odstotne očetne kisline. V laboratoriju sva imeli na voljo le 100-odstotne očetno kislino, zato sva si 10-odstotne očetno kislino pripravili sami. 10 ml 100-odstotne očetne kisline sva odpipetirali v 100-mililitrsko merilno bučko in raztopino razredčili z destilirano vodo do oznake. Nato je sledila titracija slepih vzorcev, vendar šele po 0,1 ml DI-reagenta. Za titracijo slepega vzorca sva porabili 0,63 ml reagenta DI.

### 6.4. Proces liofilizacije jabolk in sliv

Za proces liofilizacije izberemo ravno prav zrela jabolka. Jabolka takoj po nabiranju zamrznemo na  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  v zamrzovalniku. Zamrznjena jabolka iz zamrzovalnika prestavimo v liofilizator šele, ko je ta ohlajen na  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V liofilizatorju se temperatura zniža nekje na  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ko se okolica približuje  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , začnemo spreminjati vakuum in dvigovati temperaturo. Postopoma grejemo, najprej na  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pa vse do  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V liofilizatorju takrat poteka sublimacija. Postopek traja od dva do tri dni. Izgub ni. Okus ostane isti.

Enak postopek se izvede tudi za slive oziroma za katero koli drugo sadje ter zelenjavo. Liofiliziramo lahko tudi različne začimbe in cvetove različnih rož, na tak način se ohrani intenziven vonj. Cvetove vrtnic in zelišč ni potrebno predhodno zamrzniti.

## 6.5. Titracijsko določanje vitamina C v različnih stanjih jabolk in sliv

Laboratorijski inventar in kemikalije:

- sveža jabolka z olupkom
- sveža jabolka brez olupkov
- zamrznjena jabolka z olupkom
- zamrznjena jabolka brez olupka
- kuhana jabolka z olupkom
- kuhana jabolka brez olupka
- liofilizirana jabolka
- sveže slive z olupkom
- sveže slive brez olupka
- zamrznjene slive z olupkom
- zamrznjene slive brez olupka
- kuhane slive z olupkom
- kuhane slive brez olupka
- liofilizirane slive
- nož
- palični mešalnik
- merilni valj
- lijak
- filtrirni papir
- erlenmajerice
- bireta, kapacitete 50 ml
- polnilna pipeta, kapacitete 5 ml in 1 ml
- žogica za pipetiranje
- destilirana voda
- 10-odstotna očetna kislina
- reagent DI

Izvedba:

Jabolka in slive stehtamo in jih kuhamo/zmrznemo/liofiliziramo in jih olupimo/ne olupimo.



Slika 12: Tehtanje jabolk brez olupka.



Slika 13: Tehtanje jabolk z olupkom.



Slika 14: Tehtanje sliv z olupkom.

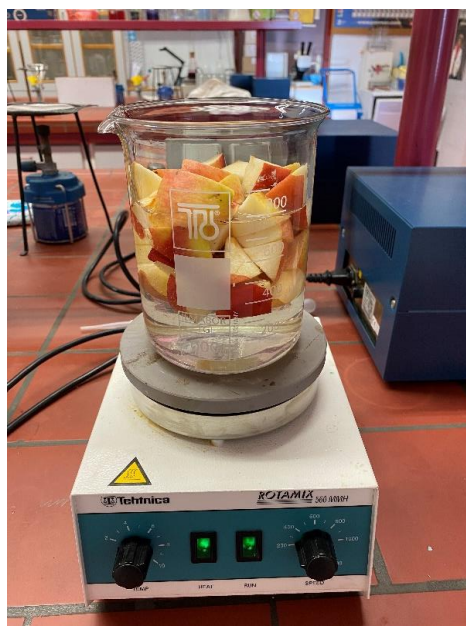


Slika 15: Tehtanje sliv brez olupka.

Jabolka ter slive narežemo na majhne kose in jih zmeljemo s paličnim mešalnikom. Tako sva pripravili vzorce.



Slika 16: Zmleta jabolka z olupkom (zgoraj) in brez olupka (spodaj).



Slika 17: Kuhanje narezanih jabolk z olupkom.



Slika 18: Zmlete slive brez olupka (na levi strani) in z olupkom (na desni strani).

Vzorci se filtrirajo skozi gazo, saj je masa pregosta, da bi jo filtrirali skozi filtrirni papir.



Slika 19: Filtriranje sliv z olupkom (na desni strani) in brez olupka (na levi strani) s pomočjo gaze.



Slika 20: Filtriranje jabolk z olupkom s pomočjo gaze.



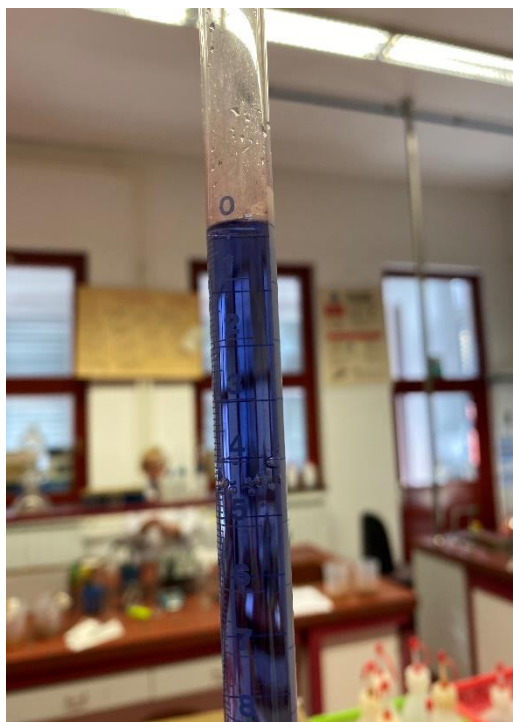
Slika 21: Filtriranje sliv z olupkom (na desni strani) in brez olupka (na levi strani).

V erlenmajerico odpipetiramo 1 ml vzorca (različna stanja jabolk) in razredčimo z destilirano vodo do 150 ml. Nato dodamo 5 ml 10-odstotne očetne kisline. Pripravimo tri raztopine z enakim vzorcem. To raztopino titriramo z ID do spremembe barve, ki je obstojna dalj časa.





Slika 22: Primerjava barv vzorcev. Na levi strani je vzorec po titriranju, na desni strani pa vzorec pred titriranjem.



Slika 23: Odčitavanje izpuščenega reagenta.



Slika 24: Titrirani vzorci olupljenih jabolk.



Slika 25: Primerjava titriranega vzorca (na levi strani – sprememba barve) in vzorca pred titriranjem.



Slika 26: Primerjava dveh vzorcev (sprememba barve): slive brez olupkov pred titracijo (na desni strani) in po titraciji (na levi strani).



Slika 27: Vzorci sliv z olupki po titraciji.



Slika 28: Primerjava vzorcev sliv z olupkom pred titracijo (na desni strani) in po titraciji (na levi strani).



Slika 29: Vzorci sliv brez olupkov pred titracijo.

## 7. Rezultati

V nadaljevanju so prikazani rezultati posameznih meritev titracije glede na različne priprave jabolk in sliv.

### 7.1. Jabolka

Tabela 5: Sveža jabolka z olupki in brez olupkov.

Titracija	<b>Titracija jabolk z olupkom</b>	<b>Titracija jabolk brez olupka</b>
	V (ID reagenta )/ml	V (ID reagenta )/ml
1. titracija	13	12
2. titracija	14	12
3. titracija	14	12
Povprečna poraba	13,67	12

Računski del:

- sveža jabolka z olupkom:

$$\text{ml DI} = 13,67 - 0,63 = 13,04$$

$$\text{mg vitamina C/100 g jabolka} = \frac{\text{ml DI} \times fDI \times 0,24}{\text{ml (vzorca)}} \times 100 = \frac{13,04 \times 0,073 \times 0,24}{5\text{ml}} \times 100 = 4,57$$

- sveža jabolka brez olupka:

$$\text{ml DI} = 12 - 0,63 = 11,37$$

$$\text{mg vitamina C/100 g jabolka} = 3,98$$

Sveža jabolka z olupkom, ki sva jih analizirali, vsebujejo 4,57 mg vitamina C/100 g jabolka, sveža jabolka brez olupkov vsebujejo 3,98 mg vitamina C/100 g jabolka.

Na podlagi rezultatov sva ugotovili, da jabolka z olupki vsebujejo več vitamina C kot jabolka brez olupkov. To pomeni, da olupek vsebuje kar 12,9 % celokupnega vitamina C v jabolki.

Rezultati so potrdili najina pričakovanja, saj sva na podlagi teorije sklepali, da bodo jabolka z olupki vsebovala več vitamina C kot jabolka brez olupkov.

Tabela 6: Zamrznjena jabolka z olupki in brez olupkov.

Titracija	<b>Titracija zamrznjenih jabolk z olupki</b>	<b>Titracija zamrznjenih jabolk brez olupkov</b>
	V (ID reagenta )/ml	V (ID reagenta )/ml
1. titracija	10	8
2. titracija	11	8
3. titracija	10	9
Povprečna poraba	10,33	8,67

Računski del:

- zamrznjena jabolka z olupkom:

$$\text{ml DI} = 10,33 - 0,63 = 9,66$$

$$\text{mg vitamina C/100 g jabolka} = 3,38$$

- zamrznjena jabolka brez olupka:

$$\text{ml DI} = 8,67 - 0,63 = 8,04$$

$$\text{mg vitamina C/100 g jabolka} = 2,8$$

Zamrznjena jabolka z olupkom, ki sva jih analizirali, vsebujejo 3,38 mg vitamina C/100 g jabolka, zamrznjena jabolka brez olupkov vsebujejo 2,80 mg vitamina C/100 g jabolka.

Količina vitamina C z zamrzovanjem upada. Vitamin C je najbolj občutljiv na temperaturne spremembe, še bolj občutljiv pa je na hitro spreminjanje temperature. Vitamin C se izgubi s hitrimi zamrzovanjem. Na  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  se izgubi približno 15–20 % vitamina C. [15]

Na podlagi rezultatov sva ugotovili, da se z zamrzovanjem izgubi nekaj vitamina C. Zamrzovanje je potekalo pri  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  12 ur, izgubilo pa naj bi se približno 9–10 % vitamina C.

Tabela 7: Kuhana jabolka z olupki in brez olupkov.

Titracija	<b>Titracija kuhanih jabolk z olupki</b>	<b>Titracija kuhanih jabolk brez olupkov</b>
	V (ID reagenta )/ml	V (ID reagenta )/ml
1. titracija	6	5
2. titracija	7	5
3. titracija	7	6
Povprečna poraba	7,67	6,33

Računski del:

- kuhana jabolka z olupki:

$$\text{ml DI} = 7,67 - 0,63 = 7,04$$

$$\text{mg vitamina C/100 g jabolka} = 2,47$$

- kuhana jabolka brez olupkov:

$$\text{ml DI} = 6,33 - 0,63 = 5,66$$

$$\text{mg vitamina C/100 g jabolka} = 1,98$$

Kuhana jabolka z olupkom, ki sva jih analizirali, vsebujejo 2,47 mg vitamina C/100 g jabolka, kuhana jabolka brez olupkov vsebujejo 1,98 mg vitamina C/100 g jabolka.

S kuhanjem se izgubi veliko vitamina C, saj se raztaplja v vodi in se pri visokih temperaturah, in sicer pri 88–89° C, razgradi. Tako kot prej jabolka brez olupkov vsebujejo manj vitamina C. V najinem primeru se je razgradilo zelo veliko vitamina C, in sicer kar 54 %. Vzrok je v tem, da sva slive in jabolka kuhali v vreli vodi približno 15 minut, vitamin C se raztaplja v vodi in se pri visokih temperaturah, in sicer pri 88–89 °C, začne razgrajati.

Sklepali sva, da se bo s kuhanjem izgubilo malo vitamina C, a se ga je razgradilo veliko več, kot sva pričakovali.

Tabela 8: Liofilizirana jabolka z olupki.

Titracija	<b>Titracija liofiliziranih jabolk</b>
	V (ID reagenta )/ml
1. titracija	13
2. titracija	12
3. titracija	14
Povprečna poraba	13,00

Računski del:

- liofilizirana jabolka

$$\text{ml DI} = 13,00 - 0,63 = 12,37$$

$$\text{mg vitamina C/100 g jabolka} = 4,33$$

Liofilizirana jabolka z olupkom, ki sva jih analizirali, vsebujejo 4,33 mg vitamina C/100 g jabolka.

Iz izračuna opazimo, da liofilizirana jabolka vsebujejo skoraj enako količino vitamina C kot sveža jabolka.

Titracija liofiliziranih jabolk brez olupkov ni bila možna, saj so liofilizirana jabolka zelo krhka in se hitro zdrobijo. Liofiliziranih jabolk brez olupkov ni bilo mogoče kupiti oziroma pripraviti.

Tabela 9: Stara jabolka z olupki.

Titracija	<b>Titracija starih jabolk</b>
	V (ID reagenta )/ml
1. titracija	11
2. titracija	12
3. titracija	12
Povprečna poraba	11,67

Računski del:

- stara jabolka

$$\text{ml DI} = 11,67 - 0,63 = 11,04$$

$$\text{mg vitamina C/100 g jabolka} = 3,87$$

Stara jabolka z olupki, ki sva jih analizirali, vsebujejo 3,87 mg vitamina C/100 g jabolka.

Ta jabolka, ki sva jih titrirali, so bile potrgana 4. septembra 2021. Titrirali sva jih 4. aprila 2022. Jabolka so bila shranjena v shrambi pri 1 °C, in sicer 7 mesecev.

Titracija starih sliv ni bila možna, saj sva slive 1 mesec pustili v shrambi pri 1 °C in so že v tem času začele gniti. Zato titracija po 7 mesecih ni bila možna.

## 7.2. Slive

Tabela 10: Sveže slive z olupki in brez olupkov.

Titracija	<b>Titracija sliv z olupki</b>	<b>Titracija sliv brez olupkov</b>
	V (ID reagenta )/ml	V (ID reagenta )/ml
1. titracija	26	24
2. titracija	25	23
3. titracija	26	23
Povprečna poraba	25,67	23,33

Računski del:

- sveže slive z olupkom:

$$\text{ml DI} = 25,67 - 0,63 = 25,04$$

$$\text{mg vitamina C/100 g sliv} = \frac{\text{ml DI} \times fDI \times 0,24}{\text{ml (vzorca)}} \times 100 = \frac{25,04 \times 0,073 \times 0,24}{5\text{ml}} \times 100 = 8,77$$

- sveže slive brez olupka:

$$\text{ml DI} = 23,33 - 0,63 = 22,66$$

$$\text{mg vitamina C/100 g sliv} = 7,94$$

Sveže slive z olupki, ki sva jih analizirali, vsebujejo 8,77 mg vitamina C/100 g sliv, sveže slive brez olupkov vsebujejo 7,94 mg vitamina C/100 g sliv.

Na podlagi rezultatov sva ugotovili, da slive z olupki vsebujejo več vitamina C kot slive brez olupkov.

Rezultati so potrdili najina pričakovanja, saj sva na podlagi teorije sklepali, da bodo slive z olupki vsebovale več vitamina C kot slive brez olupkov. Pričakovali sva, da bo tako kot pri jabolkah tudi pri slivah olupek vseboval več vitamina C.



Tabela 11: Zamrznjene slive z olupki in brez olupkov.

Titracija	<b>Titracija zamrznjenih sliv z olupki</b>	<b>Titracija zamrznjenih sliv brez olupkov</b>
	V (ID reagenta )/ml	V (ID reagenta )/ml
1. titracija	20	18
2. titracija	21	17
3. titracija	19	18
Povprečna poraba	20	17,67

Računski del:

- zamrznjene slive z olupkom:

$$\text{ml DI} = 20 - 0,63 = 19,37$$

$$\text{mg vitamina C/100 g sliv} = 6,79$$

- zamrznjene slive brez olupka:

$$\text{ml DI} = 17,67 - 0,63 = 17,04$$

$$\text{mg vitamina C/100 g sliv} = 5,97$$

Na podlagi rezultatov sva ugotovili, da se z zamrzovanjem izgubi nekaj vitamina C. Iz tabele lahko razberemo, da slive brez olupkov vsebujejo manj vitamina C.

Sklepali sva, da bodo slive z zamrzovanjem izgubile vitamin C in to sva na podlagi raziskovanja dokazali.

Tabela 12: Kuhane slive z olupki in brez olupkov.

Titracija	<b>Titracija kuhanih sliv z olupki</b>	<b>Titracija kuhanih sliv brez olupkov</b>
	V (ID reagenta )/ml	V (ID reagenta )/ml
1. titracija	16	14
2. titracija	15	14
3. titracija	16	13
Povprečna poraba	15,67	13,67

Računski del:

- kuhane slive z olupkom:

$$\text{ml DI} = 15,67 - 0,63 = 15,04$$

$$\text{mg vitamina C/100 g sliv} = 5,27$$

- kuhane slive brez olupka:

$$\text{ml DI} = 13,67 - 0,63 = 13,04$$

$$\text{mg vitamina C/100 g sliv} = 4,57$$

S kuhanjem se izgubi veliko vitamina C, saj se raztaplja v vodi in se pri visokih temperaturah, in sicer pri 88–89 °C, razgradi. Tako kot prej, slive brez olupkov vsebujejo manj vitamina C.

Sklepali sva, da se bo s kuhanjem izgubilo malo vitamina C, a se ga je razgradilo veliko več, kot sva pričakovali.

V najinem primeru se je razgradilo zelo veliko vitamina C, ker sva kuhali slive in jabolka, dokler voda ni zavrela (pri 100 °C), in sicer sva jih kuhali približno 15 minut.

Tabela 13: Liofilizirane slive z olupki

Titracija	<b>Titracija liofiliziranih sliv</b>
	V (ID reagenta )/ml
1. titracija	26
2. titracija	25
3. titracija	24
Povprečna poraba	25

Računski del:

- liofilizirane slive:

$$\text{ml DI} = 25 - 0,63 = 24,37$$

$$\text{mg vitamina C/100 g sliv} = 8,54$$

Opazimo, da liofilizirane slive vsebujejo skoraj enako količino vitamina C kot sveže slive.

Titracija liofiliziranih sliv brez olupkov ni bila možna, saj so liofilizirane slive, tako kot liofilizirana jabolka zelo krhke in se hitro zdrobijo. Liofiliziranih sliv, prav tako kot liofiliziranih jabolk brez olupkov, ni bilo mogoče kupiti.

Sklepali sva, da bodo liofilizirane slive in liofilizirana jabolka vsebovale več vitamina C, a so ga vsebovale malo manj kot sveže slive in sveža jabolka.

## 9. Razprava

Na začetku raziskovanja sva si postavili tri različne hipoteze. Te sva tudi poskušali z najinim raziskovanjem potrditi, delno potrditi ali ovreči.

Pri izbiri sadja, ki bi ga lahko preučevali, sva naleteli na nekaj težav. Na začetku sva po posvetovanju z mentorico in laborantko najprej poskusili titrirati različno sadje in prišli do ugotovitve, da sadja z izhodiščno roza barvo (npr. maline, borovnice, jagode) ne moreva titrirati v šolskem laboratoriju. Pri titriranju tega sadja namreč težko opazimo spremembo barve (opazimo jo šele, ko barva postane zelo intenzivna). Zato sva tudi to sadje opustili in prešli na jabolka ter slive.

V ta namen sva pripravili vzorce svežih, kuhanih, zamrznjenih in liofiliziranih jabolok ter sliv z olupkom in brez ter z njimi izvedli metodo določevanja vitamina C.

Prav tako predpostavljava, da sva se pri odčitavanju volumna za +/- 1 ml zmotili, saj tega nisva mogli natančno odčitati.

Ugotovili sva tudi, da titracija na podlagi spreminjanja barv ni najbolj natančna metoda preverjanja vitamina C v jabolkih ter slivah. Obstajajo tudi natančnejše metode za določanje vitamina C, kot je HPLC. Tega v šolskem laboratoriju nisva mogli izvesti, saj naprave na šoli nimamo. Zaradi vseh ukrepov, ki so veljali v letošnjem šolskem letu, prav tako nisva želeli zapuščati varnega šolskega okoliša in raziskave opravljati na zunanjih institucijah. Prav tako je potrebno med analizo s titracijo vitamina C v svežih živilih zelo hiteti, celo istočasno pripravljati vzorce, ker je vitamin C zelo občutljiv in se njegova koncentracija niža že med samo analizo, zato se zavedava, da sva naredili med analizo nekaj napak. Kljub vsemu so se nekateri najini podatki ujemali s podatki, ki sva jih našli v literaturi in tako sva lahko opravili raziskavo.

**HIPOTEZA 1:** *Jabolka in slive z olupki vsebujejo več vitamina C kot jabolka ter slive brez olupkov.*

To hipotezo sva s pomočjo eksperimentov **potrdili**.

Na podlagi rezultatov sva dokazali, da jabolka in slive z olupki vsebujejo več vitamina C kot jabolka ter slive brez olupkov.

Način priprave	Z olupkom	Brez olupka
Sveža jabolka	4,57 mg vitamina C/100 g	3,98 mg vitamina C/100 g
Sveža sliva	8,77 mg vitamina C/100 g	7,94 mg vitamina C/100 g

Tudi v literaturi sva zasledili, da jabolka in slive z olupki vsebujejo več vitamina C in tudi drugih hranilnih snovi kot jabolka ter slive brez olupkov. To pomeni, da tudi sam olupek vsebuje vitamin C in veliko drugih hranilnih snovi.

**HIPOTEZA 2:** *Liofilizirana jabolka vsebujejo več vitamina C kot stara jabolka.*

To hipotezo sva s pomočjo eksperimentov **potrdili**.

Na podlagi rezultatov sva dokazali, da liofilizirana jabolka vsebujejo več vitamina C kot stara jabolka.

Način priprave	Z olupkom
Stara jabolka	3,87 mg vitamina C/100 g
Liofilizirana jabolka	4,33 mg vitamina C/100 g

Bili sva mnenja, da liofilizirano sadje, ki ga takoj po nabiranju podvržemo procesu liofilizacije, vsebuje več vitamina C, kot sadje, ki je že nekaj časa v naših shrambah in se količina vitamina C tudi zaradi procesa staranja sadja zmanjša oziroma oksidira do dehidroaskorbinske kisline, nakar potečeta hidroliza in cepitev obroča. Liofilizirano sadje ima več vitamina C kakor sadje, ki je že nekaj časa v naših shrambah. Liofilizirano sadje je velik vir vitamina C v tistem sadju, ki ga ne moremo skladiščiti zaradi pokvarljivosti (slive). Z liofiliziranim sadjem zmanjšamo tudi skladiščni prostor.

**HIPOTEZA 3:** *Vsebnost vitamina C v kuhanih in zamrznjenih jabolkih in slivah bo drugačna od vsebnosti vitamina C v liofiliziranih jabolkih in slivah.*

To hipotezo sva s pomočjo eksperimentov **potrdili**.

Na podlagi rezultatov sva dokazali, da zamrznjena in kuhana jabolka ter slive vsebujejo manj vitamina C kot liofilizirana jabolka in liofilizirane slive.

Način priprave	Jabolka	Slive
Kuhana	2,47 mg vitamina C/100 g	5,27 mg vitamina C/100 g
Zamrznjena	3,38 mg vitamina C/100 g	6,79 mg vitamina C/100 g
Liofilizirana	4,33 mg vitamina C/100 g	8,54 mg vitamina C/100 g

Pri zamrzovanju se izgubi od 10 do 30 % vitamina C, kar je tudi razvidno iz najinih rezultatov. Pri kuhanju pa se izgubi približno 50 % vitamina C. Pri 88–89 °C se začne vitamin C razgrajevati. Jabolka in slive sva kuhali približno 15 minut v vreli vodi, zato se je vitamin C začel razgrajati. Zamrzovali sva pri –18 °C 12 ur, kar prav tako zmanjša vsebnost vitamina C v sadju. Poseben problem v domačih zamrzovalnikih predstavlja nihanje temperature, kar povzroči rast kristalov, ki poslabšajo teksturo živila in povečajo količino tekočine, ki izteče po odtajevanju. Glavni dejavnik, ki vpliva na lastnosti zamrznjenih živil, je izguba vode med odtajevanjem, saj je vitamin C vodotopen.

## 10. Zaključek

Pri najinem raziskovanju sva prišli do kar nekaj zelo zanimivih zaključkov. Priprava ozimnice, kot je zamrzovanje in kuhanje, zelo poslabša kakovost sadja, vendar drugih metod ne poznamo. S procesom liofilizacije lahko shranjujemo sadje in pa tudi zelenjavo, pri čemer ne poslabšamo njihove kakovosti. Slaba stran procesa liofilizacije je cena samega postopka priprave sadja in zelenjave za skladiščenje. V nadaljevanju si želiva raziskavo prenesti še na nekatere vrste zelenjave in približati ljudem postopek liofilizacije, s tem pa mogoče tudi znižati stroške samega procesa.

## 11. Viri in literatura

1. Jabolko na dan odžene zdravnika stran – mit ali resnica?: <https://vizita.si/zdravje/prehrana/jabolko-na-dan.html>, povzeto dne 12. 2. 2022.
2. Schröter, W., Lautenschläfer, K.-H. in drugi: Kemija splošni priročnik. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1993.
3. Abram, Veronika in drugi: Leksikoni Cankarjeve založbe: kemija. Ljubljana: Cankarjeva založba, 1981.
4. Vitamin C: [Vitamin C - Zdravstveni strokovni informativni list \(nih.gov\)](#), povzeto dne 15. 2. 2022.
5. 142 Fruits Highest in Vitamin C: <https://tools.myfooddata.com/nutrient-ranking-tool/Vitamin-C/Fruits/Highest/Household/Common>, povzeto dne 15. 2. 2022.
6. Willfort, Richard: Zdravilne rastline in njihova uporaba. Maribor: Obzorja, 1988.
7. Vir prehrane: jabolka: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/food-features/apples/>, povzeto dne 17. 2. 2022.
8. The structure of the fruit peel in two varieties of *Malus domestica* Borkh. (Rosaceae) before and after storage: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3659274/>, povzeto dne 20. 2. 2022.
9. Hranila v sadju in zelenjavi: <https://well.blogs.nytimes.com/2013/02/22/ask-well-the-nutrients-in-fruits-and-veggies/>, povzeto dne 20. 2. 2022.
10. Willfort, Richard: Zdravilne rastline in njihova uporaba. Maribor: Obzorja, 1988.
11. Slive – vijoličasti dar antioksidantov: [Slive – vijoličasti dar antioksidantov - Vizita.si](#), povzeto dne 20. 2. 2022.
12. Kaj je liofilizacija in zakaj uživati liofilizirane izdelke: <https://deas.si/liofilizacija/>, povzeto dne 21. 2. 2022.

13. Liofilizacija: [Liofilizacija - Wikipedija, prosta enciklopedija \(wikipedia.org\)](#), povzeto dne 21. 2. 2022.
14. Zamrzovanje živil: [Zamrzovanje živil | www.nijz.si](#), povzeto dne 23. 2. 2022.
15. Strokovnjaki govorijo o hranilni vrednosti zamrznjenega sadja in zelenjave: [Strokovni pogovori Prehranska vrednost zamrznjenega sadja in zelenjave \(verv.com\)](#), povzeto dne 23. 2. 2022.
16. Effect of different cooking methods on the content of vitamins and true retention in selected vegetables: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6049644/#CR12>, povzeto dne 23. 2. 2022.
17. Stabilnost askorbinske in dehidroaskorbinske kisline v vodnih raztopinah: [http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn\\_poredos\\_tomaz.pdf](http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_poredos_tomaz.pdf), povzeto dne 23. 2. 2022.
18. Vsebnost vitamina C in nitratov v zelenjavi: [http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/md\\_kastelec\\_irena.pdf](http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/md_kastelec_irena.pdf), povzeto dne 23. 2. 2022.
19. Požar J.: Hranoslovje-zdrava prehrana. Maribor: Obzorja, 2003.
20. Ali se količina vitamina C spremeni, ko sadje postane starejše?: <https://www.livestrong.com/article/517371-does-the-amount-of-vitamin-c-change-when-a-fruit-gets-older/>, povzeto dne 24. 2. 2022.
21. Schröter, W., Lautenschläfer, K.-H. in drugi: Kemija splošni priročnik. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1993.
22. Schröter, W., Lautenschläfer, K.-H. in drugi: Kemija splošni priročnik. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1993.



