

**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

DIPLOMSKO DELO

**VSEBNOST VITAMINA C V ZELENIH  
SUPERŽIVILIH**

EVELINA POSAVEC

VELENJE, 2021



**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

**DIPLOMSKO DELO**

**VSEBNOST VITAMINA C V ZELENIH SUPERŽIVILIH**

**EVELINA POSAVEC**

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentorica: viš. pred. dr. Anja Bubik

VELENJE, 2021

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

### SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študentka Visoke šole za varstvo okolja **Evelina Posavec** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

**Vsebnost vitamina C v zelenih superživilih.**

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

**Vitamin C content in green superfoods.**

Mentorica: **viš. pred. dr. Anja Bubik.**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny  
dekan

Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si

[www.vsvo.si](http://www.vsvo.si)



## MENTORSTVO IN IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Evelina Posavec, vpisna številka 34170013, študentka dodiplomskega visokošolskega strokovnega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtorica diplomskega dela z naslovom:

### **Vsebnost vitamina C v zelenih superživilih,**

ki sem ga izdelala pod mentorstvom viš. pred. dr. Anje Bubik.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oziroma citirana v skladu z navodili VŠVO;
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektoriral/a Marija Kronovšek, učiteljica slovenščine;
- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

Velenje, dne: \_\_\_\_\_

Podpis avtorice: \_\_\_\_\_

## ZAHVALA

*Za strokovno pomoč, odzivnost, napotke in nasvete pri pisanju diplomske naloge dela se iskreno zahvaljujem mentorici, viš. pred. dr. Anji Bubik, in gospe Mariji Kronovšek za lektoriranje naloge.*

*Hvala tudi Visoki šoli za varstvo okolja, ki mi je omogočila izvedbo eksperimentalnega dela v šolskem laboratoriju.*

*Zahvaljujem se svoji družini, še posebej tebi, mami, ki si mi omogočila študij in mi z vso ljubeznijo in potrpljenjem stala ob strani v vseh lepih in slabih trenutkih.*

*Hvala, Denis, ker me sprejemaš takšno, kot sem. Pri vseh mojih vzponih in padcih si verjel vame, me optimistično spodbujal ter mi nesebično pomagal.*

*Hvala, Ines in Nina, da sta me skozi vsa šolska leta spravljali v dobro voljo in smeh.*

*Hvala tudi vsem ostalim, ki ste mi vsa ta leta stali ob strani, verjeli vame ter me podpirali.*

*Hvala.*

*»Verjemi, da zmoreš, in si že na pol poti do cilja«  
(Theodore Roosevelt)*

## IZVLEČEK

Vitamin C je pomembna biološka molekula, saj ima vlogo pri tvorbi veznega tkiva, predvsem pri vzdrževanju kolagena, ki predstavlja približno tretjino vseh telesnih beljakovin. Prispeva in izboljšuje delovanje imunskega sistema ter živčevja, zmanjšuje izčrpanost ter prispeva k boljšemu celjenju, regeneraciji in obnavljanju ran. Po količini ga ljudje od vseh vitaminov potrebujemo največ in je eden izmed najbolj pomembnih in najbolj raziskanih vitaminov. Izpostaviti moramo tudi njegovo oksidativno vlogo, kar pomeni, da varuje in ščiti strukture v našem telesu pred oksidativnim stresom ter zmanjšuje oksidativne poškodbe DNK. Zaradi vseh opisanih dobrih lastnosti je pomemben za ohranjanje našega zdravja.

V diplomskem delu smo se osredotočili na vitamin C v zelenih superživilih. Podrobno smo ga predstavili, opisali njegovo sestavo, njegove učinke na naše telo in pomen uživanja vitamina C za naše zdravje. Kot raziskovalni predmet smo si izbrali dve superživila, in sicer brokoli ter papriko in ju uporabili v našem eksperimentalnem delu, v katerem smo preverili vsebnost vitamina C. Cilji raziskave so bili določiti vsebnost vitamina C v izbranih dveh superživilih s pomočjo izbrane metode – jodometrične titracije, ter preveriti, ali so naši rezultati primerljivi s podatki, znanimi iz literature.

Zbrano metodo smo večjo vsebnost vitamina C določili v zeleni papriki (36,10 mg vitamina C/100 g svežega vzorca). V brokoliju smo izmerili za več kot polovico nižjo vrednost vitamina C (15,28 mg vitamina C/100 g svežega vzorca). Vrednosti vitamina C v obeh živilih sta bili nižji od povprečne vrednosti, določene s pomočjo podatkov iz literature; pri zeleni papriki za 70,16 % in pri brokoliju za 83,48 %. Preverili smo tudi, kako toplotna obdelava vpliva na vsebnost vitamina C v obeh živilih. Po krajšem kuhanju ekstrakta vitamina C (10 minut na 100 °C), smo določili višje vrednosti vitamina C v obeh živilih, pri zeleni papriki za 19,5 % in pri brokoliju za 63 % višje kot v svežem živilu. Na podlagi pridobljenih meritev sklepamo, da je jodometrična titracija primerna metoda za določanje vitamina C v obeh živilih, a bi bilo smiselno metodo za določitev še bolj natančnih vrednosti vitamina C optimizirati tako za sveže in kot tudi toplotno obdelane vzorce.

Pomembno je naše zavedanje, da zelena živila vsebujejo veliko vitamina C. Informacije o vsebnosti vitamina C, pa tudi ostalih hranilnih vrednosti, nam lahko izboljšajo prehranske navade ter s tem tudi zdravje. Veliko živil ima dobro hranilno vrednost, če pa jih poleg tega uvrščamo še v skupino superživil, je to koristen podatek, saj lahko z manjšo količino zaužite zelenjave ali sadja vnesemo v telo veliko hranilnih snovi in tudi vitaminov.

**Ključne besede:** *vitamin C, brokoli, zelena paprika, zelena superživila, jodometrična titracija.*

## ABSTRACT

Vitamin C is an important molecule, playing a role in connective tissue development, particularly in the maintenance of collagen, which represents approximately a third of all protein in the human body. Vitamin C contributes to and improves the working of the immune and nervous systems, reduces fatigue and contributes to better wound healing. Among all the vitamins, humans need it the most in terms of volume. It is one of the most important and well-researched vitamins. Its oxidative role should also be stressed, guarding against oxidative stress and reducing the oxidative DNA damage. Due to its characteristics, it is important for our health.

In this dissertation, we focused on vitamin C in green superfoods. We described it in detail, including its structure, effects on the body and importance for our health. As a research subject, we chose two superfoods – broccoli and pepper, and used them in our experimental part in which we examined the vitamin C content. The goals of the paper were to determine the content of vitamin C in our two chosen superfoods with our chosen method – iodometric titration and compare our results with those from the literature.

With the chosen method we found greater vitamin C concentration in green bell peppers (36,10 mg of vitamin C per 100g of fresh produce). In broccoli, the concentration was less than half that (15,28 mg/100g). Vitamin C contents in both foods were less than the average values from the literature; in green bell peppers by 70,16 % and in broccoli by 83,48 %. We also examined how heat treatment affects the vitamin C content of both foods. After cooking the vitamin C extract for a short time (10 minutes at 100 °C) we found greater vitamin C concentrations in both foods, by 19,5 % in green bell peppers and 63 % in broccoli than in fresh produce. Based on the obtained measurements, we conclude that iodometric titration is a suitable method for determining vitamin C in both foods, but it would make sense to optimize the method for determining even more accurate values of vitamin C for both fresh and heat-treated samples.

It is important to be aware that green foods are high in vitamin C. Information about the content of vitamin C, as well as other nutrients, can improve our eating habits and thus our health. Many foods have good nutritional value, but if they are also classified in the group of superfoods, it is useful to know that with a small amount of consumed vegetables or fruit, the nutritional value and vitamin content is greater.

**Key words:** *vitamin C, broccoli, green bell pepper, green superfoods, iodometric titration.*



## KAZALO VSEBINE

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>1.1. Namen in cilji dela</b> .....	2
<b>1.2. Hipotezi</b> .....	2
<b>2. VITAMINI</b> .....	3
<b>2.1. Vitamin C</b> .....	5
<b>2.2. Viri vitamina C</b> .....	6
<b>2.3. Priporočen dnevni vnos vitamina C</b> .....	8
<b>2.4. Funkcije in uporaba vitamina C</b> .....	9
<b>2.5. Eksperimentalne metode za določanje vitamina C v živilih</b> .....	9
<b>2.5.1. Kromatografske metode</b> .....	9
<b>2.5.2. Volumetrične metode</b> .....	10
<b>2.5.3. Spektrofotometrične metode</b> .....	11
<b>3. SUPERŽIVILA</b> .....	12
<b>3.1. Zelena superživila</b> .....	12
<b>3.1.1. Brokoli</b> .....	13
<b>3.1.2. Paprika</b> .....	14
<b>4. MATERIALI IN METODE</b> .....	16
<b>4.1. Laboratorijska oprema in kemikalije</b> .....	16
<b>4.2. Priprava reagentov</b> .....	16
<b>4.3. Priprava vzorcev</b> .....	17
<b>4.4. Jodometrično določanje vitamina C</b> .....	18
<b>5. REZULTATI Z DISKUSIJO</b> .....	20
<b>5.1. Vsebnost vitamina C v zeleni papriki</b> .....	20
<b>5.3. Vpliv toplotne obdelave ekstrakta na vsebnost vitamina C</b> .....	25
<b>6. SKLEP</b> .....	29
<b>7. POVZETEK</b> .....	31
<b>8. SUMMARY</b> .....	32
<b>9. VIRI IN LITERATURA</b> .....	33

## KAZALO SLIK

Slika 1: Struktura L-askorbinske kisline .....	5
Slika 2: Oksidacijsko-redukcijska reakcija askorbinske kisline.....	6
Slika 3: Ekstrahiran vzorec zelene paprike (slika A) in brokolija (slika B) v 2 % MFK .....	17
Slika 4: Filtriranje vzorca zelene paprike (slika A) in vzorca brokolija (slika B) .....	18
Slika 5: Titracijski sistem z bireto. ....	19
Slika 6: Vzorci ekstrakta paprike pred titracijo (A) in po barvnem preskoku (B).....	21
Slika 7: Prikaz svežega motnega vzorca in titriranega vzorca brokolija .....	23
Slika 8: Količina vitamina C v vseh vzorcih zelene paprike .....	25
Slika 9: Količina vitamina C v vseh vzorcih brokolija .....	27

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vitamini in njihov pomen v telesu. ....	3
Preglednica 2: Količina vitamina C (v mg/100g) v sadju in zelenjavi. ....	7
Preglednica 3: Priporočene dnevne potrebe po vitaminu C.....	8
Preglednica 4: Zelena superživila .....	12
Preglednica 5: Energijska vrednost in kemična sestava brokolija .....	14
Preglednica 6: Energijska vrednost in kemična sestava zelene paprike .....	15
Preglednica 7: Podatki ekstrakta zelene paprike po filtraciji v različnih poskusih .....	20
Preglednica 8: Poraba $KIO_3$ (v ml) pri jodometrični titraciji zelene paprike .....	20
Preglednica 9: Rezultati izračunov vitamina C pri svežem vzorcu zelene paprike .....	20
Preglednica 10: Podatki vsebnosti vitamina C v zbrani literaturi.....	21
Preglednica 11: Volumen ekstrakta brokolija po filtraciji .....	22
Preglednica 12: Poraba $KIO_3$ (v ml) pri jodometrični titraciji svežega vzorca brokolija .....	22
Preglednica 13: Rezultati izračunov vitamina C pri svežem vzorcu brokolija .....	23
Preglednica 14: Podatki vsebnosti vitamina C v brokoliju v zbrani literaturi .....	24
Preglednica 15: Poraba $KIO_3$ (v ml) pri jodometrični titraciji kuhanega vzorca zelene paprike .....	25
Preglednica 16: Rezultati izračuna vitamina C pri kuhanem vzorcu zelene paprike s primerjavo podatka iz literature .....	26
Preglednica 17: Poraba $KIO_3$ (v ml) pri jodometrični titraciji kuhanega vzorca brokolija.....	26
Preglednica 18: Rezultati izračuna vitamina C pri kuhanem vzorcu brokolija.....	27
Preglednica 19: Primerjava podatka iz literature in naše raziskave pri kuhanem vzorcu brokolija.....	27

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

C	množinska koncentracija snovi (mol/L)
HCl	Klorovodikova kislina
KI	Kalijev jodid
KIO <sub>3</sub>	Kalijev jodat
L-AA	L-askorbinska kislina
L-DHA	L-dehidroaskorbinska kislina
M	Molska masa (g/mol)
M	Masa (g)
MFK	Metafosforna kislina
N	Množina snovi (mol)
V	Volumen (ml)



## 1. UVOD

V zadnjih letih se vedno več srečujemo s pojmi vitamini, zelena superživila, zdravo prehranjevanje in vitamin C; vsi pojmi so med seboj tudi povezani. Vitamini so organske snovi in so nujno potrebni za pravilno rast in razvoj, saj so sestavni del encimov, ki uravnavajo presnovo. Za pravilno in zdravo delovanje našega telesa potrebujemo približno petnajst vitaminov, vendar jih naše telo ne more sintetizirati, zato jih moramo pridobiti s hrano ali z vitaminskimi dodatki. Največ vitamina C pridobimo s svežo, ustrezno skladiščeno ter lokalno pridelano zelenjavo ali sadjem (Vertnik in Korošec, 2011–2014).

Vitamini so zaradi svojih edinstvenih lastnosti nepogrešljivi v našem vsakdanjem življenju. Od vseh poznanih vitaminov naše telo v največji meri potrebuje vitamin C (askorbinsko kislino), ki ga moramo stalno zagotavljati in dodajati (Muminović, Malešič, 2017). Vitamin C najdemo skoraj samo v živilih rastlinskega izvora. Igra veliko vlogo pri tvorbi veznega tkiva, predvsem pri vzdrževanju kolagena in delovanju našega telesa. Izboljšuje imunski sistem, zmanjšuje utrujenost in izčrpanost. Pomemben je za normalno delovanje našega živčnega sistema ter za absorpcijo železa v prebavnem traktu. Zaradi vseh opisanih dobrih lastnosti je pomemben za ohranjanje našega zdravja (Vertnik in Korošec, 2011–2014; Prehrana.si, 2016). Priporočen dnevni vnos vitamina C je približno 1,0 in 1,2 mg na kilogram telesne teže (Muminović in Malešič, 2017).

Poznamo tudi oksidativno vlogo vitamina C, kar pomeni, da varuje in ščiti strukture v telesu pred oksidativnim stresom, zmanjšuje tudi oksidativne poškodbe DNK, obnavlja reducirano obliko vitamina E in dobro deluje v kombinaciji z njim. Ima veliko vlogo tudi pri celjenju, obnavljanju ali regeneraciji ran (Akhilender, 2003; Rudan-Tasić, 2000).

Vitamin C se uporablja v medicini, farmacevtski in živilski industriji. Poleg tega, da je askorbinska kislina pomemben aditiv, jo v velikih količinah uporabljamo tudi kot antioksidant (Rudan-Tasić, 2000).

Superživila so živila, v katerih najdemo tudi veliko vitamina C, in so bolj hranljiva od ostalih (Smith, 2013). Tako izpolnjujejo kakor tudi presegajo naše potrebe po beljakovinah, vitaminih, mineralih, maščobnih kislinah in pri zahtevah imunskega sistema. Zelo dobro vplivajo na telo in so pomemben del prehrane, saj pozitivno učinkujejo na delovanje možganov, kosti, mišic, kože, las, nohtov, srca, pljuč, jeter, ledvic, reproduktivnega sistema, trebušne slinavke in imunskega sistema, dolgoročno pa tudi pomagajo k bolj naravni in zdravi prehrani (Wolfe, 2009).

Živila, kot so zelena paprika, brokoli, zelje, kivi ipd., spadajo med živila, ki vsebujejo največ vitamina C (Vertnik in Korošec, 2011–2014) in jih s tem uvrščamo tudi med zelena superživila. Dodana vrednost le-teh je tudi vsebnost klorofila, ki jim daje zeleno barvo in je odgovoren za fotosintezo, rast in dihanje celic, hkrati pa ga povezujemo tudi z drugimi funkcijami. Klorofil je pigment, ki rastlinam in algam daje zeleno barvo in ima tudi veliko antioksidativnih učinkov. Preprečuje oksidacijo in posledično nastajanje prostih radikalov, ki vodijo v poškodbe celic in v različna bolezenska stanja (Oregon State University, 2009).

Uživanje sveže zelenjave in sadja je najboljši način zagotavljanja zadostnih količin vitamina C, zato je zdrava prehrana ena izmed pomembnejših dobrin v našem življenju. Ima ključno vlogo pri izboljšanju fizičnega in psihičnega počutja in nas brani bolezni. Bistveno je, da se začnemo zavedati pomembnosti hranilnosti hrane in da začnemo umeščati zdravo prehrano, tudi zelena superživila, na svoj vsakodnevni jedilnik.

## 1.1. Namen in cilji dela

Namen diplomskega dela z naslovom »Vsebnost vitamina C v zelenih superživilih« je primerjati vsebnost vitamina C v različnih zelenih superživilih na podlagi literature in z uporabo volumetrične titracije kvantitativno določiti vsebnost oz. koncentracijo vitamina C v dveh zelenih živilih, ki ju gojimo in pogosto uporabljamo tudi v Sloveniji. To sta zelena paprika in brokoli. Prav tako želimo ugotoviti, ali se vsebnost vitamina C spremeni ob toplotni obdelavi živila.

Specifični cilji diplomske naloge so:

- predstaviti kemijske značilnosti vitamina C, poiskati njegov prehranski pomen in vlogo v zelenih superživilih in jih opisati;
- v literaturi raziskati in pridobiti vrednosti vsebnosti vitamina C v zelenih superživilih;
- za izbrani dve zeleni superživila optimizirati metodo za določevanje vsebnosti vitamina C;
- ekstrahirati vitamin C iz dveh zelenih superživil ter določiti njegovo koncentracijo z uporabo jodometrične titracije;
- na osnovi literature primerjati vsebnosti vitamina C v zelenih superživilih;
- na podlagi teoretičnih in praktičnih rezultatov preveriti ustreznost metode za določevanje vsebnosti vitamina C v izbranih živilih.

## 1.2. Hipotezi

V diplomskem delu smo preverjali naslednji hipotezi:

H1: Z jodometrično titracijo lahko potrdimo, da zelena paprika vsebuje več vitamina C kot brokoli.

H2: Jodometrična titracija je primerna kvantitativna metoda za določevanje vsebnosti vitamina C v izbranih zelenih superživilih.

## 2. VITAMINI

Vitamini so organske snovi in so nujno potrebni za pravilno rast ter razvoj živih organizmov, saj so sestavni del encimov, ki uravnavajo presnovo. Vsak vitamin ima svojo posebno vlogo. Njihova skupna značilnost je, da zvišujejo telesno odpornost in nas ščitijo pred različnimi boleznimi. Za vsak vitamin imamo tudi znane priporočene dnevne količine, ki jih moramo zaužiti, da ostanemo zdravi, brez pomanjkanja hranil v telesu (Vertnik in Korošec, 2011–2014; Stanojević, 2010).

Za pravilno in zdravo delovanje našega telesa potrebujemo približno petnajst vitaminov, vendar jih naše telo ne more sintetizirati. Pridobiti jih moramo preko zaužite, vitaminov polne, dobre hrane ali z vitaminskimi dodatki (Vertnik in Korošec, 2011–2014). Prehranska dopolnila z različnimi vrstami vitaminov so vedno bolj priljubljena (Muminović in Malešič, 2017) in se dobijo v različnih tabletah, kapsulah, šumečih tabletah, žvečljivih tabletah, v kristalnem prahu in tekoči obliki.

Vitaminov je več vrst in jih ločimo na vodotopne vitamine (vitamini H, C, pantotenska kislina, folna kislina ter skupina vitaminov B) ter vitamine, topne v maščobah (vitamini A, D, E, K) (preglednica 1). V primeru pretiranega uživanja vitaminov je dobro vedeti, kako se topijo. Če so vitamini topni v maščobah, se v primeru pretiranega uživanja začnejo kopičiti v maščevju in v jetrih, kar pa lahko privede do hipervitaminoze. Pri uravnoteženi prehrani, pri kateri so zaužiti vitamini, ne more priti do nastanka bolezni. Vodotopni vitamini se v primeru pretiranega vnosa izločijo skozi ledvice v urin in ni možnosti zastrupitve. Vitamini so za zdrav telesni in duševni razvoj nepogrešljivi, saj omogočajo pravilen potek različnih kemijskih reakcij v telesu. Pri tem pa se ne spremenijo, saj so biokatalizatorji (Stanojević, 2010).

Preglednica 1: Vitamini in njihov pomen v telesu.

Povzeto po: Prehrana, 2016; Stanojević, 2010

Vrsta vitamina	Funkcije v telesu
<b>V maščobah topni vitamini</b>	
Vitamin A	Pomemben je za normalen razvoj in dober imunski sistem, za zdravje in normalno delovanje vida ter izgradnjo kože in sluznice. V živilih živalskega izvora se nahaja v obliki retinola, pri rastlinskemu izvoru pa v obliki karotenoidov – kot provitamin A.
Vitamin D	Sodeluje s kalcijem in fosforjem, ki vplivata na trdnost kosti, zato je pomemben pri razvoju in zdravju kosti ter zob. Pomemben je tudi za ohranjanje dobrega imunskega sistema. Vitamin D <sub>2</sub> se nahaja v živilih rastlinskega izvora, D <sub>3</sub> pa v živilih živalskega izvora.
Vitamin E (rokoferol)	Deluje kot antioksidant – ščiti celice pred oksidativnim stresom. Pomemben je za zdravje srca in ožilja ter zdravje kože.
Vitamin K (filokinon)	Pomemben je pri aktivaciji beljakovin, ki so potrebne za strjevanje krvi, spodbuja zdravje srčno-žilnega sistema ter mineralizacijo kosti.

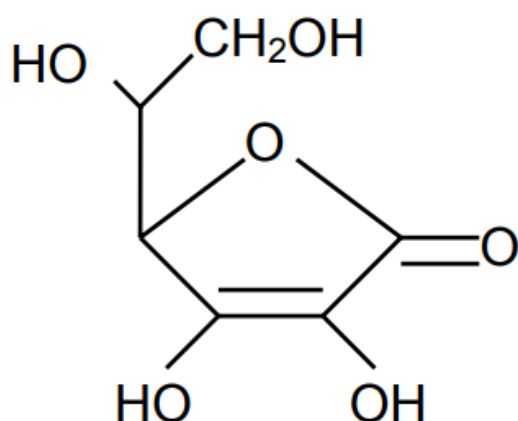
<b>Vodotopni vitamini</b>	
Vitamin C (askorbinska kislina)	Deluje kot antioksidant – ščiti celice pred oksidativnim stresom. Sodeluje pri procesu nastanka kolagena, normalnem delovanju imunskega ter živčnega sistema. Zvišuje telesno odpornost ter zmanjšuje utrujenost. Pomemben je tudi pri absorpciji železa.
Vitamin B <sub>1</sub> (tiamin)	Pomemben je za normalno delovanje živčnega sistema in ima pomembno vlogo za rast in razvoj celic, igra ključno vlogo pri razgradnji ogljikovih hidratov in zmanjšuje oksidativni stres v celicah.
Vitamin B <sub>2</sub> (riboflavin)	Prispeva k normalnemu delovanju živčnega sistema ter presnovi hranilnih snovi. Ohranja zdravje oči in sluznic in zmanjšuje utrujenost. Potreben je za normalno tvorbo rdečih krvničk.
Vitamin B <sub>3</sub> (niacin)	Prispeva k normalnemu delovanju živčnega ter imunskega sistema. Ohranja zdravo sluznico in kožo. Prispeva k sproščanju energije pri presnovi in zmanjševanju utrujenosti.
Vitamin B <sub>6</sub> (piridoksin)	Sodeluje pri normalnem delovanju živčnega sistema, rasti, regeneraciji in pri presnovi beljakovin – aminokislin. Vlogo ima tudi pri kognitivnem razvoju, pri nastajanju rdečih krvničk in uravnavanju delovanja hormonov.
Vitamin H (biotin)	Potreben je za zdravje las, nohtov in sluznic. Ima pomembno vlogo pri presnovi hranilnih snovi, nastanku maščobnih kislin, razgradnji esencialnih aminokislin in normalnem delovanju živčnega sistema.
Vitamin B <sub>12</sub> (kobalamin)	Vpliva na zmanjševanje utrujenosti in preprečuje anemijo. Sodeluje pri normalnem procesu tvorbe rdečih krvničk in ima pomembno vlogo pri delovanju živčnega sistema ter pri sintezi DNK.
Folna kislina	Sodeluje pri bioloških procesih v telesu (sintezi aminokislin, delitvi celic, nastajanju krvi, presnovi homocisteina), sintezi DNK ter normalnem delovanju imunskega sistema. Dokazano prispeva k normalnemu razvoju ploda med nosečnostjo.
Pantotenska kislina	Pripomore k delovanju živčevja in možganskih celic. Zmanjšuje utrujenost ter prispeva k sproščanju energije pri presnovi hranilnih snovi.



## 2.1. Vitamin C

Vitamin C ali L-askorbinska kislina je bela kristalna snov kiselkastega okusa in brez vonja. V zraku je dobro obstojna (Kennedy, 1992), vendar topna v vodi. Po količini ga ljudje od vseh vitaminov potrebujemo največ (Muminović in Malešič, 2017). Je eden izmed najpomembnejših in najbolj raziskanih vitaminov.

Kemijsko ga lahko opišemo kot lakton 2-keto-1-glukonske kisline z močno izraženimi kislimi lastnostmi zaradi enolnih hidroksilnih skupin, vezanih na C-2 in C-3 atomih (slika 1). Ima molekulsko formulo  $C_6H_8O_6$  in relativno molsko maso 176,13 enote. Zaradi enolnih hidroksilnih skupin, vezanih na drugem in tretjem C-atomu, med katerima je dvojna vez, kaže, da ima askorbinska kislina močne kisle lastnosti (Rudan-Tasič, 2000).



Slika 1: Struktura L-askorbinske kisline  
Vir: Rudan - Tasič, 2000

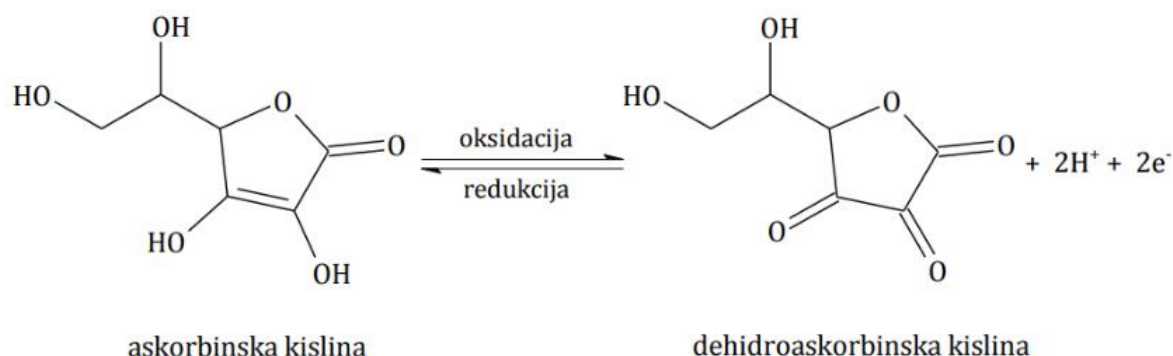
Vitamin C je občutljiv na zrak, temperaturo, svetlobo in je topen v vodi. Najbolj stabilen je v suhi obliki. V vodnih raztopinah je vitamin C izpostavljen številnim reakcijam razgradnje, ki vplivajo na njegovo obstojnost in so odvisni od vrednosti pH, temperature, prisotnosti kisika, kovinskih ionov železa (Fe) ter bakra (Cu) in encimov (Kennedy, 1992). Tudi svetloba vpliva na razgradnjo vitamina C. Bolj kot je svetloba intenzivna, hitreje se razkraja (Santos in Silva, 2008).

Vitamin C nastaja v reakcijah biosinteze iz glukoze. Večina živali in rastlin si same preko vmesnih produktov (D-glukoronska kislina, L-glukonska kislina in L-glukonolakton) sintetizirajo askorbinsko kislino iz glukoze. Ljudje in nekateri sesalci te zmožnosti nimamo, zato sta sveža zelenjava in sadje naš edini vir vitamina C (Muminović in Malešič, 2017).

Vitamin C lahko zaužijemo s hrano, in sicer v dveh oblikah: kot aktivno obliko L-askorbinske kisline (L-AA), ki je močan reducent, ali pa v oksidirani obliki kot L-dehidroaskorbinsko kislino (L-DHA). V našem telesu se vitamin C večinoma nahaja v reducirani obliki (OLCMS, 2020).

Najpomembnejša kemijska lastnost vitamina C je reverzibilni oksidacijsko - redukcijski (redoks) proces (slika 2). L-AA se reverzibilno oksidira do dehidroaskorbinske kisline (L-DHA), ki ima majhno fiziološko aktivnost, vendar je kot reducent enakovredna L-askorbinski kislini. Obe obliki vitamina C imata svojo biološko aktivnost in se v organizmu v encimsko kataliziranih reakcijah oksidacije in redukcije pretvarjata iz ene v drugo obliko (Muminović in Malešič, 2017; OLCMS, 2020).

Ta redoks proces se zgodi ob prisotnosti toplote in kisika in je osnova primarne fiziološke aktivnosti vitamina C. Odgovoren je za mnoge biokemične reakcije v rastlinskih in živalskih organizmih (Rudan-Tasič, 2000).



Slika 2: Oksidacijsko-redukcijska reakcija askorbinske kisline  
Povzeto po: Hrastnik, Mikic in Pahor, 2020

Avtooksidacijo vitamina C v živilih lahko zmanjšamo tako, da znižujemo količino kisika (vakuum, prepihavanje z dušikom itn.), omejimo vsebnost prostih ionov železa(III) in bakra(II) ali pa preprosto preprečimo nastanek kompleksa med kovinskimi ioni in L-AA (z zniževanjem vodne aktivnosti) (Rudan-Tasič, 2000).

## 2.2. Viri vitamina C

Od vseh znanih vitaminov naše telo potrebuje najbolj vitamin C oz. askorbinsko kislino in ker ga naše telo ni sposobno proizvajati samo, ga moramo stalno zagotavljati in dodajati (Muminović in Malešič, 2017).

Vitamin C najdemo skoraj samo v živilih rastlinskega izvora (preglednica 2). Največ vitamina C pridobimo s svežo, ustrezno skladiščeno ter lokalno pridelano zelenjavo ali sadjem (Vertnik in Korošec, 2011–2014). Zato so sadje, zelenjava, oreščki, semena, kalčki ter druga zdrava rastlinska hrana pomemben vir vitamina C in nam omogočajo, da z manjšo količino živila pridobimo več hranil (Wolfe, 2009). Najdemo ga v pomarančah, kiviju, limonah, grenivkah ipd. ter v zeleno listnati zelenjavi, kot so brokoli, paradižnik, cvetača ter zelena in rdeča paprika. Vrednosti vitamina C močno nihajo, zato težko določimo neko povprečno vrednost.

Preglednica 2: Količina vitamina C (v mg/100g) v sadju in zelenjavi.  
Povzeto po: Prehrana.si, 2016

	Vitamin C (mg/100g)
<b>SADJE</b>	
Črni ribez	177
Gojene jagode	57
Limona	51
Goji jagode	48
Pomaranča	45
Kivi	44
Mango	37
Rdeč ribez	36
Borovnice	22
Črne robidnice	21
Robide	17
Kaki	16
<b>ZELENJAVA</b>	
Rdeča paprika	116
Brstični ohrovt	112
Kuhan brokoli	90
Cvetača	56
Grah	40
Zelje	34
Špinača	30
Kuhana špinača	29
Zelena solata	24
Paradižnik	24
Kislo zelje	20
Kuhan krompir	14

Znano je, da se med kuhanjem ali predelavo živil koncentracija vitamina C lahko zmanjša tudi do 50 %. Izgube so odvisne od površine, stopnje segrevanja ter prisotnosti prehodnih kovin. V zamrznjenem sadju in zelenjavi se vitamin C ohrani do 80 %, kar so dokazali z laboratorijskimi analizami (Stanojević, 2010; Akhilender, 2003).

Vsebnost vitamina C se lahko zmanjša tudi ob neprimernem skladiščenju. Velik del vitamina C se lahko izgubi zaradi mehanskih poškodb, kot so površinske odrgnine in ureznine. Do največjih izgub pa najverjetneje pride zaradi encimske oksidacije. Vpliva tudi čas skladiščenja; daljši kot je, večja je izguba mase. V sadju se vitamin C kopiči, dokler plod ne doseže svoje zrelosti. Vsebnost vitamina C se spreminja med posameznimi žvili in tudi med istimi žvili. Količina vitamina C je večja pri zelenjavi, ki se skladišči v hladilniku, kot pri tisti, ki jo skladiščimo na sobni temperaturi (Favell, 1998).

Na razgradnjo vitamina C vpliva način pakiranja živila oziroma vrsta embalaže. Ugotovili so, da je razgradnja oz. izguba vitamina C odvisna tudi od vlage in temperature (Santos in Silva, 2008). Tudi pri sadnih sokovih se po odprtju in nad temperaturo 37 °C povzroči občutna izguba vitamina C (Kennedy, 1992).

## 2.3. Priporočen dnevni vnos vitamina C

Vitamin C ima veliko pozitivnih učinkov na telo, zato so za normalno delovanje telesa potrebne priporočene vrednosti vitamina C v našem telesu. Potrebe po vitaminih so različne in ravno zaradi referenčnih vrednosti navajamo količine hranil, da ne bi ogrozili zdravja. Zelo majhna možnost je, da bi dnevni vnos dosegli vsak dan, je pa priporočljivo, da jih dosežemo vsaj v celotnem tednu in tako poskrbimo za dobro počutje (Referenčne vrednosti ..., 2013).

Priporočen dnevni vnos vitamina C znaša med 1,0 in 1,2 mg na kilogram telesne teže (Muminović in Malešič, 2017). Potrebe dnevnega vnosa vitamina C za odraslega moškega je od 90 do 110 mg vitamina C na dan. Pri ženskah predlagajo priporočen vnos med 80 in 95 mg vitamina C na dan, za dojenčke (stare od 7 do 11 mesecev) pa 20 mg vitamina C na dan (preglednica 3) (European Food Safety Authority, 2013).

Preglednica 3: Priporočene dnevne potrebe po vitaminu C

Povzeto po: European food safety, 2013

	<b>Vitamin C (mg/dan)</b>
<b>Odrasli moški</b>	90–110
<b>Odrasle ženske</b>	80–95
<b>Otroci (do treh let)</b>	20
<b>Otroci (osem let)</b>	45
<b>Nosečnice</b>	105

Izkoristek vitamina C je veliko slabši pri uživanju tobaka in drugih živil. Skupine, ki potrebujejo večjo količino vitamina C, so kadilci, nosečnice, doječe matere ter bolniki s kroničnimi boleznimi. Nosečnice od četrtega meseca dalje potrebujejo dodatnih 10 mg vitamina C na dan, kar znaša približno 105 mg vitamina C dnevno. Materino mleko vsebuje povprečno 50 mg/L vitamina C, zato se priporoča, da matere dojijo vsaj do prvega leta starosti (Muminović in Malešič, 2017).

Vitamin C se v tankem črevesu absorbira v približno treh urah. Večino vitamina C izločimo z urinom, zato strokovnjaki priporočajo reden vsakodnevni vnos (Vertnik in Korošec, 2011–2014). Večja potreba po vitaminu C se pojavi pri stresu in travmah, saj pride do padca koncentracije, ker se v takšnem primeru večina askorbinske kisline mobilizira v nadledvično žlezo oz. na področje travme ali stresa (Muminović in Malešič, 2017).

Če smo dlje časa izpostavljeni nizki količini vitamina C, lahko to pripelje do slabšega imunskega sistema in utrujenosti, posledično je zaradi tega možnost razvoja kakšne resne bolezni (Vertnik in Korošec, 2011–2014). V kolikor pa nam kronično primanjkuje vitamina C, lahko to privede do bolezni, imenovane skorbut, pri kateri so značilni simptomi, kot so boleče in otečene dlesni, izčrpanost, krvavitev in vnetje dlesni, lahko pa privede tudi do slabega celjenja ran. Ta bolezen je bila pogosta pri mornarjih, pri nas pa se skoraj ne pojavlja več. Pomembna funkcija vitamina C je preprečitev in zdravljenje skorbuta. Da se izognemo naštetih bolezenskih stanj, je potrebno v telo vnašati dovolj svežega sadja in zelenjave, da dosežemo potrebno količino vitamina C v telesu (Stanojević, 2010).

Vitamin C na splošno ni toksičen oz. je toksičnost majhna. Obstaja možnost, v kolikor zaužijemo prevelike količine vitamina C, da se pojavijo slabost, trebušni krči ali diareja, ki pa so posledica neabsorbirane askorbinske kisline. Hkrati pa lahko pomanjkanje povzroči slabo sintezo kolagena. Presežek vitamina C izločimo z urinom (Muminović in Malešič, 2017).

## 2.4. Funkcije in uporaba vitamina C

Vitamin C igra pomembno vlogo pri tvorbi veznega tkiva, predvsem pri vzdrževanju kolagena, ki predstavlja približno tretjino vseh telesnih beljakovin (dlesni, ožilje, koža). Ima tudi vlogo pri normalnem delovanju našega telesa in organov ter prispeva k pravilnemu delovanju naših kosti, hrustanca, zob itd. Izboljšuje imunski sistem, zmanjšuje utrujenost in izčrpanost. Pomemben je za normalno delovanje našega živčnega sistema ter za absorpcijo železa v prebavnem traktu. Zaradi vseh opisanih dobrih lastnosti je pomemben za ohranjanje našega zdravja (Vertnik in Korošec, 2011–2014; Prehrana.si, 2016).

Vitamin C ima veliko vlogo tudi pri celjenju, obnavljanju ali regeneraciji ran (Akhilender, 2003). Poznamo tudi njegovo oksidativno vlogo, kar pomeni, da varuje in ščiti strukture v telesu pred oksidativnim stresom, zmanjšuje oksidativne poškodbe DNK, obnavlja reducirano obliko vitamina E in dobro deluje v kombinaciji z njim. Antioksidanti zaščitijo živilo pred oksidanti. Oksidanti pa so snovi, ki hitro reagirajo s kisikom, preden ta oksidira z določeno komponento živila (Rudan–Tasič, 2000).

Vitamin C se uporablja v medicini, farmacevtski in živilski industriji. Poleg tega, da je askorbinska kislina pomemben aditiv, jo v velikih količinah uporabljamo tudi kot antioksidant. Vitamin C je vsestransko uporaben v živilski industriji in se dodaja predvsem kot konzervans za ohranjanje barve, arome in teksture proizvoda. Uporabljajo ga tudi kot dodatek mesno prekajevalnemu sistemu in močno zmanjša ter preprečuje nastanek nitrozaminov, ki so kancerogene spojine v živilih. Vitamin C kot antioksidacijsko sredstvo dodajajo tudi pri proizvodnji piva, sadnih sokov, konzerviranega sadja in zelenjave ter v industriji moke za povečanje pecilne kvalitete ter videza kruha (Rudan–Tasič, 2000).

## 2.5. Eksperimentalne metode za določanje vitamina C v živilih

Vitamin C ima čedalje pomembnejšo vlogo pri ohranjanju zdravja ljudi. Ravno zaradi te lastnosti je določevanje vitamina C postala pomembna tema na področju biokemije in prehrane (Pathy, 2018). Pri vitaminu C je skupna skrb potrošnikov in tudi proizvajalcev živil ohranitev vitamina C, saj je zelo občutljiv. Njegova razgradnja je odvisna od pogoja predelave, skladiščenja ter tudi drugih dejavnikov (Spinola in sod., 2014).

Poznamo več metod, s katerimi lahko določamo vsebnost vitamina C v živilih: elektrokemijske in encimsko oksidacijske metode, volumetrične metode (titrimetrična metoda z 2,6-dikloroindofenolom, določanje z 2,4-dinitrofenilhirazinom, nevtralizacijska, obarjalna, kompleksometrična, jodometrična ter oksidacijsko-redukcijska titracija), spektrofotometrične (UV-absorpcija) ter kromatografske metode, med katerimi je najbolj v uporabi metoda HPCL (high performance liquid chromatography – tekočinska kromatografija visoke ločljivosti) (Rener, 2006).

### 2.5.1. Kromatografske metode

Med kromatografskimi metodami je najbolj primerna in pogosto uporabljena metoda za določanje askorbinske kisline (L-AA) in tudi dehidroaskorbinske kisline (L-DHA), tekočinska kromatografija visoke ločljivosti (HPLC).

Metoda HPLC se uporablja za analizo številnih vzorcev živil, predvsem pri raziskavah v živilski industriji. Metoda se uporablja zaradi natančnosti, saj vzorci zahtevajo visoko selektivnost in občutljivost. Ima sposobnost merjenja L-AA in njegove oksidirane oblike - L-DHA. HPLC metoda ima pomanjkljivosti, in sicer je finančno precej draga, potrebno je zagotoviti primerno laboratorijsko opremo in izkušeno ter usposobljeno laboratorijsko osebje. Protokoli za izvedbo

metode so zapleteni, vključno z dolgotrajnimi postopki za pridobivanje vitamina C iz vzorcev (López-Pastor in sod., 2020; Spinola in sod., 2014).

L-AA in L-DHA se določata direktno ali indirektno. Absorbanco merimo hkrati; pri 254 nm se absorbira L-AA, pri 210 nm pa se absorbira L-DHA. Pri hkratnem merjenju absorbance pri določanju L-DHA z metodo HPLC in UV-vis detektorjem se pojavlja problem občutljivosti metode. L-DHA se določa indirektno s prehodno redukcijo z merjenjem razlike signala pred in po redukciji L-AA. Z. Za redukcijo L-DHA v L-AA se uporabljajo naslednje spojine: homocistein, treitol, L-cistein, ditiotreitol (DTT) in tris (2-karboksietil) fosfin (TCEP). Detektorji, s katerimi določamo vitamin C, so UV-Vis detektorji, masni spektrometri, elektrokemijski detektorji in fluorimetri (Reener, 2006).

Kromatografske metode nam dajo zanesljive rezultate, saj omogočijo ločitev L-AA od vseh ostalih spojin, ki bi lahko motile reakcijo. Za določevanje L-AA se uporablja tudi ionsko-izmenjevalna kromatografija, papirna, plinska in tankoplastna kromatografija (Reener, 2006).

### 2.5.2. Volumetrične metode

Poznamo več volumetričnih metod:

- nevtralizacijska titracija (kemijske reakcije med kislinami in bazami),
- obarjalna titracija (kemijske reakcije med standardno raztopino in analitom – nastanek težko topnih oborin),
- kompleksometrična titracija (kemijska reakcija med ioni kovin in ioni organskih spojin – nastanek kompleksnih spojin),
- oksidacijsko-redukcijska titracija oziroma redoks titracija (izmenjava elektronov med oksidanti in reducenti – to metodo lahko uporabimo pri določevanju vitamina C).

Titracijo uvrščamo med volumetrične metode in je najbolj uporabljena analitična metoda. Je nepogrešljiva pri analizi živil. S titracijo velikokrat določamo vsebnost različnih kislin, vsebnost vitamina C, trdoto vode, kislinsko stopnjo itd. Analiza je hitra in enostavna. V laboratorijih uporabljajo avtomatsko titracijo pri določanju končne točke titracije (Gorenjak, 2010).

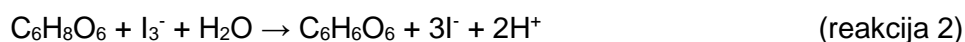
Med titracijo poteče kemijska reakcija med vzorcem, s katerim analiziramo, in standardno raztopino. Standardno raztopino nalijemo v bireto, iz katere po kapljicah dodajamo raztopino v naš vzorec. Pomembno je, da poznamo kemijsko reakcijo med njima, da lahko potem izračunamo koncentracijo našega vzorca. Titracija se mora izvesti hitro, konec reakcije pa mora biti jasen, s tako imenovano ekvivalentno točko (točka nevtralizacije), npr. sprememba barve (barvni preskok) (Gorenjak, 2010).

Eden izmed načinov za določitev vsebnosti vitamina C je uporaba redoks jodometrične titracije po Helmenstine (2008). Je preprosta in hitra metoda, vendar jo je potrebno izvesti hitro, da preprečimo oksidacijo drugih snovi.

Jod je razmeroma netopen, vendar v primeru joda in jodida tvori trijodid (reakcija 1).



Trijodid oksidira vitamin C in tvori dehidroaskorbinsko kislino:



Dokler je v raztopini prisoten vitamin C, se trijodid zelo hitro pretvori v jodidni ion (reakcija 2). Ko celoten vitamin C oksidira, prisoten jod in jodid reagirata s škrobnim indikatorjem in nastane modro-črn kompleks (barvni preskok), ki pa je pokazatelj končne točke titracije.

Opisani postopek je primeren predvsem za določanje vitamina C v tabletah, sokovih, v svežem, zmrznjenem ali zapakiranem sadju in zelenjavi (Helmenstine, 2008).

### **2.5.3. Spektrofotometrične metode**

Spektrofotometrične metode so lahko dostopne in se pogosto uporabljajo pri določevanju vitamina C, so tudi hitro uporabne pri rutinskih analizah. Pri tej metodi z L-AA reagirajo različna barvila. Analiza temelji na oksidaciji L-AA v L-DHA s pomočjo 2,4-dinitrofenil hidrazina. Barvilo postane oranžno obarvan osazon, ki ga potem izmerimo v spektru rdeče svetlobe. Med barvili je dobro poznan tudi 2,6-diklorofenol indofenol, ki se uporablja pri titrimetrični metodi. Ob prisotnosti L-AA se barvilo razbarva v roza barvo, kar pa pomeni, da je oksidiral (Rener, 2006; Arya in sod., 1998).

### 3. SUPERŽIVILA

Superživila ali super hrana so živila, ki vsebujejo veliko vitamina C in so bolj hranljiva od ostalih. Natančno jih definiramo kot živila z visoko hranilno vrednostjo in so koristna za naše zdravje. Najpogosteje vsebujejo snovi rastlinskega izvora (Smith, 2013). Vsebujejo več kakovostnih snovi. Pri tem mislimo predvsem na pojem dobre hranilne gostote in zato je superživilo hranilno bogato živilo, ki vsebuje veliko esencialnih snovi ob normalni količini kalorij. Med vrsto superživil ne uvrščamo samo živil z veliko esencialnih hranil, ampak tudi takšna, ki imajo dobre učinke na zdravje. In tako zaradi bogate sestave lahko z uživanjem superživil izboljšamo svoje zdravje, okrepimo imunski sistem in hkrati pozitivno vplivamo na svoj družabno gibalni, socialni in čustveni položaj (Smith, 2013; Reinhard, 2014).

S takšno hrano nahranimo svoje telo že z manjšo količino in tako zadovoljimo, izpolnimo ali celo presegamo svoje dnevne potrebe po beljakovinah, vitaminih, mineralih, maščobnih kislinah in zahteve imunskega sistema. Superživila zelo dobro vplivajo na telo in skrbijo za pravilno delovanje telesnih funkcij v telesu. So pomemben del prehrane, saj pozitivno učinkujejo na delovanje možganov, kosti, mišic, kože, las, nohtov, srca, pljuč, jeter, ledvic, reproduktivnega sistema, trebušne slinavke in imunskega sistema, dolgoročno pa tudi pomagajo k bolj naravni in zdravi prehrani. Z uživanjem takšne hrane znižujemo tveganje za nastanek določenih bolezni, kot recimo srčno-žilne bolezni, rak, sladkorna bolezen tipa 2 ipd. (Wolfe, 2009; Reinhard, 2014).

#### 3.1. Zelena superživila

Živila, kot so zelena paprika, brokoli, zelje, kivi ipd., spadajo med živila, ki vsebujejo največ vitamina C (Vertnik in Korošec, 2011–2014) in jih zaradi tega lahko uvrščamo tudi med zelena superživila (preglednica 4). Dodana vrednost le-teh je tudi vsebnost klorofila, ki jim daje zeleno barvo in je odgovoren za fotosintezo, rast in dihanje celic, hkrati pa ga povezujemo tudi z drugimi funkcijami (Dashwood, 2009).

Preglednica 4: Zelena superživila

Povzeto po: Vertnik in Korošec, 2011–2014; Hill, 2018

<b>Zelena superživila</b>
Blitva
Brokoli
Grah
Kivi
Morske alge (spirulina, klorela)
Ohrovt
Repa
Špinača
Zelena paprika
Zelje

Vsebnost vitamina C v različnih delih rastlin že dolgo časa povezujejo z vsebnostjo klorofila ter sposobnostjo fotosinteze. Več, kot je klorofila (intenzivna fotosinteza), večja je vsebnost vitamina C (Giroud in sod., 1934).



Klorofil je pigment, ki rastlinam in algam daje zeleno barvo in ima tudi veliko antioksidativnih učinkov. Večja, kot je količina svetlobe, bolj se razvija fotosinteza, s tem pa se dviguje koncentracija vitamina C. Preprečuje oksidacijo in posledično nastajanje prostih radikalov, ki vodijo v poškodbe celic in različna bolezenska stanja (Dashwood, 2009).

### **3.1.1. Brokoli**

Brokoli (*Brassica oleracea var. Italica* L.) je superživilo oziroma super hrana. Kalorij ima malo, vsebuje pa veliko hranil, vlaknin in antioksidantov, ki podpirajo številne vidike človekovega zdravja. Poleg tega je bogat z vitaminom A, železom, vitaminom K, vitaminom B in cinkom. Eden izmed pomembnejših vitaminov je navsezadnje vitamin C (Medical News Today, 2020).

Zdravilni učinki brokolija so, da uravnava našo prebavo, pomaga pri izgubi telesne teže, zmanjšuje tveganje za kronične bolezni srca in ožilja, ima ugoden vpliv na čir na želodcu in ima visoko vsebnost antioksidantov, ki uravnavajo delovanje encimov (Leitgeb in Primožič, 2018).

Njegove hranilne in energetske lastnosti so povzete v preglednici 5.

Preglednica 5: Energijska vrednost in kemična sestava brokolija  
 Povzeto po: Food Data Central, 2019

<b>Energijska in kemična sestava brokolija</b>	<b>Povprečna vrednost</b>
<b>Energijska vrednost</b>	31 kcal ali 132 kJ
<b>Energijske sestavine</b>	<b>(g /100g)</b>
<i>Beljakovine</i>	2,57
<i>Ogljikovi hidrati</i>	6,27
- <i>Sladkorji</i>	1,4
- <i>Vlaknine</i>	2,4
<i>Maščobe</i>	0,34
<i>Voda</i>	90
<b>Mineralne sestavine</b>	<b>(mg /100g)</b>
<i>Kalcij</i>	46
<i>Železo</i>	0,69
<i>Fosfor</i>	67
<i>Kalij</i>	303
<i>Magnezij</i>	21
<i>Cink</i>	0,42
<b>Vitamini</b>	<b>(mg /100g)</b>
<i>Vitamin A</i>	0,008
<i>-β – karoten</i>	0,093
<i>Tiamin (vit. B1)</i>	0,077
<i>Riboflavin (vit. B2)</i>	0,114
<i>Niacin (vit. B3)</i>	0,639
<i>Pantotenska kislina (vit. B5)</i>	0,61
<i>Vitamin B6</i>	0,191
<i>Folati (vit. B9)</i>	0,065
<b>Vitamin C</b>	<b>91,3</b>

### 3.1.2. Paprika

Papriko (*Capsicum annum* L.) najdemo v več barvah (rumeni, zeleni, rdeči). Prispeva k zdravi prehrani, saj je izjemno bogata z vitaminom C, vitamini B6, E, A, K1 in drugimi antioksidanti, zaradi česar tudi spada (kot dodatek) k zdravi prehrani (Arnarson, 2019). Paprika lahko vsebuje tudi do štirikrat več vitamina C kot pomaranče, zato se tudi uvršča med superživila.

Plod paprike ima veliko zdravilnih učinkov in veliko hranilno vrednost (preglednica 6). Preprečuje slabokrvnost, uravnava nivo sladkorja v krvi, znižuje nivo dobrega holesterola, pomaga pri ohranjanju zdravja oči in deluje preventivno proti različnim vrstam raka (Leitgeb in Primožič, 2018).

Paprika ima veliko vsebnost vitaminov in dobro hranilno vrednost, predvsem je znana po veliki količini vsebnosti vitamina C. Največjo vsebnost vitamina C dosežejo dozoreli plodovi - v zelenem stanju od 60 do 70 mg vitamina C na 100 g, v dozorelem stanju pa od 10 do 140 mg vitamina C na 100 g plodov. Na vsebnost vitamina C pa vplivajo tudi svetloba, toplota, voda in čas obiranja (Osvald, Kogoj-Osvald, 1999).

Preglednica 6: Energijska vrednost in kemična sestava zelene paprike  
 Povzeto po: Food Data Central, 2019

<b>Energijska in kemična sestava zelene paprike</b>	<b>Povprečna vrednost</b>
<b>Energijska vrednost</b>	20 kcal ali 84 kJ
<b>Energijske sestavine</b>	<b>(g /100g)</b>
<i>Beljakovine</i>	0,86
<i>Ogljikovi hidrati</i>	4,64
- <i>Sladkorji</i>	2,4
- <i>Vlaknine</i>	1,7
<i>Maščobe</i>	0,17
<i>Voda</i>	93,89
<b>Mineralne sestavine</b>	<b>(mg /100g)</b>
<i>Kalcij</i>	46
<i>Železo</i>	0,34
<i>Fosfor</i>	20
<i>Kalij</i>	175
<i>Magnezij</i>	10
<i>Cink</i>	0,13
<b>Vitamini</b>	<b>(mg /100g)</b>
<i>Vitamin A</i>	0,018
<i>-β – karoten</i>	0,208
<i>Tiamin (vit. B1)</i>	0,057
<i>Riboflavin (vit. B2)</i>	0,028
<i>Niacin (vit. B3)</i>	0,48
<i>Pantotenska kislina (vit. B5)</i>	0,09
<i>Vitamin B6</i>	0,224
<i>Folati (vit. B9)</i>	0,065
<b>Vitamin C</b>	<b>80,4</b>

## 4. MATERIALI IN METODE

Usmerili smo se na zeleno papriko in brokoli, saj oba vsebujeta veliko vitamina C. Zelena paprika in brokoli imata dobre prednosti, saj imata oba mnogo zdravilnih učinkov in veliko hranilno vrednost. Zelena paprika uravnava nivo sladkorja, znižuje nivo dobrega holesterola in pomaga pri ohranjanju zdravja oči, medtem ko brokoli uravnava našo prebavo, pomaga pri izgubi telesne teže in ima visoko vsebnost antioksidantov (Leitgeb in Primožič, 2018).

### 4.1. Laboratorijska oprema in kemikalije

Pri eksperimentalnem delu smo uporabili spodaj naštetu laboratorijsko opremo in reagente.

Laboratorijska oprema:

- precizna tehtnica (KERN-350),
- čaša (150 ml, 500 ml),
- filter papir,
- merilne pipete (1 ml, 5 ml in 50 ml),
- avtomatske pipete (1 ml),
- merilni valj (250 ml),
- merilne bučke (250 ml, 1000 ml),
- lij,
- PVC-kapalke,
- gospodinjski palični mešalnik,
- palčka za mešanje,
- magnetno mešalo,
- erlenmajerica (250 ml),
- bireta (50 ml)
- steklenica s pokrovom (1000 ml).

Reagenti in kemikalije:

- 2 % metafosforna kislina (MFK),
- kalijev jodat ( $\text{KIO}_3$ )
- klorovodikova kislina (HCl),
- 0,5 % raztopina škrobovice,
- kalijev jodid (KI).

### 4.2. Priprava reagentov

*Ekstracijska raztopina z 2 % metafosforno kislino:*

V 1000 ml steklenico s pokrovom smo odmerili 20 g MFK in dopolnili z deonizirano vodo do oznake. Steklenico smo postavili na magnetno mešalo in pustili približno 10 minut, da se je vse dobro raztopilo.

*Titrirna raztopina s kalijevim jodatom:*

V 1000 ml steklenico s pokrovom smo odmerili 0,214 g  $\text{KIO}_3$  in dopolnili z deonizirano vodo do oznake. Deonizirano vodo smo dodajali počasi in sproti spremljali hitrost reakcije in čas reakcijske mešanice. Nato smo steklenico postavili na magnetno mešalo in pustili toliko časa, da se je vse raztopilo.

*Raztopina klorovodikove kisline:*

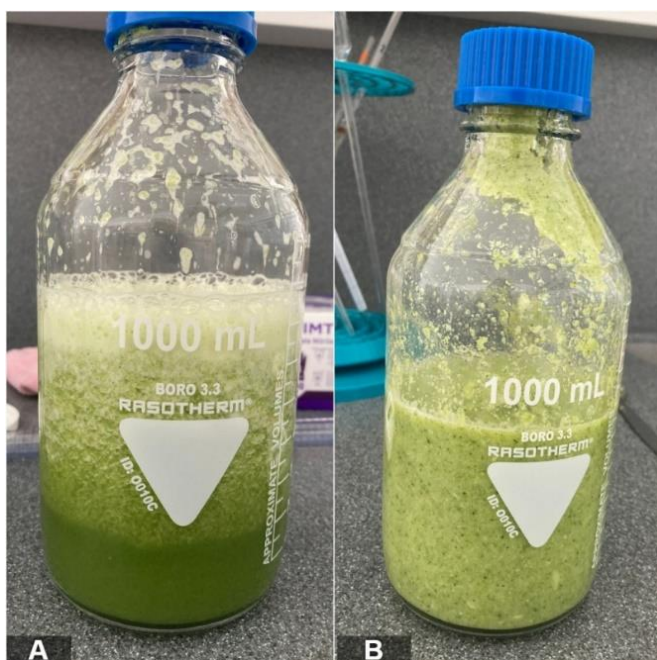
V 250 ml merilno bučko smo odmerili 2,10 ml 37 % klorovodikove kisline z gostoto 1,19 g/ml in dopolnili z deonizirano vodo do oznake. Raztopino smo pripravili v brezprašni komori.

*Indikator z 0,5 % škrobovico:*

V 150 ml čašo smo odmerili 0,5 g krompirjevega škroba, dodali 100 ml deonizirane vode ter premešali. Nato smo čašo postavili na električni kuhalnik ter segrevali do vretja. Raztopino smo ohladili ter jo pri titraciji uporabili kot barvni indikator. Raztopino smo pripravljali vsakokrat na novo, tik pred eksperimentom.

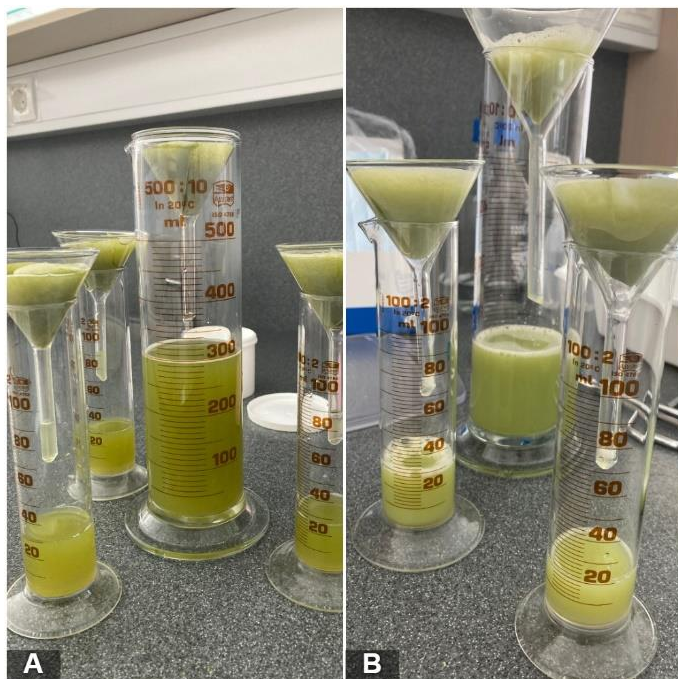
### 4.3. Priprava vzorcev

Količino uporabljene zelenjave smo določili glede na potreben volumen ekstrakta za nadaljnje analize – titracijo ter izbrali razmerje suhe teže zelenjave in ekstrakcijske raztopine – 2 % metafosforne kisline (MFK) = 1 : 1. Svežo zeleno papriko in brokoli smo ločeno zmiksali s pomočjo paličnega mešalnika, ju ponovno stehali in dali v čašo. Dodali smo 2 % MFK, steklenico varno zaprli in vsebino minuto do dve močno stresali. Z mehansko homogenizacijo vzorca smo omogočili, da se je vitamin C iz zelene paprike oziroma brokolija ekstrahiral v raztopino 2 % MFK (slika 3).



Slika 3: Ekstrahiran vzorec zelene paprike (slika A) in brokolija (slika B) v 2 % MFK  
Vir: E. Posavec, 2021

Pri stresanju je nastala velika količina pene, ki je postopek filtriranja upočasnila. Zato smo počakali, da sta se plasti ločili, nato pa smo vzorec (slika 4) filtrirali skozi filtrirni papir in pridobili čisti filtrat (slika 4), ki smo ga uporabili za analize.



Slika 4: Filtriranje vzorca zelene paprike (slika A) in vzorca brokolija (slika B)  
Vir: E. Posavec, 2021

#### 4.4. Jodometrično določanje vitamina C

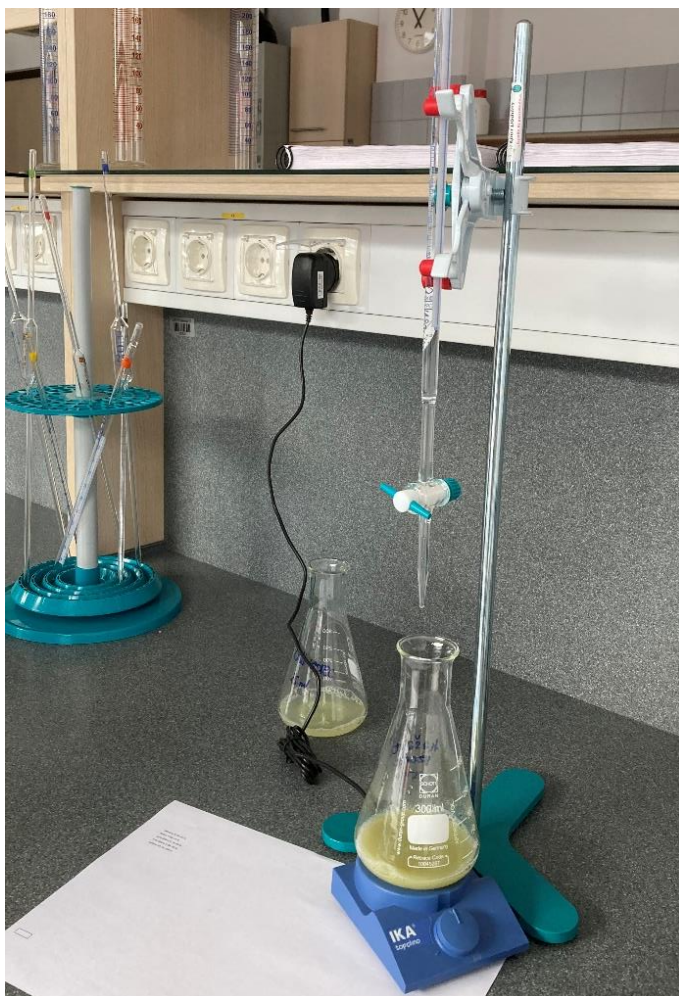
Eksperiment smo izvedli tako, da smo 25 ml ekstrakta zelene paprike oziroma brokolija odpipetirali v erlenmajerico, dodali 1 g kalijevega jodida (KI), 5 ml klorovodikove kisline (HCl) in 3 ml škrobvice. Vsebino smo premešali. Raztopino  $KIO_3$  smo pripravili v 50 mL bireto (slika 5), jo počasi po kapljicah dodajali ekstraktu in titrirali do barvnega preskoka, do pojava obstojne črne barve. Zeleno papriko smo analizirali v dveh neodvisnih poskusih, vsakega v treh paralelkah, medtem ko smo brokoli analizirali v treh neodvisnih poskusih po tri paralelke. Nato smo izračunali vsebnost vitamina C. Na podlagi izračunanih povprečij porabljenega volumna  $KIO_3$  in že znane koncentracije kalijevega jodata ( $c(KIO_3) = 0,01 \text{ mol/L}$ ) smo po spodnji enačbi izračunali njegovo množino:

$$n(KIO_3) = c \times V$$

Z znano molsko maso vitamina C ( $M = 176,19 \text{ g/mol}$ ) ter znanega razmerja množin vitamina C : jodid = 1 : 3 smo po spodnji enačbi izračunali maso vitamina C:

$$m(\text{vitamin C}) = n \times M$$

Količino vitamina C v izhodnem vzorcu smo na koncu podali v mg/100 g svežega vzorca.



Slika 5: Titracijski sistem z bireto.

Vir: E. Posavec, 2021

Bireta je kemijski steklen pripomoček, s katerim merimo prostornino tekočine. Uporabljamo jo za dodajanje majhnih volumnov (0,1 mL ali 0,05 mL). Na njej je merilna skala, kjer se ničla nahaja na najvišjem delu birete, ostale številke pa si sledijo navpično navzdol. Na koncu birete je pritrjen ventil, ki ga lahko reguliramo, tako da zapremo ali odpremo pot tekočini. Za delo v laboratoriju je zelo natančen pripomoček, saj lahko pustimo kapljati do določene porabe reagenta, odvisno od poskusa, ki ga izvajamo (Smrdu in sod., 2014).

## 5. REZULTATI Z DISKUSIJO

V praktičnem delu diplomske naloge smo kvantitativno določili vsebnost vitamina C v dveh izbranih zelenih superživilih – zeleni papriki in brokoliju. Uporabili smo volumetrično metodo jodometrične titracije. Nato smo pridobljene eksperimentalne podatke primerjali s podatki iz literature, ki smo jih zbrali v preglednicah. Preverili smo tudi, ali toplotna obdelava ekstrakta vpliva na vsebnost vitamina C v ekstraktu.

### 5.1. Vsebnost vitamina C v zeleni papriki

Izvedli smo dva neodvisna eksperimenta s tremi ponovitvami jodometrične titracije znotraj vsakega eksperimenta. Analizirali smo dve papriki iste vrste, vendar iz dveh različnih prodajaln. V preglednici 7 so podani podatki o uporabljenih masah vzorcev in volumnih ekstrakcijskih raztopin.

Preglednica 7: Podatki ekstrakta zelene paprike po filtraciji v različnih poskusih

	<b>Sveža zelena paprika (g)</b>	<b>2 % MFK (ml)</b>	<b>Volumen ekstrakta po filtraciji (ml)</b>	<b>Tekočina, pridobljena iz zelene paprike (ml)</b>
<b>1. poskus</b>	300	300	450	150
<b>2. poskus</b>	150	150	240	90

Količine v preglednici 8 nam povedo, da je vsebnost tekočine, pridobljena iz zelene paprike, različna, saj smo izhajali iz različnih mas. Če pretvorimo v odstotke, je delež vode glede na suho težo podoben: 50 % v prvem in 60 % v drugem poskusu. Ta podatek smo pri izračunu vsebnosti vitamina C tudi upoštevali.

Preglednica 8: Poraba  $KIO_3$  (v ml) pri jodometrični titraciji zelene paprike

	<b>1. paralelka</b>			<b>2. paralelka</b>		
<b>Svež vzorec</b>	1. vzorec	2. vzorec	3. vzorec	1. vzorec	2. vzorec	3. vzorec
<b>Volumen <math>KIO_3</math> (ml)</b>	11,7	11,6	11,7	10,5	10,4	10,4

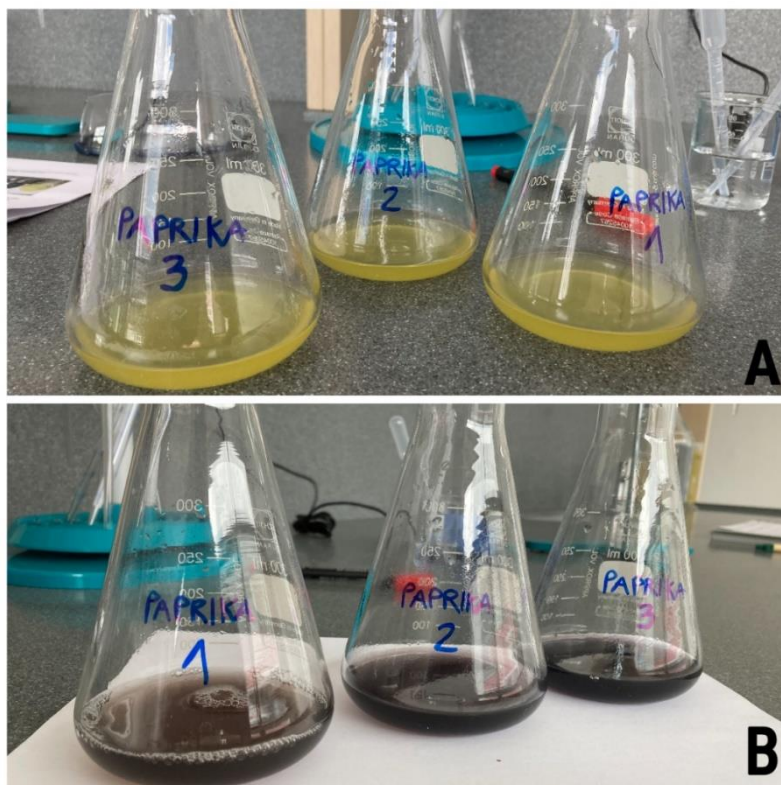
Iz podatkov smo na podlagi kemijske reakcije:  $C_6H_8O_6 + I_3^- + H_2O \rightarrow C_6H_6O_6 + 3I^- + 2H^+$  in enačb (poglavje 4.4.) izračunali povprečno koncentracijo vitamina C v vzorcih. Rezultati našega eksperimentalnega dela raziskave so zapisani v preglednici 9.

Preglednica 9: Rezultati izračunov vitamina C pri svežem vzorcu zelene paprike

	<b>1. poskus</b>	<b>2. poskus</b>
<b>Vitamin C (mg/100g)</b>	36,97	35,24
<b>Povprečje (mg/100g)</b>	36,10	

Vsebnost vitamina C je bila med poskusoma zelo podobna. Določitev končne točke titracije ni bila zahtevna, saj je bila raztopina filtriranega ekstrakta dovolj čista oz. homogena ter svetle barve, da smo lahko natančno zaznali barvni preskok (slika 6). Nato smo naše rezultate primerjali s podatki iz literature. Iskali smo podatke o zeleni papriki, a velikokrat ni natančno določeno, v kateri papriki je bila vsebnost vitamina C določena. Vrednosti smo skupaj s podatki o vzorcih zbrali v preglednici 10.





Slika 6: Vzorci ekstrakta paprike pred titracijo (A) in po barvnem preskoku (B)  
Vir: E. Posavec, 2021

Preglednica 10: Podatki vsebnosti vitamina C v zbrani literaturi

Vitamin C (mg/100g)	Vir	Opomba
177–183	Nutris.org, 2011–2014	v rumeni in zeleni papriki
116	Prehrana.si, 2016	rdeča paprika
139	NIJZ	splošno
130	Levine M, 1999	splošno
129	Jezernik V., 2012	
80,4	Food data central	
60–70	Osvald J., Kogoj O. M., 1999	
121	<b>Povprečje</b>	

Primerjava podatkov iz literature z našimi rezultati je bila pri zeleni papriki težja, saj se podatki razlikujejo in niso eksplicitno ločeni za vrsto paprike, zato direktne primerjave ne moremo narediti. Odločili smo se, da poiščemo podatke za vse vrste paprik. Na podlagi tega smo ugotovili, da smo mi določili nižje vsebnosti vitamina C, kot je to znano v literaturi. Povprečna vrednost v literaturi je znašala 121 mg vitamina C/100 g paprike, medtem ko smo v naši raziskavi določili 36,10 mg/100 g, kar je za 70,16 % manj. Zavedati se moramo, da je vsebnost vitamina C odvisna tudi od vsebnosti klorofila (Dashwood, 2009), prav tako lahko na njegovo določitev vplivata vsebnost vode in zrelost plodu.

Vzrok odstopanj je lahko tudi metodološki pristop, saj smo izbrali eno od enostavnejših neavtomatiziranih metod. Sklepamo lahko, da naša metoda ni bila dovolj optimizirana ali učinkovita. Pri zeleni papriki med postopkom priprave ekstrakta in titracijo nismo imeli težav, postopek smo izvedli hitro in preskok barve je bil takoj viden. Enostavno smo pridobili čist filtrat, saj smo papriko lahko popolnoma homogenizirali in nismo imeli težav s filtriranjem.

Pomembno je poudariti, da se je lahko pri procesu filtracije izgubila velika količina vitamina C, saj smo uporabljali tako imenovani filter papir, ki vpije veliko vode in je po filtriranju na njem ostala tudi oborina (neraztopljene snovi, ki so večje od por filter papirja). Tako lahko predvidevamo, da se je v njej zadržalo veliko vitamina C, ki je bil prisoten v našem vzorcu.

V prihodnosti bi bilo dobro, da bi pri začetni fazi, ki smo jo izvajali – mletje ter filtracija, uporabili industrijski homogenizator ali pa bi bolj optimizirali ekstrakcijo. Prav tako, bi lahko uporabili drugačno razmerje med 2 % MFK in čistim vzorcem zelene paprike. Korakov in pristopov izboljšave metode je več, kar bi se lahko v obsežnejši raziskavi tudi testiralo.

Do nižjih vsebnosti vitamina C je lahko prišlo že v samem postopku ekstrakcije in analize. Pri vzorčenju vitamina C moramo biti previdni, zato da bi preprečili njegovo razgradnjo in izgubo. Zaradi potencialne razgradnje pri samem skladiščenju, pripravi vzorcev in pogoja ekstrakcije je pomembno skrbno razviti in potrditi analitične metode, ki se uporabljajo za določanje vitamina C v vzorcih hrane, da bi pridobljeni rezultati lahko bili zanesljivi (Spinola in sod., 2014).

## 5.2. Vsebnost vitamina C v brokoliju

Izvedli smo tri neodvisne eksperimente, po tri ponovitve jodometrične titracije znotraj vsakega eksperimenta. V preglednici 11 so zbrani podatki o volumnu in masi vzorcev brokolija po filtraciji.

Preglednica 11: Volumen ekstrakta brokolija po filtraciji

	<b>Svež brokoli (g)</b>	<b>2 % MFK (ml)</b>	<b>Volumen ekstrakta po filtraciji (ml)</b>	<b>Tekočina, pridobljena iz brokolija (ml)</b>
<b>1. poskus</b>	300	300	360	60
<b>2. poskus</b>	150	150	150	0
<b>3. poskus</b>	150	150	300	150

Iz preglednice 11 je razvidno, da je vsebnost vode, ki se je ob homogenizaciji sprostila, med vzorci različna. Če pretvorimo v odstotke, je delež vode glede na suho težo zelo različen: 20 % v prvem, 0 % v drugem in 100 % v tretjem poskusu. Razlike v volumnu smo pri izračunu koncentracije vitamina C upoštevali. Če rezultate primerjamo, ugotovimo, da je brokoli vseboval kar 41,66 % manj vode kot zelena paprika. Zaradi te lastnosti je bila priprava vzorcev brokolija zahtevnejša.

V preglednici 12 so podani naši znani podatki, ki prikazujejo porabljeni  $KIO_3$  glede na neodvisne paralelke poskusov z brokolijem.

Preglednica 12: Poraba  $KIO_3$  (v ml) pri jodometrični titraciji svežega vzorca brokolija

	<b>1. paralelka</b>			<b>2. paralelka</b>			<b>3. paralelka</b>		
<b>Svež vzorec</b>	1. vzorec	2. vzorec	3. vzorec	1. vzorec	2. vzorec	3. vzorec	1. vzorec	2. vzorec	3. vzorec
<b>Volumen <math>KIO_3</math>(ml)</b>	6,7	6,6	6,4	5,2	5,3	5,2	4,4	4,3	4,2

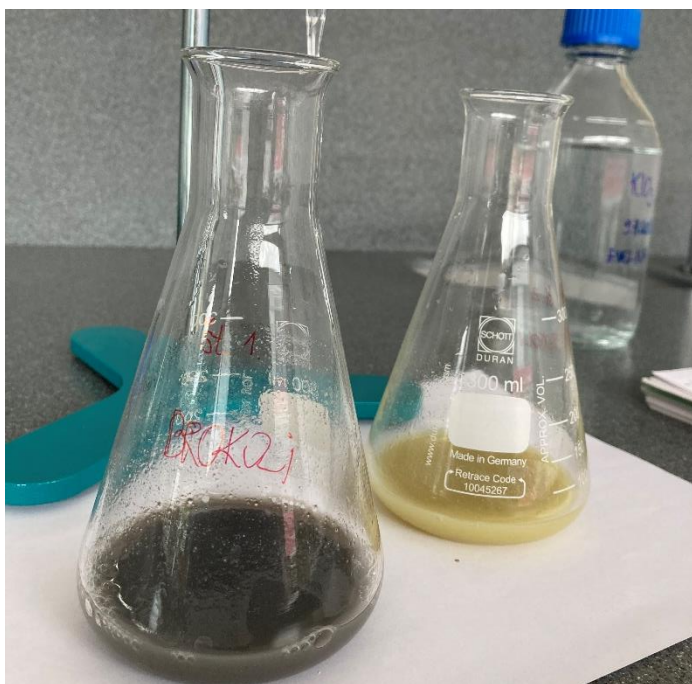
Iz znanih podatkov smo izračunali povprečno koncentracijo vitamina C v svežih vzorcih brokolija. Rezultati našega dela so zapisani v preglednici 13.

Preglednica 13: Rezultati izračunov vitamina C pri svežem vzorcu brokolija

	1. poskus	2. poskus	3. poskus
<b>Vitamin C (mg/100g)</b>	16,64	11,04	18,16
<b>Povprečje (mg/100g)</b>	15,28		

Pri eksperimentih z brokolijem smo zaradi težav z motnostjo vzorcev izvedli tri neodvisne ponovitve poskusov (slika 7). Motnost se je pojavila že v samem začetku eksperimenta, saj je brokoli vseboval kar 44,66 % manj vode kot zelena paprika. Moramo pa tudi upoštevati, da ima brokoli že na splošno drugačno strukturo kot zelena paprika in je sam postopek mletja in homogenizacije drugačen.

Zaradi omenjenih težav z motnostjo vzorcev oz. raztopine smo imeli težave pri ugotavljanju preskoka barve oziroma pri natančnem določanju nevtralizacije točke. Med titracijo se je naš vzorec obarval v sivo barvo, vendar smo naš poskus izvajali do popolnoma temne barve vzorca, saj je vzorec potrebno titrirati do obstojnega preskoka barve. V nasprotnem primeru bi to pomenilo, da je v raztopini vitamin C še vedno bil prisoten v neoksidirani obliki.



Slika 7: Prikaz svežega motnega vzorca in titriranega vzorca brokolija  
Vir: E. Posavec, 2021

Zadnji vzorec pri tretji paralelki smo zamrznili pred titracijo in ker zadnja vrednost ne odstopa toliko od drugih dveh, ostaja zgolj ugibanje, da bi to lahko vplivalo na vsebnost vitamina C. Podatki v literaturi namreč opisujejo, da se v zmrznjenem sadju in zelenjavi lahko vitamin C ohrani do 80 % (Stanojević, 2010, Akhilender, 2003). Tudi v članku (Favell, 1998) navajajo, da se je pri zmrznjenem brokoliju vitamin C ohranil 80 %, medtem ko je brokoli, po sedmih dneh, shranjen na sobni temperaturi, ohranil komaj 44 % vitamina C. A raziskave so bile do sedaj narejene izključno na zmrznjenem živilu že pred samo ekstrakcijo, v našem poskusu pa smo zamrznili ekstrakt vzorca brokolija. Predvidevamo, da obstaja možnost, da smo s samo zamrznitvijo dosegli višjo vsebnost vitamina C oz. je bil vzorec brokolija z vitaminom C bolj bogat.

Na koncu eksperimenta smo dobljene rezultate primerjali s podatki iz literature, ki smo jih zbrali v preglednici 14.

Preglednica 14: Podatki vsebnosti vitamina C v brokoliju v zbrani literaturi

<b>Vitamin C mg/100 g</b>	<b>Vir</b>
<b>93</b>	Nutris.org, 2011–2014
<b>97</b>	NIJZ
<b>89</b>	Jezernik V., 2012
<b>91,3</b>	Food data central
<b>92,5</b>	<b>Povprečje</b>

Znani podatki iz literature opisujejo višje vrednosti vitamina C v brokoliju, kot smo jih določili v našem eksperimentu. To pa ne pomeni, da so bili naši vzorci slabši ali pa da so imeli manj vitamina C kot ostali. Sklepamo, da naše metode nismo dovolj optimizirali in posledično nismo uspeli tako močno ekstrahirati vitamina C iz našega vzorca. Direktne primerjave z literaturo ne moremo narediti, saj bi bilo potrebno primerjati njihove postopke ekstrakcije in določitev vsebnosti vitamina C z našo metodo. Najverjetneje gre pri virih iz literature za drugačne metode in direktna primerjava ni primerna, lahko pa nam da podatek, kje in koliko se vsebnost vitamina C pričakuje. V literaturi je povprečna vsebnost vitamina C znašala 92,5 mg vitamina C na 100 g, v našem primeru pa smo pridobili 15,28 mg vitamina C na 100 g. Naš rezultat je od povprečnih odstopal za kar 83,48 %.

Vzrokov nizkih izmerjenih koncentracij vitamina C je lahko več: mletje, homogenizacija, filtriranje in titriranje. Do nizke vsebnosti vitamina C je lahko prišlo že v samem začetku prve faze (mletje in homogeniziranje), kjer smo imeli prisotno goščo, ki smo jo potem filtrirali. Brokoli je bilo zelo težko zmleti v fino homogenizirano stanje, saj so ostali majhni delčki, ki jih zaradi splošne sestave brokolija nismo mogli popolnoma zmleti. Pri homogenizaciji z 2 % MFK, predvidevamo, da bi goščo bilo potrebno dlje časa stresati, da bi se vitamin C še bolj ekstrahiral. Problem pri filtraciji, so bili majhni delci, ki so ostajali na filter papirju in upočasnili filtracijo. Postopek je bil zamuden, saj smo morali zaradi prisotnih delčkov večkrat zamenjati filter papir. Filtrirano tekočino iz brokolija smo zaradi motnosti in samih delcev v tekočini pustili stati dlje časa (15 minut), da so se delci posedli na dno, in nato delali z bolj čistim vzorcem.

Predvidevamo, da je možnost, da se je pri sami filtraciji in menjavi filter papirja izgubilo veliko vitamina C. Predvidevamo tudi, da je vsebnost pri bolj gostem vzorcu višja kot pri čistem filtratu, saj menimo, da goščica, ki je nastala pri mletju, vsebuje več vitamina C, ker neuspešno zmleti delčki vsebujejo vitamin C in zaradi tega je v sami tekočini prišlo do nižjih vsebnosti vitamina C. Faktorji, ki lahko na vsebnost vitamina C vplivajo, so odvisni tudi od svežine sadeža in od samega skladiščenja.

V prihodnje bi bilo potrebno homogenizacijo bolj optimizirati. Pri sami homogenizaciji bi lahko uporabili naprednejšo tehnologijo, recimo ultrazvok. Vse faze, opisane zgoraj, smo naredili v najhitrejšem možnem postopku, da se je vitamin C čim bolj ohranil. Da bi dobili natančnejše rezultate, bi morali narediti veliko več različnih in neodvisnih ponovitev.

Kot smo omenili že pri teoretičnem delu, ima torej vitamin C veliko dobrih učinkov na telo. Znale imamo priporočene dnevne vnose vitamina C, ki pri odraslih moških znašajo od 90–110 mg vitamina C na dan, medtem ko je dnevni vnos pri odraslih ženskah 80–95 mg vitamina C na dan. Če podatka združimo in določimo povprečno vrednost, bi odrasli ljudje v povprečju potrebovali od 85 do 102,5 mg vitamina C na dan. To pomeni, da če bi zaužili eno papriko ali en brokoli na dan, bi dosegli že skoraj 100 % priporočenega dnevnega vnosa, saj ima zelena paprika v povprečju 80,4 mg vitamina C na 100 g, medtem ko brokoli dosega 91,3 mg na 100 g vitamina C.

### 5.3. Vpliv toplotne obdelave ekstrakta na vsebnost vitamina C

Znano je, da se med kuhanjem oziroma toplotno predelavo živil koncentracija vitamina C zmanjša tudi do 50 % (Stanojević, 2010 in Akhilender, 2003). Našli smo raziskavo, ki potrjuje te podatke z uporabo metode jodometrične titracije. V raziskovalni nalogi Biotehničnega centra Naklo so ugotavljali, kako termična obdelava vpliva na vitamin C v šipku in limoninem soku. Rezultati so pokazali, da se je po toplotni obdelavi količina vitamina C v kuhanem vzorcu šipka po petih minutah kuhanja na 100 °C zmanjšala od 11,5 do 14 %. Pri kuhanem limoninem soku pa se je odstotek v primerjavi s svežim zmanjšal za 3,02 % (Cerar in Vrankar, 2016). Podatka o kuhanih ekstraktih nismo zasledili, zato smo želeli preveriti sami, kaj se zgodi z vsebnostjo vitamina C v kuhanih vzorcih ekstrakta.

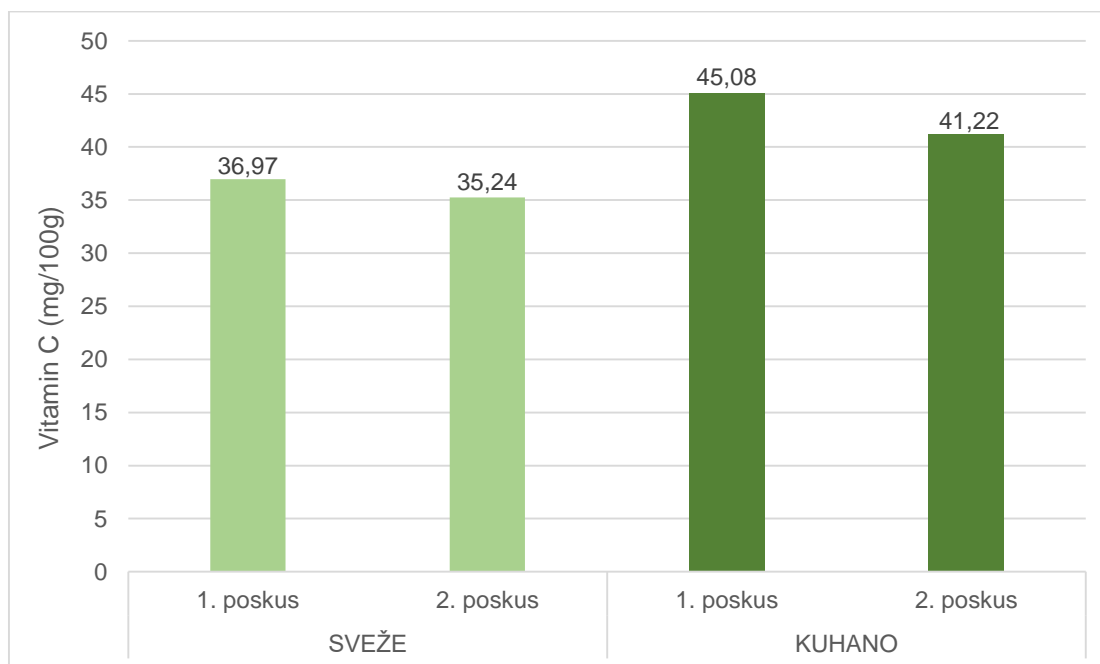
Ekstrahirane vzorce, v katerih je že bila prisotna 2 % MFK, smo kuhali približno deset minut na okoli 100 °C, nato pa smo rezultate grafično analizirali in primerjali vrednost vitamina C v svežih vzorcih in vzorcih toplotno obdelanega ekstrakta.

V preglednici 15 so predstavljeni podatki, ki prikazujejo porabljen  $KIO_3$  pri vzorcih toplotno obdelanega ekstrakta zelene paprike.

Preglednica 15: Poraba  $KIO_3$  (v ml) pri jodometrični titraciji kuhanega vzorca zelene paprike

Kuhan vzorec	1. paralelka			2. paralelka		
	1. vzorec	2. vzorec	3. vzorec	1. vzorec	2. vzorec	3. vzorec
Volumen $KIO_3$ (ml)	14,2	14,3	14,2	12,3	12,1	12,2

Opažamo, da se je pri kuhanem vzorcu zelene paprike količina porabljenega  $KIO_3$ , glede na porabo pri svežih vzorcih zvišala za 19 %. To pomeni, da je v vzorcu bila višja vsebnost vitamina C kot v svežih vzorcih zelene paprike.



Slika 8: Količina vitamina C v vseh vzorcih zelene paprike

Slika 8 prikazuje vrednosti vitamina C v zeleni papriki v svežem in toplotno obdelanem ekstrahiranem vzorcu. Z našim poskusom smo ugotovili, da povprečna vrednost vitamina C v svežem vzorcu zelene paprike znaša 36,10 mg, medtem ko se je pri kuhanem zvišala na 43,15 mg/100 g suhe teže zelene paprike. Razlika med svežim in kuhanim vzorcem je 7,05 mg/100 g, kar pomeni, da se je vsebnost vitamina C v kuhanem vzorcu pri približno 100 °C zvišala za 19,5 % v primerjavi s svežim vzorcem zelene paprike.

Pridobljene količine vitamina C v toplotno obdelanih vzorcih ekstrakta zelene paprike s primerjavo podatka iz literature smo zbrali v preglednici 16.

Preglednica 16: Rezultati izračuna vitamina C pri kuhanem vzorcu zelene paprike s primerjavo podatka iz literature

	<b>1. poskus</b>	<b>2. poskus</b>	<b>Levine M., 1999</b>
<b>Vitamin C (mg/100 g)</b>	45,08	41,22	100
<b>Povprečje (mg/100 g)</b>	43,15		

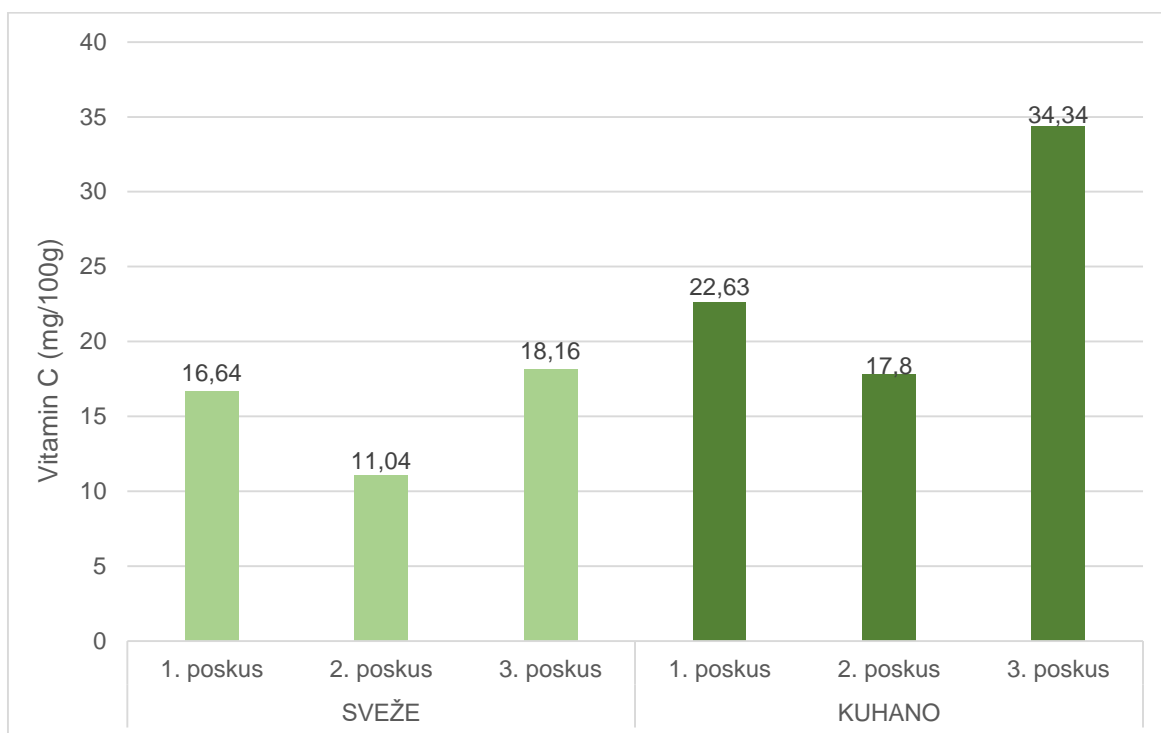
Glede na rezultate pričakovanih izgub vitamina C po toplotni obdelavi nismo zaznali. Glede na podatke iz literature bi vsebnost vzorca kuhane zelene paprike morala biti nižja od svežega vzorca zelene paprike, v našem primeru pa je bila vsebnost vitamina C v kuhanem oz. toplotno obdelanem ekstraktu zelene paprike višja. V Biotehničnem centru Naklo so raziskovali, kako toplotna obdelava vpliva na vsebnost vitamina C v šipku in limoninem soku. Njihovi rezultati so dokazali, da se je vsebnost vitamina C po toplotni obdelavi znižala (Cerar in Vrankar, 2016). Podatek sta opisali tudi avtorici pri raziskovalni nalogi v Celju. Raziskovali sta, kako se vitamin C glede na toplotno obdelavo zmanjšuje. Njihovi rezultati so pokazali, da z višanjem temperature količina vitamina C upada, vendar za ne več kot 12 % (Cilenšek in Polutnik, 2013).

Za zeleno papriko smo našli podatek kuhanega vzorca in njene vsebnosti vitamina C, ki znaša 100 mg/100 g. Ta podatek je nakazal, da se je po kuhanju oz. toplotni obdelavi zelene paprike znižala vsebnost vitamina C. V članku navajajo tudi, da je v svežem vzorcu bilo 130 mg vitamina C na 100 g (Levine M, 1999). Podatka ne moremo popolnoma upoštevati, saj je ta rezultat znan za vse paprike, na splošno. Če pa vseeno upoštevamo podatek iz članka, se je vrednost vitamina C v kuhanem vzorcu zmanjšala za 23,07 %. Naš rezultat vitamina C, pridobljenega iz kuhanega ekstrakta brokolija, znaša 43,15 mg/100 g, kar pomeni, da je naša vrednost za 56,85 % manjša.

Iz preglednice 17 je vidno, koliko  $KIO_3$  smo porabili pri jodometrični titraciji toplotno obdelanega vzorca ekstrakta brokolija. Menimo, da so razlike pri porabi  $KIO_3$  med kuhanimi ekstrakti vzorca zelene paprike in brokolija zagotovo nastale zaradi različne zrelosti, vsebnosti vode, svežine in časa skladiščenja zelenjave.

Preglednica 17: Poraba  $KIO_3$  (v ml) pri jodometrični titraciji kuhanega vzorca brokolija

	<b>1. paralelka</b>			<b>2. paralelka</b>			<b>3. paralelka</b>		
<b>Kuhan vzorec</b>	1. vzorec	2. vzorec	3. vzorec	1. vzorec	2. vzorec	3. vzorec	1. vzorec	2. vzorec	3. vzorec
<b>Volumen <math>KIO_3</math> (ml)</b>	8,9	8,9	9	8,5	8,4	8,4	8,1	8,2	8,1



Slika 9: Količina vitamina C v vseh vzorcih brokolija

Slika 9 prikazuje količino vitamina C v vzorcih svežega in kuhanega ekstrakta brokolija. Vrednost vitamina C v svežem vzorcu je povprečno znašala 15,28 mg/100 g, po toplotni obdelavi pa se je vrednost zvišala na povprečno vrednost 24,92 mg/100 g. Vsebnost vitamina C se je v kuhanem vzorcu zvišala za 63 % v primerjavi z svežim.

Povprečne koncentracije vitamina C iz toplotno obdelanih vzorcev ekstrakta brokolija so zbrane v preglednici 18.

Preglednica 18: Rezultati izračuna vitamina C pri kuhanem vzorcu brokolija

	1. poskus	2. poskus	3. poskus
<b>Vitamin C (mg/100 g)</b>	22,63	17,80	34,34
<b>Povprečje (mg/100 g)</b>	24,92		

Poskus toplotne obdelave ekstraktov obeh živil nam dokazuje, da se vsebnost vitamina C zviša po toplotni obdelavi, glede na izbrano literaturo (preglednica 19). Predvidevamo, da je ena izmed možnosti višjih vrednosti po toplotni obdelavi to, da je bilo deset minut kuhanja premalo, da bi se odstotek oz. vsebnost vitamina C znižala. Lahko pa je vzrok tudi v kuhanju ekstrakta in ne svežega vzorca zelenjave.

Preglednica 19: Primerjava podatka iz literature in naše raziskave pri kuhanem vzorcu brokolija

Vitamin C mg/100 g	Vir
90	Prehrana.si, 2016
60	Levine M., 1999
37	Jezernik V., 2012
<b>62,3</b>	<b>Povprečje</b>

Povprečna vsebnost vitamina C kuhanega brokolija, znana iz literature, znaša 62,3 mg/100 g. Pri naši raziskavi smo izračunali povprečno vrednost 24,92 mg/100 g, kar pomeni, da naš rezultat odstopa za 60 % v primerjavi s podatkom iz literature.

Pri pregledu literature je znano, da se že po nekaj minutnem kuhanju koncentracija vitamina C zniža (Stanojević, 2010; Akhilender, 2003). Naš poskus smo zasnovali drugače, saj smo želeli določiti vsebnost v kuhanem ekstraktu in ne v ekstraktu kuhanega vzorca, kar je seveda lahko vzrok obratnega trenda. Kuhali smo ekstrahiran vzorec, v katerem je že bila prisotna 2 % MFK. V tem primeru smo želeli samo preveriti, ali se odstotek zniža tudi pri ekstrahiranem vzorcu.

V naši raziskavi smo pri poskusih kuhanega ekstrakta zelene paprike in brokolija izmerili višje vsebnosti vitamina C, kot so bile znane v literaturi. Vsebnost je bila odvisna od zrelosti paprike in brokolija in seveda tudi od metode, s katero smo koncentracijo določali. Na vsebnost so lahko vplivali tudi drugi dejavniki, kot recimo nepravilno skladiščenje, temperatura in svetloba, kar pa povzroči spremembe v sadežu. V članku navajajo, da se lahko pri skladiščenju zelenjave v hladilniku na 4 °C vsebnost vitamina C ohrani, medtem ko na temperaturi 20 °C lahko vsebnost pade tudi do 44 % (Favell, 1998). Iz literature je znano tudi, da barva in vsebnost klorofila vplivata na vsebnost vitamina C (Giroud in sod., 1934). Predvidevamo, da če bi zelenjavo dali predhodno kuhati pred vnosom 2 % MFK in nato eksperimentirali s takšnim vzorcem, bi gotovo prišli do drugačnih rezultatov.

Bolj natančni bi bili seveda podatki, izmerjeni z bolj specifičnimi kromatografskimi metodami. Če bi hoteli naše podatke z gotovostjo potrditi, bi morali tudi mi vitamin C iz brokolija in paprike pridobiti na tak način. Na podlagi pridobljenih rezultatov sklepamo, da je za osnovno, preliminarno analizo vitamina C v zeleni papriki in brokoliju metoda primerna, za bolj natančne rezultate pa bi morali to metodo bolj optimizirati ali uporabiti drugo, bolj specifično metodo, na primer HPLC.



## 6. SKLEP

V diplomskem delu smo raziskali vsebnost vitamina C v dveh zelenih superživilih – zeleni papriki in brokoliju. Naš cilj je bil, da s pomočjo jodometrične titracije določimo vsebnost vitamina C. Uporabili smo enostavno metodo in želeli preveriti njeno uporabnost. Dobljene rezultate smo primerjali z vrednostmi vitamina C iz literature. Ocenili smo učinkovitost metode glede na pričakovane rezultate iz literature in na podlagi izvedbe metode. Analizirali smo ustreznost posameznih korakov postopka, ki so se med delom izkazali za potencialno manj učinkovite in bi jih lahko v prihodnje še nadgradili.

Pri analizah smo uporabili plodove zelene paprike ter brokolija, ki smo jih zmleli s paličnim mešalnikom in s tem pospešili izločanje vitamina C s pomočjo ekstrakcijske raztopine 2 % metafosforne kisline. V vzorcih smo določili vsebnost vitamina C, najprej v svežem vzorcu, nato v kuhanem ekstraktu vzorca - na približno 100 °C v desetih minutah. S to analizo smo želeli preveriti, v kolikšni meri toplotna obdelava ekstrakta vpliva na vsebnost vitamina C. V našem primeru je analiza pokazala na višjo vrednost vitamina C v toplotno obdelanem ekstraktu.

Na osnovi opravljenega dela in pridobljenih rezultatov lahko povzamemo naslednje sklepe:

V raziskavi smo določili najvišjo vrednost vitamina C v svežem in kuhanem vzorcu zelene paprike.

Vsebnost vitamina C v svežem vzorcu zelene paprike znaša 36,10 mg/100 g. Vsebnost vitamina C v kuhanem ekstrahiranem vzorcu zelene paprike znaša 43,15 mg/100 g.

Vsebnost vitamina C v svežem vzorcu brokolija znaša 15,28 mg/100 g. Vsebnost vitamina C v kuhanem ekstrahiranem vzorcu brokolija znaša 24,92 mg/100 g.

Rezultati naše raziskave so nižji od pričakovanih in se s podatki iz literature ne ujemajo. Pri vzorcu sveže zelene paprike je naš rezultat kar za 70,16 % nižji, prav tako tudi pri kuhanem ekstrahiranem vzorcu, ki odstopa za 56,85 %.

Pri vzorcu svežega brokolija je naš rezultat za 83,48 % nižji in je odstopal od rezultata znanega iz literature, pri kuhanem ekstrahiranem vzorcu pa je rezultat odstopal kar za 60 %.

Zelo zanimiv in nepričakovan je bil rezultat poskusov s toplotno obdelanim ekstraktom, saj smo v obeh živilih izmerili višjo vsebnost vitamina C v kuhanih vzorcih v primerjavi s svežimi.

Pred pisanjem naše diplomske naloge sem si postavila naslednji hipotezi:

**Hipoteza 1:** Z jodometrično titracijo lahko potrdimo, da zelena paprika vsebuje več vitamina C kot brokoli.

Na podlagi naših rezultatov lahko hipotezo potrdimo. Naši rezultati so hipotezo potrdili tako za sveže vzorce kot tudi za kuhan ekstrakt vzorcev. Vsebnost vitamina C je bila v papriki vsaj dvakrat višja kot v brokoliju. Naši rezultati so bili še vedno precej nižji, kot je to znano v literaturi, zato je v prihodnosti smiselno razmisliti o še dodatni optimizaciji metode.

**Hipoteza 2:** Jodometrična titracija je primerna kvantitativna metoda za določevanje vsebnosti vitamina C v izbranih zelenih superživilih.

Na podlagi primerjav eksperimentalnih rezultatov z literaturo smo ugotovili, da lahko drugo hipotezo potrdimo delno. Vsebnost vitamina C lahko določimo z jodometrično titracijo, a so vsebnosti vitamina C nižje kot v literaturi. Jodometrična metoda ni tako specifična v primerjavi z drugimi metodami določevanja vitamina C, vendar pa je jodometrična titracija sama po sebi zelo enostavna in hitra. Rezultati so pokazali, da je postopek res enostaven, a je vseeno potreben dodatne optimizacije; najverjetneje za vsako živilo posebej, saj se lastnosti živil med seboj razlikujejo. Tudi pri naši izbrani zelenjavi, kar smo opazili med samim delom.

Na podlagi naših končnih rezultatov naloge menim, da je naš eksperimentalni del uspel, ne glede na to, da smo dobili nižje rezultate. Dobili smo vpogled, kaj bi lahko v prihodnosti še naredili oz. spremenili. Pri sami pripravi vzorca bi lahko uporabili drugačno razmerje med 2 % metafosforno kislino ter svežim vzorcem. Pri homogenizaciji bi uporabili bolj specifične metode oz. naprave, npr. ultrazvok ali pa industrijski homogenizator. Glede na to, da pri jodometrični titraciji določamo samo vitamin C, imamo možnost, da bi lahko uporabili tudi kakšno drugo vrsto metode za določevanje vitamina C, od različnih titracij do kromatografskih ali spektrofotometričnih metod.

## 7. POVZETEK

Dandanes je najpomembnejša lastnost človekovega življenja postalo zdravje. Ljudje čedalje bolj posvečamo pozornost antioksidativnim snovem – tudi vitaminu C. Vitamin C je eden izmed najbolj raziskanih in uporabljenih vitaminov. Pomembno se je zavedati njegovih pozitivnih učinkov na naše telo in zdravje. Ima vlogo pri tvorbi veznega tkiva, prav tako prispeva k vzdrževanju kolagena, prispeva in izboljšuje delovanje imunskega in živčnega sistema. Varuje in ščiti celice, pred oksidativnim stresom.

V diplomski nalogi smo se osredotočili na vitamin C v zelenih superživilih. V teoretičnem delu smo predstavili vitamin C, opisali njegovo sestavo, delovanje in vlogo za naše telo. Opisali smo superživila, s poudarkom na zelenih superživilih, ter predstavili živila, ki vsebujejo vitamin C. Posebej smo opisali zeleno papriko in brokoli. V praktičnem delu diplomske naloge smo z metodo jodometrične titracije določili koncentracijo vitamina C, ki smo jo izvedli na Visoki šoli za varstvo okolja. Določili smo vsebnosti vitamina C v svežih živilih, nato v kuhanih ekstraktih, na koncu pa smo pridobljene rezultate primerjali s podatki iz literature.

Za analizo je bilo potrebno izbrano zelenjavo homogenizirati in ekstrahirati vitamin C. Pri eksperimentalnem delu, smo prišli do naslednjih rezultatov: svež vzorec zelene paprike je vseboval 36,10 mg vitamina C na 100 g, svež vzorec brokolija pa je vseboval 15,28 mg vitamina C na 100 g. Glede na našo raziskavo, so bile vsebnosti vitamina C nižje v primerjavi s podatki iz literature. Pri vzorcu zelene paprike je rezultat odstopal od podatkov iz literature pri svežem vzorcu za kar 70,16 %, medtem ko pri brokoliju za 83,48 %.

Pri kuhanem ekstraktu vzorca se je vsebnost vitamina C zvišala. Potrebno je izpostaviti, da smo kuhali že ekstrahiran vzorec, ki je vseboval 2 % MFK. Toplotno obdelan ekstrahiran vzorec zelene paprike je vseboval 43,15 mg vitamina C na 100 g, medtem ko je ekstrahiran vzorec brokolija vseboval 24,92 mg/100 g vitamina C. Pri kuhanem vzorcu zelene paprike, je rezultat odstopal kar 56,85 % od podatkov iz literature, pri brokoliju pa za kar 60 %. V našem primeru menimo, da se je trend spremenil in v tem primeru zvišal, ravno zaradi tega, ker smo kuhali ekstrakt, ki je vseboval že 2 % MFK.

Na koncu našega eksperimentalnega dela smo naše podatke primerjali s podatki iz literature. V našem primeru smo opazili odstopanja vsebnosti vitamina C, ki so lahko bila odvisna od pogojev predelave, svežine in zrelosti ploda, skladiščenja ter transporta.

Menimo, da je vsebnost vitamina C, odvisna tudi od izbrane metode določevanja. Ugotovili, smo da je jodometrična titracija zelo enostavna in hitra metoda, ki pa bi jo morali v nadaljevanju še optimizirati, skupaj s postopkom ekstrakcije za bolj zanesljivo oceno vsebnosti vitamina C v vzorcih.

Vsebnost vitamina C v živilih se mi zdi pomemben podatek, saj ima vitamin C veliko pozitivnih učinkov na naše telo in je eden izmed pomembnejših in bistvenih vitaminov za naše zdravje. Sveža zelenjava in sadje ali pa tudi prehranski dodatki izpolnjujejo naše potrebe v telesu. Stres, kajenje, alkohol izčrpajo zaloge askorbinske kisline, zato moramo paziti, da zaužijemo dovolj vitaminov in mineralov. Dobro se mi zdi, da poznamo tudi živila z visoko vrednostjo vitamina C, saj lahko z majhno količino zadovoljimo potrebe po vitaminih in tako poskrbimo, da ostanemo zdravi.

## 8. SUMMARY

In recent times, health has become the most important characteristic of our lives. More and more attention is being paid to antioxidants, including vitamin C. It is one of the most well-researched and used vitamins. It is important to be aware of its positive effects on the body and health. It plays a role in the development of connective tissue and contributes to collagen maintenance and the working of the immune and nervous systems. It protects the cells from oxidative stress.

In this dissertation, we focused on vitamin C in green superfoods. In the theoretical part, we presented the vitamin C and described its structure, function and role. We described superfoods with a focus on green superfoods and presented foods high in vitamin C. In the practical part, we used iodometric titration to determine vitamin C concentrations. This was done at the Environmental Protection College. We determined vitamin C concentrations in fresh produce, followed by cooked extracts, and compared the obtained data to those from the literature.

For analysis, the chosen vegetable first had to be homogenised and vitamin C extracted. In the experimental part we obtained the following data: a fresh sample of green bell peppers contained 36,10 mg of vitamin C per 100 g, and a fresh sample of broccoli 15,28 mg/100g. According to our study, vitamin C levels showed lower results compared to data from the literature: in green bell peppers, the vitamin C concentration was lower by 70,16 % and in broccoli by 83,48 %.

In the cooked extract, the content of vitamin C rose. It is important to note that we cooked the already extracted sample, which contained 2 % metaphosphoric acid (MFK). The heat-treated extracted green bell pepper sample contained 43,15 mg of vitamin C per 100 g, while the similarly treated broccoli sample contained 24,92 mg/100g of vitamin C. In the cooked green bell pepper sample the result diverged from the literature by 56,85 % and in broccoli by 60 %. In our case, we believe the result was higher due to the cooked extract already containing 2 % MFK.

At the end of the experimental part, our data were compared to those from the literature. In our case, we observed deviations in the content of vitamin C, which may have depended on the conditions of processing, freshness and maturity of the fruit, storage and transport.

We believe that the vitamin C content is also dependent of the measurement method. We found that iodometric titration is a simple and rapid method, which should be further optimized, together with the extraction process, for a more reliable assessment of the vitamin C content in the samples.

The content of vitamin C in food seems to me an important fact, as vitamin C has many positive effects on our body and is one of the most important and essential vitamins for our health. Fresh vegetables and fruits or even nutritional supplements meet our needs. Stress, smoking and alcohol deplete vitamin C stores, so we must be careful to consume enough vitamins and minerals. It seems good to me that we also know foods high in vitamin C as small amounts are enough to satisfy our need for vitamins and thus ensure that we stay healthy.

## 9. VIRI IN LITERATURA

- Akhilender, N. K. (2003). Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutrition Journal* 2, 7. Medmrežje: <https://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2891-2-7> (15. 3. 2021)
- Arnarson, A. (2019). Healthline. Bell Peppers 101: Nutrition Facts and Health Benefits. Medmrežje: <https://www.healthline.com/nutrition/foods/bell-peppers#bottom-line> (17. 3. 2021).
- Arya, S. P., Mahajan, M., Jain, P. (1998). Photometric methods for the determination of vitamin C. *Analytical Sciences* 14: 889–895.
- Cerar, A., Vrankar, T. (2016). Določanje C-vitamina v rastlinskih plodovih in vpliv toplotne obdelave. Biotehnični center Naklo.
- Cilenšek, M., Polutnik, E. (2013). Vitamin C – kralj med vitamini. Osnovna šola Frana Roša Celje. Mladi za Celje.
- Dashwood R. H., Ph.D. (2009). Oregon State University. Medmrežje: <https://pi.oregonstate.edu/mic/dietary-factors/phytochemicals/chlorophyll-chlorophyllin#authors-reviewers> (28. 5. 2021).
- European Food Safety Authority. (2013). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin C. Medmrežje: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3418> (12. 1. 2021).
- Favell, D. J. (1998). A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. *Food Chemistry*, 62, 1: 59–64.
- Food Data Central (2019). Search. Medmrežje: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170427/nutrients>; <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/747447/nutrients> (15. 12. 2020).
- Giroud, A. in sod., (1934). Parallelism between vitamin C and chlorophyll. *Compte rendu des seances de la Societe de biologie*. 117: 612-614.
- Helmenstine, A. M. (2008). Vitamin C Determination by iodine titration. Medmrežje: <https://www.thoughtco.com/vitamin-c-determination-by-iodine-titration-606322> (28. 9. 2020).
- Hill, A. (2018). 16 Superfoods That Are Worthy of the Title. Medmrežje: <https://www.healthline.com/nutrition/true-superfoods> (21. 7. 2021).
- Gorenjak, H., A. (2010). Živilska kemija z analizo živil in analiza živil. Zavod IRC. Ljubljana.
- Hrastnik, S., Mikic, N., Pahor, Š. (2020). Vpliv nekaterih dejavnikov na obstojnost vitamina C. Osnovna šola Hudinja. Medmrežje: <https://www.knjiznica-celje.si/raziskovalne/4202004511.pdf> (18. 6. 2021).
- Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije (2013). Referenčne vrednosti za vnos vitaminov in mineralov –Tabelarična priporočila za otroke, mladostnike, odrasle in starejše. Ljubljana. Medmrežje: [https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/referencne\\_vrednosti\\_za\\_vnos.pdf](https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/referencne_vrednosti_za_vnos.pdf) (26. 4. 2021).

Kennedy, J. F., Rivera, Z., Lloyd, L. L., Warner, F. P., Jumel, K. (1992). L-Ascorbic acid stability in aseptically processed orange juice in Tetra Brik cartons and the effect of oxygen. *Food Chemistry*, 45: 327–331.

Leitgeb, M., Primožič M., Banič, J., Gorenjak, S., Grušovnik, P., Kristan Š. V., Kuronja B., Pridigar K., Stardovnik U., Štukovnik Z. (2018). Zdrava prehrana kot osnova za zdrav življenjski slog mladostnikov. Univerza v Mariboru. Medmrežje: [https://www.fkkt.um.si/sites/default/files/Zdrava-prehrana-bro%C5%A1ura\\_26092018.pdf](https://www.fkkt.um.si/sites/default/files/Zdrava-prehrana-bro%C5%A1ura_26092018.pdf) (8. 5. 2021).

López-Pastor, Martínez-Sánchez, Aznar-Poveda, García-Sánchez, García-Haro, & Aguayo. (2020). Quick and Cost-Effective Estimation of Vitamin C in Multifruit Juices using Voltammetric Methods. *Sensors*, 20(3), 676

Medical News Today. (2020). The health benefits of broccoli. Medmrežje: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/266765#Dietary-tips> (2. 12. 2020).

Muminović, B., Malešič, I. (2017). Nevarnosti in ugotavljanje hipervitaminoz askorbinske kisline in vitamina D. Maribor.

Open learning content management system - OLCMS. (2020). Določanje količine vitamina C v hrani. Inštitut Jožef Stefan. Medmrežje: [https://olcms.stem4youth.pl/content\\_item/detail/48](https://olcms.stem4youth.pl/content_item/detail/48) (21. 7. 2021).

Osvald, J., Kogoj Osvald, M. (1999). Gojenje paprike. Šempeter pri Gorici, Oswald, d. o. o.: str. 36

P. H. S. Santos & M. A. Silva (2008). Retention of Vitamin C in Drying Processes of Fruits and Vegetables—A Review, *Drying Technology*, 26:12, 1421–1437.

Pathy, K. (2018). Process for Preparation of Vitamin C and Method for Determination of Vitamin C in Tablets. Research centre, lucknow, India. J.1(3).

Prehrana.si. (2016). Medmrežje: <https://www.prehrana.si/sestavine-zivil/vitamini/vitamin-c?highlight=WyJ2aXRhbWluliwiYylsInZpdGFtaW4gYyJd> (6. 6. 2021).

Reinhard T. (2014). Superživila. Najbolj zdrava hrana na tem planetu. Ljubljana: UMco.

Reiner, M. (2006). Vpliv rezanja in kontrolirane atmosfere na vsebnost vitamina C v zelju. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehnična fakulteta, oddelek za živilstvo: 26–29. <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=133636&lang=slv> (17. 6. 2021).

Rudan-Tasič, D. (2000). Vitamin C, vitamin E in koencim Q<sub>10</sub>. Antioksidanti v živilstvu, 20. Bitenčevi živilski dnevi, 40–41.

Smith, S. (2013). Superfoods Index: Top 50 foods to boost health and vitality. Australia, Jane Curry Publishing.

Smrdu, A., Zmazek, B., Vrtačnik, M., Glažar, S., Godec, A., Ferk Savec, V. (2014). I-učbenik za kemijo v 1. letniku gimnazije. Zavod za šolstvo, Ljubljana.

Spinola, V., Llorent-Martinez E. J., Castilho, P. C. (2014). Determination of vitamin C in foods: Current state of method validation. *Journal of Chromatography A*, 1369, 2–17.

Stanojević, S. M. (2010). Prehrana in zdravje. Zavod IRC, Ljubljana. Medmrežje: [http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti dokumenti/Prehrana in zdravje-Suwa Stanojevic.pdf](http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Prehrana_in_zdravje-Suwa_Stanojevic.pdf) (25. 5. 2021).

Vertnik, L., Korošec, Ž. (2011–2014). Inštitut za nutricionistiko. Medmrežje: <https://www.nutris.org/prehrana/abc-prehrane/vitamini/103-vitamin-c.html> (9. 2. 2021).

Wolfe, D. (2009). Superfoods: the food and medicine of the future. California, North Atlantic Books.