

Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Sveučilišni preddiplomski studij kemije

Martina Andrijević

**Usporedba sadržaja vitamina C u svježem, kuhanom i  
zamrznutom voću i povrću**

**Comparison of the vitamin C content in fresh, cooked and  
frozen fruits and vegetables**

Završni rad

Mentor: doc. dr. sc. Mirela Samardžić

Osijek, 2017.

## **Sažetak**

### **Usporedba sadržaja vitamina C u svježem, kuhanom i zamrznutom voću i povrću**

Vitamin C je prirodni organski spoj, vitamin topljiv u vodi, a nalazi se uglavnom u voću i povrću. Potreban je organizmu za sintezu kolagena i karnitina, u metabolizmu masnih kiselina, jaki je antioksidans, a kako ga ne možemo sami proizvesti moramo ga unositi hranom. Najčešći unos vitamina C je preko hrane, a kod manjka (hipovitaminoze) može se unositi u obliku šumećih tableta, praha ili soka kao dodatka prehrani. Izraziti manjak vitamina C dovodi do bolesti koja se zove skorbut. Vitamin C poznat je i po svom učinku na imunološki sustav te se zbog toga preporučuje konzumacija voća i povrća bogatog vitaminom C kod različitih bolesti (gripa, prehlada i dr.).

Najviše vitamina C prisutno je u svježem voću i povrću, a obrada hrane utječe na njegovu količinu u namirnici zbog toga što je topljiv u vodi pa se ispire te je osjetljiv na svjetlost, oksidira na zraku, nestabilan je pa se gubi skladištenjem, kuhanjem ili zamrzavanjem.

U ovom radu određene su količine vitamina C u svježem, kuhanom i zamrznutom voću i povrću te su uspoređene dobivene vrijednosti kako bi se utvrdio najbolji način za konzumiranje namirnica bogatih vitaminom C.

**KLJUČNE RIJEČI:** vitamin C, kuhanje, zamrzavanje, titracija jodom

## **Abstract**

### **Comparison of the vitamin C content in fresh, cooked and frozen fruits and vegetables**

Vitamin C is a natural organic compound. It is a water-soluble vitamin which can be found in fruits and vegetables. The human body uses vitamin C for the synthesis of collagen and carnitine, in fatty acid synthesis and it is also a very strong antioxidant. Humans cannot produce it, so it must be consumed. Eating fruits and vegetables usually provides enough vitamin C, but in the case of vitamin C deficiency (hypovitaminosis) it can be consumed in the form of effervescent tablets, powder or juice as a dietary supplement. Vitamin C deficiency leads to scurvy disease. Benefits of this vitamin include protection against immune system deficiencies and it is recommended to eat fruits and vegetables with this vitamin during the flu and similar diseases.

Fresh fruits and vegetables contain the biggest amount of vitamin C. Food processing has an effect on this because vitamin C is water-soluble, light-sensitive, and easy to oxidize and it is lost when stored, cooked, or frozen.

In this paper, amounts of vitamin C are determined in fresh, cooked, and frozen fruits and vegetables. Obtained values are compared in order to determine the best way for consuming groceries with vitamin C.

**KEYWORDS:** vitamin C, cooking, freeze, iodine titration

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Literaturni pregled .....	2
2.1. Vitamini .....	2
2.2. Vitamin C .....	2
2.3. Fizikalna i kemijska svojstva .....	3
2.4. Izvori vitamina C .....	4
2.5. Funkcije vitamina C u organizmu .....	5
2.6. Nedostatak vitamina C .....	6
2.7. Skorbut .....	7
2.8. Utjecaj obrade hrane na vitamin C .....	7
2.9. Određivanje vitamina C .....	8
3. Eksperimentalni dio .....	11
3.1. Korištene kemikalije .....	11
3.2. Aparatura .....	11
3.3. Priprema otopina .....	11
3.4. Postupak .....	12
4. Rezultati i rasprava .....	14
4.1. Obrada podataka .....	14
4.2. Prikaz rezultata .....	14
4.3. Kuhanje .....	17
4.4. Zamrzavanje .....	18
5. Zaključak .....	20
6. Popis literature .....	21

# 1. Uvod

Vitamin C je mikronutrijent potreban za normalno funkcioniranje metabolizma jer pomaže pri radu nekoliko važnih enzima u različitim metaboličkim putevima, također, poznat je i njegov blagotvorni učinak kod gripe i prehlade. Ovaj vitamin čovjekov organizam ne može sam proizvesti stoga je potrebno konzumirati namirnice bogate ovim vitaminom kako bi se zadovoljile potrebe organizma. Namirnice koje su najbogatije vitaminom C su voće i povrće: agrumi (limun, naranča, mandarina, grejp), jagode, maline, a od povrća mrkva, cvjetača i dr.

Unos manjih količina vitamina C od potrebnog može dovesti do razvoja bolesti koja se zove skorbut, a to je poremećaj u sintezi kolagena zbog čega se javlja krvarenje desni te krvarenje na koži, a dolazi i do ispadanja zubi.

Obrada hrane u kojoj je prisutan vitamin C ima znatan utjecaj na njegov sadržaj zbog toga što je topiv u vodi pa se prilikom ispiranja voća i povrća te kuhanja otpušta u vodu, osjetljiv je na svjetlost te se zbog toga gubi duljim skladištenjem, a podložan je i oksidaciji.

Vitamin C u namirnicama može se odrediti titracijom s otopinom joda, uz škrob kao indikator. Analit za titraciju se priprema iz odvagane količine voća ili povrća koje se usitnjava uz dodani mali volumen deionizirane vode a krupni se ostatci odvajaju. Otopina joda priprema se uz dodatak jodidne soli kalijevog jodida tako da je u otopini zapravo prisutan trijodidni ion koji oksidira vitamin C do dehidroaskorbinske kiseline i stvara plavo obojenje sa škrobom kada je sav prisutan vitamin C utrošen, tj. oksidiran.

Cilj ovoga rada bio je odrediti sadržaj vitamina C u voću i povrću i usporediti dobivene vrijednosti u istim količinama svježe, kuhane i zamrznute namirnice te pokazati da termička obrada (kuhanje i zamrzavanje) utječe na količine vitamina C sadržane u tim namirnicama.

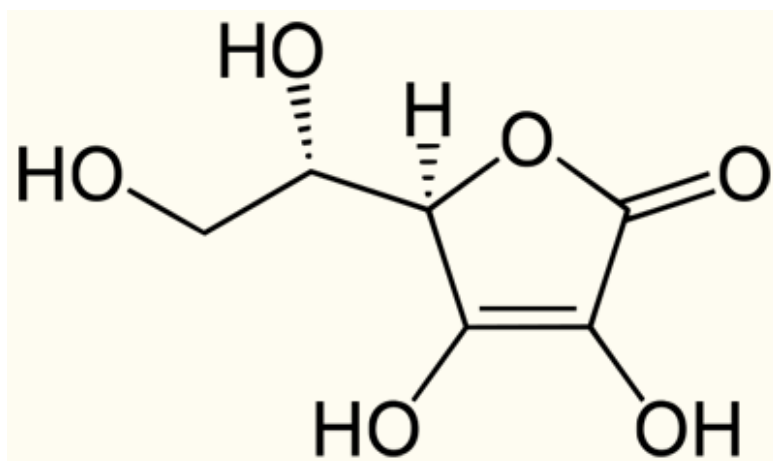
## 2. Literaturni pregled

### 2.1. Vitamini

Vitamini su organski spojevi potrebni u malim količinama za normalno funkcioniranje stanica. Organizam ne može sam sintetizirati ove spojeve pa ih moramo unositi hranom. Vitamini se od drugih hranjivih tvari razlikuju po tome što nemaju strukturnu ulogu, niti daju energiju u metaboličkim procesima. Oni sudjeluju u reakcijama metabolizma kao koenzimi te sudjeluju u nekim reakcijama kao što su stvaranje kolagena, koagulacija krvi, diferencijacija stanica i dr. Svaki vitamin ima različitu biokemijsku funkciju i sudjeluje u brojnim biokemijskim reakcijama, a nedostatak pojedinog vitamina općenito uzrokuje specifično oboljenje. Vitamini su mikronutrijenti jer su dnevne potrebe organizma za vitaminima od 1 µg do 100 mg. Općenito, vitamini se mogu podijeliti u dvije skupine: vitamini topljivi u vodi i vitamini topljivi u mastima. Vitamini topljivi u mastima uključuju vitamin A, D, E i K, a vitamini topljivi u vodi su vitamin C te vitamini B kompleksa, tiamin (B<sub>1</sub>), riboflavin (B<sub>2</sub>), niacin (B<sub>3</sub>), pantotenska kiselina (B<sub>5</sub>), piridoksin (B<sub>6</sub>), folna kiselina (B<sub>9</sub>), kobalamin (B<sub>12</sub>) i biotin. Vitamini topljivi u vodi prelaze u krv, a suvišak se izlučuje putem bubrega. Vitamini topljivi u mastima u krv prelaze iz limfe, a rezerve su pohranjene u jetri i masnom tkivu. U svom prirodnom obliku vitamini se nalaze u hrani, a danas postoje u sintetičkom obliku kao tablete, kapsule ili prah [1].

### 2.2. Vitamin C

Vitamin C je naziv za L – askorbinsku kiselinu, C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>, (Slika 1.) i njezine derivate koji imaju isti biološki učinak kao ta kiselina. Pripada u skupinu vitamina topljivih u vodi. Nalazi se u brojnom voću i povrću, najviše u agrumima (limunima, narančama), kiselom kupusu i zelenoj salati. Vitamin C je jedan od najjačih antioksidansa u skupini vitamina topljivih u vodi, a djeluje u mnogim biološki važnim procesima te je kofaktor mnogih enzimskih reakcija (npr. sinteza kolagena) [1].

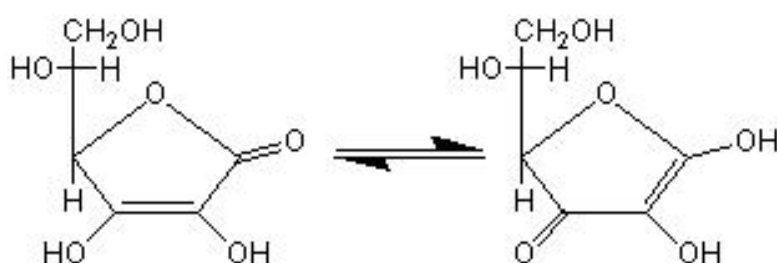


Slika 1. Struktura askorbinske kiseline.

### 2.3. Fizikalna i kemijska svojstva

Sustavno ime vitamina C, tj. askorbinske kiseline je (5R)-[(1S)-1,2-dihidroksietil]-3,4-dihidroksifuran-2(5H)-on [2].

L-askorbinska kiselina po svojoj strukturi je oksolakton. Kao i mnogi prirodni spojevi, askorbinska kiselina sadrži planarni  $\gamma$ -laktonski prsten s dva kiralna centra. Postojanje dvije enolne skupine uzrokuje da ova kiselina daje dvije vrste soli. Molekula L-askorbinske kiseline sadrži 4 hidroksilne skupine, na položajima 2, 3, 5 i 6. Hidroksilna skupina (-OH skupina) na položaju 3 je kisela ( $pK_{a,3}=4,2$ ), a na položaju 2 bazična ( $pK_{a,2}=11,6$ ). Ostale hidroksilne skupine, na položajima 5 i 6, ponašaju se kao primarni i sekundarni alkoholi. Tautomerni oblici askorbinske kiseline prelaze jedan u drugi prebacivanjem dvostruke veze između položaja 1 (=O) i 3 (-OH) (Slika 2.). Kemijska svojstva askorbinske kiseline određuju 2,3-endiolni dio prstena i hidroksilne skupine u bočnom lancu [1].



Slika 2. Tautomerni oblici askorbinske kiseline.

L-Askorbinska kiselina nestabilna je pa se raspada pod utjecajem svjetlosti i topline, a najstabilnija je pri pH 3,5-5. Lako oksidira ako se skladišti na zraku, a oksidaciji potpomažu alkalije, željezo i bakar [1].

Askorbinska kiselina je krutina bijele boje bez mirisa i kiselog okusa. Vitamin C pripada skupini vitamina topljivih u vodi, a topiv je i u alkoholu te je praktički netopljiv u kloroformu i eteru. Izuzetno je nestabilan pa zbog toga gubi svojstva skladištenjem i prokuhavanjem [1].

## 2.4. Izvori vitamina C

Vitaminom C bogate su mnoge namirnice posebice voće i povrće, a u znatno manjim količinama prisutan je i u životinjskim izvorima.

Poznato je da se najviše vitamina C nalazi u biljkama, odnosno voću i povrću. Količina vitamina C u biljci uvjetovana je vrstom biljke, stanjem zemlje, klimom, vremenom dozrijevanja, svježinom ploda (stajanjem ubrane biljke vitamin C oksidira), skladištenjem (zamrzavanje smanjuje količinu vitamina C) i metodom pripreme (kuhanjem se količina vitamina C smanjuje). Najviše vitamina C sadrže svježe voće i povrće; agrumi (naranča, limun), jagode, rajčica, malina, marelice, peršin, kupus i drugo lisnato povrće [1]. Neki izvori vitamina C prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Sadržaj vitamina C u pojedinim namirnicama [3].

NAMIRNICA	VELIČINA PORCIJE	KOLIČINA (µg)
peršin	2 žlice	10,0
jagode	1 šalica	81,7
cvjetača	1 šalica	54,9
limunov sok	0,25 šalice	28,1
naranče	1	69,7
rajčice	1 šalica	34,4
maline	1 šalica	30,8
tikvice	1 šalica	9,9

Životinje, za razliku od ljudi, mogu same sintetizirati vitamin C koji se onda skladišti u jetri, a najmanje ga ima u mišićima tako da životinjski izvori ne predstavljaju



bitan izvor vitamina C za čovjeka. Male količine vitamina C mogu se pronaći i u ribi i majčinom mlijeku, a u pasteuriziranom kravljem mlijeku može ga se pronaći u tragovima [1].

Vitamin C se u novije vrijeme može uzimati kao dodatak prehrani u obliku tableta, praha ili kapsula. U takvim vitaminskim pripravcima L-askorbinska kiselina se nalazi u svom čistom obliku ili u obliku jedne od svojih soli, kalcijeva ili natrijeva askorbata. Kalcijev i natrijev askorbat dobri su za želudac jer nisu toliko kiseli, a djeluju kao askorbinska kiselina [1].

## 2.5. Funkcije vitamina C u organizmu

Namirnice bogate vitaminom C imaju blagotvorna djelovanja na organizam, one štite od oštećenja uzrokovanih djelovanjem slobodnih radikala (antioksidativno djelovanje), obnavljaju zalihe vitamina E, poboljšavaju apsorpciju željeza i kalcija te smanjuju opasnost od raka. Kod problema s prehladama ili infekcijama, plućima te kod slabog zacjeljivanja rana postoji veća potreba organizma za namirnicama bogatim vitaminom C [3].

Ljudi se uvelike razlikuju po potrebama za vitaminom C, na potrebu organizma za tim vitaminom utjecaj može imati i dob ili zdravstveno stanje pojedinca. Ukoliko je u organizmu prisutan višak vitamina C on će ga izlučiti. Medicinski institut odredio je 2000. godine da je najveći podnošljiv dnevni unos vitamina C 2000 mg. Tu je granicu teško dostići samo hranom pa zbog toga za vitamin C nema podataka o toksičnosti. Preporučeni dnevni unos različit je ovisno o dobnoj skupini, a količine su navedene u tablici 2 [3].

Tablica 2. Preporučene vrijednosti za unos vitamina C [3].

DOB	KOLIČINA/mg
0 – 6 mjeseci	40
7 – 12 mjeseci	50
1 – 3 godine	15
4 – 8 godina	25
9 – 13 godina	45
dječaci 14 – 18 godina	75
muškarci od 19 godina i iznad	90
djevojčice 14 – 18 godina	65

žene od 19 godina i iznad	75
trudnice do 18 godina	80
trudnice od 19 godina i iznad	85
dojilje do 18 godina	115
dojilje od 19 godina i iznad	120

Konsumacijom namirnica bogatih vitaminom C povećava se tjelesna potrošnja ovog važnog vitamina zato što one prirodno sadržavaju i druge hranjive tvari koje djeluju sinergijski s vitaminom C potičući njegovu fiziološku funkciju u tijelu i tako pridonoseći optimalnom zdravlju. Vitamin C ulazi u važnu interakciju s nekoliko ključnih hranjivih tvari u tijelu. Bitno povećava apsorpciju i metabolizam željeza čak i onog unesenog hranom. Poboljšava i apsorpciju kalcija jer se kalcijev askorbat lakše apsorbira od ostalih oblika [3].

Vitamin C je glavni vodotopljivi antioksidans u tijelu koji suzbija slobodne radikale i sprečava oštećenja u vodenom okolišu kako unutar tako i izvan stanice. Unutar stanica dugoročna posljedica prekomjernog štetnog djelovanja slobodnih radikala na DNA je rak. Osobito u onim dijelovima tijela gdje je dioba stanica izuzetno brza, kao što je slučaj s probavnim sustavom, preventiranje mutacija DNA zapravo je preventiranje nastanka raka [3].

Vitamin C pomaže kod pojave infekcija kao što su gripa i prehlada tako što omogućuje imunološkom sustavu uspješno funkcioniranje. Vitamin C ne sprječava pojavnost gripe, ali može smanjiti jačinu simptoma i njeno trajanje [3].

## **2.6. Nedostatak vitamina C**

Ako se ne unosi dovoljno vitamina C, u organizmu može doći do hipovitaminoze, tj. nedostatka vitamina C. Ukoliko vitamin C nedostaje u potpunosti u organizmu nastupa stanje kronične hipovitaminoze što se naziva avitaminoza C. Nedostatci vitamina C uzrokuju umor, slabost, gubitak tjelesne težine, slabe mijalgije i artralgijske, iritabilnost, a ako se stanje nedostatka nastavi dulje vrijeme može doći do anemije, sklonosti infekcijama, slabog zacijeljivanja rana, degeneracije mišića, pojave aterosklerotičnih plakova, krvarenja kapilara, neuroloških poremećaja (hipohondrija, histerija, depresija) te skorbuta [1].

## 2.7. Skorbut

Usljed dugotrajnog nedostatka vitamina C dolazi do stanja koje obuhvaća nemogućnost stvaranja kolagena, tj. bolesti koja se zove skorbut. Da bi kolagen mogao vršiti svoju zadaću u tijelu potreban mu je vitamin C, a bez vitamina C sintetizirani kolagen je previše nestabilan te zbog toga dolazi do promjena na kostima i u krvnim kapilarama; kosti postaju lomljive, zglobovi otiču, zubi postaju klimavi, a zubno meso je otečeno i krvari, stvaraju se smeđe mrlje na koži i dolazi do krvarenja iz sluznica. Uz navedene simptome može doći i do pojave hipokromne anemije. Oboljela osoba izgleda blijedo, osjeća se depresivno, djelomično je nepokretna i ima mrlje na koži (najviše na bedrima i nogama). Uznapredovali skorbut izaziva otvorene, gnojne rane i gubitak zubiju, a može rezultirati i smrću. Prvi simptomi skorbuta se pojavljuju mjesec dana do 6 mjeseci nakon prestanka uzimanja dovoljnih količina vitamina C [1].

## 2.8. Utjecaj obrade hrane na vitamin C

Vitamin C izuzetno je osjetljiv na djelovanje zraka, vode i temperature te se kemijski raspada pri određenim uvjetima. Oko 25% ovog vitamina iz povrća može se izgubiti blanširanjem, a isto tako i zamrzavanjem voća i povrća. Vitamin C se potpuno gubi u zamrznutoj hrani, koja je tako skladištena duže od 2 mjeseca. Zamrzivač bi trebao biti namješten na temperature od 0 °C do -10 °C da bi se smanjio gubitak vitamina C u sokovima i povrću. Zagrijavanjem konzerviranog voća i povrća sačuva se samo 1/3 ovog vitamina [3].

Vitamin C se raspada na temperaturi od 190 °C koja se dostiže prženjem hrane te se vitamin C gubi. Dužim kuhanjem, pri temperaturi od 100°C, vitamin C se ne raspada ali može mu se smanjiti količina u namirnici čak za oko 60%. Tome pridonosi i bakreno te željezno posuđe, koje katalizira raspad molekula vitamina C (potpomaže oksidaciji) [1].

Gubitak vitamina C iz voća i povrća uzrokuje i ispiranje jer se on, zbog svoje topljivosti u vodi, prilikom ispiranja i kuhanja otopi, a ta se voda poslije ne konzumira. Međutim, u nekom voću i povrću ostaje više vitamina C, sve namirnice ne gube jednake količine ovog vitamina. Da bi spriječili gubitak vitamina C potrebno je:

- jesti svježe voće i povrće,
- kuhati na pari ili u vrlo malo vode,
- krumpir kuhati bez prethodnog guljenja,

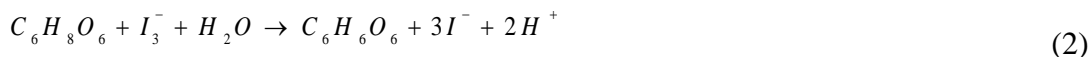
- pripremljene sokove držati u hladnjaku, ne duže od 2 do 3 dana,
- svježe voće i povrće čuvati u hladnjaku, ne skladištiti ih u vodi,
- čuvati u hladnjaku nenarezano citrusno voće, rajčice, sokove, brokulu, dinje i jagode (ili rezati na veće komade i pokriti, da bi spriječili da zrak uništi vitamin C) [1].

## 2.9. Određivanje vitamina C

Vitamin C može se odrediti korištenjem nekoliko metoda, a jedna od njih je redoks titracija otopinom  $I_2$ . Jod je element 17. skupine periodnog sustava elemenata, boja mu je sivo – ljubičasta, pri sobnoj temperaturi je u čvrstom stanju, a već pri malom povišenju temperature sublimira te je izrazito reaktivan. Jod je slabo topiv u vodi, ali mu se topivost može povećati dodatkom neke soli koja sadrži  $I^-$ , kao što je KI. Jod tada stvara kompleks sa  $I^-$  dajući  $I_3^-$  prema jednažbi (1) [4].

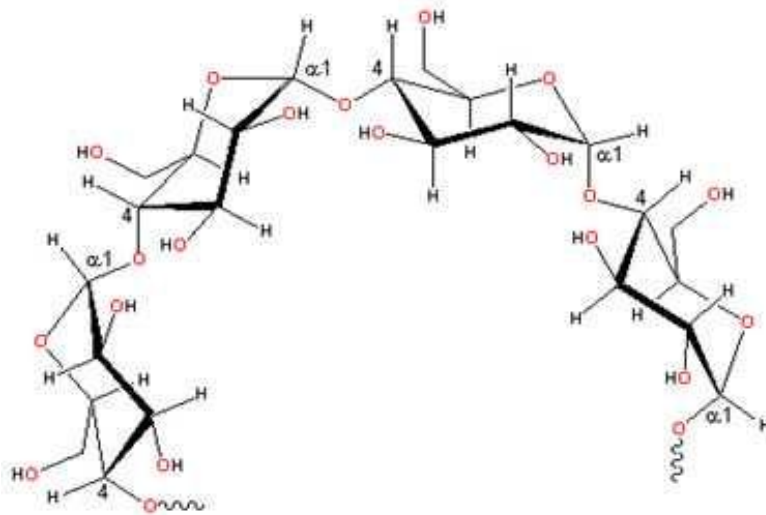


Nastali trijodid oksidira vitamin C (askorbinsku kiselinu) u dehidroaskorbinsku (akontnu) kiselinu prema (2) [4].

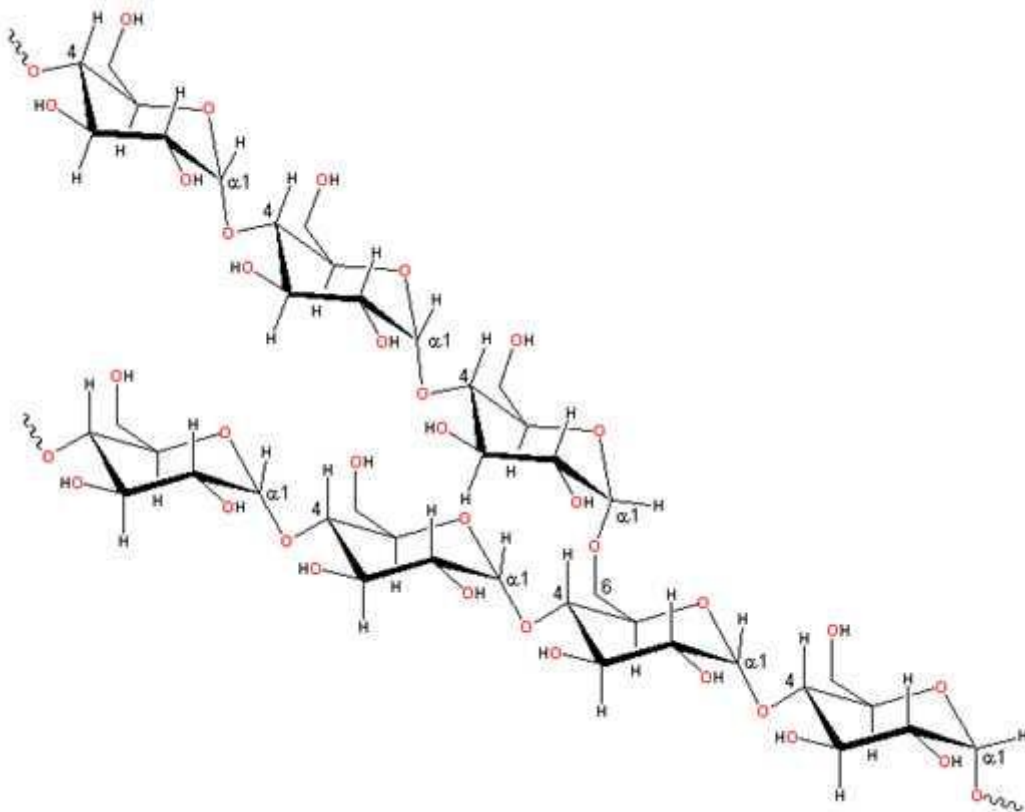


Sve dok je vitamin C prisutan u otopini trijodidni ion se prevodi u jodidni ion jako brzo, no kada se sav prisutan vitamin C oksidira do dehidroaskorbinske kiseline dodatkom titranta nastat će suvišak jodidnog iona koji će kompleksirati s prisutnim škrobom i dati plavo – ljubičasto obojenje što predstavlja završnu točku titracije [4].

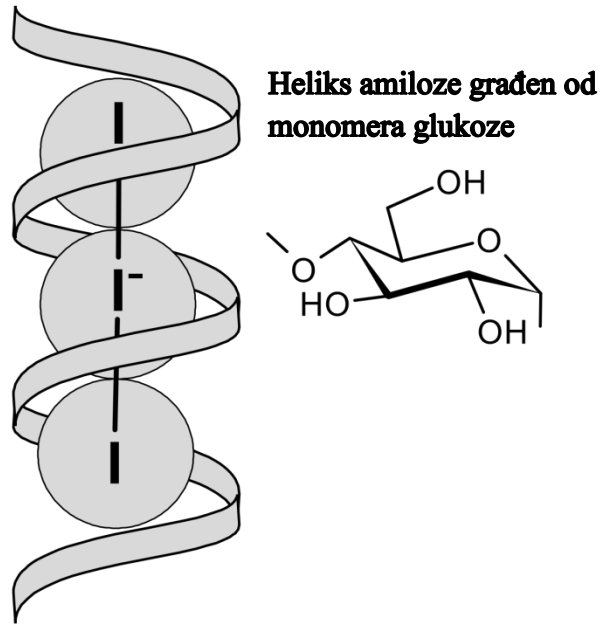
Škrob je indikator koji se koristi u redoks titracijama u kojima reagira jod jer tvori plavo – ljubičasto obojenje sa trijodidnim ionom, on nije pravi redoks indikator jer ne reagira na projenu potencijala nego na prisutnost jodata. Škrob se sastoji od polimernih lanaca amiloze i amilopektina. Amilopektin je razgranati polimer građen od monomernih jedinica  $\alpha$ - D- glukoze koje su povezane 1, 4 – i 1, 6 – glikozidnim vezama dok je amiloza onaj nerazgranati kod kojeg su prisutne samo 1, 4 – glikozidne veze (Slike 3. i 4.). Upravo je amiloza dio koji reagira na prisutnost trijodidnog iona jer se male molekule kao što je on mogu ugraditi u unutrašnjost helikoidalne zavojnice amiloze i tada nastaje plavo obojenje (Slika 5.) [5].



Slika 3. Struktura amiloze.



Slika 4. Stuktura amilopetktina.



Slika 5. Kompleks škrob trijodid.

# 3. Eksperimentalni dio

## 3.1. Korištene kemikalije

Prilikom određivanja sadržaja vitamina C u svježem, kuhanom i smrznutom voću i povrću korištene su slijedeće kemikalije:

- Kalijev jodid, min. 99,5% (BDH Prolabo, Ujedinjeno Kraljevstvo),
- Jod (BDH Prolabo, Ujedinjeno Kraljevstvo),
- Škrob, p.a. (Kemika, Republika Hrvatska),
- Askorbinska kiselina (dm, Njemačka),
- Različiti uzorci svježeg, kuhanog i smrznutog voća i povrća (limun, naranča, cvjetača, tikvica, rajčica, jagode, marelice, mrkva, malina i peršin) kupljeni na lokalnoj tržnici.

## 3.2. Aparatura

Za usitnjavanje uzoraka voća i povrća korišten je kuhinjski mikser, lijevak s gazom za odvajanje krupnih ostataka, odmjerne tikvice od 100 mL, te posude za uzorke od 100 mL u kojima su uzorci zamrzavani. Voće i povrće kuhano je u laboratorijskoj čaši na električnom kuhalu po 15 min.

Za titracije su korištene bireta od 50 mL, tri Erlenmayerove tikvice od 250 mL te pipeta od 25 mL s propipetom. Također, korištena je i odmjerna tikvica od 25 mL za indikator škrob, male laboratorijske čaše te odmjerne tikvice od 500 mL (za titrant) i 250 mL (za standardnu otopinu askorbinske kiseline).

## 3.3. Priprema otopina

*Priprema otopine  $I_2$ ,  $c(I_2)=0,025 \text{ mol/L}$*

Za pripremu otopine  $I_2$  odvagano je 4,99991 g kalijevog jodida i 3,17230 g joda. Kalijev jodid je krutina bijele boje i lako se otapa u vodi. Jod je pri sobnoj temperaturi u obliku zrnaca sive boje i lako sublimira te ga je zbog toga potrebno brzo vagati u posudici za vaganje. Izvagani kalijev jodid kvantitativno je prenesen u odmjernu tikvicu od 500 mL u kojoj se već nalazilo 15 mL deionizirane vode te je u potpunosti otopljen. Zatim je u dobivenu otopinu dodan odvagani jod, a sadržaj tikvice je snažno mućkan kako bi se sav

jod otopio. Nakon što se sav jod otopio tikvica je dopunjena deioniziranom vodom do oznake. Tako pripremljena otopina čuva se na tamnom i hladnom mjestu jer je nestabilna.

#### *Priprema standardne otopine askorbinske kiseline, 1% - tna (1 mg/mL)*

U odmjernu tikvicu od 250 mL kvantitativno je preneseno 0,250 g odvagane askorbinske kiseline, dodano je malo deionizirane vode da se dodana askorbinska kiselina otopi, tikvica je zatim nadopunjena deioniziranom vodom do oznake. Tako pripremljena otopina koristi se za standardiziranje otopine za titraciju.

#### *Priprema otopine škroba, 1% - tna*

Za pripremu 25 mL 1% - tne otopine škroba odvagano je 0,250 g škroba. Škrob je slabo topiv pa je deionizirana voda prethodno zagrijana do vrenja. Nakon što se dodani škrob otopio tikvica je nadopunjena do oznake. Ova otopina koristi se ohlađena pri čemu je potrebno obratiti pažnju na to da je volumen ohlađene otopine manji od zagrijane pa je potrebno nadopuniti odmjernu tikvicu do oznake kada se otopina ohladi. Otopina škroba je nestabilna i zbog toga se mora koristiti svježe pripremljena.

#### *Priprema uzoraka za titraciju*

Uzorci voća i povrća za određivanje kupljeni su na tržnici, svaka je namirnica oprana i očišćena te je za analizu korišten samo dio koji se može konzumirati. Za pripremu uzorka odvagano je 100 g namirnice i usitnjeno pomoću kuhinjskog miksera uz dodatak malo deionizirane vode. Nakon što je voće/povrće dobro usitnjeno sadržaj je profiltriran pomoću gaze i lijevka u odmjernu tikvicu od 100 mL (ako je potrebno nadopuni se deioniziranom vodom do oznake) i dobro promućkan. Krupni ostaci su odbačeni. Uzorci za analizu kuhanog i zamrznutog voća/povrća pripremaju se na jednak način. Uzorak koji se zamrzava pripremljen je kako je opisano te je zamrznut u posudi za uzorke od 100 mL, a odvagane količine namirnica kuhane su na temperaturi vrenja 15 min u laboratorijskoj čaši na električnom grijaču te su onda pripremane na opisani način.

### **3.4. Postupak**

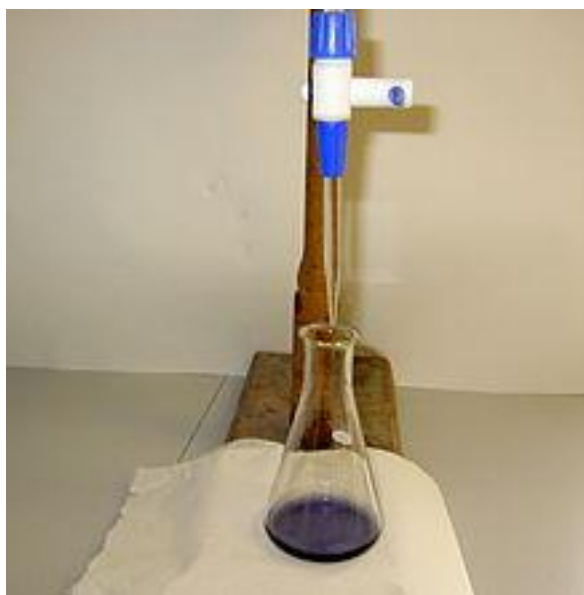
Standardizirana je otopina I<sub>2</sub> pomoću otopine askorbinske kiseline. Bireta je napunjena otopinom I<sub>2</sub> do oznake 0 te su uzeti uzorci od po 25 mL standardne otopine askorbinske kiseline i preneseni u Erlenmayerovu tikvicu pomoću pipete uz dodatak 10 kapi otopine



škroba. Nakon toga su titrirani otopinom  $I_2$  do pojave postojanog plavo – ljubičastog obojenja. Postupak je ponovljen 3 puta.

Uzorci za određivanje u svježem, kuhanom i zamrznutom voću i povrću istovremeno su pripremani iz svježe kupljenog voća/povrća. Iz 100 g uzorka voća i povrća dobiveno je 100 mL otopine za titraciju. Sadržaj vitamina C određivan je kada su se uzorci ohladili odnosno odmrznuli.

Bireta je napunjena otopinom  $I_2$  do oznake, a za titraciju su uzeta tri uzorka od 25 mL pomoću pipete te su preneseni u Erlenmayerove tikvice od 250 mL. U svaku tikvicu dodano je, pomoću kapalice, 10 kapi indikatora škroba te je titrirano do pojave plavo – ljubičastog obojenja (Slika 6.) koje je postojano i nakon 20 – ak sekundi. Rezultat je zabilježen, a titracija je ponovljena još 2 puta. Rezultati sve tri titracije slažu se uz minimalno odstupanje od 0,1 mL.



Slika 6. Titracija i plavo obojenje kompleksa škrob trijodid.

## 4. Rezultati i rasprava

### 4.1. Obrada podataka

1) Izračunata je aritmetička sredina volumena utrošenog I<sub>2</sub> za sve tri titracije za svaki uzorak.

2) Količina vitamina C u određivanim uzorcima izračunata je pomoću sljedeće jednadžbe:

Volumen otopine jodida za standardnu titraciju/0,25 g (Vitamin C) = volumen jodida za uzorak/X g (Vitamin C)

3) Dobiveni rezultati (za 25 mL) preračunati su za količine korištene u eksperimentu (100 mL, odnosno 100 g uzorka).

### 4.2. Prikaz rezultata

Pripremljeni uzorci svježeg, kuhanog i zamrznutog voća i povrća titrirani su otopinom joda, a volumeni utrošeni za te titracije prikazani su u tablici 3.

Tablica 3. Srednje vrijednosti utrošenih volumena otopine I<sub>2</sub> za titraciju uzoraka voća i povrća.

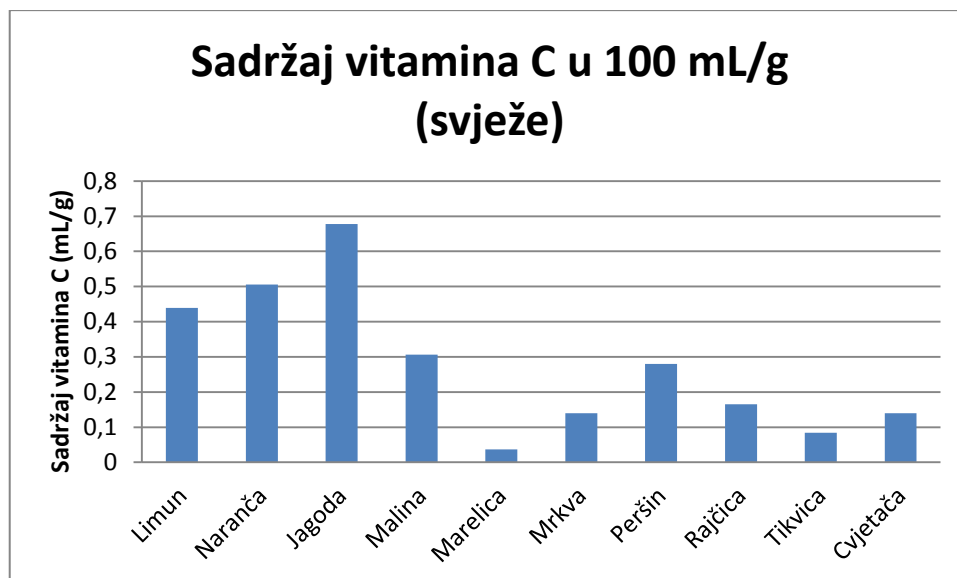
Voće ili povrće	V(I <sub>2</sub> )/mL		
	Svježe	Kuhano	Zamrznuto
Limun	2,40	2,10	2,30
Naranča	2,76	2,40	2,56
Jagoda	3,70	1,40	2,60
Malina	1,67	1,13	1,47
Marelica	0,20	0,16	0,20
Mrkva	0,76	0,50	0,50
Peršin	1,47	1,13	1,13
Rajčica	0,90	0,70	0,83
Tikvica	0,46	0,20	0,33
Cvjetača	0,76	0,40	0,60

Srednje vrijednosti volumena otopine joda utrošenih za titraciju pripremljenih uzoraka voća i povrća preračunati su u količine vitamina C u pojedinom uzorku navedenim jednadžbama. Srednja vrijednost volumena otopine joda utrošenog za titraciju standardne otopine askorbinske kiseline iznosila je 5,46 mL (za 250 g askorbinske kiseline u 250 mL vode). Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 4.

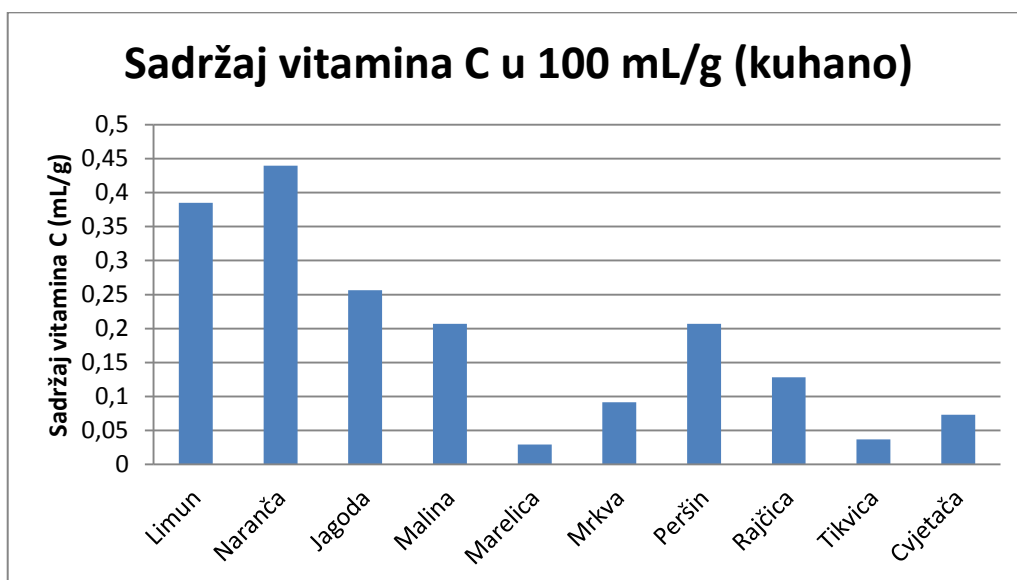
Tablica 4. Izračunati sadržaji vitamina C u analiziranom voću i povrću.

Voće ili povrće	Sadržaj vitamina C u 100 mL/g		
	Svježe	Kuhano	Zamrznuto
Limun	0,4396	0,3848	0,4212
Naranča	0,5056	0,4396	0,4688
Jagoda	0,6776	0,2564	0,4760
Malina	0,3060	0,2068	0,2692
Marelica	0,0368	0,0292	0,0368
Mrkva	0,1392	0,0916	0,0916
Peršin	0,2800	0,2068	0,2068
Rajčica	0,1648	0,1284	0,1520
Tikvica	0,0844	0,0368	0,0604
Cvjetača	0,1392	0,0732	0,1100

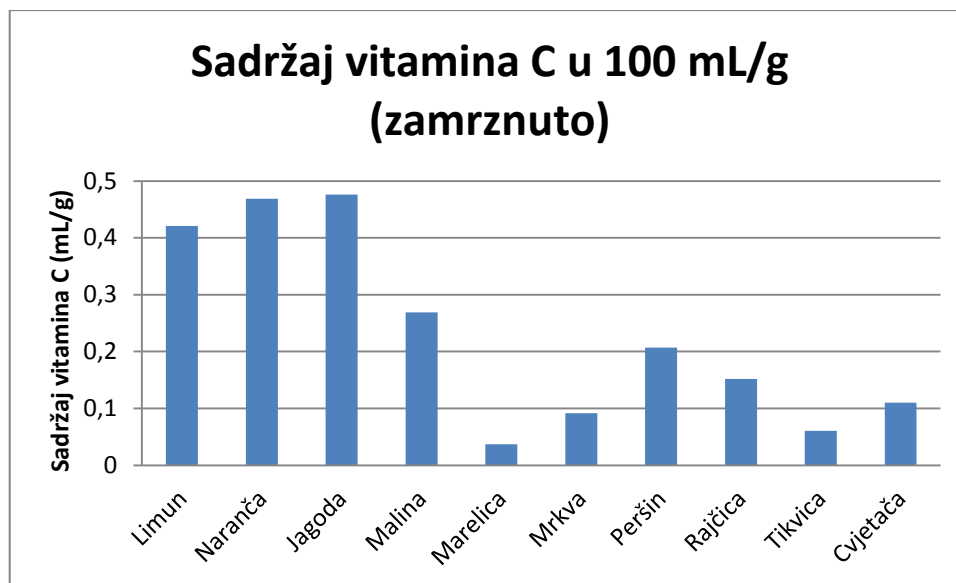
Iz tablice je vidljivo da je više vitamina C sadržano u analiziranom voću nego u povrću. Najviše ga je prisutno u jagodama, naranči i limunu, a najmanje vitamina C nalazi se u marelicama. Od povrća, najbogatiji vitaminom C je peršin. Nadalje, primjećuje se gubitak vitamina C u uzorcima kuhanog i zamrznutog voća i povrća, ali sve namirnice ne gube istu količinu vitamina C. Najviše vitamina C izgubljeno je kuhanjem jagoda, a najmanje kuhanjem marelica. Zamrzavanje manje utječe na gubitak vitamina C, a na neke namirnice uopće nije utjecalo. Sadržaj vitamina C u analiziranom voću i povrću grafički je prikazan na slikama 7., 8. i 9.



Slika 7. Sadržaj vitamina C u svježem voću i povrću.



Slika 8. Sadržaj vitamina C u kuhanom voću i povrću.



Slika 9. Sadržaj vitamina C u zamrznutom voću i povrću.

### 4.3. Kuhanje

Kuhanje, odnosno termička obrada namirnica utječe na sadržaj vitamina C tako da ga smanjuje, no ne gube sve namirnice istu količinu vitamina C. Sve namirnice obrađene u ovom radu kuhane su u jednakim uvjetima i jednakim trajanjem, a smanjenje količine vitamina C u njima je različito. U tablici 5. je prikazano koliko je vitamina C izgubljeno u pojedinoj namirnici.

Tablica 5. Količine vitamina C izgubljene kuhanjem voća i povrća.

Voće/povrće	Izgubljeni vitamin C/g	Izgubljeni vitamin C/%
Limun	0,0548	12,5
Naranča	0,0660	13,1
Jagoda	0,4212	62,2
Malina	0,0992	32,4
Marelica	0,0076	20,6
Mrkva	0,0476	34,2
Peršin	0,0732	26,1
Rajčica	0,0364	22,1
Tikvica	0,0476	56,4
Cvjetača	0,0660	47,4

Najviše vitamina C su izgubile jagode, tikvica i cvjetača, dok su najviše zadržali limun i naranča. Razlog tomu može biti što je od limuna i naranče analiziran ocjeđeni sok, dok se kod ostalih namirnica vitamin C isprao, otopio u vodi odnosno prešao iz namirnice u vodu.

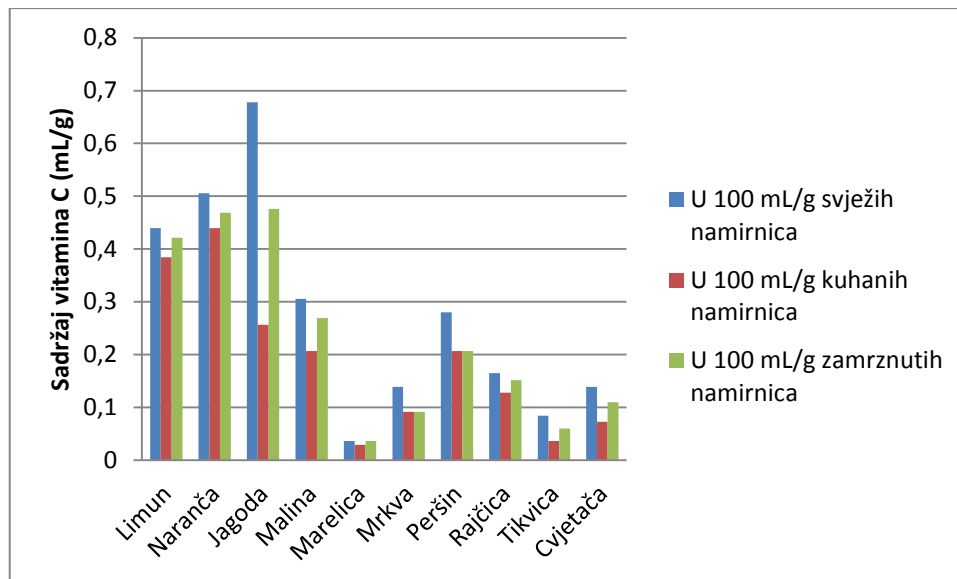
#### 4.4. Zamrzavanje

Zamrzavanje ima znatno manji utjecaj na količinu vitamina C od kuhanja, vitamin C također se gubi, ali u manjoj mjeri. U tablici je prikazano koliko je vitamina C izgubljeno u voću i povrću.

Tablica 6. Količine vitamina C izgubljene zamrzavanjem voća i povrća.

Voće/povrće	Izgubljeni vitamin C/g	Izgubljeni vitamin C/%
Limun	0,0182	4,1
Naranča	0,0368	7,3
Jagoda	0,2016	29,7
Malina	0,0368	12,1
Marelica	0,0000	0,0
Mrkva	0,0476	34,2
Peršin	0,0732	26,1
Rajčica	0,0128	7,8
Tikvica	0,0240	28,4
Cvjetača	0,0292	20,9

Najviše gubitka vitamina C zamrzavanjem primjećuje se u jagodama, mrkvi, peršinu, tikvici i cvjetači.



Slika 10. Usporedba sadržaja vitamina C u svježem, kuhanom i zamrznutom voći i povrću.

Na slici 10. prikazana je usporedba sadržaja vitamina C u svježem, kuhanom i zamrznutom voću i povrću. Iz grafa je vidljivo da se kuhanjem gubi veća količina vitamina C nego zamrzavanjem. Zamrzavanjem se vitamin C gubi podjednako kod svih analiziranih namirnica dok kod kuhanja to nije slučaj. Kod namirnica posebno bogatih vitaminom C (jagode) taj gubitak je vrlo značajan jer iznosi 62,2% kod kuhanja. Voće i povrće koje obradom i zamrzavanjem, gubi velike količine vitamina C trebalo bi konzumirati svježe, a vodu u kojoj se kuha ne bi trebalo baciti jer se u njoj nalazi otopljen vitamin C.

## 5. Zaključak

Vitamin C, odnosno askorbinska kiselina nalazi se u najvećoj mjeri u voću i povrću, a u tragovima se može pronaći i u mesu jer ga životinje same proizvode. Čovjek ovaj vitamin ne može proizvesti te ga zbog toga mora unositi hranom. Vitamin C pripada skupini vitamina topljivih u vodi pa se zbog toga lako ispire iz hrane kuhanjem. Osim toga izrazito je nestabilan i podložan oksidaciji pa prelazi u dehidroaskorbinsku kiselinu, osjetljiv je na svjetlost i gubi se stajanjem, tj. skladištenjem. Raspada se pri 190°C, a isti efekt postiže se dužim kuhanjem.

U ovom radu vitamin C je određivan titracijom s otopinom joda jer trijodidni ion oksidira askorbinsku kiselinu. Kao indikator korišten je škrob koji zbog svoje posebne strukture kompleksira s trijodidnim ionom i stvara plavo obojenje kada se on nađe u suvišku, a to znači da je sva prisutna askorbinska kiselina oksidirana u dehidroaskorbinsku kiselinu.

Rezultati pokazuju da kuhanje znatno smanjuje količinu vitamina C, u nekim namirnicama čak i preko 50%, a to su jagode, tikvice i cvjetača. Na agrume (limun i naranču) kuhanje ima manji utjecaj jer su kuhani kao ocjeđeni sok pa se vitamin nije topio u vodi, na njega je utjecala samo temperatura. U ostalim namirnicama gubitak vitamina C je iznosio oko 1/3 od ukupne količine sadržane u namirnici. Opaženo je i da tijekom kuhanja sve namirnice ne izgube istu količinu vitamina C. Razlog tomu mogao bi biti taj što namirnice imaju različite strukture i potrebna su različita vremena kuhanja.

Zamrzavanjem se također gubi dio vitamina C sadržan u namirnicama, ali manje nego što je slučaj kod kuhanja. Zamrzavanjem se stvara led unutar uzorka pa se njegovim otapanjem otopi i vitamin C. Najveći gubitak od 34,2% je u mrkvi, zatim 29,7% u jagodama, tikvici, peršinu i cvjetači. U marelici nema gubitaka, a u ostalim namirnicama količina vitamina C smanjena je za oko 10%.

Da bi se izbjegao gubitak vitamina C voće i povrće je najbolje konzumirati svježe, a ako je kuhanje neophodno onda to treba biti u manjoj količini vode ili na pari i ako je moguće trebalo bi izbjeći zamrzavanje.



## 6. Popis literature

- [1] Definicija hrane. <http://definicijahrane.hr/definicija/hranjive-tvari/vitamini/vitamin-c/izvori/>
- [2] IUPAC-IUB Joint Commission on Biochemical Nomenclature (JCBN) (1996) Nomenclature of Carbohydrates. Pure Appl. Chem. 68, 1919-2008.
- [3] G.Mateljan, Najzdravije namirnice svijeta, Planetopija, Zagreb, 2009.
- [4] ThoughtCo. <https://www.thoughtco.com/vitamin-c-determination-by-iodine-titration-606322#step3>
- [5] Knowledge Payback. <http://knowledgepayback.blogspot.hr/2012/04/iodimetric-iodometric-titrations.html>