



UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Vinko JEZERNIK

**VSEBNOST VITAMINA C
V PLODOVIH SADNIH RASTLIN**

DIPLOMSKI PROJEKT

Univerzitetni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Vinko JEZERNIK

VSEBNOST VITAMINA C V PLODOVIH SADNIH RASTLIN

DIPLOMSKI PROJEKT
Univerzitetni študij - 1. stopnja

VITAMIN C CONTENT OF DIFFERENT FRUITS

B. SC. THESIS
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2012

Diplomski projekt je zaključek Univerzitetnega študija Kmetijstvo – agronomija – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala izr. prof. dr. Roberta Veberič.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Marina PINTAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: izr. prof. dr. Robert VEBERIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Dominik VODNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Diplomski projekt je rezultat lastnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega projekta na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Vinko JEZERNIK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du1
- DK UDK 634.1:547.475.2:577.164.2(043.2)
- KG vitamin C/askorbinska kislina/dehidroaskorbinska kislina/sadje
- AV JEZERNIK, Vinko
- SA VEBERIČ, Robert (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2012
- IN VSEBNOST VITAMINA C V PLODOVIH SADNIH RASTLIN
- TD Diplomski projekt (Univerzitetni študij - 1. stopnja)
- OP IV, 18 str., 2 pregl., 7 sl., 32 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Vitamin C (askorbinska kislina in dehidroaskorbinska kislina) je vodotopni vitamin in eden najpomembnejših antioksidantov v človekovem organizmu, pri čemer ga ta ni sposoben tvoriti sam in mora njegov vnos zagotavljati s hrano. Najbolj bogat vir vitamina C v človekovi hrani sta zelenjava in sadje, pri čemer zelenjava velik del vsebnosti izgubi ob pripravi s toplotno obdelavo, medtem ko sadje človek pogosteje zaužije surovo. Tudi pridelano sadje je podvrženo padanju koncentracije vitamina C, zaradi določenih postopkov gojenja, nato pa tudi ob skladiščenju in transportu do odjemalca. Prehranska industrija je tako šele pred kratkim in ob odkritjih na področju načinov ohranjanja vitamina C svojo pozornost začela preusmerjati iz izključno kvantitete pridelka h kakovosti pridelka. Pri tem se daje poudarek vse bolj na ekološke pogoje, predvsem svetlobo in temperaturo, gnojenje, način obiranja ter pogoje skladiščenja in transporta.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Du1
- DC UDK 634.1:547.475.2:577.164.2(043.2)
- CX vitamin C/asorbic acid/dehydroascorbic acid/fruit
- AU JEZERNIK, Vinko
- AA VEBERIČ, Robert (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
- PY 2012
- TY VITAMIN C CONTENT OF DIFFERENT FRUITS
- DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)
- NO IV, 18 p., 2 tab., 7 fig., 32 ref.
- LA sl
- Al sl/en
- AB Vitamin C (ascorbic acid and dehydroascorbic acid) is a water-soluble vitamin and one of the most important antioxidants in the human body, whereby the human body is not able to produce it by itself and we have to intake it with food. The richest source of vitamin C in the human food are vegetables and fruits, whereby vegetables are losing a big part of the content by preparation, for example heat treatment, while the fruits are often consume raw. But grown fruit also is subjected to the reduction of vitamin C, at first because of certain methods of cultivation, and second because the storage and the transport to the customer. Food industry only recently and by the discoveries in the field of conservation of vitamin C began to shift its focus from pure quantitative yield to the quality of the crop. In doing so emphasis is placed increasingly on environmental conditions, especially temperature and light, fertilizing, harvesting method and conditions of storage and transport.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	II
KEY WORDS DOCUMENTATION	III
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VI
KAZALO PREGLEDNIC	VI
1 UVOD	1
2 VITAMIN C – LASTNOSTI IN SINTEZA	2
2.1 KEMIJSKA STRUKTURA VITAMINA C	2
2.2 BIOSINTEZA ASKORBINSKE KISLINE	3
2.3 STABILNOST IN PRETVORBA VITAMINA C	5
3 PREHRANSKI POMEN IN VLOGA V ORGANIZMU	6
4 VITAMIN C V ŽIVILIH	8
4.1 VITAMIN C V SADJU	8
5 VPLIV PRIDELAVE NA VSEBNOST VITAMINA C	12
5.1 TEMPERATURA	12
5.2 SVETLOBA	12
5.3 GNOJENJE	12
5.4 ZRELOST	13
5.5 OBIRANJE	13
5.6 SKLADIŠČENJE IN TRANSPORT	14
5.7 POMEN DEJAVNIKOV PRIDELAVE	14
6 SKLEP	15
7 VIRI	16

KAZALO SLIK

Slika 1: L-askorbinska kislina	2
Slika 2: Prehajanje med L-AA in L-DHA.	3
Slika 3: Biosinteza vitamina C pri rastlinah	3
Slika 4: Askorbatno-glutationska veriga	4
Slika 5: Ksantofilni cikel	5
Slika 6: Acerola	9
Slika 7: Vpliv stopnje zrelosti na vsebnost vitamina C v sadju	13

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vitamin C v sadju	10
Preglednica 2: Vitamin C v zelenjavi	11

1 UVOD

Vitamin C je vodotopen vitamin in je najpomembnejši antioksidant. Pomanjkanje vitamina C pri človeku povzroči skorbut, napako pri nastanku vezivne beljakovine kolagena in v skrajnem primeru smrt. Mnoge živali lahko vitamin C sintetizirajo same, človek pa ga mora v svoj organizem vnašati s hrano. Največ vitamina C pri tem vnese s konzumacijo zelenjave in sadja (Mackernes-Soheila in sod., 1998).

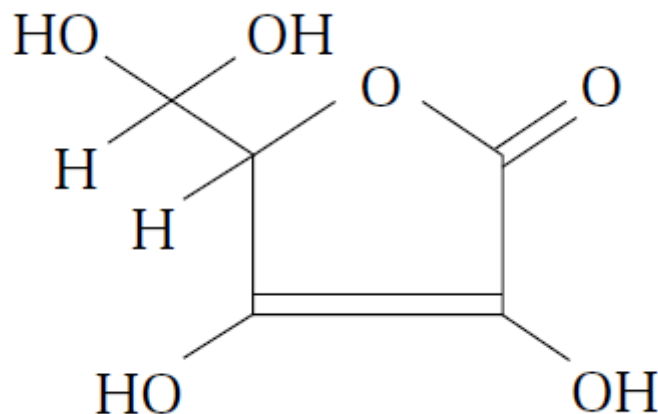
Vsebnost vitamina C v rastlinah niha glede na različne dejavnike, in sicer je odvisna od same vrste zelenjave oziroma sadja, naprej pa se lahko velika odstopanja pojavljajo tudi znotraj posamezne vrste. Če želimo v živilih zagotoviti čim višje vrednosti vitamina C, se moramo osredotočiti na različne vplive v vseh fazah pridobivanja živil, in sicer od samih razmer v fazi gojenja rastlin do njihovega pobiranja, transporta, skladiščenja, ohranjanja in priprave za uživanje (Mackernes-Soheila in sod., 2007).

Namen diplomske naloge je s tem v zvezi predstaviti dejavnike, ki vplivajo na vsebnost vitamina C v plodovih sadnih rastlin. V ta namen so zastavljeni naslednji cilji naloge:

- predstaviti kemijske značilnosti vitamina C,
- predstaviti prehranski pomen in vlogo vitamina C v organizmu
- zbrati podatke o vsebnostih vitamina C v sadju in zelenjavi
- izpostaviti vpliv pridelave na vsebnost vitamina C v sadju.

2 VITAMIN C – LASTNOSTI IN SINTEZA

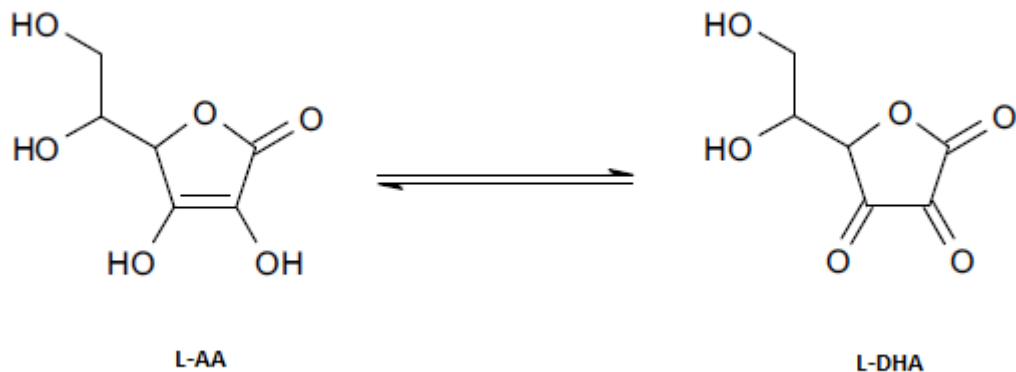
Vitamin C, (L-askorbinska kislina (L-AA), L-dehidroaskorbinska kislina (L-DHA)) je ogljikovim hidratom sorodna kemijska spojina, sintetizirana iz monosaharidov preko glukuronske kisline. Je eden najmočnejših reducentov v celici, saj se ob dvojni ogljikovi vezi nahajata dve hidroksilni skupini (slika 1). L-askorbinska kislina je prisotna v vseh rastlinskih celicah, najbolj koncentrirana pa je v zelenih delih rastline in plodovih (Likar in Regvar, 2008).



Slika 1: L askorbinska kislina (Smirnoff, 1996)

2.2 KEMIJSKA STRUKTURA VITAMINA C

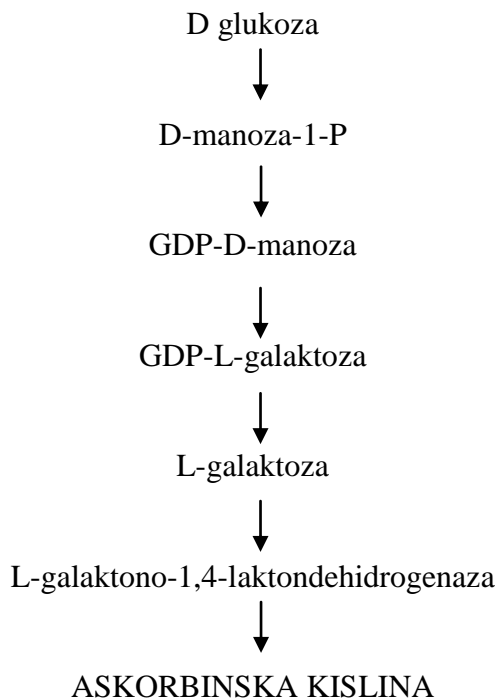
Vitamin C je obstojen v dveh oblikah, in sicer kot L-askorbinska kislina (L-AA), ki je močan reducent, in kot L-dehidroaskorbinska kislina (L-DHA), ki je oksidirana oblika L-AA. Reverzibilna oksidacijsko-redukcijska reakcija med L-AA in L-DHA je pomembna fizikalno-kemijska lastnost vitamina C. Pogoja za realizacijo pretvorbe sta prisotnost toplote in kisika ali pa pri pretvorbi iz ene v drugo obliko sodelujejo encimi, dva izmed katerih sta glutation-dehidrogenaza in askorbat oksidaza (slika 3) (Smirnoff,1996). Dehidroaskorbinska kislina je relativno stabilen oksidacijski produkt askorbinske kisline (Joye in sod., 2009).



Slika 2: Prehajanje med L-AA in L-DHA (Joye in sod.,1996)

2.3 BIOSINTEZA ASKORBINSKE KISLINE

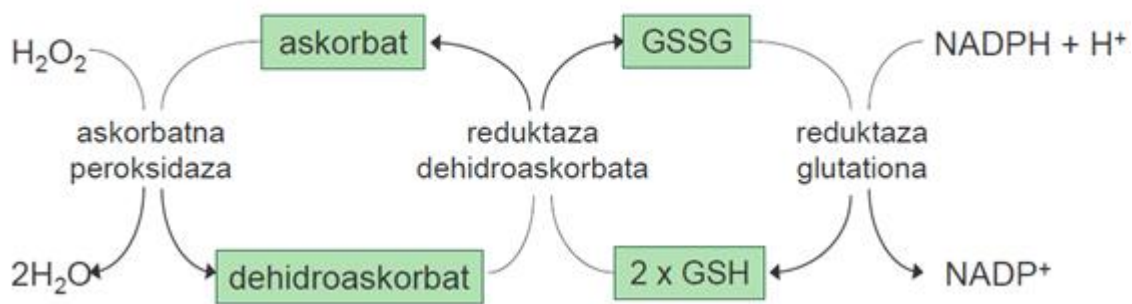
Večina rastlin in živali ima sposobnost sinteze vitamina C iz D-glukoze ali D-galaktoze preko glukonskega cikla. Človeški organizem te sposobnosti nima in je odvisen od eksogenih virov vitamina C (Wilson, 2002). Pri rastlinah nastane vitamin C najpogosteje iz D-glukoze v več zaporednih encimskih reakcijah (slika 3).



Slika 3: Biosinteza vitamina C pri rastlinah (Barata-Soares in sod., 2004)

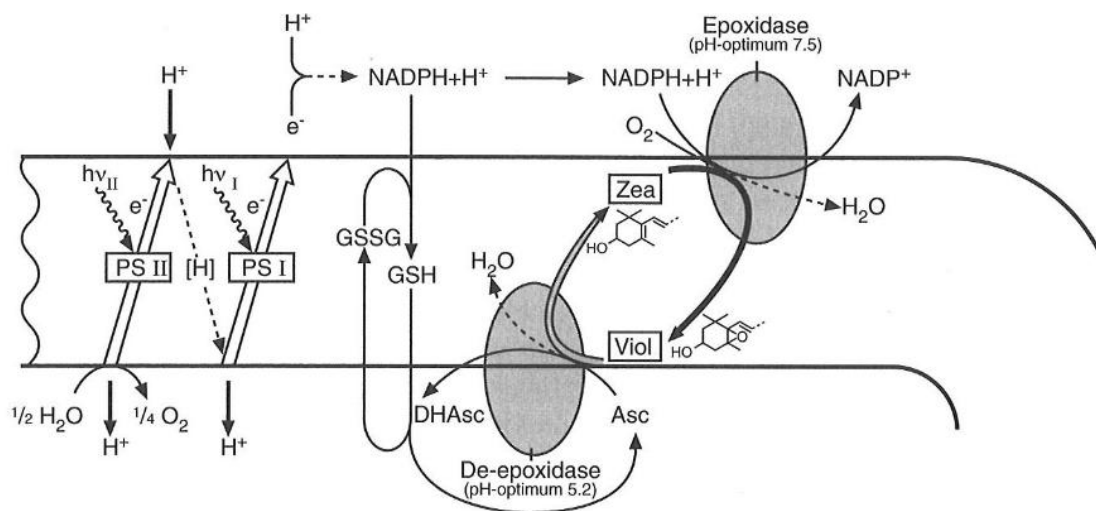
Vir za sekundarno pot biosinteze vitamina C sta D-galakturonska kislina in L-galakturonska kislina, ki sta komponenti celične stene pri rastlinah. Askorbinska kislina se lahko v rastlinah sintetizira tudi iz manj pomembnih poti kot so gulonska in glukonska kislina, araboaskorbat, sorbozon in klukozon (Barata Soares in sod., 2004).

Askorbinska kislina kot eden najpomembnejših antioksidantov rastlino varuje pred poškodbami s prostimi radikali in aktiviranimi oblikami kisika, ki se tvorijo pod vplivom UV sevanja. Najpomembnejši odstranjevalec reaktivnih spojin v kloroplastih in citoplazmi je askorbatno-glutationska veriga (slika 4).



Slika 4: Askorbatno-glutationska veriga (Vodnik, 2012)

V procesih odstranjevanja aktiviranih oblik kisika sodelujeta askorbat peroksidaza in dehidroaskorbat reduktaza. Kot encima sodelujeta v Mehlerjevi in askorbat peroksidazni reakciji, kjer se superoksid preko vmesnih stopenj reducira do vode (Mackernes-Soheila in sod., 1998). Pri fotoinhibiciji oziroma odvajanju presežne energije pomagajo karotenoidi v ksantofilnem ciklu, kjer askorbat z NADPH_2 sodeluje kot kofaktor pri pretvorbi iz violaskantina v zeaksantin (slika 5) (Vodnik, 2012; Larcher, 2001).



PS I – fotosistem I, PS II – fotosistem II, Asc – askorbinska kislina, DHAsc – dehidroaskorbinska kislina, GSH – glutation, GSSG – oksidirani glutation, Viol – violaskantin, Zea - zeaksantin

Slika 5: Ksantofilni cikel (Larcher, 2001)

2.4 STABILNOST IN PRETVORBA VITAMINA C

Na stabilnost vitamina C tako kot na stabilnost vseh antioksidantov v veliki meri vplivajo zunanji naravni dejavniki, kot so kisik, svetloba, temperatura ter notranji dejavniki rastline kot so vsebnost vode, lipidna oksidacija, prisotnost nekaterih kovinskih ionov in pH (Miquel in sod., 2004). Najbolj stabilen je vitamin C v kislem pH, v medijih brez ionov in v suhi obliki (Davey in sod., 2000). V bazičnih raztopinah je vitamin C ob prisotnosti kisika manj stabilen kot pa v kisljih raztopinah, najbolj obstojen pa je v metafosfori kislini, ki zelo upočasnjuje oksidacijo askorbinske kisline tudi v prisotnosti Cu^{2+} in Fe^{3+} ionov. V kislem mediju oksidacijo askorbinske kisline z Cu^{2+} in Fe^{3+} upočasnjuje tudi citrat. Vitamin C sicer ob prisotnosti kisika oksidira tudi proporcionalno z dvigovanjem temperature (Poredoš, 2006).

Najbolj značilna kemijska lastnost L-AA je reverzibilna oksidacija v L-DHA preko L-monodehidroaskorbinske kisline (L-MDHA), hitrost reakcije pa se večja ob dodajanju bakrovih ionov (Kuellmer, 1999). Pri dodatku bakrovih ionov najverjetneje prihaja do nastanka razmeroma dolgoživega askorbatnega prostega radikala, ki deluje prooksidativno (Davey in sod., 2000).

3 PREHRANSKI POMEN IN VLOGA VITAMINA C V ORGANIZMU

Leta 1970 je C. Linus Pauling v svojem temeljnem delu *Vitamin C and the Common Cold* zapisal, da je askorbinska kislina bistvenega pomena za ljudi ter da njena odtegnitev povzroči bolezen in smrt (Fonorow, 2006). Čeprav je bil Pauling pri tem prepričan, da je askorbinska kislina, imenovana askorbatni ion, vitamin C, pa je danes presenetljivo število strokovnjakov s področja alternative medicine mnenja, da askorbinska kislina ni pravi vitamin C. Stališče alternativcev povzemata Thomas S. Cowan in Sally Fallon v svojem zadnjem delu iz 2004 *The Fourfold Path to Healing*, kjer trdita, da je vitamin C pravzaprav "kompleks hranilnih snovi, ki vsebuje bioflavonoide, rutin, tirozin, baker in druge znane ter neznane substance" (Cowan in Fallon, 2004, cit. po Fonorow, 2006). Askorbinska kislina, ki velja za vitamin C že vsaj od leta 1937, naj bi imela po njunem mnenju zgolj podporno vlogo in naj bi bila v rastlinah prisotna zgolj kot konzervans za kompleks, ki ohranja celovitost, svežino in barvo rastline. Cowan in Fallon celo trdita, da askorbinska kislina za človeka ni hrana in da je sintetični askorbinska kislina v večjih količinah škodljiva, zlasti če ni dovedena skupaj s celotnim kompleksom vitamina C (Cowan in Fallon, 2004, cit. po Fonorow, 2006).

Označevanje snovi, kot je askorbinska kislina, kot nevarne, pa je pravzaprav resna napaka, saj se ortomolekularne oziroma bioidentične molekule po definiciji ne razlikujejo od svojih naravno sintetiziranih ustreznikov. Te molekule so transportirane v celice ne glede na to, ali so konzumirane s hrano ali proizvedene endogeno. Hkrati tudi ni eksperimentalnih dokazov, da se te molekule v krvnem obtoku vedejo kakor koli drugače, lahko pa pravzaprav ravno nasprotno vsebujejo manj nečistoč kot tiste, izvirajoče iz rastlinske hrane. Imajo pa argumenti alternativcev širšo konotacijo, zlasti v povezavi z nenaravnostjo in strupenostjo farmacevtskih produktov. Farmacevtska podjetja namreč naravne in otromolekularne molekule pogosto spreminjajo zgolj z namenom pridobivanja patenta in posledično višje profitabilnosti, pri čemer pa taki posegi dejansko lahko vplivajo na vprašljivo varnost ali celo toksičnost zdravil (Fonorow, 2006).

Da je askorbinska kislina učinkovita pri zdravljenju skorbuta kot posledice pomanjkanja vitamina C, vsakodnevno dokazuje zdravstvena praksa po celem svetu, kjer se bolnike pri življenju ohranja izključno z askorbinsko kislino (Fonorow, 2006). Skorbut je sicer opisal že Hipokrat in je bil nekoč pogosta bolezen mornarjev, ki so dlje časa preživel na ladjah in pri tem niso imeli možnosti za uživanje sadja in zelenjave kot glavnih virov vitamina C. Skorbut so tako v zgodovini zdravili na različne načine in učinek teh načinov je dokazan empirično. Vzrok za skorbut, ki ima za posledico vnetje in krvavitve dlesni, izpadanje zob, izčrpanost, počasno celjenje ran, dermatitis, vnetje sklepov, povišano temperaturo, anemijo, osteoporozo, edeme spodnjih okončin ter smrt zaradi srčne insuficience, je po teh raziskavah pomanjkanje vitamina C. Avitaminoza se razvije če dnevno zaužijemo manj kot 20 mg vitamina C, pri čemer za priporočeno količino dnevnega vnosa velja 75 mg snovi (Davey in sod., 2000).

Človekov organizem pri tem sam ni sposoben sinteze vitamina C in je tako pri zadovoljevanju potreb po vitaminu v celoti odvisen od prehranskih virov. Tako pri metabolizmu rastlin kot metabolizmu živali pa so biološke funkcije vitamina C pogojene zlasti z antioksidativnimi lastnostmi molekule askorbinske kisline. Študije zadnjih dveh desetletij dokazujejo pomen askorbinske kisline ne zgolj pri varovanju rastlinskih organizmov pred oksidativnim stresom, temveč tudi pri varovanju sesalcev pred kroničnimi boleznimi kot posledicami oksidativnega stresa (Ottoboni in Ottoboni, 2005).

Vitamin C sodeluje pri sintezi kolagena v vezivnem tkivu in deluje kot oksidacijsko ali redukcijsko sredstvo v telesu. Prav zaradi tega pa je pomemben za obrambo telesa pred močno reaktivnimi in zaradi tega škodljivimi snovmi.

4 VITAMIN C V ŽIVILIH

Poglavitni vir vitamina C so živila rastlinskega izvora, saj več kot 90 % vitamina C konzumiramo s sadjem in zelenjavo (Davey in sod., 2000), vsebnost tega pa je pogojena z različnimi faktorji, denimo z genotipskimi razlikami, deli in vrstami rastlin, osvetlitvijo v fazi rasti, stopnjo zrelosti, pridelovalnimi razmerami, metodami obiranja, s skladiščenjem in ravnanjem po skladiščenju (Lee in Kader, 2000). Vitamin C se pojavlja v vseh zelenih rastlinah ter v sadju, največ pa ga vsebujejo citrusi, kapusnice, paprika, črni ribez, kisl zelje in guava (Kalt, 2004). Vitamin C s hrano dobivamo v obeh oblikah, in sicer kot L-askorbinsko kislino, ki je močan reducent, in v oksidirani obliki kot L-dehidroaskorbinsko kislino. Čeprav se vitamin C v telesnih tekočinah nahaja večinoma v reducirani obliki, imata tako askorbinska kot dehidroaskorbinska kislina biološko aktivnost (Basu in Dickerson, 1996).

Zelenjava kljub relativno visoki stopnji vsebnosti vitamina C v vsakdanji prehrani prispeva manjši delež zaužitega vitamina C, saj je veliko zelenjave zaužite toplotno obdelane, poleg tega pa je pH zelenjave večinoma višji od pH sadja. To sta dejavnika, ki vplivata na zmanjšane vsebnosti vitamina C v živilih (Davey in sod., 2000). Sadje nasprotno uživamo pogosto nepredelano, hkrati pa je pH v sadju dovolj nizek, da stabilizira vitamin C in tako človeku omogoča njegovo absorpcijo.

4.1 VITAMIN C V SADJU

Vsebnost vitamina C v sadju je različna in odvisna tudi od sorte, vrste tkiva, pa tudi od izvora sadeža, podnebja, lege rastline, osvetljenosti, tal in zrelosti. Vsebnost vitamina C v sadju začne denimo padati neposredno po fiziološki zrelosti hkrati se tudi znotraj iste vrste sadja pojavljajo veliki odkloni. Največjo vsebnost vitamina C ima acerola ali barbadoška češnja (*Malpighia glabra*) (preglednica 1), za katero poročajo o 1300-1600 mg vitamina C na 100 g sadja (Marques in sod., 2007). Gre za sadež drevesa iz družine malpigijevk, ki uspevajo na območju južnega Teksasa, Mehike, Karibov do Peruja in Brazilije. Sadež je rdeče barve in velik med 1,5 in 2 cm (slika 5), v njem se nahajajo do 3 semena. Zaradi visoke vsebnosti vitamina C drevo sicer gojijo tudi drugje po svetu, vendar plodov pri nas na trgovskih policah ne najdemo (Todd Reum in Reum, 2005).



Slika 6: Acerola (Todd Reum in Reum, 2005)

Drugo sadje, ki velja za bogato z vitaminom C, zdaleč ne dosega vrednosti acerole. Najvišje se za acerolo po vsebnosti vitamina C uvrsti kaki, ki pa dosega komaj šestino vrednosti acerole, in sicer okoli 200 mg na 100 g sadeža (preglednica 1). Črni ribez vsebuje le še okoli 90 mg vitamina C na 100 g. Med sadje, bogato z vitaminom C, lahko štejemo še pomaranče, limone, jagode, kivi, papajo, jagode, mandarine, melono, maline, guavo, grenivko, robide, banano in lubenico. Jabolko, ki je pri nas eno od najbolj razširjenih sadežev, vsebuje približno 8 mg vitamina C na 100 g.

Vrednosti vitamina C v sadju močno nihajo, in sicer včasih celo pri sadežih z iste rastline, zaradi česar težko govorimo natančnih povprečnih vrednostih.

Preglednica 1: Vitamin C v sadju (Belitz in Grosch, 2004; Lee in Kader, 2000)

Sadje	Vsebnost AA [mg / 100 g]	Vsebnost DHA [mg / 100 g]	Vsebnost vitamina C [mg / 100 g]
Acerola			1300
Kaki (svež)	110,0	100,0	210,0
Črni ribez (svež)	86,0	6,0	92,0
Pomaranča (kalifornijska)	75,0	8,2	83,2
Limona (sveža)	50,4	23,9	74,3
Jagode (sveže)	60,0	5,0	65,0
Kivi (svež)	59,6	5,3	64,9
Črni ribez(20 dni na 1 °C)	61,0	3,0	64,0
Pomaranča(floridska)	54,7	8,3	63,0
Papaja (sveža)			62,0
Jagode	27,0	34,0	61,0
Kivi(6 dni na 10 °C)	39,4	12,1	51,5
Mandarina (sveža)	34,0	3,7	37,7
Melona (sveža)	31,3	3,0	34,3
Maline (sveža)	27,0	2,0	29,0
Guava			28,8
Grenivka (sveža)	21,3	2,3	23,6
Robide (sveže)	18,0	3,0	21,0
Banana (sveža)	15,3	3,3	18,6
Lubenica (sveža)	8,0	1,7	9,7
Jabolko (sveže)			8,0

Kot primerjavo navajamo tudi vsebnosti vitamina C v zelenjavi, ki so denimo pri papriki, brokoliju, ohrovtu in špinači relativno visoke glede na njegove vrednosti v sadju. Rdeča paprika tako vsebuje okoli 150 mg vitamina C na 100 g ploda, zelena paprika nekoliko manj, in sicer okoli 135 mg na 100 g ploda (preglednica 2). Brokoli, ohrovt in špinača dosegajo vrednosti med 75 in 95 mg vitamina C na 100 g ploda. Pri tem pa je treba seveda upoštevati, da zelenjavo, zlasti brokoli, ohrovt in špinačo, večinoma pred zaužitjem toplotno obdelamo, kar povzroči zmanjšanje vsebnosti vitamina C. Tudi preostalo zelenjavo pogosto kuhamo v večjih količinah vode, v kateri se med kuhanjem raztaplja vitamin C, to vodo pa po navadi odlijemo. Vsebnost vitamina C v živilih tako posledično pade, tako osiromašeno živilo pa nato vsebuje tudi polovico manj vitamina C (Davey in sod., 2000).

Preglednica 2: Vitamin C v zelenjavi (Belitz in Grosch, 2004; Vanderslice in sod., 1990)

Zelenjava	Vsebnost AA [mg / 100 g]	Vsebnost DHA [mg / 100 g]	Vsebnost vitamina C [mg / 100 g]
Paprika (rdeča)	151,0	4,0	155,0
Paprika (zelena)	129,0	5,0	134,0
Brokoli (svež)	89,0	7,7	96,7
Ohrovt (svež)	92,7	-	92,7
Špinača (sveža)	62,0	13,0	75,0
Cvetača (sveža)	54,0	8,7	62,7
Blitva (sveža)	-	45,0	45,0
Zelje (sveže)	42,3	-	42,3
Ohrovt (kuhan)	40,7	-	40,7
Brokoli (kuhan)	37,0	2,6	39,6
Špinača (kuhana)	12,0	18,0	30,0
Zelje (kuhano)	24,4	-	24,4
Popper			24,2
Paradižnik (svež)	10,6	3,0	13,6
Krompir (svež)	8,0	3,0	11,0
Blitva (kuhana)	/	9,0	9,0
Krompir (kuhan)	7,0	1,3	8,3
Jajčevcevec			5,0

Na vsebnost vitamina C v sadju in zelenjavi pa seveda vplivajo že mnogi drugi procesi med samim gojenjem, pobiranjem pridelka, skladiščenjem in transportom, zaradi česar njegove vrednosti močno nihajo. Nelson in sod. (1972) so tako zabeležili vsebnosti med 19,3 mg in 71,5 mg vitamina C na 100 g jagod, ki so bile gojene na štirih lokacijah. Lee in sod. (1995) poročajo o razponu vrednosti med 64 in 168 mg vitamina C pri merjenju na petih vzorcih sveže paprike.

5 VPLIV PRIDELAVE NA VSEBNOST VITAMINA C

Klimatske razmere, predvsem svetloba, povprečna temperatura ter način pridelave, imajo velik vpliv na kemijsko sestavo kmetijskih pridelkov in tako tudi na vsebnost vitamina C (Klein in Perry, 1999). Do nedavnega je bilo v živilski industriji izboljšanje vsebnosti vitamina C namenjene malo pozornosti zaradi osredotočanja na gojenje količinsko bolj optimiziranih rastlin. Čeprav je bila biosinteza L-askorbinske kisline pri živalih pojasnjena že leta 1960, so bile tako šele pred kratkim opredeljene razlike v rastlinskem biosinteznem načinu. Dognanja v zvezi z rastlinsko biosintezo L-askorbinske kisline bodo tako v prihodnosti gotovo zagotovila nove odgovore na vprašanja rastlinskega metabolizma (Davey in sod., 2000).

5.1 TEMPERATURA

Kot pomembni dejavnik v fazi rasti rastlin na sestavo njihovih tkiv vpliva temperatura. Pri tem je pomembno, da na stopnjo rasti in kemijsko sestavo kmetijskih pridelkov vplivata tako količina vse razpoložljive toplote kot tudi sama nihanja v temperaturi. Vitamin C se sicer hitro uniči pri visokih temperaturah, vendar takih temperatur ob samem gojenju navadno ne dosežemo (Richardson in sod., 2004). Višje temperature pa kljub temu kažejo na vsebnost vitamina C v sadju tudi pri odklonih v okviru gojenja, tako denimo mandarine vsebujejo več vitamina C, če rastejo pri temperaturah med 20 in 22 stopinj čez dan ter 11 in 13 stopinj ponoči, kot pa pri temperaturah med 30 in 35 stopinjami čez dan ter 20 in 25 stopinjami ponoči. Tudi grenivke, ki rastejo v obalnih predelih Kalifornije, kjer so temperature zaradi oceanskega podnebja nižje, vsebujejo denimo v povprečju več vitamina C od tistih, ki rastejo v puščavskih predelih Kalifornije in Arizone, kjer so temperature višje (Lee in Kader, 2000).

5.2 SVETLOBA

Čeprav svetloba ni esencialna za sintezo vitamina C v rastlinah, količina in intenziteta svetlobe v fazi rasti pomembno vplivata na njegovo količino (Lee in Kader, 2000). Sadež, ki je neposredno izpostavljen sončni svetlobi, ima tako več vitamina C od sadeža, ki je v senci, čeprav oba rasteta na isti rastlini. V splošnem velja, da manj svetlobe vpliva na manjšo produkcijo vitamina C v rastlini (Sebrell in Harris, 1972).

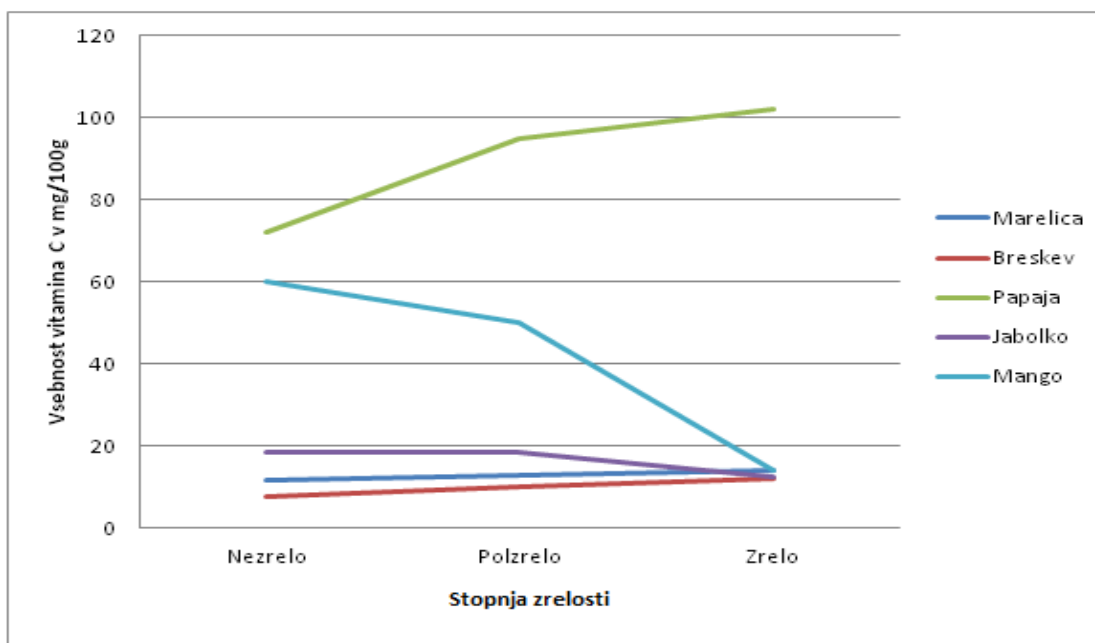
5.3 GNOJENJE

Pri gnojenju prihaja do mnogih pomembnih vplivov, ki sicer pozitivno vplivajo na količino pridelka, vendar po drugi strani zmanjšujejo njegovo kakovost, denimo vsebnost vitamina C. Eden takih elementov so denimo dušikova gnojila, ki jih široko uporabljamo, so pa v praksi že dolgo poznana po svojem negativnem učinku na vsebnosti vitamina C v rastlinah. O zmanjšanju vsebnosti vitamina C v krompirju so tako poročali že v sedemdesetih letih (Augustin, 1975). Zmanjšane vsebnosti vitamina C so očitne tudi pri sadju, v sokovih

pomaranč, limon, mandarin in grenivk, ob uporabi dušikovih gnojil njegove vsebnosti padejo za približno 10% (Lee in Kader, 2000). Pri tem pa se pojavljajo velika odstopanja med posameznimi vrstami rastlin, saj so denimo na drugi strani dušikovi pripravki povezani z večjo vsebnostjo vitamina C pri zeleni solati. Te razlike izhajajo iz značilnosti rasti in razmer rasti posameznih rastlin (Lee in Kader, 2000). Glede na rezultate večine raziskav v zvezi z vsebnostjo vitamina C v rastlinah pa je mogoče posplošiti, da rastline gnojene z manjšo količino dušikovih gnojil vsebujejo več vitamina C (Liang in sod., 1996).

5.4 ZRELOST

Vsebnost vitamina C v sadju običajno narašča do polne zrelosti ter začne neposredno po tem upadati, vendar to ne velja za povsem vse vrste sadja. Ta proces je značilen za marelice, breskve in papajo, medtem ko začne vsebnost vitamina C že pred polno zrelostjo padati pri jabolkih in mangu (Bassu in Dickerson, 1996). Tudi nezreli citrusi vsebujejo večje koncentracije vitamina C kot zreli sadeži (Nagy, 1980). Različno gibanje koncentracije vitamina C v sadju glede na dozorevanje je prikazano na sliki 6.



Slika 7: Vpliv stopnje zrelosti na vsebnost vitamina C(mg/100g) sadja (Lee in Kader, 2000)

5.5 OBIRANJE

Metode obiranja lahko vplivajo na variabilnosti v zrelosti plodov ter na fizične poškodbe ter tako vplivajo na prehransko sestavo sadja. Mehanske poškodbe, kot so denimo odrgrnine in praske lahko povzročijo hitro izgubo vitamina C. Pogostnost ter resnost takih poškodb je seveda odvisna od načina obiranja ter ravnanja z obranim pridelkom.

5.6 SKLADIŠČENJE IN TRANSPORT

Padec koncentracije vitamina C v sadju je najbolj pogost v fazi transporta in skladiščenja. V tej fazi na obstojnost vitamina C v pridelku vplivajo temperatura, svetloba, vlažnost, ter mehanske poškodbe in obdelava (Lee in Kader, 2000). Krajši čas skladiščeno sadje ima v splošnem več vitamina C kot dlje časa skladiščeno sadje. Med najpomembnejšimi orodji za ohranjanje ter podaljšanje obstojnosti in kakovosti sadja ter hkrati za ohranjanje vsebnosti vitamina C je ustrezna regulacija temperature. Priderek mora biti zato kontinuirano ohlajen, že zakasnitve pri ohlajanju namreč privedejo do izgub vitamina C. Izgube vitamina C so v splošnem večje pri višjih temperaturah. Po drugi strani pa so določeni pridelki, kot sta denimo banana in ananas, občutljivi na nizke temperature, zaradi česar nizke temperature zanje niso primerne (Miller in Heilman, 1952).

5.7 POMEN DEJAVNIKOV PRIDELAVE

Najbolj učinkovit način izboljšanja z vitaminom C bogate prehrane je z vidika potrošnika še vedno ustrezen izbor vrste živil, torej sadja in zelenjave ter njihovih sort. Z vidika pridelovalca so po drugi strani pomembne precejšnje razlike, ki obstajajo znotraj genotipov in njihovih vsebnosti vitamina C (Kalt, 2005).

Poleg genetskih dejavnikov na vsebnost vitamina C v plodovih sadnih rastlin vplivajo tudi klimatski dejavniki okolja pred in po obiranju. Zlasti za fenolne snovi kot pomembne antioksidante se zdi, da se močneje odzivajo na način pridelave. Različni vplivi med rastno dobo pa nedvomno prispevajo tudi k sezonski variabilnosti vsebnosti vitamina C v sadju. Ker je vitamin C najbolj nestabilen antioksidant in močno nagnjeni k izgubi med skladiščenjem in predelavo, lahko služi tudi kot pokazatelj kakovosti vseh ostalih antioksidantov v pridelku (Kalt, 2005).

Pri pridelovanju plodov sadnih rastlin s čim višjimi vsebnostmi vitamina C pa je izbor ustreznega genotipa določene vrste sadja z najvišjo vsebnost vitamina C veliko bolj pomemben dejavnik kot klimatske razmere in obdelovalne prakse. Med najpomembnejše dejavnike končne vsebnosti vitamina C v plodovih sadnih rastlin pred obiranjem sodijo jakost svetlobe in temperatura. Tehnološka ukrepa rez in redčenje določata obremenitev rastline z njenim pridelkom, kar vpliva ne le na velikost plodov, ampak tudi na njihovo sestavo, vključno z vsebnostjo vitaminov. Drugi dejavniki, ki vplivajo na rastlino pred obiranjem, imajo relativno majhen neposredni učinek na vsebnost vitamina C v sadju (Lee in Kader, 2000).

6 SKLEP

Pri razvoju tehnologij in metod, ki pridelavo plodov sadnih rastlin optimizirajo z vidika ohranjanja čim višje antioksidativne vrednosti živil, je pomembno razumevanje kemijskih lastnosti antioksidantov ter encimov, ki vplivajo na njihovo vsebnost v rastlinskih tkivih. Povečanje porabe sadja in zelenjave zahteva razvoj živil z optimalno vsebnostjo antioksidantov brez kompenzacije pri okusu in obstojnosti pridelkov. Nove raziskave na tem področju tako odpirajo mnoge poti pridelave živilskih izdelkov, in tako tudi plodov sadnih rastlin z večjo antioksidativno vrednostjo.

Na prehransko kakovost sadnih plodov imajo velik vpliv klimatske razmere v postopku pridelave, postopki obiranja, skladiščenja, transporta ter ne nazadnje priprave hrane. Vitamin C je pri tem v fazah po pobiranju še posebej občutljiv za padec koncentracije, saj se lahko oksidacija pojavi v prisotnosti katalizatorjev, encimov oksidaze ali kot posledica toplote med predelavo. Vsebnosti vitamina C v sadju zato kontinuirano padajo skozi procese obdelave, shranjevanja in kuhanja. S tega vidika se je smiselno pri pridelavi plodov sadnih rastlin osredotočati zlasti na izbiro ustreznih genotipov in sort rastlin, ki izkazujejo boljše sposobnosti ohranjanja vsebnosti vitamina C po različnih fazah pridelave.

7 VIRI

- Augustin J. 1975. Variations in the nutritional composition of fresh potatoes. *Journal of Food Science* 40, 3: 1295-1299
- Barata Soares A. D., Gomez M. L. P. A., Henrique de Mesquita C., Lajolo F. M. 2004. Ascorbic acid biosynthesis: A precursor study on plants. *Brazilian Journal of Plant Content of Horticultural Crops*, 20, 20: 207-220
- Bassu T. K., Dickerson J. W. T. 1996. *Vitamins in human health and disease*. Wallingford, CAB International: 456 str.
- Belitz H. D., Grosch W. 2004. *Food chemistry*. New York, Springer: 526 str.
- Davey M. W., Van Montagu M., Inze D., Sanmartin M., Kanellis M., Smirnoff N., Benzie I. J. J., Strain J. J., Favell D., Fletcher J. 2000. Plant l-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 2: 825-860
- Fonorow R. O. 2006. The nature of vitamin C. The position of the vitamin C foundation on natural vitamin C and so-called vitamin C-complex. Dosegljivo na <http://vitaminfoundation.org/NaturalC.htm> (1. sept. 2012).
- Joye J. I., Lagrain B., Delcour J. A. 2009. Use of chemical redox agents and exogenous enzymes to modify the protein network during breadmaking. *Journal of Cereal Science*, 50, 9: 11-21
- Kalt W. 2005. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *Journal of Food Science*, 70, 1: 11-19
- Klein B. P., Perry A. K. 1999. β -Carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. *Journal of Food Science*, 64, 4: 929-936
- Kueller V. 1999. Vitamins: Ascorbic acid. *Wiley encyclopedia of food science and Physiology*, 16, 3: 147-154
- Larcher W. 2001. *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*. Berlin, Springer Verlag: 513 str.
- Lee S. K., Kader A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 4, 2: 2449-2467

- Lee Y., Howard L. R., Villalon B. 1995. Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annuum*) cultivars. *Journal of Food Science*, 60, 2: 473-476
- Liang Y., Lu J., Shang S. 1996. Effect of gibberellins on chemical composition and quality of tea (*Camellia sinensis* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 72, 7: 411-414
- Likar M., Regvar M. 2008. *Praktikum fiziologije rastlin*. Ljubljana, Študentska založba: 96 str.
- Mackerness Soheila A. H., Surplus S. L., Jordan B., Brian T. 1998. Effects of supplementary UV-B radiation on photosynthetic transcripts at different stages of leaf development and light levels in pea (*Pisum sativum* L.): Role of active oxygen species and antioxidant enzymes. *Photochemistry Photobiology* 68, 1: 99-96
- Mackerness Soheila A. H., Desikan R., Hancock J. T. Neill S. J. 2007. Regulation of the *Arabidopsis* transcriptome by oxidative stress. *Plant Physiology*, 127, 2: 159-172
- Marques L. G., Ferreira M. C., Freire J. T. 2007. Freeze-drying of acerola: chemical engineering and processing. *Process Intensification*, 46, 5: 451-457
- Miller E. V., Heilman A. S. 1952. Ascorbic acid and physiological breakdown in the fruits of the pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.). *Science*, 116, 3019: 505-506
- Miquel E., Alegría A., Barbera R., Farre R., Clemente G. 2004. Stability of tocopherols in adapted milk-based infant formulas during storage. *International Dairy Journal*, 14, 5: 1003-1011
- Nagy S. 1980. Vitamin C contents of citrus fruit and their products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28, 8: 8-18
- Nelson J. W., Barritt B. H., Wolford E. R. 1972. Influence of location and cultivar on color and chemical composition of strawberry fruit. Washington, Washington Agricultural Experiment Station: 7 str.
- Ottoboni F., Ottoboni A. 2005. Ascorbic acid and the immune system. *Journal of Orthomolecular Medicine*, 20, 3: 197-183
- Poredoš T. 2006. *Stabilnost askorbinske in dehidroaskorbinske kisline v vodnih raztopinah*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 108 str.
- Richardson A. C., Marsh K. B., Bolding H. L., Pickering A. H., Bulley S. M., Frearson N. J., Ferguson A. R., Thornber S. E., Bolitho K. M., Macrae E. A. 2004. High growing

temperatures reduce fruit carbohydrate and vitamin C in kiwifruit. *Plant, Cell & Environment*, 27, 4: 423–435

Sebrell W. H., Harris R. S. 1972. *The vitamins. Chemistry, physiology, pathology and methods.* Academic Press: 468 str.

Smirnoff N. 1996. The function and metabolism of ascorbic acid in plants. *Annals of Botany*, 78, 6: 661-669

Todd Reum R., Reum J. 2005. Amazon Thunder: Acerola Juice. https://www.amazonthunder.com/view_articles.php?aID=91 (1. sept. 2012)

Vanderslice J. T., Higgs D. J., Hayes J. M., Block G. 1990. Ascorbic acid and dehydroascorbic acid content of foods-as eaten. *Journal of Food Composition and Analysis*, 3, 2: 105-118

Vodnik D. 2012. Fiziologija stresa. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2711/Gradiva_Vodnik_Predavanja_Bolonja/Vodnik_P_B_AG-UNI-Ekofiziologija-Stres1-P6_-11-12.pdf (22. sept.. 2012).

Vodnik D. 2006. Fotosinteza. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. <http://web.bf.uni-lj.si/ag/botanika/gradiva/Fotosinteza%202004-05.pdf> (22. sept. 2012).

Wilson X.J. 2002. The physiological role of dehydroascorbic acid. *Federation of European Biochemical Societies Letters*, 34, 1-3: 5-9