

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Ajda ŠVAB

**VPLIV MODIFICIRANE ATMOSFERE NA FIZIKALNO-KEMIJSKE
LASTNOSTI SLIV (*Prunus domestica*)**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**INFLUENCE OF MODIFIED ATMOSPHERE ON PHYSICAL AND
CHEMICAL PARAMETERS OF PLUMS
(*Prunus domestica*)**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2013

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija živilske tehnologije. Analize so bile opravljene v laboratoriju Katedre za tehnologije, prehrano in vino, Oddelka za živilstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Za mentorja diplomskega dela je imenovan prof. dr. Rajko Vidrih in za recenzentko prof. dr. Tatjana Košmerl.

Mentor: prof. dr. Rajko Vidrih

Recenzentka: prof. dr. Tatjana Košmerl

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Ajda Švab

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 664.8.03:634.22:543.61(043)=163.6
KG	slive/ <i>Prunus domestica</i> /skladiščenje/normalna atmosfera/modificirana atmosfera/poobiralne spremembe /fizikalno-kemijske lastnosti /masa /trdota/suha snov/kislina/sladkorji/barva/fenolne snovi/antioksidativni potencial
AV	ŠVAB, Ajda
SA	VIDRIH, Rajko (mentor)/KOŠMERL, Tatjana (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI	2013
IN	VPLIV MODIFICIRANE ATMOSFERE NA FIZIKALNO-KEMIJSKE LASTNOSTI SLIV (<i>Prunus domestica</i>)
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	IX, 44 str., 8 pregl., 14 sl., 69 vir.
IJ	SI
JI	sl/en
AL	V diplomskem delu smo ugotavljali vpliv skladiščenja v modificirani atmosferi na fizikalno-kemijske lastnosti izbranih sort sliv: 'Excalibur', 'Mallard' in 'Reeves'. Plodove sliv smo obrali v njihovi komercialni zrelosti in jih polovico skladiščili v normalni atmosferi (NA), polovico pa v modificirani atmosferi (MAP) pri temperaturi 0 °C in relativni vlažnosti med 90 in 95 %. V dvotedenskih časovnih razmikih smo spremljali njihove fizikalno-kemijske parametre (maso, suho snov, trdoto, vsebnost sladkorjev, kislina, barvo, vsebnost fenolnih snovi in antioksidativni potencial). Ugotovili smo, da je med samimi sortami razlika v fizikalno-kemijskih parametrih in pri določenih parametrih razlike v načinu skladiščenja. Ugotovili smo, da skladiščenje v modificirani atmosferi nima bistvenega vpliva na ohranjanje fizikalno-kemijskih parametrov teh sort sliv.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 664.8.03:634.22:543.61(043)=163.6
plums/*Prunus domestica*/storage/normal atmosphere/modified atmosphere/
CX postharvest/physico-chemical properties/mass/firmness/soluble solids/acids
/sugars/colour/polyphenols/antioxidative potential
AU ŠVAB, Ajda
AA VIDRIH, Rajko (supervisor)/ KOŠMERL, Tatjana (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science
and Technology
PY 2013
TI INFLUENCE OF MODIFIED ATMOSPHERE ON PHYSICAL AND
CHEMICAL PARAMETERS OF PLUMS (*Prunus domestica*)
DT Graduation Thesis (University studies)
NO IX, 44 p., 8 tab., 14 fig., 69 ref.
LA SI
AL sl/en
AB In our graduation thesis we studied how modified atmosphere packaging affects physical and chemical parameters on three plum species: 'Excalibur', 'Mallard' and 'Reeves'. We harvested the plums at their commercial maturity and kept half of them in storage in normal atmosphere and half of them in a modified atmosphere at temperature 0 °C and relative humidity 90-95 %. In time spacing of two weeks we measured their physical and chemical parameters (mass, firmness, soluble solids, sugar content, acids, colour, polyphenol content and antioxidative potential). We determined that there were no significant differences in physical and chemical parameters between the plum species themselves, as well as differences between storage in modified atmosphere.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
1 UVOD	1
1.1 NAMEN DIPLOMSKE NALOGE.....	1
1.2 DELOVNE HIPOTEZE.....	1
2 PREGLED OBJAV.....	3
2.1 KEMIJSKA SESTAVA SLIV	3
2.1.1 Voda.....	3
2.1.2 Ogljikovi hidrati	3
2.1.3 Sladkorji.....	3
2.1.4 Organske kisline	3
2.1.5 Barvila	4
2.2 HRANILNA VREDNOST SLIV	4
2.3 ANTIOKSIDATIVNI POTENCIAL	6
2.4 FENOLNE SPOJINE	7
2.5 BOTANIČNA RAZVRSTITEV IN UPORABNOST SLIVE.....	8
2.6 PRIDELOVANJE SLIV NA NORVEŠKEM.....	9
2.7 SORTE SLIV	10
2.7.1 Opis ploda	10
2.7.1.1 Excalibur.....	11
2.7.1.2 Mallard.....	11
2.7.1.3 Reeves.....	11
2.8 ZORENJE SLIV.....	12
2.8.1 Fiziološki razvoj sadja.....	12
2.8.2 Stopnje zrelosti sadja	13
2.8.2.1 Fiziološka zrelost (drevesna ali botanična zrelost).....	13
2.8.2.2 Tehnološka zrelost (uporabna zrelost).....	13
2.8.2.3 Užitna zrelost	14
2.8.3 Dihanje sadja	14
2.8.4 Klimakterično sadje	14
2.9 PARAMETRI ZRELOSTI SLIV	15
2.9.1 Masa.....	16
2.9.2 Trdota	16
2.9.3 Vsebnost topne suhe snovi in titrabilnih kislin	16
2.9.4 Barva.....	17
2.10 SKLADIŠČENJE	17
2.10.1 Fiziološke napake sliv povezane z dolgotrajnim skladiščenjem.....	18
2.10.2 Skladiščenje v modificirani atmosferi.....	19

3 MATERIALI IN METODE	21
3.1 MATERIALI.....	21
3.2 METODE.....	21
3.2.1 Meritve vzorcev	21
3.2.2 Določanje trdote plodov	21
3.2.3 Določanje barve plodov.....	21
3.2.4 Določanje topne suhe snovi.....	22
3.2.5 Določanje skupnih (titrabilnih) kislin.....	23
3.2.6 Določanje antioksidativnega potenciala (AOP).....	23
3.2.7 Določanje fenolnih spojin po Singletonu in Rossiju	24
3.2.8 Statistične metode.....	26
4 REZULTATI	27
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	31
5.1 RAZPRAVA	31
5.2 SKLEPI	37
6 POVZETEK	38
7 VIRI	39

ZAHVALA

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Hranilna vrednost sliv (vrednosti so izražene na 100 g ploda brez koščice) (USDA, 2013).	5
Preglednica 2: Fenolne snovi, prisotne v slivah (Tokusoglu, 2011).	8
Preglednica 3: Optimalne razmere skladiščenja za različne vrste sadja in zelenjave (DTI, 2008).	18
Preglednica 4: Standardne raztopine galne kisline.	25
Preglednica 5: Primerjava vrednosti mase, suhe snovi, kislin, trdote, barve, fenolnih snovi in antioksidativnega potenciala v vseh časovnih obdobjih merjenja med sortami sliv 'Excalibur', 'Mallard' in 'Reeves'	27
Preglednica 6: Pregled fizikalno-kemijskih parametrov (mase, suhe snovi, kislin, trdote, barvnih spektrov, skupnih fenolov, antioksidativnega potenciala) v odvisnosti od časa skladiščenja v NA in MAP za sorto 'Excalibur'.	28
Preglednica 7: Pregled fizikalno-kemijskih parametrov (mase, suhe snovi, kislin, trdote, barvnih spektrov, skupnih fenolov, antioksidativnega potenciala) v odvisnosti od časa skladiščenja v NA in MAP za sorto 'Mallard'.	29
Preglednica 8: Pregled fizikalno-kemijskih parametrov (mase, suhe snovi, kislin, trdote, barvnih spektrov, skupnih fenolov, antioksidativnega potenciala) v odvisnosti od časa skladiščenja v NA in MAP za sorto 'Reeves'.	30

KAZALO SLIK

Slika 1: Glavne fenolne snovi v slivah (neoklorogenska kislina, klorogenska kislina in kriptoklorogenska kislina) (Goncuoglu in sod., 2013).....	8
Slika 2: Prikaz sestave ploda slive (Johnson, 2011).....	10
Slika 3: Sorta 'Excalibur' (Excalibur plum, 2013).....	11
Slika 4: Sorta 'Mallard' (Mallard plum, 2013).....	11
Slika 5: Sorta 'Reeves' (Reeves plum, 2013).....	12
Slika 6: Razmerje med tvorbo etilena in klimakterično rastjo v času po obiranju (Koning, 1994).....	15
Slika 7: Prikaz poškodb, povezanih s skladiščenjem: zamrznjenost, izcejanje soka, kombinacija prosojnosti in porjavenja slive (Manganaris in sod., 2008).....	19
Slika 8: Sistem določanja barv s kolorimetrom (Materials Technology Limited, 2012). ...	22
Slika 9: Refraktometer za določanje topne suhe snovi (Agra, 2012)	22
Slika 10: Prikaz statistično značilnih razlik v masi med skladiščenjem v modificirani atmosferi in običajnim skladiščenjem pri sortah 'Excalibur' in 'Mallard'.	31
Slika 11: Prikaz statistično značilnih razlik v vsebnosti suhe snovi med skladiščenjem v modificirani atmosferi in običajnim skladiščenjem pri sortah 'Excalibur', 'Mallard' in 'Reeves'.	32
Slika 12: Prikaz statistično značilnih razlik v trdoti med skladiščenjem v modificirani atmosferi in običajnim skladiščenjem pri sortah 'Mallard' in 'Reeves'.	33
Slika 13: Prikaz statistično značilnih razlik v antioksidativnem potencialu (AOP) med skladiščenjem v modificirani atmosferi in običajnim skladiščenjem pri sortah 'Excalibur' in 'Mallard'.	34
Slika 14: Prikaz statistično značilnih razlik v vsebnosti fenolov med skladiščenjem v modificirani atmosferi in običajnim skladiščenjem pri sortah 'Excalibur', 'Mallard' in 'Reeves'.	35

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

A - absorbanca

AOP - antioksidativni potencial

CA - pakiranje v kontrolirani atmosferi

DPPH - 2,2-difenil-1-pikril-hidrazil

FC - Folin-Ciocalteu

MAP - pakiranje v modificirani atmosferi

N - množina snovi

NA - normalna atmosfera

RF - referenčna vrednost

SOD - superoksid dismutaza

TA – titrabilne kisline

TSS – topna suha snov

1 UVOD

Sliva je evropsko tradicionalno sadje. S stališča prehranske vrednosti je zelo pomemben sadež, saj vsebuje veliko vitaminov in mineralov ter mnogo drugih snovi, ki dobro vplivajo na zdravje ljudi.

Slive so bogat vir antioksidantov, predvsem fenolnih snovi, ter malo manj vitamina C in karotenoidov. Antioksidanti nudijo zaščito pred škodljivim vplivom prostih radikalov, ki povzročajo oksidativne spremembe na lipidih, proteinih in nukleinskih kislinah. Vsebnost antioksidantov je močno povezana z zmanjšanim rizikom nastanka rakastih tvorb, srčno-žilnih bolezni in bolezni osrednjega živčevja, vpliva pa tudi na nižji krvni tlak.

Slive so klimakterično sadje, kar pomeni, da zorijo tudi po obiranju plodov, saj sproščajo plin etilen, ki je odgovoren za zorenje sadja.

Za določanje optimalne zrelosti sliv uporabljamo zrelostne faktorje, ki so: masa, vsebnost suhe snovi, vsebnost kislin, trdota, barva. Z njimi določimo čas, ko je sadje primerno za uživanje ali nadaljnje dozorevanje tekom shranjevanja v skladišču.

Način skladiščenja je zelo pomembna stopnja v živilski industriji, saj lahko s pravilnim skladiščenjem občutno podaljšamo obstojnost sadja, kar pomeni večje dobičke, ter večje zanimanje prodajalcev živil in potrošnika.

Poleg nizkih temperatur in relativne vlage nam podaljšanje obstojnosti sadja omogoča pakiranje v modificirani atmosferi, pri čemer spremenimo sestavo zraka z zmanjšanjem koncentracije O₂ in CO₂. S to spremenjeno sestavo zraka v kombinaciji z nizkimi temperaturami skladiščenja vplivamo na metabolizem sadja, zmanjšanje izločanja etilena, manjšanje izgube mase, ohranjanje trdote sadja, ohranjanje količine vitaminov in organskih kislin.

1.1 NAMEN DIPLOMSKE NALOGE

Določiti, kako skladiščenje sliv v modificirani atmosferi vpliva na fizikalno-kemijske lastnosti, antioksidativni potencial in količino fenolnih snovi.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Domnevali smo, da bo skladiščenje v modificirani atmosferi v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi pozitivno vplivalo na ohranjanje trdote, barve in količine suhih snovi. Antioksidativni potencial in fenolne snovi v slivah se bodo ravno tako bolje ohranile, kakor če bi se skladiščile brez modificirane atmosfere.

Preverili smo naslednje hipoteze:

Hipoteza 1: skladiščenje v modificirani atmosferi v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje mase

Hipoteza 2: skladiščenje v modificirani atmosferi v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje suhe snovi

Hipoteza 3: skladiščenje v modificirani atmosferi v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje kislin

Hipoteza 4: skladiščenje v modificirani atmosferi v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje trdote

Hipoteza 5: skladiščenje v modificirani atmosferi v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi pozitivno vpliva na barvo

Hipoteza 6: skladiščenje v modificirani atmosferi v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi pozitivno vpliva na večji AOP

Hipoteza 7: skladiščenje v modificirani atmosferi v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi ohrani več fenolnih snovi

2 PREGLED OBJAV

2.1 KEMIJSKA SESTAVA SLIV

Kemijske snovi lahko razdelimo na anorganske in organske. Skupino anorganskih snovi sestavljajo: voda, plini (CO₂, O₂ in N₂) ter mineralne snovi. Skupino organskih snovi sestavljajo: sladkorji (fruktoza, glukoza, saharoza), pektinske snovi, organske kisline, aminokisline, proteini, encimi, lipidi, aromatične snovi, etilen, rastlinska barvila (klorofil, karotenoidi in antociani), vitamini, hormoni (Gvozdenovič, 1989).

2.1.1 Voda

Vode je v sadju od 75 do 90 odstotkov. Količina vode v plodovih je odvisna tudi od tega, koliko vode pride v plodove pred obiranjem, in lahko niha tudi čez dan, če je temperaturno nihanje večje in če so druge razmere neugodne. Da bi bil pridelek večji, moramo plodove obirati tedaj, ko je v njih največ vode (Gvozdenovič, 1989).

2.1.2 Ogljikovi hidrati

Ogljikovi hidrati nastajajo pri procesu fotosinteze. Proces se odvija v zelenih delih rastline, pri čemer iz ogljikovega dioksida (CO₂) in vode (H₂O), v prisotnosti sončne svetlobe in klorofila, nastajajo ogljikovi hidrati v obliki sladkorjev z nizko molekulsko maso (fruktoza, glukoza in saharoza) in visoko molekulsko maso (škrob, celuloza, hemiceluloza in pektinske snovi) (Gvozdenovič, 1989).

2.1.3 Sladkorji

Z refraktometrom v odstotkih (1 % = °Brix) ugotavljamo količino suhe snovi v plodu. Glavni delež suhe snovi predstavljajo sladkorji (saharoza, glukoza, fruktoza, sorbitol). Z dozorevanjem se njihova skupna vsebnost povečuje. Kakšna bo količina sladkorjev v plodovih sadja, je odvisno predvsem od klimatskih razmer (Štampar in sod., 2005).

2.1.4 Organske kisline

Glavni delež organskih kislin v sadju predstavlja jabolčna kislina. Z dozorevanjem se vsebnost kislin zmanjšuje. To zmanjševanje je zelo odvisno od temperatur v okolju. Če so temperature visoke, se kisline zelo hitro zmanjšujejo, prav tako padajo škrobna vrednost in sladkorji (Štampar in sod., 2005).

Organske kisline imajo pomembno vlogo v metabolizmu plodov. Stopnja zrelosti plodov je pogosto povezana s količino organskih kislin ali pa z razmerjem med vsemi sladkorji in vsemi kislinami (Gvozdenovič, 1989).

2.1.5 Barvila

Barva sadja je eden od parametrov, ki določa stopnjo zrelosti. Barva epiderma in ostalih rastlinskih organov je posledica vsebnosti klorofila, karotenoidov in antocianov. Zelena barva izhaja iz pigmentov klorofila, od katerih je največ klorofila a in b, ki so v kožici plodov v razmerju 3:1. Količina klorofila je odvisna od sorte, prehrane, bujnosti, rodnosti itd. Nekaj tednov pred obiranjem se začne klorofil razgrajevati, pojavljati se začnejo karotenoidi, ki dajejo koži svetlejše barvne odtenke. V kožici zrelih plodov nastajajo še antociani, ki so dogovorni za rdečo, modro in vijolično obarvanje. Antociani so topni v vodi, so v vakuolah in dajejo intenzivno barvo, ki pogosto prekrije klorofile in karotenoide. Sinteza antocianov je odvisna od svetlobe, zato so deli plodov, ki so bolj osončeni, tudi bolj intenzivno obarvani (Gvozdenović, 1989).

Antociani predstavljajo skupino zelo razširjenih naravnih fenolnih snovi v rastlinah, ki so odgovorne za njihovo barvo. Barva je najpomembnejši indikator zrelosti pri mnogih sadežih in je najbolj odvisna od koncentracije in porazdelitve raznih antocianov v koži pa tudi od drugih dejavnikov, kot so svetloba, temperatura, etilen in agrotehnični ukrepi (Usenik in sod., 2008).

2.2 HRANILNA VREDNOST SLIV

Sliva je s stališča energetske in prehranske vrednosti cenjen sadež. Ima komercialni potencial kot sveže sadje in kot sadje za predelavo. Polovica v svetu pridelanih sliv se uživa svežih, druga polovica pa se predela v marmelade, suho sadje, kompote, sokove, koncentrate itd.

Slive predstavljajo odličen vir hranil in pomembno prispevajo k prehrani ljudi. So pomemben vir spojin, ki preventivno vplivajo na zdravje ljudi, saj preprečujejo pojav številnih bolezni. V zvezi s tem je potrebno omeniti predvsem njihovo vsebnost flavonoidov, antocianov, karotenoidov in fenolnih snovi, ki delujejo antioksidativno (Rop in sod., 2009).

Preglednica 1: Hranilna vrednost sliv (vrednosti so izražene na 100 g ploda brez koščice) (USDA, 2013).

Snov		Količina (g/100g)	
energija (v kcal/100 g)		179	
voda (g)		86,7	
beljakovine (g)		0,5	
skupne maščobe (g)		0,3	
ogljikovi hidrati (g)		10,2	
vlaknine (g)		1,6	
minerali (mg/100 g)	kalcij	6	
	železo	0,17	
	magnezij	7	
	fosfor	16	
	kalij	157	
cink		0,10	
	vitamini (mg/100 g)	vitamin C	9,5
		tiamin	0,028
		riboflavin	0,026
		niacin	0,417
vitamin B6		0,029	
folat		0,005	
vitamin A		80	
vitamin E		0,4	
vitamin K		0,0064	
maščobe (g/100 g)	nasičene maščobne kisline	0,017	
	mononenasičene maščobne kisline	0,134	
	polinenasičene maščobne kisline	0,044	

Yahia (2010), Sanders (1993) in Paš (2001) navajajo, da:

- Slive ter slivov sok zavirajo oksidacijo LDL.
- Uživanje sliv pripomore k večji absorpciji železa v telo, domnevno zaradi velike vsebnosti vitamina C.
- So slive dober vir vitamina A oziroma njegovih prekurzorjev (karotenov) in B2 ter prehranske vlaknine, kalija in železa.

Študije meritev, opravljenih na številnih vrstah sadja, so pokazale, da imajo slive med vsem mediteranskim sadjem najvišjo antioksidativno moč (Lombardi-Boccia in sod., 2004). Kim in sod. (2003) navajajo kar 4,4-krat večjo skupno antioksidativno moč sliv v primerjavi z jabolki.

Piga in sodelavci (2003) zagotavljajo teorijo o suhih slivah kot funkcionalnem živilu, zaradi pozitivnih učinkov na zdravje. Poleg odpravljanja težav z zaprtjem kaže na povezavo med uživanjem le-teh in zniževanjem glikemičnega indeksa ter upočasnitev procesa osteoporoze.

Vasantha Rupasinghe in sodelavci (2006) so z uporabo Folin-Ciocalteu reagenta določili vsebnost polifenolov v območju med 86 in 431 mg galne kisline/100 g svežega sadja.

Podobno raziskavo določanja vsebnosti skupnih fenolnih spojin v svežih slivah z uporabo enakega reagenta so opravljali Kim in sod. (2003), pri čemer so ugotovili razpon vrednosti med 174 in 375 mg galne kisline/100 g svežega sadja.

Rop in sodelavci (2009) v raziskavi predstavljajo slive kot odličen vir hranilnih snovi, pri čemer izpostavljajo vsebnost flavonoidov ter polifenolnih kislin v povezavi z visoko antioksidativno aktivnostjo. Vsebnosti fenolnih spojin v dvanajstih sortah sliv z uporabo Folin-Ciocalteu reagenta in ustrezno pretvorbo se v dani raziskavi gibljejo med 345 in 495 mg galne kisline/100 g svežega sadja.

2.3 ANTIOKSIDATIVNI POTENCIAL

Prosti radikali so visoko reaktivne molekule, ki se tvorijo v biokemijskih reakcijah. Živilski tehnologi so postavili definicijo, da so antioksidanti tiste sestavine živil oz. tisti dodatki živilom, ki so bodisi lovilci prostih radikalov ali tvorijo kelate s kovinskimi ioni ali pa kot reducenti kako drugače preprečujejo ali zmanjšujejo pojav žarkosti živil in drugih oksidativnih sprememb senzoričnih in prehranskih lastnosti živil. Dietetiki in nutricionisti pa definirajo antioksidante (endogene in eksogene) kot snovi, ki ščitijo telo pred kvarnim vplivom prostih radikalov, kovinskih ionov in raznih drugih oksidantov. Za živilske tehnologe so antioksidanti torej predvsem aditivi ali sestavine živil, ki podaljšujejo uporabnost le-teh, za tiste bolj v medicino in fiziologijo usmerjene strokovnjake pa so predvsem snovi, ki sodelujejo pri obrambi organizma pred potencialno škodljivimi oksidirajočimi snovmi (Vidrih in Kač, 2000).

Antioksidativni sistem lahko razdelimo v tri skupine.

Primarni antioksidanti so lahko že prisotni v organizmu ali pa jih tvorijo mikroorganizmi, s pomočjo encimov, glutation peroksidaze, superoksid dismutaze (SOD) in ceruloplazmina. Njihova vloga je preprečevanje tvorbe prostih radikalov.

Sekundarni antioksidanti nevtralizirajo novo nastale proste radikale in preprečujejo, da bi vstopali v verižne reakcije in tvorili nove proste radikale. Skupina je zelo obsežna, sem spadajo vitamini C, E, K, karoteni, albumini, polifenoli, nekateri mikrobnih polisaharidi, nekateri flavoni in flavonoidi.

Terciarni antioksidanti so snovi, ki popravljajo poškodbe, ki jih povzroči prosti radikal v strukturi celice (Kovač in Raspor, 2000).

Uživanje sadja in zelenjave je povezano z zmanjšanim rizikom nastanka raka, srčno-žilnih bolezni in bolezni osrednjega živčevja ter znižanjem krvnega tlaka. Glavni zaščitni učinek pripisujejo različnim antioksidantom v sadju in zelenjavi. Antioksidanti nudijo zaščito pred škodljivim vplivom prostih radikalov, ki povzročajo oksidativne spremembe na lipidih, proteinih in nukleinskih kislinah. Premajhna vsebnost antioksidativnih vitaminov v krvni plazmi poveča možnost nastanka omenjenih bolezni. Antioksidativni učinek je posledica vsebnosti polifenolov, predvsem nekaterih flavonoidov (flavonov, izoflavonov, flavanonov, antocianov, katehina in izokatehina) in v manjši meri vitaminov (Vidrih in Kač, 2000).

Antioksidanti v hrani so koristni, saj ščitijo živilo pred oksidativnimi poškodbami, kar se kaže v rjavenje sadja, neželenih vonjavah, okusu po žarkem oziroma kvaru hrane. Zato se antioksidanti uporabljajo kot konzervansi (npr. vitamina C in E).

Uporabnost antioksidantov je tudi v tem, da se lahko absorbirajo v človeško telo in s tem ugodno vplivajo na človekovo zdravje.

Slive vsebujejo več pomembnih sekundarnih metabolitov, kot so flavonoidi in fenolne kisline, ki imajo velik antioksidativni potencial. Slive imajo prav tako veliko vsebnost askorbinske kisline. Vsebnost askorbinske kisline v slivah je npr. večja kot pri bananah, jabolkih, marelicah in borovnicah (Manganaris in sod., 2008).

K antioksidativnemu potencialu pri slivah prispevajo predvsem fenolne snovi, ter manj vitamin C in karotenoidi.

Zelo pomemben dejavnik pri količini antioksidantov v slivah je čas obiranja, saj se količina pri zadnjem tednu zorenja poveča tudi za 38 % (Kristl in sod., 2011).

2.4 FENOLNE SPOJINE

Fenoli so aromatske spojine zgrajene iz hidroksilne skupine, ki je povezana z aromatično skupino. Imajo lahko dve ali več hidroksilnih skupin povezanih z aromatskimi obroči. Najpreprostejša oblika fenola so trije benzendioli. Vsi trije benzendioli imajo vezani dve hidroksilni skupini na benzenov obroč.

Fenolne spojine so zelo pomembne, saj prispevajo k barvi in stabilnosti sadja, v večjih koncentracijah pa so odgovorne za trpkost in grenak okus (Košmerl in Kač, 2004).

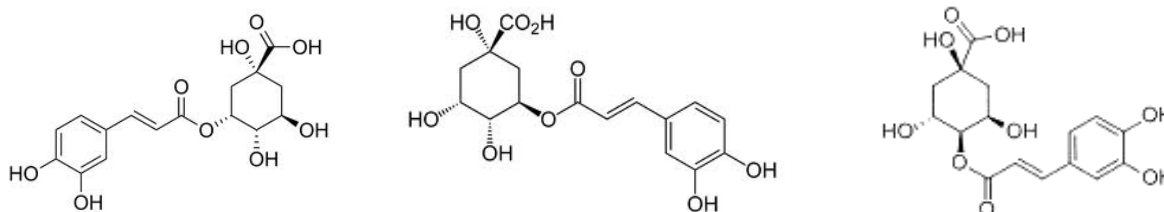
Količina fenolnih snovi v sadju je močno povezana z okusom sadja. Fenolne snovi so prav tako pomembne kot obrambni mehanizem sadja in prispevajo k njegovi barvi, kar močno vpliva na preferenco potrošnika ob nakupu sliv (Slimestad in sod., 2009).

Antioksidativen učinek sliv poteka preko več mehanizmov. Eden od načinov je direktna odstranitev prostih radikalov (Kris-Etherton in sod., 2002). Drug način je preprečitev nastanka prostih radikalov s keliranjem bakra in železa. Tretji način pa je regeneracija drugih antioksidantov, kot je tokoferol (McAnlis in sod., 1999).

Dokazano je, da hrana z veliko vsebnostjo flavonoidov in fenolnih kislin prispeva k manjši verjetnosti za obolevanje za srčno-žilnimi boleznimi (Hertog in sod., 1997). Flavonoidi prav tako delujejo proti nastanku čira na želodcu, proti krčem, diareji (Carlo in sod., 1999), imajo antihepatotoksične lastnosti (Beretz in Cazenave, 1988) in preprečujejo nastanek prostih radikalov (Van Aceker in sod., 1995; Vasantha in sod., 2006).

Pomembne fenolne snovi v slivah so hidroksicinamatne kisline: neoklorogenska kislina, klorogenska kislina in kriptoklorogenska kislina (Donovan in sod., 1998).

Neoklorogenska kislina predstavlja 73 % vseh fenolnih spojin v slivah, klorogenska pa 13 %. Skupaj predstavljajo hidroksicimatne kisline 86 % vseh fenolnih spojin v slivah. Manj je antocianidinov (7 %), flavan-3-olov (5 %) in flavonolov (2 %) (Tokusoglu, 2011).



Slika 1: Glavne fenolne snovi v slivah (neoklorogenska kislina, klorogenska kislina in kriptoklorogenska kislina) (Goncuoglu in sod., 2013).

Večina fenolnih snovi (posebno antociani in neoklorogenska kislina) je koncentriranih v koži slive, kar pomeni, da barva slive kaže na količino fenolnih snovi in s tem količino antioksidantov.

Glavne fenolne snovi, ki vplivajo na barvo slive so: cianidin 3-rutenozyd, cianidin 3-glukozid in peonidin 3-rutinozyd (Vasantha in sod., 2006).

Preglednica 2: Fenolne snovi, prisotne v slivah (Tokusoglu, 2011).

FLAVONOIDI	Antocianidini	cianidin 3-glukozid cianidin 3-rutinozyd peonidin 3-glukozid peonidin 3-rutinozyd
	Flavan-3-oli	procianidin katehin
	Flavonoli	rutin kvertecin kamferol miricetin
FENOLNE KISLINE	Hidroksicimatne kisline	klorogenska kislina neoklorogenska kislina kriptoklorogenska kislina

2.5 BOTANIČNA RAZVRSTITEV IN UPORABNOST SLIVE

Sliva je zelo raznolika sadna vrsta, ki se je razvijala v različnih okoljskih razmerah. Uspeva predvsem na območjih severne geografske širine. Žlahtne sorte sliv so nastale iz štirinajstih vrst, ki glede na izvor spadajo med evropske, orientalske in ameriške vrste sliv. Današnja razvrstitev deli žlahtne sorte sliv na skupino evropskih in skupino kitajsko-japonskih (Štampar in sod., 2005).

V skupino evropskih sliv spadajo sorte, ki izvirajo iz skupine domača sliva (*Prunus domestica* L.) ali cibora (trnasta sliva- *Prunus insititia* L.) in so heskaploidi, kar pomeni da

imajo šestkratno število kromosomov. Plodovi imajo mehko meso, ki je odličnega okusa. Pri sortah, ki izhajajo iz vrste domača sliva meso odstopi od koščice in jih imenujemo cepke. Plodovi sliv, katerih meso ne odstopi od koščice, imenujemo kostenice in izhajajo iz cibore.

Plodovi sliv so uporabni sveži, posušeni, predelani v marmelado in kompote ter v žganje, vino ali kis- odvisno od vsebnosti suhe snovi v plodu. V strokovnih virih je omenjenih okoli 2000 evropskih sort sliv, število zanimivih za predelavo pa je zelo omejeno (Štampar in sod., 2005).

Sliva je v Sloveniji tradicionalna sadna vrsta, saj je bila še sredi 19. stoletja najštevilčnejša sadna vrsta. Ob koncu 19. stoletja je bila vodilna sorta domača češplja, pozneje pa so se razširile tudi druge sorte iz skupine evropskih sliv. V zadnjem letu se je izbor obogatil tudi z nekaterimi sortami kitajsko-japonskega izvora.

Sorte evropske skupine sliv niso zahtevne glede okoljskih razmer, saj jih lahko uspešno pridelujemo tudi na nadmorskih višinah do 900 metrov. Slive niso zahtevne glede tal, priporočljivo pa je, da jih sadimo v dovolj globoko v zemljo, ki ima nevtralen do šibko kisel pH. Večina sort zelo dobro prenaša nizke zimske temperature. Nevarnejše so spomladanske pozebe, ki pa se jim lahko izognemo z izbiro primerne sadjarske lege. Najbolj ugodne so vzhodne in jugovzhodne lege. Ustrezajo jim območja s srednjo letno vsoto padavin od 700 do 1400 milimetrov in primerno vlažnostjo zraka (Štampar in sod., 2005).

Sorte sliv so glede opráševalnih odnosov zelo raznolike. Nekatere so samooplodne (avtofertilne) ter se oplodijo z lastnim cvetnim prahom, druge so samoneplodne (avtosterilne) in za normalen pridelek potrebujejo navzkrižno medsortno opráševanje. V bližino samoneplodnih sort je treba posaditi sorte, ki cvetijo sočasno z glavno sorto in jo dobro oprášujejo. Poleg teh obstajajo tudi delno samooplodne sorte, ki se delno oplodijo z lastnim cvetnim prahom, zraven pa potrebujejo tudi cvetni prah primernih opráševalnih sort. Sliva je žužkocvetna (entomofilna) rastlina, zato je prisotnost čebel v času cvetenja zelo pomembna (Štampar in sod., 2005).

Slivo uvrščamo v kraljestvo *Plantae* (rastlin), red *Rosales* (šipkovci), družino *Rosaceae* (rožnice), poddružino *Amygdoideae* (koščičastoplodne rožnice), rod *Prunus* (sliva).

2.6 PRIDELOVANJE SLIV NA NORVEŠKEM

Pridelovanje sliv na Norveškem ima dolgo tradicijo. Začeli so jih pridelovati že v srednjem veku. Slive so bile vzgojene na vrtovih samostanov v obdobju med letoma 1100 do 1500. Slive so postale pomembno sadje v poznem 18. stoletju. Število slivovih dreves je doseglo več kot milijon v času druge svetovne vojne.

Fjord Hardanger je glavno območje pridelovanja sadja na Norveškem. Pridelujejo jih manjše družinske kmetije v velikosti med 2 in 5 hektarji. Pridelujejo štiri vrste sadja: češnje, hruške, jabolka in slive. Norveška proizvodnja svežih sliv obsega približno 1000

ton na leto. V zadnjih letih se je proizvodnja povečala in je sliva druga najpomembnejša sadna vrsta na Norveškem.

Norveška ima zaradi prisotnosti zalivskega toka Atlantskega oceana zelo ugodno klimo za vzgajanje slive predvsem na zahodni obali. Brez tega vzgajanje sadnih dreves na tem podnebnem pasu (58-62 °N) ne bi bilo mogoče, saj ta tok obvaruje drevesa in sadeže pred zmrzaljo. V zgodnjem poletju pride do pomanjkanja vode, kar pa rešujejo z namakanjem. Bližina snega in jezer omogoča zadostno napajanje z vodo v večini pridelovalnih območij. Sadovnjaki so postavljeni na zemlji, ki je topla in ima dobro drenažo.

Glavni sorti, ki ju pridelujejo, sta Opal in Victoria. Sorta st. Julien je največkrat uporabljena za podlago. Gojitvena oblika slive na Norveškem je najpogosteje ozko vreteno v razmaku 2 x 4,5 m ali 1,75 x 4 m.

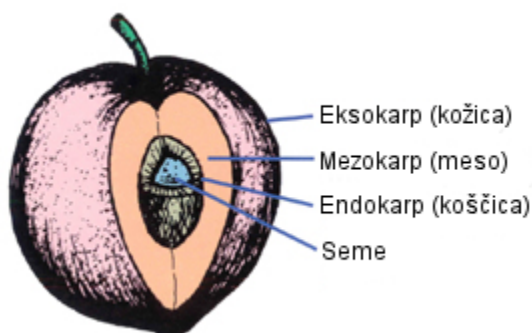
Področja, kjer pridelujejo sadje, so priljubljene turistične destinacije, tako da je proizvodnja sliv na Norveškem pomembna tudi s tega vidika (Sekse, 2007).

2.7 SORTE SLIV

Za Norveško so značilne predvsem tri sorte sliv: 'Excalibur', 'Mallard' in 'Reeves'. Vse tri so bolj okrogle oblike in svetlejših barv kot slive ki jih pridelujemo v Sloveniji, vendar je njihova sestava enaka kot slovenskih.

2.7.1 Opis ploda

Kožica (eksokarp) je tanka in različno obarvana ter ščiti plod pred zunanjimi vplivi. Meso (mezokarp) je sočno in prijetno sladkokislega okusa. V sredini je koščica (endokarp), ki se pri nekaterih kultivarjih loči od mesa, pri drugih pa je čvrsto zaraščena z mesom. Pecelj je razmeroma kratek in se pri dozorelih plodovih zlahka loči od rodne vejice. Plodove uporabljamo sveže in jih predelujemo v sokove, marmelade, žganje, ter sušimo (Sancin in Adamič, 1988).



Slika 2: Prikaz sestave ploda slive (Johnson, 2011).

2.7.1.1 Excalibur

Sorta 'Excalibur' so vzgajali leta 1980 v Bristolu v Veliki Britaniji. Nastala je v času, ko se je povečalo zanimanje potrošnikov za slive. Pridobili so jo z žlahtnenjem tradicionalne angleške sorte Victoria in ima od nje večji plod in boljši okus. Plod je srednje velik, vijolične barve in sladkega okusa. Zaradi okusa se pogosto uporablja v sladica. Sorta je samosterilna, čas obiranja pa je v zgodnjem septembru (Excalibur plum, 2013).



Slika 3: Sorta 'Excalibur' (Excalibur plum, 2013).

2.7.1.2 Mallard

Sorto 'Mallard' so vzgajali leta 1885 v Hertfordshiru v Veliki Britaniji. Ima srednje velik plod rdeče barve in sladkega okusa, zaradi česar se pogosto uporablja v sladica. Drevo je trpežno, saj dobro prenaša ekstremne temperature. Je samosterilna sorta, njen čas obiranja pa je sredi avgusta (Mallard plum, 2013).



Slika 4: Sorta 'Mallard' (Mallard plum, 2013).

2.7.1.3 Reeves

Sorto je odkril A. Reeves leta 1940 v Chilliwacku, British Columbia, v Kanadi. Kot gojeno sorto so jo začeli uporabljati leta 1940. Ima velik in okrogel plod, blede rdeče barve. Njegovo meso je čvrsto in rumene barve. Je sladkega okusa, zaradi česar se uporablja za vkuhanje in v sladica. Drevo zelo obilno obrodi. Je samosterilna sorta, njen čas obiranja je sredi avgusta (Reeves plum, 2013).



Slika 5: Sorta 'Reeves' (Reeves plum, 2013).

2.8 ZORENJE SLIV

Zrelost sadja ob obiranju je najpomembnejši dejavnik, ki določa koliko časa se bo sadje lahko skladiščilo in kakšna bo kvaliteta sadja ob koncu obiranja. Premalo zrelo sadje je bolj podvrženo nagubanosti lupine in mehanskim poškodbam, okus ob zrelosti pa je slabši. Obiranje sadja, ko je prezrelo pa pomeni, da bo sadje premehko in kašasto z neugodnim okusom kmalu po obiranju. Sadje, ki je obrano, ko je prezrelo ali premalo zrelo od optimalnega, je bolj podvrženo mehanskim poškodbam v procesih, ki potekajo po obiranju (transport, skladiščenje, pakiranje) (Kader, 1999).

Zorenje je proces fizioloških in biokemijskih sprememb kot so sprememba osnovne barve kože, mehčanje sadnega tkiva in razvoj karakteristične arome in vonja. Te spremembe pospešuje plin etilen. Količina etilena, ki ga sadje in zelenjava sproščata, je specifična za vsako vrsto (Dixon in Hewett, 2000).

Sadje in zelenjava so živi proizvodi, ki s časom zorijo in se kasneje začnejo starati zaradi poškodb rastlinskega tkiva. Tudi po obiranju sadja z drevesa potekajo procesi zorenja, kar povzroči postopne spremembe v kakovosti.

2.8.1 Fiziološki razvoj sadja

Fiziološki razvoj plodov razdelimo na naslednja obdobja: oploditev, rast, zorenje, dozorevanje in staranje.

Kakovost plodov je genetsko zasnovana lastnost. Vendar pride do popolnega izraza le, če rastejo rastline v optimalnih razmerah. Kakovost izboljšamo, če primerno obremenimo drevo in so plodovi dobro osvetljeni. Za razvoj boljše kakovosti so potrebne dobre klimatske razmere, dnevne temperature okoli 25 °C in hladne noči.

Po oploditvi se začne plodič razvijati s hitro delitvijo celic. Nato se deljenje celic ustavi, število plasti celic se konča in celice začnejo rasti.

Blizu maksimalne velikosti vstopi plod v čas zorenja. Plodovi so v tem obdobju razviti, dosežejo določeno velikost in težo, ki sta pogojeni z genetskimi in ekološkimi pogoji. V tem obdobju se začnejo korenite spremembe, katerih rezultat je najprej fiziološka zrelost,

sledi ji tehnološka zrelost in nazadnje užitna zrelost, kar imenujemo klimakterij (Jazbec in sod., 1990).

Sledi obdobje dozorevanja, ki zavzema končne faze zorenja in že prve faze staranja. V tem obdobju se fiziološko zrel, vendar še neužitni plod preoblikuje v plod, ki je vizuelno atraktiven in ima optimalno aromo. To je faza z visoko anabolično in katabolično aktivnostjo.

V obdobju staranja prevladajo katabolni procesi nad anaboličnimi (Willis in sod., 1981).

Slive so pogosto obrane pred stopnjo užitne zrelosti. Obiranje v tehnološki zrelosti podaljša življenjsko dobo, upočasni izgubo trdote mesa, kislosti in osnovne barve; po drugi strani pa manj zrelo sadje ne razvije tipične polne arome in ni dobrega okusa za uživanje (Lidster in sod., 1983; Patterson in sod., 1974; Song in sod., 1996).

2.8.2 Stopnje zrelosti sadja

Po Jazbecu in sodelavcih (1990) poznamo tri stopnje zrelosti plodov: fiziološka, tehnološka in užitna.

2.8.2.1 Fiziološka zrelost (drevesna ali botanična zrelost)

Fiziološko zrelost dosežejo plodovi, ko preneha dotok hranilnih snovi iz drevesa v plodove in se začne tvoriti delilno tkivo, ki loči pecelj od veje oziroma ploda. V tem obdobju je seme že doseglo zmožnost kaljenja, plodovi pa vsebujejo najboljše organoleptične lastnosti, saj so v njih nakopičeni asimilati, kot so škrob, protopektin in kisline. V pravilnem razmerju so si tako čvrstost mesa, obarvanje in kemične lastnosti. Obiranje v tem času ne vpliva več neugodno na končno kakovost obranih plodov.

2.8.2.2 Tehnološka zrelost (uporabna zrelost)

Tehnološko zrelost dosežejo plodovi, ko ustrezajo zahtevam uporabnosti. Tako sadje je namenjeno za trg in je med fiziološko in užitno zrelostjo.

Na splošno velja, da je sadje:

- za sušenje tehnološko zrelo, ko dosežejo plodovi najvišji odstotek sladkorja in se začnejo na drevesu grbančiti
- za predelavo tehnološko zrelo, ko na drevesu toliko dozori, da ga z lahkoto oberemo oziroma stresemo
- za skladiščenje tehnološko zrelo v času fiziološke zrelosti

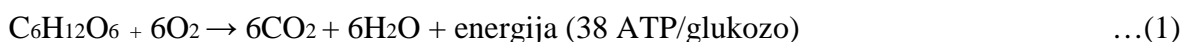
2.8.2.3 Užitna zrelost

Užitna zrelost nastopi po fiziološki zrelosti, ko se fizikalna in kemična sestava plodov toliko spremenita, da postanejo ti užitni. Nastane pravilno razmerje med kislino, sladkorjem in drugimi sestavinami v plodu, ki mu dajo značilen okus, sočnost in aromo.

2.8.3 Dihanje sadja

Pomemben proces zorenja je dihanje sadja. Dihanje sadja je proces, pri katerem se kisik (O_2) pretvori v ogljikov dioksid (CO_2). Pri tem procesu pride do razpada ogljikovih hidratov in drugih snovi, ki prispevajo k svežosti, okusu in splošni kvaliteti sadja.

Pri dihanju se glukoza popolnoma razgradi v preproste anorganske snovi, CO_2 in H_2O .



Dihanje je eden izmed glavnih procesov, ki se odvijajo v vsaki živi celici. Pri dihanju gre za zaporedje velikega števila encimskih reakcij, oziroma za oksidativno razgradnjo kompleksnih spojin, kot so ogljikovi hidrati, proteini in lipidi, v preprostejše molekule (CO_2 in H_2O). Pri tem procesu se sprošča energija (Lee in sod., 1995).

Hitrost dihanja sadja je odvisna od koncentracije O_2 . Pri nizki vsebnosti O_2 je dihanje upočasnjeno, zaradi česar se upočasni tudi staranje sadja in podaljša obstojnost. Če pade količina O_2 prenizko, se aerobni metabolizem spremeni v anaerobnega, kar ima lahko negativne posledice na kakovost sadja (Gvozdenović, 1989).

2.8.4 Klimakterično sadje

Sadje lahko razdelimo na dve skupini:

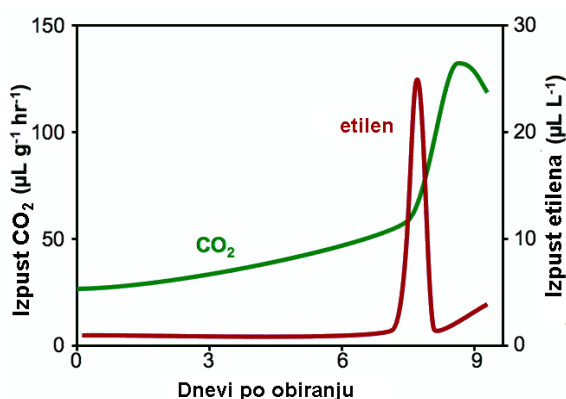
- sadje pri katerem se procesi zorenja končajo po obiranju (jagodičevje, češnje, citrusi, grozdje, ananas, liči, granatno jabolko)
- sadje, ki se obere zrelo in nadaljuje procese zorenja tudi po obiranju z drevesa (jabolka, marelice, avokado, banana, slive, guava, mango, nektarine, papaja, pasijonke, hruške, breskve) (Kader, 1999)

Sadje v prvi skupini proizvaja manjše količine etilena in se na dodane količine etilena odziva samo z razgradnjo klorofila. To sadje se mora obrati ob polni zrelosti, da omogočimo dobro kakovost okusa.

Predstavnike druge skupine imenujemo klimakterično sadje in proizvaja večje količine etilena s čimer nadaljujejo procese zorenja. Dodane količine etilena temu sadju povzroči pospeševanje zorenja (Kader, 1999).

Klimakterično sadje je sadje, pri katerem prihaja do pospešenega procesa dihanja tik pred zorenjem.

Intenzivnost dihanja klimakteričnega sadja se med zorenjem sadja spreminja. Navadno jo izražamo v mililitrih izločenega CO₂ na kilogram v eni uri. Najintenzivnejše je dihanje v zelenih plodovih, z zorenjem pa se ta intenzivnost zmanjšuje. V začetku zorenja se intenzivnost dihanja znova poveča. To imenujemo klimakterični vzpon dihanja. Ko je klimakterični maksimum dosežen, se intenzivnost dihanja spet zmanjšuje (Gvozdenović, 1989).



Slika 6: Razmerje med tvorbo etilena in klimakterično rastjo v času po obiranju (Koning, 1994).

Po klimakteriju sledi proces senescence oziroma staranja. V procesu senescence se barve spremenijo iz zelene proti rdeči, po okusu je sadje bolj sladko, bolj sočno, mehko in aromatično.

Sadje začne proizvajati encime, ki spreminjajo kvaliteto sadja. Nezrelo sadje je ponavadi zelene barve, je trdo, vsebuje škrob, veliko kislin in je brez vonja. Med procesom zorenja pride do transkripcije in translacije genov za proizvodnjo hidrolitičnih encimov. Nekateri razgradijo klorofil, nekateri sintetizirajo antociane, nekateri pretvorijo škrob v sladkor (amilaze), nekateri razgradijo pektin (pektinaze), zaradi česar pride do mehčanja sadja. Drugi encimi pretvorijo organske kisline v snovi z nevtralnim pH-jem, zaradi česar ima sadje manj kisel okus. Sladkor, ki nastane z razgradnjo škroba, se raztopi v vodi, ki vstopa v sadje preko ksilema. Nekateri encimi razgradijo organske kisline brez vonja v manjše aromatične kisline (Fonseca in sod., 2002).

Tako dihanje kot količina oddanega etilena sta med drugim odvisna od temperature. Nizke temperature omogočajo počasnejše dihanje sadja in manjše sproščanje etilena.

2.9 PARAMETRI ZRELOSTI SLIV

Med zorenjem pride v sadju do mnogih fizioloških, biokemijskih in strukturnih sprememb, ki jih lahko identificiramo z merjenjem določenih fiziološko-kemijskih parametrov. Pri slivah so določili več parametrov zrelosti, ki imajo osnovo v barvi kože in mesa, čvrstosti,

pojavo določenih snovi (hlapnih, nestanovitnih, spremenljivih), vsebnost topne suhe snovi in titrabilnih kislin (Nunes in sod., 2009).

2.9.1 Masa

Masa ploda je spremenljiva vrednost, ki je odvisna od klimatskih in agronomskih razmer, kakor tudi od števila in lege plodov na drevesu. Glede na maso ločimo: zelo malo sadje (5-10 g), malo (10-20 g), srednje (20-40 g), skoraj veliko (40-50 g), veliko (50-60 g) in zelo veliko (60-80 g) (Walkowiak-Tomczak in sod., 2008).

Masa ploda ter vsebnost suhih in netopnih snovi sta pomembni kvalitativni lastnosti sadeža. Ti dve določata okus sadeža in njegovo primernost za predelavo. Kupci najprej opazijo velikost in barvo sadja. Večje sadje bolj odžeja in ima manj kalorij, manjše sadje pa je bolj sladko in primerno za predelavo (Taylor in sod., 1993).

2.9.2 Trdota

Prekomerno mehčanje sadja je največji omejevalni dejavnik pri skladiščenju sliv. Slive, ki so na otip mehke, so primerne za takojšno uporabo.

Mehčanje sadje je proces, pri katerem pride do hidrolitičnih procesov, kjer pride do razgradnje sestavin celične stene, kot so celuloza, hemiceluloza in pektin s pomočjo hidrolitičnih encimov. Spremembe v teksturi sadja igrajo pomembno vlogo pri določitvi zrelosti sadja in njene primernost za prodajo (Payasi in sod., 2009).

Trdota sadja v kombinaciji z vsebnostjo suhe snovi se pogosto uporablja kot indikator, kdaj je sadje primerno za predelavo, ne vpliva na sam okus sadja (Manganaris in sod., 2008).

2.9.3 Vsebnost topne suhe snovi in titrabilnih kislin

Vsebnost topne suhe snovi predstavlja količino sladkorjev, organskih kislin in drugih vodotopnih sestavin v soku sadja. Vsebnost topne suhe snovi se meri s pomočjo refraktometra. Z njim določimo delež čiste saharoze, ki je glavna sestavina sadnega soka in je izražena v °Brix. Vsebnost topne suhe snovi je pomembna, saj nam pove, kdaj je sadje dovolj sladko za uživanje. Pri slivah je ta vrednost približno 16 °Brix. Pogosto se meri skupaj s trdoto.

Vsebnost topne suhe snovi in titrabilnih kislin je zanesljiv pokazatelj zrelosti, saj vsebnost sladkorjev tekom zorenja narašča, vsebnost kislin pa pada. Vendar imajo tudi ti parametri določene omejitve, saj se je izkazalo, da variirajo glede na položaj ploda na drevesu in glede na okoljske razmere. Nunes in sodelavci (2009) opozarjajo, da je potrebno za vsako sorto posebej izdelati set zrelostnih parametrov in tudi te je treba prilagoditi končnemu namenu uporabe sadja.

Zrelost pri obiranju je najpomembnejši dejavnik za kakovost končnega produkta. Pri slivi se zrelost običajno določa glede na vsebnost topne suhe snovi in titrabilnih kislin (Nunes in sod., 2009).

Nunes in sodelavci (2009) so predstavili pomen indeksa TSS/TA. Z merjenjem skupne suhe snovi (TSS) preko refraktometra določimo količino vseh sladkorjev v sadju. Titrabilne kisline (TA) izmerimo preko titracije in predstavljajo količino vseh kislin v sadju. Vrednost indeksa blizu 1 pomeni, da je sadje primerno za obiranje, vrednost blizu 0 pomeni neprimerno za obiranje.

2.9.4 Barva

Barvo slivam dajejo predvsem karotenoidi in antociani. Obeh je največ v kožici sliv. Največji prispevek k površinski barvi sliv dajejo antociani. Glavni antociani v slivah so cianidin 3-rutenozid in peonidin 3-rutenozid. Akumulacija antocianov je odvisna od sorte slive. Slive, katerih meso je bolj rdeče barve, vsebujejo več antocianov. Vsebnost antocianov pa je odvisna tudi od lege slive na drevesu. Poleg prispevka k barvi imajo antociani velik pomen pri prehrani, saj jih uvrščamo med naravne antioksidante, čeprav vsebnost antioksidantov ni vedno v korelaciji z vsebnostjo fenolov. Karotenoide uvrščamo med naravne, v maščobah topne pigmente, ki so derivati izoprena. Glavni karotenoidi v slivah so β -karoten in kriptoksantin. Prispevajo k rumeno-oranžni barvi in jih najdemo v mesu slive (Manganaris in sod., 2008).

Z zorenjem sadja se barve spreminjajo iz zelene proti rdeči do rumene. Barva je lahko indikator zrelosti, a nekatere sorte razvijejo barvo že pred zrelostjo, zato ta karakteristika nima ključnega pomena za določitev časa obiranja. Tudi čvrstost plodov ima omejen pomen, saj nanjo zelo vpliva velikost plodov. Velja pravilo, da so večji plodovi manj čvrsti. Barva sadja je spremenljiva in jo zato upoštevamo pri določitvi časa obiranja (Walkowiak-Tomczak in sod., 2008).

2.10 SKLADIŠČENJE

Pravilno skladiščenje lahko podaljša obstojnost sadja tudi med 300-800 %. Parametri, ki na to vplivajo so: temperatura, vlaga in modificirana atmosfera. Vzdrževanje ustrezne temperature, mešanice plinov in vlage v pakiranju so pomembni elementi za podaljšanje obstojnosti sadja. Optimalne razmere skladiščenja se razlikujejo glede na vrsto sadja, stopnjo obdelave sadja, zrelost sadja ob obiranju in mnoge druge dejavnike (DTI, 2008).

Koščičasto sadje kot so slive so živila, ki dihajo in so hitro kvarljiva, z aktivnim metabolizmom tako med zorenjem na rastlini, kakor po obiranju, zaradi česar moramo po obiranju hitro poskrbeti za ustrezno skladiščenje.

Preglednica 3: Optimalne razmere skladiščenja za različne vrste sadja in zelenjave (DTI, 2008).

Sadje/zelenjava	Temperatura (°C)	Relativna vlaga (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
Banana	12-15	85-100	2-5	3-5
Kalčki	0	90-98	5	15
Gobe	0-5	90-98	5	10
Paradižnik	8-21	85-98	3-5	5-10
Cvetača/Brokoli	0-5	90-95	2	5
Kumara	8-12	90-95	3-5	0
Solata	0-5	95	2-5	0
Paprika	8-12	90-95	3-5	2
Grenivka	10-15	85-90	3-10	5-10
Breskev	0-5	90	1-2	5
Jabolko	0-5	90	2-3	1-2
Hruška	0-5	90-95	2-3	0-1
Sliva	0-5	90-95	3	8
Jagoda	0-5	90-95	10	15-20

Optimalne skladiščne razmere za slive so (DTI, 2008):

- Temperatura: 0-5 °C
- Relativna vlaga: 90-95 %
- Količina O₂: 3 %
- Količina CO₂: 8 %

2.10.1 Fiziološke napake sliv povezane z dolgotrajnim skladiščenjem

Slive spadajo med klimakterično sadje in se po zorenju začnejo hitro kvariti, kar se kaže kot mehčanje sadja, dehidracija in pojav gnilobe. Komercialni način skladiščenja (0-5 °C, 80-95 % relativna vlaga) lahko kvar živila za nekaj časa zakasni, vendar hkrati lahko pride do napak, povezanih s skladiščenjem, kot so: rjavenje mesa sadja, prozornost mesa, akumulacija rdečega pigmenta (»krvavenje sadja«) in izguba okusa. Ti simptomi skladiščenja nastanejo zaradi poškodb pri zmrzovanju (Manganaris in sod., 2008).

Poleg mnogih drugih prednosti je prednost hlajenja tudi ta, da zmanjša izločanje etilena in zmanjša občutljivost sadja. Hlajenje med skladiščenjem je priporočeno, da podaljša obstojnost in kakovost sadja po obiranju. Pri slivah morajo biti pogoji skladiščenja zelo nadzorovani zato, da preprečimo pojav napak, povezanih z zmrzovanjem.

Med napake, povezane z zamrznjenjem sadja, spadajo: prosojnost sadja, pomanjkanje sočnosti, rjavenje sadja, akumulacija rdečega pigmenta (krvavenje sadja) in zaustavitev zorenja. Podvrženost slive tem napakam je odvisna od sorte. Večina sort pa je podvržena tem napakam pri skladiščenju pri 5 °C. Zaradi tega so priporočene razmere skladiščenja pri 0 °C in 95 % relativne vlage, saj te razmere zakasni pojav teh napak, ki nastanejo pri višjih temperaturah (2-8 °C) (Manganaris in sod., 2008).



Slika 7: Prikaz poškodb, povezanih s skladiščenjem: zamrznjenost, izcejanje soka, kombinacija prosojnosti in porjavenja slive (Manganaris in sod., 2008).

Pojav poškodb pri slivah še ni točno pojasnjen. Pri normalnem zorenju se sestavine celične stene raztopijo, pektini pa se depolimerizirajo. Pri zorenju sliv pride do napak v metabolizmu celične stene, pri čemer pride do zmanjšane raztapljanja snovi celične stene in zmanjšane depolimerizacije pektina. Napake sliv, povezane s hlajenjem, so povezane tudi z njihovimi klimakteričnimi lastnostmi. Pojav teh napak lahko zmanjšamo z dodatkom 1-metilciklopropena (1-MCP), ki je inhibitor izločanja etilena (Manganaris in sod., 2008).

2.10.2 Skladiščenje v modificirani atmosferi

Med običajno pakiranje spadajo vse vrste pakiranja, pri katerih sestava zraka znotraj pakirne enote ni spremenjena. V skladišču je torej prisoten zrak in se ga ne nadomešča z drugimi plini.

Modificirano atmosfero lahko definiramo kot atmosfero, ustvarjeno s spreminjanjem normalne atmosfere (21 % kisika in 0,03 % ogljikovega dioksida), s čimer zagotovimo atmosfero, ki bo podaljšala obstojnost in kakovost živila, ter s tem podaljšana možen čas skladiščenja. Modificirano atmosfero dosežemo s skladiščenjem v kontrolirani atmosferi (CA) ali pakiranjem v modificirani atmosferi (MAP). Z izjemo pekarskih izdelkov se modificirana atmosfera vedno uporablja v kombinaciji z niskimi temperaturami (od -1 do 7 °C) (Robertson, 2006).

Pri CA skladiščenju moramo imeti točno kontrolo nad koncentracijo kisika in ogljikovega dioksida v okolici svežega sadja. CA je bolj primerna za dolgoročno skladiščenje (Zhang in Chen, 2009).

MAP se uporablja za manjše količine svežega proizvoda, kateremu atmosfero spremenimo samo na začetku. Z MAP tehniko lahko pasivno ali aktivno kontroliramo oziroma modificiramo atmosfero okoli živila znotraj določene vrste embalaže. Aktivno pomeni, da prvotno sestavo zraka zamenjamo z zeleno mešanico plinov. Pri pasivnem MAP zapakiramo živilo v embalažo pri čemer se zelena atmosfera ustvari naravno, kot posledica dihanja živila in prehajanja (difuzije) plinov skozi embalažo (Zhang in Chen, 2009).

Pri MAP z nižanjem O₂ in CO₂ omogočimo kasnejše zorenje produkta, saj s tem upočasnimo dihanje sadja, izločanje etilena, izgubo teksture. Prav tako se dalj časa ohranijo barvila v sadju (klorofil in drugi), zmanjša se tudi možnost mikrobiološkega kvara, zakasnila se zorenje sadja in senescenca.

Problemi MAP-a so, da lahko pod določenimi pogoji ustvari slab priokus pri sadju in gnitje, kar izniči koristi v manjši izgubi mase (Golias in sod., 2010; Kader in sod., 1989).

Vsebnost CO₂ več kot 15 % in vsebnost O₂ manj kot 1.0 % lahko že povzročita poškodbe na slivah. Priporočena vrednost CO₂ je med 0 in 5 %, vendar je težko vzdrževati take razmere iz ekonomskega vidika. Vrednosti CO₂ nad 4 % pri skladiščenju, ki je daljše od 45 dni, povzroči poškodbe povezane s hlajenjem in tvorbo priokusa. To velja predvsem za sorte, ki hitro zorijo (Kader, 1999).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

Meritve smo opravljali na treh sortah sliv: 'Excalibur', 'Reeves' in 'Mallard'. Plodove smo obrali v tehnološki zrelosti.

Del vzorcev je bilo skladiščenih v modificirani atmosferi (10 % CO₂ in 10 % O₂) v vrečkah z znano prepustnostjo (X-tend), drugi del vzorcev pa je bilo skladiščenih brez modificirane atmosfere. Določali smo maso, vsebnost kislin, trdoto, barvo, količino suhe snovi, antioksidativni potencial in količino fenolnih snovi v različnih časih skladiščenja. Skladiščenje je trajalo od 4. septembra 2009 do 20. oktobra 2009.

Vzorci so bili nato shranjeni za analize antioksidativnega potenciala in fenolnih snovi v obliki raztopine sadne kaše in metafosforne kisline za ohranjanje količine askorbinske kisline.

3.2 METODE

3.2.1 Meritve vzorcev

Analiza vzorcev je potekala v dveh fazah.

Meritve trdote, mase, vsebnosti kislin, barve in topne suhe snovi so bile opravljene na Inštitutu Bioforsk – Lofthus na Norveškem. Za vsakega od parametrov so opravili meritve na 40 vzorcih sliv.

Meritve antioksidativnega potenciala in fenolnih snovi so bile opravljene na Oddelku za živilstvo Biotehniške fakultete. Za merjenje teh dveh parametrov je bil na voljo po en vzorec raztopine sadne kaše in metafosforne kisline vsake sorte v obeh načinih skladiščenja za vsa obdobja (0, 14, 28 in 42 dni).

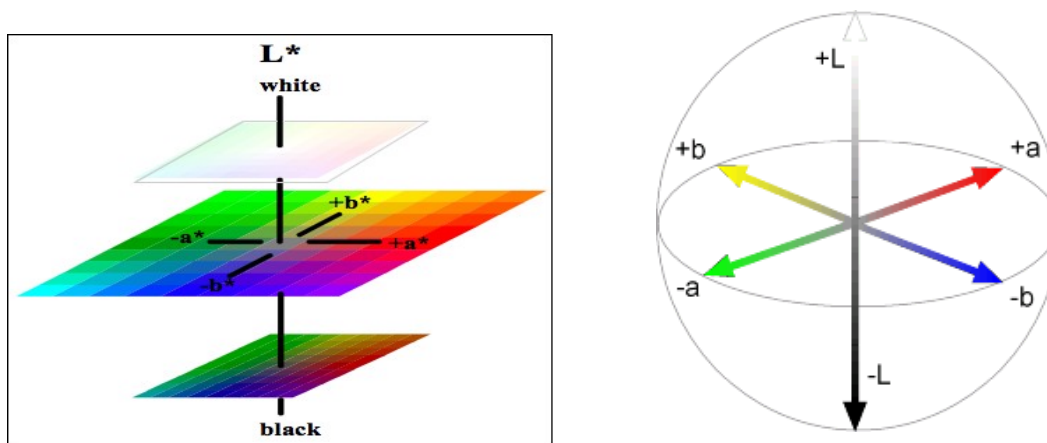
3.2.2 Določanje trdote plodov

Trdoto plodov smo določali s penetrometrom Durofel[®] (Copa-Technologie S.A., Paris, Francija) z batom površine 0,25 cm² z območjem od 0-100 (0 = mehko, 100 = trdo).

3.2.3 Določanje barve plodov

Barvo plodov smo določali s kolorimetrom Minolta. Kolorimeter je naprava za merjenje valovne dolžine ter jakosti elektromagnetnega valovanja v vidnem območju spektra. Barvo

vzorca razdeli na tri dele, ki jih predstavi s točko v tridimenzionalnem koordinatnem sistemu. Rezultat nam poda v L^* , a^* in b^* koordinatah. L^* parameter določa svetlost, a^* parameter določa intenziteto rdeče barve v pozitivnem območju, ter zelene barve v negativnem območju, b^* parameter pa določa intenziteto rumene barve v pozitivnem območju in modre v negativnem območju.



Slika 8: Sistem določanja barv s kolorimetrom (Materials Technology Limited, 2012).

3.2.4 Določanje topne suhe snovi

Vsebnost suhe snovi smo določali z digitalnim refraktometrom ATAGO. Refraktometer je fizikalna merilna naprava za merjenje lomnega količnika. Topne suhe snovi izmerimo tako, da na stekleno prizmo refraktometra iztisnemo nekaj soka iz vzorca slive. Ko gre svetloba skozi sok, se lomi. Več kot ima tekočina suhe snovi, bolj se svetloba lomi. Preko tega podatka nato določimo vsebnost topne suhe snovi (Breuer, 1993).



Slika 9: Refraktometer za določanje topne suhe snovi (Agra, 2012)

3.2.5 Določanje skupnih (titrabilnih) kislin

Vsebnost titrabilnih kislin smo izmerili po metodi AOAC za določanje titrabilnih kislin v sadju (AOAC Official Method 942.15, 2005).

Reagenti in aparature:

- pH meter s kombinirano stekleno elektrodo
- magnetno mešalo
- polnilna pipeta (25 mL)
- čaša (100 mL)
- bireta (25 mL)
- puhalka z destilirano vodo
- 0,1 M raztopina natrijevega hidroksida

Pri kislinsko-bazni potenciometrični titraciji merimo razliko v potencialu med dvema elektrodama, ki sta potopljeni direktno v vzorec sadnega soka. Ena elektroda (referenčna) ima stalen (znan) potencial, druga, steklena elektroda (merilna) pa ima potencial, ki je funkcija aktivnosti H_3O^+ ionov v raztopini. Uporabljamo pH meter s skalo v pH enotah. Točnost meritev aparata mora biti najmanj $\pm 0,05$ pH enot. Uporabljamo kombinirano stekleno elektrodo; čutilo hranimo v destilirani vodi.

Titracija z 0,1 M raztopino NaOH poteka na avtomatskem titratorju do končne točke titracije pH = 8,1. Pri dodajanju baze poteka reakcija:



Analiza vzorcev:

Sadje homogeniziramo v kašo. Zatehtamo 10 g sadne kaše in razredčimo s 100 mL destilirane vode.

Vzorec titriramo z 0,1 M NaOH do ekvivalentne točke 8,2. Iz porabe NaOH pri titraciji določimo vsebnost kislin izraženo v g jabolčne kisline/100 g.

3.2.6 Določanje antioksidativnega potenciala (AOP)

Antioksidativni potencial merimo s pomočjo radikala DPPH, ki absorbira pri valovni dolžini 517 nm. V reakciji z antioksidantom DPPH razpade, zaradi česar se zmanjša absorpcija. Zmanjševanje absorbance je proporcionalno vsebnosti antioksidantov v vzorcu. (Molyneux, 2004).

Reagenti in aparature:

- DPPH: 2,2-difenil-1-pikril-hidrazil (Sigma, Nemčija),
- metanol (Merck, Nemčija),
- spektrofotometer Hewlett-Packard, model HP-8453, ZDA in
- magnetno mešalo IKA WERKE RCT basic.

DPPH pripravimo vsakič svež: v 100 ml bučko zatehtamo 4 mg DPPH v 20 ml metanola ter premešamo, da se popolnoma raztopi. Dodajamo metanol toliko časa, da je absorbanca raztopine 1.

Analiza vzorcev:

Zamrznjene vzorce v 2 % metafosforni kislini smo odtalili in centrifugirali pri 3000 obratih 5 minut. Zgornjo fazo smo filtrirali skozi filter (17 mm syr filter CA 0,45 μm) v vialo (PK 100 1,5 mL ABC vial clear glass W/PATCH 6 mm ID. 11,6 \times 32 mm). Za referenčno vrednost – RF smo v mikrocentrifugirki zmešali 60 μl metanola in 1,5 ml raztopine DPPH. Vzorce vsake sorte smo analizirali v treh paralelkah. Za vzorec smo zmešali 60 μL vzorca in 1,5 mL raztopine DPPH. Pri slepem vzorcu smo zmešali 60 μL vzorca in 1,5 mL metanola. Pripravljene vzorce smo dobro premešali, prelili v kivete ter izmerili absorbanco pri 517 nm po 15 minutah.

Računi:

$$\Delta A = RF - \text{vzorec} + \text{slepa proba} \quad \dots(3)$$

$$n \text{ (mol)} = \Delta A / \epsilon \times (V \text{ reakcijske zmesi (0,00156)} \times L) \quad \dots(4)$$

$$\epsilon = 12000 \text{ (L} \times \text{cm)} / \text{mol} \quad \dots(5)$$

$$L = 0,4 \text{ cm}$$

$$\text{AOP} = M_{\text{DPPH}} \text{ (nmol/L)} = n \times 10^6 \times 10^3 / 60 \quad \dots(6)$$

3.2.7 Določanje fenolnih spojin po Singletonu in Rossiju

Fenolne spojine absorbirajo predvsem svetlobo UV spektra in vidnega spektra. Zato lahko odčitano vrednost absorbance pri primerni valovni dolžini uporabimo za oceno koncentracije skupnih fenolov (Košmerl in Kač, 2004).

Za določanje koncentracije skupnih fenolov v vzorcu se doda Folin-Ciocalteujev reagent, ki v alkalni raztopini (dodatek natrijevega karbonata) oksidira fenolne snovi. Reagent Folin-Ciocalteu (FC) je vodna raztopina natrijevega volframata(VI), natrijevega molibdata(VI) in litijevega sulfata(VI); slednji prepreči obarjanje FC reagenta. Dodatek natrijevega karbonata je potreben za alkalnost reakcijske zmesi. Redukcija volframata(VI) in molibdata(VI) poteče le v prisotnosti fenolatnega aniona. Raztopina, ki vsebuje reducirani obliki volframata(VI) in/ali molibdata(VI), je modro obarvana, medtem ko je raztopina nereducirane oblike rumene barve. Absorbanco reakcijske mešanice se izmeri pri valovni dolžini 765 nm. Masno koncentracijo skupnih fenolnih spojin odčitamo iz umeritvene krivulje in rezultat izrazimo kot mg galne kisline/L. (Galno kislino uporabimo kot standardno referenčno spojino za določanje skupnih fenolnih spojin) (Košmerl in Kač, 2004).

Aparature:

- UV-VIS spektrofotometer
- kivete (10 mm)
- merilne bučke (100 mL)
- polnilne pipete (1 mL, 2 mL, 3 mL, 5 mL in 10 mL)
- puhalka z deionizirano vodo

Reagenti:

- osnovna raztopina galne kisline
- Folin-Ciocalteujev reagent (FC)
- 20 % raztopina natrijevega karbonata
- deionizirana voda

Analiza vzorcev:

Priprava umeritvene krivulje:

- iz osnovne raztopine galne kisline smo z ustreznim razredčevanjem pripravili različne koncentracije standardnih raztopin galne kisline. V 100 mL bučko smo odpipetirali od 0 do 10 mL osnovne raztopine galne kisline in jih dopolnili do oznake z deionizirano vodo ter dobro premešali.

Preglednica 4: Standardne raztopine galne kisline.

Oznaka bučke	Volumen osnovne raztopine galne kisline (mL)	Končna koncentracija galne kisline v standardni raztopini (mg/L)
0	0	0 (slepi vzorec)
1	1	50
2	2	100
3	3	150
4	5	250
5	10	500

- Iz vsake merilne bučke smo odpipetirali po 1 mL standardne raztopine v 100 mL merilno bučko, dodali približno 60 mL deionizirane vode, premešali in dodali še 5 mL razredčenega Folin-Ciocalteujevega reagenta. Raztopino smo dobro premešali in v času od 30 s do 8 min, dodali še 15 mL 20 % raztopine natrijevega karbonata. Z deionizirano vodo smo dopolnili bučko do oznake. Raztopino smo pustili stati točno 2 uri pri temperaturi 20 °C. Po tem času smo bučko še enkrat premešali in prenesli raztopino v 10 mm kivete. Izmerili smo absorbanco proti slepemu vzorcu pri valovni dolžini 765 nm.
- Nato smo narisali umeritveno krivuljo: odvisnost absorbance od masne koncentracije galne kisline (mg/L) in izračunali premico.

Določanje fenolnih spojin v vzorcu sliv glede na umeritveno krivuljo:

- Najprej smo z metanolom naredili ekstrakt iz sliv. Metanol smo vlili v vialo s sadno kašo in stresali eno uro. Po eni uri smo tako imeli ekstrakt pripravljen za analizo.
- 1 mL ekstrakta smo odpipetirali v merilno bučko. Dodali smo 60 mL deionizirane vode in postopali naprej enako kot pri umeritveni krivulji.

- c) Končno koncentracijo skupnih fenolnih spojin v vzorcu (mg galne kisline/L) smo tako izračunali iz enačbe umeritvene krivulje.

3.2.8 Statistične metode

V poskusu zbrane podatke smo pripravili in uredili s programom Excel. Tako urejene podatke smo statistično obdelali z računalniškim programom SAS (SAS Software. Version 8.01, 1999). Osnovne statistične parametre smo izračunali s postopkom MEANS. Pri obdelavi podatkov s statističnim modelom smo uporabili postopek GLM (General Linear Model).

V statistične modele smo vključili več vplivov ter interakcije teh vplivov. Srednje vrednosti za eksperimentalne skupine so bile izračunane z uporabo Duncanovega testa in primerjane pri 5 % tveganju.

4 REZULTATI

Preglednica 5: Primerjava vrednosti mase, suhe snovi, kislin, trdote, barve, fenolnih snovi in antioksidativnega potenciala v vseh časovnih obdobjih merjenja med sortami sliv 'Excalibur', 'Mallard' in 'Reeves'.

Sorta slive	'Excalibur'	'Mallard'	'Reeves'
Parametri			
Masa (g)	54,182 - 69,324	36,936 - 46,695	69,378 - 78,700
Suha snov (%)	10,300 - 13,950	15,300 - 18,275	10,875 - 11,775
Kislina (g/100 g)	1,130 - 1,885	1,018 - 1,370	0,937 - 2,290
Trdota (kg)	43,845 - 77,250	35,062 - 65,337	28,880 - 77,825
Barva	L	36,386 - 44,791	29,159 - 59,970
	a*	3,385 - 13,045	9,207 - 15,693
	b*	8,293 - 18,409	2,699 - 8,098
Fenoli (mg/100 g)	55,329 - 87,986	36,993 - 109,878	29,415 - 72,328
AOP (μmol/g)	0,555 - 1,069	0,947 - 1,178	0,868 - 1,131

Iz preglednice 5 je razvidno, je med vsemi tremi sortami pri posameznih parametrih nekaj razlik.

Najtežja sorta je sorta 'Reeves', ki je pri kateri je bila največja vrednost 78,7 g, naslednja je sorta 'Excalibur' z največ 69,3 g in nazadnje 'Mallard' z 46,7 g.

Največ suhe snovi vsebuje sorta 'Mallard', ki ima za skoraj 50 % več suhe snovi od preostalih dveh sort.

Največ kisline ima sorta 'Reeves' in sicer med 0,937 in 2,29 g jabolčne kisline/ 100 g.

Pri trdoti med sortami ni bistvenih razlik.

Najvišjo vrednost L in a* je pri sorti 'Mallard'. Najvišjo vrednost b* je pri sorti 'Reeves'.

Najvišjo vsebnost fenolnih snovi je pri sorti 'Mallard', ki je bila 109,9 mg/100 g, naslednja najvišja vrednost je pri sorti 'Excalibur', ki je 88 mg/100 g.

Pri vrednostih AOP ni bistvenih razlik.

Preglednica 6: Pregled fizikalno-kemijskih parametrov (mase, suhe snovi, kislin, trdote, barvnih spektrov, skupnih fenolov, antioksidativnega potenciala) v odvisnosti od časa skladiščenja v NA in MAP za sorto 'Excalibur'.

Čas		Začetek	2 tedna		4 tedni		6 tednov	
Atmosfera			NA	MAP	NA	MAP	NA	MAP
Parametri								
Masa (g)		69,324 ± 10,252	65,947 ± 10,943 ^a	65,079 ± 10,484 ^a	68,333 ± 10,089 ^a	70,169 ± 12,021 ^a	53,182 ± 9,525 ^a	73,083 ± 10,005 ^b
Suha snov (%)		12,250 ± 0,520	13,650 ± 0,353 ^a	13,950 ± 0,545 ^a	12,350 ± 0,071 ^a	13,075 ± 0,096 ^b	10,300 ± 0,458 ^a	11,833 ± 0,351 ^b
Kislina (g/ 100 g)		1,495 ± 0,084	1,465 ± 0,035 ^a	1,550 ± 0,045 ^a	1,195 ± 0,134 ^a	1,130 ± 0,073 ^a	1,885 ± 0,177 ^a	1,193 ± 0,242 ^b
Trdota (kg)		77,250 ± 9,353	67,700 ± 10,441 ^a	68,675 ± 11,195 ^a	60,867 ± 14,392 ^a	60,275 ±12,871	46,980 ± 12,686 ^a	43,845 ± 10,908 ^b
Barva	L	44,791 ± 8,787 ^a	40,294 ± 5,513 ^a	42,427 ± 6,649 ^a	44,120 ± 6,125 ^a	44,554 ± 6,395 ^a	36,386 ± 6,058 ^a	41,359 ± 5,655 ^b
	a*	5,444 ± 5,865	13,045 ± 5,909 ^a	9,324 ± 6,622 ^a	7,402 ± 6,467 ^a	7,153 ± 7,267 ^a	3,385 ± 4,217 ^a	7,408 ± 5,007 ^b
	b*	18,409 ± 5,865	14,868 ± 5,612 ^a	17,533 ± 5,943 ^a	15,772 ± 6,262 ^a	18,350 ± 6,323 ^a	8,293 ± 5,880 ^a	14,205 ± 5,457 ^b
Skupni fenoli (mg/100 g)		55,329 ± 0,346	73,194 ± 2,142 ^a	72,804 ± 2,658 ^a	67,298 ± 0,856 ^a	66,454 ± 1,137 ^a	67,130 ± 1,923 ^a	87,986 ± 2,727 ^b
Antioksidativni potencial (μmol/g)		0,731 ± 0,041	0,555 ± 0,011 ^a	1,040 ± 0,028 ^b	0,921 ± 0,082 ^a	1,069 ± 0,026 ^b	1,024 ± 0,036 ^a	1,049 ± 0,040 ^a

^{a, b} skupine z različno črko v indeksu se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$)

Po dveh tednih skladiščenja je prišlo do statistično značilnih razlik samo pri merjenju antioksidativnega potenciala (AOP), kjer je vrednost višja pri skladiščenju v modificirani atmosferi.

Po štirih tednih skladiščenja je prišlo do statistično značilnih razlik pri vsebnosti suhe snovi in AOP. Pri obeh parametrih je bila vrednost višja pri skladiščenju v modificirani atmosferi.

Po šestih tednih skladiščenja je prišlo do statistično značilnih razlik pri vseh parametrih, razen trdote in AOP.

Vrednosti pri skladiščenju v modificirani atmosferi so bile višje pri merjenju mase, suhe snovi, barvnih spektrov (L, a* in b*), ter pri vsebnosti fenolov.

Vsebnost kislin je bila pri skladiščenju v modificirani atmosferi manjša.

Preglednica 7: Pregled fizikalno-kemijskih parametrov (mase, suhe snovi, kislin, trdote, barvnih spektrov, skupnih fenolov, antioksidativnega potenciala) v odvisnosti od časa skladiščenja v NA in MAP za sorto 'Mallard'.

Čas		Začetek	2 tedna		4 tedni		6 tednov	
Atmosfera			NA	MAP	NA	MAP	NA	MAP
Parametri								
Masa (g)		46,695 ± 6,692	42,165 ± 7,409 ^a	42,350 ± 5,692 ^a	43,164 ± 7,600 ^a	45,730 ± 6,192 ^a	36,936 ± 4,291 ^a	41,721 ± 6,996 ^b
Suha snov (%)		16,400 ± 0,804	18,275 ± 1,653 ^a	17,282 ± 1,726 ^b	16,640 ± 1,546 ^a	16,263 ± 1,401 ^a	17,100 ± 0,707 ^a	15,300 ± 0,000 ^a
Kislina (g/ 100 g)		1,370 ± 0,067	/	/	/	1,069 ± 0,000	1,018 ± 0,079 ^a	1,071 ± 0,000 ^a
Trdota (kg)		65,337 ± 8,374	61,100 ± 6,303 ^a	63,475 ± 10,221 ^a	51,600 ± 8,116 ^a	61,333 ± 9,764 ^b	35,062 ± 9,053 ^a	37,778 ± 9,002 ^a
Barva	L	30,592 ± 3,434	59,970 ± 3,302 ^a	32,289 ± 5,356 ^a	29,410 ± 1,917 ^a	33,142 ± 4,494 ^b	29,159 ± 3,668 ^a	30,356 ± 3,217 ^a
	a*	13,612 ± 3,117	12,876 ± 2,706 ^a	12,011 ± 4,474 ^a	15,693 ± 2,931 ^a	15,766 ± 3,855 ^a	12,080 ± 4,511 ^a	9,207 ± 2,637 ^b
	b*	4,449 ± 4,621	3,648 ± 3,896 ^a	5,601 ± 5,726 ^a	4,995 ± 2,246 ^a	8,098 ± 5,018 ^a	2,699 ± 4,066 ^a	2,504 ± 2,879 ^a
Skupni fenoli (mg/100 g)		100,302 ± 3,082	109,878 ± 0,639 ^a	107,935 ± 3,027 ^a	57,210 ± 1,396 ^a	48,081 ± 0,837 ^b	51,385 ± 0,876 ^a	36,993 ± 1,561 ^b
Antioksidativni potencial (μmol/g)		0,994 ± 0,027	1,121 ± 0,011 ^a	0,947 ± 0,016 ^b	1,058 ± 0,037 ^a	1,178 ± 0,024 ^b	1,070 ± 0,024 ^a	1,133 ± 0,034 ^a

^{a, b} skupine z različno črko v indeksu se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$)

Po dveh tednih skladiščenja je prišlo do statistično značilnih razlik samo pri merjenju AOP in suhe snovi, kjer je bila vrednost pri skladiščenju v modificirani atmosferi nižja, kakor običajno skladiščenje.

Po štirih tednih skladiščenja so bile izmerjene statistično značilne razlike pri merjenju trdote, barvnega parametra L, vsebnosti fenolov in AOP.

Pri skladiščenju v modificirani atmosferi so bile vrednosti višje pri merjenju trdote, L in AOP. Vsebnost fenolov pa je bila večja pri običajnem skladiščenju.

Po šestih tednih je bila masa bolje ohranjena pri skladiščenju v modificirani atmosferi. Vrednosti barvnega parametra a* in vsebnosti fenolov sta bili pri skladiščenju v modificirani atmosferi manjši v primerjavi z običajnim skladiščenjem.

Pri ostalih parametrih ni bilo statistično značilnih razlik.

Meritev za vsebnost kislin po 2 in 4 tednih niso bile podane.

Preglednica 8: Pregled fizikalno-kemijskih parametrov (mase, suhe snovi, kislin, trdote, barvnih spektrov, skupnih fenolov, antioksidativnega potenciala) v odvisnosti od časa skladiščenja v NA in MAP za sorto 'Reeves'.

Čas		Začetek	2 tedna		4 tedni		6 tednov	
Atmosfera			NA	MAP	NA	MAP	NA	MAP
Parametri								
Masa (g)		73,578 ± 15,317	73,410 ± 11,823 ^a	73,494 ± 11,415 ^a	69,378 ± 11,561 ^a	74,111 ± 14,402 ^a	/	78,700 ± 13,144
Suha snov (%)		11,775 ± 1,100	11,250 ± 0,071 ^a	10,875 ± 0,568 ^a	11,755 ± 1,588 ^a	10,917 ± 1,282 ^b	/	11,443 ± 0,153
Kislina (g/100 g)		1,527 ± 0,102	2,290 ± 2,008 ^a	0,937 ± 0,060 ^a	/	/	/	1,340 ± 0,010
Trdota (kg)		77,825 ± 7,994	59,933 ± 5,570 ^a	66,425 ± 6,380 ^b	39,850 ± 6,358 ^a	48,628 ± 10,812 ^b	/	28,880 ± 7,924
Barva	L	49,543 ± 4,328	44,136 ± 6,277 ^a	47,379 ± 6,120 ^a	38,501 ± 5,372 ^a	40,622 ± 5,497 ^a	/	34,358 ± 2,283
	a*	1,688 ± 7,240	10,960 ± 8,100 ^a	7,264 ± 9,179 ^a	4,716 ± 3,642 ^a	2,826 ± 4,319 ^a	/	3,719 ± 2,327
	b*	19,558 ± 3,802	16,382 ± 4,418 ^a	19,189 ± 5,144 ^a	8,051 ± 5,228 ^a	9,785 ± 5,646 ^a	/	5,058 ± 2,770
Skupni fenoli (mg/100 g)		29,415 ± 0,932	42,067 ± 0,203 ^a	30,627 ± 0,384 ^b	72,328 ± 1,102 ^a	59,662 ± 1,689 ^b	/	65,198 ± 1,568
Antioksidativni potencial (μmol/g)		0,868 ± 0,005	1,080 ± 0,055 ^a	1,004 ± 0,032 ^a	0,966 ± 0,058 ^a	0,969 ± 0,051 ^a	/	1,131 ± 0,027

^{a, b} skupine z različno črko v indeksu se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$)

Po dveh tednih skladiščenja je prišlo do statistično značilnih razlik pri trdoti in vsebnosti fenolov. Vrednost trdote je pri skladiščenju v modificirani atmosferi je višja, vsebnost fenolov pa manjša v primerjavi z običajnim skladiščenjem.

Po štirih tednih skladiščenja je prišlo do statistično značilnih razlik pri vsebnosti suhe snovi, trdoti in vsebnosti fenolov. Pri skladiščenju v modificirani atmosferi je trdota višja v primerjavi z običajnim skladiščenjem, medtem ko so vrednosti suhe snovi in fenolov nižje.

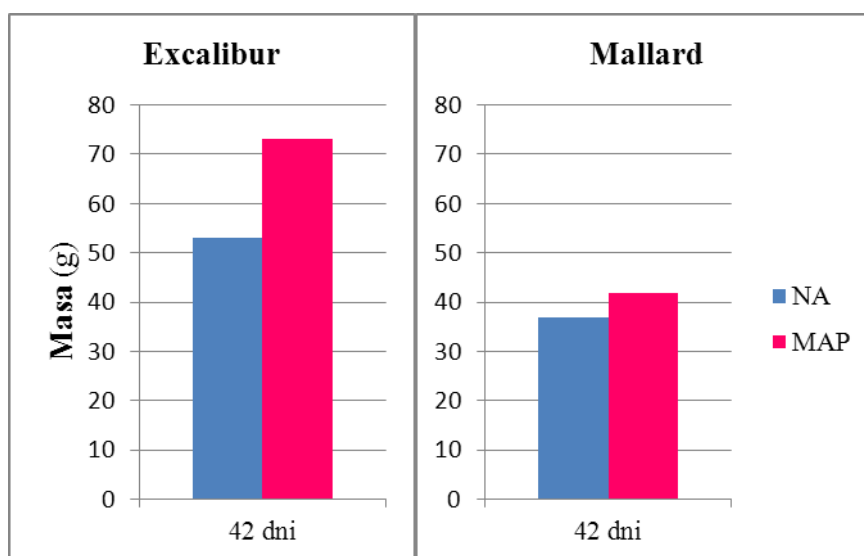
Po šestih tednih skladiščenja je prišlo do gnitja sliv pri običajnem skladiščenju.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Postavljene hipoteze smo potrdili na naslednji način:

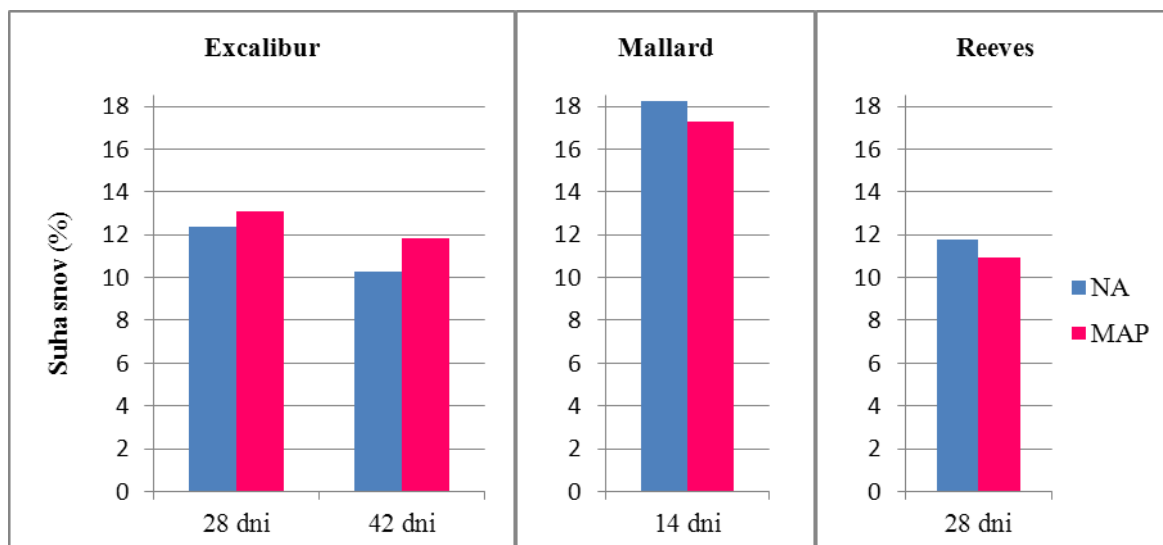
Hipoteza 1: Hipotezo, da skladiščenje v modificirani atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje mase glede na rezultate lahko potrdimo.



Slika 10: Prikaz statistično značilnih razlik v masi med skladiščenjem v modificirani atmosferi in običajnim skladiščenjem pri sortah 'Excalibur' in 'Mallard'.

Do statistično značilnih razlik je prišlo po 6 tednih skladiščenja pri sortah 'Excalibur' in 'Mallard'. V obeh primerih je skladiščenje v modificirani atmosferi pozitivno vplivalo na ohranjanje mase. Rezultat se sklada z našo hipotezo, čeprav za ostala obdobja skladiščenja tega ne moremo trditi, saj razlik ni bilo ugotovljenih. Možno je, da se pozitivni vplivi skladiščenja v modificirani atmosferi pokažejo šele po daljšem času skladiščenja, čeprav se je pri drugih študijah pozitivni učinki skladiščenja v modificirani atmosferi pokažejo že kmalu po začetku skladiščenja. Možno je, da je bila atmosfera neustrezna za to sorto sliv ali pa je bilo število vzorcev premajhno, da bi bile razlike vidne.

Hipoteza 2: Hipoteze, da skladiščenje v modificirani atmosferi v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje suhe snovi glede na dobljene rezultate ne moremo potrditi.



Slika 11: Prikaz statistično značilnih razlik v vsebnosti suhe snovi med skladiščenjem v modificirani atmosferi in običajnim skladiščenjem pri sortah 'Excalibur', 'Mallard' in 'Reeves'.

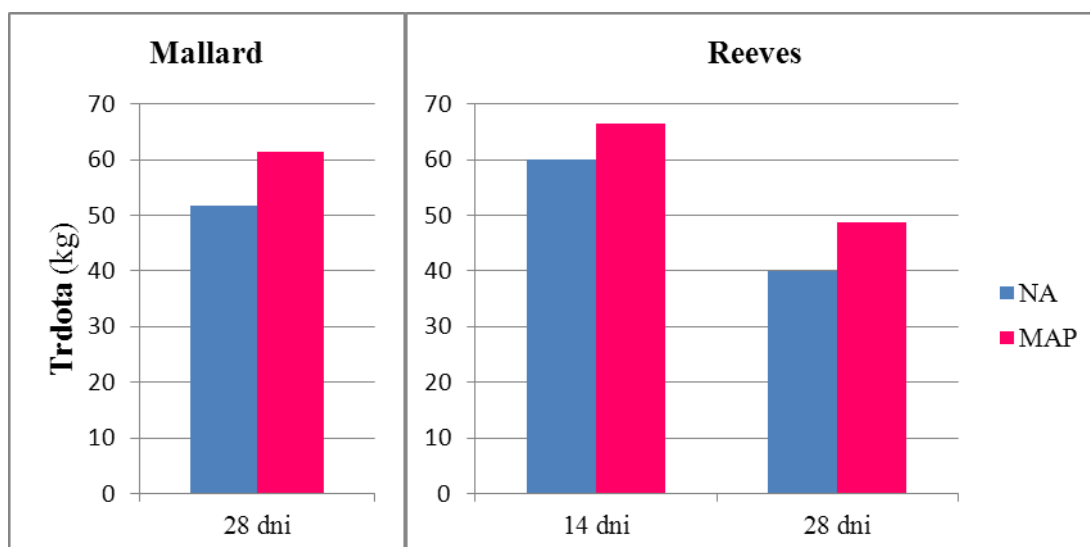
Hipotezo smo potrdili za sorto 'Excalibur', saj je bila vsebnost suhe snovi v obeh obdobjih višja pri skladiščenju v modificirani atmosferi.

Nasprotni rezultat se pokaže pri sorti 'Mallard' po 14 dneh skladiščenja in sorti 'Reeves' po 28 dnevih skladiščenja. Možno je, da je do nasprotnih rezultatov prišlo zaradi razlik med sortami ali pa je prišlo do eksperimentalne napake.

Hipoteza 3: Hipoteze, da skladiščenje v modificirani atmosferi v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje kisline glede na dobljene rezultate ne moremo potrditi.

Do statistično značilnih razlik je prišlo samo pri sorti 'Excalibur' po 6 tednih skladiščenja, kjer je bila vsebnost kislin pri skladiščenju v modificirani atmosferi manjša. Tu je bilo število ponovitev izredno majhno (3), zaradi česar so podatki nezanesljivi in se na njih ne moremo opreti, saj bi se lahko ob večjem številu ponovitev izkazalo ravno nasprotno.

Hipoteza 4: Hipoteze, da skladiščenje v modificirani atmosferi v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje trdote glede na rezultate lahko potrdimo.



Slika 12: Prikaz statistično značilnih razlik v trdoti med skladiščenjem v modificirani atmosferi in običajnim skladiščenjem pri sortah 'Mallard' in 'Reeves'.

Do statistično značilnih razlik je prišlo pri sorti 'Mallard' po 4 tednih skladiščenja, ter pri sorti 'Reeves' po 2 in 4 tednih skladiščenja. Pri vseh se je pokazalo, da se trdota sliv bolje ohrani pri skladiščenju v modificirani atmosferi.

Trdota sadja je pomemben parameter kakovosti sadja. Pri naših meritvah se je izkazalo, da ima skladiščenje v modificirani atmosferi pozitiven vpliv na ohranjanje trdote.

Pozitiven vpliv je opazen pri sortah 'Mallard' in 'Reeves', pri sorti 'Excalibur' pa ni prišlo do statistično značilnih razlik. Pri sorti 'Excalibur' skladiščenje v modificirani atmosferi nima pozitivnega učinka, kar je lahko lastnost sorte.

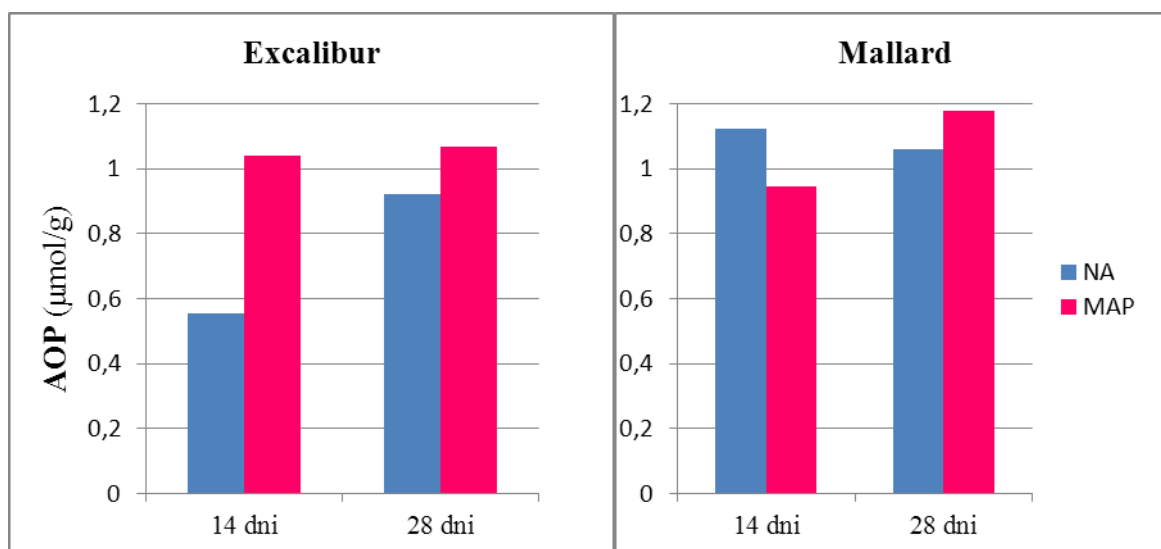
Hipoteza 5: Hipoteze, da skladiščenje v modificirani atmosferi v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi pozitivno vpliva na količino barve glede na rezultate ne moremo potrditi.

Pri merjenju barvnega parametra L, ki kaže razpon med belo in črno barvo je prišlo do statistično značilnih razlik pri sorti 'Excalibur' po 6 tednih skladiščenja in pri sorti 'Mallard' po 4 tednih skladiščenja. V obeh primerih je bila vrednost višja pri skladiščenju v modificirani atmosferi. Višja L-vrednost pomeni, da so plodovi bolj svetli, manj zreli, kajti pri zorenju nastajajo antociani, ki so temnejše barve. Modificirana atmosfera je v našem primeru zavirala sintezo antocianov, kar se kaže kot višja L-vrednost.

Pri merjenju barvnega parametra a^* je prišlo do statistično značilnih razlik pri sorti 'Excalibur' po 6 tednih skladiščenja in pri sorti 'Mallard' po 6 tednih skladiščenja. Parameter barve a^* predstavlja razpon med zeleno (negativne vrednosti) in rdečo (pozitivne vrednosti). Zaradi sinteze antocianov se a^* -vrednost med zorenjem povečuje, modificirana atmosfera pa zavira nastajanje antocianov (Sekse in sod., 2013). Pri vseh treh sortah je vrednost a^* nižja pri plodovih skladiščenih v modificirani atmosferi.

Pri merjenju barvnega parametra b^* je prišlo do statistično značilnih razlik samo pri sorti 'Excalibur' po 6 tednih skladiščenja. Pri vseh sortah je b^* vrednost Parameter b^* predstavlja razpon med modro (negativne vrednosti) in rumeno (pozitivne vrednosti). Skladiščenje v modificirani atmosferi sicer zavira nastajanje rumene barve, ki je posledica tvorbe karotenoidov. Parameter b^* nam pri večini sadja ne pove veliko o stadiju zrelosti. Pri slivah je modra barva preveč intenzivna kar onemogoči natančno meritev rumene barve.

Hipoteza 6: Hipoteze, da skladiščenje v modificirani atmosferi v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi ohrani več antioksidativnega potenciala glede na rezultate ne moremo potrditi.



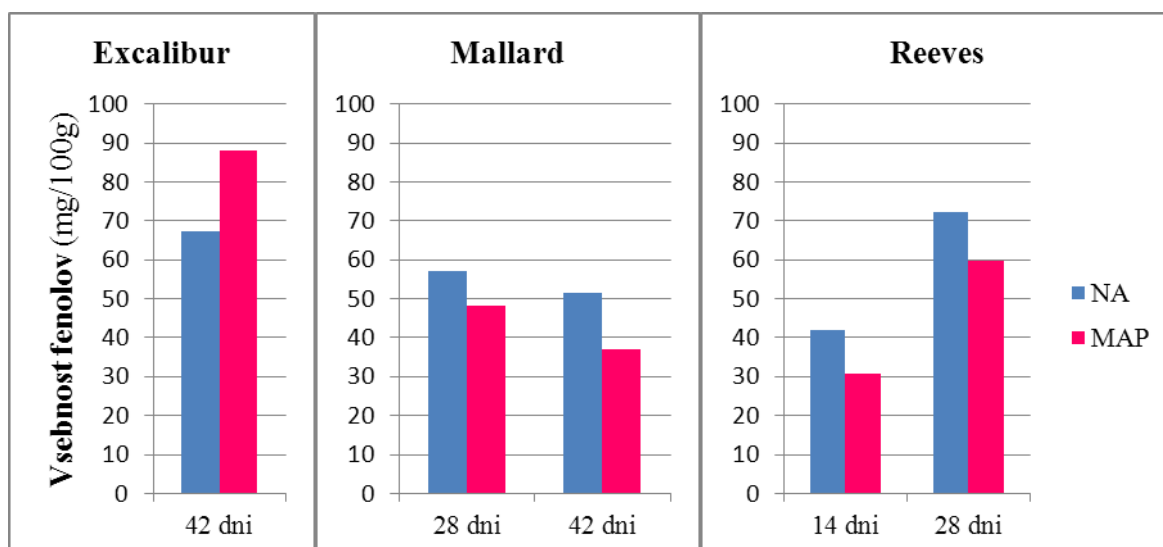
Slika 13: Prikaz statistično značilnih razlik v antioksidativnem potencialu (AOP) med skladiščenjem v modificirani atmosferi in običajnim skladiščenjem pri sortah 'Excalibur' in 'Mallard'.

Pričakovali smo da bodo vsi rezultati pokazali, da skladiščenje v modificirani atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje antioksidativnega potenciala. Pri sorti 'Excalibur' se je to pokazalo, saj je v obeh obdobjih (14 dni in 28 dni) antioksidativni potencial višji pri skladiščenju v modificirani atmosferi. Pri sorti 'Mallard' pa je antioksidativni potencial nižji pri skladiščenju v modificirani atmosferi po 14 dneh skladiščenja, po 28 dneh pa je višji. Možno je, da se je pozitiven vpliv skladiščenja v modificirani atmosferi pokazal šele po daljšem obdobju skladiščenja.

Do statistično značilnih razlik je prišlo po 2 in 4 tednih skladiščenja sorte 'Excalibur'. V obeh primerih skladiščenje v modificirani atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje AOP.

Do statistično značilnih razlik je ravno tako prišlo pri sorti 'Mallard' po 2 in 4 tednih skladiščenja. Po 2 tednih je AOP nižji pri skladiščenju v modificirani atmosferi, po 4 tednih pa se pokaže, da skladiščenje v modificirani atmosferi pozitivno vpliva na AOP.

Hipoteza 7: Hipoteze, da skladiščenje v modificirani atmosferi v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi ohrani več fenolnih snovi glede na rezultate ne moremo potrditi.



Slika 14: Prikaz statistično značilnih razlik v vsebnosti fenolov med skladiščenjem v modificirani atmosferi in običajnim skladiščenjem pri sortah 'Excalibur', 'Mallard' in 'Reeves'.

Pri sorti 'Mallard' se vsebnost fenolov slabše ohrani pri skladiščenju v modificirani atmosferi, v primerjavi z običajnim skladiščenjem. Prav tako se to pokaže pri sorti 'Mallard', kjer je po 14 in 28 dneh vsebnost fenolov slabše ohranjena pri skladiščenju v modificirani atmosferi. Pričakovali smo ravno nasprotno.

Pozitivni vplivi skladiščenja v modificirani atmosferi so se pokazali le pri sorti 'Excalibur' in sicer po 42 dneh skladiščenja.

Potrebno je poudariti, da pomeni skladiščenje v modificirani atmosferi manjšo izgubo vode iz plodov v primerjavi s skladiščenjem v normalni atmosferi. Ker so tako rezultati AOP kot skupnih fenolov preračunani na svež vzorec, so rezultati odvisni tudi od izgube vode.

Pri naši analizi se kaže, da ima skladiščenje v modificirani atmosferi pozitiven vpliv pri merjenju AOP in fenolov na sorto Excalibur. Negativen vpliv je bil na sorto Mallard, kjer je pri skladiščenju v modificirani atmosferi vrednost AOP in fenolnih snovi nižja kot pri običajnem skladiščenju.

S skladiščenjem sliv v modificirani atmosferi smo poskušali upočasniti procese staranja sadja in ohranjanja njegove kakovosti. S tem, ko smo znižali količino O_2 in CO_2 , smo upočasnili staranje sadja, s čimer naj bi sadje dalj časa ohranilo kakovost. Zaradi tega smo pri vseh postavljenih hipotezah pričakovali, da bo skladiščenje v modificirani atmosferi pozitivno vplivalo na ohranjanje parametrov zrelosti. Pri nekaterih meritvah se je to pokazalo, pri mnogih rezultatih tega nismo mogli potrditi, pri nekaterih se je izkazalo ravno nasprotno.

Razlog bi lahko nastal že pri obiranju sadja, zaradi različne stopnje zrelosti sadja, ki vpliva na metabolizem sadja po obiranju in s tem na kvarjenje sadja. Eden ključnih dejavnikov za podaljšanje obstojnosti sadja je namreč že pred obiranjem v sadovnjakih. Pomembna je vzgoja dreves, njihova zaščita pred škodljivci in vremenskimi vplivi. Eden od načinov je

tudi uporaba fitohormona giberelinske kisline, ki pomaga pri tem, da je sliva večja in bolj čvrsta.

Velik vpliv na podaljšanje obstojnosti sliv ima tudi hladna veriga, ki poteka od sadovnjaka do skladišča (Vangdal in sod., 2012). Sadje mora biti po obiranju čim prej ohlajeno, da zaustavimo procese zorenja. To pa prav tako predstavlja problem, saj dolgotrajno skladiščenje pri nizkih temperaturah povzroča težave povezane s hlajenjem kot so: poškodbe, ki se pokažejo kot prosojnost, izcejanje soka in porjavenje mesa (Manganaris in sod., 2008).

Pridobljeni rezultati bi bili lahko boljši, če bi povečali število vzorcev, s čimer bi bili rezultati bolj točni in bi bile razlike med skladiščenjem v modificirani atmosferi in običajnem skladiščenju bolj statistično značilne.

Ostale raziskave glede skladiščenja sliv v modificirani atmosferi kažejo zelo različne rezultate. Medtem, ko so nekatere pokazale korist (Diaz-Mula in sod., 2011), nekatere teh koristi niso zaznale.

Nekatere raziskave so pokazale, da je koristnost skladiščenja v modificirani atmosferi močno odvisna od same sorte sliv. Nekaterim sortam skladiščenje v modificirani atmosferi ustreza, medtem ko pri nekaterih pride do poškodb povezanih z dolgotrajnim skladiščenjem, predvsem daljšim od enega meseca (Couey, 1960, 1965).

Pri sorti 'Friar' ni bilo razvidnih koristi pri skladiščenju v modificirani atmosferi, kjer so merili trdoto, vsebnost suhe snovi in kislin (Cantin in sod., 2008).

Največje koristi skladiščenja v modificirani atmosferi pri slivah so se pokazale pri trdoti, ohranjanju barve in zmanjšani možnosti gnitja (Manganaris in sod., 2008). Pri naših merjenjih smo ravno tako pri teh parametrih ugotovili pozitiven vpliv skladiščenja v modificirani atmosferi pri vseh meritvah, kjer je prišlo do statistično značilnih razlik.

Koristi skladiščenja v modificirani atmosferi za slive po dosedanjih raziskavah niso bile razvidne (Kader 1999, Truter in sod., 1994; Ben in Gaweda, 1992; Eksteen in sod., 1986), kakor je to pri nekaterem drugem sadju in se zato pri slivah tudi ne uporablja komercialno (Manganaris in sod., 2008).

5.2 SKLEPI

Iz dobljenih rezultatov lahko potrdimo ali ovržemo naslednje hipoteze:

- Skladiščenje v modificirani atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje mase pri sorti 'Mallard'.
- Skladiščenje v modificirani atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje vsebnosti suhe snovi pri sorti 'Mallard' in negativno pri sorti 'Reeves'.
- Skladiščenje v modificirani atmosferi ne vpliva pozitivno na ohranjanje vsebnosti kisline pri slivah 'Excalibur', 'Mallard' in 'Reeves'.
- Skladiščenje v modificirani atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje trdote pri sortah 'Mallard' in 'Reeves'.
- Skladiščenje v modificirani atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanju barvnega parametra L pri sorti 'Excalibur' in 'Mallard'.
- Skladiščenje v modificirani atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje barvnega parametra a* pri sorti 'Excalibur' in negativno pri sorti 'Mallard'.
- Skladiščenje v modificirani atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje barvnega parametra b* pri sorti 'Excalibur'.
- Skladiščenje v modificirani atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje antioksidativnega potenciala pri sorti 'Excalibur'.
- Skladiščenje v modificirani atmosferi pozitivno vpliva na ohranjanje fenolov pri sorti 'Excalibur' in negativno pri sortah 'Mallard' in 'Reeves'.

6 POVZETEK

Sliva (*Prunus domestica*) je evropsko tradicionalno sadje. Je pomemben vir hranilnih snovi in antioksidantov, predvsem fenolnih snovi, ki ugodno vplivajo na zdravje ljudi. Je klimakterično sadje in zaradi tega podvrženo hitremu kvaru, zaradi česar je pomembno ugotoviti optimalne skladiščne pogoje za ohranjanje čim daljše kakovosti.

V diplomskem delu smo ugotavljali vpliv skladiščenja v modificirani atmosferi na fizikalno-kemijske lastnosti izbranih sort sliv: 'Excalibur', 'Mallard' in 'Reeves'.

Plodove sliv smo obrali v njihovi komercialni zrelosti in jih polovico skladiščili v normalni atmosferi (NA), polovico pa v modificirani atmosferi (MAP) pri temperaturi 0 °C in relativni vlažnosti med 90 in 95 %. V dvotedenskih časovnih razmikih smo spremljali njihove fizikalno-kemijske lastnosti (maso, suho snov, trdoto, vsebnost kislin, barvo, vsebnost fenolnih snovi in antioksidativni potencial).

Ugotovili smo, da je med samimi sortami razlika v fizikalno-kemijskih parametrih in pri določenih parametrih razlike v načinu skladiščenja. Medtem, ko smo pri nekaterih parametrih opazili koristne vplive skladiščenja v modificirani atmosferi, je pri drugih parametrih ni bilo opaziti te koristi.

Korist skladiščenja v modificirani atmosferi je različna glede na sorto slive.

Pri sorti 'Excalibur' smo dokazali pozitiven vpliv na ohranjanje barvnega parametra L, a* in b*, antioksidativnega potenciala in vsebnost fenolov. Negativen vpliv se je pokazal pri ohranjanju kislin.

Pri sorti 'Mallard' smo dokazali pozitiven vpliv skladiščenja v modificirani atmosferi pri ohranjanju mase, vsebnosti suhe snovi, trdote in barvnega parametra L. Negativen vpliv skladiščenja v modificirani atmosferi se je pokazal pri ohranjanju kisline, barvnega parametra a* in vsebnosti fenolov.

Pri sorti 'Reeves' se je pokazal pozitiven vpliv skladiščenja v modificirani atmosferi pri ohranjanju trdote in negativen pri ohranjanju vsebnosti suhe snovi, kisline in vsebnosti fenolov.

Pri analiziranju zrelostnih faktorjev, antioksidativnega potenciala in fenolnih snovi sort 'Excalibur', 'Mallard' in 'Reeves' nismo uspeli dokazati absolutne koristi skladiščenja v modificirani atmosferi.

Kot pri drugih raziskavah (Kader in sod., 1999; Truter in sod., 1994; Ben in Gaweda, 1992; Eksteen in sod., 1986), tudi naše analize niso pokazale absolutne koristi skladiščenja v modificirani atmosferi.

7 VIRI

- Abdi N., Holford P. 1997. Ripening behaviour and responses to propylene in four cultivars of Japanese type plums. *Postharvest Biology and Technology*, 12: 21-34
- Agra. 2012. Refraktometri. Čakovec, Agra: 1str.
<http://www.agra.hr/osx/hr/c32/Refraktometri/> (marec, 2012)
- AOAC Official Method 942.15. Acidity (Titratable) of fruit products. 2005. V: Official methods of analysis of AOAC International. Vol. 2. Cunniff P. (ed.). 16th ed. Gaithersburg, AOAC International, Chapter 37: 10-10
- Ben J., Gaweda M. 1992. The effect of increasing concentration of carbon dioxide in controlled-atmosphere storage of plums cv Wegierka-Zwykla (*Prunus domestica* L.). 1. Firmness of plums. *Acta Physiologiae Plantarum*, 14: 143-150
- Beretz A., Cazenave J. P. 1988. Plant flavonoids in biology and medicine. V: The effects of flavonoids on blood-vessel wall interactions, Cody V., Middleton E., Harborne J. B., Beretz A. (eds.). New York, Alan R. Liss: 187-200
- Breuer H. 1993. Atlas klasične in moderne fizike. Ljubljana, DZS: 400 str.
- Cantín C. M., Crisosto C. H., Day K. R. 2008. Evaluation of the effect of different modified atmosphere packaging box liners on the quality and shelf life of 'Friar' Plums. *HortTechnology*, 18, 2: 261-265
- Carlo D. G., Mascolo N., Izzo A. A., Capasso F. 1999. Flavonoids: Old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Science Journal*, 65: 337-353
- Chun O. K., Kim D. O., Moon H. Y., Kang H. G., Lee C. Y. 2003. Contribution of individual polyphenolics to total antioxidant capacity of plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 25: 7240-7245
- Couey H. M. 1960. Effect of temperature and modified atmosphere on the storage-life, ripening behavior, and dessert quality of 'El Dorado' plums. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 75: 207-215
- Couey H. M. 1965. Modified atmosphere storage of 'Nubiana' plums. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 86: 166-168
- Díaz-Mula H. M., Zapata P. J., Guillén F., Martínez-Romero D., Castillo S., Serrano M., Valero D. 2009. Changes in hydrophilic and lipophilic antioxidant activity and related bioactive compounds during postharvest storage of yellow and purple plum cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 3: 354-363
- Dixon J., Hewett E. W. 2000. Factors affecting apple aroma/flavour volatile concentration: a review. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 28: 155-173

Donovan J. L., Meyer A. S., Waterhouse A. L. 1998. Phenolic composition and antioxidant activity of prunes and prune juice (*Prunus domestica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 4: 1247-1252

DTI. 2008. Guide: Packaging fresh fruit and vegetables. Taastrup, Danish Technological Institute: 26 str.

<http://www.modifiedatmospherepackaging.com/Applications/Modified-atmosphere-packaging-fruit-vegetables.aspx> (maj 2013)

Eksteen G. J., Visagie T. R., Laszlo J. C. 1986. Controlled atmosphere storage of South African grown nectarines and plums. *Deciduous Fruit Grower*, 36: 128-132

Excalibur plum (*Prunus domestica*). 2013. Kent, Keepers Nursery: 1 str.

<http://www.keepers-nursery.co.uk/excalibur-plum-fruit-trees.aspx> (september 2013)

Fonseca S. C., Oliveira F. A. R., Brecht J. K. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruit and vegetables for modified atmosphere packages: A review. *Journal of Food Engineering*, 52: 99-119

Goliaš J., Hic P., Kaňová J. 2010. Effect of low oxygen storage conditions on volatile emissions and anaerobic metabolite concentrations in two plum fruit cultivars. *Horticultural Science*, 37, 4: 145-154

Goncuoglu N., Mogol B. A., Gokmen V. 2013. Dried fruits: Phytochemicals and health effects. V: *Phytochemicals and health benefits of dried apricots*. Alasalvar C., Shahidi F. (eds.). Ames, Blackwell Publishing: 226-242

Gvozdenović D. 1989. Od obiranja sadja do prodaje. Ljubljana, Kmečki glas: 283 str.

Hertog M. G., Sweetnam P. M., Fehily A. M., Elwood P. C., Kromhout D. 1997. Antioxidant flavonols and ischemic heart disease in a Welsh population of men: the caerphilly study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 65, 5: 1489-1494

Jazbec M., Vrabl S., Juvanc J., Honzak D. 1990. V sadnem vrtu. Ljubljana, Kmečki glas: 384 str.

Johnson S. 2011. Plant structures: fruit. Colorado, US Department of Agriculture: 6 str.

<http://www.ext.colostate.edu/mg/gardennotes/136.html> (september, 2013)

Kader A. A., Mitchell F. G. 1989. Maturity and quality. V: *Peaches, plums and nectarines: Growing and handling for fresh market*. LaRue C. H., Johnson R. S. (eds.). Oakland, The Regents of the University of California Division of Agriculture and natural resources: 191-196

Kader A.A. 1999. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 485: 203-208

- Kim D.O., Jeong S. W., Lee C. Y. 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry*, 81, 3: 321-326
- Koning R. E. 1994. Ethylene. Willimantic, Plant Physiology Information Website: 8 str. http://plantphys.info/plant_physiology/ethylene.shtml (avgust 2013)
- Košmerl T., Kač M. 2004. Osnovne kemijske analize mošta in vina: laboratorijske vaje za predmet tehnologija vina. 2. izdaja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 106 str.
- Kovač B., Raspor P. 2000. Določanje antioksidativnega potenciala biomase filamentoznih gliv. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi. Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 93-100
- Kris-Etherton P. M., Hecker D., Bonanome A., Coval S. M., Binkoski A. E., Hilpert K. F., Griel A. E., Etherton T. D. 2002. Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *American Journal of Medicine*, 113: 71-88
- Kristl J., Slekovec M., Tojnko S., Unuk T. 2011. Extractable antioxidants and non-extractable phenolics in the total antioxidant activity of selected plum cultivars (*Prunus domestica* L.): Evolution during on-tree ripening. *Food Chemistry*, 125, 1: 29-34.
- Lee D. S., Skin D. H., Lee D. U., Kim J.C., Cheig H. S. 2001. The use of physical carbon dioxide absorbents to control pressure build up and volume expansion of kimchi packages. *Journal of Food Engineering*, 48, 2: 183-188
- Lidster P. D., Lighfoot H. J., McRae K. B. 1983. Production and regeneration of principal volatiles in apples stored in modified atmospheres and air. *Journal of Food Science*, 48: 400-402, 410-410
- Lombardi-Boccia G., Lucarini M., Lanzi S., Aguzzi A., Cappelloni M. 2004. Nutrients and antioxidant molecules in yellow plums (*Prunus domestica* L.) from conventional and organic productions: A comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 1: 90-94
- Mallard plum (*Prunus domestica*). 2013. Kent, Keepers Nursery: 1 str. <http://www.keepers-nursery.co.uk/mallard-plum-fruit-trees.aspx> (september, 2013)
- Manganaris G. A., Vicente A. R., Crisosto C. H. 2008. Effect of pre-harvest and post-harvest conditions and treatments on plum fruit quality. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 3: 009, doi: 10.1079/PAVSNR20083009: 10 str.

Materials Technology Limited. 2012. The blue wool scale. Hampshire, Materials Technology Limited: 3 str.

<http://www.dr-b-mattech.co.uk/uv%20blue%20wool.html> (marec, 2012)

McAnlis G. T., McEneny J., Pearce J., Young I. S. 1999. Absorption and antioxidant effects of quercetin from onions in man. *European Journal of Clinical Nutrition*, 53: 92-96

Molyneux P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Journal of Science and Technology*, 26, 2: 211-219

Nunes C., Rato E. A., Barros A., Saraiva J. A., Coimbra M. A. 2009. Search for suitable maturation parameters to define the harvest maturity of plums (*Prunus domestica* L.): A case study of candied plums. *Food Chemistry*, 112: 570-574

Paš M. 2001. Minerali v funkcionalnem prehranjevanju. V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi. Portorož. 8. in 9. november 2001. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 67-78

Patterson B. D., Hatfield G. S., Knee M. 1974. Residual effects of controlled atmosphere storage on the production of volatile compounds by two varieties of apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 25: 843-849

Payasi A., Mishra N. N., Chaves A. L. S., Singh R. 2009. Biochemistry of fruit softening: an overview. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 15, 2: 103-113

Piga A., Del Caro A., Corda G. 2003. From plums to prunes: Influence of drying parameters on polyphenols and antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 12: 3675-3681

Reeves plum (*Prunus domestica*). 2013. Kent, Keepers nursery: 1 str.

<http://www.keepers-nursery.co.uk/reeves-plum-fruit-trees.aspx> (september, 2013)

Robertson G. L. 2006. Modified atmosphere packaging. V: Food packaging, principles and practice. Robertson G. L. (ed.). Boca Raton, CRC Press: 313-330

Rop O., Jurikova T., Mlcek J., Kramarova D., Sengee Z. 2009. Antioxidant activity and selected nutritional values of plums (*Prunus domestica* L.) typical of the White Carpathian Mountains. *Scientia Horticulturae*, 122, 4: 545-549

Sancin V., Adamič F. 1988. Sadje z našega vrta. Trst, Založništvo tržaškega tiska: 376 str.

Sanders S. W. 1993. Dried plums: Multi-functional bakery ingredient. *Bulletin of the American Society of Bakery Engineers*, 228: 1-9

Sekse, L. 2007. Plum production in Norway. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 734: 23-28

- Sekse L., Simčič M., Vidrih R. 2013. Fruit surface colour as related to quality attributes in two plum (*Prunus domestica* L.) cultivars at different maturity stages. *European Journal of Horticultural Science*, 78, 1: 13-21
- Slimestad R., Vangdal E., Brede C. 2009. Analysis of phenolic compounds in six norwegian plum cultivars (*Prunus domestica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 23: 11370-11375
- Song J., Bangerth F. 1996. Effect of harvest date on aroma compound production from "Golden Delicious" apple fruit and relationship to respiration and ethylene production. *Postharvest Biology and Technology*, 8: 259-269
- Štampar F., Lešnik M., Veberič R., Solar A., Koran A., Usenik V., Hudina M., Osterc G. 2005. *Sadjarstvo*. Ljubljana, Kmečki glas: 272-276
- Taylor M., Jacobs G., Rabe E., Dodd M. C. 1993. Influence of sampling date and position in the tree on mineral nutrients, maturity and gel breakdown in cold stored 'Songold' plums. *Scientia Horticulturae*, 54: 131-141
- Tokusoglu O. 2011. Phenolic and beneficial bioactives in drupe fruits. V: *Fruit and cereal bioactives: Sources, chemistry and applications*. Tokusoglu O., Hall A. C. (eds.). Boca Raton, CRC Press: 89-90
- Truter A. G., Combrink J. C., van Mollendorff L. J. 1994. Controlled-atmosphere storage of plums. *Deciduous Fruit Grower*, 44: 373-375
- USDA. 2013. Nutrient data for 09279, Plums, raw. Washington, Nutrient Data Laboratory Home, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service: 1 str. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2428> (september, 2013)
- Usenik V., Kastelec D., Veberič R., Štampar F. 2008. Quality changes during ripening of plums (*Prunus domestica* L.). *Food Chemistry*, 111, 4: 830-836
- Van Aceker S. A., Tromp M. N., Haenen G. R., Van Der Vijgh W. J., Bast A. 1995. Flavonoids as scavengers of nitric oxide radical. *Biochemistry and Biophysics Research Communication*, 214: 755-759
- Vangdal E., Flatland S., Nordbø R. 2007. Fruit quality changes during marketing of new plum cultivars (*Prunus domestica* L.). *Horticultural Science*, 34, 8: 91-95
- Vangdal E., Flatland S., Lunde Knutsen I., Larsen H. 2012. Factors affecting storability and shelf life in plums (*Prunus domestica* L.). *Acta Horticulturae*, 968: 197-203
- Vasantha Rupasinghe H. P., Jayasankar S., Lay W. 2006. Variation in total phenolics and antioxidant capacity among European plum genotypes. *Scientia Horticulturae*, 108, 3: 243-246

- Vidrih R., Kač M. 2000. Analitika antioksidantov. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 101-114
- Walkowiak-Tomczak D., Regula J., Lysiak G. 2008. Physico-chemical properties and antioxidant activity of selected plum cultivars fruit. *ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 7, 4: 15-22
- Willis R. H. H., Lee T. H., Graham D. G., McGlasson W. B., Hall E. G. 1981. *Postharvest: An introduction to physiology and handling of fruit and vegetables*. St. Albans, Granada Publishing: 161 str.
- Yahia E. M. 2010. The contribution of fruit and vegetable consumption to human health. V: *Fruit and vegetable phytochemicals: Chemistry, nutritional value and stability*. de la Rosa L. A., Alvarez-Parrilla E., Gonzales-Aguilar G. A. (eds.). Ames, Blackwell Publishing: 3-51
- Zhang M., Chen S. 2009. Application of modified atmosphere packaging of fruit and vegetables in China. Oakville Ontario, Institute of Food Technologists and International Union of Food Science and Technology: 2 str.
<http://www.worldfoodscience.org/cms/?pid=1005087> (maj 2013)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Rajko Vidrihu in recenzentki prof. dr. Tatjani Košmerl za vso pomoč in strokovni pregled diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi tehnični sodelavki Sonji Čerpič za vso pomoč v laboratoriju.

Hvala univ. dipl. inž. Lini Burkan Makivić za pomoč pri urejanju diplomskega dela.

Posebna zahvala moji družini za vso podporo v času študija.