

**UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO**

Anita FAJIĆ

**VPLIV MODIFICIRANE ATMOSFERE NA FIZIKALNO KEMIJSKE
PARAMETRE SLOVENSКИH ČEŠENJ (*Prunus avium*)**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**INFLUENCE OF MODIFIED ATMOSPHERE ON PHYSICAL AND
CHEMICAL PARAMETERS OF SLOVENIAN CHERRIES
(*Prunus avium*)**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2012

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.

Anita FAJIĆ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 664.8.03:634.23:547.56:543.61(043)=163.6 češnje/ <i>Prunus avium</i> /skladiščenje češenj/normalna atmosfera/modificirana
KG	atmosfera/fizikalnokemijske lastnost/polifenoli/antioksidativni potencial/barva češenj/trdota češenj/suha snov
AV	FAJČ, Anita
SA	VIDRIH, Rajko (mentor)/KOŠMERL, Tatjana (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI	2012
IN	VPLIV MODIFICIRANE ATMOSFERE NA FIZIKALNO KEMIJSKE PARAMETRE SLOVENSkih ČEŠENJ (<i>Prunus avium</i>)
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	IX, 53 str., 11 pregl., 11 sl., 40 vir.
IJ	SI
JI	sl/en
AL	V diplomskem delu smo raziskovali vsebnost skupnih polifenolov, antioksidativni potencial (AOP), barvo, trdoto in suho snov v plodovih češenj. Analizirali smo češnje sorte 'Giorgia', 'Lapins' in 'Van'. Češnje smo skladiščili v normalni (NA) in modificirani atmosferi (MA) (10 % CO ₂ , 10 % O ₂), štiri tedne pri temperaturi 0 °C in relativni vlažnosti med 90 in 95 %. V tedenskih razmikih smo opravili meritve barve površine plodov, trdote in suhe snovi. AOP in vsebnost skupnih polifenolov smo analizirali po predhodni stabilizaciji plodov z 2 % metafosforno kislino. Ugotovili smo, da obstajajo statistično značilne razlike med sortami češenj, tako v merjenih parametrih, kot v razmerah oziroma sestavi atmosfere. AOP v NA je bil med 0,118-0,136 μmol/g. V MA so bile vrednosti manjše, med 0,110-0,120 μmol/g. Vsebnost skupnih polifenolov v NA je bila med 146,480-185,680 mg/100 g, v MA so bile nekoliko manjše vsebnosti, in sicer med 144,880-165,880 mg/100 g. Vrednosti trdote v NA so bile med 0,297-0,330 kg, v MA pa med 0,250 in 0,263 kg. Vsebnosti suhe snovi v NA so bile med 15,637 in 16,913 %. Tudi pri tem parametru so bile vrednosti v MA manjše, in sicer med 14,627 in 15,400 %. Največje vrednosti barvnih parametrov L* (25,570), a* (16,113), b* (4,117) smo izmerili v plodovih skladiščenih v MA.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 664.8.03:634.23:547.56:543.61(043)=163.6
cherries/*Prunus avium*/storage of cherries/normal atmosphere/modified
CX atmosphere/physicochemical properties/polyphenols/antioxidative
potential/colour of cherries/firmness of cherries/soluble solids
AU FAJČ, Anita
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 2012
TI INFLUENCE OF MODIFIED ATMOSPHERE ON PHYSICAL AND
CHEMICAL PARAMETERS OF SLOVENIAN CHERRIES
(*Prunus avium*)
DT Graduation Thesis (University studies)
NO IX, 53 p., 11 tab., 11 fig., 40 ref.
LA SI
AL sl/en
AB In the thesis the parameters like the content of total polyphenols, antioxidant potential (AOP), colour, firmness and soluble solids were determined in cherries of three cultivars 'Giorgia', 'Lapins' and 'Van'. Cherries were stored in normal (NA) and in modified atmosphere (MA) (10 % CO₂, 10 % O₂), for four weeks at the temperature of 0 °C and relative humidity between 90 and 95 %. In weekly intervals the measurements of the colours of the fruit surfaces, firmness and soluble solids were carried out. AOP and the content of total polyphenols were analysed after stabilisation with 2 % metaphosphoric acid. Statistically significant differences were found between cherry cultivars as well as between both atmospheres. AOP of cherries stored in NA was found in range between 0,118 and 0,136 µmol/g. In cherries stored in MA the values were a lower, in range between 0,110 and 0,120 µmol/g. The content of total polyphenols in cherries stored in NA ranged between 146,480 and 185,680 mg/100 g, in case of MA the content ranged between 144,880 and 165,880 mg/100 g. In cherries stored in NA the firmness were in ranged from 0,297 to 0,330 kg, and in MA stored cherries ranged between 0,250 and 0,263 kg. The contents of soluble solids in NA were between 15,637 and 16,913 % , while ranged between 14,627 and 15,400 % in MA stored cherries. The highest values of colour parameters were found in MA stored cherries L*(25,570), a* (16,113), b* (4,117) as compared to NA stored cherries.

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 RAZISKAVE	2
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	3
2 PREGLED OBJAV	4
2.1 ČEŠNJE	4
2.1.1 Izvor in razširjenost	4
2.1.2 Izbor sort	4
2.1.2.1 Sorta 'Giorgia'	4
2.1.2.2 Sorta 'Van'	5
2.1.2.3 Sorta 'Lapins'	6
2.1.3 Kemijska sestava plodov češenj	7
2.2 ANTIOKSIDANTI	7
2.2.1 Značilnosti antioksidantov	7
2.3 POLIFENOLI	10
2.3.1 Razdelitev fenolnih spojin	10
2.3.2 Značilnosti fenolnih spojin	11
2.4 SKLADIŠČENJE	13
2.4.1 Splošno o skladiščenju	13
2.4.2 Dejavniki uspešnega skladiščenja	13
2.4.2.1 Temperatura	13
2.4.2.2 Vlažnost	14
2.4.2.3 Sestava zraka	14
2.4.3 Dihanje	14
2.4.3.1 Glikoliza	16
2.4.3.2 Citratni cikel	16
2.4.3.3 Oksidativna fosforilacija	16
2.4.4 Normalna atmosfera (zrak)	17

2.4.5	Modificirana atmosfera.....	18
2.4.6	Češnje in skladiščenje.....	19
3	MATERIALI IN METODE	20
3.1	PRIPRAVA VZORCEV ZA ANALIZO.....	20
3.2	ANALIZA PLODOV	20
3.2.1	Določanje trdote plodov	20
3.2.2	Določanje topne suhe snovi.....	21
3.2.3	Merjenje barve plodov	21
3.2.4	Določanje skupnih fenolnih spojin po Singletonu in Rossiju	22
3.2.5	Določanje antioksidativnega potenciala	24
3.2.6	Statistična analiza	25
4	REZULTATI	26
4.1	UMERITVENA KRIVULJA ZA SKUPNE POLIFENOLE S FOLIN-CIOCALTEAUJEVIM REAGENTOM.....	26
4.2	REZULTATI FIZIKALNO KEMIJSKIH PARAMETROV MED RAZLIČNIMI SORTAMI ČEŠENJ V NA IN MA.....	27
4.3	REZULTATI FIZIKALNO KEMIJSKIH PARAMETROV MED RAZLIČNIMI SORTAMI ČEŠENJ V NA	32
4.4	REZULTATI FIZIKALNO KEMIJSKIH PARAMETROV MED RAZLIČNIMI SORTAMI ČEŠENJ V MA.....	34
4.5	REZULTATI FIZIKALNO KEMIJSKIH PARAMETROV V ČEŠNJAH SORTE 'GIORGIA'.....	36
4.6	REZULTATI FIZIKALNO KEMIJSKIH PARAMETROV V ČEŠNJAH SORTE 'LAPINS'.....	38
4.7	REZULTATI FIZIKALNO KEMIJSKIH PARAMETROV V ČEŠNJAH SORTE 'VAN'.....	40
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	42
5.1	RAZPRAVA	42
5.2	SKLEPI.....	45
6	POVZETEK	47
7	VIRI	49

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Povprečna kemijska sestava plodov češenj (Souci in sod., 2008).....	7
Preglednica 2: Razvrstitev fenolnih spojin (Abram, 2000)	10
Preglednica 3: Pregled vseh proučevanih fizikalno kemijskih parametrov v NA in MA v češnjah sorte 'Giorgia'	27
Preglednica 4: Pregled vseh proučevanih fizikalno kemijskih parametrov v NA in MA v češnjah sorte 'Lapins'	28
Preglednica 5: Pregled vseh proučevanih fizikalno kemijskih parametrov v NA in MA v češnjah sorte 'Van'	28
Preglednica 6: Spremembe koncentracije CO ₂ (%) in O ₂ (%) v modificirani atmosferi v češnjah sorte 'Giorgia', 'Lapins' in 'Van'	29
Preglednica 7: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov, AOP, trdote, L*, a*, b* in suhe snovi med različnimi sortami češenj, skladiščene štiri tedne v normalni atmosferi z Duncanovim testom ($\alpha = 0,05$).....	32
Preglednica 8: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov, AOP, trdote, L*, a*, b* in suhe snovi med različnimi sortami češenj, skladiščene štiri tedne v modificirani atmosferi z Duncanovim testom ($\alpha = 0,05$).....	34
Preglednica 9: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov, AOP, trdote, L*, a*, b* in suhe snovi v češnjah sorte 'Giorgia', skladiščene štiri tedne v modificirani in normalni atmosferi z Duncanovim testom ($\alpha = 0,05$)	36
Preglednica 10: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov, AOP, trdote, L*, a*, b* in suhe snovi v češnjah sorte 'Lapins', skladiščene štiri tedne v modificirani in normalni atmosferi z Duncanovim testom ($\alpha = 0,05$).....	38
Preglednica 11: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov, AOP, trdote, L*, a*, b* in suhe snovi v češnjah sorte 'Van', skladiščene štiri tedne v modificirani in normalni atmosferi z Duncanovim testom ($\alpha = 0,05$).....	40

KAZALO SLIK

Slika 1: Češnje sorte 'Giorgia' (Smole, 2000).....	5
Slika 2: Češnje sorte 'Van' (Smole, 2000)	5
Slika 3: Češnje sorte 'Lapins' (Smole, 2000).....	6
Slika 4: Glavne metabolne poti glukoze pri rastlinah in živalih (Boyer, 2005)	15
Slika 5: Penetrometer (Stanhope-Seta, 2010).....	20
Slika 6: Refraktometer za določanje topne suhe snovi (Agra, 2012)	21
Slika 7: L*, a*, b* sistem določanja barve s kromatometrom (Materials Technology Limited, 2012)	22
Slika 8: Umeritvena krivulja za določanje skupnih fenolov po Singletonu in Rossiju	26
Slika 9: Prikaz skupnih polifenolov in suhe snovi v NA in MA v češnjah sorte 'Giorgia', 'Lapins' in 'Van' v četrtem tednu skladiščenja	30
Slika 10: Prikaz AOP in trdote v NA in MA v češnjah sorte 'Giorgia', 'Lapins' in 'Van' v četrtem tednu skladiščenja.....	30
Slika 11: Prikaz L*, a* in b* v NA in MA v češnjah sorte 'Giorgia', 'Lapins' in 'Van' v četrtem tednu skladiščenja.....	31

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

A – absorbanca

AOP – antioksidativni potencial

ATP – adenzin trifosfat

BHA – butiliran hidroksianizol

BHT – butiliran hidroksitoluen

DPPH – 2,2-difenil-1-pikril-hidrazil

FAD – flavin adenin dinukleotid

FC – Folin-Ciocalteu

GSH – glutation

GTP – gvanozin trifosfat

L – dolžina kivete

M – molska masa

MA – modificirana atmosfera

n – množina snovi

NA – normalna atmosfera

NAD⁺ – nikotinamid adenin dinukleotid

RF – referenčna vrednost

SD – standardna deviacija ali odklon

SOD – superoksid dismutaza

PE – polietilen

PG – propil galat

V – volumen

\bar{x} – aritmetična sredina ali povprečje

1 UVOD

Češnje so danes zelo razširjena vrsta. Iz njihovega avtohtonega območja v Mali Aziji, nekje med Črnim in Kaspijskim morjem ter Kavkazom, so se razširile povsod po svetu, kjer so ugodne podnebne razmere za njihovo rast. Češnja se omenja že 4000 do 5000 let pred našim štetjem, čeprav so jo takrat izkoriščali ne toliko v prehranske namene kot zaradi kakovostnega lesa. Prvotno so nastajali kultivarji najverjetneje z naravno selekcijo v lokalno omejenih območjih, danes pa so velika središča, kjer nastajajo novi kultivarji češenj v Kanadi, ZDA, Italiji in Severni Evropi (Smole, 2000).

Češnje spadajo v skupino neklimakterijskega sadja in so hitro pokvarljivo sadje, saj se kmalu po obiranju opazno poslabšajo senzorične lastnosti plodov. Njihov rok trajanja se lahko skrajša zaradi izgube trdote plodov, izsušitve ter razbarvanja peclja. Ti neželeni vplivi se lahko preprečijo ali zmanjšajo s pakiranjem živil v modificirani atmosferi. Vsi plini, ki se uporabljajo v ta namen (dušik, ogljikov dioksid in kisik) so naravne sestavine okoljskega zraka. S spremenjeno sestavo zraka, to je z zmanjšano količino kisika od normalnih 21 % na 3-5 %, in s povečanim deležem ogljikovega dioksida od normalnih 0,03 % na 3-10 %, potekajo procesi zorenja in kvarjenja znatno počasneje ter tako omogočajo daljše in bolj gospodarno shranjevanje (Petracek in sod., 2002).

Plodovi češnje vsebujejo okoli 80 % vode. Preostalo so proteini (1,3 %), maščobe (0,3 %), in ogljikovi hidrati (17 %). Češnje so bogate z železom, fosforjem in vitamini A, B1, B2, B6 in C. Hranilna vrednost: 100 g češenj ima 67 kalorij/280 J, 100 g višenj pa ima 60 kalorij/251 J. Pri obeh sadežih je v 100 g približno 14 do 15 mg vitamina C (Cortese, 2000).

Češnje lahko uvrstimo med funkcionalna živila. Pojem funkcionalno živilo se uporablja za širok spekter živil, ki naj bi ohranjala zdravje ali celo prispevala k boljšemu zdravstvenemu stanju. Funkcionalne značilnosti so poznane in dokazane pri mnogih živilih. Sem lahko uvrščamo antioksidante iz svežega sadja in zelenjave, ki lahko zmanjšajo tveganja obolenosti za rakom in srčno-žilnimi boleznimi (Raspor in Rogelj, 2001).

Antioksidanti so v splošnem snovi, ki so sposobne že v majhnih količinah preprečiti ali zmanjšati oksidativne poškodbe pomembnih spojin: maščob, beljakovin in nukleinskih kislin (Balik in sod., 2008).

Ugotovili so, da večina antioksidativne učinkovitosti sadja pripada polifenolom (Cao in sod., 1996).

Polifenoli so sekundarni metaboliti v rastlinah. Rastlina sama jih ne potrebuje za osnovne funkcije, pomembne za preživetje celic, kot so dihanje, glikoliza in fotosinteza, vendar se rastline z njihovo pomočjo lažje prilagodijo na razne stresne vplive okolja. Vsebnost polifenolov je odsev fiziološkega stanja, v katerem se nahaja rastlina (Macheix in sod., 1990).

Barva sadja je predvsem posledica vsebnosti antocianinov, ki povzročajo obarvanje rastlin od rdeče, modre, vijoličaste pa do črne barve. Različna obarvanost plodov je posledica vsebnosti različnih antocianinov in seveda okolja, kjer se antocianini nahajajo, od vrednosti pH, prisotnosti drugih antocianinov in drugih polifenolov zaradi kopigmentacije, pa tudi železovih ionov, ki lahko povezujejo fenole v različne komplekse (Macheix in sod., 1990).

Barva, trdota in suha snov plodov češenj so pomembni zaradi določanja same stopnje zrelosti, pa tudi kot parameter kakovosti češenj.

1.1 NAMEN RAZISKAVE

Ugotoviti, kako modificirana atmosfera vpliva na fizikalno kemijske parametre (trdota plodov, suha snov, barva, vsebnost skupnih polifenolov, antioksidativni potencial).

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Predvidevamo, da modificirana atmosfera ugodno vpliva na zadrževanje trdote, razvoj barve in ohranjanje antioksidativnega potenciala ter skupnih polifenolov.

2 PREGLED OBJAV

2.1 ČEŠNJE

2.1.1 Izvor in razširjenost

Carl Linne je češnjo uvrstil v družino rožnic (*Rosaceae*) in rod *Prunus*, danes pa jo skupaj z višnjo uvrščamo v rod *Cerasus*, ki zajema okoli 120 različnih vrst, med katerimi so za sadjarstvo pomembne le nekatere. Najpomembnejša je tako imenovana sladka ali prava češnja, ki zraste v močno drevo visoko okoli 20 m in se latinsko imenuje *Prunus avium*.

Prvi dokazi o češnjah kot sadju, pomembnem živilu, segajo v obdobje 4000-5000 let pred našim štetjem, grški zapisi pa dokazujejo, da so češnje že od nekdaj pridelovali tudi zaradi lesa. Češnja (*Prunus avium*) je nastala v maloazijskem rodovnem središču, ki zajema območja severnega Irana in južnega Kavkaza, Kaspijskega in Črnega morja. Iz primarnega rodovnega središča se je počasi razširila na druga območja in tudi v Evropo. Divje češnje so v Evropi razširjene na območju med južno Švedsko na severu ter Turčijo, Grčijo, Italijo in Španijo na jugu. Divja češnja je precej zastopana tudi po slovenskih gozdovih. Pojavljajo se različice s temnim in svetlim lubjem. Da so bile češnje na našem območju, dokazuje tudi pojmovanje številnih slovenskih krajev (Štampar in sod., 2005).

2.1.2 Izbor sort

2.1.2.1 Sorta 'Giorgia'

Je italijanska sorta, introducirana leta 1985 in je križanec ISF 123 x 'Kaccianese'. Cveti zgodaj in dolgo, zahteva močno rez. Je avtosterilna sorta, ki jo dobro oplojuje 'Van'. Plod je velik, srčaste oblike z globoko pecljevo jamico in je širši kot daljši. Meso je čvrsto, sladko, srednje sočno, sok pa je svetlorožnat. Sorta je srednje občutljiva za pokanje (Smole, 2000).



Slika 1: Češnje sorte 'Giorgia' (Smole, 2000)

2.1.2.2 Sorta 'Van'

Je kanadska sorta. V Slovenijo je bila uvedena leta 1975 preko Anglije. Zori v četrtem oziroma petem češnjem tednu. Drevo je dokaj bujne rasti, s pokončnimi vejami. Je avtosterilna sorta. Plod je srednje debel do debel, okroglasto sploščene oblike z značilno kratkim pecljem, v polni zrelosti je temnordeč in se močno blešči. Ima opazen šiv, meso je svetlejšje od kožice, a rdeče in zelo čvrsto. Sok je rdeče obarvan. Okus je sladko kiselkast, aromatičen in zelo prijeten. Plod je manj občutljiv za pikanje (Smole, 2000).



Slika 2: Češnje sorte 'Van' (Smole, 2000)

2.1.2.3 Sorta 'Lapins'

Je kanadska samooplodna sorta in križanec sort 'Van' in 'Stella'. V Slovenijo je bila uvedena preko Italije leta 1983. Zori v sedmem do osmem češnjem tednu. Drevo raste srednje bujno, v začetku pokončno. Ker zgodaj zarodi, se veje kmalu povesijo. Je avtofertilna sorta. Plod je velik, okroglast, intenzivno rdeč in se blešči, v polni zrelosti potemni. Je hrustavka z malo manj čvrstim mesom, prijetno sladko kislega okusa. Pecelj je srednje dolg. Plod je precej odporen proti pokanju (Smole, 2000).



Slika 3: Češnje sorte 'Lapins' (Smole, 2000)

2.1.3 Kemijska sestava plodov češenj

Preglednica 1: Povprečna kemijska sestava plodov češenj (Souci in sod., 2008)

Glavne komponente	Vsebnost (g/100 g)
voda	82,8
skupni dušik	0,14
proteini (N × 6,25)	0,90
maščobe	0,31
prosti ogljikovi hidrati	13,3
skupne prehranske vlaknine	1,31
proste organske kisline	0,95
minerali	0,49

2.2 ANTIOKSIDANTI

2.2.1 Značilnosti antioksidantov

Živilski tehnologi so postavili definicijo, da so antioksidanti tiste sestavine živil oz. tisti dodatki živilom, ki so bodisi lovilci radikalov, 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 torej predvsem aditivi ali sestavine živil, ki podaljšujejo uporabnost le-teh, za tiste bolj v medicino in fiziologijo usmerjene strokovnjake pa so antioksidanti predvsem snovi, ki sodelujejo pri obrambi organizma pred potencialno škodljivimi oksidirajočimi snovmi (Vidrih in Kač, 2000).

Vsi živi sistemi so neprestano izpostavljeni učinkom prostih radikalov. Prosti radikali so visoko reaktivne molekule, ki se tvorijo v biokemijskih reakcijah. Antioksidativni sistem varuje organizem pred učinki prostih radikalov in ga delimo v več skupin. Primarni antioksidanti nastopajo v organizmu ali jih tvorijo mikroorganizmi, to so predvsem encimi, glutation peroksidaza, superoksid dismutaza (SOD), ceruloplazmin. 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, karoten, albuminim, polifenoli, nekateri mikrobnih polisaharidi, nekateri flavoni in flavonoidi. Terciarni antioksidanti so snovi, ki popravljajo poškodbe, ki jih povzroči prosti radikal v strukturi celice. Z ustreznim uživanjem sekundarnih antioksidantov lahko vzpostavimo ravnotežje in preprečimo nastanek s tem povezanih bolezni (Kovač in Raspor, 2000).

Glavna pomanjkljivost sintetičnih antioksidantov, kot so butiliran hidrosianizol (BHA), butiliran hidrositoluen (BHT) in propil galat (PG) je, da so zdravju škodljivi. V literaturi najdemo veliko študij, ki potrjujejo njihovo toksičnost, zato je v zadnjem času posvečeno veliko pozornosti identifikaciji in vključevanju naravnih antioksidantov v živila. Trenutno so tehnološko najpomembnejši naravni antioksidanti mešanice tokoferolov, askorbinska in citronski kislina ter njune soli in ekstrakti, pridobljeni iz rastlin, kot so rožmarin in žajbelj (Shahidi, 2000).

Čeprav je antioksidativna zaščita živil pomembna, pa je za zdravje človeka še bolj pomemben antioksidativni status, ki je odvisen najbolj od stanja endogenega oksidativnega sistema, pa tudi od eksogenih antioksidantov, ki ta sistem dopolnjujejo.

Endogene komponente antioksidativnega sistema:

- glutation (GSH), Se-glutation peroksidaza,
- Fe-katalaza,
- NADPH,

- ubikinol (QH₂, reducirani koencim Q₁₀),
- Mn, Cu, Zn-superoksid dismutaza (SOD),
- sečna kislina,
- lipoična kislina,
- hormoni z antioksidativno aktivnostjo (melatonin, estrogen),
- beljakovine, ki vežejo kovine (vključno albumin) in tiste, ki vežejo Fe in Cu (transferin in ceruloplazmin).

Prehranski in eksogeni antioksidanti:

- tokoferoli in tokotrienoli,
- askorbinska kislina (vitamin C),
- vitamin A in karotenoidi (β-karoten, likopen, luteini),
- Se in drugi kovinski elementi, potrebni za antioksidativne encime,
- fitokemijske spojine z antioksidativno aktivnostjo,
- prehranski in drugi nadomestki (CoQ₁₀, glutation, lipoična kislina),
- prehranski antioksidanti (BHA, BHT, propil galat).

Navedene spojine so kot antioksidanti aktivne v živilih, antioksidativni učinek pa imajo tudi v organizmu in prispevajo k antioksidativnemu statusu človeka. Ta je dinamično ravnotežje med učinkovitostjo antioksidativnega sistema in prooksidativno obremenitvijo organizma (Papass, 1999).

Uživanje sadja in zelenjave je povezano z zmanjšanim rizikom nastanka rakastih tvorbov, srčno-žilnimi boleznimi in boleznimi osrednjega živčevja, vpliva pa tudi na nižji krvni tlak. 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 boleznimi. Antioksidativni učinek je posledica vsebnosti polifenolov, predvsem nekaterih flavonoidov (flavonov, izoflavonov, flavanonov, antocianinov, katehina in izokatehina) in v manjši meri vitaminov (Vidrih in Kač, 2000).

2.3 POLIFENOLI

2.3.1 Razdelitev fenolnih spojin

Fenolne spojine imenujemo vse tiste spojine, ki imajo najmanj en aromatski obroč in najmanj eno ali več hidroksilnih skupin (-OH), direktno vezanih na aromatski obroč.

V naravi so običajno spojine z več hidroksilnimi skupinami in zato se je zanje uveljavilo tudi drugo ime polifenoli (Abram in Simčič, 1997).

Pri poimenovanju fenolnih spojin je v literaturi veliko zmede, zato se najbolj priporoča uporaba razdelitve po številu C-atomov v molekuli in po osnovnem skeletu molekule.

Preglednica 2: Razvrstitev fenolnih spojin (Abram, 2000)

Število C atomov	Osnovni skelet	Skupina
6	C ₆	fenoli
7	C ₆ C ₁	fenolne kisline
8	C ₆ C ₂	fenilacetne kisline
9	C ₆ C ₃	hidroksicimetne kisline fenilpropani kumarini izokumarini kromoni
10	C ₆ C ₄	naftokinoni
13	C ₆ C ₁ C ₆	ksantoni
14	C ₆ C ₂ C ₆	stilbeni antrakinoni
15	C ₆ C ₃ C ₆	flavonoidi
18	(C ₆ C ₃) ₂	lignani neolignani
30	(C ₆ C ₃ C ₆) ₂	biflavonoidi
n	(C ₆ C ₃) _n	lignini
	(C ₆) _n	melanini
	(C ₆ C ₃ C ₆) _n	kondenzirani tanini

Polifenole v sadju lahko razdelimo na:

- hidoksibenzojske kisline (klorgenska, elagična),
- flavane (katehin),
- antocianidine (malvidin),
- dihidrokalkon (floridzin),
- flavonone (naringin),
- flavonole (kvercetin) in
- resveratrol (Hribar in Vidrih, 2001).

2.3.2 Značilnosti fenolnih spojin

Flavonoidi so strukturno največja in najbolj razširjena skupina polifenolov. V naravi so običajno glikozilirani, kar pomeni, da imajo vezane različne monosaharide (glukoza, galaktoza, arabinoza in ramnoza), ali pa tudi daljše verige na obroč. Največkrat je sladkor vezan na C₃ atom, lahko tudi na C₅ ali C₇. Nesladkorni del molekule imenujemo aglikon (Abram in Simčič, 1997).

Tudi češnje vsebujejo polifenolne komponente, v največji meri antocianine in hidoksicimetne kisline (Macheix in sod., 1990).

Delujejo antioksidativno in znatno zmanjšujejo škodljivo delovanje reaktivnih molekul, kot so reaktivne kisikove zvrsti (ROS) in nekatere dušikove spojine, pri fizioloških procesih v človeškem organizmu. Fenolne spojine so sekundarni metaboliti rastlin, ki ščitijo rastline pred škodljivimi vplivi sončnih žarkov, imajo pa tudi nekaj pomembnih vlog za rastlino. Ob okužbi rastline ali ob napadu škodljivcev se z geni določena izgradnja sekundarnih metabolitov rastline zelo pospeši. Če je koncentracija sekundarnih metabolitov v rastlini zelo velika, bi ti lahko poškodovali tudi lastno rastlinsko tkivo. V rastlinah se zato antioksidanti v večjih količinah ne kopičijo v citoplazmi celic, ampak v ločenih predelih, včasih ločeno v vakuolah, ali pa celo v tkivih, v katerih ni več živih celic. Vsebnost antioksidativnih snovi v rastlinah je seveda lahko odvisna tako od genetskih kot tudi od ekoloških dejavnikov (Hertog in sod., 1995).

V sadju imajo polifenoli poleg zaščite tudi vpliv na senzorične lastnosti. To je pomembno za prehranjevanje tako živali kot tudi človeka. Predvsem vplivajo na barvo, pa tudi na okus in aromo. Barva sadja je predvsem posledica vsebnosti antocianinov, ki povzročajo obarvanje rastlin od rdeče, modre, vijoličaste pa do črne barve. Različna obarvanost plodov je posledica vsebnosti različnih antocianinov in seveda okolja, kjer se antocianini nahajajo, od vrednosti pH, prisotnosti drugih antocianinov in drugih polifenolov zaradi kopigmentacije, pa tudi železovih ionov, ki lahko povezujejo fenole v različne komplekse (Macheix in sod., 1990).

Katehini, ki sodijo v družino polifenolnih flavonoidov, zavirajo rast stafilokokov, ki lahko povzročijo smrtno nevarne okužbe. Ljudem, ki jedo hrano z veliko holesterola, pomagajo vzdrževati normalno količino holesterola v krvi, pomagajo pa tudi preprečevati zobno gnilobo in boleznimi dlesni. Lahko pomagajo tudi zmanjševati pogostnost želodčnega in pljučnega raka, preprečevati okvare DNK in zavirati razvoj ateroskleroze (Mindell, 2000).

Resveratrol, polifenolni flavonoid, zmanjšuje nevarnost srčnega infarkta in kapi, ker zavira nastajanje krvnih strdkov in škodljivega (LDL) holesterola. Ugotovljeno je bilo, da lahko pomaga zavirati nastajanje rakastih celic in pretvarjati maligne celice nazaj v normalne (Mindell, 2000).

2.4 SKLADIŠČENJE

2.4.1 Splošno o skladiščanju

Rok mnogih pokvarljivih izdelkov, kot so meso, jajca, ribe, perutnina, sadje, zelenjava, itd. je omejen, zaradi navzočnosti kisika iz zraka, ter treh pomembnih dejavnikov: kemijskega učinka kisika iz zraka zaradi oksidacije, rasti aerobnih mikroorganizmov, ki povzročajo kvarjenje živil ter napada škodljivcev. Vsak od teh dejavnikov, ali v povezavi eden z drugim, povzročajo spremembe v barvi, okusu, vonju in na splošno poslabšajo kakovost hrane (Simpson in sod., 1992).

S skladiščenjem živil želimo podaljšati obstojnost živil, tako da na njih preprečimo neželene biološke, kemijske in fizikalne spremembe. Priporočljiva so skladišča, v katerih lahko uravnavamo temperaturo, jih lahko zračimo in uravnavamo vlažnost (Kodele in Suwa Stanojević, 2003).

Sadje v hladilnici skladiščimo od enega do dvanajst mesecev. Za tako dolgo skladiščenje mora biti sadje obrano v primernem času, takoj odpeljano v hladilnico, hitro ohlajeno in postavljeno v posebne komore, kjer v čim krajšem času vzpostavimo zelene razmere (vlaga, večja od 90 % primerna temperatura, delež CO₂ in O₂) (Štampar in sod., 2005).

2.4.2 Dejavniki uspešnega skladiščenja

2.4.2.1 Temperatura

Temperatura vpliva na hitrost dozorevanja, izgubo teže in na razvoj bolezni plodov. Kolikor nižja je temperatura, toliko počasneje potekajo naštetih procesi.

Dihanje se na vsakih 10 °C povišane temperature poveča dvakrat. Pri nizki temperaturi (-1 °C do -2 °C) lahko, odvisno od točke zmrzišča, sadeži zamrznejo in odmrejo (Suwa Stanojević, 1999).

2.4.2.2 Vlažnost

Uravnavanje relativne vlažnosti je posebej pomembno pri celicah za dozorevanje sadja. Relativna zračna vlažnost mora biti čim višja, saj sadje vsebuje veliko vode (v medceličnih prostorih skoraj 100 %). Če je relativna vlažnost prenizka poteka intenzivno izhlapevanje vode in plodovi venijo (Suwa Stanojević, 1999).

2.4.2.3 Sestava zraka

V zraku je 21 % O₂, 0,03 % CO₂, 78 % N₂, ostalo pa so inertni plini. Sestava atmosfere je zelo pomembna pri skladiščenju sadja. Zaradi dihanja sadja se poveča količina CO₂ v skladišču, količina kisika pa se zmanjša, v ekstremnih primerih pride do pojavnosti anaerobnega metabolizma, zato pričnejo plodovi odmirati. Idealno je tako razmerje, ki zmanjša intenzivnost dihanja na minimum, preden se pojavi anaerobni metabolizem (Suwa Stanojević, 1999).

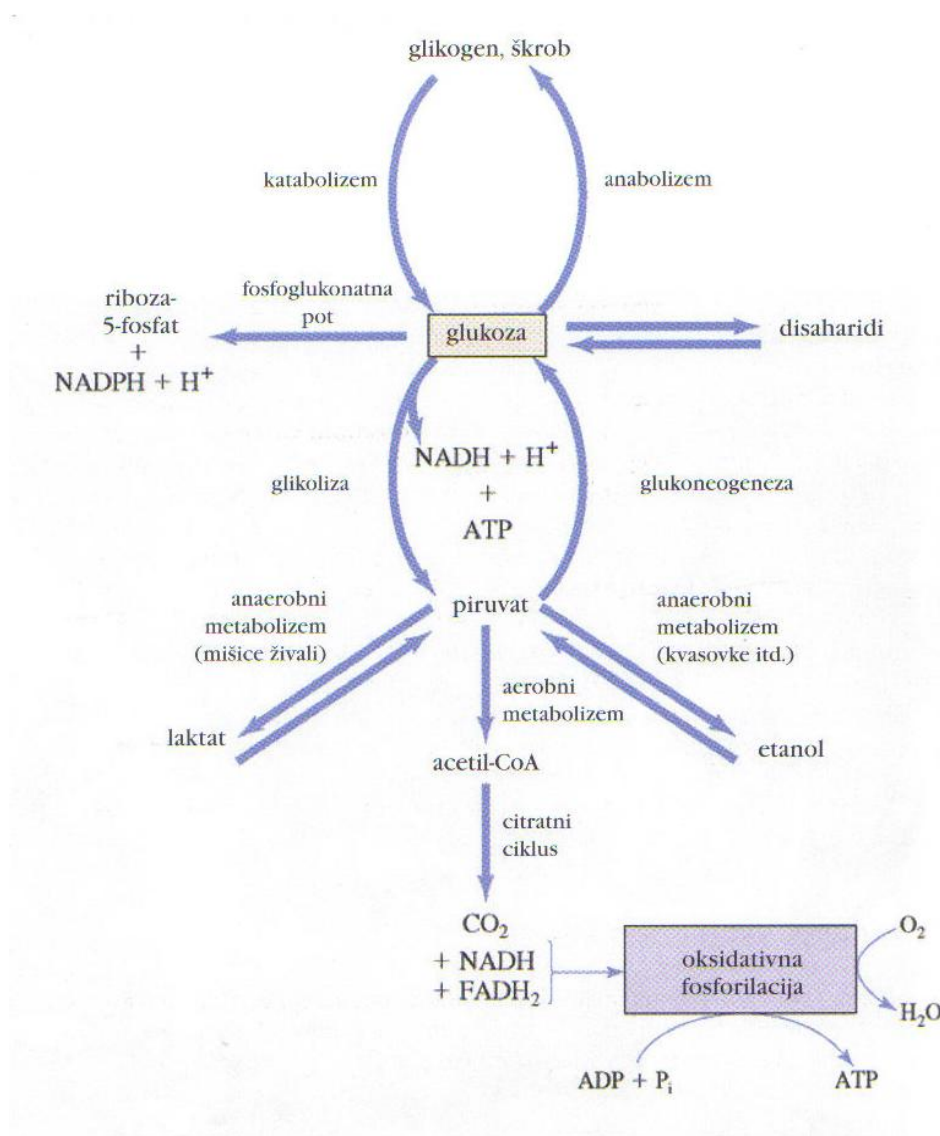
2.4.3 Dihanje

Dihanje je eden izmed glavnih procesov, ki se odvijajo v vsaki živi celici.

Glavne metabolne poti prikazuje slika 4.

Pri dihanju se glukoza popolnoma razgradi v preproste anorganske snovi CO₂ in H₂O.

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{energija (38 ATP/glukoza)}$.



Slika 4: Glavne metabolne poti glukoze pri rastlinah in živalih (Boyer, 2005)

Znižanje temperature zmanjšuje intenziteto dihanja in ostalih metabolnih sprememb. V embalažnih enotah se intenziteta dihanja kaže v hitrosti zniževanja vsebnosti kisika in zviševanju vsebnosti CO₂ (Požrl, 2001).

2.4.3.1 Glikoliza

Glikoliza je prvi odkriti in najpomembnejši proces metabolizma ogljikovih hidratov.

Reakcije glikolize: α -D-glukoza vstopa kot substrat, ki se mora razgraditi. V prvih petih stopnjah se glukoza fosforilira in cepi na dve molekuli gliceraldehid-3-fosfata. V naslednjih petih stopnjah se gliceraldehid-3-fosfat pretvori v piruvat. Celotno zaporedje reakcij vodi k nastanku dveh ATP in dveh NADH za vsako molekulo glukoze, ki vstopi v metabolni proces glikolize.

Poleg glukoze, ki je glavni sladkor, ki vstopa v glikolizo, se lahko v tem procesu do piruvata razgradijo tudi drugi monosaharidi, kot sta na primer fruktoza in galaktoza. Vsi encimi glikolize so v citosolu celice (Boyer, 2005).

2.4.3.2 Citratni cikel

Piruvat, produkt glikolize, se v aerobnih razmerah pretvori v acetil-CoA, ki vstopa v citratni cikel. Acetat, enota C_2 vstopi kot acetil-CoA in dva ogljikova atoma zapustita cikel v dveh ločenih redukcijsko-oksidacijskih reakcijah kot CO_2 . Tri molekule NAD^+ se reducirajo do NADH. Ena molekula FAD se reducira do $FADH_2$. Nastane pa tudi ena molekula ATP ali GTP. Vsi encimi citratnega cikla so v mitohondrijskem matriksu celice (Boyer, 2005).

2.4.3.3 Oksidativna fosforilacija

Elektroni iz različnih substratov se zbirajo v obliki NADH ali $FADH_2$. Ker pa celice vsebujejo le omejeno količino oksidiranih koencimov NAD^+ oziroma FAD, se morajo reducirani koencimi neprestano obnavljati (reoksidirati), saj je le tako zagotovljeno nemoteno metabolno delovanje. Reducirana koencima NADH in $FADH_2$ se reoksidirata v procesu prenosa elektronov na končni akceptor elektronov, ki je v tem primeru kisik, ki se

reducira v vodo. Energija, ki se sprosti pri prenosu elektronov, se lahko porabi za sintezo ATP (Boyer, 2005).

2.4.4 Normalna atmosfera (zrak)

Pri skladiščenju na zraku se uravnavata le temperatura in relativna vlažnost, po potrebi se izvrši tudi zamenjava zraka (prezračevanje).

Za uspešno skladiščenje moramo zagotoviti naslednje pogoje:

- blago mora biti po skladiščenju ohlajeno v 5 do 8 dneh,
- palete oziroma zaboji morajo biti zloženi tako, da med njimi dobro kroži ohlajen zrak,
- v praksi puščamo 5-10 cm razlike med vsako drugo vrsto zabojev, v smeri kroženja zraka,
- želeno temperaturo uravnavamo s termostatom, ki zagotavlja največja odstopanja $\pm 0,5$ °C
- za dobro skladiščenje sadja je zelo pomembna tudi relativna vlažnost zraka; hladilne naprave morajo biti takšne, da jo kar najmanj znižujejo.

Glede temperature skladiščenja se vrste vrtnin med seboj razlikujejo. Hlajenje poteka pri temperaturah, ki so nekoliko višje od točke zmrzovanja, vendar se pri nekaterih vrstah in sortah tudi v območju teh temperatur pojavljajo specifične fiziološke bolezni zaradi hlajenja (Hribar, 2003).

2.4.5 Modificirana atmosfera

Modificirana atmosfera je definirana kot atmosfera, ki se vzpostavi zaradi dihanja; končna sestava atmosfere je odvisna od intenzivnosti dihanja in prepustnosti embalaže. Z izjemo pekarskih izdelkov, se modificirana atmosfera vedno uporablja v kombinaciji z nizkimi temperaturami, to je od -1 do 7 °C (Robertson, 2006).

Za ohranjanje kakovosti sveže narezanega sadja je najboljša atmosfera z 1-5 % O₂ in 5-10 % CO₂ (Gorny in sod., 2002).

Modificirana atmosfera je lahko pasivna ali aktivna. Zaradi omejene sposobnosti za reguliranje pasivne atmosfere se uporablja aktivna modificirana atmosfera pri pakiranju proizvoda (Jašić, 2010).

Aktivna modifikacija atmosfere nastaja z vakuumiranjem embalažne enote in z zamenjavo atmosfere znotraj embalaže z zeleno kombinacijo plinov ali z dodatki, ki vežejo O₂, CO₂, etilen in vodno paro. Absorbenti etilena zavirajo hitrost staranja pri nekaterih vrstah sadja, medtem ko absorbenti CO₂ preprečujejo povečanje CO₂ nad dovoljeno mero. Tako pakiranje doseže zmanjšanje procesov dihanja, zmanjšajo se oksidativni procesi in hitrost nastajanja etilena, kar vodi k podaljšanju obstojnosti izdelka (Vujković in sod., 2007).

Danes so na tržišču dostopne mnoge plastične folije za pakiranje, vendar se samo nekatere uporabljajo za pakiranje svežega sadja in zelenjave. Nekatere so prepustne za pline, zaradi česar so primerne za pakiranje v modificirani atmosferi. Zaradi vsebnosti O₂, ki se lahko zmanjša iz 21 na 2-5 %, obstaja nevarnost, da bi se CO₂ povečal iz 0,03 na 16-19 %. Tako visoka raven CO₂ vodi do poškodb večine sadja in zelenjave. Zaradi tega bi idealni film moral imeti višjo prepustnost za CO₂ kot za O₂. Prepustnost CO₂ bi morala biti 3-5-krat večja od prepustnosti za kisik. Polietilen nizke gostote in polivinil klorid sta glavna filma, ki se uporabljata za pakiranje sadja in zelenjave. V uporabi je tudi polisteren, medtem ko ima poliester nizko prepustnost za pline in se uporablja za proizvode, ki imajo nizko raven dihanja (Jašić, 2010).

2.4.6 Češnje in skladiščenje

Na raziskovalnem kmetijskem centru v Kanadi so naredili preizkus na češnjah, ki so bile skladiščene v modificirani atmosferi pri 0 °C deset tednov. Uporabili so sorto 'Lapins'. Sestavo vrečk iz polietilena nizke gostote in debeline 38 μ so v drugem tednu skladiščenja uravnotežili z 0,8 % O₂ in 4,5 % CO₂. Komponenta barve L* se je začela zmanjševati po šestih tednih skladiščenja, čvrstost se je zmanjšala šele po osmih tednih skladiščenja, kislost pa se je zmanjševala skozi celotno skladiščenje. Peclji so ostali tekom celotnega 10-tedenskega skladiščenja zelene barve. Tekstura je bila po dveh tednih skladiščenja hrustljava in se tekom skladiščenja ni spreminjala. Neželen vonj in okus sta se pojavila v osmem tednu skladiščenja. Sprejemljivost je v 4-6 tednu skladiščenja bila še vedno visoka, vendar se je v naslednjih tednih zmanjšala (Meheriuk in sod., 1995).

Piljac-Žegarac in Šamec (2011) sta proučevali vsebnost fenolov pri jagodičju, češnjah in višnjah, katere so skladiščili na sobni temperaturi pri 25 °C in v hladilnici pri 4 °C. Največjo vsebnost fenolov med in po skladiščenju na 4 °C in 25 °C so imeli plodovi rdečega ribeza in jagod. V času skladiščenja so najkrajšo tržno vrednost imele maline in jagode, nato pa češnje. Kakovost omenjenega sadja se pri sobni temperaturi poslabša 4 dni po obiranju, v hladilnici pa sadje ohrani tržno vrednost tudi do 11 dni. Sadje, shranjeno v hladilnici, zadrži tržno vrednost v povprečju 9,2 dni dlje kot sadje, shranjeno na sobni temperaturi. Med skladiščenjem pri 25 °C se je vsebnost skupnih fenolov povečala pri vseh sadnih vrstah (72 % pri češnjah), razen pri jagodah. Po določenem času skladiščenja na 25 °C sta bila skupna vsebnost fenolov in antioksidativni potencial večja pri višnjah, jagodah in malinah. Obratno pa je bilo pri češnjah in rdečem ribezu, kjer je bila večja vsebnost skupnih fenolov in večji antioksidativni potencial pri skladiščenju na 4 °C. Skladiščenje v hladilnici ohrani tržno vrednost in kvaliteto analiziranih sadežev dlje, kot bi se ta ohranila na sobni temperaturi (Piljac-Žegarac in Šamec, 2011).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 PRIPRAVA VZORCEV ZA ANALIZO

V okviru eksperimentalnega dela smo uporabili tri različne sorte češenj: 'Giorgia', 'Lapins' in 'Van'. Plodove češenj treh sort smo skladiščili štiri tedne v normalni (NA) in modificirani atmosferi (MA).

V tedenskih razmikih smo opravili meritve barve, trdote in suhe snovi na 40 naključno izbranih plodovih češenj. Nato smo 20 plodov izkoščičili, odtehtali 10 g, dodali 10 g 2 % metafosforne kisline, homogenizirali, vsebino prelili v PE vrečko ter zamrznili. Tako smo pripravili vzorec za določanje skupnih polifenolov in antioksidativnega potenciala.

3.2 ANALIZA PLODOV

3.2.1 Določanje trdote plodov

Trdoto plodov smo določili z digitalnim penetrometrom Chatillon DFG 50 s premerom bata 2,4 mm in sicer na dveh nasprotnih mestih 180° – brez predhodne odstranitve kože. Rezultati meritev so izraženi s silo (kg) in podani kot povprečne vrednosti meritev.



Slika 5: Penetrometer (Stanhope-Seta, 2010)

3.2.2 Določanje topne suhe snovi

Vsebnost topne suhe snovi smo določili z digitalnim refraktometrom ATAGO direktno v iztisnjem soku. Refraktometer smo pred meritvami umerili z destilirano vodo na 0,00 %. Inštrument poda meritev v odstotkih topne suhe snovi (% s.s.).



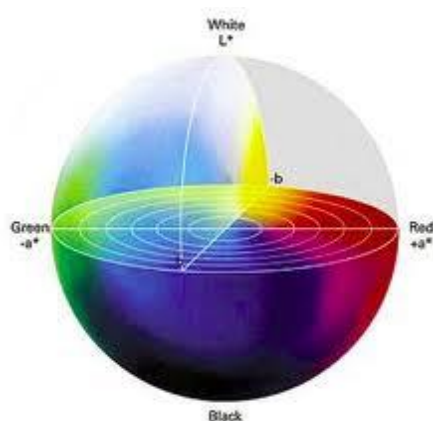
Slika 6: Refraktometer za določanje topne suhe snovi (Agra, 2012)

3.2.3 Merjenje barve plodov

Za merjenje barve plodov smo uporabili kromatometer MINOLTA. Barvo smo izmerili na dveh mestih ploda z razliko 180°. Sistem temelji na L*, a*, b* načinu določanja barve plodov. Deluje podobno kot človeško oko, to pomeni, da vsako barvo zazna kot kombinacijo rdeče, zelene, modre in rumene. Merjeni predmet osvetli z belo svetlobo konstantne temperature. Odbito svetlobo razdeli na tri vrednosti, ki jih predstavi s pomočjo točke v tridimenzionalnem koordinatnem sistemu. Aparat umerimo na bel standard (Y 93,8; x 0,3134; y 0,3208).

Vrednost posameznih komponent predstavlja naslednje odtenke barve in osvetlitve:

+L* svetlejši, -L* temnejši, +a* bolj rdeč, -a* bolj zelen, +b* bolj rumen, -b* bolj moder.



Slika 7: L*, a*, b* sistem določanja barve s kromatometrom (Materials Technology Limited, 2012)

Računalnik DATA DP 100 nam za vsako serijo meritev poda največje, najmanjše in izračunane povprečne vrednosti za L*, a*, b* ter standardni odklon.

3.2.4 Določanje skupnih 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, skupnih antocianov, obarvanih antocianov, deleža antocianov v obarvani obliki, skupnih hidroksicimetnih kislin in ekvivalenta kavne kisline (Košmerl in Kač, 2007).

Za določanje koncentracije skupnih fenolnih snovi dodamo v vzorec Folin-Ciocalteujev reagent, ki v alkalni raztopini (dodatek natrijevega karbonata) oksidira fenolne snovi. Reagent Folin-Ciocalteu (F.C.) je vodna raztopina natrijevega volframata (VI), natrijevega molibdata (VI) in litijevega sulfata (VI), slednji prepreči obarjanje F.C. 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 volframat (VI) in/ali molibdat (VI), je modro obarvana, medtem ko je raztopina nereducirane oblike rumene barve. Absorbanco reakcijske mešanice izmerimo 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, 2007).

Reagenti:

- 20 % raztopina Na_2CO_3 .
- Galna kislina: v 100 ml bučki zmešamo 500 mg galne kisline in 10 ml absolutnega alkohola ter dopolnimo do oznake na bučki z $2 \times$ deionizirano vodo.
- Folin-Ciocalteujev reagent (F.C.): pred uporabo smo ga razredčili po navodilih proizvajalca (Merck) v razmerju 1:2, 75 ml reagenta in 150 ml $2 \times$ deionizirano vodo.

Standardne raztopine galne kisline:

Iz osnovne raztopine galne kisline smo pripravili z ustreznim razredčevanjem matične standardne raztopine galne kisline: v 100 ml merilne bučke smo odpipetirali od 0 do 10 ml osnovne raztopine galne kisline, dopolnili do oznake z deionizirano vodo ter premešali. Iz vsake merilne bučke smo odpipetirali po 1 ml standardne raztopine v 100 ml merilno bučko, dodali približno 60 ml deionizirane vode, raztopino premešali in dodali 5 ml razredčenega Folin-Ciocalteujevega reagenta. Raztopino smo dobro premešali in po 30 sekundah dodali 15 ml 20 % raztopine natrijevega karbonata. Raztopino smo ponovno premešali in dopolnili do oznake z deionizirano vodo. Raztopino smo pustili stati točno 2 uri pri temperaturi $20\text{ }^\circ\text{C}$. Po tem času smo vsebino merilne bučke še enkrat premešali in s kolorimetrično metodo izmerili absorbanco na spektrofotometru. Vzorec smo prenesli v 10 mm kivete in izmerili absorbanco proti slepemu vzorcu pri valovni dolžini 765 nm.

Izvedba:

Zamrznjene vzorce v 2 % metafosforni kislini smo odtalili in centrifugirali pri 4000 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). Odpipetirali smo 1 ml vzorca in dodali 60 ml deionizirane vode. Naprej smo postopali enako kot pri umeritveni krivulji.

3.2.5 Določanje antioksidativnega potenciala

Antioksidativni potencial merimo s pomočjo prostega radikala DPPH[•], ki adsorbira pri valovni dolžini 517 nm. V reakciji z antioksidantom DPPH[•] razpade, zaradi česar se zmanjša absorbanca. Zmanjševanje absorbance je proporcionalno vsebnosti antioksidantov v vzorcu češenj.

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 syring filter CA 0,45 µm) v vialo (PK 100 1,5 ml ABC vial clear glass W/PATCH 6 mm ID. 11,6 × 32 mm). Za referenčno vrednost – RF smo v ependorfki 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 slepi probi 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.

Račun:

$$\Delta A = RF - \text{vzorec} + \text{slepa proba} \quad \dots(1)$$

$$n \text{ (mol)} = \Delta A / \varepsilon \times (V \text{ reakcijske zmesi (0,00156)} \times L) \quad \dots(2)$$

$$\varepsilon = 12000 \text{ (l} \times \text{cm)/mol} \quad \dots(3)$$

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

$$\text{AOP} = M_{\text{DPPH}} \text{ (nmol/l)} = n \times 1 \times 10^6 \times 10^3 / 60 \quad \dots(4)$$

3.2.6 Statistična analiza

V poskusu zbrane podatke smo pripravili in uredili s programom Excel XP. 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.

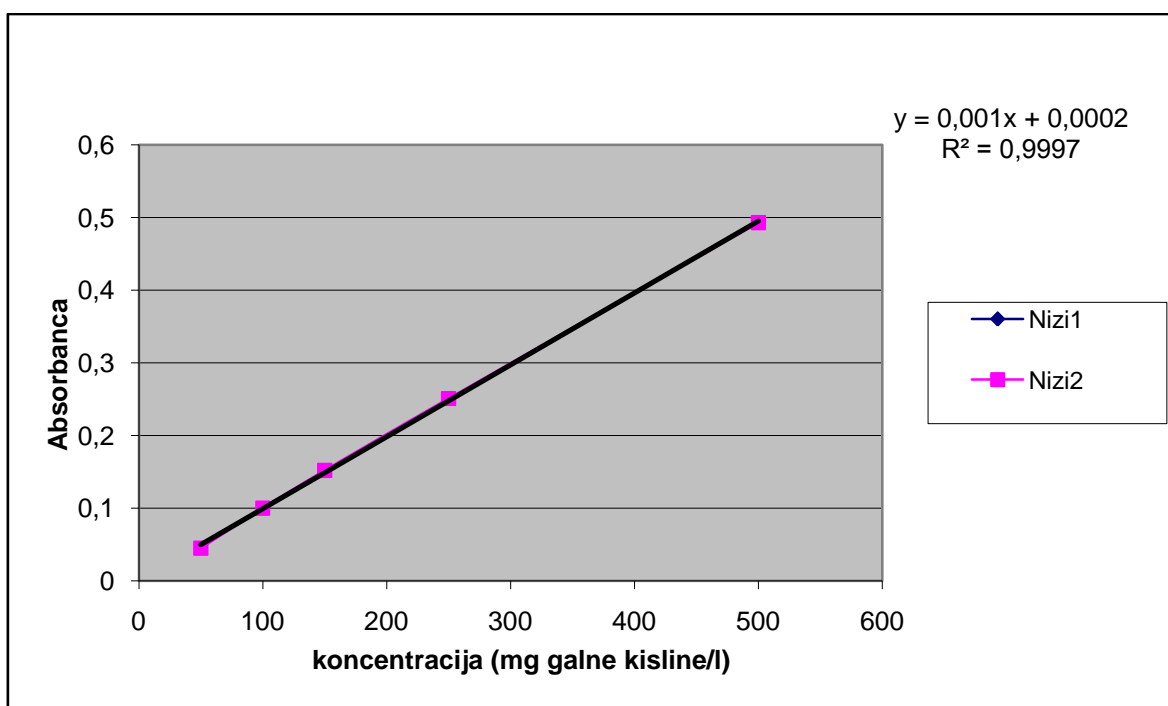
4 REZULTATI

V nadaljevanju besedila so proučevani parametri označeni z AOP, NA ter MA, kjer so: AOP (antioksidativni potencial), NA (normalna atmosfera), MA (modificirana atmosfera).

4.1 UMERITVENA KRIVULJA ZA SKUPNE POLIFENOLE S FOLIN-CIOCALTEAUJEVIM REAGENTOM

Fenolne spojine v vzorcih češenj smo določali spektrofotometrično po metodi Singletona in Rossija. Iz podatkov smo narisali umeritveno krivuljo (slika 8). Iz enačbe premice smo izračunali koncentracijo skupnih polifenolov, izraženo kot mg galne kisline/100 g.

$$\text{mg}/100\text{g} = (x \cdot m_{\text{vzorca}}) / (1000 / (m_{\text{vzorca}} + m_{\text{metafosforne k}})) \quad \dots(5)$$



Slika 8: Umeritvena krivulja za določanje skupnih fenolov po Singletonu in Rossiju

4.2 REZULTATI FIZIKALNO KEMIJSKIH PARAMETROV MED RAZLIČNIMI SORTAMI ČEŠENJ V NA IN MA

Preglednica 3: Pregled vseh proučevanih fizikalno kemijskih parametrov v NA in MA v češnjah sorte 'Giorgia'

TEDEN	0		1		2		3		4	
	\bar{x}	SD	NA \bar{x}	MA SD	NA \bar{x}	MA SD	NA \bar{x}	MA SD	NA \bar{x}	MA SD
AOP ($\mu\text{mol/g}$)	0,145 \pm 0,003		0,147 \pm 0,008 ^a	0,097 \pm 0,003 ^b	0,130 \pm 0,0003 ^a	0,108 \pm 0,007 ^b	0,136 \pm 0,002 ^a	0,113 \pm 0,022 ^b	0,133 \pm 0,0008 ^a	0,120 \pm 0,005 ^b
SKUPNI POLIFENOLI (mg/100 g)	158,880 \pm 2,163		166,480 \pm 1,249 ^a	141,680 \pm 1,249 ^b	183,880 \pm 1,929 ^a	157,080 \pm 3,175 ^b	214,680 \pm 3,340 ^a	157,480 \pm 1,833 ^b	177,480 \pm 9,822 ^a	165,880 \pm 0,346 ^b
TRDOTA (kg)	0,317 \pm 0,025		0,320 \pm 0,010 ^a	0,280 \pm 0,017 ^b	0,400 \pm 0,010 ^a	0,360 \pm 0,010 ^b	0,293 \pm 0,015 ^a	0,273 \pm 0,030 ^b	0,330 \pm 0,010 ^a	0,250 \pm 0,010 ^b
L*	25,213 \pm 0,011		21,593 \pm 0,006 ^b	24,433 \pm 0,029 ^a	21,307 \pm 0,011 ^b	24,627 \pm 0,023 ^a	19,760 \pm 0,052 ^a	19,833 \pm 0,029 ^a	23,050 \pm 0,050 ^b	23,520 \pm 0,017 ^a
a*	18,447 \pm 0,595		20,120 \pm 0,026 ^a	18,900 \pm 0,026 ^b	17,707 \pm 0,006 ^b	18,320 \pm 0,017 ^a	16,663 \pm 0,040 ^b	17,690 \pm 0,046 ^a	12,563 \pm 0,011 ^b	15,043 \pm 0,051 ^a
b*	3,723 \pm 0,021		3,623 \pm 0,021 ^a	3,756 \pm 0,513 ^a	3,197 \pm 0,045 ^b	3,723 \pm 0,006 ^a	3,150 \pm 0,026 ^a	3,100 \pm 0,010 ^b	2,197 \pm 0,021 ^b	2,813 \pm 0,015 ^a
SUHA SNOV (%)	16,073 \pm 0,030		16,367 \pm 0,021 ^a	14,880 \pm 0,035 ^b	16,093 \pm 0,023 ^a	14,650 \pm 0,050 ^b	15,540 \pm 0,026 ^a	14,977 \pm 0,045 ^b	16,267 \pm 0,024 ^a	14,627 \pm 0,025 ^b

0-sveži vzorec, 1-vzorec po prvem tednu skladiščenja, 2-vzorec po drugem tednu skladiščenja, 3-vzorec po tretjem tednu skladiščenja, 4-vzorec po četrtem tednu skladiščenja

\bar{x} -povprečna vrednost, SD-standardni odklon,

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

Pri sorti 'Giorgia' (Preglednica 3) AOP v NA rahlo pada, v MA pa narašča. Večji AOP imajo vzorci, skladiščeni v NA. Skupni polifenoli v NA prve tri tedne naraščajo, v četrtem tednu pa se vsebnost zmanjša, v MA rahlo naraščajo, vendar so vsebnosti manjše kot v NA. Trdota plodov se v NA povečuje, medtem ko v MA pada. Pri parametrih barve se med skladiščenjem vrednost L* prve tri tedne zmanjšuje, nato pa se poveča, v MA se vrednost L* rahlo zmanjšuje. Barvna parametra a* in b* se v obeh atmosferah zmanjšujeta. Suha snov med skladiščenjem v NA zelo variira, v MA pa so razlike med tedni minimalne. Razlike v vseh fizikalno kemijskih parametrih so statistično značilne, le v tretjem tednu pri parametru trdota ni statističnih razlik.

Preglednica 4: Pregled vseh proučevanih fizikalno kemijskih parametrov v NA in MA v češnjah sorte 'Lapins'

TEDEN	0		1		2		3		4	
	\bar{x}	SD	NA \bar{x}	MA SD	NA \bar{x}	MA SD	NA \bar{x}	MA SD	NA \bar{x}	MA SD
AOP ($\mu\text{mol/g}$)	0,122 \pm 0,007		0,136 \pm 0,001 ^a	0,119 \pm 0,005 ^b	0,121 \pm 0,002 ^a	0,121 \pm 0,001 ^a	0,122 \pm 0,0003 ^b	0,137 \pm 0,003 ^b	0,136 \pm 0,0006 ^a	0,123 \pm 0,004 ^b
SKUPNI POLIFENOLI (mg/100 g)	162,680 \pm 3,995		176,680 \pm 3,079 ^a	151,080 \pm 1,039 ^b	166,080 \pm 2,749 ^a	151,880 \pm 4,543 ^b	165,48 \pm 3,175 ^b	178,880 \pm 1,833 ^a	185,680 \pm 1,385 ^a	150,080 \pm 1,509 ^b
TRDOTA (kg)	0,347 \pm 0,021		0,357 \pm 0,021 ^a	0,307 \pm 0,015 ^b	0,333 \pm 0,025 ^a	0,320 \pm 0,010 ^a	0,283 \pm 0,015 ^a	0,250 \pm 0,010 ^b	0,297 \pm 0,015 ^a	0,263 \pm 0,006 ^b
L*	25,113 \pm 0,011		22,533 \pm 0,029 ^a	20,733 \pm 0,029 ^b	21,073 \pm 0,109 ^b	24,053 \pm 0,040 ^a	22,827 \pm 0,023 ^b	23,320 \pm 0,017 ^a	21,127 \pm 0,023 ^b	22,240 \pm 0,035 ^a
a*	20,450 \pm 0,010		23,187 \pm 0,006 ^a	17,133 \pm 0,030 ^b	17,100 \pm 0,026 ^a	16,220 \pm 0,020 ^b	14,043 \pm 0,045 ^a	11,010 \pm 0,010 ^b	14,787 \pm 0,006 ^a	14,380 \pm 0,020 ^b
b*	4,873 \pm 0,021		5,950 \pm 0,017 ^a	3,560 \pm 0,017 ^b	3,893 \pm 0,021 ^a	3,723 \pm 0,023 ^b	3,330 \pm 0,026 ^a	2,323 \pm 0,021 ^b	3,827 \pm 0,025 ^a	3,287 \pm 0,032 ^b
SUHA SNOV (%)	15,123 \pm 0,021		15,307 \pm 0,030 ^b	15,537 \pm 0,032 ^a	15,150 \pm 0,017 ^a	14,790 \pm 0,026 ^b	15,573 \pm 0,025 ^a	15,613 \pm 0,006 ^a	15,637 \pm 0,040 ^a	15,400 \pm 0,036 ^b

0-sveži vzorec, 1-vzorec po prvem tednu skladiščenja, 2-vzorec po drugem tednu skladiščenja, 3-vzorec po tretjem tednu skladiščenja, 4-vzorec po četrtem tednu skladiščenja

\bar{x} -povprečna vrednost, SD-standardni odklon,

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

Pri sorti 'Lapins' (Preglednica 4) se AOP in skupni polifenoli med skladiščenjem v NA zmanjšujeta, nato pa se povečata. Večjo vsebnost polifenolov in AOP imajo plodovi, skladiščeni v NA. Trdota plodov se v obeh atmosferah zmanjšuje. Razlike so statistično značilne. Barvna parametra a* in b* v obeh atmosferah v tretjem tednu dosežeta največjo vrednost, nato pa se spet zmanjšata. Razlike so statistično značilne. Vsebnost suhe snovi je pri plodovih v NA v četrtem tednu največja, v MA pa se statistično značilno zmanjšuje.

Preglednica 5: Pregled vseh proučevanih fizikalno kemijskih parametrov v NA in MA v češnjah sorte 'Van'

TEDEN	0		1		2		3		4	
	\bar{x}	SD	NA \bar{x}	MA SD	NA \bar{x}	MA SD	NA \bar{x}	MA SD	NA \bar{x}	MA SD
AOP ($\mu\text{mol/g}$)	0,122 \pm 0,004		0,129 \pm 0,009 ^a	0,126 \pm 0,009 ^a	0,109 \pm 0,008 ^a	0,122 \pm 0,004 ^a	0,113 \pm 0,009 ^a	0,124 \pm 0,002 ^a	0,118 \pm 0,005 ^a	0,110 \pm 0,009 ^b
SKUPNI POLIFENOLI (mg/100 g)	169,480 \pm 3,464		201,280 \pm 2,705 ^a	182,280 \pm 2,615 ^b	174,080 \pm 2,498 ^b	181,280 \pm 2,705 ^a	161,080 \pm 0,346 ^b	164,280 \pm 0,600 ^a	146,480 \pm 4,660 ^a	144,880 \pm 1,249 ^a
TRDOTA (kg)	0,310 \pm 0,020		0,370 \pm 0,010 ^a	0,327 \pm 0,021 ^b	0,340 \pm 0,026 ^a	0,270 \pm 0,020 ^b	0,363 \pm 0,015 ^a	0,287 \pm 0,015 ^b	0,300 \pm 0,010 ^a	0,260 \pm 0,020 ^b
L*	25,367 \pm 0,040		23,357 \pm 0,006 ^b	26,240 \pm 0,017 ^a	21,207 \pm 0,006 ^b	23,013 \pm 0,011 ^a	24,827 \pm 0,023 ^b	25,920 \pm 0,017 ^a	24,133 \pm 0,029 ^b	25,570 \pm 0,017 ^a
a*	16,403 \pm 0,032		21,043 \pm 0,045 ^a	18,003 \pm 0,032 ^b	19,217 \pm 0,011 ^a	16,193 \pm 0,040 ^b	20,387 \pm 0,015 ^a	18,627 \pm 0,025 ^b	12,980 \pm 0,020 ^b	16,113 \pm 0,045 ^a
b*	3,413 \pm 0,011		5,133 \pm 0,015 ^a	4,547 \pm 0,025 ^b	4,483 \pm 0,029 ^a	3,527 \pm 0,030 ^b	5,913 \pm 0,045 ^a	5,160 \pm 0,010 ^b	3,377 \pm 0,015 ^b	4,117 \pm 0,011 ^a
SUHA SNOV (%)	16,233 \pm 0,029		15,703 \pm 0,025 ^b	15,820 \pm 0,010 ^a	16,280 \pm 0,010 ^a	15,363 \pm 0,035 ^b	15,937 \pm 0,032 ^a	15,003 \pm 0,006 ^a	16,913 \pm 0,195 ^a	14,877 \pm 0,025 ^b

0-sveži vzorec, 1-vzorec po prvem tednu skladiščenja, 2-vzorec po drugem tednu skladiščenja, 3-vzorec po tretjem tednu skladiščenja, 4-vzorec po četrtem tednu skladiščenja

\bar{x} -povprečna vrednost, SD-standardni odklon,

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

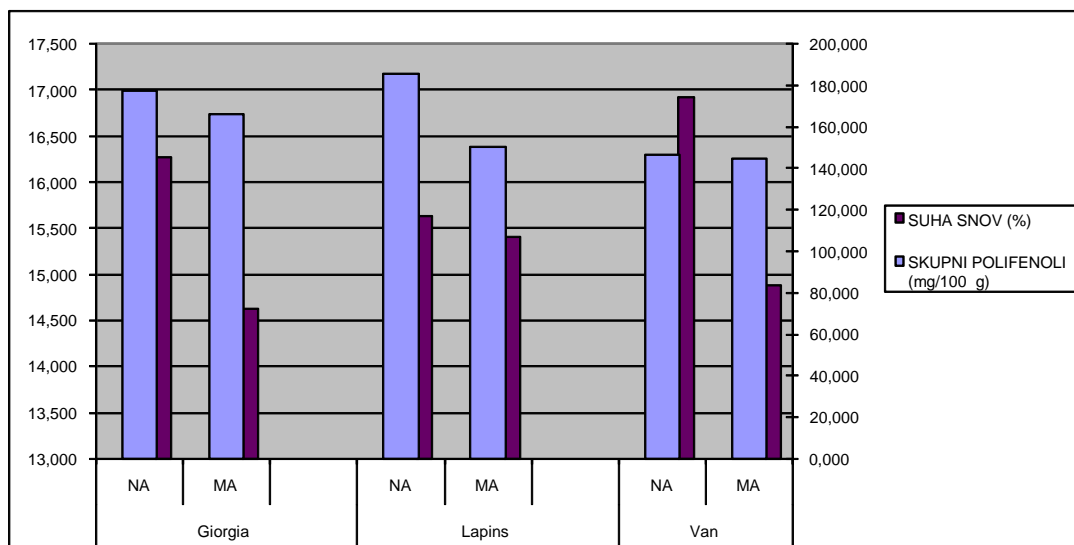
Pri sorti 'Van' (Preglednica 5) AOP med skladiščenjem rahlo pada, vendar razlike niso statistično značilne. Večji AOP imajo vzorci, skladiščeni v NA. Vsebnost skupnih polifenolov in trdota se zmanjšujeta, v četrtem tednu imajo večjo trdoto in več skupnih polifenolov vzorci, skladiščeni v NA. Pri parametrih barve se med skladiščenjem vrednost

a* povečuje prve tri tedne, nato pa se zmanjša. Večjo vrednost imajo vzorci, skladiščeni v NA, kar pomeni, da so bolj intenzivno rdeče barve. V četrtem tednu pa postanejo plodovi v NA pretemni, kar zamaskira zaznavo rdeče barve. Vsebnost suhe snovi se ne spreminja značilno, večjo vsebnost imajo vzorci skladiščeni v NA.

Preglednica 6: Spremembe koncentracije CO₂ (%) in O₂ (%) v modificirani atmosferi v češnjah sorte 'Giorgia', 'Lapins' in 'Van'

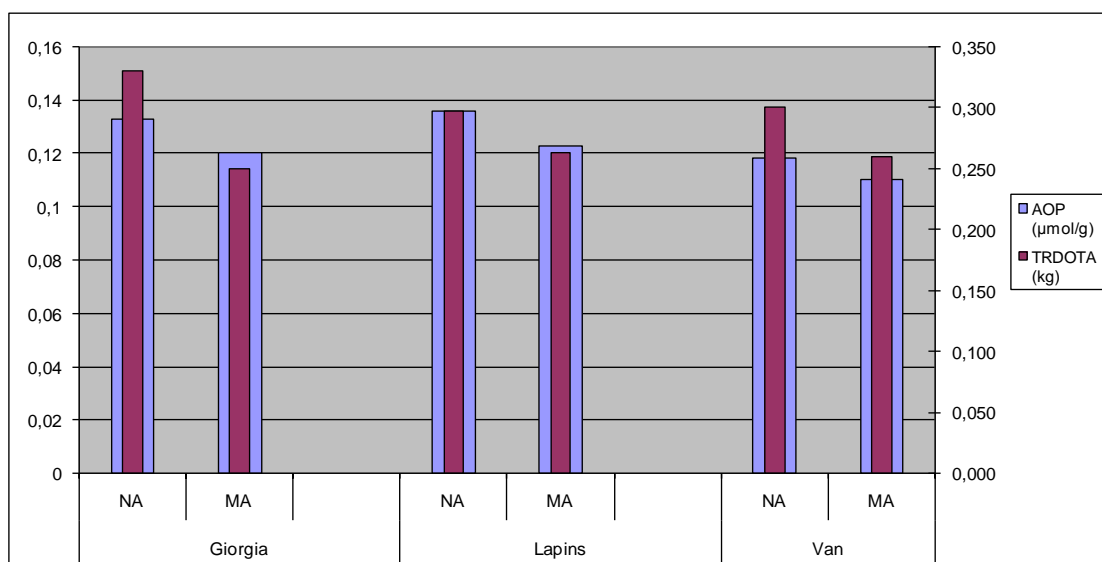
'GIORGIA'				
Teden	1	2	3	4
CO₂ (%)	10,2	8,2	8,5	9,5
O₂ (%)	9,9	14,5	14,1	13,3
'LAPINS'				
	1	2	3	4
CO₂ (%)	9,6	7,9	10,7	10,8
O₂ (%)	13,6	14,6	14,1	12,2
'VAN'				
	1	2	3	4
CO₂ (%)	6,3	8,6	11,2	10,6
O₂ (%)	16,1	14,7	13,1	10,7

Preglednica 6 predstavlja gibanje vsebnosti O₂ (%) in CO₂ (%) v MA med štiri tedenskim skladiščenjem. Vsebnost CO₂ (%) se zmanjšuje, nato pa se v četrtem tednu vzpostavi (10 %). Vsebnost O₂ (%) se povečuje, v četrtem tednu pa se vsebnost zmanjša. Med tremi sortami ni značilnih razlik.



Slika 9: Prikaz skupnih polifenolov in suhe snovi v NA in MA v češnjah sorte 'Giorgia', 'Lapins' in 'Van' v četrtem tednu skladiščenja

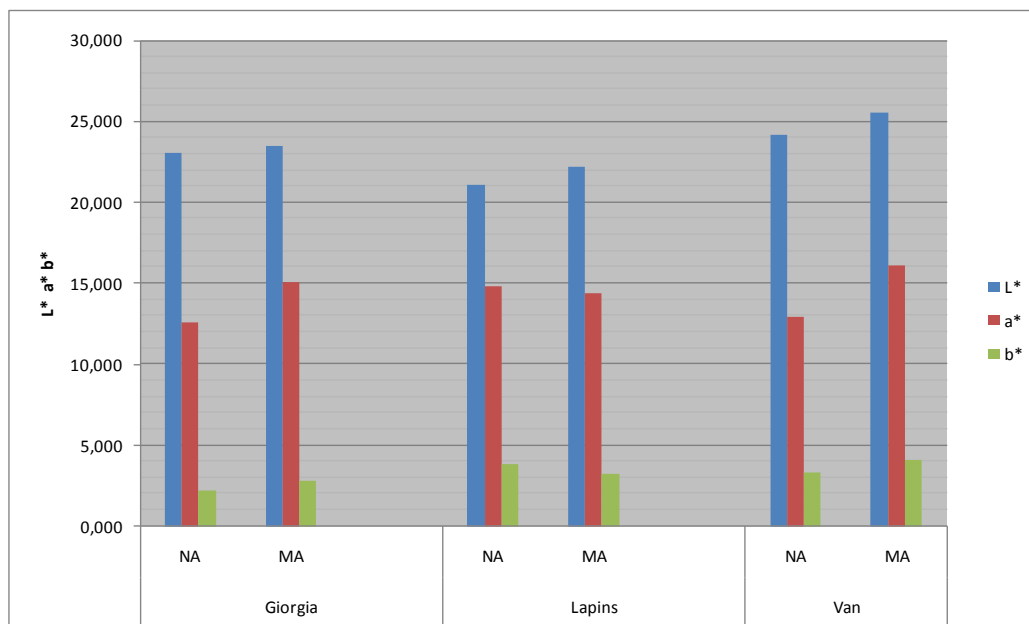
Slika 9 prikazuje razliko med atmosferama v vsebnosti skupnih polifenolov in suhe snovi. Vsebnost skupnih polifenolov in suha snov sta pri vseh treh sortah večja v normalni atmosferi. Vsebnost skupnih polifenolov v normalni atmosferi je v območju 140-190 mg/100 g. Suha snov v normalni atmosferi je med 15-17 %.



Slika 10: Prikaz AOP in trdote v NA in MA v češnjah sorte 'Giorgia', 'Lapins' in 'Van' v četrtem tednu skladiščenja

Slika 10 prikazuje razliko med atmosferama v antioksidativnem potencialu in trdoti. Antioksidativni potencial in trdota sta pri vseh treh sortah češenj večja v normalni

atmosferi. Največji AOP v NA imajo plodovi sorte 'Lapins' (0,136 $\mu\text{mol/g}$). Največjo trdoto pa imajo plodovi sorte 'Giorgia' (0,33 kg).



Slika 11: Prikaz L*, a* in b* v NA in MA v češnjah sorte 'Giorgia', 'Lapins' in 'Van' v četrtem tednu skladiščenja

Slika 11 prikazuje razliko med atmosferama v barvnih parametrih. Pri sorti 'Giorgia' in 'Van' so vrednosti barvnih parametrov L*, a* in b* večje v MA. Pri sorti 'Lapins' sta vrednosti a* in b* večji pri plodovih skladiščenih v NA, medtem ko je vrednost L* večja pri plodovih skladiščenih v MA.

4.3 REZULTATI FIZIKALNO KEMIJSKIH PARAMETROV MED RAZLIČNIMI SORTAMI ČEŠENJ V NA

Preglednica 7: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov, AOP, trdote, L*, a*, b* in suhe snovi med različnimi sortami češenj, skladiščene štiri tedne v normalni atmosferi z Duncanovim testom ($\alpha = 0,05$)

NA	'GIORGIA'	'LAPINS'	'VAN'
AOP ($\mu\text{mol/g}$)	0,133 \pm 0,0008 ^a	0,136 \pm 0,0006 ^a	0,118 \pm 0,005 ^a
SKUPNI POLIFENOLI (mg/100 g)	177,480 \pm 9,822 ^a	185,680 \pm 1,385 ^a	146,480 \pm 4,660 ^b
TRDOTA (kg)	0,330 \pm 0,010 ^a	0,297 \pm 0,015 ^b	0,300 \pm 0,010 ^b
L*	23,050 \pm 0,050 ^b	21,127 \pm 0,023 ^c	24,133 \pm 0,029 ^a
a*	12,563 \pm 0,011 ^c	14,787 \pm 0,006 ^a	12,980 \pm 0,020 ^b
b*	2,197 \pm 0,021 ^c	3,827 \pm 0,025 ^a	3,377 \pm 0,015 ^b
SUHA SNOV (%)	16,267 \pm 0,042 ^b	15,637 \pm 0,040 ^c	16,913 \pm 0,195 ^a

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

Po štirih tednih skladiščenja v NA je imela največji antioksidativni potencial sorta 'Lapins', najmanjši pa sorta 'Van'. Razlike v vrednosti antioksidativnega potenciala niso statistično značilne (Preglednica 7).

Največjo vsebnost skupnih polifenolov ima sorta 'Lapins', ki se statistično značilno ne razlikuje od sorte 'Giorgia'. Najmanjšo vsebnost skupnih polifenolov ima sorta 'Van', ki se statistično značilno razlikuje od sorte 'Giorgia' in 'Lapins' (Preglednica 7).

Največjo trdoto smo izmerili pri sorti 'Giorgia', ki se statistično značilno razlikuje od preostalih dveh proučevanih sort češenj (Preglednica 7).

Parameter barve L^* je v območju od 0 do 100 in predstavlja temno (0) oziroma svetlo (100) površino. Največjo vrednost L^* (najsvetlejši plodovi) smo izmerili pri sorti 'Van', najmanjšo pa pri sorti 'Lapins'. Razlike v vrednosti L^* so statistično značilne (Preglednica 7).

Parameter a^* predstavlja razpon med zeleno ($-a^*$) in rdečo ($+a^*$) barvo, parameter b^* pa predstavlja razpon med modro ($-b^*$) in rumeno ($+b^*$) barvo. Največjo vrednost a^* in b^* smo izmerili pri sorti 'Lapins', najmanjšo pa pri sorti 'Giorgia'. Izmerjene vrednosti pomenijo, da ima sorta 'Lapins' najbolj intenzivno rdečo in rumeno barvo, čeprav parameter b^* ni dober pokazatelj zrelosti sadja. Razlike v vrednosti a^* in b^* so statistično značilne (Preglednica 7).

Vsebnost suhe snovi je pri nekaterih sadnih vrstah merilo za določanje zrelosti, vendar največkrat manj natančno od drugih parametrov zrelosti. Vsebnost suhe snovi je odvisna poleg genetskih tudi od okoljskih dejavnikov, predvsem od evapotranspiracije in padavin. Največjo vsebnost suhe snovi ima sorta 'Van', najmanjšo pa 'Lapins'. Razlike v vsebnosti suhe snovi so statistično značilne (Preglednica 7).

4.4 REZULTATI FIZIKALNO KEMIJSKIH PARAMETROV MED RAZLIČNIMI SORTAMI ČEŠENJ V MA

Preglednica 8: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov, AOP, trdote, L*, a*, b* in suhe snovi med različnimi sortami češenj, skladiščene štiri tedne v modificirani atmosferi z Duncanovim testom ($\alpha = 0,05$)

MA	'GIORGIA'	'LAPINS'	'VAN'
AOP ($\mu\text{mol/g}$)	0,120 \pm 0,005 ^a	0,123 \pm 0,004 ^a	0,110 \pm 0,009 ^b
SKUPNI POLIFENOLI (mg/100 g)	165,880 \pm 0,346 ^a	150,080 \pm 1,509 ^b	144,880 \pm 1,249 ^c
TRDOTA (kg)	0,250 \pm 0,010 ^a	0,263 \pm 0,006 ^a	0,260 \pm 0,020 ^a
L*	23,520 \pm 0,017 ^b	22,240 \pm 0,035 ^c	25,570 \pm 0,017 ^a
a*	15,043 \pm 0,051 ^b	14,380 \pm 0,020 ^c	16,113 \pm 0,045 ^a
b*	2,813 \pm 0,015 ^c	3,287 \pm 0,032 ^b	4,117 \pm 0,011 ^a
SUHA SNOV (%)	14,627 \pm 0,025 ^c	15,400 \pm 0,036 ^a	14,877 \pm 0,025 ^b

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

Največji antioksidativni potencial ima sorta 'Lapins', ki se statistično značilno ne razlikuje od sorte 'Giorgia', medtem ko se od sorte 'Van' statistično značilno razlikuje, ki ima tudi najmanjši antioksidativni potencial (Preglednica 8).

Največjo vsebnost skupnih polifenolov ima sorta 'Giorgia', najmanjšo pa sorta 'Van'. Razlike v vrednosti skupnih polifenolov so statistično značilne (Preglednica 8).

Največjo trdoto smo izmerili pri sorti 'Lapins', najmanjšo pa pri sorti 'Giorgia'. Razlike v vrednosti trdote niso statistično značilne (Preglednica 8).

Največjo vrednost L^* in a^* smo izmerili pri sorti 'Van', najmanjšo pa pri sorti 'Lapins'. Razlike v vrednosti L^* in a^* so statistično značilne (Preglednica 8).

Največjo vrednost b^* smo izmerili pri sorti 'Lapins', najmanjšo pa pri sorti 'Giorgia'. Razlike v vrednosti b^* so statistično značilne (Preglednica 8).

Največjo vsebnost suhe snovi ima sorta 'Lapins', najmanjšo pa sorta 'Giorgia'. Razlike v vsebnosti suhe snovi so statistično značilne (Preglednica 8).

4.5 REZULTATI FIZIKALNO KEMIJSKIH PARAMETROV V ČEŠNJAH SORTE 'GIORGIA'

Preglednica 9: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov, AOP, trdote, L*, a*, b* in suhe snovi v češnjah sorte 'Giorgia', skladiščene štiri tedne v modificirani in normalni atmosferi z Duncanovim testom ($\alpha = 0,05$)

SORTA 'GIORGIA'		
ATMOSFERA	NA	MA
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
AOP ($\mu\text{mol/g}$)	0,133 \pm 0,0008 ^a	0,120 \pm 0,005 ^b
SKUPNI POLIFENOLI (mg/100 g)	177,480 \pm 9,822 ^a	165,880 \pm 0,346 ^a
TRDOTA (kg)	0,330 \pm 0,010 ^a	0,250 \pm 0,010 ^b
L*	23,050 \pm 0,050 ^b	23,520 \pm 0,017 ^a
a*	12,563 \pm 0,011 ^b	15,043 \pm 0,051 ^a
b*	2,197 \pm 0,021 ^b	2,813 \pm 0,015 ^a
SUHA SNOV (%)	16,267 \pm 0,024 ^a	14,627 \pm 0,025 ^b

\bar{x} -povprečna vrednost, SD-standardni odklon,

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

Vrednost antioksidativnega potenciala je pri plodovih, skladiščenih v NA 0,133 $\mu\text{mol/g}$ in 0,120 $\mu\text{mol/g}$ pri plodovih, skladiščenih v MA. Razlike so statistično značilne (Preglednica 9).

Vsebnost skupnih polifenolov je pri plodovih, skladiščenih v NA 177,480 mg/100 g in 165,880 mg/100 g pri plodovih, skladiščenih v MA. Razlike niso statistično značilne (Preglednica 9).

Trdota plodov (0,330 kg) in vsebnost suhe snovi (16,267 %) je večja v NA kot v MA. Razlike so statistično značilne (Preglednica 9).

Vrednosti L* (23,520), a* (15,043) in b* (2,813) so večje pri plodovih, skladiščenih v MA kot v NA. Razlike so statistično značilne (Preglednica 9).

4.6 REZULTATI FIZIKALNO KEMIJSKIH PARAMETROV V ČEŠNJAH SORTE 'LAPINS'

Preglednica 10: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov, AOP, trdote, L*, a*, b* in suhe snovi v češnjah sorte 'Lapins', skladiščene štiri tedne v modificirani in normalni atmosferi z Duncanovim testom ($\alpha = 0,05$)

SORTA 'LAPINS'		
ATMOSFERA	NA	MA
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
AOP ($\mu\text{mol/g}$)	0,136 \pm 0,0006 ^a	0,123 \pm 0,004 ^b
SKUPNI POLIFENOLI (mg/100 g)	185,680 \pm 1,385 ^a	150,080 \pm 1,509 ^b
TRDOTA (kg)	0,297 \pm 0,015 ^a	0,263 \pm 0,006 ^b
L*	21,127 \pm 0,023 ^b	22,240 \pm 0,035 ^a
a*	14,787 \pm 0,006 ^a	14,380 \pm 0,020 ^b
b*	3,827 \pm 0,025 ^a	3,287 \pm 0,032 ^b
SUHA SNOV (%)	15,637 \pm 0,040 ^a	15,400 \pm 0,036 ^b

\bar{x} -povprečna vrednost, SD-standardni odklon,

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

Vrednost AOP (0,136 $\mu\text{mol/g}$) in skupnih polifenolov (185,680 mg/100 g) sta pri plodovih, skladiščenih v NA, večja kot pri plodovih, skladiščenih v MA (Preglednica 10).

Vrednost trdote je pri plodovih, skladiščenih v NA 0,297 kg in 0,263 kg pri plodovih, skladiščenih v MA (Preglednica 10).

Vrednosti a^* (14,787) in b^* (3,827) so večje pri plodovih skladiščenih v NA, medtem ko je vrednost L^* večja pri plodovih skladiščenih v MA (22,240) (Preglednica 10).

Vsebnost suhe snovi je pri plodovih, skladiščenih v NA 15,637 % in 15,400 % pri plodovih, skladiščenih v MA. Razlike v vseh proučevanih parametrih so statistično značilne (Preglednica 10).

4.7 REZULTATI FIZIKALNO KEMIJSKIH PARAMETROV V ČEŠNJAH SORTE 'VAN'

Preglednica 11: Primerjava vsebnosti skupnih polifenolov, AOP, trdote, L*, a*, b* in suhe snovi v češnjah sorte 'Van', skladiščene štiri tedne v modificirani in normalni atmosferi z Duncanovim testom ($\alpha = 0,05$)

SORTA 'VAN'		
ATMOSFERA	NA	MA
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
AOP ($\mu\text{mol/g}$)	0,118 \pm 0,005 ^a	0,110 \pm 0,009 ^b
SKUPNI POLIFENOLI (mg/100 g)	146,480 \pm 4,660 ^a	144,880 \pm 1,249 ^a
TRDOTA (kg)	0,300 \pm 0,010 ^a	0,260 \pm 0,020 ^b
L*	24,133 \pm 0,029 ^b	25,570 \pm 0,017 ^a
a*	12,980 \pm 0,020 ^b	16,113 \pm 0,045 ^a
b*	3,377 \pm 0,015 ^b	4,117 \pm 0,011 ^a
SUHA SNOV (%)	16,913 \pm 0,195 ^a	14,877 \pm 0,025 ^b

\bar{x} -povprečna vrednost, SD-standardni odklon,

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

Vrednost antioksidativnega potenciala pri plodovih, skladiščenih v NA je 0,118 $\mu\text{mol/g}$ in 0,110 $\mu\text{mol/g}$ pri plodovih, skladiščenih v MA. Razlike so statistično značilne (Preglednica 11).

Vsebnost skupnih polifenolov je pri plodovih, skladiščenih v NA malo večja (146,480 mg/100 g) kot pri plodovih skladiščenih v MA (144,880 mg/100 g). Razlike niso statistično značilne (Preglednica 11).

Trdota plodov v NA (0,300 kg) je večja kot trdota plodov v MA (0,260 kg). Razlike v trdoti plodov skladiščenih v NA in MA so statistično značilne (Preglednica 11).

Vrednosti L^* (25,570), a^* (16,113) in b^* (4,117) so večje pri plodovih skladiščenih v MA. Razlike so statistično značilne (Preglednica 11).

Vsebnost suhe snovi pri plodovih skladiščenih, v NA je 16,913 % in 14,877 % pri plodovih skladiščenih v MA. Razlike so statistično značilne (Preglednica 11).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Namen raziskave je bil ugotoviti, kako modificirana atmosfera vpliva na fizikalno kemijske parametre (trdota, barva, suha snov, vsebnost skupnih polifenolov, antioksidativni potencial). Proučevane parametre smo spremljali štiri tedne. Osredotočili smo se predvsem na četrti teden skladiščenja. V raziskavi smo uporabili vzorce plodov treh sort češenj: 'Giorgia', 'Lapins' in 'Van', skladiščene v normalni in modificirani atmosferi.

Za določanje AOP je poznanih več metod, ki lahko dajo odvisno od vzorca različne rezultate. V naši raziskavi smo AOP določili s pomočjo prostega radikala DPPH[•], ki adsorbira pri valovni dolžini 517 nm. V reakciji z antioksidantom DPPH[•] razpade, zaradi česar se zmanjša absorbanca. Zmanjševanje absorbance je proporcionalno vsebnosti antioksidantov v vzorcu češenj.

Skupne polifenole smo določili z metodo po Singletonu in Rossiju. Ta metoda je preprosta, občutljiva in natančna in se pogosto uporablja za določanje skupnih polifenolnih spojin v rastlinskih izvlečkih. Pomanjkljivost te metode pa je, da lahko na analizo rezultata vplivajo tudi druge reducirajoče substance, in sicer ogljikovi hidrati, aminokisliline, organske kisline in drugi reducenti (Prior in sod., 2005). Absorbanco obarvanega produkta smo izmerili pri valovni dolžini 765 nm in s pomočjo umeritvene krivulje z galno kislino dobili masne koncentracije. Vsebnost fenolnih spojin smo izrazili kot ekvivalent galne kisline.

Študije so pokazale, da številni polifenoli pomembno prispevajo k antioksidativnemu potencialu (Conforti in sod., 2009).

Usenik in sod. (2008) so dobili rezultate, kateri podajajo informacije o veliki pestrosti med sortami češenj glede antioksidativnega potenciala. Kažejo, da antioksidativni potencial v češnjah ni povezan samo s fenoli in antociani. Plodovi sorte 'Ferrador' vsebujejo majhne koncentracije fenolov in antocianov, pa kljub temu visok nivo antioksidativnega

potenciala. Antioksidativni potencial je odvisen od različnih kemijskih lastnosti in je specifičen za posamezno sorto. Pri nekaterih sortah je odvisen od fenolov, pri drugih od antocianov in ostalih bioaktivnih sestavin plodov (Usenik in sod., 2008).

Največji skupni antioksidativni potencial (0,136 $\mu\text{mol/g}$) in vsebnost skupnih polifenolov (185,680 mg/100 g) smo izmerili pri sorti 'Lapins', ki je bila skladiščena v normalni atmosferi. AOP v NA je bil med 0,118-0,136 $\mu\text{mol/g}$. V MA so bile vrednosti malo manjše, med 0,110-0,123 $\mu\text{mol/g}$. Vsebnost skupnih polifenolov v NA je bila med 146,480-185,680 mg/100 g. V MA so bile prav tako manjše vsebnosti, in sicer med 144,880-165,880 mg/100 g. Razlike med atmosferama so statistično značilne.

Diaz-Mula in sod. (2008) so ugotovili, da doseže plod v času zorenja maksimalno hranljivost (najvišji nivo sladkorjev in kislin), čvrstost, obarvanost in vsebnost skupnih antocianov, fenolov in največji antioksidativni potencial.

V razmerah modificirane atmosfere se upočasni zorenje in mehčanje plodov. Ob prehodu v običajno atmosfero pride do sinteze poligalakturonaze, mehčanja in pojava rdečih barvil (Kader, 1986).

V naši raziskavi smo dobili zelo zanimivo sliko glede trdote plodov, ki smo jo izmerili s penetrometrom. Največjo trdoto smo izmerili pri sorti 'Giorgia' (0,300 kg), skladiščeni v normalni atmosferi. Vrednosti trdote v NA so bile med 0,297-0,330 kg, v MA pa med 0,250 in 0,263 kg. Večje vrednosti trdote v NA pomenijo, da je prišlo do izgube vode iz plodov, kar se kaže tudi v povečani vsebnosti suhe snovi.

Pri uporabi modificirane atmosfere se barva bolje ohrani. Velika koncentracija CO_2 dobro ohrani predvsem klorofil. Razgradnja klorofila in sinteza barvil kot so likopen, karoten in ksantofili so zavrti, ko je koncentracija kisika pod 5 % in koncentracija CO_2 5 %. V teh razmerah se upočasni tudi biosinteza antocianinov (Rama in Narasimham, 2003).

Za merjenje barve plodov smo uporabili kromatometer MINOLTA. Barvo smo izmerili na dveh mestih ploda z razliko 180°. Sistem temelji na L*, a*, b* načinu določanja barve plodov.

Največje vrednosti barvnih parametrov L* (25,570) (najsvetlejši plodovi), a* (16,113), b* (4,117) smo izmerili pri sorti 'Van' v modificirani atmosferi. Parameter a* predstavlja razpon med zeleno (-a*) in rdečo (+a*) barvo, parameter b* pa predstavlja razpon med modro (-b*) in rumeno (+b*) barvo. Izmerjene vrednosti pomenijo, da ima sorta 'Van' najbolj intenzivno rdečo in rumeno barvo, čeprav parameter b* ni dober pokazatelj zrelosti sadja. Razlike med sortami in atmosferama so statistično značilne.

Največjo vsebnost suhe snovi (16,913 %) je imela sorta 'Van', ki je bila skladiščena v normalni atmosferi. Suho snov smo izmerili z refraktometrom in jo predstavljajo vse v vodi topne snovi. V sadju so to kar v 95 % sladkorji. Vsebnosti suhe snovi v NA so bile med 15,637 in 16,913 %. Tudi pri tem parametru so bile vrednosti v MA manjše, in sicer med 14,627 in 15,400 %. Razlike v vsebnosti suhe snovi so statistično značilne.

V Sloveniji se povpraševanje po češnjah v zadnjih letih povečuje, saj imajo češnje mnoge zdravilne učinke: delujejo pomlajevalno, pomagajo do lepe kože, delujejo blažilno na vnetja, pomagajo pri paradentozni, blažijo revmatična obolenja sklepov in putiko, pomagajo pri hujšanju (Cortese, 2000). Zaradi teh lastnosti je izbira skladiščenja izredno pomemben dejavnik, ki pripomore k čim boljši ohranitvi kakovosti češenj.

5.2 SKLEPI

V diplomskem delu smo proučevali, kako modificirana atmosfera vpliva na fizikalno kemijske parametre (trdota plodov, suha snov, barva, vsebnost skupnih polifenolov, antioksidativni potencial).

Ugotovili smo, da obstajajo razlike med proučevanimi sortami češenj, tako v vsebnosti merjenih parametrov, kot v izbiri atmosfere pri skladiščenju.

Na osnovi rezultatov, ki smo jih dobili, lahko sklepamo:

- Statistično značilno največji antioksidativni potencial (0,136 $\mu\text{mol/g}$) in največjo vsebnost skupnih polifenolov (185,680 mg/100 g) vsebuje sorta 'Lapins', ki je bila skladiščena v normalni atmosferi,
- pri sortah češenj 'Giorgia', 'Lapins' in 'Van' lahko sklepamo, da je vrednost antioksidativnega potenciala pogojena z vsebnostjo polifenolov: večja vsebnost polifenolov, večji je antioksidativni potencial,
- največjo trdoto smo izmerili pri sorti 'Giorgia' (0,300 kg), skladiščeni v normalni atmosferi,
- v normalni atmosferi je prišlo do izgube vode iz plodov, kar se kaže v večjih vrednostih trdote in suhe snovi,
- statistično značilno največjo vsebnost suhe snovi (16,913 %) je imela sorta 'Van', ki je bila skladiščena v normalni atmosferi,
- največje vrednosti barvnih parametrov L^* (25,570), a^* (16,113), b^* (4,117) smo izmerili pri sorti 'Van' v modificirani atmosferi,
- plodovi češenj v normalni atmosferi so temnejši, kar zamaskira zaznavo rdeče barve,
- rezultati merjenja antioksidativnega potenciala, skupnih polifenolov, trdote in suhe snovi (ne glede na sorto) so bili v normalni atmosferi večji,
- modificirana atmosfera ugodno vpliva za zadrževanje razvoja barve, trdote, suhe snovi plodov in ohranjanje antioksidativnega potenciala in skupnih polifenolov,

- češnje spadajo med živila z visokim antioksidativnim potencialom in visoko vsebnostjo polifenolov,
- na fizikalno kemijske parametre vplivata tako sorta kot izbira atmosfere pri skladiščenju.

6 POVZETEK

Češnje so prvo sveže sadje v sezoni, kar omogoča pridelovalcem tudi prvi večji dohodek v letu. S tega vidika so češnje še vedno zanimive in vsekakor nebi smeli dopustiti, da bi proizvodnja češenj še naprej tako upadala. Češnje danes skladiščimo le v manjšem obsegu. V glavnem so v uporabi hlajeni prostori, ki služijo kot skladišče med procesom obiranja, pakiranja in transporta. Spadajo v skupino neklimakterijskega sadja in so hitro pokvarljivo sadje, saj se kmalu po obiranju opazno poslabšajo senzorične lastnosti plodov. Njihov rok trajanja se lahko skrajša zaradi izgube trdote plodov, izsušitve ter razbarvanja peclja.

Češnje so bogate z železom, fosforjem in vitamini A, B1, B2, B6 in C. Hranilna vrednost: 100 g češenj ima 67 kalorij/280 J, 100 g višenj pa ima 60 kalorij/251 J. Pri obeh sadežih je v 100 g približno 14 do 15 mg vitamina C. Plodovi češnje vsebujejo okoli 80 % vode. Preostalo so proteini (1,3 %), maščobe (0,3 %), ogljikovi hidrati (17 %).

Češnje lahko uvrstimo med funkcionalna živila. Pojem funkcionalno živilo se uporablja za širok spekter živil, ki naj bi ohranjala zdravje ali celo prispevala k boljšemu zdravstvenemu stanju.

V raziskavi smo določali antioksidativni potencial, vsebnost skupnih polifenolov, barvo, trdoto in suho snov. Analizirali smo plodove treh sort češenj, 'Giorgia', 'Lapins' in 'Van'. Analizirali smo plodove češenj, katere smo skladiščili v normalni in modificirani atmosferi.

Največji antioksidativni potencial (0,136 $\mu\text{mol/g}$) smo izmerili pri sorti 'Lapins', ki je bila skladiščena v normalni atmosferi. Antioksidativni potencial v normalni atmosferi je bil med 0,118-0,136 $\mu\text{mol/g}$. V modificirani atmosferi so bile vrednosti malo manjše, med 0,110-0,120 $\mu\text{mol/g}$. Češnje spadajo med živila z visokim antioksidativnim potencialom in veliko vsebnostjo skupnih polifenolov.

Največjo vsebnost skupnih polifenolov (185,680 mg/100 g) smo prav tako izmerili pri sorti 'Lapins', ki je bila skladiščena v normalni atmosferi. Vsebnost skupnih polifenolov v

normalni atmosferi je bila med 146,480-185,680 mg/100 g, v modificirani atmosferi so bile nekoliko manjše vrednosti, in sicer med 144,880-165,880 mg/100 g. Vsebnost polifenolov pri sortah 'Giorgia', 'Lapins' in 'Van' pomembno prispevajo k skupnemu antioksidativnem potencialu: večja ko je vsebnost polifenolov, večji je antioksidativni potencial.

Največje vrednosti barvnih parametrov L* (25,570), a* (16,113), b* (4,117) smo izmerili pri sorti 'Van' v modificirani atmosferi. Plodovi češenj v normalni atmosferi so temnejši, kar zamaskira zaznavo rdeče barve.

Največjo trdoto smo izmerili pri sorti 'Giorgia' (0,300 kg), skladiščeni v normalni atmosferi. Vrednosti trdote v normalni atmosferi so bile med 0,297-0,330 kg, v modificirani atmosferi pa med 0,250 in 0,263 kg. V normalni atmosferi je prišlo do izgube vode iz plodov, kar se kaže tudi v povečani vsebnosti suhe snovi.

Največjo vsebnost suhe snovi (16,913 %) pa je imela sorta 'Van', ki je bila skladiščena v normalni atmosferi. Vsebnosti suhe snovi v normalni atmosferi so bile med 15,637 in 16,913 %. Tudi pri tem parametru so bile vrednosti v modificirani atmosferi manjše, in sicer med 14,627 in 15,400 %.

Modificirana atmosfera ugodno vpliva na zadrževanje barve, trdote, suhe snovi plodov ter ohranjanje antioksidativnega potenciala in skupnih polifenolov.

Na fizikalno kemijske parametre vplivata tako sorta kot izbira atmosfere pri skladiščenju.

7 VIRI

Abram V. 2000. Antioksidativno delovanje flavonoidov. 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: 23-25

Abram V., Simčič M. 1997. Fenolne spojine kot antioksidanti. Farmaceutski vestnik, 48: 573-589

Agra. 2012. Refraktometer PAL-87S. Čakovec, Agra: 1 str.

<http://www.agra.hr/osx/hr/c32/Refraktometri/> (marec, 2012)

Balik J., Kyselakova M., Vrchotova N., Triska J., Kumšta M., Veverka J., Hic P., Totušek J., Lefnerova D. 2008. Relations between polyphenols content and antioxidant activity in wine grapes and leaves. Czech Journal of Food Sciences, 26: 25-32

Boyer R. 2005. Temelji biokemije. Ljubljana, Študentska založba: 394-452

Cao G., Sofic E., Prior R.L. 1996. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44: 574-576

Conforti F., Sosa S., Marrelli M., Menichini F., Statti G. A., Uzunov D., Tubaro A. 2009. The protective ability of Mediterranean dietary plants against the oxidative damage: The role of radical oxygen species in inflammation and the polyphenol, flavonoid and sterol contents. Food Chemistry, 112, 3: 587-594

Cortese D. 2000. Sadje – moč naravne hrane. Ljubljana, Kmečki glas: 317 str.

Diaz-Mula H. M., Castillo S., Martinez-Romero D., Valero D., Zapata P. J., Guillen F., Serrano M. 2009. Sensory, nutritive and functional properties of sweet cherry as affected by cultivar and ripening stage. Food Science and Technology International, 15: 535-543

Gorny J. R., Hess-Pierce B., Cifuentes R. A., Kader A. A. 2002. Quality changes in freshcut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. *Postharvest Biology and Technology*, 24:271–278

Hertog M.G.L., Kromhout D., Aravanis C., Blackburen H., Buzina R., Fidanza F., Gianpaoli S., Jansen A., Menotti A., Nedeljkovic S., Pekkarinen M., Simic B.S., Toshima H., Feskens E.J.M., Holman P.C.H., Katan M.B. 1995. Flavonoid intake and long term risk of coronary heart disease and cancer in the seven countries study. *Archives of Internal Medicine*, 155:381-386

Hribar J. 2003. Skladiščenje, zmrzovanje in priprava vrtnin za trg. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 6-7

Hribar J., Vidrih R. 2001. Sadje, zelenjava – funkcionalna živila? V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 8. in 9. november 2001. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 233-234

Jašić M. 2010. Tehnologija hrane: Kontrolirana atmosfera i vrste kontrolirane atmosfere. Tuzla, Tehnološki fakultet: 7 str.

<http://www.tehnologijahrane.com/tehnologijavoca-i-povrca/kontrolirana-atmosfera-i-vrste-kontrolirane-atmosfere#toc-modificirana-atmosfera-i-pakovanje-u-modificiranoj-atmosferi> (januar 2012).

Kader A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*, 40: 99-104

Kodele M., Suwa Stanojević M. 2003. Prehrana. 2. izd. Ljubljana, DZS: 295 str.

Košmerl T., Kač M. 2007. Osnovne kemijske in senzorične analize mošta in vina: laboratorijske vaje za predmet Tehnologija vina. 3. izd., popravljena in dopolnjena. 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

Macheix J.-J., Fleuriet A., Billot J. 1990. Fruit phenolics. Boca Raton, CRC Press: 378 str.

Materials Technology Limited. 2012. The blue wool scale: Colour measurement. Hampshire, Materials Technology Limited: 1str.

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

Meheriuk M., Girard B., Moys L., Beveridge H.J.T., McKenzie D.-L., Harrison J., Weintraub S., Hocking R. 1995. Modified atmosphere packaking of »Lapins« sweet cherry. Food Resarch International, 28, 3: 239-244

Mindell E. 2000. Vitaminska biblija za novo tisočletje. Ljubljana, Mladinska knjiga: 422 str.

Papas A.M. 1999. Determinants of antioxidant status in humans. V: Antioxidant status, diet, nutrition and health. Papas A.M. (ed.). Boca Raton, CRC Press: 21-26

Petracek D.P., Joles W.D., Shirazi A., Cameron C.A. 2002. Modified atmosphere packaging of sweet cherry (*Prunus avium* L., »Sams«) fruit: metabolic responses to oxygen carbon dioxide, and temperature. Postharvest Biology and Technology, 24: 259-270

Piljac-Žegarac J., Šamec D. 2011. Antioxidant stability of small fruits in postharvest storage at room and refrigerator temperatures. Food Research International, 44: 345-350

Požrl T. 2001. Regulacija metabolnih sprememb zelja s pakiranjem v modificirano atmosfero. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 93 str.

Prior R.L., Wu X., Schaich K. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 4290-4302

Rama M.V., Narasimham P. 2003. Controlled atmosphere storage: Effects on fruit and vegetables. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Vol. 3. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (eds.). Amsterdam, Academic Press: 1607-1615

Raspor P., Rogelj I. 2001. Funkcionalna hrana-definicije. V: *Funkcionalna hrana*. 21. Bitenčevi živilski dnevi 2001, Ljubljana, 8.-9. november 2001. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 25-36

Robertson G.L. 2006. *Food packaging, principles and practice*. 2nd ed. Boca Raton, CRC Press: 313-330

Shahidi F. 2000. Antioxidant in food and food antioxidant. *Nahrung*, 44, 3:158-163

Simpson B., Smith J.P., Ramaswamy H., Hui Y.H. 1992. Packaging: Modified atmosphere packaging-principles and applications. V: *Encyclopedia of food science and technology*. Vol. 3. Hui Y.H. (eds.). New York, J. Wiley & Sons: 1982-1992

Smole J. 2000. Češnje in višnje. Ljubljana, Založba kmečki glas: 7-20

Souci S.W., Fachmann W., Kraut H., Kirchoff E. 2008. *Food composition and nutrition tables*. 7th ed. Stuttgart, Madpharm Scientific Publishers: 1037-1038

Stanhope-Seta. 2010. *Setamatic Penetrometer*. Surrey, Stanhope-Seta: 1str.

<http://www.stanhope-seta.co.uk/contact.asp> (marec 2012)

Suwa Stanojević M. 1999. Tehnologija sadja, vrtnin in pijač. Ljubljana, Zavod Republike Slovenije za šolstvo: 332 str.

Štampar F., Lešnik M., Veberič R., Solar A., Koran A., Usenik V., Hudina M., Osterc G. 2005. Sadjarstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 217-270

Usenik V., Fabčič J., Štampar F. 2008. Sugar, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.). Food Chemistry, 107:185-192

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

Vujković I., Galić K., Vereš M. 2007. Ambalaža za pakiranje namirnica. Zagreb, Tectus: 498 str.

ZAHVALA

Diplomsko delo posvečam spominu na mojo študijsko kolegico Moni Dobaj, katera zaradi težke bolezni ni uspela dokončati svojega diplomskega dela.

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Rajku Vidrihu za pomoč, nasvete in potrpljenje pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvala prof. dr. Tatjani Košmerl za pregled diplomske naloge in koristne nasvete v času študija.

Za pomoč v laboratoriju se zahvaljujem tehnični sodelavki Sonji Čerpič.

Hvala Lini Burkan Makivić, univ. dipl. inž. živ. tehnol. za pregled in pomoč pri urejanju literature.

Hvala Klaudiji Vidali za pomoč in zabavne dni, ki sva jih preživeli skupaj v laboratoriju.

Za podporo pri pisanju diplomske naloge se zahvaljujem tudi Sabini Dremelj in Mateji Ciringer.

Posebna zahvala gre pa moji družini, ki me je tekom študija podpirala in mi stala ob strani.