

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Anja MAHNE OPATIĆ

**VPLIV MODIFICIRANE ATMOSFERE NA SKLADIŠČNE  
SPOSOBNOSTI SLIV (*Prunus domestica*)**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij- 2. stopnja Živilstvo

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Anja MAHNE OPATIĆ

**VPLIV MODIFICIRANE ATMOSFERE NA SKLADIŠČNE  
SPOSOBNOSTI SLIV (*Prunus domestica*)**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij- 2. stopnja Živilstvo

**IMPACT OF MODIFIED ATMOSPHERE ON STORAGE VALUES OF  
PLUMS (*Prunus domestica*)**

M. Sc. Thesis

Master Study Programmes: Field Food Science and Technology

Ljubljana, 2014

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

Magistrsko delo je zaključek magistrskega študijskega programa druge stopnje Živilstvo. Analize so bile opravljene v laboratoriju Katedre za tehnologije, prehrano in vino Oddelka za živilstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje je za mentorja magistrskega dela izbrala prof. dr. Rajka Vidriha, za recenzentko pa prof. dr. Tatjano Košmerl.

Mentor: prof. dr. Rajko Vidrih

Recenzentka: prof. dr. Tatjana Košmerl

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

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.

Anja Mahne Opatić

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

- ŠD Du2
- DK UDK 664.8.03:634.22:543.61(043)=163.6
- KG slive/ *Prunus domestica*/ skladiščenje sliv/ modificirana atmosfera/ fizikalno kemijske lastnosti/ antioksidanti/ fenolne spojine
- AV MAHNE OPATIĆ, Anja, dipl. inž. živ. in preh. (UN)
- SA VIDRIH, Rajko (mentor)/ KOŠMERL, Tatjana (recenzentka)
- KZ SI- 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
- LI 2014
- IN VPLIV MODIFICIRANE ATMOSFERE NA SKLADIŠČNE SPOSOBNOSTI SLIV (*Prunus domestica*)
- TD Magistrsko delo (Magistrski študij – 2. stopnja Živilstvo)
- OP X, 69 str., 26 pregl., 13 sl., 80 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI V magistrskem delu smo analizirali norveške sorte sliv ('Jubileum', 'Excalibur', 'Reeves'). Raziskovali smo, kako na kemijske parametre pri slivah vpliva čas skladiščenja (0, 2 in 4 tedni) in shranjevanje v navadni (NA) in modificirani (MAP) atmosferi ter navadni in modificirani atmosferi, kombinirani s predhodno obdelavo z vročo vodo (NAHW in MAPHW; 2 minuti pri 56 °C). Določali smo skupni antioksidativni potencial (AOP) z indirektno metodo s prostim radikalom DPPH\*, AOP v etil acetatu topne frakcije, skupnih fenolnih spojin z metodo po Singletonu in Rossiju, antocianinov s pH diferencialno metodo ter vsebnost flavonoidov po metodi Lin in Tang. Statistična obdelava rezultatov analiz je pokazala, da obstajajo statistično značilne razlike med sortami pri vseh parametrih razen pri določanju AOP v etil acetatu topne frakcije. Najvišji AOP, vsebnost skupnih fenolov, flavonoidov in antocianinov smo določili pri sorti 'Jubileum'. Modificirana atmosfera se je izkazala kot najbolj ustrezna, saj smo v vzorcih, shranjenih v MAP, določili najvišji AOP, vsebnost skupnih fenolov in flavonoidov, vrednosti pa se statistično značilno razlikujejo od ostalih. Najvišje vrednosti AOP, skupnih fenolov in flavonoidov smo določili v vzorcih, ki so bili zamrznjeni takoj po obiranju. Tretiranje vzorcev z vročo vodo je vplivalo na povečanje vsebnosti skupnih fenolov, ni pa vplivalo statistično značilno na AOP.

**KEY WORD DOCUMENTATION**

- DN Du2
- DC UDC 664.8.03:634.22:543.61(043)=163.6
- CX plums/ *Prunus domestica*/ storage/ modified atmosphere/ physical and chemical properties/ antioxidants/ polyphenols
- AU MAHNE OPATIĆ, Anja
- 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 2014
- TI IMPACT OF MODIFIED ATMOSPHERE ON STORAGE VALUES OF PLUMS (*Prunus domestica*)
- DT M.Sc.Thesis (Master Study Programmes: Field Food Science and Technology)
- NO X, 70 p., 26 tab., 13 fig., 80 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB In the master's thesis we have analyzed several norwegian plum cultivars ('Jubileum', 'Excalibur', 'Reeves'). The aim of the research was to investigate how the time of storage and prestorage treatments influence chemical properties of plums. Storage methods included normal atmosphere storage (NA) and a modified storage (MAP); as per prestorage treatment, plums were treated with hot water (NAHW and MAPHW; for 2 minutes at 56°C). We determined the total antioxidant potential (AOP) with indirect method using DPPH\* radical, the content of polar antioxidants after treatment with ethylacetate, the content of phenolic compounds with Singleton- Rossi method, the content of anthocyanines with pH differential method and the content of flavonoids with Lin and Tang method. The statistical analysis of data gathered showed that differences exist between different sorts of plums in all the characteristics except in the amount of polar antioxidants. The highest amount of phenols, flavonoids, anthocyanides, and AOP was found in cv. 'Jubileum'. MAP atmosphere proved to have higher AOP, total phenols and flavonoids. The highest content of AOP, flavonoids and phenols was observed in plums frozen immediately after the harvest. Hot water treatment provoked an increase of total phenols, but not on AOP.

## KAZALO VSEBINE

<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA</b> .....	<b>III</b>
<b>KEY WORD DOCUMENTATION</b> .....	<b>IV</b>
<b>KAZALO VSEBINE</b> .....	<b>V</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC</b> .....	<b>VII</b>
<b>KAZALO SLIK</b> .....	<b>IX</b>
<b>OKRAJŠAVE IN SIMBOLI</b> .....	<b>X</b>
<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1 NAMEN RAZISKAVE .....	2
1.2 DELOVNE HIPOTEZE .....	2
<b>2 PREGLED OBJAV</b> .....	<b>3</b>
2.1 SLIVE .....	3
<b>2.1.1 Prehranska vrednost sliv</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1.2 Zrelost sliv</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1.3 Fiziološki procesi v plodovih sliv po obiranju</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1.4 Zorenje plodov</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1.5 Kemijska sestava plodov sliv</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1.6 Izbrane sorte</b> .....	<b>8</b>
2.1.6.1 Sorta 'Jubileum' .....	9
2.1.6.2 Sorta 'Reeves' .....	10
2.1.6.3 Sorta 'Excalibur' .....	11
2.2 ANTIOKSIDANTI .....	11
2.3 AOP V ETIL ACETATU TOPNE FRAKCIJE.....	13
2.4 FENOLNE SPOJINE .....	14
2.5 FLAVONOIDI.....	17
2.6 ANTOCIANINI .....	18
2.7 SKLADIŠČENJE IN PAKIRANJE SADJA .....	19
<b>2.7.1 Normalna atmosfera</b> .....	<b>20</b>
<b>2.7.2 Modificirana atmosfera</b> .....	<b>20</b>
2.7.2.1 Principi.....	20
2.7.2.2 Prednosti in slabosti.....	21
2.7.2.3 Sadje in zelenjava .....	22
<b>2.7.3 Tretiranje z vročo vodo</b> .....	<b>24</b>
<b>3 MATERIALI IN METODE</b> .....	<b>26</b>
3.1 MATERIALI .....	26
3.2 METODE.....	27
<b>3.2.1 Priprava vzorcev za analizo</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2.2 Določanje antioksidativnega potenciala</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2.3 Antioksidativni potencial v etil acetatu topne frakcije</b> .....	<b>30</b>
<b>3.2.4 Določanje skupnih fenolov</b> .....	<b>30</b>
<b>3.2.5 Določanje flavonoidov</b> .....	<b>32</b>
<b>3.2.6 Določanje antocianinov</b> .....	<b>34</b>
<b>3.2.7 Statistične metode</b> .....	<b>35</b>
<b>4 REZULTATI</b> .....	<b>36</b>

4.1	REZULTATI KEMIJSKIH ANALIZ ZA AOP .....	36
4.2	REZULTATI KEMIJSKIH ANALIZ ZA VSEBNOST SKUPNIH FENOLOV .....	40
4.3	REZULTATI KEMIJSKIH ANALIZ ZA VSEBNOST FLAVONOIDOV ....	44
4.4	REZULTATI KEMIJSKIH ANALIZ ZA VSEBNOST ANTOCIANINOV ..	48
4.5	REZULTATI KEMIJSKIH ANALIZ ZA AOP V ETIL ACETATU TOPNE FRAKCIJE.....	52
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI.....</b>	<b>55</b>
5.1	RAZPRAVA.....	55
5.2	SKLEPI.....	59
<b>6</b>	<b>POVZETEK .....</b>	<b>60</b>
<b>7</b>	<b>VIRI .....</b>	<b>61</b>
<b>ZAHVALA</b>		

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Glavne značilnosti sorte 'Jubileum' (Keepers Nursery, 2013a).....	9
Preglednica 2: Glavne značilnosti sorte 'Reeves' (Keepers Nursery, 2013b).....	10
Preglednica 3: Glavne značilnosti sorte 'Excalibur' (Keepers Nursery, 2013c).....	11
Preglednica 4: Razvrstitev fenolnih spojin (Abram, 2000).....	15
Preglednica 5: Podatki za umeritveno krivuljo (določanje skupnih fenolov).....	32
Preglednica 6: Podatki za umeritveno krivuljo (določanje flavonoidov).....	33
Preglednica 7: AOP sliv (mmol DPPH/100 g) glede na sorto, ne glede na čas in pogoje tretiranja.....	36
Preglednica 8: AOP sliv (mmol DPPH/100 g) glede na čas, ne glede na sorto in pogoje skladiščenja.....	36
Preglednica 9: AOP sliv (mmol DPPH/100 g) glede na pogoje skladiščenja, ne glede na sorto in čas skladiščenja.....	37
Preglednica 10: AOP sliv (mmol DPPH/100 g) glede na sorto, čas in pogoje skladiščenja.....	38
Preglednica 11: Vsebnost skupnih fenolov (mg/100 g) glede na sorto, ne glede na čas in pogoje skladiščenja.....	40
Preglednica 12: Vsebnost skupnih fenolov (mg/100 g) glede na čas, ne glede na sorto in pogoje skladiščenja.....	40
Preglednica 13: Vsebnost skupnih fenolov (mg/100 g) glede na pogoje skladiščenja, ne glede na sorto in čas skladiščenja.....	41
Preglednica 14: Vsebnost skupnih fenolov (mg/100 g) glede na sorto, čas in pogoje skladiščenja.....	42
Preglednica 15: Vsebnost flavonoidov (mg/100 g) glede na sorto, ne glede na čas in pogoje skladiščenja.....	44



Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

Preglednica 16: Vsebnost flavonoidov (mg/100 g) glede na čas, ne glede na sorto in pogoje skladiščenja.....	44
Preglednica 17: Vsebnost flavonoidov (mg/100 g) glede na pogoje skladiščenja, ne glede na sorto in čas skladiščenja.....	45
Preglednica 18: Vsebnost flavonoidov (mg/100 g) glede na sorto, čas in pogoje skladiščenja.....	46
Preglednica 19: Vsebnost antocianinov (mg/100 g) glede na sorto, ne glede na čas in pogoje skladiščenja.....	48
Preglednica 20: Vsebnost antocianinov (mg/100 g) glede na čas, ne glede na sorto in pogoje skladiščenja.....	48
Preglednica 21: Vrednosti antocianinov (mg/100 g) glede na pogoje skladiščenja, ne glede na sorto in čas skladiščenja.....	49
Preglednica 22: Vsebnost antocianinov (mg/100 g) glede na sorto, čas in pogoje skladiščenja.....	50
Preglednica 23: AOP v etil acetatu topne frakcije (mg/100 g) glede na sorto, ne glede na čas in pogoje skladiščenja.....	52
Preglednica 24: AOP v etil acetatu topne frakcije (mg/100 g) glede na čas, ne glede na sorto in pogoje skladiščenja.....	52
Preglednica 25: AOP v etil acetatu topne frakcije (mg/100 g) glede na pogoje skladiščenja, ne glede na sorto in čas skladiščenja .....	53
Preglednica 26: AOP v etil acetatu topne frakcije (mg/100g) glede na sorto, čas in pogoje skladiščenja.....	54

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Plod slive sorte 'Jubileum' (Keepers Nursery, 2013a).....	9
Slika 2: Plod slive sorte 'Reeves' (Keepers Nursery, 2013b).....	10
Slika 3: Plod slive sorte 'Excalibur' (Keepers Nursery, 2013c).....	11
Slika 4: Delitev karotenoidov (Boh, 2008).....	14
Slika 5: Osnovna strukturna formula flavonoidov (Abram, 2000).....	17
Slika 6: Separacija antocianinov v slivah s HPLC metodo pri 530 nm. Vrhovi: cianidin 3-ksilozid in cianidin 3- glukozid (vrh 1), cianidin 3-rutinozid (vrh 2), peonidin 3- glukozid (vrh 3), peonidin 3-rutinozid (vrh 4) (Usenik in sod., 2009).....	19
Slika 7: Primerjava kakovosti rib in morskih sadežev v navadni in modificirani atmosferi v odvisnosti od časa (The Linde Group, 2014a) .....	21
Slika 8: Odvisnost stopnje respiracije sadja in zelenjave od temperature (The Linde Group, 2014b).....	22
Slika 9: Primerjava števila bakterij v mesu in mesnih izdelkih v navadni in modificirani atmosferi v odvisnosti od časa (The Linde Group, 2014c) .....	23
Slika 10: Molekula DPPH* radikala (Merck KgaA, 2014).....	27
Slika 11: Umeritvena krivulja (odvisnost absorbance A od koncentracije galne kisline v mg/L).....	32
Slika 12: Umeritvena krivulja (odvisnost absorbance A od koncentracije epikatehina v mg/L).....	34
Slika 13: Obarvana oksonijeva oblika antocianinov in brezbarvna hemiketalna struktura (Brouillard in Delaporte, 1977) .....	34

**OKRAJŠAVE IN SIMBOLI**

1-MCP	1- metilciklopropen
A	absorbanca
AOP	antioksidativni potencial
CIRG	indeks sadne barve
DPPH*	2,2-difenil-1-pikril-hidrazil
FC	Folin-Ciocalteu
L	dolžina kivete
LOX	lipooksigenaza
M	molekulska masa
MAP	modificirana atmosfera
MAPHW	modificirana atmosfera, kombinirana s predhodno obdelavo z vročo vodo
NA	navadna atmosfera
NAHW	navadna atmosfera, kombinirana s predhodno obdelavo z vročo vodo
R	razredčitveni faktor
ROS	reaktivne kisikove zvrsti
SOD	superoksid dismutaza
□	specifična molska absorbanca

## 1 UVOD

Sliva (*Prunus domestica* L.) je sadna vrsta, ki je znana po svoji raznolikosti, in jo tako kot druge vrste koščičarjev uvrščamo med klimakterijsko sadje.

Plodovi sliv se med sortami razlikujejo po barvi, velikosti, obliki in okusu, lahko jih uporabimo kot sveže, posušene ali pa predelane v različne produkte. Vsebujejo vitamine A, C in E, fenolne spojine, antocanine in karotenoide...

Slive lahko, odvisno od sorte, na hladnem skladiščimo različno dolgo in sicer od enega do osem tednov. Zaradi hormona etilena plodovi zorijo in se starajo, kar vodi v krajši rok uporabnosti, slabšo čvrstost in obarvanost ter celo do gnitja polodov in pojava priokusov. Da do teh nezaželenih sprememb ne bi prišlo oziroma da bi te spremembe vsaj omilili, uporabljamo različne strategije, kot so na primer toplotna obdelava, shranjevanje v modificirani atmosferi (MAP) ali pa kombinacija obojega.

Z uporabo MAP pri sadju in zelenjavi želimo zmanjšati nivo respiracije in vplivati na manjšo produkcijo etilena. Z znižanjem koncentracije kisika in povišanjem koncentracije ogljikovega dioksida v atmosferi, ki obdaja živilo, se kakovost produkta ohranja.

Toplotna obdelava prav tako vpliva na zorenje plodov, saj zavira sintezo etilena in delovanje encimov, ki razgrajujejo celično steno.

Za dodatno podaljšanje roka uporabe med skladiščenjem se pridelek običajno pobira v zgodnji fazi zorenja, kar pa ima za posledico slabše organoleptične lastnosti.

V našem poskusu smo proučevali vpliv različnega časa in načinov skladiščenja na slive treh sort ('Jubileum', 'Excalibur' in 'Reeves'), ki so bile v zadnjem desetletju na Norveškem uvedene kot nove sorte. 'Jubileum' je švedska sorta z velikimi rdečimi plodovi, sladkega okusa. Polno zrelost doseže v mesecu avgustu. Sorta 'Excalibur' je angleška sorta, katere plodovi so srednje velikosti, vijolično obarvani in sladkega okusa. Sezona obiranja nastopi konec septembra. 'Reeves' je sorta, ki izvira iz Kanade. Plodovi so veliki in rdeče obarvani, sezona obiranja je v sredini meseca avgusta. Vse tri naštetje sorte dobro uspevajo v hladnejši klimi.

## 1.1 NAMEN RAZISKAVE

Namen naše raziskave je bil ugotoviti, kakšen vpliv imajo različni pogoji tretiranja (čas, sestava atmosfere, tretiranje z vročo vodo) na kemijske parametre (skupni antioksidativni potencial, antioksidativni potencial v etil acetatu topne frakcije, skupnih fenolov, flavonoidov ter antocianinov) v treh sortah sliv (*Prunus domestica*), gojenih na Norveškem.

## 1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Predvidevamo, da bosta MAP ter tretiranje z vročo vodo (2 minuti na 52 °C) upočasnila zorenje in s tem ugodno vplivala na obstojnost. MAP ohranja višje vrednosti antioksidativni potenciala, pri tretiranju z vročo vodo se antioksidativni potencial in vsebnost skupnih fenolov zmanjšata. Med skladiščenjem pride do zmanjšanja vsebnosti skupnih polifenolov.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 SLIVE

Sliva (*Prunus domestica* L.) je zelo raznolika sadna vrsta, ki najbolje uspeva na območjih severne geografske širine. Žlahtne sorte sliv delimo v dve skupini, in sicer v skupino evropskih ter v skupino kitajsko-japonskih žlahtnih sort sliv.

V skupino evropskih vrst sliv uvrščamo sorte, ki izvirajo iz vrst domača sliva (*Prunus domestica* L.) ali pa cibora (trnasta sliva- *Prunus insititia* L.). Te sorte so heksaploidi, plodovi pa imajo mehko meso, ki pri sortah, ki izhajajo iz vrste domača sliva, odstopi od koščice. Ti plodovi spadajo v skupino cepke. Sorte, ki izhajajo iz cibore, imajo plodove, katerih meso ne odstopi od koščice. To so takoimenovane kostenice.

Sorte iz evropske skupine glede okoljskih razmer niso zahtevne. Pridelujemo jih lahko na nadmorskih višinah do 900 m, večina sort pa tudi dobro prenaša nizke temperature in obilnejše padavine. Priporočljivo je gojenje na rahlo kislih/nevtralnih tleh (pH 6-7), saditi pa jih je potrebno v dovolj globoka tla.

Sorte sliv iz kitajsko-japonske skupine so zahtevnejše za gojenje.

Uporaba plodov sliv je zelo široka. Lahko jih uporabljamo sveže ali posušene, predelamo jih lahko v marmelado, kompot, žganje, vino ali kis (Štampar in sod., 2005).

#### 2.1.1 Prehranska vrednost sliv

Slive so bogate z vitamini A, C in E, fitokemikalijami, bioaktivnimi spojinami kot so antocianini, karotenoidi ter fenolnimi spojinami. Slive spadajo med klimakterijsko sadje in hranimo jih lahko na hladnem od 1 do 8 tednov, odvisno od vrste. Čas hranjenja se lahko podaljša s posebnimi postopki pred obiranjem in po obiranju. Fizikalne, mehanske, kemijske in bioaktivne karakteristike sadja so podane z različnimi parametri, kot so sorta, čas rasti, lokacija, okoljski pogoji, hranilne snovi v rastlini, organska ali anorganska proizvodnja, čas obiranja ter z raznimi lokalnimi običaji. Regulatorji rasti lahko povzročijo spremembe v prej omenjenih faktorjih. Spremembe v antioksidativni aktivnosti, količini

skupnih fenolov ter tudi posameznih fenolnih spojin med skladiščenjem v hladnem okolju niso bile še posebej proučene. Fenolne kisline in flavonoidne spojine so glavne fitokemikalije, odgovorne za antioksidativno učinkovitost v slivah. Obstaja linearna povezava med fenolnimi spojinami in antioksidativno učinkovitostjo. Količina fenolov in antioksidativna učinkovitost sta odvisni od vrste slive, obdobja rasti, vsebnosti nutrientov, okoljskih pogojev, načinov obdelovanja, časa zorenja in načinov obdelave sadja pred in po obiranju. Na količino fenolnih spojin in antioksidativno učinkovitost lahko vplivajo tudi različni postopki preučevanja le-teh (Ozturk in sod., 2012).

### **2.1.2 Zrelost sliv**

Slive se lahko precej razlikujejo po velikosti, obliki, okusu in barvi. Čas obiranja je določen s spremembo barve kože sliv, ki je odvisna tudi od vrste. Ko sliva zori, se njena površinska barva spreminja zaradi degradacije klorofila, pri čemer pridejo do izraza rumena barvila (karotenoidi) tako v koži kot v mesu; druga barvila, kot na primer antocianini, pa dajo slivam mnogih sort značilno vijolično barvo površine. Sicer pa je priporočljivo, da se stopnjo zrelosti pri slivah, katerim zrelosti ne moremo določiti z analizo barve, preveri z otipanjem čvrstosti mesa. Hitrost mehčanja je odvisna tudi od sadovnjaka samega in letnega časa, tako da morajo biti za ohranitev dobrega stanja sadja meritve čvrstosti opravljene redno. Ker je odnos potrošnika do sliv odvisen ne samo od njihove barve, ampak tudi od količine mesa, so priporočljive redne meritve čvrstosti sadja za določitev minimalnih standardov kakovosti (Pérez-Marín in sod., 2010).

### **2.1.3 Fiziološki procesi v plodovih sliv po obiranju**

Čeprav se zdi, da so biološko aktivne spojine v sadju znane in točno določene, je na voljo malo informacij o spremembah, ki se dogajajo v njihovi sestavi in dejavnosti po obiranju. Temperatura skladiščenja je poleg izpostavljenosti svetlobi in kisiku eden od ključnih dejavnikov, ki vplivajo na stabilnost fenolnih antioksidantov v plodovih jagodičevja med skladiščenjem po obiranju. Podaljševanje roka uporabnosti sadja se pogosto doseže z nizkimi temperaturami ali nadzorovanimi pogoji skladiščenja, navadno v atmosferi z

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

visoko vsebnostjo ogljikovega dioksida (Kalt in sod., 1999). Številne predhodne študije, osredotočene na stabilnost antocianinov v sadnih sokovih in koncentratih pri različnih temperaturah, opozarjajo na izrazito termično degradacijo antocianinov (Wang in Xu, 2007; Garzón in Wrolstad, 2002), medtem ko nedavna študija o sadnih sokovih, hranjenih v hladilniku, poroča o bistvenem nihanju vsebnosti skupnih fenolov in antioksidativne učinkovitosti v času 29-dnevnega shranjevanja (Piljac Žegarac in sod., 2009). Vendar pa med analizo stabilnosti antioksidantov v sadnih sokovih in koncentratih ter sadjem v skladišču ni mogoče vleči vzporednic, saj predelava sadja za proizvodnjo sokov deaktivira encimsko katalizirane procese in zorenje po obiranju, ki še naprej potekajo v sadju. O tem, ali je bolje sveže obrano sadje shraniti na sobni temperaturi ali v hladilniku, če si prizadevamo ohraniti antioksidativni potencial sadja, ni enotnega odgovora. Glede na nedavne rezultate drugih avtorjev, ki so zabeležili precejšnje nihanje antioksidativne učinkovitosti sadja in zelenjave pri shranjevanju in celo povečanje po nekaj dneh skladiščenja pri sobni temperaturi (Kevers in sod., 2007), se zdi, da na to vprašanje ni preprostega odgovora. Kompleksne reakcije, ki potekajo v sadju v obdobju po obiranju, lahko pospešijo nastanek spojin z večjo učinkovitostjo antioksidantov, in to po tem, ko so se lastnosti sadja (okus, vonj, videz in tekstura) že znatno poslabšale. Na tem področju so pred izvedbo znanstveno utemeljenih priporočil o optimalnih temperaturah za shranjevanje živil potrebne obsežnejše raziskave (Piljac-Žegarac in Šamec, 2011).

Piljac-Žegarac in Šamec (2011) poročata, da so rezultati njune študije pokazali, da hranilna vrednost sadja ostane stabilna skozi daljši rok trajanja in v nekaterih primerih celo preseže štiri tedne. Še natančneje, podatki kažejo na stabilnost večjih fitokemijskih razredov (fenolov, flavonoidov in antocianinov) kot tudi na antioksidativno učinkovitost manjšega sadja, izpostavljenega skladiščenju pri 25 °C in 4 °C. Kar zadeva temperaturo, je skladiščenje na temperaturi hladilnika ohranilo tržne lastnosti analiziranega sadja več časa kot shranjevanje na sobni temperaturi. Poleg tega je višjo vrednost antioksidativnega potenciala v večini primerov ohranilo sadje, ki je bilo skladiščeno na 4 °C, za razliko od sadja, hranjenega na 25 °C. Priporočeno je torej shranjevanje sadja v hladilniku.

Pri višjih temperaturah (25 °C) je v primerjavi z nižjimi temperaturami (4 °C) pokvarljivost sadja večja in hitrejša. Večina sadja pri 4 °C kaže rahlo višji antioksidativni



potencial po koncu skladiščenja v primerjavi s tistim sadjem, ki je bilo skladiščeno pri 25 °C (Piljac-Žegarac in Šamec, 2011).

#### **2.1.4 Zorenje plodov**

Zorenje plodov je natančno reguliran in nepovraten pojav, ki vključuje serijo fizioloških, biokemijskih in strukturnih sprememb v sadju, ki vodijo do privlačnega in zrelega sadja, primerne za uživanje. Sadje na splošno uvrščamo v dve kategoriji - klimakterijsko in ne-klimakterijsko (Biale, 1964). Tipično klimakterijsko sadje kaže vrhunec dihanja in proizvodnjo etilena med zorenjem, pri neklimakterijskem sadju tega ni. Obstaja pa še ena kategorija, in sicer sadje z zapoznelim klimakterijem ali sorte, ki ne premorejo biosinteze etilena v zadostni količini, da bi le-ta povzročil klimakterijski porast dihanja in proizvodnje etilena (Abdi in sod., 1998).

Zorenje plodov je aerobni presnovni proces, med katerim se ustvarjajo reaktivne kisikove zvrsti (ROS), ki povzročajo poškodbe tkiva. Delovanje ROS je znano po tem, da sproži in okrepi degenerativne procese, povezane z zorenjem plodov in staranjem. Med zorenjem plodov pride do razpadanja membrane zaradi sprememb v sestavi, ki jih inducira lipooksigenaza (LOX). Peroksidacija prostih večkrat nenasičenih maščobnih kislin z LOX povzroča kopičenje lipidnih hidroperoksidov, ki se dodatno razgrajujejo v oksidativne radikale, etan in tiobarbiturne reaktivne snovi, ki veljajo za markerje peroksidativnih poškodb tkiva (Rogiers in sod., 1998; Singh in sod., 2012).

Pod normalnimi pogoji ROS ujamejo različni celični encimski in neencimski mehanizmi. Encimski obrambni mehanizem rastlin vključuje superoksid dismutazo (SOD), katalazo in peroksidazo (Apel in Hirt, 2004).

Rezultati raziskave, ki je bila opravljena na štirih evropskih sortah sliv, kažejo na znaten vpliv sorte na težo plodov, vsebnost suhe snovi, čvrstost, indeks CIRG (sadna barva), koncentracijo skupnih kislin ter koncentracijo skupnih fenolov in antocianinov. Med zorenjem (primerjava podatkov iz prvega in zadnjega dneva vzorčenja) štirih sort sliv (*Prunus domestica*) se je statistično značilno povečala masa plodov, vsebnost suhe snovi,

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

zmanjšala čvrstost sadja, povečal indeks CIRG (sadna barva), povečala koncentracija skupnega sladkorja, zmanjšala koncentracija skupnih kislin ter povečala koncentracija antocianinov (Usenik in sod., 2008b).

Pri plodovih manga je bilo med zorenjem moč opaziti občutno in dosledno zmanjšanje celokupne vsebnosti polifenolnih spojin in antioksidativne učinkovitosti (Kim in sod., 2007).

Slive, tako kot druge vrste koščičarjev, uvrščamo med klimakterijsko sadje, pri katerem hormon etilen sproži zorenje in procese staranja. Ena glavnih posledic je skrajšan rok uporabnosti in poslabšanje parametrov kakovosti, kot so čvrstost, obarvanost, pojav gnilobe in priokusov. Za zmanjšanje teh nezaželenih sprememb se uporablja nekatere strategije, kot so npr. toplotna obdelava, eksogeno tretiranje s kalcijem in poliamini, premazovanje z užitnimi premazi ter shranjevanje v MAP. Ker pa je podaljšanje ohranjanja kakovosti sadja kljub naštetim strategijam še vedno nizko (med 5 in 10 dni), pridelovalci in proizvajalci običajno pridelek sadja poberejo v zgodnji fazi zorenja. Na ta način podaljšajo trajanje shranjevanja, vendar sadeži ne dosežajo ali pa dosežajo slabše organoleptične lastnosti od zelenih (Valero in sod., 2003).

Med novejšo tehnologije za zaviranje staranja sadja in ohranjanje zelenih parametrov kakovosti se uvršča tretiranje z 1- metilciklopropenom (1-MCP). Uporaba zagotavlja dobre rezultate, saj podaljša rok uporabe in kvaliteto sadja in zelenjave (Blankenship in Dole, 2003). 1- MCP deluje tako, da že v zelo nizkih koncentracijah blokira receptorje za etilen in tako prepreči njegovo fiziološko delovanje (Sisler in Serek, 1997). 1-MCP je po kemijski strukturi podoben naravnim spojinam in velja za netoksičen agens tako za ljudi kot tudi za okolje (1-Methylcyclopropene ..., 2002).

Puerta-Gomez in sod. (2011) pravijo, da so rezultati njihove študije pokazali, da se v slivah sinteza antocianinov nadaljuje tudi po tem, ko plodovi že dosežejo polno zrelost. Razlog, zakaj se v slivah sinteza antocianinov nadaljuje še po že doseženi polni zrelosti, še ni znan. Ista študija potrjuje, da se metabolizem karotenoidov in antocianinov aktivira med fazo dozorevanja. Pri slivah se sinteza antocianinov nadaljuje tudi v fazi staranja.

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

Na splošno je antioksidativna kapaciteta močno povezana z vsebnostjo fenolov, ne pa z vsebnostjo antocianinov. Razlog za to je, da antocianini predstavljajo le majhen del celotne vsebnosti fenolov v plodovih sliv (20 %) in ne vplivajo na splošno antioksidativno kapaciteto. Znano je, da sintezo antocianinov med dozorevanjem regulira etilen (Puerta-Gomez in sod., 2011).

### **2.1.5 Kemijska sestava plodov sliv**

Povprečna energijska vrednost slive je 205 kJ/100 g oz. 48 kcal/100 g. Od tega prispevajo ogljikovi hidrati 173 kJ, maščobe 6 kJ, proteini 10 kJ in organske kisline 16 kJ oz. ogljikovi hidrati 41 kcal, maščobe 2 kcal, proteini 2 kcal in organske kisline 4 kcal na 100 g. Plod slive vsebuje 83,7 % vode (Souci in sod., 2000).

### **2.1.6 Izbrane sorte**

Glavne sorte sliv na Norveškem spadajo v vrsto *Prunus domestica* L. (Slimestad in sod., 2007).

V zadnjem desetletju so bile na Norveškem uvedene nove sorte sliv. Švedska sorta 'Jubileum' in kanadska sorta 'Reeves' sta na Norveškem že precej zastopani, povečuje pa se tudi zanimanje za sajenje angleških sort 'Avalon' in 'Excalibur'. Za vse te sorte je značilna bujna rast, zato je potreben nadzor velikosti dreves ter primerna podlaga za rast. Velikost plodov in vsebnost suhe snovi sta pomembna parametra za določitev kakovosti sliv. Plodovi zgoraj naštetih sort so na splošno veliki, vsebnost suhe snovi pa visoka. Na velikost plodov in vsebnost suhe snovi podlaga za rast nima posebnega vpliva, ugotovljene so bile le minimalne razlike (Meland in Moe, 2007).

V našem poskusu smo analizirali vzorce sliv iz sort 'Jubileum', 'Excalibur' in 'Reeves'. Naštete sorte dobro uspevajo v hladnejši klimi, čas dozorelosti je avgust ali september, pri nas bi te sorte dozorele že v začetku julija.

## 2.1.6.1 Sorta 'Jubileum'



Slika 1: Plod slive sorte 'Jubileum' (Keepers Nursery, 2013a)

Sorta originalno prihaja iz Švedske (1985) in je podobna sorti 'Victoria', s to razliko, da so plodovi mnogo večji, rok obiranja pa nastopi nekoliko prej.

Preglednica 1: Glavne značilnosti sorte 'Jubileum' (Keepers Nursery, 2013a)

uporaba	sveži plodovi
barva	rdeča
okus	sladek
velikost ploda	velika
sezona	avgust

## 2.1.6.2 Sorta 'Reeves'



Slika 2: Plod slive sorte 'Reeves' (Keepers Nursery, 2013b)

Sorta izvira iz Kanade (1940) in ima velike, privlačne plodove.

Preglednica 2: Glavne značilnosti sorte 'Reeves' (Keepers Nursery, 2013b)

uporaba	sveži plodovi
barva	rdeča
velikost ploda	velika
sezona	sredina avgusta

### 2.1.6.3 Sorta 'Excalibur'



Slika 3: Plod slive sorte 'Excalibur' (Keepers Nursery, 2013c)

'Excalibur' je angleška sorta, podobna sorti 'Victoria'.

Preglednica 3: Glavne značilnosti sorte 'Excalibur' (Keepers Nursery, 2013c)

uporaba	sveži plodovi
barva	vijolična
okus	sladek
velikost ploda	srednja
sezona	konec septembra

## 2.2 ANTIOKSIDANTI

Z vidika živilskih tehnologov so antioksidanti tiste sestavine živil oz. dodatki živilom, ki lovijo radikale, tvorijo kelate s kovinskimi ioni ali pa imajo vlogo reducentov in tako kako drugače preprečujejo ali pa zmanjšujejo pojav oksidativnih sprememb senzoričnih in prehranskih lastnosti živil. Dietetiki in nutricionisti v svojo definicijo antioksidantov

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

vključijo še endogene in eksogene snovi, ki ščitijo telo pred negativnim vplivom prostih radikalov, kovinskih ionov in drugih oksidantov (Vidrih in Kač, 2000).

Antioksidante delimo v tri skupine:

- Primarni antioksidanti so snovi, ki nastajajo v organizmu ali pa jih tvorijo mikroorganizmi. Njihova bistvena naloga je preprečevanje tvorbe prostih radikalov oz. da reaktivne radikale spremenijo v bolj stabilne produkte in s tem prekinejo verigo avtooksidacije. Med primarne antioksidante sodijo encimi, SOD, glutathion peroksidaza, ceruloplazmin ...
- Sekundarni antioksidanti so snovi, ki nevtralizirajo novonastale radikale in jim preprečujejo vstop v verižne reakcije ter tvorbo novih prostih radikalov. Sekundarni antioksidanti so snovi, ki zavirajo avtooksidacijo brez direktnega vključevanja v verižno reakcijo, to pa dosežejo tako, da reagirajo s kovinskimi ioni, ki so katalizatorji oksidacije, odvzemajo kisik iz medija, absorbirajo UV svetlobo in deaktivirajo aktivni kisik.
- Terciarni antioksidanti so snovi, ki popravljajo tiste poškodbe, ki jih v strukturi celice povzročajo prosti radikali (encimi, ki popravljajo poškodbe DNA; metionin sulfooksid reduktaza) (Raspor in sod., 2000).

Sadje je bogat vir antioksidantov, ki delujejo na različne načine in se sinergično dopolnjujejo (Hribar in Simčič, 2000).

Predelava živil ima na celokupen antioksidativni potencial živil različne učinke:

- minimalen učinek (toplotna obdelava živil, ki vsebujejo npr. likopen ali pa beta-karoten, ki sta na toploto zelo odporna),
- izguba aktivnosti naravno prisotnih antioksidantov (posledica nestabilnosti pri toplotnih postopkih ter prisotnosti svetlobe in kisika; polifenoli in askorbinska kislina delujejo kot reaktanti v Maillardovi reakciji),
- povečanje antioksidativnih lastnosti prisotnih antioksidantov (povečanje je predvsem posledica prisotnosti polifenolov, saj so njihove antioksidativne lastnosti

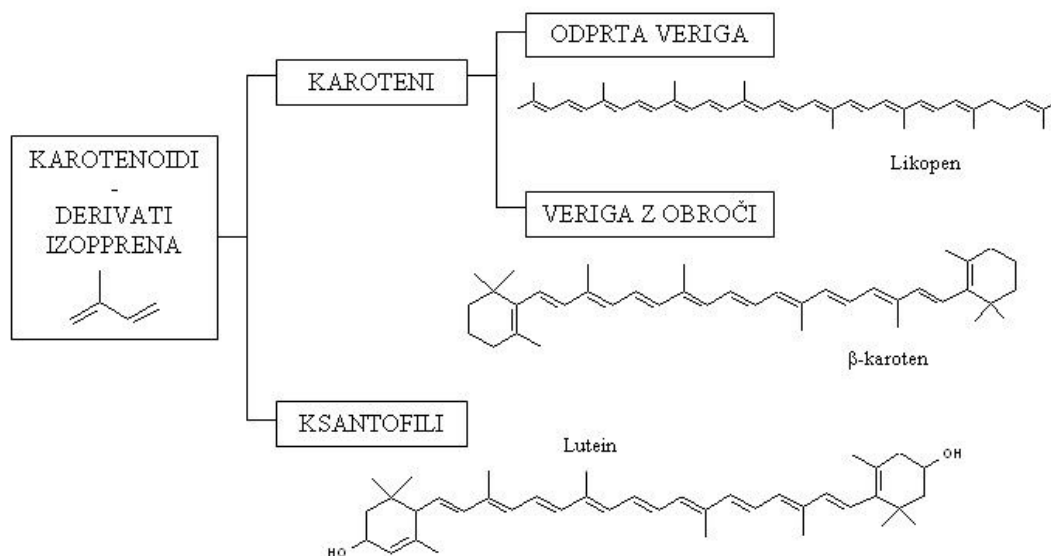
močno odvisne od njihovega oksidacijskega stanja. Kemijska in encimska oksidacija sicer progresivno zmanjšujeta antioksidativni potencial polifenolov, a med oksidacijo fenolnih spojin nastajajo produkti, ki imajo celo boljše antioksidativne lastnosti kot neoksidirani polifenoli. Kemijsko ali pa encimatsko oksidacijo polifenolov v živilu pospešita predelava ali daljše skladiščenje, na hitrost procesa pa vplivajo temperatura, aktivnost vode, pH, dostopnost kisika in čas,

- nastanek novih spojin z antioksidativnimi lastnostmi (produkti Maillardove reakcije, ki nastajajo pri visokih temperaturah; reakcija poteka med karbonilnimi skupinami reducirajočih sladkorjev in aminokislinami, antioksidativni potencial pa pripisujejo predvsem rjavo obarvanim spojinam z veliko molekulsko maso, ki nastajajo v zadnji fazi Maillardove reakcije),
- nastanek novih spojin s prooksidativnim delovanjem (pri nizkih temperaturah obdelave lahko pri sadju in zelenjavi opazimo nastanek spojin, ki delujejo prooksidativno),
- interakcije med različnimi sestavinami živila (na skupen antioksidativni potencial živila te interakcije vplivajo zelo nepredvidljivo) (Hribar in Simčič, 2000).

### 2.3 AOP V ETIL ACETATU TOPNE FRAKCIJE

Karotenoidi so naravni antioksidanti, ki prispevajo k stabilnosti živil in so cenjeni predvsem zaradi rumene, oranžne in rdeče barve, ki jo dajejo živilom. Poleg vloge provitamina A imajo karotenoidi mnoge pozitivne učinke, kot sta na primer krepitev odpornosti in zmanjševanje tveganja za razvoj degenerativnih bolezni kot so rak, kardiovaskularne bolezni in ostale (Krinsky in Johnson, 2005; Tapiero in sod., 2004; Voutilainen in sod., 2006).





Slika 4: Delitev karotenoidov (Boh, 2008)

Povezava med vsebnostjo karotenoidov in antioksidativno učinkovitostjo živil ni povsem dobra. Nekateri raziskave sicer kažejo na to, da karotenoidi bistveno prispevajo k antioksidativni učinkovitosti živila, vendar pa v drugih raziskavah ni bilo ugotovljene nobene povezave med vsebnostjo karotenoidov in antioksidativno učinkovitostjo ali pa je bil prispevek karotenoidov k antioksidativni učinkovitosti zanemarljiv oziroma nižji od fenolnih spojin ali vitamina C (Rodriguez-Amaya, 2010).

## 2.4 FENOLNE SPOJINE

Fenolne spojine so vse tiste spojine, ki imajo v svoji strukturi vsaj en aromatski obroč in vsaj eno -OH skupino direktno vezano na aromatski obroč. Ker se v naravi običajno na aromatski obroč pojavlja vezanih več -OH skupin, so fenolne spojine poimenovali tudi polifenoli (Abram, 2000).

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

**Preglednica 4: Razvrstitev fenolnih spojin (Abram, 2000)**

Št. C atomov	Osnovni skelet	Skupina
6	$C_6$	Fenoli
7	$C_6C_1$	Fenolne kisline
8	$C_6C_2$	Fenilocetne kisline
9	$C_6C_3$	Hidroksicimetne kisline
		Fenetilpropeni
		Kumarini
		Izokumarini
		Kromom
10	$C_6C_4$	Naftokinom
13	$C_6C_1C_6$	Ksantoni
14	$C_6C_2C_6$	Stilbeni
		Antrakinoni
15	$C_6C_3C_6$	Flavonoidi
18	$(C_6C_3)_2$	Lignani
		Neolignam
30	$(C_6C_3C_6)_2$	Biflavonoidi
n	$(C_6C_3)_n$	Lignini
	$(C_6)_n$	Melanini
	$(C_6C_3C_6)_n$	Kondenzirani tanini

V študijah je bila ugotovljena močna korelacija med fenolnimi spojinami in antioksidativno aktivnostjo v različnih vrstah sadja (Patthamakanokporn in sod., 2008).

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

Nekateri fenolni antioksidanti lahko v večjih koncentracijah preidejo iz antioksidativnega delovanja v prooksidativno (Hribar in Simčič, 2000).

Vsebnost fenolnih spojin v sadju je zanimiva iz različnih vzrokov:

- Obstaja povezava med vsebnostjo fenolnih spojin in okusom sadja (grenkobo, astringentnostjo)
- Fenolne spojine igrajo pomembno vlogo v naravnem obrambnem sistemu sadja (delovanje proti plesnim)
- Fenolne spojine posedujejo antioksidativni potencial, kar pa povezujemo s koristnimi efekti na zdravje
- V primerjavi z drugimi sadnimi vrstami vsebujejo slive velike količine antioksidantov
- Barva sadja igra pomembno vlogo za potrošnika (Slimestad in sod., 2007)

Fenolne spojine so pomembni sekundarni aromatski metaboliti v rastlinah, mnogi od njih so večkrat zamenjani z različnimi sladkorji, kot so glukoza, arabinoza, ksiloza, ramnoza in galaktoza. Velike količine fenolnih spojin najdemo v sadju in zelenjavi, kar pomeni, da jih tudi veliko zaužijemo. Pomembno prispevajo k senzoričnim zaznavam (barvi, okusu) svežega sadja in zelenjave in njihovim produktom. Dodatno ima veliko fenolnih spojin antioksidativne, antimutagene ter protivnetne lastnosti. Nekatere fitokemikalije, kot na primer flavonoidi v sadju in zelenjavi, ki jih uživamo vsakodnevno, naj bi zmanjševale tveganje za nastanek srčnih obolenj. Epidemiološke študije kažejo na obratno sorazmerje med zaužitim sadjem in zelenjavo ter tveganjem za nastanek bolezni srca in ožilja. Razporeditev in struktura fenolnih spojin v slivah je odvisna od zrelosti le-teh, geografske lege, sezone rasti, shrambe po obiranju, obiralnih praks in procesnih postopkov. Slive vsebujejo znatne količine naravnih fenolnih spojin, kot so flavonoidi in fenolne kisline, ki naj bi funkcionirali kot učinkoviti naravni antioksidanti v naši vsakdanji prehrani. Dokazano je bilo, da imajo slive 4,4-krat večjo antioksidativno učinkovitost kot jabolka, ki so najpogostejše sadje v naši prehrani (Kim in sod., 2003b).

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

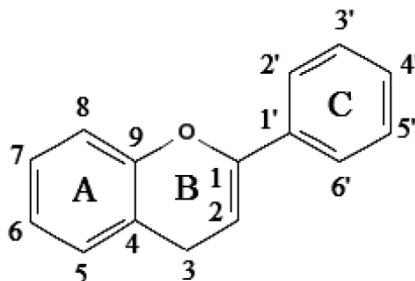
Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

Znano je, da slive vsebujejo različne vrste fenolnih spojin. Študije so pokazale, da je neoklorogenska kislina (3-O-kafeolkvinska kislina) prevladujoči derivat hidroksicimetne kisline, medtem ko je njegov izomer, klorogenska kislina (5-O-kafeolkvinska kislina) prisotna v manjših koncentracijah. Poleg tega je bilo ugotovljeno, da k skupni antioksidativni učinkovitosti mnogo bolj prispevajo fenolne spojine kot pa vitamin C in karotenoidi (Chun in sod., 2003; Kim in sod., 2003b; Gil in sod., 2002, Tomás-Barberan in sod., 2001).

Večina živil vsebuje več sto spojin z antioksidativno učinkovitostjo. Ker lahko obstajajo sinergijske interakcije med različnimi antioksidanti (Jia in sod., 1998 in Wu in sod., 1998), merjenje antioksidativnega delovanja posamezne sestavine ne pomeni nujno dejanskega skupnega antioksidativnega potenciala živila in lahko privede do zavajajočih sklepov. Zaradi tega je ocena celotnega antioksidativnega potenciala, torej potenciala, ki upošteva antioksidativne lastnosti posameznih spojin v živilih, kot tudi njihove potencialne sinergijske interakcije, deležna veliko pozornosti v zadnjih letih (Kristl in sod., 2011).

## 2.5 FLAVONOIDI

Flavonoidi so fenolne spojine s 15-imi C-atomi. Osnovni skelet predstavlja flavon s strukturo  $C_6C_3C_6$  (Abram, 2000).



Slika 5: Osnovna strukturna formula flavonoidov (Abram, 2000)

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

Med flavonoide uvršamo spojine, ki se razlikujejo po oksidacijski stopnji heterocikličnega C<sub>3</sub> obroča in pa tudi po substituentah na obročih A, B in C. Ta dva kriterija zajemata več kot 5000 različnih flavonoidov. V naravi so flavonoidi običajno glikolizirani (na obroč imajo vezane različne monosaharide, kot so glukoza, galaktoza, arabinoza, ramnoza, ali pa daljše verige, ponavadi na C<sub>3</sub> atomu, lahko pa tudi na C<sub>5</sub> ali pa C<sub>7</sub>, le redki pa na B obroču); nesladkorni del molekule se imenuje aglikon. Flavonoide delimo tudi po aglikonu, in sicer na flavone, flavonole, katehine, flavanone, dihidroflavonole, flavan-3,4-diole, antocianidine, izoflavone, neoflavone, kalkone, dihidrokalkone in avrone (Abram, 2000).

V rastlinah (cvetovi, sadeži, lubje, korenine...) predstavljajo flavonoidi bele, rdeče in rumene pigmente. Rastline ščitijo pred paraziti (grenek okus) ter pred UV žarki (zmožnost absorpcije UV žarkov) (Abram, 2000).

Rutin (kvercetin 3-rutinozid) je glavni flavonol v slivah in je prisoten v relativno majhnih količinah (Chun in sod., 2003; Kim in sod., 2003a).

## 2.6 ANTOCIANINI

Fenolne spojine obsegajo veliko skupino organskih substanc, flavonoidi pa so pomembna podskupina. V to podskupino uvrščamo antocianine, ki so eni najbolj zastopanih pigmentov v rastlinskem svetu. Antocianini dajejo barvo rastlinam- modro, rožnato, vijolično, rdečo, oranžno. Antocianine uvrščamo med flavonoide zaradi C<sub>6</sub>C<sub>3</sub>C<sub>6</sub> skeleta.

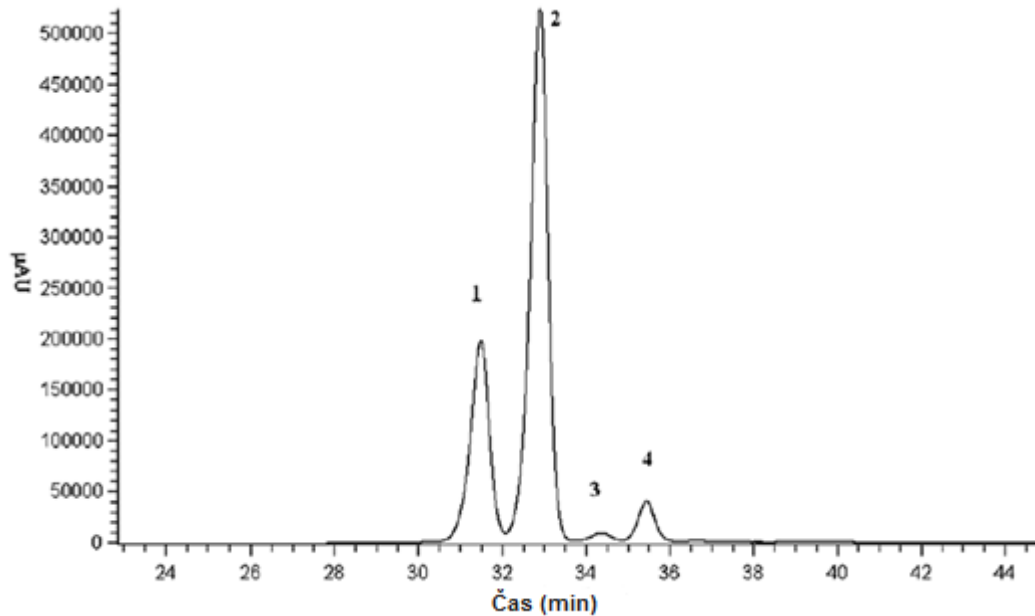
Antocianinski pigmenti so relativno nestabilni; največja stabilnost se pojavi v kislih pogojih. Obstojnost antocianinov v hrani je zelo odvisna od temperature, pa tudi od prisotnosti/odsotnosti kisika, od pH vrednosti in strukturne konformacije. Na splošno velja, da svetloba pospeši razgradnjo antocianinov, visoke koncentracije sladkorjev pa antocianine stabilizirajo (Schwartz in sod., 2008).

Usenik in sod. (2009) poročajo, da so v slivah (*Prunus domestica* L.) identificirali pet antocianinov. Po HPLC analizi so bili pri 530 nm na kromatogramu štirje vrhovi, ki so

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

nakazovali na pet antocianinov, in sicer na cianidin 3-ksilozid, cianidin 3-glukozid, cianidin 3-rutinozid, peonidin 3-glukozid, peonidin 3-rutinozid.



**Slika 6: Separacija antocianinov v slivah s HPLC metodo pri 530 nm. Vrhovi: cianidin 3-ksilozid in cianidin 3- glukozid (vrh 1), cianidin 3-rutinozid (vrh 2), peonidin 3-glukozid (vrh 3), peonidin 3-rutinozid (vrh 4) (Usenik in sod., 2009).**

Slimestad in sod. (2009) navajajo cianidin 3-rutinozid in cianidin 3-glukozid kot glavna predstavnika antocianinov v norveških sortah sliv (*Prunus domestica* L.), v majhnih količinah se pojavljajo tudi derivati peonidina. Cianidin 3-rutinozid predstavlja več kot 60 % vseh detektiranih antocianinov.

V različnih sortah sliv, z izjemo rumenih sort sliv, so določili antocianine kot so cianidin 3-rutinozid, cianidin 3-glukozid in peonidin 3-glukozid in derivati peonidina, pri čemer je cianidin 3-rutinozid prevladujoč (Chun in sod., 2003; Kim in sod., 2003a; Tomás-Barberan in sod., 2001).

## 2.7 SKLADIŠČENJE IN PAKIRANJE SADJA

Naloga dobrega pakiranja je preprečiti ali pa zavreti spremembe živil predvsem zaradi prisotnosti kisika; svetloba, težke kovine, živalska in rastlinska barvila v živilih pa te

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

oksidacijske spremembe še pospešujejo. Z obvladovanjem oksidacije podaljšujemo trajnost in kakovost živil (Plestenjak in Požrl, 2000).

### **2.7.1 Normalna atmosfera**

Če skladiščimo v normalni atmosferi, to pomeni, da poteka skladiščenje na zraku, pri tem pa se uravnava le temperatura in relativna vlažnost. Če je potrebno, izvedemo tudi zamenjavo zraka oz. prezračevanje.

Da zagotovimo uspešno skladiščenje v normalni atmosferi, moramo biti pozorni na to da:

- blago po skladiščenju ohladimo v 5 do 8 dneh oziroma čimprej,
- palete oziroma zaboji zložimo tako, da med njimi ohlajen zrak dobro kroži,
- v smeri, v kateri kroži zrak, v praksi puščamo 5-10 cm razlike med vsako drugo vrsto zabojev,
- želeno temperaturo uravnavamo s termostatom (največje odstopanje je  $\pm 0,5$  °C),
- hladilne naprave naj čim manj znižujejo relativno vlažnost, ki je za skladiščenje sadja zelo pomembna.

Posamezne vrste rastlin se glede temperature skladiščenja med seboj razlikujejo, a v glavnem poteka hlajenje pri temperaturah, ki so nekoliko višje od točke zmrzovanja. Pri nekaterih vrstah in sortah pa se tudi v območju teh temperatur pojavljajo specifične fiziološke bolezni, ki so posledica hlajenja (Hribar, 2003).

### **2.7.2 Modificirana atmosfera**

#### **2.7.2.1 Principi**

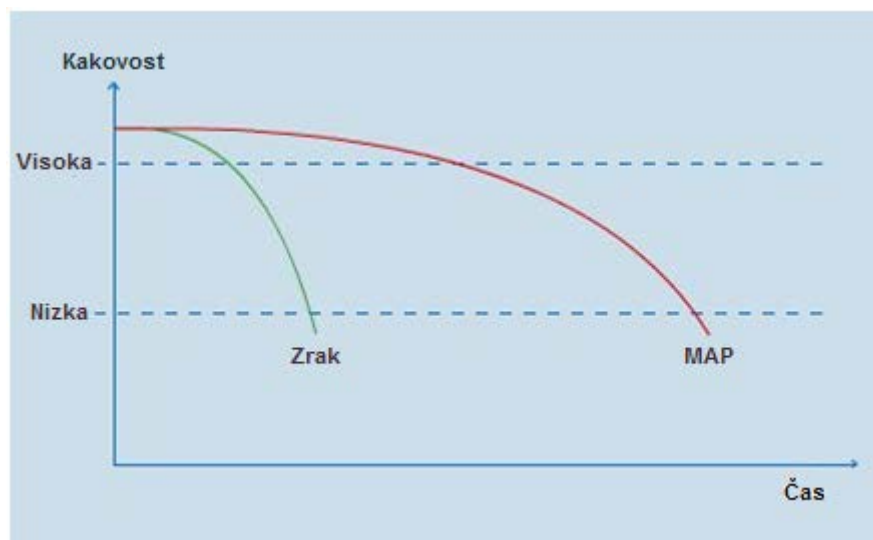
Glavni namen pakiranja v MAP je podaljšanje roka uporabe določenega živila in preprečevanje oz. vsaj odložitev nezaželenih sprememb na živilu, zagotavljanje varnosti, senzoričnih lastnosti in hranilne vrednosti živila. Z MAP se našteje kriterije doseže na tri načine, in sicer tako da MAP zmanjšuje nezaželene fiziološke, kemijske/biokemijske in

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

fizikalne lastnosti v živilu, kontrolira mikrobnost in ravno tako kot vsako drugo pakiranje preprečuje zunanjo kontaminacijo (Floros in Matsos, 2005).

Trije glavni plini, ki sestavljajo MAP, so dušik ( $N_2$ ), kisik ( $O_2$ ) in ogljikov dioksid ( $CO_2$ ). V nekaterih primerih se v kombinaciji z zgoraj naštetimi uporablja tudi ogljikov monoksid (CO), ki inhibira mikrobnost. Njegova aplikacija je omejena, saj je toksičen za človeka. Prav tako se lahko včasih uporabi tudi dodatek žveplovega dioksida ( $SO_2$ ), ki preprečuje pojavljanje zaradi oksidacije in kontrolira rast bakterij in plesni. Dodatek etanola je uporaben za ohranjanje čvrstosti paradižnikov poleg tega pa izboljšuje okus in zmanjšuje aktivnost plesni. Argon se uporablja za zmanjšanje mikrobne rasti (Floros in Matsos, 2005).



**Slika 7: Primerjava kakovosti rib in morskih sadežev v navadni in modificirani atmosferi v odvisnosti od časa (The Linde Group, 2014a)**

#### 2.7.2.2 Prednosti in slabosti

MAP ponuja veliko prednosti za uporabnike in proizvajalce živil. Uporabniku nudi ugodne in visoko kakovostne živilske produkte s podaljšano obstojnostjo. Zmanjša se tudi potreba po konzervansih, kar vodi v bolj naravne in zdrave produkte. Podaljšana obstojnost je prednost tudi za proizvajalce, saj lahko živila pakirajo v centralni pakirnici in od tam



Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

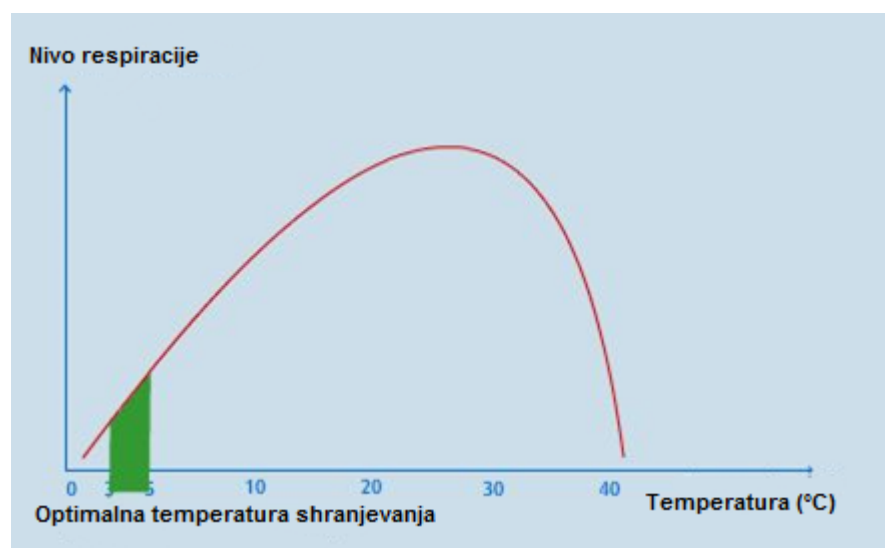
Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

poteka distribucija dalje (pojavi se možnost za manj dostavljalcev, saj lahko posamezni dostavljalci obvladujejo večje področje; zaradi podaljšane obstojnosti se lahko živila dostavljajo na zelo oddaljene kraje) (Floros in Matsos, 2005).

MAP pa ima tudi nekaj slabosti. Ponavadi vsak živilski produkt, ki ga pakiramo v MAP, potrebuje drugačno sestavo plinov. To zahteva specializirano in drago opremo, poleg tega pa mora biti tudi osebje primerno usposobljeno za uporabo različne opreme. Za večino produktov je poleg MAP zahtevana tudi različna temperatura shranjevanja. Posledica pakiranja v MAP so tudi večji volumni embalaž, kar vodi v povečane potrebe po prostoru pri distribuciji in skladiščenju. Pakiranje v MAP potrošniki drago plačajo in ko enkrat embalažo živila odprejo, MAP izgubi vse svoje lastnosti (Floros in Matsos, 2005).

### 2.7.2.3 Sadje in zelenjava

Živo tkivo svežega sadja in zelenjave diha (respiracija) in izgublja vodo (transpiracija). Stopnja dihanja zelo varira med različnimi sortami in je močno odvisna od temperature, kar postavlja zahteve za pakiranje od MAP različne od drugih živil. Glavni namen MAP pri sadju in zelenjavi je zmanjšati nivo respiracije. Vplivati moramo na zmanjšanje produkcije etilena, ki je odgovoren za pospešeno zorenje in kvar (Floros in Matsos, 2005).



Slika 8: Odvisnost stopnje respiracije sadja in zelenjave od temperature (The Linde Group, 2014b)

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

Zmanjšanje koncentracije kisika in povečanje koncentracije ogljikovega dioksida v atmosferi, ki obdaja sveže živilo, ima več pozitivnih lastnosti. Ohranja se kakovost produkta, saj se zniža nivo respiracije, zmanjša se mehčanje tkiva in zmanjša se razkroj klorofila in drugih pigmentov, visoka koncentracija CO<sub>2</sub> pa zmanjšuje mikrobo rast in kvar zaradi plesni. Po drugi strani pa predstavlja uporaba MAP pri svežih produktih, predvsem pri sadju, tudi nekaj potencialnih tveganj. Popolna odstranitev kisika iz atmosfere hitro vodi v anaerobno respiracijo, prekinitvev sinteze etilena in posledično v hiter padec kvalitete produkta in kvar. Pride do kopičenja acetaldehida, etanola in organskih kislin, razvoja priokusa, na koncu pa še do diskoloracije in zmečanja tkiva. V nekaterih primerih, ko so pogoji anaerobni, lahko pride celo do rasti bakterije *Clostridium botulinum*, ki izloča smrtonosni toksin botulin (Floros in Matsos, 2005).



**Slika 9: Primerjava števila bakterij v mesu in mesnih izdelkih v navadni in modificirani atmosferi v odvisnosti od časa (The Linde Group, 2014c)**

Kontrolirana ali modificirana atmosfera se uporabljata kot dopolnilni postopek k shranjevanju na hladnem z namenom zmanjšanja izgube vode ter zaviranja zorenja in nastanka bolezni (Malakou in Nanos, 2005).

### 2.7.3 Tretiranje z vročo vodo

Poleg tega, da tretiranje z vročo vodo zagotavlja podaljšano obstojnost, je kot metoda tudi zelo enostavna za uporabo in ima kratek operativni čas. Sistem za obdelavo z vročo vodo stane bistveno manj kot pa sistem za obdelavo s paro. Fiziološki odzivi različnega sadja na tretiranje z vročo vodo se razlikujejo glede na sezono, lokacijo rasti, tip prsti, proizvodno prakso in zrelost sadja. Na splošno velja, da višja kot je temperatura obdelave, krajši naj bo čas obdelave in obratno- le na ta način se lahko izognemo poškodbam plodov. Ponavadi je temperatura vroče vode med 43 in 53 °C, čas potapljanja plodov pa nekaj minut do dveh ur, medtem je pri ščetkanju temperatura med 48 in 63 °C, postopek pa traja 10 do 25 sekund (Fallik, 2004).

Obdelava z vročo vodo je bila prvič opisana leta 1922. Njen prvotni namen je bil kontrolirati gnitje citrusov, nato pa se je njena uporaba razširila tudi na preprečevanje okužb z insekti. Čas obdelave z vročo vodo v namene razkuževanja in preprečevanja razmnoževanja patogenih mikroorganizmov je kratek (v minutah), saj se tarčni patogeni mikroorganizmi nahajajo na površini ali pa v prvih nekaj plasteh celic sadja ali zelenjave (Fallik, 2004).

Hitro pokvarljivo sadje (npr. breskve in nektarine), ki je namenjeno na oddaljene trge, shranimo na najnižjo možno še varno temperaturo in ga dodatno predhodno obdelamo še s toplo vodo ali pa ga shranjujemo v MAP. Našteti postopki upočasnijo zorenje (predvsem mehčanje tkiva) 1-2 tedna po obiranju (Malakou in Nanos., 2005).

Toplotna obdelava povzroča spremembe v zorenju plodov, tako da zavira sintezo etilena in delovanje encimov, ki razgrajujejo celično steno, prav tako pa vpliva na spremembe v ekspresiji genov in sintezi proteinov (Paull in Chen, 2000). S toplotno obdelavo plodov se podaljšuje življenjska doba po obiranju; upočasnijo se mehčanje tkiva v slivah, hruškah, paradižniku, izboljša pa se okus številnega sadja, brez da bi to vplivalo na koncentracijo tope trdne snovi v jabolkih, nektarinah in jagodah (Malakou in Nanos, 2005).

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

Po obdelavi z vročim zrakom so se titrabilne kisline zmanjšale (jabolka) ali pa ostale nespremenjene (v paradižnikih in grenivkah) (Malakou in Nanos, 2005).

Obdelavi z vročo vodo ali zrakom se uporabljata tudi kot alternativni metodi za kontrolo bolezni po obiranju. Zrelo sadje je zelo dovzetno za okužbe z različnimi boleznimi, zato so potrebni določeni ukrepi. Breskve, ki so jih izpostavili topli vodi (46 °C) za 2-8 minut, so bile bistveno manj občutljive za bolezni (Margosan in sod., 1997).

Obdelava s toplo vodo, kombinirana s shranjevanjem v MAP embalaži med skladiščenjem, se je izkazala za uspešno. Kot poročata Malakou in Nanos (2005) je bila kakovost sadja 1 teden po obiranju dobra.

Pri obdelavi z vročo vodo se pričakuje povečanje koncentracije skupnih fenolov zaradi temperaturnega stresa ali poškodb, ampak kot poročata Malakou in Nanos (2005) v eksperimentu, ki so ga izvedli, to ni bilo dokazano. V sadnem soku breskev in nektarin je bilo po 1 do 2 tednih dokazano le rahlo povečanje koncentracije skupnih fenolov v primerjavi s kontrolo.

Specifična električna prevodnost in skupni fenoli so dobri parametri za oceno poškodb, povzročenih med tretiranjem z vročo vodo. V eksperimentu, o katerem poročata Malakou in Nanos (2005), ta dva parametra nista pokazala na poškodbe plodov.

Tretiranje s toplo vodo pripelje do indukcije in povečanja antioksidantov v bananah in zmanjšanja H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> med zorenjem, kar vodi v kasnejše dozorevanje plodov banan (Ummarat in sod., 2011).

Na koncentracije galne kisline in številnih hidrolizirajočih taninov ter njihove antioksidativne učinkovitosti v marelicah tretiranje z vročo vodo ni vplivalo, medtem ko se je koncentracija skupnih polifenolov zmanjšala zaradi zorenja plodov, ne glede na tretiranje z vročo vodo ali skladiščno atmosfero. Kot rezultat zapoznelega zorenja je zaradi skladiščenja v kontrolirani atmosferi koncentracija polifenolov upadala počasneje.

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

Kakovostni parametri, kot so barva mesa in kislost, so pokazali na to, da je kontrolirana atmosfera pomagala upočasniti zorenje (Hegedüs in sod., 2011).

Tretiranje z vročo vodo pri marelicah v kombinaciji z visoko koncentracijo CO<sub>2</sub> ugodno vpliva na zunanjo kakovost sadja in podaljšanje roka trajanja (Hegedüs in sod., 2011).

Kot navajajo Lemoine in sod. (2009) je obdelava svežega brokolija z vročo vodo (48 °C, 3 ure) upočasnila rumenenje, kar se je videlo na manjšem upadu Hue vrednosti med skladiščenjem pri 0 °C. Po 21ih dneh je imel tretiran brokoli 40 % višjo vsebnost klorofila kot pa kontrola. Obdelava z vročo vodo ni vplivala na izgubo mase ali pa na respiratorno aktivnost, zmanjšala pa se je vsebnost skupnih fenolov in antioksidativna aktivnost v prvih dveh tednih, v tretjem pa je dosegla vrednosti kontrole.

### **3 MATERIALI IN METODE**

#### **3.1 MATERIALI**

Slive sort 'Excalibur', 'Jubileum' in 'Reeves' so bile obrane na raziskovalni postaji Bioforsk Ullensvang v kraju Lofthus na Norveškem. Plodovi so bili obrani v komercialni zrelosti in skladiščeni v NA (torej na zraku) ali pa v MAP (v foliji X-tend s tako prepustnostjo za O<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub>, da je bila vsebnost O<sub>2</sub> 10,0 % ± 1,0 % in CO<sub>2</sub> 10,0 % ± 1,0 %). Na dan obiranja je bila polovica vzorcev tretirana z vročo vodo (52 °C) v času 2 minut, nato pa skladiščena v NA ali pa v MAP (folija X-tend). Kontrolni vzorci so zajemali z vročo vodo tretirane in netretirane vzorce, ki so bili skladiščeni na zraku ali v X-tend foliji v temi pri +1 °C. Vzorci, skladiščeni v različnih atmosferah ter netretirani/tretirani z vročo vodo, so bili homogenizirani skupaj z 2 % raztopino metafosforne kisline (10 g vzorca + 10 g metafosforne kisline), zamrznjeni po 0, 2 ali pa po 4 tednih pri -17 °C in prepeljani v Slovenijo na Biotehniško fakulteto.

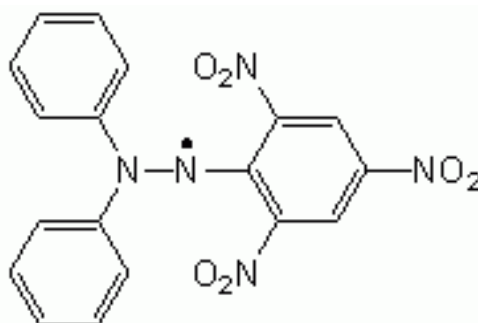
## 3.2 METODE

### 3.2.1 Priprava vzorcev za analizo

Zmleti vzorci sliv so bili v falkonkah stabilizirani v metafosforni kislini in shranjeni na -17 °C. Pred začetkom našega dela smo vsak vzorec odmrznili, centrifugirali, filtrirali s filtrom Sartorius miniskrt s premerom por 0,45 µm in filtriran vzorec shranili v treh centrifugirkah Eppendorf. Pred vsako analizo smo filtrirane vzorce iz centrifugirk odmrznili v mlačni vodi, centrifugirali in supernatant uporabili za naše analize.

### 3.2.2 Določanje antioksidativnega potenciala

Določanje antioksidativnega potenciala s prostim DPPH\* je indirektna metoda in spada med najstarejše metode (Molyneux, 2004). Gre za kolorimetrično določanje vsebnosti DPPH radikala, in sicer za določitev antioksidativnega potenciala vzorcev uporabi stabilen prosti radikal DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil), ki je vijolično obarvan in ima absorpcijski maksimum pri 517 nm. V reakciji z antioksidantom poteče redukcija DPPH\* radikala, pri čemer radikal razpada, absorbanca pa se zniža. V prisotnosti donorjev vodika se DPPH\* radikal reducira v svetlo rumeno obarvan DPPH<sub>2</sub>. Le-ta pri valovni dolžini 517 nm ne absorbira, zato se absorbanca zniža. Iz navedenega sledi, da večji kot je antioksidativnega potencial našega vzorca, nižja bo absorbanca (Molyneux, 2004).



Slika 10: Molekula DPPH\* radikala (Merck KgaA, 2014)

Antioksidativno aktivnost vzorca lahko določamo z DPPH\* radikalom na dva načina, in sicer dinamično ali statično. Pri dinamični metodi merimo hitrost razpada DPPH\* po

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

dotoku vzorca antioksidanta, kar pomeni, da proučujemo reaktivnost antioksidantov. Pri statični metodi pa določamo ravnotežno stanje, ko vsi prisotni antioksidanti reagirajo, torej določamo razmerje med DPPH\* in prisotnimi antioksidanti (Girotti in sod., 2002; Brand-Williams in sod., 1995).

Raztopino DPPH\* radikala se svežo pripravi vsak dan sproti, saj je precej nestabilna. V 100 mL bučko zatehtamo 4 mg DPPH in jih zamešamo v 20 mL metanola. Dobro premešamo, da se popolnoma raztopi. Na spektrofotometru pomerimo absorbanco in dodajamo metanol toliko časa, da je absorbanca raztopine 1,05.

Analiza vzorcev poteka tako, da se s predhodnimi poskusi oceni približen antioksidativni potencial vzorcev. Z ustreznimi razredčitvami dosežemo, da se vzorci uvrstijo v želeno območje absorbance (približno 0,5).

Za referenčno vrednost (RF) v ependorfki zmešamo 240  $\mu$ L metanola in 1,5 mL raztopine DPPH, za slepo probo pa 240  $\mu$ L vzorca in 1,5 mL metanola. Za merjenje absorbance vzorca zmešamo 240  $\mu$ L vzorca in 1,5 mL DPPH. Zmes dobro premešamo, prelijemo v navadne plastične kivete in pomerimo absorbanco po 15 minutah. Absorbanco merimo proti metanolu.

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

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

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

$$V \text{ reakcijske zmesi} = \text{količina vzorca (240 } \mu\text{L)} + \text{volumen DPPH (1,5 mL)} = 0,001740 \text{ L} \quad \dots(4)$$

$$L = 1 \text{ cm} \quad \dots(5)$$

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

$$\text{AOP} = (\text{mmol DPPH/L ekstrakta sliv v metafosforni kislini}) = n \times 10^6 \times 10^3 / 240 \quad \dots(6)$$

$$\text{AOP mmol/100 g} = (\text{mmol DPPH/L} = (\text{mmol DPPH/L}) * 10/50 \quad \dots(7)$$

Da dobimo rezultat, podan na 100 g, v zadnji enačbi rezultat pomnožimo z 10 in delimo s 50.



### 3.2.3 Antioksidativni potencial v etil acetatu topne frakcije

Vzorci, ki so bili zmleti/shranjeni v metafosfori kislini v razmerju 1:1 in nato centrifugirani, dalje pripravimo tako, da zmešamo 3 mL vzorca in 3 mL etil acetata, torej v razmerju 1:1. Nato pol minute stresamo na stresalniku, nato prelijemo v ependorfke in centrifugiramo. Vzorce (supernatant) uporabimo za pripravo referenčne raztopine, slepe probe in vzorca. Referenčno raztopino pripravimo tako, da zmešamo 0,5 mL etil acetata in 1,5 mL raztopine DPPH, slepo probo pa tako, da zmešamo 0,5 mL vzorca in 1,5 mL etil acetata. Za merjenje absorbance samega vzorca zmešamo 0,5 mL vzorca in 1,5 mL DPPH. Absorbanco merimo po 90 minutah pri 517 nm. Za določanje AOP v etil acetatu topne frakcije smo uporabili lastno metodo.

### 3.2.4 Določanje skupnih fenolov

Metoda je bila povzeta po Singletonu in Rossiju (1965) in modificirana po Košmerl in Kač (2007).

V vzorec, v katerem želimo določati vsebnost skupnih fenolnih spojin, dodamo Folin Ciocalteu reagent, ki zaradi dodatka natrijevega karbonata (alkalnost) oksidira fenolne snovi. Reagent Folin Ciocalteu je vodna raztopina natrijevega volframata (VI), natrijevega molibdata (VI) in litijevega sulfata (VI). Litijev sulfat (VI) preprečuje obarjanje F-C reagenta. V prisotnosti fenolatnega aniona poteka redukcija volframata (VI) in molibdata (VI). Nereducirana raztopina je rumene barve, medtem ko je reducirana obarvana modro. Absorbanco mešanice izmerimo pri valovni dolžini 765 nm, masno koncentracijo določimo iz umeritvene krivulje z galno kislino, ki je standardna referenčna spojina za določanje vsebnosti skupnih fenolov, in rezultat podamo kot mg galne kisline/L (Košmerl in Kač, 2007).

V našem poskusu smo najprej pripravili reagente. 20 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  smo zatehtali v 100 mL bučko in do oznake dopolnili z 2x destilirano vodo. Ker se  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  težko raztaplja, smo bučko postavili v ultrazvočno kopel. Reagent Folin Ciocalteu pripravimo v 500 mL

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

erlenmajerico z zamaškom. Zmešamo 12,6 mL FC in 216 mL 2x destilirane vode (Roura in sod., 2006).

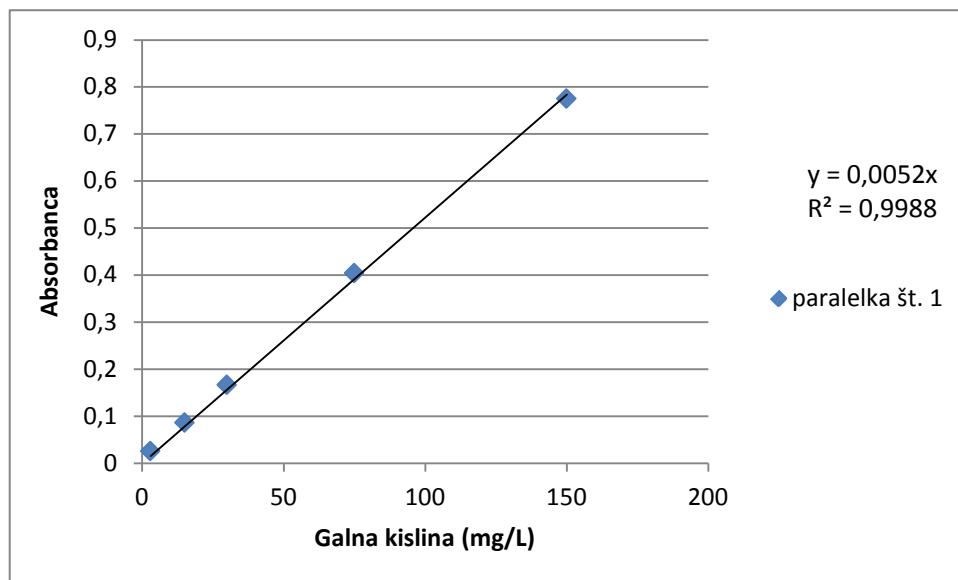
Raztopino galne kisline, ki jo potrebujemo samo za pripravo umeritvene krivulje, pripravimo tako, da v 100 mL bučko zatehtamo točno 30 mg galne kisline in do oznake na bučki dopolnemo z 2x destilirano vodo. Nato raztapljamo v ultrazvočni kopeli. Slepno probo smo naredili tako, da smo v navadne (PVC) kivete dodali 200  $\mu$ L 2x destilirane vode, 2,54 mL raztopine FC in 420  $\mu$ L raztopine  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Počakali smo 1 uro in nato dodali še 910  $\mu$ L 2x destilirane vode (Roura in sod., 2006). Slepni probi smo naredili dve, vstavili smo ju v spektrofotometer ter spektrofotometer umerili.

Umeritveno krivuljo smo pripravili tako, da smo iz raztopine galne kisline v 100 mL bučki odpipetirali 0,1 mL, 0,5 mL, 1 mL, 2,5 mL in 5 mL v 10 mL bučke in z destilirano vodo dopolnili do oznake. V 10 mL bučkah dobimo koncentracije galne kisline 3 mg/L, 15 mg/L, 30 mg/L, 75 mg/L ter 150 mg/L. Nato smo si pripravili 5 navadnih (plastičnih) kivet in v prvo odpipetirali 200  $\mu$ L galne raztopine iz prve bučke (torej iz tiste, v kateri je bila koncentracija galne kisline 3 mg/L), dodali 2,54 mL raztopine FC in 420  $\mu$ L raztopine  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Enako smo postopali z ostalimi kivetami, le da smo v vsako kiveto odpipetirali raztopino iz druge 10 mL bučke. Po preteku ene ure smo v kivete dodali še 910  $\mu$ L 2x destilirane vode in pomerili absorbanco pri 765 nm. Iz dobljenih vrednosti absorbanco smo narisali umeritveno krivuljo.

Vsebnost skupnih fenolov v vzorcih smo določali tako, da smo v navadne kivete odpipetirali 200  $\mu$ L vzorca, 2,54 mL raztopine FC reagenta in 420  $\mu$ L  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Po preteku ene ure smo dodali še 910  $\mu$ L 2x destilirane vode in izmerili absorbanco pri 765 nm proti slepemu vzorcu.

**Preglednica 5: Podatki za umeritveno krivuljo (določanje skupnih fenolov)**

c (mg/L)	A
3	0,025
15	0,086
30	0,166
75	0,404
150	0,775

**Slika 11: Umeritvena krivulja (odvisnost absorbance A od koncentracije galne kisline v mg/L)**

### 3.2.5 Določanje flavonoidov

Pri določanju flavonoidov najprej pripravimo potrebne kemikalije, in sicer 10 %  $\text{AlCl}_3$  in 1 M  $\text{CH}_3\text{COOK}$ , potrebujemo pa tudi 95 % alkohol (etanol).

Umeritveno krivuljo naredimo tako, da 30 mg epikatehina raztopimo v 100 mL metanola v 100 mL bučki. Dobimo raztopino s koncentracijo 300 mg/L. Iz te raztopine, nato odpipetiramo volumne 5 mL, 2,5 mL, 1 mL, 0,5 mL in 0,1 mL v 10 mL bučke in z

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

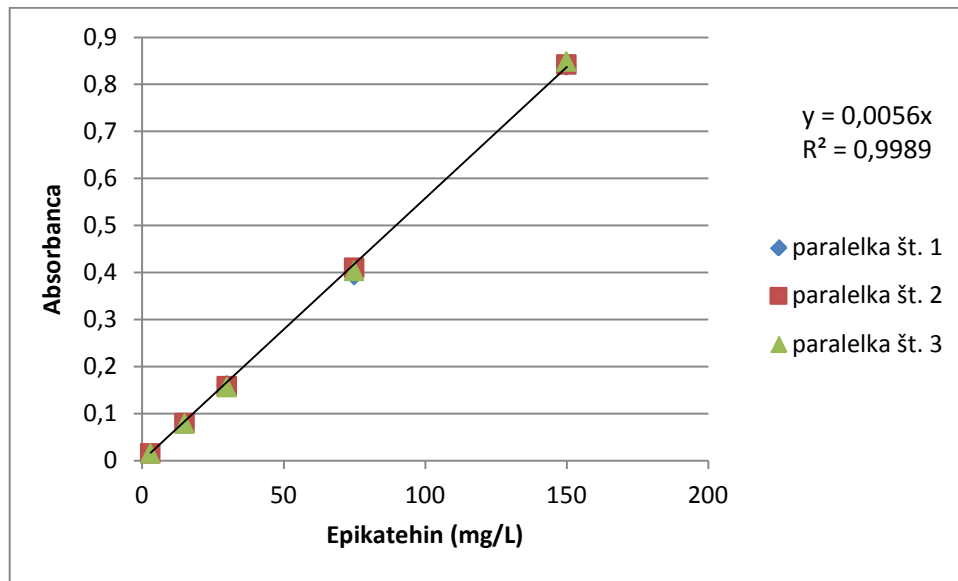
---

destilirano vodo dopolnemo do oznake. Dobimo raztopine s koncentracijami 150 mg/L, 75 mg/L, 30 mg/L, 15 mg/L in 3 mg/L.

V epruветah zmešamo reagente (250  $\mu$ L raztopine za umeritveno krivuljo/vzorca, 750  $\mu$ L 95% alkohola, 50  $\mu$ L  $\text{AlCl}_3$ , 50  $\mu$ L  $\text{CH}_3\text{COOK}$  in 1,4 mL  $\text{H}_2\text{O}$ ), premešamo na mešalniku, počakamo 40 minut, prelijemo v 2 mL ependorfke in centrifugiramo 5 minut na 16 g. Supernatant prelijemo v 1,5 mL kivete in pomerimo absorbanco proti destilirani vodi pri 415 nm (Lin in Tang, 2007).

**Preglednica 6: Podatki za umeritveno krivuljo (določanje flavonoidov)**

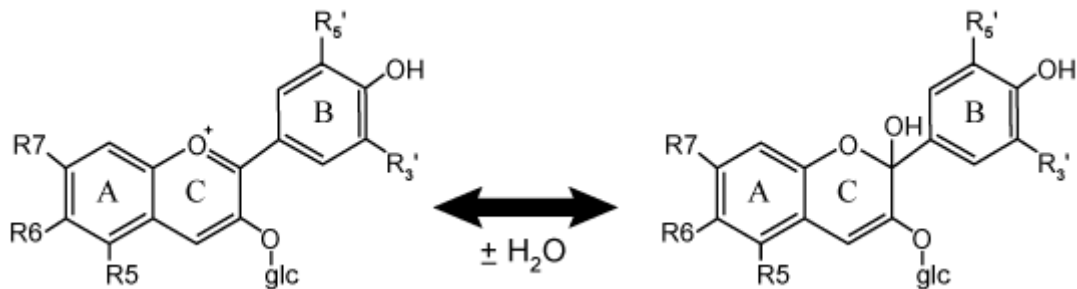
<b>c (mg/L)</b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>
3	0,015	0,015	0,015
15	0,078	0,080	0,078
30	0,159	0,158	0,156
75	0,394	0,410	0,403
150	0,840	0,842	0,848



Slika 12: Umeritvena krivulja (odvisnost absorbanca A od koncentracije epikatehina v mg/L)

### 3.2.6 Določanje antocianinov

Vsebnost antocianinov določamo s pH-diferencialno metodo. Antocianinom se pri spremembi pH spremeni absorpcijski spekter, saj pride do spremembe v strukturi antocianinov. Pri pH 1 prevladuje obarvana oksonijeva oblika, pri 4,5 pa hemiketalna, ki je brez barve.



Slika 13: Obarvana oksonijeva oblika antocianinov in brezbarvna hemiketalna struktura (Brouillard in Delaporte, 1977)

0,2 mL vzorca zmešamo z 2 mL pufra. Puffer s pH 1,0 pripravimo tako, da zamešamo 1,4 g KCl in 700 mL H<sub>2</sub>O. Za pripravo pufra s pH 4,5 pa zmešamo 54,4 g K-acetata in 700 mL H<sub>2</sub>O ter uravnamo pH z dodatkom očetne kisline (Lee in sod., 2005).

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

Absorbanco (A) pomerimo pri 510 in 700 nm proti destilirani vodi v navadnih plastičnih kivetah. Enačba za izračun absorbance vzorca:

$$A = (A_{510} - A_{700})_{\text{pH } 1,0} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH } 4,5} \quad \dots(5)$$

$$\text{Vsebnost monomernih antocianinov (mg/L)} = (A * M * R * 1000) / \square \quad \dots(6)$$

Molekulska masa (M) cianidin-3-glukozida je 449,2 g/mol, razredčitveni faktor (R) med 0,5 in 9,5 je 19, specifična molska absorbanca ( $\square$ ) je 26900 L mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>.

Da smo rezultate poenotili na isti ekvivalent, kot so izraženi rezultati pri flavonoidih, torej na epikatehin (M = 290,3 g/mol), smo dobljene vrednosti za antocianine pomnožili z 290,3 g/mol in delili z 449,2 g/mol.

### 3.2.7 Statistične metode

Podatke, ki smo jih pridobili v eksperimentalnem delu naše naloge, smo uredili v programu Excel, nato pa statistično obdelali z računalniškim programom SAS (SAS Software. Version 8.01, 1999). Za izračun osnovnih statističnih parametrov smo uporabili postopek MEANS, postopek GLM (General Linear Model) pa za obdelavo podatkov s statističnim modelom. 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

Po preračunanih vrednostih in statistični analizi podatkov smo dobili naslednje rezultate:

### 4.1 REZULTATI KEMIJSKIH ANALIZ ZA AOP

**Preglednica 7: AOP sliv (mmol DPPH/100 g) glede na sorto, ne glede na čas in pogoje tretiranja**

Sorta	N	Povprečne vrednosti $\pm$ SD	Minimalno - Maksimalno
'Jubileum'	108	$0,7075 \pm 0,1455^A$	0,40 – 0,93
'Excalibur'	108	$0,5998 \pm 0,1034^B$	
'Reeves'	108	$0,5535 \pm 0,0518^C$	

Analiza antioksidativne učinkovitosti treh sort sliv ne glede na tretiranje in čas skladiščenja kaže, da ima najvišjo antioksidativno učinkovitost sorta 'Jubileum', sledita sorti 'Excalibur' ter 'Reeves'. Razlike so statistično značilne. Sorta 'Reeves' ima najnižji skupni AOP, vendar podoben AOP za v etil acetatu topne frakcije kot ostale sorte.

**Preglednica 8: AOP sliv (mmol DPPH/100 g) glede na čas, ne glede na sorto in pogoje skladiščenja**

Čas (tedni)	Povprečne vrednosti $\pm$ SD
0	$0,6930 \pm 0,1285^A$
4	$0,6335 \pm 0,0986^B$
2	$0,5343 \pm 0,0809^C$

Analiza antioksidativne učinkovitosti treh sort sliv ne glede na sorto in tretiranje kaže, da je najvišja antioksidativna učinkovitost na začetku (0 tednov), sledijo štirje tedni, najnižji AOP pa je pri dveh tednih. Razlike so statistično značilne.

**Preglednica 9: AOP sliv (mmol DPPH/100 g) glede na pogoje skladiščenja, ne glede na sorto in čas skladiščenja**

<b>Pogoji skladiščenja</b>	<b>Povprečne vrednosti <math>\pm</math> SD</b>
MAP	0,6622 $\pm$ 0,1320 <sup>A</sup>
NA	0,6141 $\pm$ 0,1231 <sup>B</sup>
MAPHW	0,6116 $\pm$ 0,1126 <sup>B</sup>
NAHW	0,5931 $\pm$ 0,1259 <sup>B</sup>

Analiza antioksidativne učinkovitosti treh sort sliv ne glede na sorto in čas skladiščenja kaže, da je najvišja antioksidativna učinkovitost pri tretiranju v MAP, sledijo pa NA, MAPHW ter NAHW. Razlike med MAP in ostalimi tretiranjmi so statistično značilne.



Preglednica 10: AOP sliv (mmol DPPH/100 g) glede na sorto, čas in pogoje skladiščenja

Sorta	Skladiščenje	AOP		
		čas (tedni)	0	2
pogoji		x ± SD	x ± SD	x ± SD
'EXCALIBUR'	NA	0,66 ± 0,17 <sup>aAy</sup>	0,59 ± 0,01 <sup>aAx</sup>	0,63 ± 0,00 <sup>aAy</sup>
	NAHW	0,66 ± 0,17 <sup>aAy</sup>	0,45 ± 0,01 <sup>dBy</sup>	0,58 ± 0,00 <sup>bBy</sup>
	MAP	0,66 ± 0,17 <sup>aAy</sup>	0,57 ± 0,00 <sup>bAy</sup>	0,62 ± 0,00 <sup>bAy</sup>
	MAPHW	0,66 ± 0,17 <sup>bAy</sup>	0,52 ± 0,00 <sup>cAy</sup>	0,59 ± 0,00 <sup>cAy</sup>
'JUBILEUM'	NA	0,82 ± 0,00 <sup>aAx</sup>	0,49 ± 0,00 <sup>cCy</sup>	0,75 ± 0,00 <sup>bBx</sup>
	NAHW	0,82 ± 0,00 <sup>aAx</sup>	0,42 ± 0,01 <sup>cCz</sup>	0,67 ± 0,01 <sup>bBx</sup>
	MAP	0,82 ± 0,00 <sup>aAx</sup>	0,71 ± 0,15 <sup>aAx</sup>	0,86 ± 0,11 <sup>aAx</sup>
	MAPHW	0,82 ± 0,00 <sup>aAx</sup>	0,61 ± 0,00 <sup>bCx</sup>	0,69 ± 0,00 <sup>bBx</sup>
'REEVES'	NA	0,59 ± 0,00 <sup>aAy</sup>	0,48 ± 0,00 <sup>cBy</sup>	0,52 ± 0,00 <sup>dCz</sup>
	NAHW	0,59 ± 0,00 <sup>aBy</sup>	0,61 ± 0,00 <sup>aAx</sup>	0,53 ± 0,03 <sup>cCz</sup>
	MAP	0,59 ± 0,00 <sup>aBy</sup>	0,52 ± 0,00 <sup>bCy</sup>	0,61 ± 0,00 <sup>aAy</sup>
	MAPHW	0,59 ± 0,00 <sup>aAy</sup>	0,46 ± 0,05 <sup>cBz</sup>	0,57 ± 0,00 <sup>bBz</sup>

a, b, c-skupine z različno črko v indeksu se glede na atmosfero/tretiranje med seboj statistično značilno razlikujejo; A, B, C-skupine z različno črko v indeksu se glede na čas shranjevanja med seboj statistično značilno razlikujejo; x, y, z-skupine z različno črko v indeksu se glede na sorto med seboj statistično značilno razlikujejo

Najvišji antioksidativni potencial je po opravljenih kemijskih analizah imela sorta 'Jubileum' (povprečna vrednost je 0,71 mmol DPPH/100 g), sledila je sorta 'Excalibur' (0,60 mmol DPPH/100 g) najnižji pa sorta 'Reeves' (0,55 mmol DPPH/100 g). Razlike med sortami so statistično značilne.

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

Glede na čas shranjevanja smo najvišji antioksidativni potencial izmerili v vzorcih, ki so bili zamrznjeni takoj (0 tednov; povprečna vrednost je 0,69 mmol DPPH/100 g), najnižji pa pri tistih, zamrznjenih pri dveh tednih (0,53 mmol DPPH/100 g). Razlike med 0, 2 in 4-imi tedni shranjevanja so bile statistično značilne.

Pri pogojih shranjevanja lahko opazimo, da se rezultati meritev le pri skladiščenju v MAP statistično značilno razlikujejo od drugih (torej od skladičenja v NA, NAHW in MAPHW). V MAP je bil izmerjen najvišji antioksidativni potencial, in sicer 0,66 mmol DPPH/100 g (povprečna vrednost).

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

#### 4.2 REZULTATI KEMIJSKIH ANALIZ ZA VSEBNOST SKUPNIH FENOLOV

**Preglednica 11: Vsebnost skupnih fenolov (mg/100 g) glede na sorto, ne glede na čas in pogoje skladiščenja**

Sorta	N	Povprečne vrednosti ± SD	Minimalno - Maksimalno
'Jubileum'	96	63,77 ± 4,13 <sup>A</sup>	21,15 – 76,35
'Excalibur'	96	52,68 ± 8,89 <sup>B</sup>	
'Reeves'	96	30,22 ± 4,10 <sup>C</sup>	

Analiza vsebnosti skupnih fenolov treh sort sliv ne glede na tretiranje in čas skladiščenja kaže, da ima najvišjo vsebnost skupnih fenolov sorta 'Jubileum', sledita sorti 'Excalibur' ter 'Reeves'. Razlike so statistično značilne.

**Preglednica 12: Vsebnost skupnih fenolov (mg/100 g) glede na čas, ne glede na sorto in pogoje skladiščenja**

Čas (tedni)	Povprečne vrednosti ± SD
0	53,35 ± 19,02 <sup>A</sup>
2	49,12 ± 15,96 <sup>B</sup>
4	44,20 ± 13,25 <sup>C</sup>

Analiza vsebnosti skupnih fenolov treh sort sliv ne glede na sorto in tretiranje kaže, da je najvišja vsebnost skupnih fenolov na začetku (0 tednov), sledijo analize po dveh in štirih tednih. Razlike so statistično značilne. V preglednici so upoštevane vse tri sorte ne glede na pogoje skladiščenja, zato je variabilnost rezultatov visoka in posledično korelacija med skupnim AOP in skupnimi fenoli nizka.

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

**Preglednica 13: Vsebnost skupnih fenolov (mg/100 g) glede na pogoje skladiščenja, ne glede na sorto in čas skladiščenja**

<b>Pogoji skladiščenja</b>	<b>Povprečne vrednosti <math>\pm</math> SD</b>
MAP	53,51 $\pm$ 16,58 <sup>A</sup>
MAPHW	49,90 $\pm$ 14,20 <sup>B</sup>
NAHW	46,40 $\pm$ 16,30 <sup>C</sup>
NA	45,74 $\pm$ 16,08 <sup>D</sup>

Analiza vsebnosti skupnih fenolov treh sort sliv ne glede na sorto in čas skladiščenja kaže, da je najvišja vsebnost skupnih fenolov pri tretiranju v MAP, sledijo pa MAPHW, NAHW ter NA. Razlike so statistično značilne.

Preglednica 14: Vsebnost skupnih fenolov (mg/100 g) glede na sorto, čas in pogoje skladiščenja

Sorta	Skladiščenje	SKUPNI FENOLI		
		čas (tedni)	0	2
	pogoji	x ± SD	x ± SD	x ± SD
'EXCALIBUR'	NA	57,74 ± 1,55 <sup>aAy</sup>	48,40 ± 0,40 <sup>cBy</sup>	47,24 ± 0,29 <sup>dCy</sup>
	NAHW	57,74 ± 1,55 <sup>aAy</sup>	48,21 ± 0,29 <sup>cBy</sup>	43,46 ± 0,38 <sup>cCy</sup>
	MAP	57,74 ± 1,55 <sup>aAy</sup>	56,41 ± 0,87 <sup>aBy</sup>	53,78 ± 0,29 <sup>aCy</sup>
	MAPHW	57,74 ± 1,55 <sup>bAy</sup>	54,23 ± 0,57 <sup>bBy</sup>	49,49 ± 0,22 <sup>bCy</sup>
'JUBILEUM'	NA	69,74 ± 1,55 <sup>aAx</sup>	51,28 ± 1,11 <sup>dBx</sup>	51,22 ± 0,11 <sup>dCx</sup>
	NAHW	69,74 ± 1,55 <sup>aAx</sup>	66,28 ± 0,29 <sup>cBx</sup>	48,53 ± 0,11 <sup>cCx</sup>
	MAP	69,74 ± 1,55 <sup>aBx</sup>	75,70 ± 0,58 <sup>aAx</sup>	66,67 ± 0,11 <sup>aCx</sup>
	MAPHW	69,74 ± 1,55 <sup>aAx</sup>	69,10 ± 0,29 <sup>bAx</sup>	57,44 ± 1,11 <sup>bCx</sup>
'REEVES'	NA	32,56 ± 0,97 <sup>aAz</sup>	29,87 ± 0,56 <sup>bBz</sup>	23,65 ± 0,19 <sup>dCz</sup>
	NAHW	32,56 ± 0,97 <sup>aAz</sup>	29,62 ± 0,67 <sup>bBz</sup>	21,47 ± 0,29 <sup>cCz</sup>
	MAP	32,56 ± 0,97 <sup>aBz</sup>	32,82 ± 0,22 <sup>aBz</sup>	36,15 ± 0,19 <sup>aCz</sup>
	MAPHW	32,56 ± 0,97 <sup>aAz</sup>	27,53 ± 0,28 <sup>cBz</sup>	31,28 ± 0,48 <sup>bCz</sup>

a, b, c- skupine z različno črko v indeksu se glede na atmosfero/tretiranje med seboj statistično značilno razlikujejo; A, B, C- skupine z različno črko v indeksu se glede na čas shranjevanja med seboj statistično značilno razlikujejo; x, y, z- skupine z različno črko v indeksu se glede na sorto med seboj statistično značilno razlikujejo

Najvišja vsebnost skupnih fenolov je bila izmerjena pri sorti 'Jubileum' (povprečna vrednost je 63,77 mg/100 g), sledila je sorta 'Excalibur' (52,68 mg/100 g), najnižjo vsebnost pa smo določili pri sorti 'Reeves' (30,22 mg/100 g). Razlike pri meritvah med sortami so statistično značilne.

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

Glede na čas skladiščenja je bila najvišja vrednost skupnih fenolov določena pri vzorcih, zamrznjenih takoj na začetku (0 tednov), kjer je bila povprečna vrednost 53,35 mg/100 g, sledile so meritve pri dveh tednih z 49,12 mg/100 g, zadnje pa so bile meritve, opravljene na vzorcih, zamrznjenih pri štirih tednih z 44,20 mg/100 g. Razlike so statistično značilne.

Pri pogojih shranjevanja opazimo, da so razlike med vsemi tretiranci statistično značilne. Najvišjo vsebnost skupnih fenolov smo izmerili pri skladiščenju v MAP, kjer je bila izmerjena povprečna vrednost 53,51 mg/100 g, najnižjo vrednost pa smo določili v NA (45,74 mg/100 g).

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

#### 4.3 REZULTATI KEMIJSKIH ANALIZ ZA VSEBNOST FLAVONOIDOV

**Preglednica 15: Vsebnost flavonoidov (mg/100 g) glede na sorto, ne glede na čas in pogoje skladiščenja**

Sorta	N	Povprečne vrednosti $\pm$ SD	Minimalno - Maksimalno
'Jubileum'	108	24,95 $\pm$ 10,21 <sup>A</sup>	2,50 – 38,80
'Excalibur'	108	8,22 $\pm$ 5,37 <sup>B</sup>	
'Reeves'	108	7,32 $\pm$ 4,20 <sup>C</sup>	

Analiza vsebnosti flavonoidov treh sort sliv ne glede na tretiranje in čas skladiščenja kaže, da ima najvišjo vsebnost sorta 'Jubileum', sledita sorti 'Excalibur' ter 'Reeves'. Razlike so statistično značilne.

**Preglednica 16: Vsebnost flavonoidov (mg/100 g) glede na čas, ne glede na sorto in pogoje skladiščenja**

Čas (tedni)	Povprečne vrednosti $\pm$ SD
0	20,78 $\pm$ 11,5 <sup>A</sup>
2	12,46 $\pm$ 9,91 <sup>B</sup>
4	7,25 $\pm$ 5,22 <sup>C</sup>

Analiza vsebnosti flavonoidov treh sort sliv ne glede na sorto in tretiranje kaže, da je najvišja vsebnost flavonoidov takoj na začetku (0 tednov), sledijo analize pri dveh tednih, nazadnje pa pri štirih tednih. Razlike so statistično značilne.

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

**Preglednica 17: Vsebnost flavonoidov (mg/100 g) glede na pogoje skladiščenja, ne glede na sorto in čas skladiščenja**

<b>Pogoji skladiščenja</b>	<b>Povprečne vrednosti ± SD</b>
NA	15,22 ± 11,50 <sup>A</sup>
NAHW	13,40 ± 11,55 <sup>B</sup>
MAP	13,22 ± 9,67 <sup>B</sup>
MAPHW	12,15 ± 5,85 <sup>C</sup>

Analiza vsebnosti flavonoidov treh sort sliv ne glede na sorto in čas skladiščenja kaže, da je najvišja vsebnost pri tretiranju v NA, sledijo pa NAHW, MAP ter MAPHW. Razlike so med tretiranjmi statistično značilne, izjema pa sta NAHW in MAP, med katerima razlike niso statistično značilne.



Preglednica 18: Vsebnost flavonoidov (mg/100 g) glede na sorto, čas in pogoje skladiščenja

Sorta	Skladiščenje	FLAVONOIDI			
		čas (tedni) pogoji	0 x ± SD	2 x ± SD	4 x ± SD
'EXCALIBUR'	NA		10,36 ± 0,36 <sup>aBz</sup>	13,39 ± 0,47 <sup>aAy</sup>	3,57 ± 0,18 <sup>aCy</sup>
	NAHW		10,36 ± 0,36 <sup>aAz</sup>	4,64 ± 0,64 <sup>bBy</sup>	2,86 ± 0,31 <sup>bCy</sup>
	MAP		10,36 ± 0,36 <sup>aBz</sup>	13,04 ± 0,71 <sup>aAy</sup>	3,04 ± 0,31 <sup>bCz</sup>
	MAPHW		10,36 ± 0,36 <sup>aAz</sup>	2,92 ± 0,41 <sup>bBy</sup>	2,98 ± 0,45 <sup>bBz</sup>
'JUBILEUM'	NA		15,54 ± 0,36 <sup>aAx</sup>	33,21 ± 0,36 <sup>aAx</sup>	13,57 ± 2,17 <sup>cBx</sup>
	NAHW		15,54 ± 0,36 <sup>aBx</sup>	28,57 ± 0,94 <sup>bBx</sup>	14,63 ± 1,35 <sup>bCx</sup>
	MAP		15,54 ± 0,36 <sup>aAx</sup>	18,04 ± 0,82 <sup>cCy</sup>	11,96 ± 0,31 <sup>cCx</sup>
	MAPHW		15,54 ± 0,36 <sup>aAx</sup>	16,73 ± 0,98 <sup>aAx</sup>	16,79 ± 0,18 <sup>aBx</sup>
'REEVES'	NA		15,54 ± 0,36 <sup>aAy</sup>	7,38 ± 0,55 <sup>aBz</sup>	3,51 ± 0,27 <sup>bCy</sup>
	NAHW		15,54 ± 0,36 <sup>aAy</sup>	3,63 ± 0,41 <sup>cBy</sup>	3,93 ± 0,54 <sup>bBy</sup>
	MAP		15,54 ± 0,36 <sup>bAy</sup>	5,00 ± 0,18 <sup>bBz</sup>	5,54 ± 0,47 <sup>aBy</sup>
	MAPHW		15,54 ± 0,36 <sup>aAy</sup>	2,97 ± 0,52 <sup>cCy</sup>	4,58 ± 0,88 <sup>bBy</sup>

a, b, c- skupine z različno črko v indeksu se glede na atmosfero/tretiranje med seboj statistično značilno razlikujejo; A, B, C- skupine z različno črko v indeksu se glede na čas shranjevanja med seboj statistično značilno razlikujejo; x, y, z- skupine z različno črko v indeksu se glede na sorto med seboj statistično značilno razlikujejo

Najvišja vsebnost flavonoidov je bila določena pri sorti 'Jubileum', kjer smo izmerili povprečno vrednost 24,95 mg/100 g, sledila je sorta 'Excalibur' s povprečno izmerjeno vrednostjo 8,22 mg/100 g, najnižje vrednosti pa smo določili pri sorti 'Reeves', in sicer 7,32 mg/100 g. Razlike v vsebnosti flavonoidov med sortami so statistično značilne.

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

Glede na čas so razlike med meritvami statistično značilne; najvišja vsebnost flavonoidov je bila izmerjena v vzorcih, ki so bili zamrznjeni takoj na začetku (pri 0 tednih; povprečna izmerjena vrednost je 20,78 mg/100 g), najnižja pa pri tistih, zamrznjenih po štirih tednih (povprečna vrednost 7,25 mg/100 g).

Pri različnih pogojih skladiščenja so bile najvišje vrednosti flavonoidov izmerjene v MAP, kjer je bila povprečna izmerjena vrednost 15,22 mg/100 g ter v MAPHW, kjer je bila povprečna izmerjena vrednost 12,15 mg/100 g. Med MAP in MAPHW razlike niso bile statistično značilne. Najnižje vrednosti smo določili pri NAHW (povprečna vrednost je 13,40 mg/100 g). Razlike med MAP in MAPHW ter ostalimi pogoji skladiščenja (NAHW in NA) so statistično značilne.

## 4.4 REZULTATI KEMIJSKIH ANALIZ ZA VSEBNOST ANTOCIANINOV

**Preglednica 19: Vsebnost antocianinov (mg/100 g) glede na sorto, ne glede na čas in pogoje skladiščenja**

Sorta	N	Povprečne vrednosti $\pm$ SD	Minimalno - Maksimalno
'Jubileum'	108	13,44 $\pm$ 6,69 <sup>A</sup>	0,21- 23,7
'Reeves'	108	1,67 $\pm$ 1,07 <sup>B</sup>	
'Excalibur'	108	0,81 $\pm$ 0,71 <sup>C</sup>	

Analiza vsebnosti antocianinov treh sort sliv ne glede na tretiranje in čas skladiščenja kaže, da ima najvišjo vsebnost antocianinov sorta 'Jubileum', sledita sorti 'Reeves' ter 'Excalibur'. Razlike so med sortami statistično značilne. Sorta 'Jubileum' vsebuje več antocianinov kot flavonoidov, vendar so rezultati v okviru standardne napake. Razlog za nesorazmerje med flavonoidi in antocianini je veliko število vzorcev iz vseh tretiranj, zato je vsebnost antocianinov v širokem razponu od 0,21 do 23,7 mg/100 g, koeficient variacije pa kar 134 %.

**Preglednica 20: Vsebnost antocianinov (mg/100 g) glede na čas, ne glede na sorto in pogoje skladiščenja**

Čas (tedni)	Povprečne vrednosti $\pm$ SD
0	7,81 $\pm$ 1,01 <sup>A</sup>
2	4,48 $\pm$ 0,49 <sup>B</sup>
4	3,63 $\pm$ 0,34 <sup>C</sup>

Analiza vsebnosti antocianinov treh sort sliv ne glede na sorto in tretiranje kaže, da je najvišja vsebnost antocianinov takoj na začetku (0 tednov), sledijo pa analize pri dveh, nazadnje pa pri štirih tednih. Razlike so statistično značilne.

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

**Preglednica 21: Vrednosti antocianinov (mg/100 g) glede na pogoje skladiščenja, ne glede na sorto in čas skladiščenja**

<b>Pogoji skladiščenja</b>	<b>Povprečne vrednosti <math>\pm</math> SD</b>
NAHW	5,70 $\pm$ 0,72 <sup>A</sup>
MAP	5,67 $\pm$ 0,70 <sup>A</sup>
NA	5,44 $\pm$ 0,73 <sup>A</sup>
MAPHW	4,41 $\pm$ 0,67 <sup>B</sup>

Analiza vsebnosti antocianinov treh sort sliv ne glede na sorto in čas skladiščenja kaže, da je najvišja vsebnost antocianinov pri tretiranju v NAHW, sledijo pa MAP, NA ter MAPHW. Razlike med NAHW, MAP in NA niso statistično značilne.

Preglednica 22: Vsebnost antocianinov (mg/100 g) glede na sorto, čas in pogoje skladiščenja

Sorta	Skladiščenje	ANTOCIANINI		
		čas (tedni)	0	2
	pogoji	x ± SD	x ± SD	x ± SD
'EXCALIBUR'	NA	0,41 ± 0,32 <sup>aAy</sup>	1,15 ± 0,43 <sup>aAy</sup>	0,68 ± 0,47 <sup>bAy</sup>
	NAHW	0,41 ± 0,32 <sup>aAy</sup>	1,85 ± 1,63 <sup>aAy</sup>	0,34 ± 0,12 <sup>bAy</sup>
	MAP	0,41 ± 0,32 <sup>aBy</sup>	0,61 ± 0,41 <sup>aBz</sup>	1,09 ± 0,31 <sup>bAy</sup>
	MAPHW	0,41 ± 0,32 <sup>aAy</sup>	0,82 ± 0,89 <sup>aAy</sup>	1,51 ± 0,76 <sup>aAy</sup>
'JUBILEUM'	NA	21,94 ± 2,71 <sup>aAx</sup>	13,53 ± 1,28 <sup>aBx</sup>	7,24 ± 1,51 <sup>aCx</sup>
	NAHW	21,94 ± 2,71 <sup>aAx</sup>	13,26 ± 1,13 <sup>aBx</sup>	7,59 ± 1,75 <sup>aCx</sup>
	MAP	21,94 ± 2,71 <sup>aAx</sup>	10,59 ± 0,95 <sup>bBx</sup>	9,57 ± 2,09 <sup>aBx</sup>
	MAPHW	21,94 ± 2,71 <sup>aAx</sup>	4,37 ± 1,36 <sup>cCx</sup>	7,45 ± 1,40 <sup>aBx</sup>
'REEVES'	NA	1,09 ± 0,37 <sup>aAy</sup>	1,78 ± 0,92 <sup>aAy</sup>	1,16 ± 0,63 <sup>bAy</sup>
	NAHW	1,09 ± 0,37 <sup>aBy</sup>	2,87 ± 0,74 <sup>aAy</sup>	1,98 ± 0,78 <sup>bBy</sup>
	MAP	1,09 ± 0,37 <sup>aBy</sup>	2,18 ± 0,43 <sup>aBy</sup>	3,62 ± 1,86 <sup>aAy</sup>
	MAPHW	1,09 ± 0,37 <sup>aAy</sup>	0,75 ± 0,95 <sup>aAy</sup>	1,37 ± 0,63 <sup>bAy</sup>

a, b, c- skupine z različno črko v indeksu se glede na atmosfero/tretiranje med seboj statistično značilno razlikujejo; A, B, C- skupine z različno črko v indeksu se glede na čas shranjevanja med seboj statistično značilno razlikujejo; x, y, z- skupine z različno črko v indeksu se glede na sorto med seboj statistično značilno razlikujejo

Največ antocianinov smo določili pri sorti 'Jubileum' (povprečna vrednost 13,44 mg /100 g), sledila je sorta 'Reeves' (povprečna vrednost 1,67 mg/100 g), najmanj pa pri sorti 'Excalibur' (povprečna vrednost 0,81 mg/100 g). Razlike med sortami so statistično značilne.

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

Analize, opravljene na vzorcih, ki so bili zamrznjeni takoj na začetku (0 tednov), so pokazale najvišjo vsebnost antocianinov (povprečna vrednost 7,81 mg/100 g), sledile so analize vzorcev, zamrznjenih po dveh tednih (povprečna vrednost 4,48 mg/100 g), nazadnje pa analize tistih, zamrznjenih po štirih tednih (povprečna vrednost 3,63 mg/100 g). Razlike med meritvami glede na čas so statistično značilne.

Med skladiščenji v NAHW (povprečne vrednost 5,70 mg/100 g), MAP (povprečne vrednost 5,67 mg/100 g) in NA (povprečne vrednost 5,44 mg/100 g) ni statistično značilnih razlik, vrednosti pa so višje in se statistično značilno razlikujejo od vrednosti pri MAPHW (povprečna vrednost 4,41 mg/100 g).

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

#### 4.5 REZULTATI KEMIJSKIH ANALIZ ZA AOP V ETIL ACETATU TOPNE FRAKCIJE

**Preglednica 23: AOP v etil acetatu topne frakcije (mg/100 g) glede na sorto, ne glede na čas in pogoje skladiščenja**

Sorta	N	Povprečne vrednosti $\pm$ SD	Minimalno - Maksimalno
'Reeves'	96	$0,1786 \pm 0,0211^A$	0,03 – 0,075
'Jubileum'	96	$0,1688 \pm 0,0210^A$	
'Excalibur'	96	$0,1078 \pm 0,0118^A$	

Analiza AOP v etil acetatu topne frakcije treh sort sliv ne glede na tretiranje in čas skladiščenja kaže, da ima najvišjo vsebnost AOP v etil acetatu topne frakcije sorta 'Reeves', sledita sorti 'Jubileum' ter 'Excalibur'. Razlike niso statistično značilne.

**Preglednica 24: AOP v etil acetatu topne frakcije (mg/100 g) glede na čas, ne glede na sorto in pogoje skladiščenja**

Čas (tedni)	Povprečne vrednosti $\pm$ SD
4	$0,1817 \pm 0,0186^A$
0	$0,1769 \pm 0,0221^A$
2	$0,0934 \pm 0,0122^A$

Analiza AOP v etil acetatu topne frakcije treh sort sliv ne glede na sorto in tretiranje kaže, da je najvišja vsebnost antocianinov pri štirih tednih, sledijo pa analize na začetku poskusa in dveh tednih. Razlike niso statistično značilne.

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

**Preglednica 25: AOP v etil acetatu topne frakcije (mg/100 g) glede na pogoje skladiščenja, ne glede na sorto in čas skladiščenja**

<b>Pogoji skladiščenja</b>	<b>Povprečne vrednosti <math>\pm</math> SD</b>
MAP	0,1948 $\pm$ 0,0242 <sup>A</sup>
NAHW	0,1495 $\pm$ 0,0187 <sup>A</sup>
NA	0,1303 $\pm$ 0,0139 <sup>A</sup>
MAPHW	0,1224 $\pm$ 0,0140 <sup>A</sup>

Analiza AOP v etil acetatu topne frakcije treh sort sliv ne glede na sorto in čas skladiščenja kaže, da je najvišji AOP v etil acetatu topne frakcije pri tretiranju v MAP, sledijo pa NAHW, NA ter MAPHW. Razlike niso statistično značilne.



Preglednica 26: AOP v etil acetatu topne frakcije (mg/100g) glede na sorto, čas in pogoje skladiščenja

Sorta	Skladiščenje	AOP V ETIL ACETATU TUPNE FRAKCIJE			
		čas (tedni) pogoji	0 x ± SD	2 x ± SD	4 x ± SD
'EXCALIBUR'	NA		0,12 ± 0,00 <sup>aAx</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>aBz</sup>	0,12 ± 0,00 <sup>aAy</sup>
	NAHW		0,12 ± 0,00 <sup>aAx</sup>	0,04 ± 0,00 <sup>cCz</sup>	0,10 ± 0,00 <sup>aBx</sup>
	MAP		0,12 ± 0,00 <sup>aAx</sup>	0,05 ± 0,00 <sup>aAx</sup>	0,32 ± 0,37 <sup>aAx</sup>
	MAPHW		0,12 ± 0,00 <sup>aAx</sup>	0,04 ± 0,00 <sup>bCz</sup>	0,09 ± 0,00 <sup>aBy</sup>
'JUBILEUM'	NA		0,03 ± 0,00 <sup>aCx</sup>	0,11 ± 0,01 <sup>aBx</sup>	0,16 ± 0,00 <sup>aAx</sup>
	NAHW		0,03 ± 0,00 <sup>aAx</sup>	0,11 ± 0,01 <sup>aAx</sup>	0,34 ± 0,35 <sup>aAx</sup>
	MAP		0,03 ± 0,00 <sup>aAx</sup>	0,32 ± 0,37 <sup>aAx</sup>	0,36 ± 0,33 <sup>aAx</sup>
	MAPHW		0,03 ± 0,00 <sup>aCx</sup>	0,10 ± 0,00 <sup>aBx</sup>	0,13 ± 0,01 <sup>aAx</sup>
'REEVES'	NA		0,33 ± 0,36 <sup>aAx</sup>	0,08 ± 0,00 <sup>aAy</sup>	0,11 ± 0,00 <sup>bAy</sup>
	NAHW		0,33 ± 0,36 <sup>aAx</sup>	0,08 ± 0,00 <sup>aAy</sup>	0,13 ± 0,00 <sup>aAx</sup>
	MAP		0,33 ± 0,36 <sup>aAx</sup>	0,07 ± 0,01 <sup>bAx</sup>	0,10 ± 0,00 <sup>cAx</sup>
	MAPHW		0,33 ± 0,36 <sup>aAx</sup>	0,07 ± 0,01 <sup>bAy</sup>	0,13 ± 0,00 <sup>aAx</sup>

a, b, c- skupine z različno črko v indeksu se glede na atmosfero/tretiranje med seboj statistično značilno razlikujejo; A, B, C- skupine z različno črko v indeksu se glede na čas shranjevanja med seboj statistično značilno razlikujejo; x, y, z- skupine z različno črko v indeksu se glede na sorto med seboj statistično značilno razlikujejo

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

V magistrskem delu smo raziskovali vpliv časa skladiščenja (0, 2 in 4 tedni) v navadni (NA) in modificirani (MAP) atmosferi ter navadni in modificirani atmosferi v kombinaciji s predhodno obdelavo z vročo vodo (NAHW in MAPHW; 2 minuti pri 52 °C) na kemijske parametre pri slivah. Analizirali smo sorte sliv ('Jubileum', 'Excalibur', 'Reeves'), ki so jih vzgojili na Norveškem.

Določali smo skupni antioksidativni potencial, vsebnost skupnih fenolnih spojin, flavonoidov in antocianinov ter antioksidativni potencial v etil acetatu topne frakcije. Zamrznjene vzorce sliv, shranjene v 2 % metafosforni kislini, smo dobili z Norveške ter jih do analiz skladiščili v zamrzovalni komori pri – 17 °C.

Statistična obdelava rezultatov analiz je pokazala, da obstajajo statistično značilne razlike med sortami pri vseh opravljenih analizah razen pri določanju AOP v etil acetatu topne frakcije. Med AOP v etil acetatu topne frakcije zaradi nizkih vsebnosti in visoke standardne deviacije med sortami ter glede na čas shranjevanja in tretiranja ni statistično značilnih razlik.

Za določanje skupnega AOP smo uporabili indirektno metodo z DPPH\* radikalom, ki ga kolorimetrično določamo pri 517 nm. Prosti DPPH\* radikal je vijolične barve in ima absorpcijski maksimum pri 517 nm. V reakciji z antioksidanti razpada, postane svetlo rumene barve in ne absorbira pri 517 nm. Višja kot je vsebnost antioksidantov, več DPPH\* radikala razpade, nižja je absorbanca.

Pri češnjah je antioksidativni potencial je specifičen za vsako sorto. Določajo ga različne kemijske lastnosti, pri nekaterih sortah je odvisen od vsebnosti fenolnih spojin, pri drugih od antocianinov in ostalih bioaktivnih spojin (Usenik in sod., 2008a). V našem eksperimentu lahko povlečemo vzporednico med AOP, vsebnostjo skupnih fenolov, flavonoidov in antocianinov. Pri sorti 'Jubileum' smo določili najvišji AOP in hkrati tudi

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

najvišjo vsebnost skupnih fenolov, flavonoidov in antocianinov. Tudi Slimestad in sod. (2009) v svojem članku poročajo o tem, da ima sorta 'Jubileum' statistično značilen višji AOP kot pa sorti 'Excalibur' in 'Reeves'. Med celokupnim antioksidativnim potencialom in skupnimi fenoli obstaja dobra korelacija. Opaziti je mogoče tudi direktno povezavo med intenzivnostjo barve kožice in vsebnostjo skupnih fenolov (Vasantha in sod., 2006).

Najvišji AOP je bil izmerjen v vzorcih sorte 'Jubileum' takoj po obiranju (0 tednov) in skladiščenih v MAP, rezultati pa se statistično značilno razlikujejo tako glede na čas obiranja kot tudi na način tretiranja. Najvišji AOP smo izmerili takoj na začetku, torej pri 0 tednih. Sklepamo lahko, da poleg zorenja potekajo tudi procesi staranja, kar vodi do izgube aktivnosti naravno prisotnih antioksidantov; s časom se antioksidativna kapaciteta sadja zmanjšuje zaradi poteka različnih reakcij (npr. kemijske in encimske oksidacije) (Hribar in Simčič, 2000). Tudi Kim in sod. (2007) v svoji raziskavi poročajo o tem, da je bilo pri plodovih manga med zorenjem moč opaziti občutno in dosledno zmanjšanje antioksidativne učinkovitosti. MAP se je izkazala za najuspešnejšo pri ohranjanju AOP vzorcev sliv.

Vsebnost skupnih fenolov smo določali z metodo po Singletonu in Rossiju, ki se velikokrat uporablja za določanje skupnih fenolov v rastlinskih izvlečkih. Metoda je občutljiva in natančna, a kljub temu preprosta. Metoda ima tudi eno pomankljivost in sicer to, da na rezultat analize lahko vplivajo tudi druge reducirajoče substance, kot so na primer ogljikovi hidrati, aminokisljine, organske kisline in drugi reducenti (Prior in sod., 2005). Pri valovni dolžini 765 nm smo absorbanco obarvanega produkta (naš vzorec + ostali reagenti) izmerili proti slepi probi in s pomočjo umeritvene krivulje, ki smo jo predhodno pripravili z raztopinami galne kisline različnih koncentracij. Dobili smo masne koncentracije vsebnosti skupnih fenolov v naših vzorcih, izraženih kot ekvivalent galne kisline.

Najvišja vsebnost skupnih fenolov je bila določena pri vzorcih sorte 'Jubileum', sledita sorti 'Excalibur' in 'Reeves'. Takoj po obiranju je vsebnost skupnih fenolov najvišja, nato se po 2 in 4 tednih zmanjšuje, razlike so statistično značilne. Glede na tretiranje smo najvišje vrednosti skupnih fenolov dobili v pogojih MAP, sledijo plodovi v MAPHW, plodovi v NAHW ter plodovi iz NA, rezultati se statistično značilno razlikujejo med vsemi vrstami

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

tretiranje. Tudi Bassal in El-Hamahmy (2011) sta v pomarančah ugotovila povečanje vsebnosti skupnih fenolov, askorbinske kisline ter peroksidazne in katalazne aktivnosti, prav tako pa Kim in sod. (2007), ki so prišli do ugotovitve, da kontrolirana atmosfera pozitivno vpliva na koncentracijo skupnih fenolov, saj se le- ta bolje ohranja.

Najvišjo vsebnost skupnih fenolov smo določili pri sorti 'Jubileum', v vzorcih, ki so bili zamrznjeni pri 0 tednih. Kim in sod. (2007) tudi poročajo o tem, da je bilo pri plodovih manga med zorenjem mogoče opaziti občutno in dosledno zmanjšanje vsebnosti skupnih fenolov. V povprečju se je med zorenjem vsebnost fenolov zmanjšala za 57 % pri plodovih, ki niso bili izpostavljeni obdelavi z vročo vodo. Da se vsebnost fenolnih spojin (npr. galna kislina), med zorenjem niha, poročajo tudi Haar in Chism (1996) ter Mitra in Baldwin (1997). V našem poskusu je bila korelacija med skupnimi fenoli in AOP slaba (0,04). Razlog je velika variabilnost rezultatov, ki je posledica zelo velikih razlik med sortami. Za najboljšo možnost med skladiščenji se je izkazala MAP.

Vsebnost flavonoidov v vzorcih sliv smo določali po metodi Lin in Tang (2009). Najvišja vsebnost flavonoidov je bila določena v vzorcih sorte 'Jubileum', v vzorcih zamrznjenih takoj na začetku (0 tednov) in v NA. Rezultati se od ostalih statistično značilno razlikujejo.

Vsebnost antocianinov v vzorcih sliv smo določali s pH diferencialno metodo, kjer se antocianinom pri spremembi pH spremeni absorpcijski spekter. Pri pH 1 prevladuje obarvana oksonijeva oblika, pri 4,5 pa brezbarvna hemiketalna.

Analize vsebnosti antocianinov so pokazale, da imajo najvišjo vsebnost vzorci sorte 'Jubileum' pri 0 tednih, torej tisti, ki so bili zamrznjeni takoj na začetku, razlike pa so statistično značilne. Višje vrednosti smo določili v MAP, NA in NAHW, razlike med njimi pa niso statistično značilne. Ker smo najnižje vrednosti določili v MAPHW, lahko sklepamo, da je antocianinov manj, ker poteče razgradnja po tretiranju s toplo vodo oz. inaktivacija encimov, ki so odgovorni za sintezo antocianinov, skladiščenje v MAP pa upočasni zorenje in staranje plodov in s tem tudi sintezo antocianinov. Sorta 'Jubileum' je imela 8-krat večjo vsebnost antocianinov kot sorta 'Reeves' in skoraj 17-krat večjo vsebnost kot sorta 'Excalibur'. Te rezultate lahko povežemo z izmerjenim AOP, saj ima

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

sorta Jubileum poleg najvišje vsebnosti antocianinov tudi najvišji izmerjen AOP (korelacija med AOP in antocianini je bila 0,54), čeprav na splošno med antioksidativno učinkovitost in vsebnostjo antocianinov obstaja slaba korelacija, saj antocianini predstavljajo le majhen del celotne vsebnosti fenolov v plodovih sliv (20 %) in manj vplivajo na antioksidativno učinkovitost (Puerta-Gomez in sod., 2011). Slimestad in sod. (2009) menijo, da je pri sorti 'Jubileum' normalno pričakovati visoke vrednosti antocianinov, saj so plodovi te sorte temno modro obarvani. Najvišjo vsebnost antocianinov smo izmerili takoj na začetku, kar je v nasprotju s pričakovanim, saj se sinteza antocianinov v slivah nadaljuje tudi med staranjem in po tem, ko plodovi že dosežejo polno zrelost (Puerta-Gomez in sod., 2011). Možna pa je razgradnja antocianinov zaradi vpliva tako povišane temperature kot skladiščenja.

Vzorci, v katerih smo določali AOP v etil acetatu topne frakcije, smo pripravili tako, da smo zmešali vzorec in etil acetat v razmerju 1:1. Nato smo pol minute stresali na stresalniku, prelili v ependorfke in centrifugirali. Supernatant smo uporabili za pripravo slepe probe in vzorca. Postopek je enak tistemu s prostim DPPH\* radikalom, le da namesto metanola v tem primeru uporabimo topilo etil acetat. Absorbanco merimo po 90ih minutah pri 517 nm proti etil acetatu.

Zaradi prenizkih vrednosti AOP v etil acetatu topne frakcije med vzorci ni statistično značilnih razlik. O nizkih vrednostih karotenoidov v slivah (0,2 in 0,5 mg/ 100g) poročajo tudi Barreto in sod. (2009). Vseeno pa lahko v našem poskusu opazimo, da je najvišji AOP v etil acetatu topne frakcije pri 4ih tednih. Ti rezultati kažejo na to, da se je s časom razvijala barva, ki jo dajejo karotenoidi, le-ti pa spadajo v skupino polarnih antioksidantov. Med vsebnostjo polarnih antioksidantov ter vsebnostjo skupnih karotenoidov obstaja pozitivna korelacija (Diaz- Mula in sod., 2009). Diaz- Mula in sod. (2009) poročajo tudi o tem, da se tekom skladiščenja vsebnost polarnih antioksidantov v kožici in mesu sliv, ki spadajo med rumene sorte (npr. 'Reeves'), povečuje. Najvišje vrednosti so bile določene v vzorcih, ki so bili skladiščeni v MAP.

## 5.2 SKLEPI

Na osnovi rezultatov in statistične analize le-teh lahko sklepamo, da:

- ima najvišji AOP (0,71 mmol DPPH/100 g) ter najvišjo vsebnost skupnih fenolov (63,77 mg/100 g), flavonoidov (24,95 mg/100 g) in antocianinov (13,44 mg/100 g) sorta 'Jubileum',
- smo najvišji AOP (0,69 mmol DPPH/100 g) ter najvišjo vsebnost skupnih fenolov (53,35 mg/100 g) in flavonoidov (20,78 mg/100 g) izmerili takoj po obiranju (0 tednov),
- MAP ugodno vpliva na ohranjanje AOP, skupnih fenolov in flavonoidov
- je višji AOP sorte 'Jubileum' v našem poskusu pogojen z višjo vsebnostjo skupnih fenolnih spojin,
- zaradi prenizkih vsebnosti v etil acetatu topnih antioksidantov med vzorci ni statistično značilnih razlik,
- na analizirane kemijske parametre vplivajo tako sorta kot tudi čas in vrsta tretiranja/atmosfere,
- lahko v našem poskusu povlečemo tudi povezavo med skupnim AOP in vsebnostjo antocianinov. Najvišji AOP smo določili pri sorti 'Jubileum' (0,71 mmol DPPH/100 g), najvišjo vsebnost antocianinov pa ravno tako pri tej sorti (13,44 mg/100 g). Vsebnost antocianinov pri sorti 'Jubileum' je bila skoraj 8-krat večja kot pri sorti 'Reeves' oz. 17-krat večja kot pri sorti 'Excalibur'.

## 6 POVZETEK

Sliva (*Prunus domestica* L.) je zelo raznolika sadna vrsta, bogata z vitamini A, C in E, fenolnimi spojinami ter bioaktivnimi spojinami kot so antocianini, karotenoidi. Slive spadajo med klimakterijsko sadje in jih lahko v hladnem okolju hranimo tudi do 8 tednov, odvisno od sorte. Med sortami lahko opazimo precejšnjo raznolikost glede na velikost, obliko, okus in barvo.

Količina skupnih fenolov in antioksidativna aktivnost sta odvisni od vrste slive, obdobje rasti, vsebnosti nutrientov, okoljskih pogojev, načinov obdelovanja, časa zorenja in načinov obdelave sadja pred in po obiranju.

V magistrskem delu smo analizirali sorte sliv 'Jubileum', 'Excalibur' in 'Reeves', ki so jih gojili na Norveškem. Naš namen je bil raziskati, kako na kemijske parametre pri slivah vpliva čas skladiščenja (0, 2 in 4 tedni) in shranjevanje v navadni (NA) in modificirani (MAP) atmosferi ter navadni in modificirani atmosferi, ki sta bili kombinirani s predhodno obdelavo sliv z vročo vodo (NAHW in MAPHW).

Določali smo skupni antioksidativni potencial (AOP) z DPPH\* radikalom, AOP v etil acetatu topne frakcije, skupnih fenolnih spojin z metodo po Singletonu in Rossiju, antocianinov s pH diferencialno metodo ter vsebnost flavonoidov. Zamrznjene vzorce sliv, ki so bili v falkonkah stabilizirani v 2 % metafosforni kislini, smo dobili z Norveške ter jih do analiz skladiščili v pri  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Statistična obdelava rezultatov analiz je pokazala, da obstajajo statistično značilne razlike med sortami pri vseh opravljenih analizah razen pri določanju AOP v etil acetatu topne frakcije. MAP se je izkazala za najboljšo, saj smo v vzorcih, shranjenih v MAP določili najvišji AOP, vsebnost skupnih fenolov in flavonoidov, vrednosti pa se statistično značilno razlikujejo od ostalih. Najvišje vrednosti AOP, skupnih fenolov in flavonoidov smo določili v vzorcih, ki so bili zamrznjeni takoj na začetku (0 tednov), vrednosti pa se statistično značilno razlikujejo od ostalih.

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

## 7 VIRI

- 1-Methylcyclopropene: Exemption from the requirement of a tolerance. 2002. Federal Register, 67, 144: 48796-48800
- Abdi N., McGlasson W.B., Holford P., Williams M., Mizrahi Y. 1998. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, 14: 29-39
- 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: 23-31
- Apel K., Hirt H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55: 373-399
- Barreto G. P. M., Benassi M. T., Mercadante A. Z. 2009. Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 20, 10: 1856-1861
- Bassal M., El-Hamamahy M. 2011. Hot water dip and preconditioning treatments to reduce chilling injury and maintain postharvest quality of Navel and Valencia oranges during cold quarantine. *Postharvest Biology and Technology*, 60: 186-191
- Biale J. B. 1964. Growth, maturation and senescence in fruits. *Science*, 146: 880-888
- Boh B. 2008. Skupine in predstavniki barvil. V: *E-kemija*. Vrtačnik M., Glažar S. A. (ur.) Ljubljana: Naravoslovno tehniška fakulteta: 1 str.
- [http://www.kii3.ntf.uni-lj.si/e-kemija/file.php/1/output/skupine\\_barvil/](http://www.kii3.ntf.uni-lj.si/e-kemija/file.php/1/output/skupine_barvil/) (julij, 2013)
- Blankenship S.M., Dole J.M. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology*, 28: 1-25
- Brand- Williams W., Cuvelier M.E., Berset C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel- Wissenschaft und Technologie/Food Science and Technology*, 28: 25-30



Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

- Brouillard R., Delaporte B. 1977. Chemistry of antocyanin pigments. 2. Kinetic and thermodynamic study of proton- transfer, hydration and tautomeric reactions of malvidin 3- glucoside. *Journal of the American Chemical Society*, 99: 8461-8468
- Chun O.K., Kim D., Moon H.Y, Kang H.G., Lee C.Y. 2003. Contribution of individual polyphenolics to the total oxidant capacity of plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 7240-7245
- 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: 354-363
- Díaz-Mula H. M., Zapata P. J., Guillén F., Valverde J. M., Valero D., Serrano M. 2011. Modified atmosphere packaging of yellow and purple plum cultivars: Effect on bioactive compounds and antioxidant activity. *Postharvest Biology and Technology*, 61: 110-116
- Fallik E. 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). *Postharvest Biology and Technology*, 32: 125-134
- Floros J. D., Matsos K. I. 2005. Introduction to modified atmosphere packaging. V: *Innovations in food packaging*. Han J. H. (ed.). San Diego, Elsevier Academic Press: 159-171
- Garzón G.A., Wrolstad R.E. 2002. Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate. *Journal of Food Science*, 67, 5: 1288-1299
- Girotti S., Bolelli L., Budini R., Arfelli G. 2002. Comparison of analytical methods in determining total antioxidant capacity in red wine. *Analytical Letters*, 35, 4: 747-748
- Guerra M., Casquero P. A. 2008. Effect of harvest date on cold storage and postharvest quality of plum cv. Green Gage. *Postharvest Biology and Technology*, 47: 325-332

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

Hegedüs A., Pfeiffer P., Papp N., Abrankó L., Blázovics A., Pedryc A., Stefanovits-Bányai É. 2011. Accumulation of antioxidants in apricot fruit through ripening: Characterization of a genotype with enhanced functional properties. *Biology research*, 44: 339-344

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

Hribar J., Simčič M. 2000. Antioksidanti v sadju in vrtninah. 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: 151-157

Jia Z.S., Zhou B., Yang L., Wu L.M., Liu Z.L. 1998. Antioxidant synergism of tea polyphenols and  $\alpha$ -tocopherol against free radical induced peroxidation of linoleic acid in solution. *Journal of the Chemical Society*, 2: 911-915

Kalt W., Forney C.F., Martin A., Prior R.L. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 4638-4644

Keepers nursery. 2013a. Jubileum plum. Maidstone, Keepers nursery: 1 str.

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

Keepers nursery. 2013b. Reeves plum. Maidstone, Keepers nursery: 1 str.

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

Keepers nursery. 2013c. Excalibur plum. Maidstone, Keepers nursery: 1 str.

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

Kevers C., Falkowski M., Tabart J., Defraigne J.O., Dommes J., Pincemail J. 2007. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 8596-8603

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

- Kim D.O., Chun O.K., Kim Y.J., Moon H.Y., Lee C.L. 2003a. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 6509-6515
- Kim D.-O., Jeong S.W., Lee Chang Y. 2003b. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry*, 81: 321-326
- Kim Y., Brecht J. K., Talcott S. T. 2007. Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage. *Food Chemistry*, 105, 4: 1327-1334
- 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.
- Krinsky N.I., Johnson E.J. 2005. Carotenoid actions and their relation to health and disease. *Molecular Aspects of Medicine*, 26: 459-516
- 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
- Haard N.F., Chism G.W. 1996. Characteristics of edible plant tissues. V: *Food chemistry*. 3<sup>rd</sup> ed., Fennema O.R. (ed.). New York, Marcel Dekker: 943-1011
- Lemoine M. L., Pedro Civello P., Alicia Chaves A., Gustavo Martinez G. 2009. Hot air treatment delays senescence and maintains quality of fresh-cut broccoli florets during refrigerated storage. *LWT - Food Science and Technology*, 42: 1076-1081
- Lee J., Durst R. W., Wrolstad, R. E. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. *Journal of the AOAC International*, 88, 1269-1278
- Lin J.Y., Tang C.Y. 2007. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food Chemistry*, 101: 140-147

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

Malakou A., Nanos G.D. 2005. A combination of hot water treatment and modified atmosphere packaging maintains quality of advanced maturity 'Caldesi 2000' nectarines and 'Royal Glory' peaches. *Postharvest Biology and Technology*, 38: 106-114

Margosan D.A., Smilanick J.L., Simmons G.F., Henson D.J. 1997. Combination of hot water and ethanol to control postharvest decay of peaches and nectarines. *Plant Disease*, 81: 1405-1409

Meland M., Moe M. E. 2007. Early performance of four plum rootstocks to six european plum cultivars growing in a northern climate. *Acta Horticulturae*, 734: 235-240

Merck KGaA, 2014. DPPH, Free Radical - CAS 1898-66-4 - Calbiochem. Darmstadt, Merck KGaA: 1-1

[http://www.merckmillipore.si/life-science-research/dpph-free-radical/EMD\\_BIO-300267/p\\_7\\_ab.s1LILUAAAEWIWEfVhTm](http://www.merckmillipore.si/life-science-research/dpph-free-radical/EMD_BIO-300267/p_7_ab.s1LILUAAAEWIWEfVhTm) (februar 2014)

Mitra S.K., Baldwin E.A. 1997. Mango. V: *Postharvest physiology storage of tropical and subtropical fruit*. Mitra S.K. (ed.). New York, CAB International: 85–122

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

Nicoli M. C., Anese M., Parpinel M. 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 10: 94-100

Ozturk B., Kucuker E., Karaman S., Ozkan Y. 2012. The effects of cold storage and aminoethoxyvinylglycine (AVG) on bioactive compounds of plum fruit (*Prunus salicina Lindell* cv. 'Black Amber'). *Postharvest Biology and Technology*, 72: 35-41

Patthamakanokporn O., Puwastien P., Nitithamyong A., Sirichakwal P. P. 2008. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21: 241-248

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

- Pérez-Marín D., Paz P., Guerrero J.-E., Garrido-Varo A., Sánchez M.-T. 2010. Miniature handheld NIR sensor for the on-site non-destructive assessment of post-harvest quality and refrigerated storage behavior in plums. *Journal of Food Engineering*, 99: 294-302
- Piljac-Žegarac J., Šamec D. 2011. Antioxidant stability of small fruits in postharvest storage at room and refrigerator temperature. *Food Research International*, 44: 345-350
- Piljac-Žegarac J., Valek L., Martinez M., Belščak A. 2009. Fluctuations in the phenolic content and antioxidant capacity of fruit juices in refrigerated storage. *Food Chemistry*, 113, 2: 394-400
- Plestenjak A., Požrl T. 2000. Pakiranje in materiali za preprečevanje oksidacije živil. 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: 159-164
- Paull R., Chen N.S. 2000. Heat treatment and fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 21: 21-37
- 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
- Puerta-Gomez A. F., Cisneros-Zevallos L. 2011. Postharvest studies beyond fresh market eating quality: Phytochemical antioxidant changes in peach and plum fruit during ripening and advanced senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 60, 3: 220-224
- Raspor P., Kovač B., Batič M., Berglez D. 2000. Bioproceni pridobivanja 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: 53- 64
- Rodriguez-Amaya D. B. 2010. Quantitative analysis, *in vitro* assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids—A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 7: 726-740

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

- Rogiers S. Y., Kumar G.N.M., Knowles N.R. 1998. Maturation and ripening of fruit of *Amelanchier alnifolia* Nutt are accompanied by increasing oxidative stress. *Annals of Botany*, 81: 203-211
- Roura E., Andrés-Lacueva C., Estruch R., R. M. Lamuela-Raventós. 2006. Total polyphenol intake estimated by a modified Folin–Ciocalteu assay of urine. *Clinical Chemistry*, 52: 749-752
- Schwartz S. J., von Elbe J. H., Giusti M. M. 2008. Colorants: Anthocyanins and other Phenols. V: Fennema's Food Chemistry. Damodaran S., Parkin K. L., Fennema O. R. (eds.). 4<sup>th</sup> ed. Boca Raton, CRC Press: 571-631
- Singh P. S., Singh Z., Swinny E. E. 2012. Climacteric level during fruit ripening influences lipid peroxidation and enzymatic and non-enzymatic antioxidative systems in Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell). *Postharvest Biology and Technology*, 65: 22-32
- Singleton V. L., Rossi Jr. J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158
- Sisler E.C., Serek M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level. Recent developments. *Physiologia Plantarum*, 100: 577-582
- 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: 11370-11375
- Souci S.W., Fachmann W., Kraut H. 2000. Food composition and nutrition tables. 6<sup>th</sup> ed. Stuttgart, Medpharm Scientific Publishers: 900-900
- Štampar F., Lešnik M., Veberič R., Solar A., Koron D., Usenik V., Hudina M., Osterc G. 2005. Sadjarstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 416 str.
- Tapiero H., Townsend D.M., Tew K.D. 2004. The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 58: 100-110
- The Linde Group. 2014a. MAPAX for fish and seafood. Munich, The Linde Group: 1 str.

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

<http://www.linde->

[gas.com/en/processes/controlled\\_and\\_modified\\_atmospheres/modified\\_atmosphere\\_packing/mapax\\_fish\\_and\\_seafood/index.html](http://www.linde-gas.com/en/processes/controlled_and_modified_atmospheres/modified_atmosphere_packing/mapax_fish_and_seafood/index.html) (julij, 2014)

The Linde Group. 2014b. MAPAX for fruit and vegetables. Munich, The Linde Group: 1 str.

<http://www.linde->

[gas.com/en/processes/controlled\\_and\\_modified\\_atmospheres/modified\\_atmosphere\\_packing/mapax\\_fruit\\_and\\_vegetables/index.html](http://www.linde-gas.com/en/processes/controlled_and_modified_atmospheres/modified_atmosphere_packing/mapax_fruit_and_vegetables/index.html) (julij, 2014)

The Linde Group. 2014c. MAPAX for meat. Munich, The Linde Group: 1 str.

<http://www.linde->

[gas.com/en/processes/controlled\\_and\\_modified\\_atmospheres/modified\\_atmosphere\\_packing/mapax\\_meat/index.html](http://www.linde-gas.com/en/processes/controlled_and_modified_atmospheres/modified_atmosphere_packing/mapax_meat/index.html) (julij, 2014)

Tomás-Barberán F.A., Gil M.I., Cremin P., Waterhouse A.L., Pierce B.H., Kader A.A. 2001. HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolics compounds in nectarines, peaches, and plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 4748-4760

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

Usenik V., Kastelec D., Veberič R., Štampar F. 2008b. Quality changes during ripening of plums (*Prunus domestica* L.). *Food Chemistry*, 111, 4: 830-836

Usenik V., Štampar F., Veberič R. 2009. Anthocyanins and fruit colour in plums (*Prunus domestica* L.) during ripening. *Food Chemistry*, 114: 529-534

Ummarat N., Matsumoto T. K., Wall M. M., Seraypheap K. 2011. Changes in antioxidants and fruit quality in hot water-treated 'Hom Thong' banana fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, 130: 801-807

Valero D., Martinez-Romero D., Valverde J.M., Guillén F., Serrano M. 2003. Quality improvement and extension of shelf life by 1-methylcyclopropene in plum as affected

Mahne Opatić A. Vpliv modificirane atmosfere na skladiščne sposobnosti sliv (*Prunus domestica*).

Magistrsko delo (Du2). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, 2014

---

by ripening stage at harvest. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 4, 3: 339-348

Vasanth 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: 101-111

Voutilainen S., Nurmi T., Mursu J., Rissanen T.H. 2006. Carotenoids and cardiovascular health. *American Journal of Clinical Nutrition*, 83: 1265–1271

Wang W.-D., Xu S.-Y. 2007. Degradation kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. *Journal of Food Engineering*, 82: 271–275

Wu J., Sugiyama H., Zeng L.H., Mickle D., Wu T.W. 1998. Evidence of trolox and some gallates as synergistic protectors of erythrocytes against peroxy radicals. *Biochemistry and Cell Biology*, 76: 661–664



## **ZAHVALA**

Najprej se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Rajku Vidrihu za strokovno pomoč pri nastajanju magistrskega dela. Zahvaljujem se za prijaznost, potrpežljivost in dostopnost.

Zahvaljujem se tudi prof. dr. Janezu Hribarju in recenzentki prof. dr. Tatjani Košmerl za opravljen temeljit in strokoven pregled magistrske naloge.

Prof. dr. Lei Demšar se zahvaljujem za opravljeno statistično analizo.

Tehnični sodelavki Zdenki Zupančič se zahvaljujem za prijaznost in pomoč pri izvajanju praktičnega dela v laboratoriju.

Posebna zahvala gre moji družini, ki mi je v času študija ves čas stala ob strani.

Hvala možu Elvisu za pozitivno naravnost, spodbude in podporo. Hvala, da si ob meni in vedno verjameš vame in v moje sposobnosti.

Hvala sinčku Oliverju in hčerkici Ini- sta moja največja sončka, ki mi dajeta radost in energijo za delo.

Hvala tatotu Robiju in mami Adi za vsestransko pomoč, podporo in varstvo, ko sem bila zaradi obveznosti zasedena ali pa odsotna od doma.

Hvala bratu Marku za takojšnjo pripravljenost priskočiti na pomoč.

Hvala pra pra teti Miji za gostoljubje, ko sem morala študirati.

Hvala tudi vsem ostalim, ki so mi kakorkoli pomagali.