

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Domen BABIČ

**SKLADIŠČENJE STARIH SLOVENSКИH JABOLK V  
KONTROLIRANI ATMOSFERI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Domen BABIČ

**SKLADIŠČENJE STARIH SLOVENSKIH JABOLK V  
KONTROLIRANI ATMOSFERI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

**STORAGE OF OLD SLOVENIAN APPLES IN CONTROLLED  
ATMOSPHERE**

GRADUATION THESIS

University studies

Ljubljana, 2014

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija živilske tehnologije. Opravljeno je bilo v laboratoriju (za vinarstvo na Katedri za tehnologije, prehrano in vino) na Oddelku za živilstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

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

Mentor: prof. dr. Rajko Vidrih

Recenzentka: prof. dr. Tatjana Košmerl

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Domen Babič

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dn
- DK UDK 664.8.03: 634.11: 543.2/.9 (043) = 163.6
- KG jabolka/skladiščenje jabolk/slovenske sorte/Ananasova reneta/Boskop/Carjevič/Majda/Šampanjska reneta/Zlata parmena/kontrolirana atmosfera/ULO/NA/trdota/etilen/L\* parameter/skupni fenoli/flavonoidi/antioksidativni potencial
- AV BABIČ, Domen
- 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 SKLADIŠČENJE STARIH SLOVENSКИH JABOLK V KONTROLIRANI ATMOSFERI
- TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
- OP X, 81 str., 6 pregl., 42 sl., 56 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Namen diplomskega dela je bila primerjava fizikalno-kemijskih parametrov med vzorci avtohtonih slovenskih sort jabolk. Plodove jabolk smo skladiščili v normalni atmosferi (NA) in v kontrolirani atmosferi z nizko vsebnostjo kisika (ULO). V raziskavo smo vključili šest sort jabolk in jih skladiščili 169 dni. Analitični del je obsegal spektrofotometrijske meritve skupnih fenolov, flavonoidov in antioksidativnega potenciala (AOP) s prostim radikalom DPPH. Fizikalni parametri so obsegali določanje izločenega etilena s plinsko kromatografijo, barvo površine plodov smo merili s kromametrom Minolta, trdoto pa s penetrometrom. Med skladiščenjem smo opravili štiri vzorčenja in primerjali rezultate med pogoji ULO in NA. Prednosti skladiščenja v ULO pogojih so bile predvsem v fizikalnih parametrih, kot sta trdota, ki je bila po 169 dneh v povprečju skoraj za 20 % višja pri ULO, in izločanje etilena, ki je bila pričakovano nižja v pogojih ULO pri vseh sortah. Pri merjenju kemijskih parametrov so bili višji rezultati povprečnih vsebnosti skupnih fenolov in flavonoidov pri skladiščenju v pogojih NA, na AOP pa pogoji skladiščenja niso imel večjega vpliva oziroma je bolj sortno pogojen.

**KEY WORDS DOCUMENTATION**

- DN Dn
- DC UDC 664.8.03: 634.11: 543/.9 (043) = 163.6
- CX apples/ storage/Slovenian apple varieties/Ananasova reneta/Boskop/Carjevic/Majda/Sampanjska reneta/Zlata parmena/controlled atmosphere /ULO/NA/firmness/ethylene/L\* parameter/total phenols/flavonoids/antioxidative potential
- AU BABIČ, Domen
- 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 STORAGE OF OLD SLOVENIAN APPLES IN CONTROLLED ATMOSPHERE
- DT Graduation Thesis (University studies)
- NO X, 81 p., 6 tab., 42 fig., 56 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB The purpose of the thesis was to compare physic-chemical parameters between apples stored in normal (NA) and controlled atmosphere with ultra low concentration of oxygen (ULO). Six Slovenian autochthonous apple cultivars were included into this research and were stored for 169 days. The analytical part of experiment comprised spectrophotometrical measurements of total phenols, flavonoids and antioxidative potential (AOP) by means of DPPH radical. With regard to physical parameters, the evolution of ethylene was determined with gas chromatography, the surface color of fruits was measured with Minolta chromameter and the firmness with a penetrometer. During the storage period, we performed four samplings and the results from ULO and NA storage trails were compared. The advantages of storing apples under ULO conditions were especially beneficial regarding physical parameters, such as firmness that was approximately 20 % higher after 169 days and also the ethylene evolution that was expectedly lower as compared to NA conditions. With regard to chemical parameters higher average values of total phenols and flavonoids were found under NA conditions. Storage conditions did not influence AOP, which seems to be more variety dependent.

## KAZALO

<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA .....</b>	<b>III</b>
<b>KEY WORDS DOCUMENTATION .....</b>	<b>IV</b>
<b>KAZALO .....</b>	<b>V</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC .....</b>	<b>VII</b>
<b>KAZALO SLIK .....</b>	<b>VIII</b>
<b>OKRAJŠAVE IN SIMBOLI .....</b>	<b>X</b>
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 NAMEN DELA .....	1
1.2 DELOVNE HIPOTEZE .....	2
<b>2 PREGLED OBJAV .....</b>	<b>3</b>
2.1 SKLADIŠČENJE .....	3
<b>2.1.1 Dejavniki uspešnega skladiščenja .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.2 Skladiščenje v normalni atmosferi (NA) .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.3 Skladiščenje v kontrolirani atmosferi (CA) .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.4 Skladiščenje v ULO atmosferi (Ultra low oxygen) .....</b>	<b>5</b>
2.2 ZGODOVINA IN ZNAČILNOSTI JABOLKA .....	6
<b>2.2.1 Sorte jabolk .....</b>	<b>6</b>
2.2.1.1 Ananasova reneta .....	7
2.2.1.2 Boskop (Boskopski kosmač) .....	7
2.2.1.3 Carjevič .....	8
2.2.1.4 Majda .....	8
2.2.1.5 Šampanjska reneta .....	9
2.2.1.6 Zlata parmena .....	10
2.3 FENOLI .....	10
2.4 FLAVONOIDI .....	11
2.5 ANTIOKSIDATIVEN POTENCIAL .....	13
2.6 INDEKS ZRELOSTI .....	13
2.7 BARVA .....	14
2.8 ETILEN .....	16
<b>2.8.1 Nastanek in razgradnja MACC .....</b>	<b>17</b>

<b>2.8.2</b>	<b>Yangov ali metioninski cikel .....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALI IN METODE .....</b>	<b>19</b>
3.1	PRIPRAVA VZORCEV ZA ANALIZO .....	19
3.2	ANALIZA PLODOV .....	20
3.2.1	Določanje trdote plodov .....	20
3.2.2	Določanje topne suhe snovi .....	20
3.2.3	Merjenje barve plodov .....	20
3.2.4	Določanje fenolnih spojin po Singletonu in Rossiju .....	21
3.2.5	Določanje flavonoidov .....	23
3.2.6	Določanje antioksidativnega potenciala .....	25
3.2.7	Plinska kromatografija (GC) .....	27
3.2.7.1	Merjenje izločanja etilena .....	27
3.2.8	Statistična analiza .....	28
<b>4</b>	<b>REZULTATI .....</b>	<b>29</b>
4.1	TRDOTA PLODOV MED SKLADIŠČENJEM .....	29
4.2	IZLOČANJE ETILENA MED SKLADIŠČENJEM .....	33
4.3	VREDNOSTI BARVNEGA PARAMETRA L* .....	38
4.4	SKUPNI FENOLI (POLIFENOLI) .....	42
4.5	FLAVONOIDI .....	47
4.6	ANTIOKSIDATIVNI POTENCIAL (AOP) .....	52
4.7	DUNCANOV TEST .....	57
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI .....</b>	<b>59</b>
5.1	RAZPRAVA .....	59
5.2	SKLEPI .....	71
<b>6</b>	<b>POVZETEK .....</b>	<b>72</b>
<b>7</b>	<b>VIRI .....</b>	<b>75</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vrednosti indeksa zrelosti po Streifu .....	19
Preglednica 2: Standardne raztopine galne kisline za pripravo umeritvene krivulje pri določanju skupnih fenolov po Singletonu in Rossiju ... ..	22
Preglednica 3: Standardne raztopine kvercetina za umeritveno krivuljo pri določanju flavonoidov .....	24
Preglednica 4: Čas skladiščenja jabolk s pripadajočimi oznakami .....	29
Preglednica 5: Povprečne vrednosti trdote, skupnih fenolov, AOP, flavonoidov, parametra L* in izločanje etilena za vse sorte jabolk, skladiščene v NA in ULO.....	58
Preglednica 6: Primerjava posameznih parametrov (trdota, etilen, skupni fenoli, flavonoidi, AOP in L*) med NA in ULO za vse sorte jabolk in vsa vzorčenja med skladiščenjem .....	59



**KAZALO SLIK**

Slika 1 : Osnovna strukturna formula flavonoidov »flavan« (Abram, 2000) .....	11
Slika 2 : CIELAB sistem (Rudan-Tašič, 2007; 151) .....	15
Slika 3 : Biosinteza etilena (prirejeno po: Abeles in sod., 1992; 39) .....	18
Slika 4: Redukcija radikala DPPH v DPPH <sub>2</sub> ( Lo Scalzo, 2008) .....	25
Slika 5 : Trdota plodov sorte Ananasova reneta .....	29
Slika 6 : Trdota plodov sorte Boskop .....	30
Slika 7 : Trdota plodov sorte Carjevič .....	31
Slika 8 : Trdota plodov sorte Majda .....	31
Slika 9 : Trdota plodov sorte Šampanjska reneta .....	32
Slika 10 : Trdota plodov sorte Zlata parmena .....	33
Slika 11 : Izločanje etilena pri sorti Ananasova reneta .....	33
Slika 12 : Izločanje etilena pri sorti Boskop .....	34
Slika 13 : Izločanje etilena pri sorti Carjevič .....	35
Slika 14 : Izločanje etilena pri sorti Majda .....	36
Slika 15 : Izločanje etilena pri sorti Šampanjska reneta .....	36
Slika 16 : Izločanje etilena pri sorti Zlata parmena .....	37
Slika 17 : Barvni parameter L* za sorto Ananasova reneta .....	38
Slika 18 : Barvni parameter L* za sorto Boskop .....	39
Slika 19 : Barvni parameter L* za sorto Carjevič .....	39
Slika 20 : Barvni parameter L* za sorto Majda .....	40
Slika 21 : Barvni parameter L* za sorto Šampanjska reneta .....	41
Slika 22 : Barvni parameter L* za sorto Zlata parmena .....	41
Slika 23 : Umeritvena krivulja za določanje skupnih fenolov po Singletonu in Rossiju ...	42
Slika 24 : Vsebnost skupnih fenolov v sorti Ananasova reneta .....	43

Slika 25 : Vsebnost skupnih fenolov v sorti Boskop .....	43
Slika 26 : Vsebnost skupnih fenolov v sorti Carjevič .....	44
Slika 27 : Vsebnost skupnih fenolov v sorti Majda .....	45
Slika 28 : Vsebnost skupnih fenolov v sorti Šampanjska reneta .....	46
Slika 29 : Vsebnost skupnih fenolov v sorti Zlata parmena .....	46
Slika 30 : Umeritvena krivulja za določanje flavonoidov .....	48
Slika 31 : Vsebnost flavonoidov v sorti Ananasova reneta .....	48
Slika 32 : Vsebnost flavonoidov v sorti Boskop .....	49
Slika 33 : Vsebnost flavonoidov v sorti Carjevič .....	50
Slika 34 : Vsebnost flavonoidov v sorti Majda .....	51
Slika 35 : Vsebnost flavonoidov v sorti Šampanjska reneta .....	51
Slika 36 : Vsebnost flavonoidov v sorti Zlata parmena .....	52
Slika 37 : Vrednosti AOP za sorto Ananasova reneta .....	53
Slika 38 : Vrednosti AOP za sorto Boskop .....	53
Slika 39 : Vrednosti AOP za sorto Carjevič .....	54
Slika 40 : Vrednosti AOP za sorto Majda .....	55
Slika 41 : Vrednosti AOP za sorto Šampanjska reneta .....	56
Slika 42 : Vrednosti AOP za sorto Zlata parmena .....	57

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

<b>AOP</b>	Antioksidativni potencial
<b>MACC</b>	n-malonil-1-aminociklopropan-1-karboksilna kislina
<b>NA</b>	Normalna atmosfera
<b>PG</b>	Poligalakturonaza
<b>STI</b>	Streifov indeks zrelosti
<b>ULO</b>	Kontrolirana atmosfera skladiščenja z zelo majhno koncentracijo kisika (Ultra Low Oxygen)

## 1 UVOD

Jabolka uvrščamo med klimakterijsko sadje, ki ga na svetu proizvedemo največ. Znano je, da se jabolka dobro skladiščijo, pod optimalnimi pogoji tudi več mesecev. Jabolka so do razvoja sodobne tehnologije skladiščili v hladilnicah, kjer so prostor ohlajevali in s tem podaljševali obstojnost le-teh. Ob razvoju tehnologij in sodobnega inženiringa so se razvile moderne tehnike skladiščenja, kjer razen temperature zraka lahko uravnavamo tudi sestavo atmosfere v skladišču.

Moderen inženiring je omogočil skladiščenje v kontrolirani atmosferi. To je tehnika, kjer ob nizki temperaturi stalno spremljamo tudi sestavo zraka, natančneje koncentracijo kisika in ogljikovega dioksida, ter jo po potrebi spreminjamo, da dosežemo optimalne razmere. Uporabili smo izpopolnjeno tehniko kontrolirane atmosfere, in sicer ULO (Ultra Low Oxygen). Tukaj koncentracijo CO<sub>2</sub> povišamo, koncentracijo O<sub>2</sub> pa znižamo tik nad nivo, kjer še poteka aerobni metabolizem.

Med fazo skladiščenja smo med seboj primerjali rezultate analiz plodov jabolk skladiščenih v ULO in NA. Na osnovi že opravljenih študij smo pričakovali boljše rezultate nekaterih fizikalnih parametrov pri jabolkih skladiščenih v ULO, saj naj bi kontrolirana atmosfera upočasnila metabolizem in s tem ohranjala kvaliteto plodov. Zaradi upočasnjenega metabolizma naj bi se tudi kemijski parametri boljše ohranili pod pogoji ULO.

### 1.1 NAMEN DELA

Jabolka različnih sort smo skladiščili sočasno v hladilnici z stalno temperaturo (NA) in v komorah s kontrolirano atmosfero z nizko vsebnostjo kisika (ULO). V NA smo jabolka skladiščili v lesenih zabojih, v ULO pa v zato prirejenih komorah. Temperatura v NA je bila 7,4 °C in vlaga 90 %, sestava atmosfere v ULO je bila 1 % CO<sub>2</sub> in 1 % O<sub>2</sub> pri temperaturi 1°C. Vzorčili smo po 49, 98, 139 in po 169 dnevih skladiščenja, kjer smo ob vsakem odvzemu vzorcev opravili meritve fizikalnih parametrov (barva, trdota plodu in izločanje etilena). Po opravljenih fizikalnih meritvah smo preostale vzorce iste paralelke zmleli (brez kožic) skupaj z metanolom in zamrznili pri –17 °C do izvedbe analiz.

Z zamrznjenimi vzorci, ki so bili shranjeni v centrifugirkah, smo kasneje opravljali meritve kemijskih parametrov (vsebnost skupnih fenolov, vsebnost flavonoidov in merjenje antioksidativnega potenciala).

Namen diplomskega dela je bil raziskati vpliv pogojev skladiščenja na kakovost plodov.

## 1.2 DELOVNE HIPOTEZE

- Vsebnost izločenega etilena je manjša v jabolkih, skladiščenih v pogojih ULO
- Trdota plodov se bolje ohrani v pogojih ULO
- Hitrejše svetljenje plodov pod pogoji NA (hitrejši razpad klorofila), kar posledično pomeni višje L\* vrednosti
- Vsebnost skupnih fenolov, flavonoidov ter AOP se bolje ohrani pri plodovih skladiščenih v pogojih ULO
- Plodovi skladiščeni v pogojih ULO, se ob daljšem roku skladiščenja bolje ohranijo

## **2 PREGLED OBJAV**

### **2.1 SKLADIŠČENJE**

Skladiščenje sadja ima danes zelo velik pomen. Namen skladiščenja sadja je, da ublažimo sezonska nihanja, ga pripravimo za neposredno prodajo ali pa ga skladiščimo do nadaljnje predelave in s tem omogočimo nemoteno obratovanje predelovalne industrije. Optimalna temperatura skladiščenja se določi za vsako sorto. Z nižanjem temperature upočasnimo metabolne procese in tako posledično znižamo aktivnost encimov.

#### **2.1.1 Dejavniki uspešnega skladiščenja**

Pred skladiščenjem morajo biti plodovi obrani v optimalnem času, da lahko obdržijo skozi skladiščenje svoje optimalne lastnosti. Jabolka, ki so obrana prehitro ali prepozno imajo skozi skladiščenje večje izgube mase in hitreje izgubljajo na čvrstosti (Kviklienė in sod., 2008).

Med pomembne dejavnike uspešnega skladiščenja spada temperatura, ki vpliva na hitrost dozorevanja, izgubo teže in na razvoj bolezni plodov. Kolikor nižja je temperatura, počasneje potekajo naštetih procesi. Pri prenizki temperaturi plodovi zamrznejo in odmrejo.

Pomembna dejavnika skladiščenja sta tudi relativna vlažnost in sestava atmosfere. Relativna vlažnost (RV) nam pove količino vodne pare, ki jo ima zrak pri dani temperaturi. Pomembno je uravnavanje RV v komorah za skladiščenje sadja. RV mora biti čim višja, saj sadje vsebuje veliko vode. Pri presuhem ozračju poteka intenzivno izhlapevanje vode in plodovi venijo. Sestava zraka je na drugi strani pomembna pri shranjevanju plodov, zaradi dihanja le teh. Pri dihanju sadja se poveča količina CO<sub>2</sub> v skladišču, količina kisika pa se zniža. Idealno je tako razmerje med CO<sub>2</sub> in kisikom, ki zmanjšuje intenzivnost dihanja na minimum (Gvozdenović, 1989).

V hladilnicah temperaturo zraka merimo z daljinskimi in digitalnimi termometri, ki jih oddaljimo približno 10 cm od stene. Vlažnost zraka uravnavamo avtomatsko in mora biti

čim višja. Zrak po potrebi sušimo ali vlažimo. Na ta način ohranimo nekatere vrste sadja z minimalno izgubo mase do naslednje sezone (Suwa Stanojević, 1999).

### **2.1.2 Skladiščenje v normalni atmosferi (NA)**

V hladilnicah z normalno atmosfero (NA) uravnavamo temperaturo, relativno vlažnost ter kroženje in obnavljanje zraka. Optimalno temperaturo skladiščenja je potrebno določiti za vsako sorto. Z nižanjem upočasnimo metabolne procese v plodu, ker je aktivnost encimov pri nižjih temperaturah manjša. Pomembna je tudi primerna vlažnost zraka, ki naj bi se gibala med 75 % do 95 %, odvisno od vrste sadja (Gvozdrenović, 1989).

Za skladiščenje jabolk je priporočljiva temperatura v hladilni komori od 0,5 do 2,5 °C, odvisno od sorte, poleg tega pa relativna vlažnost v komori ne sme pasti pod 90 %. S hlajenjem odvezemo vlago iz hlajenega prostora. Intenzivnejše kot je hlajenje, tem večji je odvzem vlage iz komore (Primožič, 2004).

### **2.1.3 Skladiščenje v kontrolirani atmosferi (CA)**

S stališča kvalitete in izgub sadja je najboljšo skladiščenje v kontrolirani atmosferi (CA). Tukaj razen temperature in vlage uravnavamo tudi sestavo zraka. S spremenjeno atmosfero omogočimo boljše skladiščenje; posledično je manj mikrobioloških bolezni, manjša izguba teže, boljša kakovost in seveda daljše shranjevanje sadja. Količino kisika zmanjšamo na minimum, ki ga plodovi še prenesejo, količino CO<sub>2</sub> pa povečamo in s tem upočasnimo procese zorenja in kvarjenja. Normalno je v ozračju 21 % kisika in 0,03 % CO<sub>2</sub>, v CA pa spustimo kisik na 1-1,5 % in CO<sub>2</sub> povečamo na 1,5 % (Hribar in sod., 2008).

Za nemoteno delovanje celic s kontrolirano atmosfero moramo vse odprtine dobro zatesniti in preprečiti izmenjavo plinov z okolico. Prav tako moramo postaviti sistem za vzdrževanje želene sestave ozračja, ne glede na intenzivnost dihanja sadja.

Za merjenje količine CO<sub>2</sub> uporabljamo infrardeči analizator, ki meri koncentracijo CO<sub>2</sub> v zraku. CO<sub>2</sub> absorbira UV sevanje na posebni valovni dolžini, pri tem nastane električni signal, ki je odvisen od koncentracije CO<sub>2</sub> v atmosferi iz celic s kontrolirano atmosfero. Kisik sproščamo in reguliramo po potrebi skozi ventil. Z analizatorjem plina ves čas kontroliramo sestavo zraka v hladilni celici. Avtomatsko nadziranje sestave zraka s pomočjo mikroprocesorjev za vsako celico posebej nam omogočajo ustrezni računalniški programi. Na grafičnem zapisu lahko vsak trenutek opazujemo višino temperature, RV in sestavo zraka oziroma plinov v vsaki celici posebej. Prav skladiščenje jabolk v CA se zelo dobro obnese (Hribar in sod., 2008).

#### **2.1.4 Skladiščenje v ULO atmosferi (Ultra low oxygen)**

ULO je izpopolnjena metoda skladiščenja v kontrolirani atmosferi. Pri sistemu ULO se vzdržuje vsebnost kisika na meji bioloških možnosti dihanja plodov, torej neposredno nad vrednostjo, pod katero se začne anaerobni metabolizem. Ta meja je glede na sorte in vrste sadja od 0,8 do 1,2 %. Ker obstaja veliko tveganje, če se začne anaerobno dihanje, je potrebna zelo natančna merilna tehnika za vzdrževanje takšnega režima (Gvozdenović, 1989). Koncentracija ogljikovega dioksida pri skladiščenju v ULO je običajno znatno nižja od koncentracij v normalni kontrolirani atmosferi (CA).

Neželen pojav pod stresnimi pogoji zaradi nizkega O<sub>2</sub> in/ali visokega CO<sub>2</sub> je ta, da lahko pride do pojava anaerobnega metabolizma in poškodb sadja. Po drugi strani pa premili pogoji skladiščenja pomenijo krajšo dobo sadja v skladišču. Optimalne razmere so tiste, kjer sestavo atmosfere prilagajamo dejanskemu fiziološkemu stanju plodov. Znana sta dva kazalnika, ki dajeta dobro sliko o ustrezni sestavi skladiščne atmosfere, to sta fluorescenca klorofila v plodovih jabolk in vsebnost etanola v skladiščni atmosferi. Predvsem fluorescenca klorofila omogoča dovolj natančno spremljanje fiziološkega stanja plodov, kjer ob pojavu anaerobnega metabolizma povišamo vsebnost O<sub>2</sub> v atmosferi. Tako stalno prilagajamo vsebnost kisika, da je vedno na najnižjem možnem nivoju, ki še omogoča aerobni metabolizem plodov (Hribar in sod., 2008).



## 2.2 ZGODOVINA IN ZNAČILNOSTI JABOLKA

Prve sorte jabolk naj bi izvirale iz Bližnjega vzhoda, kajti arheologi so našli ostanke jabolk v Anatoliji, ki naj bi datirale 6000 let pred našim štetjem. S kasnejšimi civilizacijami, kot so stari Grki in Rimljani, se je jabolko razširilo po celotni Evropi in kasneje s kolonizacijo tudi v Ameriko in Avstralijo. Od 13. stoletja naprej so se jabolka začela množično širiti in do 17. stoletja je bilo v zahodni Evropi poznanih že najmanj 120 kultivarjev jabolk. Vzpon in razširitev protestantizma, ki obravnava jabolko kot božji sadež, je razširil jabolka tudi drugod po severni in vzhodni Evropi z začetkom v takratni Nemčiji (Ferree in Warrington, 2003). Po podatkih FAOSTAT-a (FAOSTAT, 2014) iz leta 2012 pridelajo dandanes na svetu več kot 76 milijonov ton jabolk letno. Jablana je sadna vrsta z zelo širokim območjem rasti. Najbolj ji odgovarja zmerno toplo podnebje z enakomerno razporejenimi padavinami čez vse leto. Uspeva na srednje težkih, zračnih in globokih tleh, ki so dobro prepustna, saj jablane ne prenašajo visoke podtalnice. Optimalen pH za rast je 5,5–6,5, vendar na pH ni pretirano občutljiva, saj lahko raste tudi v tleh z višjim pH-jem, celo do vrednosti 8. Dobro prenaša zimske temperature do  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  in poletne do  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Jablane zahtevajo okrog 800 mm padavin na leto, če je le-teh manj, je potrebno občasno namakanje (Štampar in sod., 2009).

### 2.2.1 Sorte jabolk

V poskus skladiščenja smo vključili 6 sort jabolk:

- Ananasova reneta
- Boskop
- Carjevič
- Majda
- Šampanjska reneta
- Zlata parmena

### 2.2.1.1 Ananasova reneta

Sorta je pri nas poznana že iz starejše slovenske pomološke literature, izviralna naj bi iz Nizozemske. Sorta je diploidna in je šibke ter nizke rasti, z dobro obraslo zbito krošnjo. Potrebuje bogata in vlažna tla ter toplo podnebje. Sorta je občutljiva na spomladanski mraz, jablanovo plesen in rak ter neobčutljiva na škrlup. Rodnost je precej zgodnja, a vendar obilna. Zori konec septembra ali na začetku oktobra, uporabna pa je vse do januarja, v hladilnicah celo do aprila. Plodovi so drobni in po obliki precej izenačeni, so simetrični, okroglaste oblike. Osnovna zelenkasto-rumena barva plodu prehaja v zlato-rumeno z le redko oranžno-rdečim nadihom. Značilne so velike in izstopajoče lencite, zaradi katerih je koža rahlo hrapava (Kramar Pribožič in sod., 2007). Po značilni aromi, ki spominja na ananas, je po vsej verjetnosti tudi dobila ime. Meso je rumenkasto-belo, drobnozrnato ter zelo sočno in aromatično. Ima značilen vinsko sladki okus z izrazito aromo po ananasu. Zaradi odličnega okusa in arome je še vedno zelo iskana sorta, a se v intenzivni pridelavi zaradi nizkih pridelkov ni razširila (Godec, 2006).

### 2.2.1.2 Boskop (Boskopski kosmač)

Sorta je bila odkrita na Nizozemskem leta 1856 kot naključni križanec in se je od tod začela širiti po ostalih evropskih državah. Plodovi dozoriijo nekje v drugi polovici septembra in so precej nagnjeni k predčasnemu odpadanju, kar je izraziteje na manj rodovitnih in skromnih tleh. Sorta je dokaj neobčutljiva na listne bolezni, tudi občutljivost plodu na škrlup je majhna, je pa občutljiva na spomladanski mraz, jablanov rak in monilijo (Godec, 2006). Boskopski kosmač je triploidna sorta in ni uporabna za opraševanje drugih sort. Je zelo bujne rasti in razvije orjaška drevesa s širokimi koti ogrodnih vej, zato je priporočljivo cepljenje na šibkorastoče podlage ter sajenje na večje razdalje. Potrebuje rodovitno, ne presuho zemljo ter toplo lego. Rodnost je dokaj redna in pridelki precej obilni. Ko dozori, je obstojna od novembra do januarja, v hladilnicah tudi do marca. Plodovi so debeli, sploščeno okroglasti in pogosto nepravilne oblike, njihova masa pa

neredko presega 300 g. Koža plodov je debela, hrapava in suha. Osnovna barva je svetlozelenkasta, ki z dozorevanjem preide v bledorumeno barvo. Meso je rumenkasto, srednje čvrsto, sočno in grobozrnate teksture. Okus je osvežujoče kiselkast s posebno izraženo aromo. Sorto uvrščamo v skupino kisljih jabolk in je dobila veljavo kot dietno jabolko. Dobro prenaša otiske in transport. Plodovi so primerni tako za svežo uporabo kot za skladiščenje in sušenje (Kramar Pribožič in sod., 2007).

### 2.2.1.3 Carjevič

Carjevič je stara avstrijska sorta, ki naj bi nastala kot naključni sejanec na takratnem Štajerskem, nekje med leti 1870-1875. Danes ga najdemo v intenzivni pridelavi, sicer pa je kot večina starih sort prisoten v travniških sadovnjakih. Uvrščamo ga med sorte, ki glede zemlje niso izbirčne in dobro uspevajo na skoraj vsakem rastišču. Ustrezata mu mrzlo podnebje in gorate lege, saj je precej odporen na zimski mraz (Godec, 2006). Rast drevesa je dokaj bujna. Za to sorto je značilna izmenična rodnost. Zori v začetku oktobra, plodovi pa so obstojni do pomladi. Plodovi so srednje drobni in ploščato okrogli. Koža je gladka, zeleno-rumena, na sončni strani rahlo rdeče obarvana. Pogosto je rob med osnovno in pokrovno barvo ostro omejen. Meso je sočno, bele barve in prijetnega sladko-kiselkastega okusa, vendar brez posebne arome. Sorta je predvsem primerna za svežo uporabo in prav tako za predelavo v kis ali sok (Kramar Pribožič in sod., 2007).

### 2.2.1.4 Majda

Je bujna, diploidna sorta, njena krona je kroglasta in precej gosta. Običajno obilno rodi na podlagah manjše in srednje vitalnosti. Odpadanje plodov se začne le malo pred pobiranjem, ki pri nas nastopi v začetku oktobra. Plodovi, ki so bili obrani v optimalnem času, se lahko hranijo več kot 6 mesecev v hladilnici ali v kontrolirani atmosferi. Je odporna proti povzročiteljem krastavosti in pepelasti plesni. Plod je velik, okrog 175 gramov in je okroglastopodolgovate oblike. Podkožje ploda je čvrsto in zeleno, z dodatki

rdečkaste barve. Meso je belo, sočno, zelo čvrsto in zmerno moknato. Plod vsebuje 9 % skupnih sladkorjev in 1 % skupnih kislin, pH pa se giblje okoli 3,3. Plod ima osvežujoč vinsko kiselkast okus. Sorta Majda je zelo rodna zimska vrsta jabolka, ki jo uporabljamo kot surovino za predelavo in kot plod sam (Mišić, 1989).

#### 2.2.1.5 Šampanjska reneta

Ime sorte izvira iz vinorodne pokrajine Champagne v Franciji, podobno kot svetovno znano penoče vino, in je nastala kot naključni sejanec v drugi polovici 18. stoletja. Poznamo je tudi pod imenom zwiebelapfel oziroma čebular, kar nam nazorno pove, kakšne oblike je plod; je sploščeno-okroglast do sploščen ter nesimetričen. Sorta glede podnebja ni pretirano izbirčna, kajti dobro uspeva tudi na bolj mrzlih in sadjarsko manj ugodnih legah. Rast drevesa je dokaj počasna, medtem ko je vstop v rodnost hiter (Godec, 2006). Zori sredi oktobra, obstojna pa je od decembra pa vse do maja ali celo do junija. Koža plodov je bledozelena, ki prehaja v bledorumeno. Koža je na začetku gladka, v skladišču nato postaja mastna. Meso je sočno in čvrsto, bele barve z rahlo zelenkastim nadihom. Je izrazito kiselkastega, nekoliko trpkega okusa, brez posebne arome. Delež kisline s časom skladiščenja upada. Pred leti so jo priporočali za uživanje sladkornim bolnikom, predvsem zaradi manj sladkega okusa, ki pa ni posledica manjše vsebnosti sladkorja, ampak je vzrok v večji vsebnosti kislin, ki prikrijejo sladek okus. Od slabosti je treba omeniti, da so plodovi zelo občutljivi na otiske, zato ta sorta ne prenaša transporta. Uporabljamo jo za predelavo ali za domačo uporabo, kot namizna sorta pa je drugorazredne kakovosti (Kramar Pribožič in sod., 2007).

#### 2.2.1.6 Zlata parmena

Je zelo stara angleška sorta, ki ji ne ugajajo vlažne in zaprte lege. Pomanjkljivost sorte je velika občutljivost na okužbo s škrlupom. Zlata parmena raste prva leta izredno bujno, kasneje se v rasti umiri. Zoreti začne v prvi polovici septembra. Nagnjenost k izmenični rodnosti je zelo velika, zato je za kakovosten in reden pridelek nujno vsakoletno redčenje plodičev. Plod je srednje debel, njegova osnovna barva je zeleno-rumena, ki je pokrita z rdečimi prižami. Oblika plodov je podolgovato-okrogla. Med skladiščenjem postanejo plodovi zlatorumeni (Godec, 2006). V navadni kleti ostanejo plodovi uporabni do konca novembra, ob pravilnem skladiščenju so lahko obstojni tudi do meseca marca. Toda hlajenja v sadnih hladilnicah ne prenaša najbolje, saj je najprimernejša temperatura skladiščenja 6 °C. Meso je zelo prijetnega okusa in skladnega razmerja med sladkorjem in kislino. Kot kakovostna namizna sorta z žlahtno aromo je med ljubitelji jabolk še vedno iskana in cenjena sorta (Kramar Pribožič in sod., 2007).

### 2.3 FENOLI

Fenolne spojine so glavni sekundarni metaboliti rastlin in so derivati pentoza fosfatne, šikimatne ali fenilpropanoidne poti v rastlinah. Njihova funkcija je odstranjevanje prostih radikalov v telesu, ki imajo potencial povzročanja poškodb celic in tkiv v telesu, zato jih uvrščamo med antioksidante, ki delujejo tako, da reagirajo z reaktivnimi radikali v našem telesu in jih tako naredijo nenevarne.

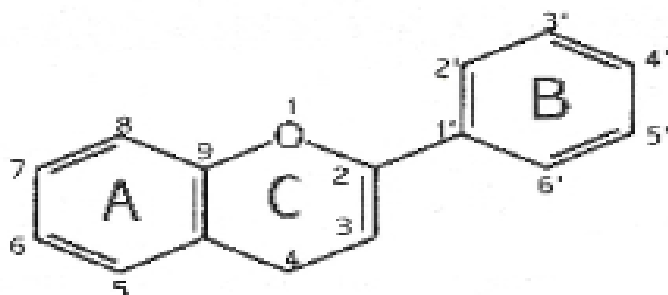
Fenoli so spojine z eno ali več (1-10) hidroksilnih (-OH) skupin, vezanih neposredno na aromatsko jedro. Njihova osnova je benzenov obroč, na katerega se veže ena ali več hidroksilnih skupin, ki imajo ključno vlogo pri antioksidativnem delovanju. V naravi se običajno nahajajo fenolne spojine z več hidroksilnimi skupinami, zato se je uveljavilo ime polifenoli (Balasundram in sod., 2006). Ugotovljeno je bilo, da polifenoli prinašajo veliko ugodnosti za naše zdravje, kot sta preprečitev razvoja raka in zmanjšanje bolezni srca.

Polifenoli imajo razen antioksidativnih tudi antimikrobne sposobnosti, saj lahko delujejo proti širokem spektru mikrobov.

Fenolne spojine v sadju so v glavnem brezbarvne hidroksicimetne kisline in flavonoidi. Vsebnost fenolnih snovi je v nezrelem sadju (izjema so antocianidini) bistveno večja kot v zrelem sadju. Katehini in proantocianidini so v sadju praviloma kot proste spojine, medtem ko se antocianidini, flavonoli, flavoni in dihidrokalkoni vežejo s sladkorji v glikozide. Fenoli so pomembni za okus, grenkobo sadja in razvoj barve. Trpkost in grenek priokus dajo sadju predvsem velike količine katehina. Z encimsko oksidacijo fenolov prihaja do porjavenja mesa, delno se spremeni tudi okus (Štampar in sod., 2009).

## 2.4 FLAVONOIDI

Flavonoidi so zelo razširjena skupina vodotopnih fenolnih spojin. So derivati flavana, ki se v naravi nahajajo kot 3-O-glikozidi, kar pomeni, da so na C-3 atomu vezani različni sladkorji, kot so glukoza, galaktoza, arabinoza ali ramnoza (Abram in Simčič, 1997). Za flavonoide je značilno osnovno ogrodje C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>, ki je sestavljeno iz dveh aromatskih obročev, ki ju povezuje alifatska veriga treh ogljikovodikov. Obroč A vsebuje C<sub>6</sub> del skeleta, obroč B pa je sestavljen iz dela C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>. Flavonoidi se razlikujejo po oksidacijski stopnji heterocikličnega obroča, kot tudi po različnih substituentih na obročih A, B in C. Znanih naj bi bilo več kot 5000 različnih flavonoidov (Abram, 2000).



Slika 1 : Osnovna strukturna formula flavonoidov »flavan« (Abram, 2000)

Flavonoidi so najbolj pomembni rastlinski pigmenti za obarvanje cvetov, proizvajajo namreč rumeno ali rdeče-modro pigmentacijo venčnih listov za privabljanje oprasovalcev. Ponekod so vključeni tudi v UV filtracijo in simbiotično fiksacijo dušika. Prav tako preprečujejo peroksidacijo lipidov z lovljenjem radikalov, vezavo kovinskih ionov, z lovljenjem lipidnih peroksilnih radikalov in z inhibicijo encimskih sistemov, ki katalizirajo nastanek prostih radikalov (Abram, 2000).

#### Pomembnejši flavonoidi, prisotni v jabolku:

- **Antocianidini** so vodotopni pigmenti, ki določajo rdečo ( $\text{pH} \leq 3$ ), modro ( $\text{pH} \geq 9$ ) in modro do vijoličasto ( $\text{pH} = 7$ ) barvo rastlin. Kemično so glikozidi sestavljeni iz aglikona antocianidina, na katerega je z glikozidno vezjo vezanih en ali več mono- ali oligosaharidov. Ločijo se po številu  $-\text{OH}$  skupin na aromatskem obroču B. Kisik ima pozitiven naboj, kar da ionski značaj teh spojin ter odvisnost intenzitete in odtenka rdeče barve od spreminjanja pH okolice in števila  $-\text{OH}$  skupin na obroču B (Abram in Simčič, 1997).
- **Flavan-3-oli** spadajo v skupino flavonoidov, za katere je značilna hidroksilna skupina na  $\text{C}_3$ . V sadju ponavadi najdemo monomerne flavan-3-ole v prosti obliki, od teh sta najbolj prisotna katehin in epikatehin. Za katehin je značilen trans položaj, za epikatehine pa cis položaj hidroksilne skupine na  $\text{C}_3$  (Vrhovšek, 2000).
- **Flavoni in flavonoli** spadajo v skupino flavonoidov, za katero je značilna dvojna vez med  $\text{C}_2$  in  $\text{C}_3$  v obroču C. Flavonoli se razlikujejo od flavonov po hidroksilni skupini na  $\text{C}_3$ , zato jih obravnavamo kot 3-hidroksiflavone, flavone pa kot 3-deoksiflavone. Tehnološko so zanimivi predvsem zaradi diskoloracij, ki jih povzročajo v sadju in zelenjavi. Med najbolj znanimi flavonoli je kvercetin, ki je izmed vseh flavonoidov najbolj aktiven in ga je v plodovih jabolk veliko (Kim in sod., 2002).

## 2.5 ANTIOKSIDATIVNI POTENCIAL

Zmožnost določene komponente, da inhibira oksidacijske procese, je definirana kot antioksidativni potencial (AOP) in predstavlja enega od najpomembnejših načinov obrambe pred prostimi radikali v človeškem telesu. Učinek antioksidantov je odvisen od strukture antioksidanta, oksidacijskih pogojev in od lastnosti oksidirajoče snovi (Roginsky in Lissi, 2004).

AOP je posledica vsebnosti polifenolov, predvsem nekaterih flavonoidov (flavonov, izoflavonov, flavononov, antocianinov, katehina in izokatehina) in v manjši meri vitaminov (Vidrih in Kač, 2000). Od višine vsebnosti fenolov oziroma flavonoidov je odvisno, kolikšen AOP bo imela posamezna sadna vrsta. Med njimi k skupni antioksidativni aktivnosti največ pripomorejo kvercetin in njegovi glikozidi, kot sta epikatehin in katehin (Van der Sluis in sod., 2000).

Ker je vsebnost fenolov, za katere je značilno antioksidativno in antiproliferativno delovanje, v pulpi precej manjša kot v kožici, je v mesu nižji tudi antioksidativni potencial. Zato je z zdravstvenega in prehrabnega vidika pomembno, da jabolka zaužijemo skupaj s kožico. Kožica jabolka ima 1,5–9,2 krat višji antioksidativni potencial v primerjavi s pulpo (Drogoudi in sod., 2008).

## 2.6 INDEKS ZRELOSTI

Da zagotovimo optimalno skladiščenje, morajo jabolka biti obrana, ko odrastejo in ne ko so že popolnoma dozorela. Če so pobrana jabolka preveč zrela, sledijo fiziološki procesi, ki zapletejo skladiščenje, čeprav skladiščimo pod optimalnimi pogoji. Jabolka, obrana v pravi fazi zrelosti, imajo take senzorične kvalitete, ki jim omogočajo, da lahko preživijo tudi 6 mesecev skladiščenja. Napoved optimalnega časa branja je mogoča z direktnim merjenjem kvalitativnih parametrov par tednov pred pričakovanim datumom in hkrati izračun stopnje zrelosti (Peirs in sod., 2002).



Za napoved optimalnega časa uporabljamo Streifov indeks zrelosti (STI), ki je izračunan iz meritev treh parametrov (trdota, škrob in koncentracija topnih suhih snovi) po formuli 1. Uspešno ga uporabljamo za določanje optimalnega časa branja različnih kultivarjev jabolk v različnih državah. Vrednost indeksa je specifična za vsak kultivar in nanj ne vplivajo kaj dosti upravljanje sadovnjaka, tip prsti in podnebje (Kviklienė in sod., 2008). Določanje optimalnega časa je zelo pomembno za pridelovalce, da zmanjšajo svoje izgube, ki se pojavijo skozi skladiščenje, in optimizirajo kakovost sadja po skladiščenju.

$$STI = F / R * S \quad \dots (1)$$

F= trdota plodov v N

R= suha snov v %

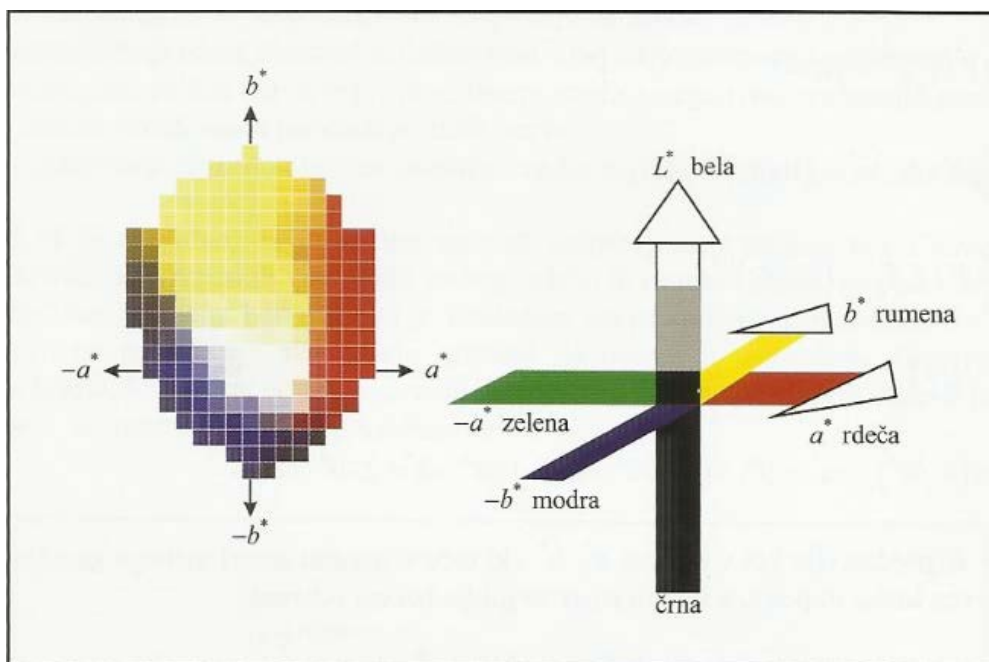
S= vsebnost škroba (1-10 vrednosti)

## 2.7 BARVA

Barva plodov je zelo dober pokazatelj kakovosti plodov, ker je v tesni povezavi s kakovostjo le-teh. Absolutne koncentracije posameznih pigmentov v lupini plodov niso edine, ki vplivajo na dojetje barve, ampak tudi dimenzije vakuol ter velikost in razporeditev celic v lupini plodov (Lancaster in sod., 1994). Zelena barva lupine izhaja iz pigmentov klorofila, od katerih je največ klorofila a in b z razmerjem 3 : 1. Med zorenjem preide zelena barva v rumeno in rdečo, za kar je odgovoren nastanek karotenoidov in antocianov (Hribar, 1989).

Za merjenje barve živil uporabljamo kromameter Minolta v CIE (Commission Internationale l'Eclairage) L\* a\* b\* sistemu, kjer barvo določamo s pomočjo L\*, a\* in b\* parametrov. L\* parameter določa svetlost, večja kot je njegova vrednost, svetlejšje je živilo. Od prisotnosti flavonoidov in antocianov je odvisna intenziteta rdeče barve, zelena barva je na drugi strani povezana s pigmentnim klorofilom. Zelena barva predstavlja negativno območje, rdeča pa pozitivno območje parametra a\*. Parameter b\* pa predstavlja intenziteto

rumene barve v pozitivnem območju (prisotnost karotenoidov) in modre v negativnem (Hribar, 1989). Barva vzorca se torej razdeli na tri dele, a prikaže kot ena točka v tridimenzionalnem prostoru.



Slika 2 : CIELAB sistem (Rudan-Tašič in Klofutar, 2007: 151)

## 2.8 ETILEN

Etilen ali eten ( $C_2H_4$ ) je nenasičen ogljikovodik. Je brez barve, sladko dišeč plin, ki je naraven proizvod in prisoten v vseh tkivih rastlin. Je fitohormon, ki regulira razvojne in fiziološke procese vključno z zorenjem sadja, indukcijo rastlin ter odziv na različne strese. Sinteza etilena je pomembna, kajti rastline ne posedujejo drugih poti kontroliranja ravni etilena, kot so transport, encimska inaktivacija ali degradacija. Tak mehanizem je poznan samo pri etilenskem prekursorju 1-aminociklopropan-1-karboksilna kislina (ACC) (Bonner in Varner, 1976).

Etilen se sintetizira iz S-adenozilmetionina (AdoMet), to je aktivirana oblika aminokislina metionin (Met), ki vsebuje žveplo. Sinteza preko dvostopenjske poti vključuje 1-aminociklopropan-1-karboksilno kislino (ACC). Prvi korak sinteze etilena je oblikovanje ACC iz aminobutiratne skupine AdoMet-a s pomočjo katalizatorja ACC sintaze (ACS). 1-aminociklopropan-1-karboksilat oksidaza (ACO), poznan tudi kot EFE (ethylene forming enzyme), pa katalizira naknadno oksidacijo ACC v etilen, kjer se v prisotnosti  $O_2$  sprosti HCN in  $CO_2$  (Yang in Hoffman, 1984). Posebnost ACO oz. EFE je, da je bisubstratni encim, ker lahko deluje le ob prisotnosti ACC in kisika, pri čemer najprej veže kisik in šele nato ACC (Abeles in sod., 1992).

Kako etilen vpliva na zorenje sadja, so odkrili med poizkusi segrevanja prostora z namenom, da sadje prej dozori. Ugotovili so, da je bil vzrok hitrejšega dozorevanja sadja etilen, katerega nastanek pospešuje povišanje temperature ali temperaturni stres, ki izzove spremembe v metabolizmu. Etilen pri sadnih vrstah z izrazitim klimakteričnim vzponom dihanja močno pospeši zorenje plodov in povzroči nastajanje delitvene plasti (abscisne plasti) oziroma odpadanje plodov (Gvozdenović, 1989).

Dandanes se strokovnjaki bolj kot z vsebnostjo etilena ukvarjajo z vsebnostjo njegovega prekursorja ACC – aminociklopropanonkarboksilata, ACC sinteze, aktivnosti EFE in s spremljanjem specifičnih inhibitorjev raznih stopenj sinteze in delovanja etilena.

### **2.8.1 Nastanek in razgradnja MACC**

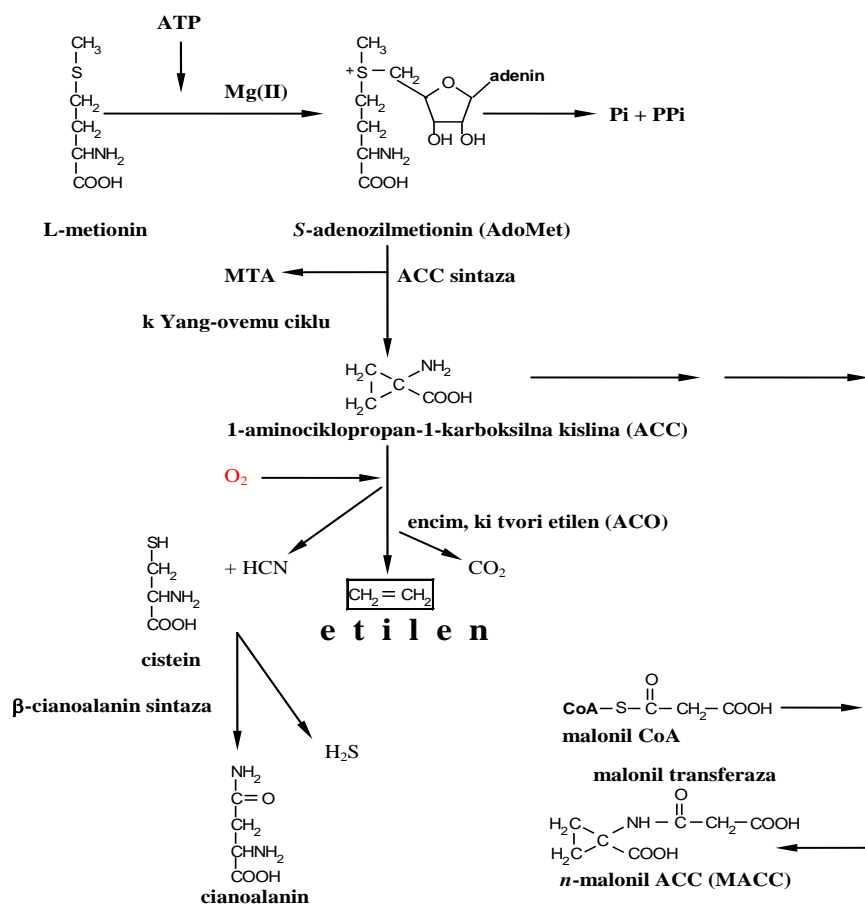
(n-malonil-1-aminociklopropan-1-karboksilna kislina)

Manjša tvorba etilena je lahko posledica zmanjšane sinteze ACC ali pa vezave ACC v MACC. Zadnja reakcija poteka ob prisotnosti encima ACC maloniltransferaze, ki katalizira malonilacijo tudi z drugimi D-aminokislinami. ACC maloniltransferaza inaktivira potencialne strupene snovi, kot so na primer D-aminokislina. Slednje pospešujejo proizvodnjo etilena tako, da tekmujejo za malonil, kar ovira nastajanje MACC in ohranja raven ACC. Stres, staranje in druge razvojne stopnje povzročajo večjo vsebnost ACC, ki pa se z maloniltransferazo pretvori v inaktivno obliko. Do tega pride le, ko je vsebnost ACC previsoka ali pa je encim ACC nasičen. Etilen lahko povzroča povečanje maloniltransferaze in na ta način deluje avtoinhibitorno (Abeles in sod., 1992).

### **2.8.2 Yangov ali metioninski cikel**

Zaloge metionina v rastlinskem tkivu so premajhne, da bi omogočile normalno proizvodnjo etilena, zato je potrebno recikliranje metionina.

Metil-tio skupina ( $\text{CH}_3\text{S}$ -) iz metionina se sprosti iz AdoMet kot 5-metiltioadenozin (MTA) med nastajanjem ACC. Ta se hitro hidrolizira do 5-metiltioriboze (MTR), ki se nato pretvori v metionin prek 2-keto-4-metilbutanojske kisline (KMBA). Pri tem se sprosti metanojska kislina. Končni rezultat Yangovega cikla je, da se prvi štirje C-atomi metionina, iz katerega nastane ACC, vežejo z ribozo iz ATP, medtem ko se  $\text{CH}_3\text{S}$ - skupina iz metionina uskladišči za poznejšo regeneracijo metionina (Bürstenbinder in Sauter, 2012).



Slika 3 : Biosinteza etilena (Abeles in sod., 1992: 39)

### 3 MATERIALI IN METODE

#### 3.1 PRIPRAVA VZORCEV ZA ANALIZO

V okviru diplomskega dela smo uporabili šest različnih sort jabolk: Ananasova reneta, Boskop, Carjevič, Majda, Šampanjska reneta in Zlata parmena. Število plodov vsake sorte se je gibalo med 40 in 45. Plodove smo skladiščili v pogojih NA in ULO. Vzorčili smo po štiri plodove iz pogojev NA in štiri plodove iz pogojev ULO, za vsako sorto posebej.

Meritve trdote, barve in izločanje etilena smo merili takoj ob vsakem vzorčenju po temperiranju na sobno temperaturo. Za določanje kemijskih parametrov (vsebnost flavonoidov, skupnih fenolov in antioksidativni potencial) pa smo plodove razpolovili in jih zamrznili. Po končanem skladiščenju smo plodove odmrznili in štirim plodom vsake paralelke odvzeli mesnat del brez kožice ter homogenizirali in v vijalo odtehtali natančno 10 gramov homogenega vzorca in zmešali z 10 mL metanola. Vijale smo nato centrifugirali za 10 minut pri 4000 obratih in uporabili supernatant, s katerim smo opravljali meritve kemijskih parametrov.

Preden smo plodove začeli skladiščiti, smo opravili meritve za izračun Streifovega indeksa zrelosti. Vrednosti za posamezno sorto posebej so podane v preglednici 1 na podlagi meritev trdote mesa plodov s penetrometrom, izražene v  $\text{kg/cm}^2$ , vsebnosti suhe snovi, podane v °Brix in škrobnega indeksa s pomočjo primerjalne škrobne lestvice. S pomočjo škrobne lestvice EVROFRU določimo količino škroba, prisotnega v plodu, tako da prečno prerezane plodove potopimo v 0,02 molarno raztopino joda v kalijevem jodidu ( $\text{KI}_2$ ), kjer prisotnost škroba povzroči temno obarvanje prereza plodu. Intenzivnost in delež obarvanja ocenimo s pomočjo primerjalne skale od 1 do 10 (Unuk in sod., 2007).

Preglednica 1: Vrednosti indeksa zrelosti po Streifu

Sorta	Streifov indeks
Ananasova reneta	0,064
Boskop	0,148
Carjevič	0,083
Majda	0,078
Šampanjska reneta	0,059
Zlata parmena	0,119

## 3.2 ANALIZA PLODOV

### 3.2.1 Določanje trdote plodov

Med skladiščenjem se trdota mesa in odpornost tkiva spreminjata, saj sta odvisna od čvrstosti celic membran in kemijske oblike pektina. Netopni pektin se počasi spreminja v topnega, kar povzroči mehčanje tkiva in vidne posledice staranja (Hribar, 1989). Trdoto plodov smo določali z penetrometrom s premerom bata 11 mm tako, da smo na nasprotnih straneh odrezali del jabolka, da je bilo ravno na podlago, in izmerili silo, izraženo v kilogramih na  $\text{cm}^2$ . Rezultati so podani kot povprečne vrednosti štirih meritev za vsako sorto in vzorčenje posebej.

### 3.2.2 Določanje topne suhe snovi

Vsebnost topne suhe snovi smo določili iztisnjenemu soku več rezin jabolk z digitalnim refraktometrom ATAGO PR-1. Refraktometer smo pred meritvami umerili z destilirano vodo na 0 %. Inštrument nam poda meritev v % Brix. Suho snov smo določali le pred začetkom skladiščenja za izračun Streifovega indeksa zrelosti.

### 3.2.3 Merjenje barve plodov

Za merjenje barve plodov smo uporabili sistem CIEL\* $a^*b^*$  s kromametrom Minolta CD-200b, ki ima priključen računalnik DATA DP100 za obdelavo podatkov. Sestavljata ga merilna glava in mikroprocesorska podatkovna enota. V merilni glavi daje svetlobo pulzirajoča ksenonova svetilka, ki je sestavljena iz enakih delov rdeče, modre in zelene barve. Snop svetlobe pada pod kotom  $45^\circ$  na vzorec. Svetloba enake valovne dolžine, kot je valovna dolžina barv vzorca, se od vzorca odbije in pod kotom  $180^\circ$  pada na optično fotosprejemno ploščo. Ta plošča vsebuje tri spektralne filtre (X, Y in Z), za njo pa so trije foto sprejemniki ali senzorji (Brücker, 1984). Vrednost izmerjenega signala iz merilne glave se zatem ojača in digitalizira. Računalnik nam poda rezultat v  $L^*a^*b^*$  koordinatah, ki so v direktni odvisnosti od vrednosti X, Y in Z. Pred merjenjem je potrebno kromameter umeriti na beli standard ( $Y_n=93,8$ ;  $x_n=0,3134$ ;  $z_n=0,3208$ ) (Westland in sod., 2012).

Barvo smo merili ob vsakem vzorčenju na 4 vzorcih ene sorte na dveh različnih mestih in rezultat podali kot povprečno vrednost. Zanimal nas je parameter  $L^*$ , ki določa svetlost plodu. Večja kot je njegova vrednost, svetlejšje je živilo.

### 3.2.4 Določanje skupnih fenolnih spojin po Singletonu in Rossiju

Koncentracijo skupnih fenolnih snovi določamo s pomočjo Folin-Ciocalteujevega fenol reagenta, ki mu dodamo natrijev karbonat, s katerim povzročimo alkalnost reakcijske zmesi in s tem oksidiramo fenolne snovi.

Reagent Folin-Ciocalteu (F.C.) je vodna raztopina natrijevega volframata, natrijevega molibdata in litijevega sulfata. Litijev sulfat prepreči obarjanja F.C. reagenta. Redukcija volframata in molibdata poteče le v prisotnosti fenolatnega aniona. Raztopina, ki vsebuje reducirani volframat in/ali molibdat, je modro obarvana, medtem ko je raztopina nereducirane oblike rumene barve. Absorbanco reakcijske mešanice merimo pri valovni dolžini 765 nm. Kot standardno referenčno spojino za določanje skupnih fenolnih spojin uporabimo galno kislino (Košmerl in Kač, 2007). Masno koncentracijo skupnih fenolnih spojin odčitamo iz umeritvene krivulje in rezultat izrazimo kot miligram galne kisline na 100 gramov svežega vzorca ( $\text{mg}_{\text{G.K.}}/100 \text{ g}$ ).

#### Reagenti:

- 20 % raztopina natrijevega karbonata ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ );
- Osnovna raztopina galne kisline: v 100 mL bučko zatehtamo točno 30 mg galne kisline in dopolnimo do oznake z 2x deionizirano vodo;
- Folin-Ciocalteujev reagent (F.C.): pred uporabo smo ga razredčili po navodilih (Košmerl in Kač, 2007) in sicer za 90 vzorcev potrebujemo 12,6 mL F.C. in 216 mL 2 x deionizirane vode;
- 2x deionizirana voda



Aparatura in pribor:

- SPEKTROFOTOMETER: UV-160 A, UV-VISIBLE recording spectrophotometer, Shimadzu,
- merilne bučke (100 mL),
- kvarčne kivete (10 mm),
- polnilne pipete.

Umeritvena krivulja:

Narišemo jo s pomočjo galne kisline. V 100 mL bučko smo zatehtali 0,0300 g galne kisline in do oznake dopolnili z 2 x deionizirano vodo ter raztapljali v ultrazvočni kopeli. Iz pripravljene galne raztopine odpipetiramo v 10 mL bučko 5 različnih volumnov s pripadajočimi koncentracijami (preglednica 2) in dopolnimo do oznake z 2 x deionizirano vodo. Iz vsake 10 mililitrske bučke odpipetiramo 1 mL v kiveto in merimo absorbanco pri 765 nm. Umeritveno krivuljo narišemo iz absorbanco in pripadajočih koncentracij galne kisline.

Preglednica 2: Standardne raztopine galne kisline za pripravo umeritvene krivulje pri določanju skupnih fenolov po Singletonu in Rossiju

<b>Volumen osnovne raztopine galne kisline (mL)</b>	<b>Končna koncentracija galne kisline v standardni raztopini (mg/L)</b>
0,1	3
0,5	15
1	30
2,5	75
5	150

### Izvedba:

Za 90 vzorcev smo pripravili raztopino  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  s koncentracijo 200 g/L. Raztopino smo pripravili tako, da smo zatehtali 20 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  v 100 mL bučko in dopolnili do oznake z 2 x deionizirano vodo ter raztapljali v ultrazvočni kopeli. Raztopino F.C. reagenta smo pripravili za 90 vzorcev, tako da smo zmešali 12,6 mL F.C. in 216 mL 2 x deionizirane vode.

Absorbanco vzorcev merimo pri 765 nm tako, da v kiveto dodamo v naprej pripravljene reagente: 2,54 mL raztopine Folin & Ciocalteujevega reagenta, 420  $\mu\text{L}$   $\text{Na}_2\text{CO}_3$  in 200  $\mu\text{L}$  vzorca, ki je bil predhodno centrifugiran. Počakamo eno uro in v kiveto dodamo še 910  $\mu\text{L}$  2x deionizirane vode in izmerimo absorbanco. Za merjenje potrebujemo tudi slepo probo, kajti v spektrofotometru slepa proba ostane, medtem ko se menjavajo samo kivete vzorcev. Slepo probo pripravimo enako kot prej opisani postopek, le da 200  $\mu\text{L}$  vzorca zamenjamo z 200  $\mu\text{L}$  2x deionizirane vode.

### **3.2.5 Določanje flavonoidov**

Določali smo vsebnost flavonoidov z metodo, ki sta jo uporabila Lin in Tang (2007). Metoda temelji na osnovi tvorbe kompleksa med aluminijevim kloridom ( $\text{AlCl}_3$ ) in flavonoidi. Pri reakciji se raztopina obarva v svetlo modro (rumeno-zeleno) barvo, ki ima absorpcijski maksimum pri 415 nm. Aluminijev klorid je sposoben tvoriti tako labilen kot stabilen kompleks. Stabilen kompleks tvori s C-4 keto skupino, ali pa s C-3 in C-5 hidroksilno skupino, medtem ko labilen kompleks tvori s C-3 in s C-4 hidroksilno skupino (Deng in Van Berkel, 1998).

### Reagenti:

- 95 % alkohol (etanol),
- 1 M kalijev acetat ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ ),
- 10 % raztopino aluminijevega klorida ( $\text{AlCl}_3$ ),
- kvercetin.

Za meritve vzorcev smo uporabili epruvete za merjenje maščobnih kislin in v njih zmešali reagente:

- 250  $\mu\text{L}$  vzorca
- 750  $\mu\text{L}$  95 % alkohola
- 50  $\mu\text{L}$   $\text{AlCl}_3$
- 50  $\mu\text{L}$   $\text{CH}_3\text{COOK}$
- 1,4 mL 2x deionizirane  $\text{H}_2\text{O}$

Ko zmešamo vse reagente v epruvete in jih stresemo na mešalniku, počakamo 40 minut, nato prelijemo v 2 mL ependorfke in centrifugiramo 5 minut pri 17g. Po končanem centrifugiranju prelijemo vsebino v 1,5 mL kivete in merimo absorbanco pri 415 nm.

Umeritveno krivuljo pripravimo s pomočjo kvercetina. Uporabimo ga kot standard in z ustreznim razredčevanjem z metanolom (Preglednica 3), dobimo standardne raztopine za pripravo umeritvene krivulje. Za slepo probo smo uporabili kar deionizirano vodo (Lin in Tang, 2007).

Rezultat koncentracije flavonoidov izrazimo kot miligram kvercetina na 100 g svežega vzorca.

Preglednica 3: Standardne raztopine kvercetina za umeritveno krivuljo pri določanju flavonoidov

<b>KVERCETIN (mg)</b>	<b>METANOL (mL)</b>
15	100
7,5	100
3	100
1,5	100
0,3	100

Aparatura:

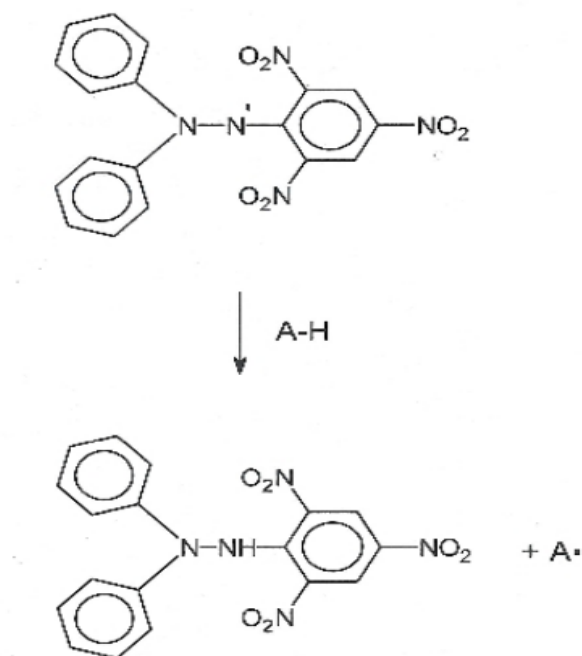
SPEKTROFOTOMETER: UV-160 A, UV-VISIBLE recording spectrophotometer, Shimadzu

### 3.2.6 Določanje antioksidativnega potenciala

Merjenja antioksidativnega potenciala smo opravili s pomočjo prostega radikala DPPH (1,1-difenil-2-pikril-hidrazil), ki ima sposobnost delokacije prostega elektrona okoli celotne molekule. Delokacija je odgovorna tudi za intenzivnost vijolične barve. DPPH ima velik molarni absorpcijski koeficient v vidnem delu spektra z maksimumom pri 517 nm, kar pomeni, da lahko koncentracijo radikala DPPH določamo spektrofotometrično.

Metoda z radikalom DPPH je ena izmed najstarejših indirektnih metod za določanje antioksidativne aktivnosti, ki temelji na reakciji med stabilnim radikalom in donorji vodika (npr. fenolne spojine). Sam mehanizem reakcije pa je odvisen od konformacije antioksidanta. Število razpoložljivih hidroksilnih skupin DPPH radikala je enako zmanjšanju števila teh DPPH molekul (Bondet in sod., 1997).

Koncentracijo DPPH izberemo v območju med 50 in 100  $\mu\text{M}$  zato, da so absorbance referenčne raztopine manjše od 1,0. Delovna valovna dolžina je 517 nm. Reakcijski čas metode je običajno 30 minut, vendar se uporablja tudi krajši čas.



Slika 4: Redukcija radikala DPPH v  $\text{DPPH}_2$  (Lo Scalzo, 2008)

Reagenti:

- DPPH (2,2-difenil-1-pikril-hidrazil), Sigma,
- Metanol, Merck.

Aparatura in pribor:

- SPEKTROFOTOMETER: UV-160 A, UV-VISIBLE recording spectrophotometer, Shimadzu,
- analitska tehtnica,
- centrifuga,
- ependorfke,
- avtomatska pipeta,
- kivete 10 mm,
- 2x deionizirana voda.

Izvedba:

Pred izvedbo smo vzorce centrifugirali (4000 obratov/10 min) ter uporabili samo supernatant. Na analitski tehtnici smo nato zatehtali natančno 4,000 mg DPPH in ga raztopili v 100 mL bučki z 20 mL metanola s pomočjo ultrazvočnega mešala. Nato smo dodajali metanol toliko časa, da je bila absorbanca raztopine enaka 1. S pomočjo vedno sveže pripravljene DPPH-ja v ependorfkah smo zmešali reagente, in sicer za referenčno vrednost (RF) smo zmešali 60  $\mu$ L metanola z 1,5 mL raztopine DPPH; za slepo probo (SP) smo uporabili 60  $\mu$ L vzorca in 1,5 mL metanola. Za vzorec sam (VZ) pa smo uporabili 60  $\mu$ L vzorca ter dodali 1,5 mL DPPH. Zmesi smo dobro premešali, prelili v kivete in po 15 minutah izmerili absorbanco pri 517 nm. Nato smo s pomočjo Beer- Lambertovega zakona izračunali množino porabljenega reagenta DPPH in po formuli (5) izračunali vrednost AOP.

Izračun:

$$\Delta A = A_{RF} - A_{VZ} + A_{SP} \quad \dots (2)$$

$$n \text{ (mol)} = \Delta A / \epsilon \times (V_{r.z.} \times L) \quad \dots$$

(3)

$$\epsilon = 12000 \text{ (l x cm)} / \text{mol}$$

$$V_{\text{(reakcijske zmesi)}} = \text{količina vzorca (60 } \mu\text{L)} + \text{volumen DPPH (1,5 mL)} = 0,00156 \text{ L}$$

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

$$\text{AOP} = (\text{mmol DPPH/L ekstrakta}) = n \times 10^6 \times 10^3 / 60 \quad \dots (4)$$

$$\text{AOP mmol/100 g} = (\text{mmol DPPH/L} = (\text{mmol DPPH/L}) \times 10/50) \quad \dots (5)$$

**3.2.7 Plinska kromatografija (GC)**

Tukaj ločitev snovi temelji na porazdelitvi med tekočo stacionarno fazo, ki je vezana na trden nosilec, in mobilno plinasto fazo, ki jo predstavlja inertni plin. Omogoča nam ločitev in detekcijo zelo majhnih količin hlapnih snovi. Kemično obstojen vzorec uplinimo in ga skupaj z inertnim plinom uvajamo v kolono. Snovi se neprestano porazdeljujejo med stacionarno in plinasto fazo in na koncu posamezne komponente določimo z detektorji. Ti kažejo časovni razmik, v katerem so bile posamezne komponente izločene iz kolone in z uporabo standardov lahko izvajamo tudi kvantitativno analizo (Anderluh in sod., 2009).

**3.2.7.1 Merjenje izločanja etilena**

Plodove smo po predhodnem enournem temperiranju na sobni temperaturi neprodušno zaprli s parafilmom v kozarec z znanim volumnom in počakali 1 uro. Nato smo s posebnimi injekcijskimi iglami odvzeli 1 mL plina iz kozarca in vbrizgali v plinski kromatograf Agilent Technologies 6890N. Ta je povezan z računalnikom, kjer odčitamo vsebnost etilena. Vzorce smo predhodno stehali in izmerili volumen zraka v kozarcu in s

pomočjo rezultata, pridobljenega s plinskim kromatografom in koncentracijo standarda, izračunali izločanje etilena v  $\mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . Izločanje etilena smo merili pred začetkom skladiščenja in nato po 49, 98 in 139 dneh skladiščenja.

Pogoji na plinskem kromatografu Agilent Technologies 6890N so:

- kolona: Carbonplot (kat.št.:113 3132), 30 m x 0,320 mm; debelina filma = 1,50  $\mu\text{m}$
- detektor: FID,
- temperatura kolone: 210 °C,
- temperatura detektorja: 280 °C,
- temperatura injektorja: 250 °C (split 1:100),
- tlak na injektorju: 31,6 psi,
- nosilni plin: He,
- pretok  $\text{H}_2$ : 40 mL/min,
- pretok  $\text{N}_2$ : 45 mL/min,
- pretok He: 2,3 mL/min,
- volumen injiciranja: 1mL,
- program za obdelavo podatkov: GC Chem Station.

### 3.2.8 Statistična analiza

Za medsebojno primerjavo fizikalno-kemijskih parametrov med ULO in NA tipoma skladiščenja smo statistično obdelali podatke z računalniškim programom SAS (SAS Software. Version 8.01, 1999), kjer smo delali po postopku GLM (General Linear Models).

Za urejanje podatkov pred statistično obdelavo, kot tudi za izris grafov iz statistično obdelanih podatkov smo uporabili program Microsoft Excel XP.

Z uporabo Duncanovega testa smo izračunali srednje vrednosti za eksperimentalne skupine, in sicer pri 5 % tveganju.

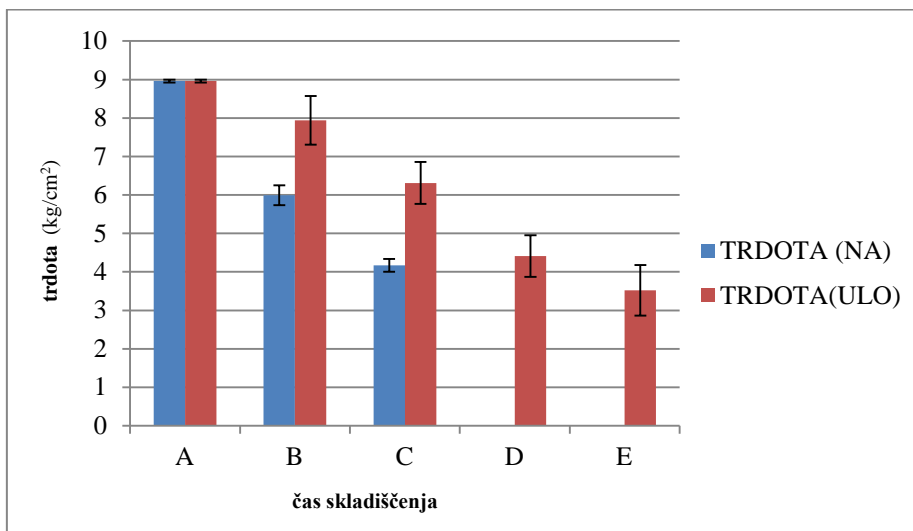
## 4 REZULTATI

Prve meritve, označene z datumom A, smo opravili pred skladiščenjem. Po 49 dneh smo opravili meritve, ki so predstavljene kot datum B. Po 98 dneh smo opravil tretjo meritev, ki sovпада z datumom C. Po preteku 139 dni smo vzorčili še četrtič in označili kot datum D. Zadnje vzorčenje smo opravili po 169. dnevu skladiščenja in označili kot datum E.

Preglednica 4: Čas skladiščenja jabolk s pripadajočimi oznakami

OZNAKA	ČAS SKLADIŠČENJA
A	Pred začetkom skladiščenja
B	Po 49ih dneh
C	Po 98ih dneh
D	Po 139ih dneh
E	Po 169ih dneh

### 4.1 TRDOTA PLODOV MED SKLADIŠČENJEM

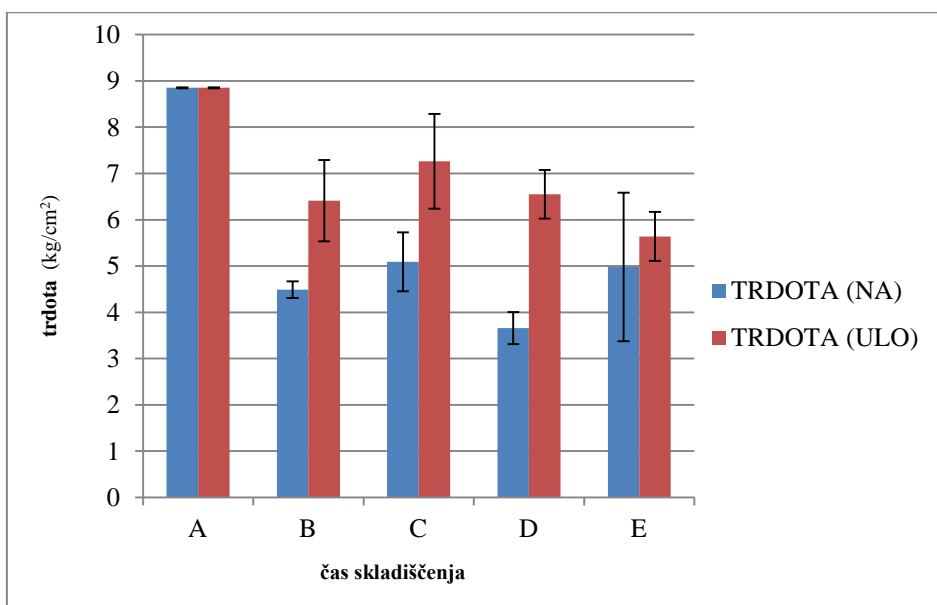


Slika 5: Trdota plodov sorte Ananasova reneta

Pri sorti Ananasova reneta se je trdota iz začetne vrednosti  $8,96 \text{ kg/cm}^2$  znižala pri pogojih NA po 49 dneh na  $5,99 \text{ kg/cm}^2$  in nato po 98 dneh na  $4,17 \text{ kg/cm}^2$ . Pri jabolkih, hranjenih v ULO atmosferi, je bila po 98 dneh vrednost trdote  $6,31 \text{ kg/cm}^2$ . Trdota jabolk, hranjenih v NA atmosferi, se je znižala za 62,6 %. Vzorcem, odvzetim iz ULO atmosfere, se je po 98

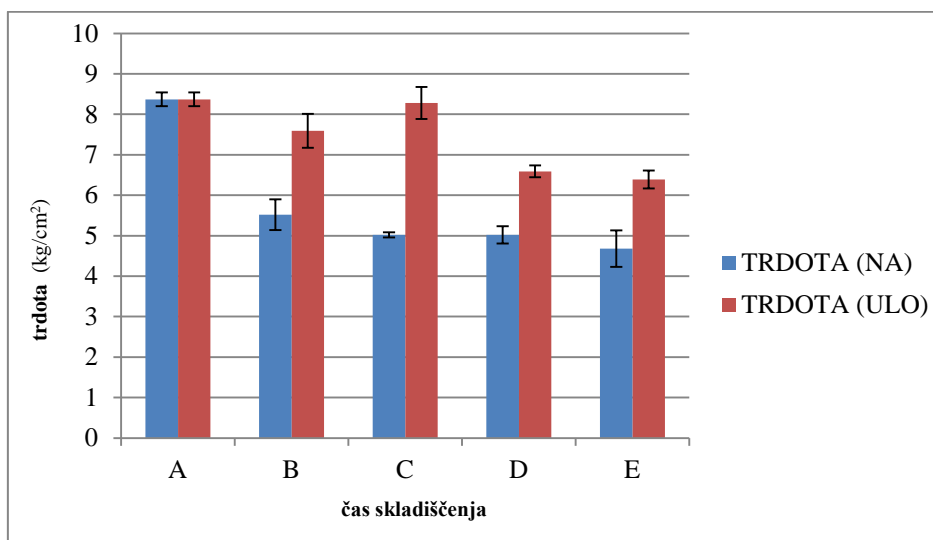


dneh trdnost znižala le za 43,5 %. Skladiščenje v ULO atmosferi je prineslo za skoraj 20 % boljše rezultate. Vzorcem v NA po 98 dneh nismo mogli izmeriti trdote, ker so se plodovi zelo omehčali, začeli gniti in niso bili primerni za meritve s penetrometrom. Trdota plodov v ULO pogojih se je po 139 dneh znižala na 4,41 kg/cm<sup>2</sup> in po 169 dneh na končnih 3,52 kg/cm<sup>2</sup>. Vzorci iz ULO imajo po 139 dneh še vedno višjo trdnost kot plodovi iz NA po 98 dneh.



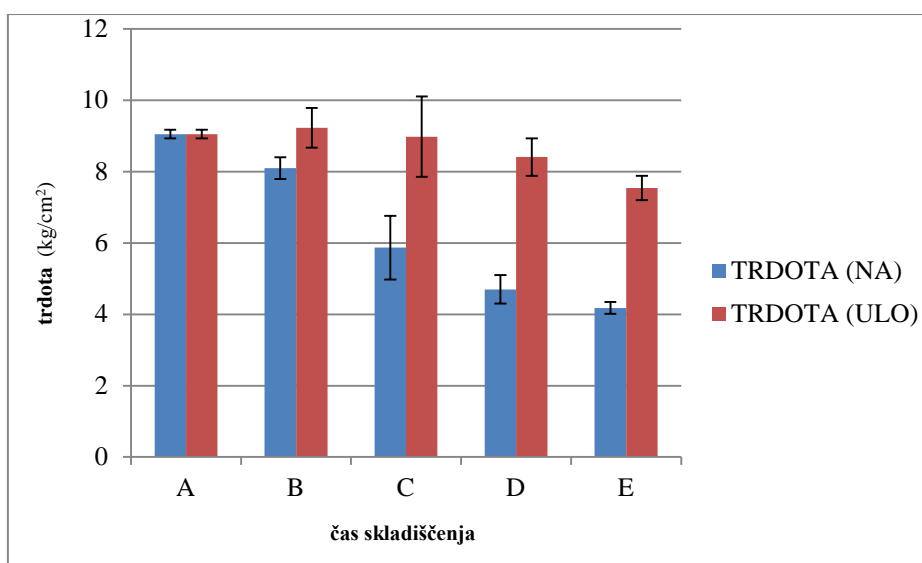
Slika 6: Trdota plodov sorte Boskop

Sorti Boskop smo na začetku izmerili trdoto 8,85 kg/cm<sup>2</sup>. Pri pogojih NA se je trdota hitro znižala že po 49 dneh, in sicer na 4,49 kg/cm<sup>2</sup>. Vrednost se je nato rahlo zvišala na 5,09 kg/cm<sup>2</sup> ter se po 139 dneh ponovno znižala na 3,66 kg/cm<sup>2</sup>. Vrednost je bila 169 dneh 4,98 kg/cm<sup>2</sup>. Tudi pri vzorcih iz ULO so vrednosti rahlo nihale. Po 49 dneh je bila vrednost 6,41 kg/cm<sup>2</sup>, nato se je po 98 dneh zvišala na 7,26 kg/cm<sup>2</sup> in po 139 dneh ponovno znižala na 6,55 kg/cm<sup>2</sup>. Končna vrednost je bila po 169 dneh 5,64 kg/cm<sup>2</sup>. Tukaj rezultati pod pogoji ULO niso bili znatno višji od pogojev NA. Pri pogojih NA se je trdota do konca skladiščenja znižala za 43,7 %, pri ULO pa za 36,3 %. Torej je razlika med tipoma skladiščenja 7,4 % v prid skladiščenju v pogojih ULO.



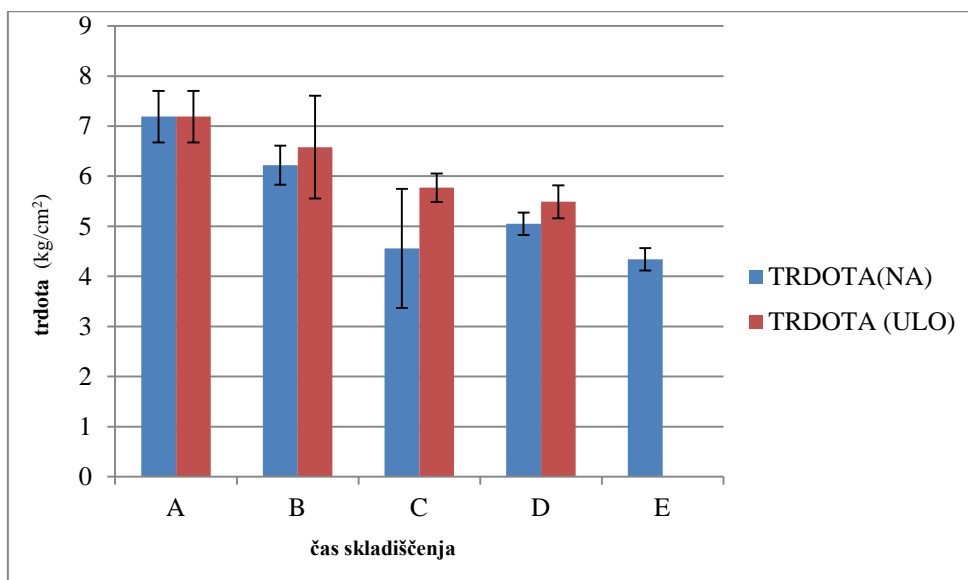
Slika 7: Trdota plodov sorte Carjevič

Pri vzorcih jabolk iz NA se je vrednost iz začetne  $8,37 \text{ kg/cm}^2$  močno znižala že po 49 dneh na  $5,52 \text{ kg/cm}^2$ , po 98 dneh pa na  $5,02 \text{ kg/cm}^2$ , kjer je vrednost ostala enaka tudi po 139 dneh. Končna vrednost je bila po 169 dneh skladiščenja  $4,68 \text{ kg/cm}^2$ . Pri ULO pogojih se je trdota po 49 dneh znižala le na  $7,59 \text{ kg/cm}^2$ , po 139. dnevu skladiščenja pa na  $6,59 \text{ kg/cm}^2$ . Končna vrednost po 169. dneh skladiščenja v ULO je bila  $6,39 \text{ kg/cm}^2$ . Pri jabolkih, skladiščenih v NA, se je trdota plodov po 169 dneh znižala za 44,1 %, pri plodovih v ULO pa je trdota padla le za 23,7 %, torej je skladiščenje v ULO dalo več kot za 20 % višje rezultate.



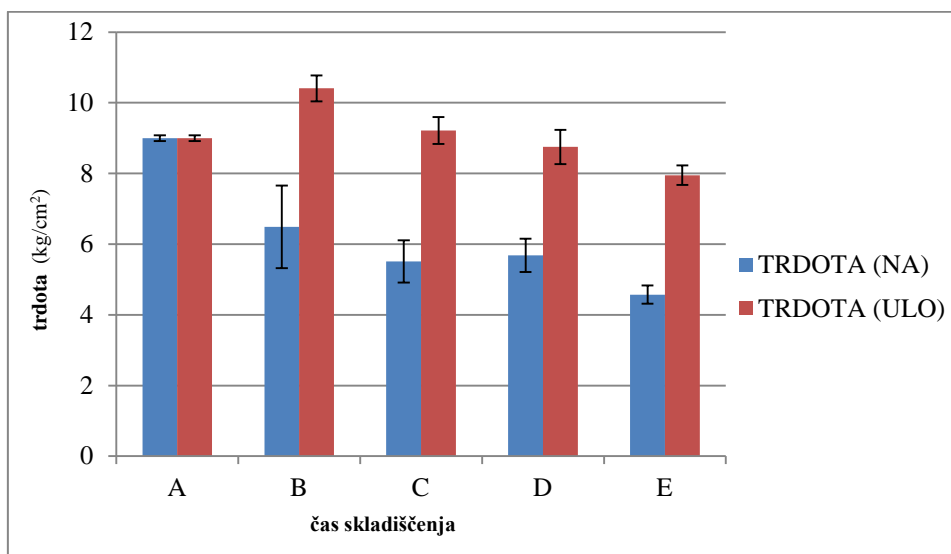
Slika 8: Trdota plodov sorte Majda

Vzorci sorte Majda, skladiščeni v pogojih NA, so bistveno hitreje izgubljali trdoto proti vzorcem, skladiščeni v ULO. Začetna vrednost trdote je bila  $9,05 \text{ kg/cm}^2$ . Po 49 dneh se je v pogojih NA znižala na  $8,10 \text{ kg/cm}^2$  in nato po 98 dneh na  $5,87 \text{ kg/cm}^2$ . Po 139. dnevu skladiščenja odčitamo vrednost  $4,70 \text{ kg/cm}^2$ . Pri zadnjem vzorčenju po 169 dneh se je trdota znižala na  $4,18 \text{ kg/cm}^2$ . Vzorci, skladiščeni v ULO pogojih, so bistveno boljše ohranili trdoto. Po 98 dneh skladiščenja se je trdota znižala na  $8,98 \text{ kg/cm}^2$ , končna vrednost pa je bila po 169 dneh  $7,54 \text{ kg/cm}^2$ . Pri sorti Majda je trdota plodov, hranjenih v NA, padla za 53,8 %, pri vzorcih iz ULO pa le za 16,7 %, torej je rezultat za več kot 37 % v prid skladiščenju v pogojih ULO.



Slika 9: Trdota plodov sorte Šampanjska reneta

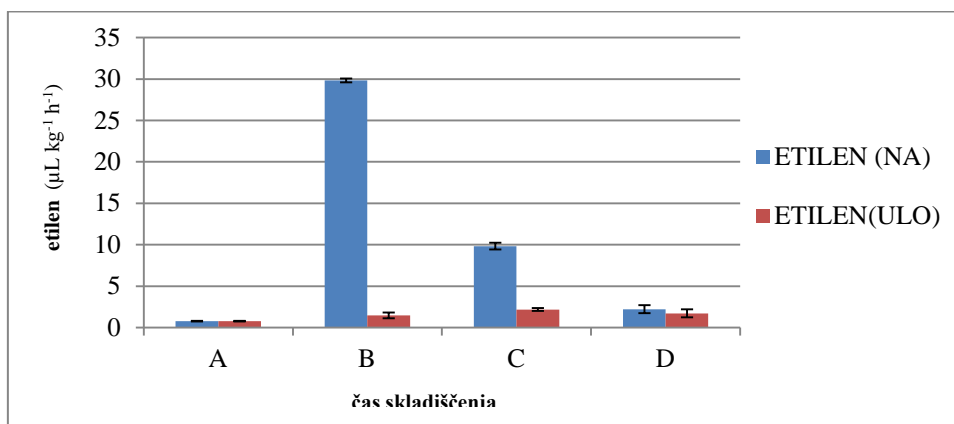
Za razliko od sorte Majda so bile razlike med pogoji ULO in NA pri sorti Šampanjska reneta manjše. Rezultati trdote jabolk, hranjenih v ULO, so bili le za odtenek boljši kot pri NA. Začetna vrednost  $7,19 \text{ kg/cm}^2$  se je po 49 dneh znižala na  $6,22 \text{ kg/cm}^2$  pri NA in na  $6,58 \text{ kg/cm}^2$  pri vzorcih iz ULO. Večja razlika je po 98 dneh, ko se vrednost v NA zniža na  $4,56 \text{ kg/cm}^2$ , pri ULO pa na  $5,77 \text{ kg/cm}^2$ . Po 139 dneh je vrednost vzorcev iz NA  $5,05 \text{ kg/cm}^2$ , vrednost pri ULO pa  $5,49 \text{ kg/cm}^2$ . Plodovi skladiščeni v ULO pogojih so se preveč zmehčali in niso bili primerni za meritev trdote po 169 dneh. Vrednost trdote pri plodovih v NA se zniža za 29,8 %, pri ULO pa za 23,6 %. Torej je razlika med tipoma skladiščenja le za 6,2 % v prid pogojem ULO.



Slika 10: Trdota plodov sorte Zlata parmena

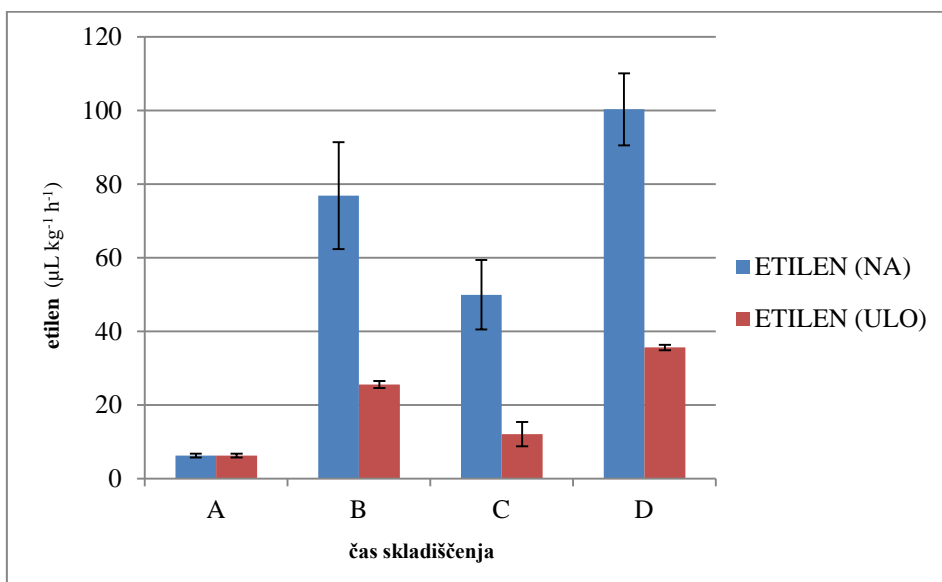
Tudi pri sorti Zlata parmena so bili rezultati ULO bistveno boljši, kot pri vzorcih iz pogojev NA. Začetna vrednost  $9,00 \text{ kg/cm}^2$  se je plodom v NA hitro znižala že po 49 dneh na  $6,49 \text{ kg/cm}^2$ . Po 98 dneh smo izmerili  $5,51 \text{ kg/cm}^2$ , po 139 dneh opazimo rahlo višjo vrednost  $5,68 \text{ kg/cm}^2$ . Končna vrednost je bila po 169 dneh  $4,57 \text{ kg/cm}^2$ . V pogojih ULO se je po 49 dneh trdota celo rahlo zvišala na  $10,41 \text{ kg/cm}^2$ , nato se po 98 dneh zniža na  $9,22 \text{ kg/cm}^2$  in po 139 dneh na  $8,75 \text{ kg/cm}^2$ . Vrednost po 169 dneh skladiščenja je bila  $7,95 \text{ kg/cm}^2$ . Trdota plodov se pri skladiščenju v NA zniža po 169 dneh za 47,2 %, vzorcem v ULO pa le za 11,7 %. Tukaj je torej razlika med tipoma skladiščenja največja, kar 35,5 %.

#### 4.2 IZLOČANJE ETILENA MED SKLADIŠČENJEM



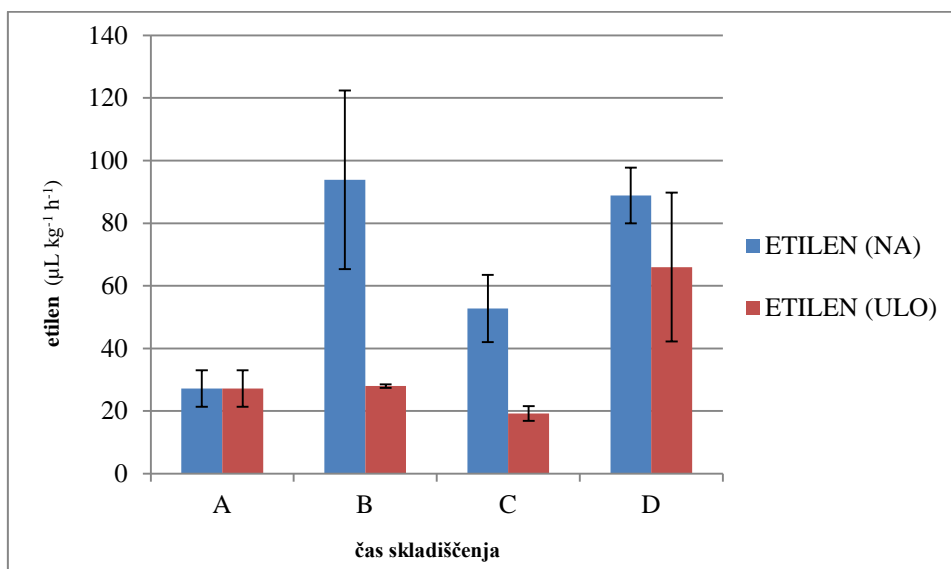
Slika 11: Izločanje etilena pri sorti Ananasova reneta

Izločanje etilena pri sorti Ananasova reneta je bilo pričakovano večje v pogojih NA kot pri ULO. Začetna izmerjena vrednost izločanja etilena je bila  $0,78 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Pri vzorcih, skladiščenih v pogojih NA, se je po 49 dneh vrednost močno povešala na  $29,83 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$  in nato po 98 dneh spet padla na  $9,83 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Po 139 dneh smo odčitali vrednost  $2,22 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Plodom Ananasove renete, hranjenim v ULO, se je vrednost izločanja etilena po 49 dneh povešala le na  $1,47 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$  in po 98 dneh na  $2,17 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Po 139 dneh se je vrednost spet zmanjšala na  $1,71 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Najbolj opazna razlika je bila po 49 dneh, kjer je bila vrednost izločanja etilena v NA kar za 20 krat višja kot v pogojih ULO.



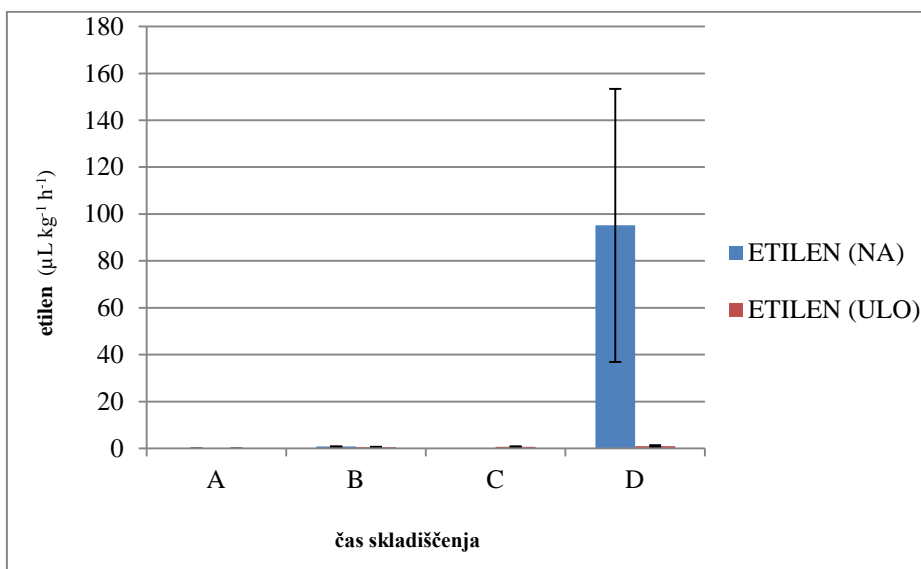
Slika 12: Izločanje etilena pri sorti Boskop

Pri sorti Boskop smo prav tako pričakovali nižje vrednosti izločanja etilena pri vzorcih, hranjenih v ULO atmosferi. Pred skladiščenjem smo izmerili vrednost  $6,25 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Po 49 dneh je vrednost v pogojih NA skokovito narasla na  $76,80 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$  in nato po 98 dneh padla na  $49,94 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Po preteku 139 dni smo izmerili  $100,35 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Plodovom, hranjenim v ULO, se je vrednost izločanja etilena po 49 dneh zvišala na  $25,54 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$  in po 98 dneh, prav tako kot v NA, znižala na  $12,04 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Na 139. dan skladiščenja smo izmerili  $35,63 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Če primerjamo vrednosti po 139 dneh skladiščenja, je vrednost izločanja etilena skoraj 3 krat nižja pri plodovih, skladiščenih v pogojih ULO.



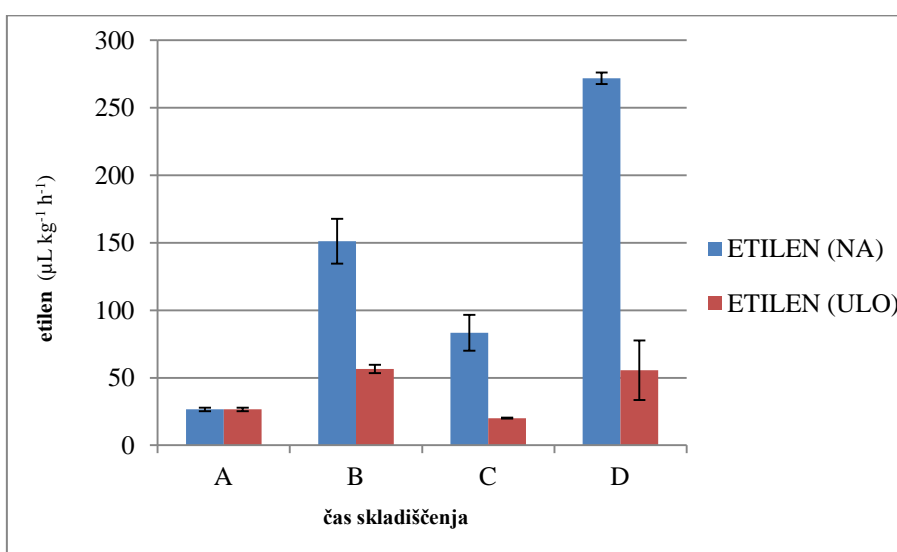
Slika 13: Izločanje etilena pri sorti Carjevič

Pri sorti Carjevič so bile glede na ostale sorte že začetne vrednosti izločanja etilena višje. Pred skladiščenjem je bila vrednost namreč  $27,18 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Vrednost je po 49 dneh v NA pogojih narasla na  $93,87 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Vrednost se po 98 dneh ponovno zniža na  $42,74 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Po 139 dneh skladiščenja v NA odčitamo ponovno višjo vrednost  $88,86 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Vzorcem iz pogojev ULO se po 49 dneh vrednost izločanja etilena zviša le za odtenek na  $28 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Po 98 dneh vrednost pade na  $19,22 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Končna vrednost po 139 dneh je bila spet višja, in sicer  $65,99 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Tudi tukaj je bilo izločanje etilena manjše v ULO. Če primerjamo po 139 dneh skladiščenja, je vrednost v pogojih ULO manjša za  $22,87 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ .



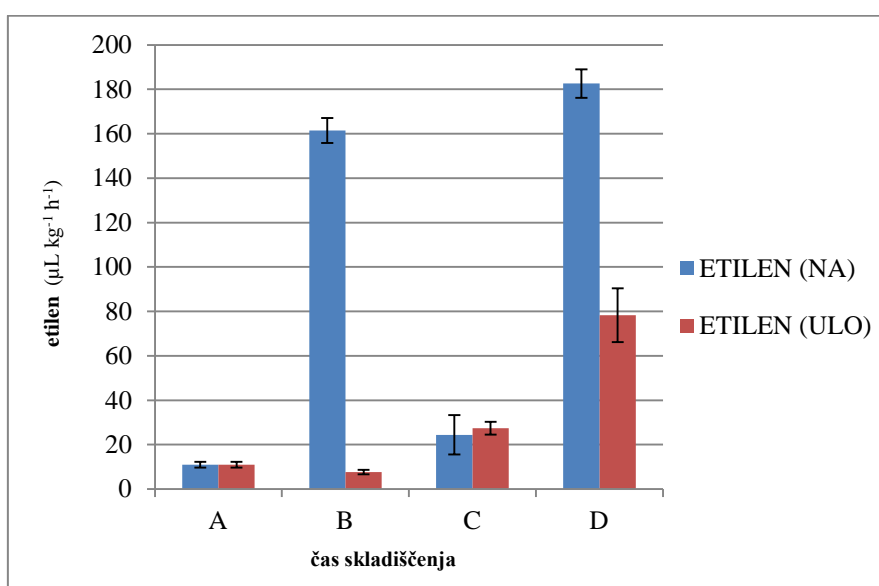
Slika 14: Izločanje etilena pri sorti Majda

Prva meritev vrednosti izločanja etilena pri sorti Majda ni pokazala prisotnosti le-tega. Vrednost izločanja etilena je v NA po 49 dneh znašala le  $0,78 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ , a ga po 98 dneh ponovno nismo zaznali. Izmerjena vrednost po 139 dneh pa je bila kar  $95,18 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$  a z velikim odstopanjem. Pri vzorcih iz pogojev ULO je bila po 49 dneh vrednost izločanja etilena  $0,56 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ , po 98 dneh  $0,69 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$  in končna vrednost po 139 dneh je bila  $0,98 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Tako smo pri sorti Majda ob zadnjem vzorčenju bili deležni največje razlike med skladiščenjem v ULO in NA pogojih.



Slika 15: Izločanje etilena pri sorti Šampanjska reneta

Pri sorti Šampanjska reneta je bila izmerjena vrednost izločanja etilena pred skladiščenjem  $26,59 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . V pogojih ULO se je po 49 dneh vrednost več kot podvojila na  $56,43 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$  ter po 98 dneh ponovno znižala na  $20,09 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Po 139. dneh skladiščenja smo izmerili vrednost  $55,50 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . V pogojih NA se vrednost izločanja etilena po 49 dneh močno zviša na  $151,17 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$  in se nato po 98 dneh skorajda razpolovi na  $83,41 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Zadnja odčitana vrednost je bila po 139. dnevu, in sicer kar  $271,88 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ , kar je najvišja odčitana vrednost izločanja etilena med skladiščenjem pri vseh vzorcih in je skoraj 5 krat višja kot v pogojih ULO.

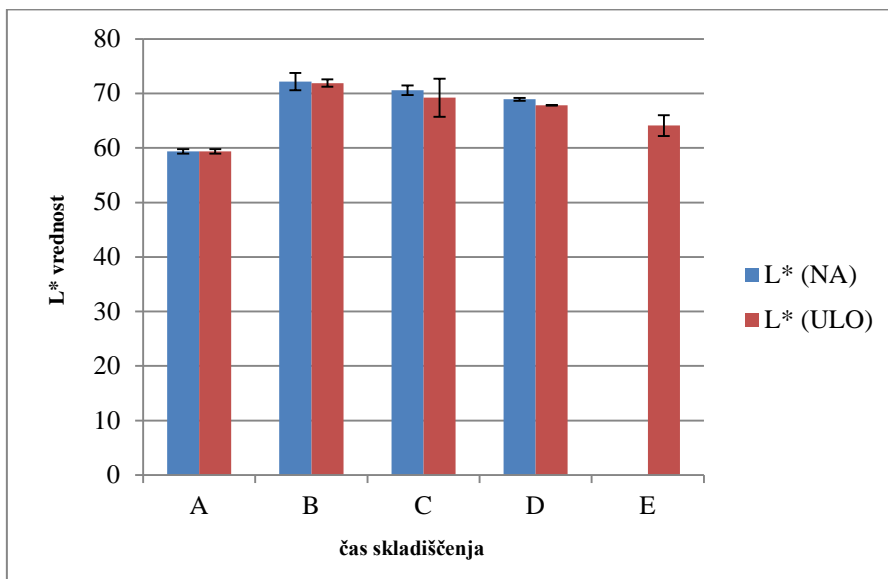


Slika 16: Izločanje etilena pri sorti Zlata parmena

Začetna izmerjena vrednost izločanja etilena pri sorti Zlata parmena je bila  $10,98 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . V pogojih NA je bila po 49 dneh skladiščenja vrednost kar  $161,48 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Vrednost je nato po 98 dneh močno padla na  $24,41 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$  in se po 139 dneh ponovno močno zvišala na končnih  $182,63 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Vzorcem iz pogojev ULO smo po 49 dneh izmerili rahlo znižanje na  $7,63 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ , a se je po 98 dneh vrednost zvišala na  $27,44 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Po preteku 139 dni smo izmerili končno vrednost  $78,28 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Vrednost izločanja etilena je bila tako po 139 dneh v ULO pogojih več kot za 2 krat nižja kot pri vzorcih iz pogojev NA.

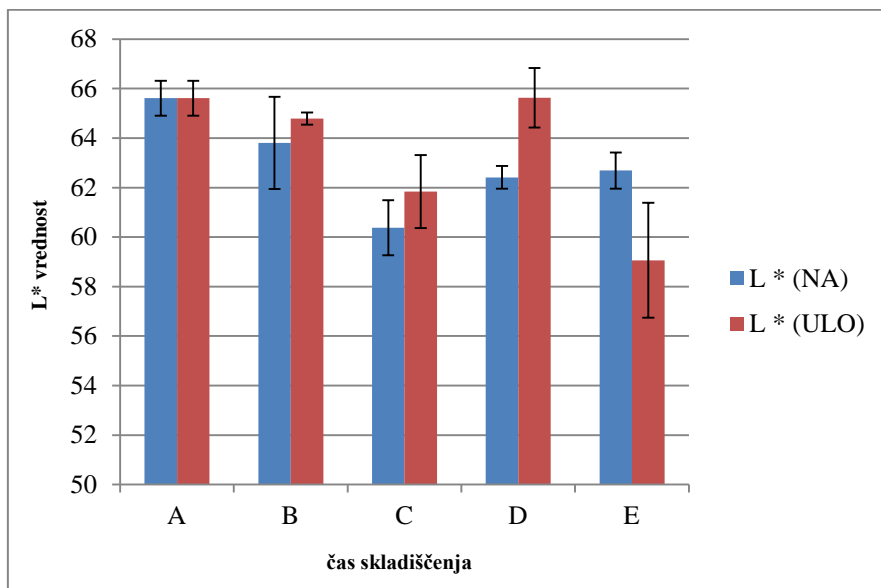


## 4. 3 VREDNOSTI BARVNEGA PARAMETRA L\*



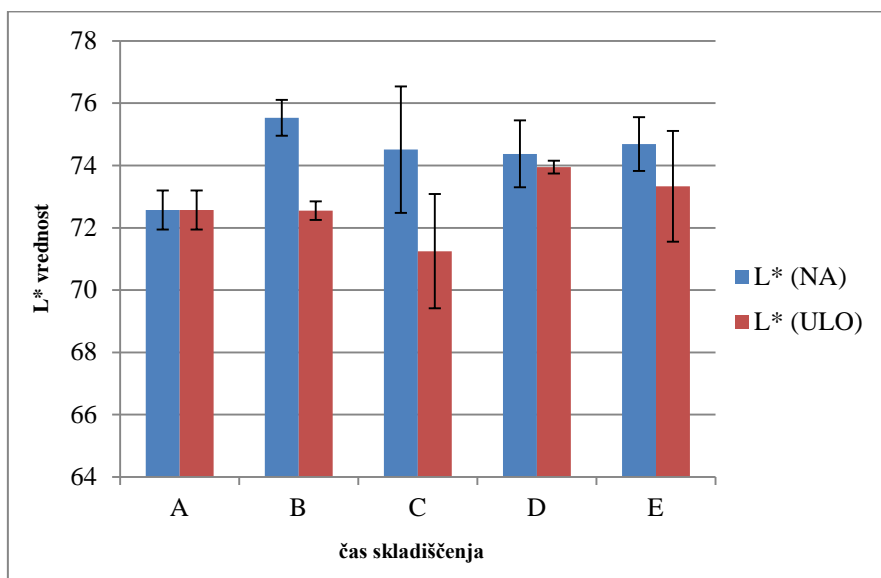
Slika 17: Barvni parameter L\* za sorto Ananasova reneta

Vrednost parametra L\* pred skladiščenjem za sorto Ananasova reneta je znašala 59,37. Vrednost se je nato po 49 dneh povišala na 72,18 pri vzorcih v pogojih NA in na 71,90 pri vzorcih v pogojih ULO. Vrednost je nato pričakovano počasi padala. Vzorcem iz pogojev NA smo odčitali vrednost 70,60 po 98 dneh in 68,93 po 139 dneh. Vrednosti po 169 dneh nismo mogli odčitati, saj so vzorci zgnili. Rezultati plodov iz pogojev ULO so bili za malenkost nižji. Na 98. dan smo izmerili 69,22 in nato po 139 dneh 67,83. L\* vrednost je bila v pogojih ULO po 169 dneh 64,10.



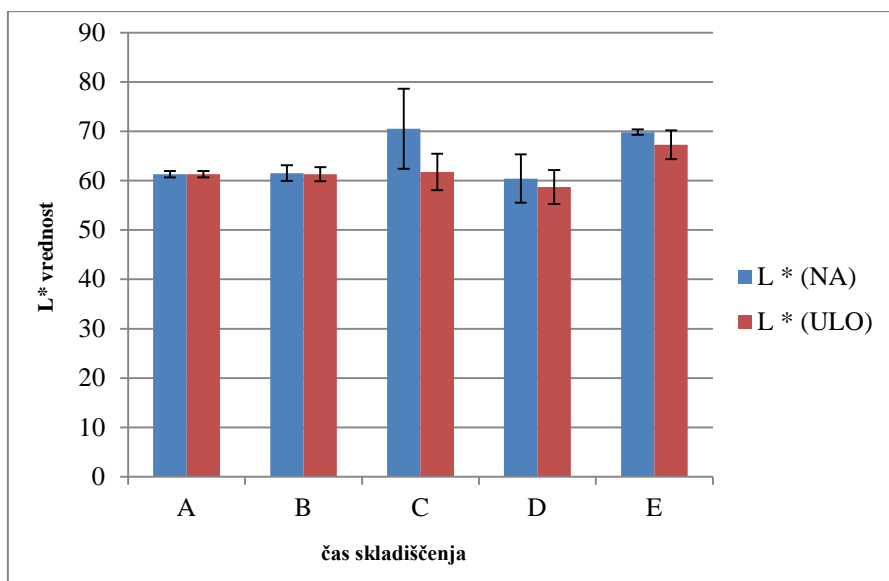
Slika 18: Barvni parameter L\* za sorto Boskop

Pri sorti Boskop je vrednost L\* iz začetne 65,61 pri plodovih iz pogojev NA po 49 dneh padla na 63,80 in po 98 dneh na 60,38. Vrednost je nato po 139 dnevnu narasla na 62,41 in po 169. dnevnu smo odčitali končno vrednost 62,69. Vzorcem iz pogojev ULO je vrednost L\* po 49 dneh le malenkost padla na 64,79, a je nato po 98 dneh bila že 61,84. Po 169 dneh pa se je vrednost znižala na 59,06.



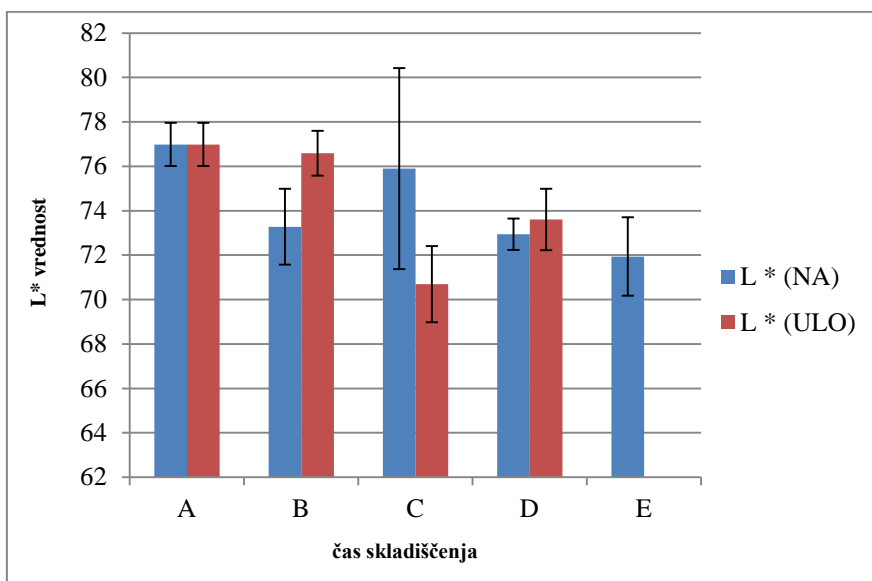
Slika 19: Barvni parameter L\* za sorto Carjevič

Pri sorti Carjevič začetna vrednost  $L^*$  72,57 pri vzorcih v pogojih NA po 49 dneh naraste na 75,53 in se potem niža. Po 98 dneh je vrednost 74,51, vrednost po 139 dneh je 74,37 in končna vrednost po 169 dneh je 74,69. Vrednost pri vzorcih skladiščenih v pogojih ULO pa se po 49 dneh zniža za odtenek na 72,55, nato vrednost pade po 98 dneh na 71,25. Vrednost  $L^*$  po 139 dneh naraste na 73,95 in doseže vrednost 73,33 po 169 dneh.



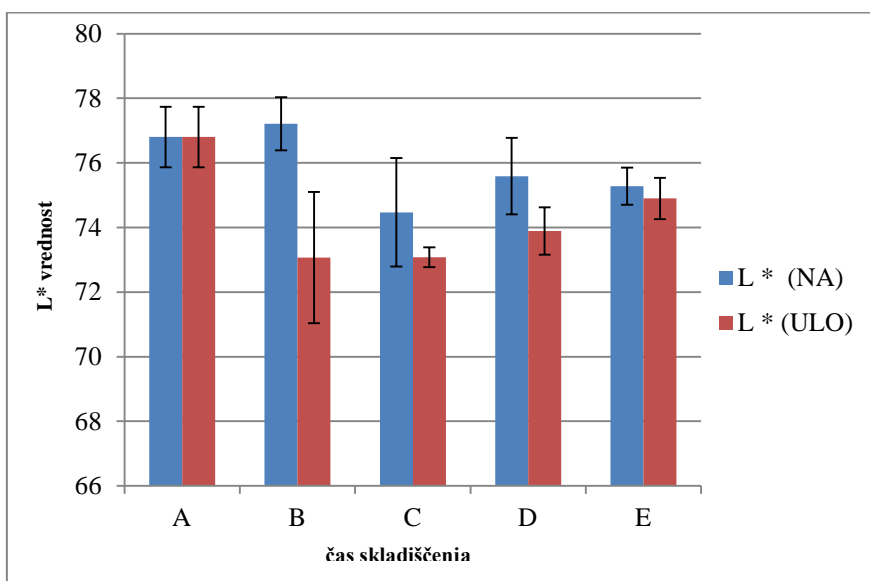
Slika 20: Barvni parameter  $L^*$  za sorto Majda

Začetna vrednost  $L^*$  parametra za sorto Majda je bila 61,32. Vrednost je nato v pogojih NA narasla po 49 dneh na 61,53 in se nato po 98 dneh zvišala na 70,54, a je bilo odstopanje veliko, zato rezultat ni pravi pokazatelj vrednosti. Po 139 dneh je bila vrednost 60,42 in po 169 dneh 69,83. Vrednost  $L^*$  parametra v pogojih ULO je bila po 49 dneh 61,30 in po 98 dneh 61,77, nato pa je po 139 dneh padla na 58,72 in se po 169 dneh ponovno zvišala na 67,28.



Slika 21: Barvni parameter L\* za sorto Šampanjska reneta

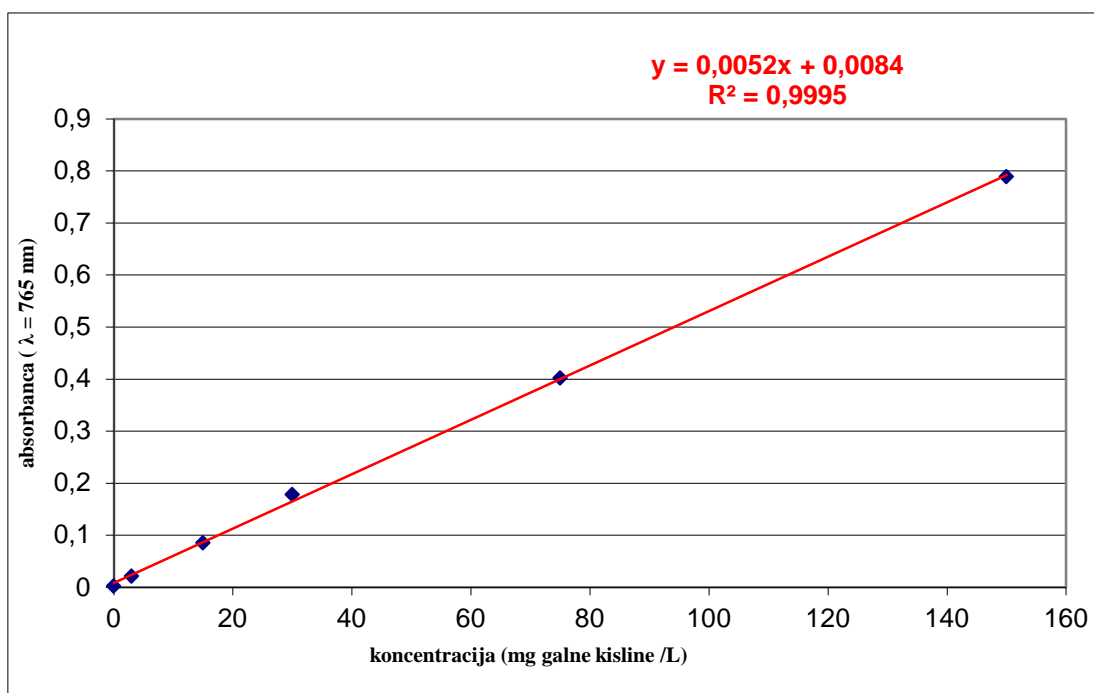
Začetna izmerjena vrednost parametra L\* za sorto Šampanjska reneta je bila 76,98. Pri vzorcih pod pogoji NA se je po 49 dneh spustila na 73,28 in ponovno zrasla po 98 dneh na 75,90. Po 139 dneh je bila vrednost 72,94, po 169 dneh pa se je še znižala na 71,94. Pri vzorcih v pogojih ULO se je po 49 dneh vrednost L\* znižala le za malenkost na 76,59, a se je nato po 98 dneh močno znižala na 70,69. Barvni parameter L\* se je po 139 dneh ponovno zvišal na 73,61. Vrednosti po 169 dneh skladiščenja nismo mogli odčitati zaradi prisotnosti gnilobe.



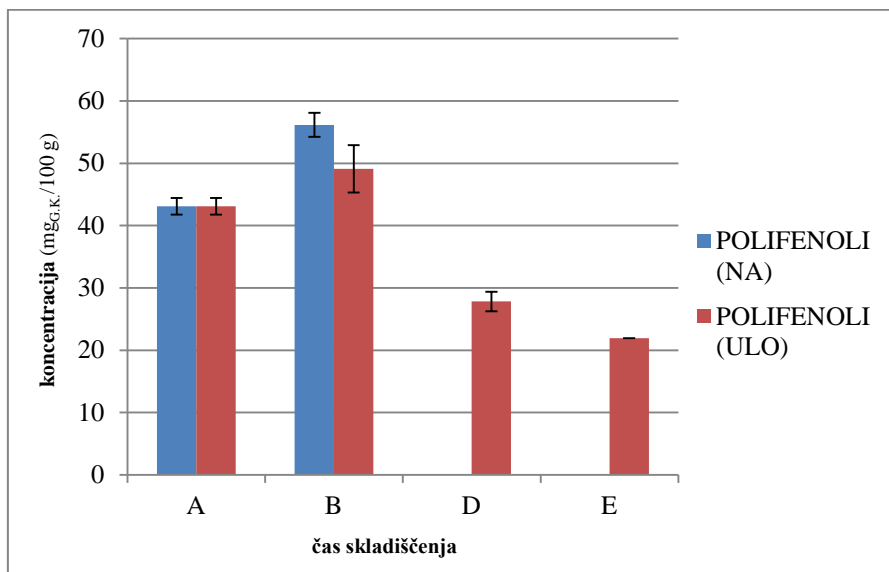
Slika 22: Barvni parameter L\* za sorto Zlata parmena

Začetna izmerjena vrednost barvnega parametra  $L^*$  pri sorti Zlata parmena je bila 76,80. V pogojih NA je po 49 dneh vrednost narasla na 77,21 in se nato po 98 dneh znižala na 74,47. Po preteku 139 dni smo izmerili 75,59 in na koncu po 169 dneh je bila  $L^*$  vrednost 75,28. Vzorcem v pogojih ULO se je vrednost po 49 dneh znižala na 73,07 in je po 98 dneh ostala podobna 73,08. Vrednost se je nato rahlo zvišala, in sicer po 139 dneh na 73,89 in po 169 dneh na končnih 74,90. Vzorcem v pogojih ULO smo pri vseh vzorčenjih izmerili nižje vrednosti parametra  $L^*$  kot pri vzorcih v pogojih NA.

#### 4.4 SKUPNI FENOLI (POLIFENOLI)

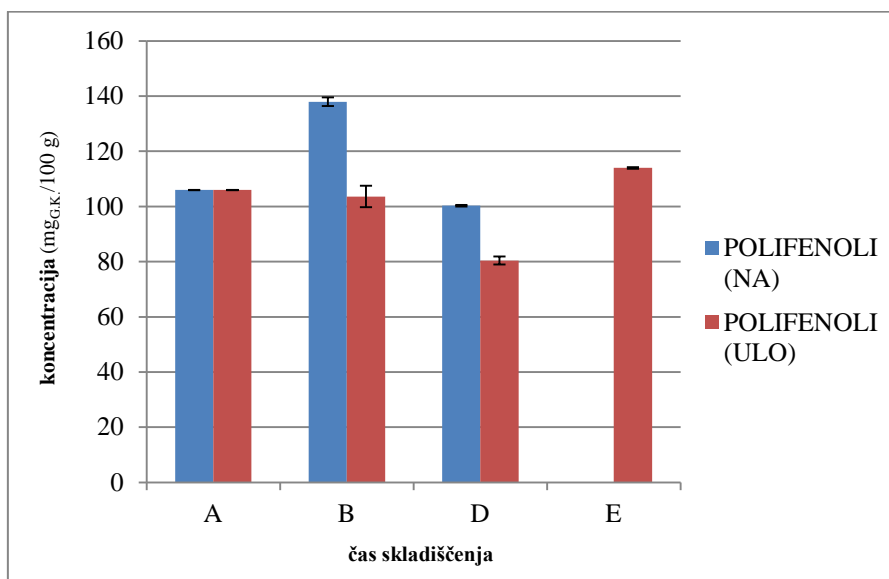


Slika 23: Umeritvena krivulja za določanje skupnih fenolov po Singletonu in Rossiju



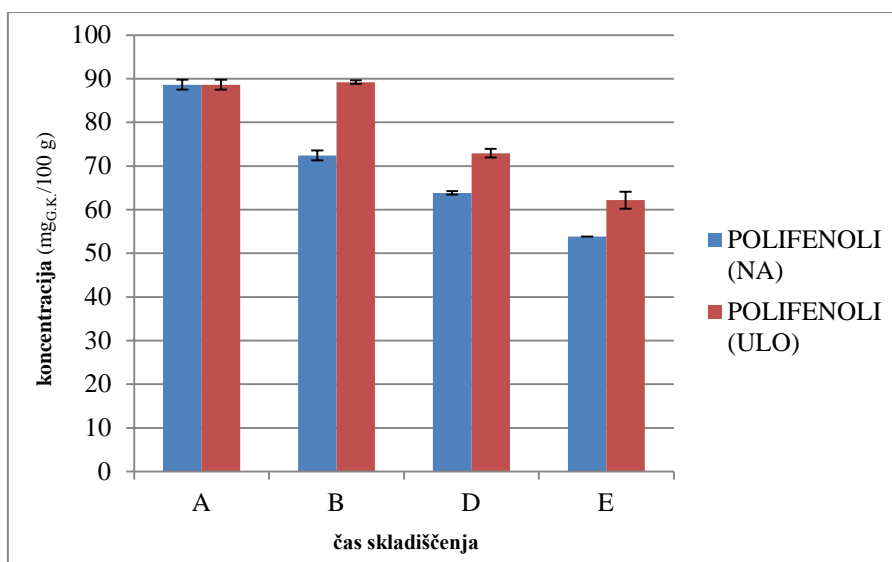
Slika 24: Vsebnost skupnih fenolov v sorti Ananasova reneta

Začetna vrednost skupnih fenolov v sorti Ananasova reneta je bila 43,08 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Koncentracija skupnih fenolov v pogojih NA se je po 49 dneh zvišala na 56,15 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Vzorci so po 139 dneh skladiščenja bili neprimerni za kemijsko analizo skupnih fenolov. Po 49 dneh se je vsebnost skupnih fenolov v pogojih ULO prav tako zvišala na 49,10 mg<sub>G.K.</sub>/100 g, a se je nato nižala. Po 139 dneh smo odčitali vrednost 27,82 mg<sub>G.K.</sub>/100 g in po 169 dneh 21,92 mg<sub>G.K.</sub>/100 g.



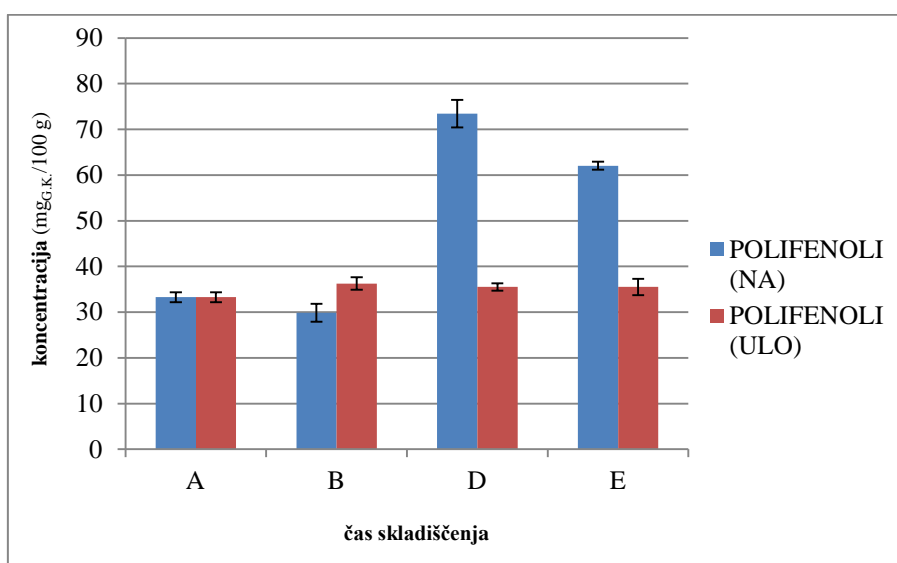
Slika 25: Vsebnost skupnih fenolov v sorti Boskop

Začetna vrednost skupnih fenolov sorte Boskop je bila visoka. Izmerili smo 105,96 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Po 49 dneh se je vrednost v NA povišala na 137,95 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Po 139 dneh smo odčitali vrednost 100,32 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Plodovi po 169 dneh skladiščenja niso bili več primerni za merjenje skupnih fenolov. Tukaj torej lahko trdimo, da je vsebnost fenolov dokaj stabilna, saj je vrednost po 139 dneh zelo podobna začetni. Pri vzorcih, odvzetih iz pogojev ULO, smo odčitali po 49 dneh vrednost 103,59 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Po 139 dneh je bila koncentracija le 80,4 mg<sub>G.K.</sub>/100 g, a se je vrednost ponovno zvišala po 169 dneh na 113,97 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Tukaj je bila končna vrednost celo višja kot na začetku skladiščenja.



Slika 26: Vsebnost skupnih fenolov v sorti Carjevič

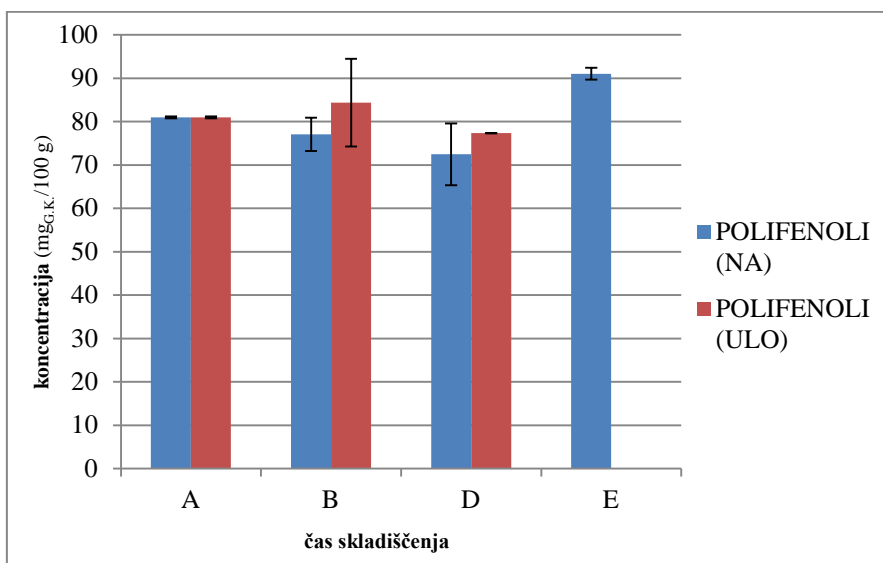
Začetna vrednost skupnih fenolov pred skladiščenjem sorte Carjevič je bila 88,65 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Pod pogoji NA se je vrednost po 49 dneh znižala na 72,44 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Ko je preteklo 139 dni skladiščenja, smo odčitali vrednost 63,85 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Končna vrednost po 169 dneh skladiščenja je bila 53,85 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Vzorcem v pogojih ULO smo po 49 dneh izmerili vrednost 89,23 mg<sub>G.K.</sub>/100 g, torej je vrednost ostala približno enaka. Po 139 dneh smo odčitali vrednost 72,95 mg<sub>G.K.</sub>/100 g in po 169 dneh je bila končna vrednost 62,18 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Vsebnost skupnih fenolov se je skozi skladiščenje počasi znižala, a pri vzorcih v pogojih ULO malenkost počasneje.



Slika 27: Vsebnost skupnih fenolov v sorti Majda

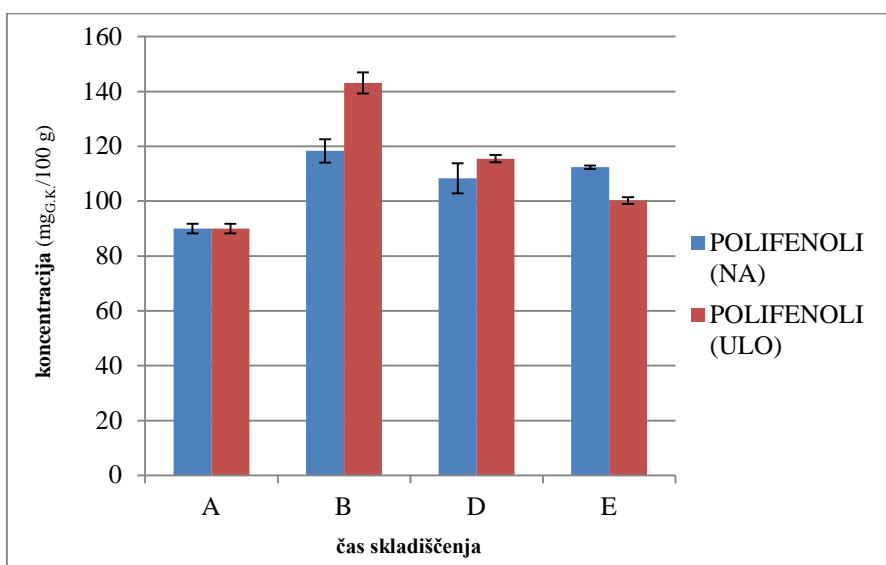
Vrednost skupnih fenolov pri sorti Majda je bila pred skladiščenjem 33,27 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Vrednost je v pogojih NA po 49 dneh rahlo padla na 29,87 mg<sub>G.K.</sub>/100 g, a se je po 139 dneh skladiščenja močno povečala na 73,46 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Končna vrednost po 169 dneh skladiščenja je bila 62,05 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Torej je bila končna vrednost skoraj 2 krat višja kot vrednost pred skladiščenjem. V pogojih ULO smo po 49 dneh odčitali vrednost 36,28 mg<sub>G.K.</sub>/100 g, torej rahlo zvišanje koncentracije skupnih fenolov. Ta koncentracija je nato rahlo padla po 139 dneh na 35,51 mg<sub>G.K.</sub>/100 g in se ohranila na enaki koncentraciji tudi po 169. dnevu skladiščenja. Pri skladiščenju v pogojih ULO lahko razberemo, da je koncentracija ostala konstantna v celotnem obdobju skladiščenja. Skupni fenoli pri plodovih v pogojih NA pa so se pri tretjem vzorčenju več kot podvojili.





Slika 28: Vsebnost skupnih fenolov v sorti Šampanjska reneta

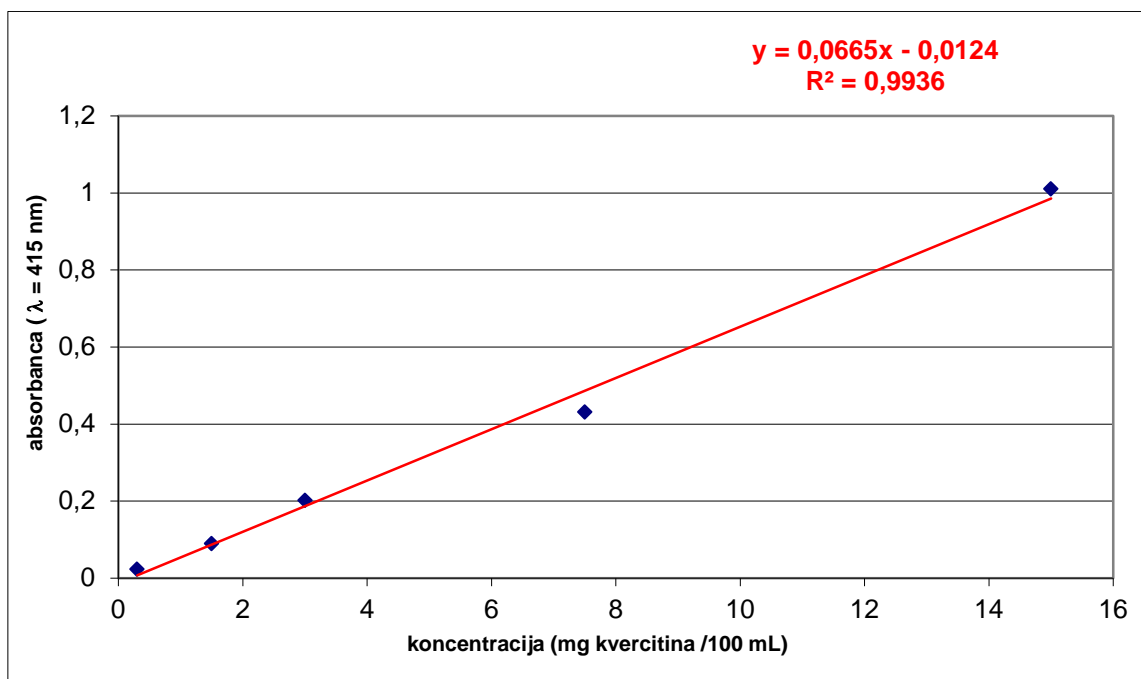
Teorijo o ohranitvi skupnih fenolov skozi skladiščenje ne glede na tip skladiščenja potrjuje sorta Šampanjska reneta. Začetna izmerjena vrednost je bila 80,96 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Vrednost vzorcev v pogojih NA po 49 dneh rahlo pade na 77,05 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Po 139 dneh skladiščenja vrednost še pade na 72,44 mg<sub>G.K.</sub>/100 g, a po 169. dnevu ponovno naraste na končnih 91,03 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Pri vzorcih v pogojih ULO smo odčitali po 49 dneh rahlo zvišanje koncentracije skupnih fenolov na 84,36 mg<sub>G.K.</sub>/100 g in nato po 139. dnevu rahlo znižanje na 77,31 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Vrednosti skupnih fenolov po 169 dneh skladiščenja nismo mogli izmeriti, saj so vzorci propadli zaradi gnilobe.



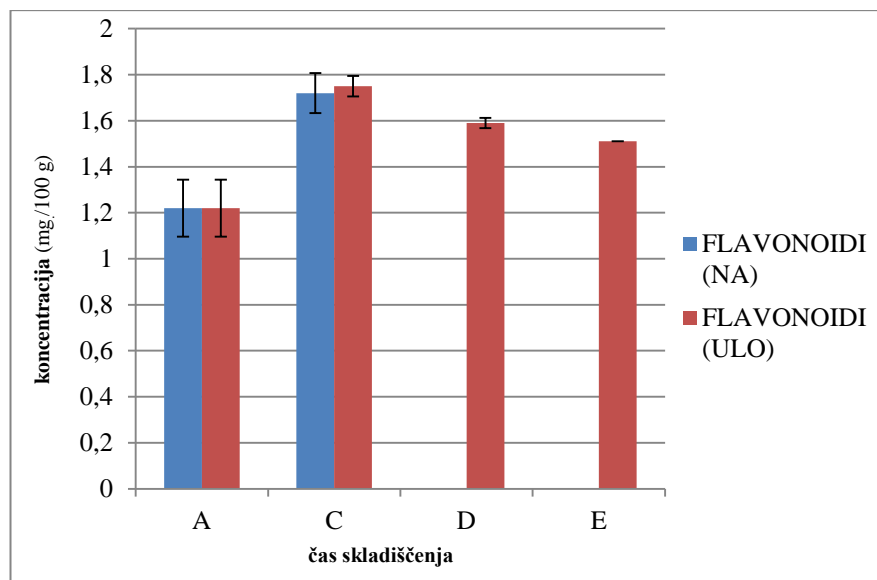
Slika 29: Vsebnost skupnih fenolov v sorti Zlata parmena

Pri sorti Zlata parmena je bila izmerjena začetna vrednost skupnih fenolov 90,00 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Ta se je v pogojih NA po 49 dneh zvišala na 118,33 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Koncentracija je po 139 dneh rahlo padla na 108,33 mg<sub>G.K.</sub>/100 g in se po 169 dneh ponovno zvišala na 112,37 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Povečanje vrednosti skupnih fenolov v pogojih NA je lahko posledica višje vsebnosti etilena. Pri vzorcih v pogojih ULO se je koncentracija skupnih fenolov po 49 dneh močno povišala na 143,08 mg<sub>G.K.</sub>/100 g, nato je koncentracija padala, in sicer po 139 dneh na 115,51 mg<sub>G.K.</sub>/100 g in po 169 dneh na končno vrednost 100,26 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Vsebnost skupnih fenolov je bila po končanem skladiščenju višja kot začetna, tako pri NA, kot tudi pri ULO pogojih skladiščenja.

## 4.5 FLAVONOIDI



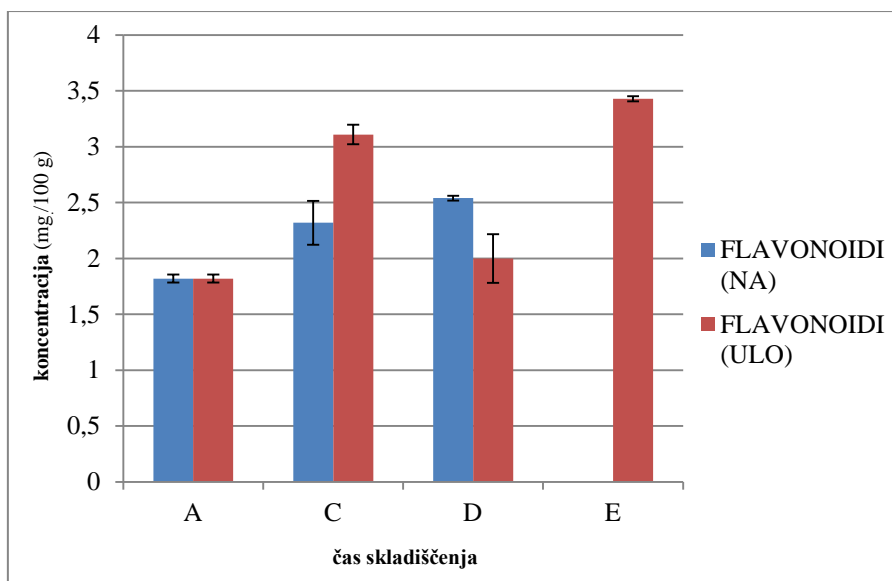
Slika 30: Umeritvena krivulja za določanje flavonoidov



Slika 31: Vsebnost flavonoidov v sorti Ananasova reneta

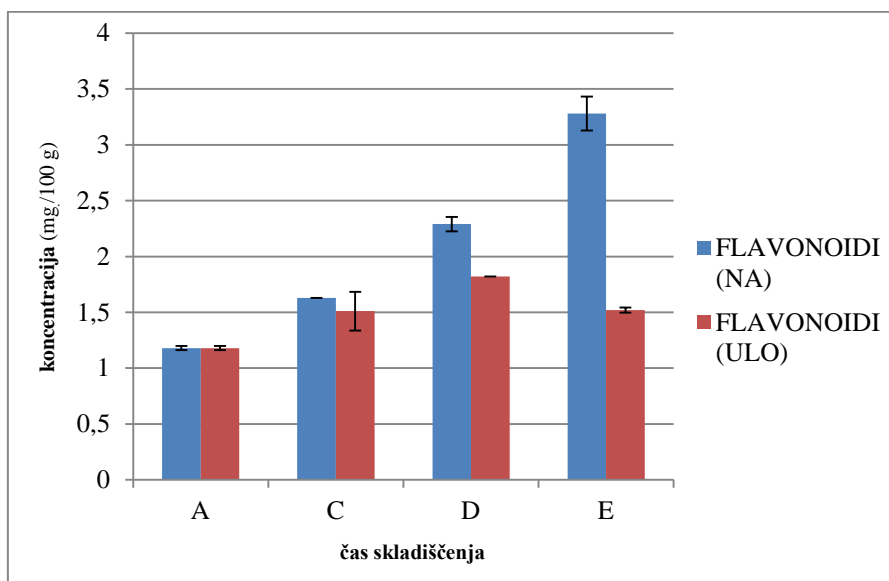
Pri sorti Ananasova reneta smo pred skladiščenjem izmerili začetno vrednost flavonoidov, ki je bila 1,22 mg/100 g. Vrednost je v pogojih NA po 98 dneh narasla na 1,72 mg/100 g. Nadaljnjih analiz žal nismo mogli opraviti, saj so bili vzorci neprimerni za kemijsko analizo vsebnosti flavonoidov. Tudi pri vzorcih v pogojih ULO je po 98 dneh vrednost

narasla na 1,75 mg/100 g, a je nato v nadaljevanju skladiščenja padala. Po 139 dneh smo odčitali 1,59 mg/100 g in po 169 dneh 1,51 mg/100 g. Tukaj lahko vidimo, da večjega vpliva na koncentracijo flavonoidov skladiščenje nima, saj ostajajo koncentracije nekje podobne. Predvidevamo lahko, da bi se vsebnost tudi pri NA začela nižati proti koncu skladiščenja, a je zaradi propada vzorcev nismo mogli izmeriti.



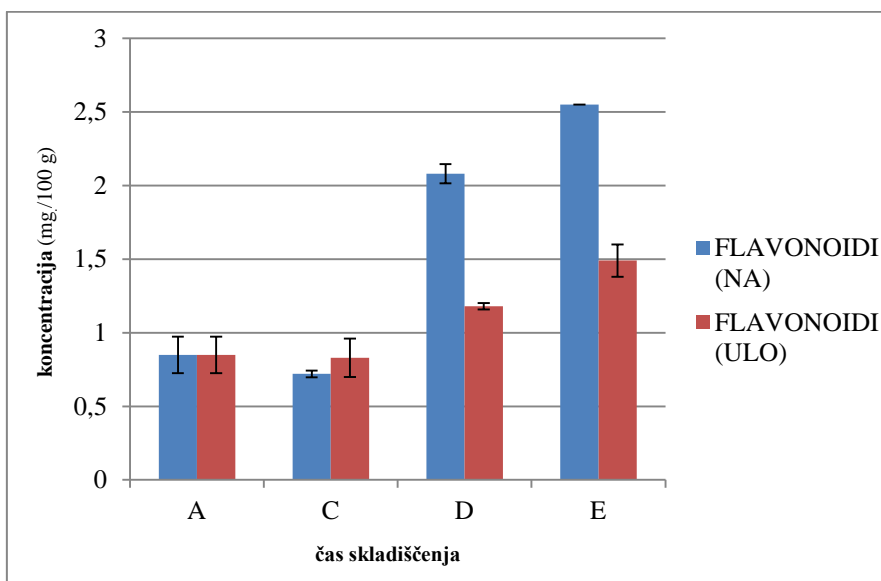
Slika 32: Vsebnost flavonoidov v sorti Boskop

Vsebnost flavonoidov pri sorti Boskop se iz začetne vrednosti 1,82 mg/100 g pri pogojih NA po 98 dneh zviša na 2,32 mg/100 g. Odčitana vrednost po 139 dneh je bila 2,54 mg/100 g, torej se je vrednost v obdobju skladiščenja rahlo povečevala. Končne vrednosti po 169 dneh nismo mogli izračunati, saj so vzorci zgnili. Vrednost pri jabolkih, skladiščenih v pogojih ULO, se je po 98 dneh zvišala celo na 3,11 mg/100 g, a se je vrednost nato po 139 dneh znižala na 2,00 mg/100 g. Ko je preteklo 169 dni, smo izmerili končno koncentracijo 3,43 mg/100 g. Pri sorti Boskop torej opazimo, da se začetna vrednost flavonoidov tako pri NA kot tudi pri ULO poveča med skladiščenjem.



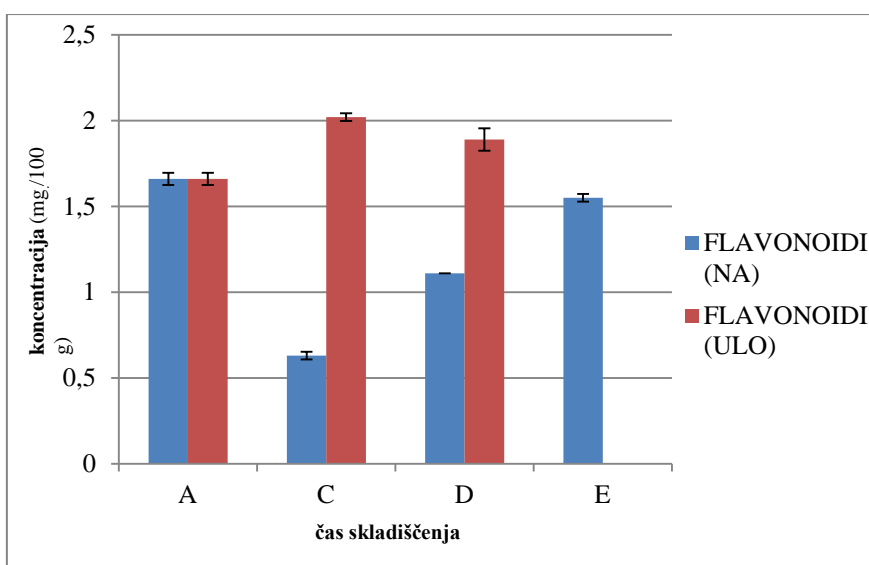
Slika 33: Vsebnost flavonoidov v sorti Carjevič

Pri sorti Carjevič pa smo opazili višje koncentracije flavonoidov skozi skladiščenje pri vzorcih v pogojih NA. Začetna vrednost je bila 1,18 mg/100 g. Pri plodovih v pogojih NA se je vsebnost flavonoidov linearno povečevala. Po 98 dneh smo izmerili 1,63 mg/100 g. Po 139 dneh je bila koncentracija flavonoidov že 2,29 mg/100 g. Zadnja izmerjena vrednost po 169 dneh je bila 3,28 mg/100 g. Vzorcem v pogojih ULO se je po 98 dneh koncentracija zvišala na 1,51 mg/100 g. Po 139 dneh se je še zvišala na 1,82 mg/100 g, a je po 169. dnevu koncentracija ponovno padla na 1,52 mg/100 g. Tukaj lahko razberemo, da je po 169 dneh skladiščenja pri sorti Carjevič vsebnost flavonoidov v pogojih NA kar 2 krat višja kot v pogojih ULO.



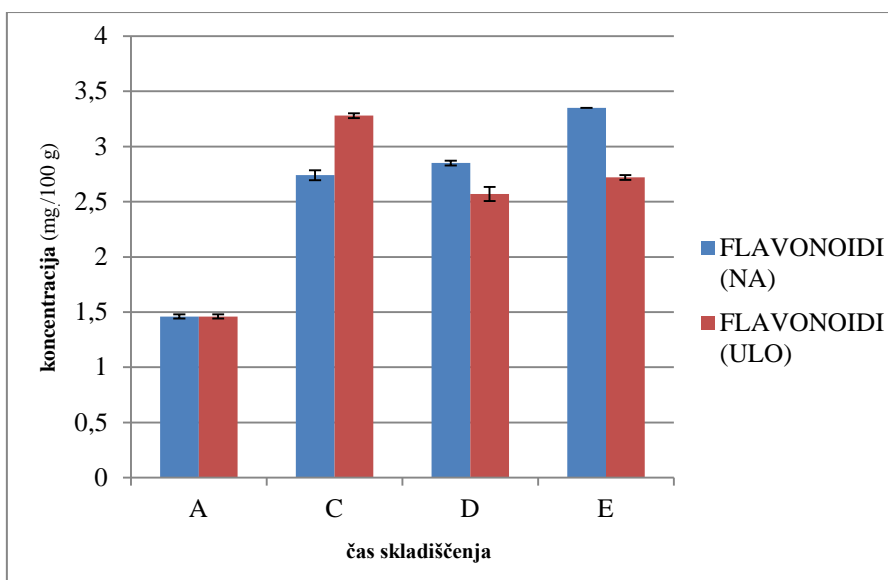
Slika 34: Vsebnost flavonoidov v sorti Majda

Pri sorti Majda smo opazili, da se začetne vrednosti po 98 dneh rahlo znižajo in se nato do konca skladiščenja povišujejo. Tako iz začetne vrednosti 0,85 mg/100 g v pogojih NA po 98 dneh vrednost pade na 0,72 mg/100 g, pri ULO pa na 0,83 mg/100 g. Po 139. dnevu skladiščenja odčitamo povišanje koncentracije flavonoidov v pogojih NA na 2,08 mg/100 g in pri pogojih ULO na 1,18 mg/100 g. Po 169 dneh skladiščenja je končna koncentracija flavonoidov v pogojih NA 2,55 mg/100 g, v pogojih ULO pa le 1,49 mg/100 g. Pri sorti Majda torej opazimo po več mesecih skladiščenja višje vsebnosti flavonoidov v pogojih NA.



Slika 35: Vsebnost flavonoidov v sorti Šampanjska reneta

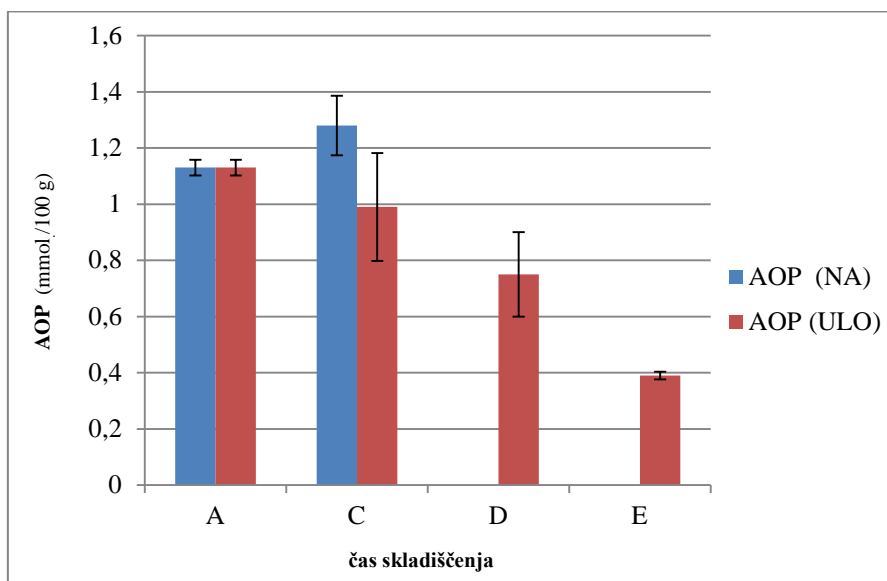
Sorti Šampanjska reneta smo na začetku izmerili vrednost 1,66 mg/100 g. V pogojih NA je koncentracija flavonoidov po 98 dneh sprva padla na 0,63 mg/100 g, a se je nato začela zviševati. Po 139 dneh je dosegla vrednost 1,11 mg/100 g in po 169 dneh je bila koncentracija zelo podobna začetni, in sicer 1,55 mg/100 g. Pri skladiščenju v pogojih ULO smo po 98 dneh izmerili precej višjo vrednost 2,02 mg/100 g, ta je po 139 dneh rahlo padla na 1,89 mg/100 g. Šampanjska reneta je bila edina sorta v našem poizkusu, ki je propadla prej v pogojih ULO, kot v pogojih NA in zato zadnjega vzorčenja nismo mogli opraviti. Vzorcem v pogojih NA je koncentracija po 98 dneh padla za več kot 2,5 krat, vzorcem v pogojih ULO pa je koncentracija celo narasla za slabih 18 %.



Slika 36: Vsebnost flavonoidov v sorti Zlata parmena

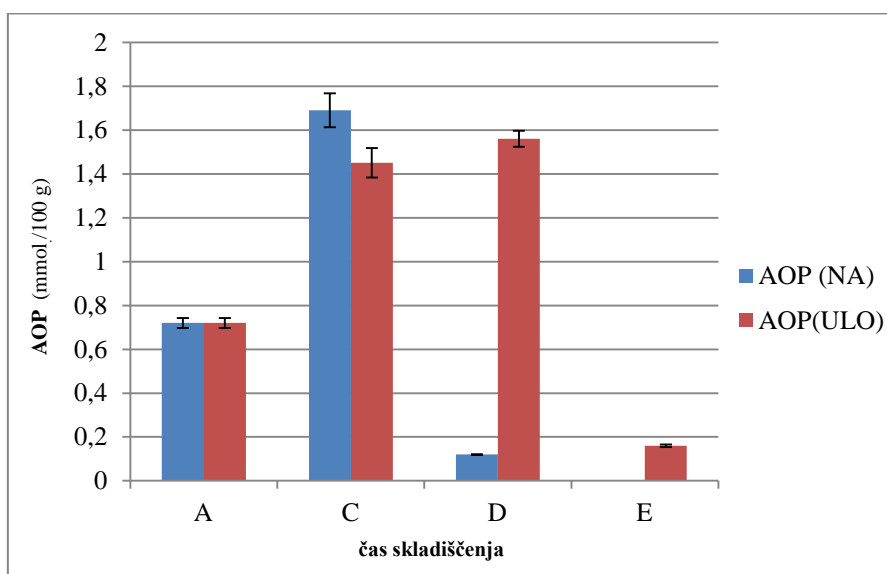
Po skladiščenju sorte Zlata parmena smo opazili boljši vpliv pogojev NA na koncentracijo flavonoidov kot v pogojih ULO. Začetna vrednost 1,46 mg/100 g se je v pogojih ULO po 98 dneh več kot podvojila, na 3,28 mg/100 g. Nato je vrednost po 139 dneh padla na 2,57 mg/100 g in se nato po 169 dneh skladiščenja ponovno rahlo zvišala na 2,72 mg/100 g. Pri pogojih NA smo po 98 dneh prav tako opazili zvišanje na 2,74 mg/100 g, a se je tukaj koncentracija postopoma zviševala do konca skladiščenja. Po 139 dneh smo odčitali vrednost 2,85 mg/100 g in po 169 dneh je bila končna koncentracija 3,35 mg/100 g. Torej, če primerjamo NA in ULO pogoje, ugotovimo, da se koncentraciji po 98 dneh v obeh primerih zvišata, v pogojih ULO celo malenkost več, a je po 169. dnevu vsebnost flavonoidov v pogojih NA za 43 % višja kot v pogojih ULO glede na začetno vrednost.

## 4.6 ANTIOKSIDATIVNI POTENCIAL (AOP)



Slika 37: Vrednosti AOP za sorto Ananasova reneta

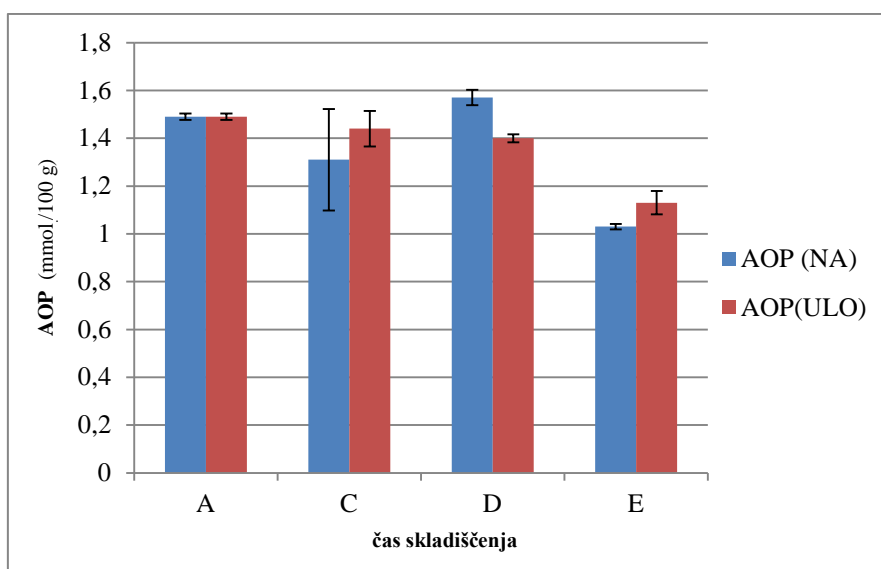
Ananasova reneta je imela AOP pred skladiščenjem 1,13 mmol/100 g. V pogojih NA je po 98 dneh AOP rahlo zrasel na 1,28 mmol/100 g. Kasnejših kemijskih analiz nismo mogli opraviti zaradi propada vzorcev, ki so bili neprimerni za analizo. Pri vzorcih iz ULO je bila vrednost po 98 dneh 0,99 mmol/100 g. AOP se je nato do konca skladiščenja nižal. Po 139 dneh smo izračunali vrednost 0,75 mmol/100 g in po 169 dneh je bila vrednost le še 0,39 mmol/100 g.



Slika 38: Vrednosti AOP za sorto Boskop

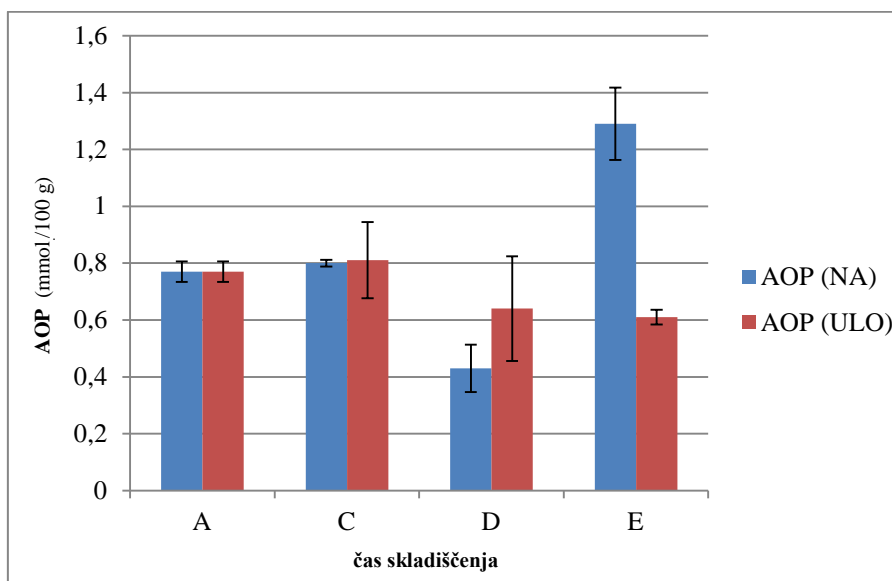


AOP sorte Boskop se je iz začetne vrednosti 0,72 mmol/100 g po 98 dneh pri vzorcih v pogojih NA povečal na 1,69 mmol/100 g in se je nato po 139 dneh močno znižal na 0,12 mmol/100 g. Zadnje meritve po 169 dneh skladiščenja nismo mogli opraviti, saj so bili vzorci neprimerni za analize (gnili). Pri plodovih v pogojih ULO se je po 98 dneh AOP prav tako povečal na 1,45 mmol/100 g. Po 139 dneh smo zabeležili še rahlo povišanje AOP na 1,56 mmol/100 g, po 169 dneh skladiščenja pa je vrednost AOP močno padla na končnih 0,16 mmol/100 g. Razlika med pogoji NA in ULO je bila po 139 dneh skladiščenja največja, kajti vzorci iz NA pokažejo vrednost 0,12 mmol/100 g, medtem ko vzorci iz ULO pokažejo vrednost AOP 1,56 mmol/100 g.



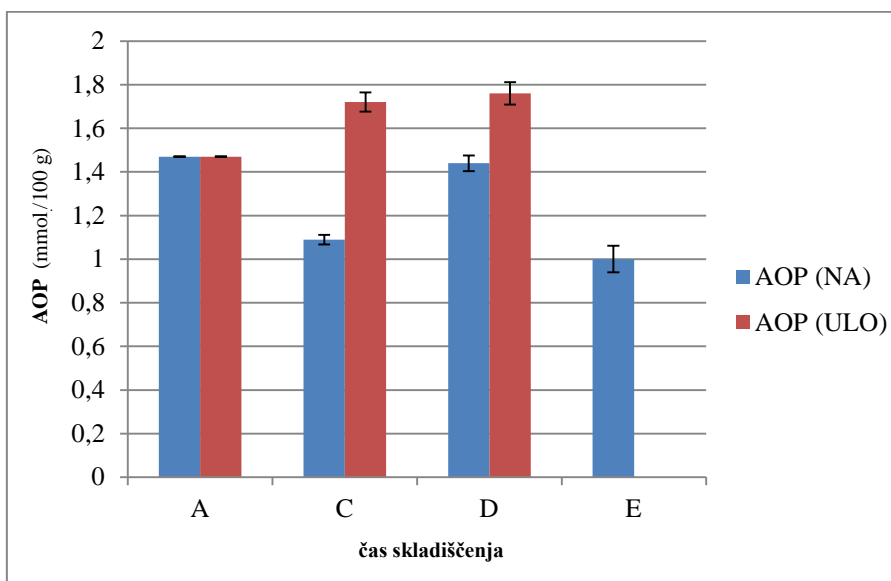
Slika 39: Vrednosti AOP za sorto Carjevič

Začetna izmerjena vrednost AOP sorte Carjevič je bila 1,49 mmol/100 g. V pogojih NA se je vrednost po 98 dneh znižala na 1,31 mmol/100 g in se po 139 dneh ponovno rahlo zvišala na 1,57 mmol/100 g. Končna vrednost AOP po 169 dneh je bila 1,03 mmol/100 g. Vzorcem v pogojih ULO se je po 98 dneh AOP znižal le za odtenek na 1,44 mmol/100 g, po 139 dneh je bila vrednost še za malenkost nižja, in sicer 1,40 mmol/100 g. AOP je bil po 169 dneh 1,13 mmol/100 g. Pri vzorcih v pogojih NA se je AOP sprva znižal, nato po 139 dneh malenkost zvišal in na koncu spet znižal na 1,03 mmol/100 g. Vzorcem v pogojih ULO se je AOP nižal skozi vso dobo skladiščenja. Končna vrednost je bila za 0,1 mmol/100 g višja kot pri vzorcih iz NA.



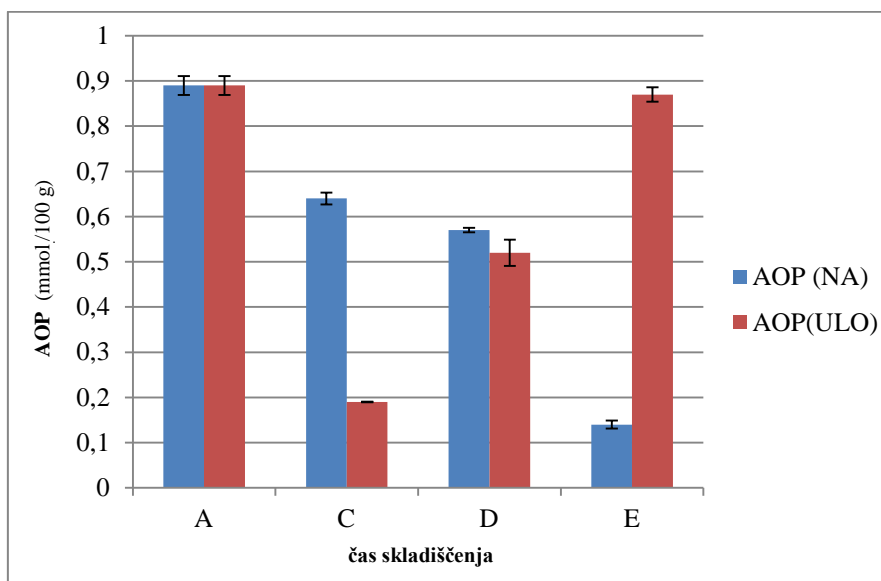
Slika 40: Vrednosti AOP za sorto Majda

Sorti Majda smo na začetku izračunali vrednost 0,77 mmol/100 g. AOP je nato v pogojih NA po 98 dneh za malenkost narasel na 0,80 mmol/100 g. Vrednost je nato po 139 dneh padla na 0,43 mmol/100 g in se po 169 dneh ponovno zvišala na končnih 1,29 mmol/100 g. Pri vzorcih v pogojih ULO smo po 98 dneh opazili rahlo zvišanje na 0,81 mmol/100 g. AOP je nato padal, in sicer po 139 dneh na 0,64 mmol/100 g, po 169 dneh pa je bila vrednost le 0,61 mmol/100 g. Če primerjamo obe vrsti skladiščenja, so na 98. dan skladiščenja rezultati praktično identični. Po preteku 139 dni so rezultati AOP nižji pri pogojih NA za približno 30 %. Po končanem skladiščenju, se pravi po preteku 169 dni, pa je bil AOP pri vzorcih v pogojih NA kar za 2 krat višji kot pri vzorcih iz pogojev ULO.



Slika 41: Vrednosti AOP za sorto Šampanjska reneta

Pri vzorcih Šampanjske renete v pogojih NA smo po 98 dneh opazili znižanje antioksidativnega potenciala iz začetne vrednosti 1,47 mmol/100 g na 1,09 mmol/100 g. Vrednost se je nato po 139 dneh zvišala na 1,44 mmol/100 g in se nato ponovno znižala po 169 dneh na 1,00 mmol/100 g. Vzorcem v pogojih ULO pa se je vrednost AOP po 98 dneh rahlo zvišala na 1,72 mmol/100 g. Po 139 dneh je bila vrednost AOP še za malenkost višja, in sicer 1,76 mmol/100 g. Vrednosti po 169 dneh skladiščenja nismo morali izračunati, saj je sorta presenetljivo propadla v pogojih ULO zaradi mikrobiološkega kvara prej kot v pogojih NA. Tukaj je razvidno, da vrednost AOP pri vzorcih v pogojih ULO skozi dobo skladiščenja počasi narašča, medtem ko pri vzorcih v pogojih NA vrednost AOP niha. Po 98 dneh je bila vrednost vzorcev v pogojih ULO za 20 % višja kot pred začetkom skladiščenja, pri vzorcih iz NA pa je bila vrednost za 32 % nižja od začetne vrednosti pred skladiščenjem.



Slika 42: Vrednosti AOP za sorto Zlata parmena

AOP je bil pri sorti Zlata parmena pred začetkom skladiščenja 0,89 mmol/100 g. Pri vzorcih v pogojih NA se je vrednost AOP v obdobju skladiščenja konstantno zmanjševala. Po 98 dneh je bila vrednost 0,64 mmol/100g, po 139 dneh 0,57 mmol/100 g in po 169 dneh le še 0,14 mmol/100 g. Vzorcem v pogojih ULO je vrednost AOP po 98 dneh močno padla na 0,19 mmol/100 g, a se je vrednost nato do konca skladiščenja zviševala. Vrednost 0,52 mmol/100 g smo odčitali po 139 dneh skladiščenja. Po 169 dneh se je vrednost še zvišala na 0,87 mmol/ 100 g. Tukaj torej opazimo, da se vrednost AOP pri vzorcih v pogojih NA zmanjšuje skozi celotno dobo skladiščenja, vzorcem v pogojih ULO pa se vrednost AOP sprva močno zniža, se nato povišuje in je po 169 dneh skladiščenja zelo podobna začetni.

## 4.7 DUNCANOV TEST

Preglednica 5: Povprečne vrednosti trdote, skupnih fenolov, AOP, flavonoidov, parametra L\* in izločanja etilena za vse sorte jabolk, skladiščene v NA in ULO pogojih

<u>DATUM</u>	<u>TRDOTA</u> [kg/cm <sup>2</sup> ]		<u>ETILEN</u> [μL kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ]		<u>L*</u>	
	NA	ULO	NA	ULO	NA	ULO
<b>Pred sklad.</b> Datum A	8,56 <sup>a</sup> ± 0,70	8,56 <sup>a</sup> ± 0,70	11,96 <sup>b</sup> ± 11,61	11,96 <sup>b</sup> ± 11,61	68,77 <sup>a</sup> ± 7,25	68,77 <sup>a</sup> ± 7,25
<b>49. dan</b> Datum B	6,13 <sup>b</sup> ± 1,14	8,02 <sup>a</sup> ± 1,56	69,86 <sup>a</sup> ± 54,11	35,39 <sup>b</sup> ± 55,38	70,58 <sup>a</sup> ± 6,15	70,03 <sup>a</sup> ± 5,49
<b>98. dan</b> Datum C	5,03 <sup>c</sup> ± 0,82	7,63 <sup>a</sup> ± 1,46	29,40 <sup>b</sup> ± 16,57	24,16 <sup>b</sup> ± 29,62	71,06 <sup>a</sup> ± 6,30	68,09 <sup>a</sup> ± 5,19
<b>139. dan</b> Datum D	4,82 <sup>c</sup> ± 0,74	6,69 <sup>b</sup> ± 1,60	87,45 <sup>a</sup> ± 59,72	75,74 <sup>a</sup> ± 96,87	69,11 <sup>a</sup> ± 6,27	69,00 <sup>a</sup> ± 6,09
<b>169. dan</b> Datum E	4,55 <sup>c</sup> ± 0,71	6,20 <sup>b</sup> ± 1,66			70,88 <sup>a</sup> ± 4,77	67,73 <sup>a</sup> ± 6,30
<u>DATUM</u>	<u>SK. FENOLI</u> [mg <sub>G.K.</sub> /100 g]		<u>AOP</u> [mmol/100 g]		<u>FLAVONOIDI</u> [mg/100 g]	
	NA	ULO	NA	ULO	NA	ULO
<b>Pred sklad.</b> Datum A	73,65 <sup>a</sup> ± 26,90	73,65 <sup>a</sup> ± 26,90	1,08 <sup>a</sup> ± 0,32	1,08 <sup>a</sup> ± 0,32	1,36 <sup>c</sup> ± 0,33	1,36 <sup>b</sup> ± 0,33
<b>49. dan</b> Datum B	81,96 <sup>a</sup> ± 37,53	84,27 <sup>a</sup> ± 36,36				
<b>98. dan</b> Datum C			1,13 <sup>a</sup> ± 0,36	1,10 <sup>a</sup> ± 0,52	1,62 <sup>c</sup> ± 0,80	2,08 <sup>a</sup> ± 0,90
<b>139. dan</b> Datum D	83,67 <sup>a</sup> ± 18,33	68,29 <sup>a</sup> ± 30,30	0,82 <sup>a</sup> ± 0,59	1,10 <sup>a</sup> ± 0,50	2,17 <sup>b</sup> ± 0,62	1,84 <sup>ab</sup> ± 0,44
<b>169. dan</b> Datum E	79,82 <sup>a</sup> ± 24,36	66,76 <sup>a</sup> ± 36,93	0,86 <sup>a</sup> ± 0,45	0,63 <sup>b</sup> ± 0,35	2,68 <sup>a</sup> ± 0,77	2,13 <sup>a</sup> ± 0,84

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

Rezultati duncanovega testa nam pokažejo primerjavo vrednosti parametrov med obema tipoma skladiščenja. Skladiščenje v pogojih ULO se odraža v statistično značilno večji trdoti v primerjavi s pogoji NA, največja razlika je bila po 98 dneh skladiščenja. Tudi izločanje etilena je bilo statistično značilno višje v celotnem obdobju skladiščenja pri vzorcih iz pogojev NA, kar smo tudi pričakovali zaradi upočasnjene metabolizma plodov pri vzorcih v pogojih ULO. Največja statistično primerljiva razlika se pojavi ob datumu D, po 139 dneh skladiščenja, kjer je vrednost za 11,71 μL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> nižja pri pogojih ULO. Pri meritvah barvnega parametra L\* so bili statistično značilno pričakovano višji

rezultati pri vzorcih iz pogojev NA. Plodovi, hranjeni v ULO, so postajali temnejši hitreje, kajti vrednosti so bile nižje kot pri pogojih NA, saj višja vrednost parametra L\* pomeni svetlejši plod. Največja statistično značilna razlika v parametru L\* je bila dokazana ob koncu skladiščenja po 169 dneh skladiščenja. Pri skupnih fenolih so bile vrednosti statistično značilno višje pri pogojih ULO ob prvem vzorčenju, nato so bile vrednosti v pogojih NA do konca skladiščenja statistično višje. Po 169 dneh je bila razlika za 13,06 mg<sub>GK</sub>/100 g. Pri AOP so statistično značilne vrednosti dokaj enake do 139. dneva skladiščenja, kjer so bili rezultati statistično višji pri skladiščenju v pogojih ULO. Ob koncu skladiščenja so bile vrednosti višje pri plodovih, skladiščenih v pogojih NA. Statistično značilne višje vrednosti pri merjenju flavonoidov smo opazili pri vzorcih iz pogojev NA ob zadnjem vzorčenju. Vsebnosti flavonoidov v prejšnjih vzorčenjih pa ne moremo med seboj točno statistično primerjati zaradi različnih indeksov.

Preglednica 6: Primerjava posameznih parametrov (trdota, etilen, skupni fenoli, flavonoidi, AOP in L\*) med NA in ULO za vse sorte jabolok in vsa vzorčenja med skladiščenjem

	<b>TRDOTA</b> [kg/cm <sup>2</sup> ]	<b>ETILEN</b> [μL/kg*h]	<b>SK. FENOLI</b> [mg <sub>GK</sub> /100 g]	<b>FLAVONOIDI</b> [mg/100 g]	<b>AOP</b> [mmol/100 g]	<b>L*</b>
<b>NA</b>	6,082 <sup>b</sup> ± 1,796	42,568 <sup>a</sup> ± 48,55	79,075 <sup>a</sup> ± 27,91	1,768 <sup>a</sup> ± 0,75	1,001 <sup>a</sup> ± 0,44	69,975 <sup>a</sup> ± 6,26
<b>ULO</b>	7,541 <sup>a</sup> ± 1,62	31,845 <sup>b</sup> ± 55,72	73,539 <sup>b</sup> ± 32,27	1,744 <sup>a</sup> ± 0,68	1,0006 <sup>a</sup> ± 0,46	68,795 <sup>b</sup> ± 6,07

<sup>a,b</sup> skupini z različno črko v indeksu se med seboj statistično značilno razlikujeta ( $p \leq 0,05$ )

Primerjali smo posamezne parametre glede na vrsto skladiščenja. Plodom, skladiščenim v pogojih ULO, se je trdota nižala počasneje in tudi izločanje etilena je bilo v povprečju manj. Količina skupnih fenolov je statistično značilno višja pri vzorcih iz pogojev NA, vrsta skladiščenja pa bistveno ne vpliva na vsebnost flavonoidov. Vrednosti AOP so bile praktično identične. Vrednosti barvnega parametra L\* pa so bile v pogojih ULO nižje, kar smo tudi pričakovali.

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

V diplomskem delu smo primerjali vpliv tipa skladiščenja na kemijske in fizikalne parametre različnih sort jablan (*Malus domestica* Borkh). Skladiščili smo sorte Ananasova reneta, Boskop, Majda, Carjevič, Šampanjska reneta in Zlata parmena. Namen dela je bil ugotoviti vpliv skladiščenja v ULO in NA pogojih na različne fizikalno-kemijske parametre.

#### Trdota plodov

Skladiščili smo 6 različnih kultivarjev jabolk v ULO atmosferi in sočasno v hladilnici pod pogoji NA. Ob vsakem vzorčenju smo s penetrometrom izmerili vsem kultivarjem trdoto plodov. Trdota mesa plodov je ena najpomembnejših indikatorjev kvalitete jabolk po obiranju, kajti povezana je s sočnostjo in hrustljivo teksturo, ki sta zelo cenjeni lastnosti. Skozi skladiščenje jabolk se tako trdota kot tudi drugi atributi kvalitete nižajo. Preden pa začnemo jabolka skladiščiti, jih moramo obirati ob optimalnem času.

Kviklienė (2008) je ugotovil, da so jabolka, obrana na optimalen datum, imela manjšo izgubo trdote skozi skladiščenje in so tako ohranila boljše kakovost, kljub temu, da so bila jabolka, obrana pred optimalnim časom, trdnejša pred skladiščenjem.

Da ohranimo boljše trdoto plodov, jabolka shranjujemo pri nizkih temperaturah in v atmosferi z nizko koncentracijo kisika ter povišano koncentracijo ogljikovega dioksida. Skladiščenje v tako imenovani ULO atmosferi zmanjša upad trdote zaradi pomembnosti O<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub>. Pomembna sta direktno ali indirektno pri reguliranju aktivnosti encimov, vključenih v oksidativne reakcije, povezane z izgubo trdote, med katere spada dihanje in sinteza etilena (Gwanpua in sod., 2012).

Gwanpua in sod. (2012) so dokazali, da skladiščenje v kontrolirani atmosferi ugodno vpliva na trdoto plodov zaradi nižje proizvodnje etilena. Etilen nadzira količino encimov, ki razgrajujejo pektin in s tem močno vpliva na trdoto plodov. Zaradi manjše proizvodnje etilena v pogojih kontrolirane atmosfere se je posledično sintetiziralo manj proteinov, ki razgradijo pektin. Razpad pektina pripisujejo predvsem encimu poligalakturonazi (PG). Na splošno je znano, da je zadrževanje trdote jabolk glavna prednost ULO skladiščenja.

Tudi pri našem delu smo opazili bistveno boljše rezultate pri skladiščenju v ULO pogojih. Iz slike 5 je razvidno, da je pri sorti Ananasova reneta po 98 dneh skladiščenja rezultat v ULO za 23 % višji kot pri vzorcih iz NA. Izločanje etilena skozi vso dobo skladiščenja je bilo višje v pogojih NA in tako so bili plodovi posledično mehkejši. Iz slike 6 lahko za sorto Boskop razberemo, da je bila že po 98 dneh v ULO trdota kar za 24 % višja kot pri NA, a je bila po 169 dneh v pogojih ULO višja le še za 7 %. Tukaj lahko manjšo razliko na koncu skladiščenja pripišemo velikosti plodov, kajti izmed vseh sort so bili plodovi sorte Boskop največji in bi naj tako posledično tudi izgubili več na trdoti (Saei in sod., 2011). Pri sorti Carjevič opazimo že po 49 dneh skladiščenja v pogojih NA 34 % nižjo vrednost od začetne. Močan padec trdote lahko pripišemo višji vsebnosti etilena, kajti koncentracija se je v NA po 49 dneh skoraj početrila, medtem ko se je v ULO zvišala le za odtenek. V pogojih ULO se je trdota zniževala zelo počasi in po 169 dneh je bila v primerjavi z vzorci iz NA kar za 20 % višja. Najvišjo začetno trdoto  $9,05 \text{ kg/cm}^2$  smo izmerili sorti Majda. Iz slike 8 je razvidno, da se trdota v pogojih NA po 49 dneh drastično ni znižala, kar lahko pripišemo nizki koncentraciji etilena. Kasneje je trdota padala hitreje in je bila po 169 dneh 53 % nižja od začetne vrednosti. Trdota plodov v pogojih ULO je na drugi strani do konca skladiščenja padla le za slabih 17 %. Najmanjša razlika med NA in ULO pogoji je razvidna iz slike 9, pri sorti Šampanjska reneta. Po 139 dneh skladiščenja je razlika le 6 % v prid ULO. Največjo razliko pa smo opazili pri sorti Zlata parmena, kjer iz slike 10 razberemo, da se je vzorcem v pogojih ULO trdota celo zvišala za 15 % in je bila po 98 dneh še vedno višja kot začetna. Plodom iz pogojev NA pa se je trdota znižala za 28 % že po 49 dneh, kar je najverjetneje posledica zelo visoke vsebnosti etilena. Trdoto so potem plodovi do konca izgubljali počasneje. Po 169 dneh skladiščenja je bila razlika kar za 37 % v prid pogojem ULO.

### Izločanje etilena

Etilen ima dvojno vlogo pri razvoju sadja. Lahko ga uporabimo kot indikator zrelosti plodov, kjer nizke koncentracije etilena proizvede sadje samo, ali pa ga obravnavamo kot hormon, ki začne zorenje sadja. Ko se zorenje začne, se proizvodnja etilena drastično poviša in njegove vrednosti konstantno rastejo. Izločanje etilena smo izmerili s plinsko kromatografijo.



Iz rezultatov študije Rame in Narasimhama (2003) je razvidno, da so pri jabolkih sorte Jonatan, odvzetih iz ULO pogojev, količine etilena nižje, saj se zniža koncentracija 1-aminociklopropan-1-karboksilne kisline (ACC). Pri nizkih koncentracijah  $O_2$  v odsotnosti  $CO_2$  pa se akumulacija ACC poveča. Torej lahko ogljikovemu dioksidu pripišemo inhibitorski efekt, ki zmanjšuje proizvodnjo etilena, saj  $CO_2$  inhibira aktivnost ACC sintaze.

Song in Bangerth (1996) sta v študiji predstavila odvisnost vsebnosti etilena od časa obiranja. Optimalen čas obiranja je pomemben tudi za etilen. Jabolka, pobrana prehitro, imajo prenizko notranjo koncentracijo etilena, saj so v predklimakterijski fazi. Jabolka, ki so obrana prepozno, pa imajo previsoko koncentracijo etilena za dolgotrajno skladiščenje.

Jabolka imajo svoje klimakterijske vzorce in ti so različni od sorte do sorte. Skladiščenje v pogojih ULO je zelo primerno za skladiščenje jabolk in se uporablja že dolgo. Uspešnost skladiščenja v ULO je rezultat zatiranja fizioloških sprememb, povezanih z nižanjem stopnje dihanja sadja in nižjo proizvodnjo etilena. Nižanje temperature in koncentracije kisika omejuje aktivnost encimov, vključenih v dihalni metabolizem, in upočasnjuje klimakterijsko proizvodnjo etilena in ogljikovega dioksida (Jobling in McGlasson, 1995).

Pektin je eden izmed glavnih komponent celične stene. Kisli heteropolisaharidi se med seboj povežejo v pektinsko mrežo. Poligalakturonaza (PG) pa je glavni encim, vključen v razgradnjo pektina. Encimska aktivnost je odvisna od etilena. Bazalni nivo etilena je zadosten, da izzove PG transkripcijo, in njegova akumulacija je direktno regulirana z ravno etilena (Costa in sod., 2010).

Izločanje etilena je pri vzorcih Ananasove renete v pogojih NA že po 49 dneh skladiščenja naraslo za več kot 38 krat, medtem se je pri vzorcih iz ULO po 49 dneh vrednost izločanja etilena le podvojila. Vrednosti v pogojih ULO so ostale nizke skozi vso dobo skladiščenja, a je bila po 139 dneh razlika le  $0,51 \mu L kg^{-1} h^{-1}$  v prid ULO (slika 11). Iz slike 12 lahko razberemo, da so se vrednosti pri sorti Boskop, tako pri ULO kot pri NA, višale in nižale. Razlika je bila v tem, da so bile vrednosti v pogojih NA v povprečju kar 3 krat višje kot pri pogojih ULO. Podobno so se vrednosti višale in nižale pri sorti Carjevič v pogojih NA, kar lahko razberemo iz slike 13. Začetna vrednost izločanja etilena se je že po 49 dneh povečala skoraj za štiri krat, ob naslednjem vzorčenju se je ta vrednost razpolovila ter se po 139 dneh ponovno močno zvišala na  $88,86 \mu L kg^{-1} h^{-1}$ . Vrednosti v pogojih ULO so po 49 dneh ostale podobne, nato so se po 98 dnevih skladiščenja rahlo znižale. Vrednost se je

nato po 139 dneh zvišala skoraj za tri krat, na  $65,99 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , a je bila vrednost še vedno nižja kot v pogojih NA. Izločanje etilena pri sorti Majda (slika 14) pred skladiščenjem nismo zaznali. Vzorcem iz pogojev ULO je vrednost izločanja etilena do konca skladiščenja rasla, a zelo počasi, kajti po 139 dneh je bila vrednost le  $0,98 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . Plodom iz pogojev NA se je po 49 dneh vrednost izločanja etilena malenkost povišala na  $0,78 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , a je bila vrednost po 139 dneh kar  $95,18 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , kar je skoraj 100 krat višja vrednost ob enakem času pri vzorcih iz ULO. Pri sorti Šampanjska reneta lahko iz slike 15 razberemo, da je bila vrednost po 49 dneh skladiščenja v pogojih NA skoraj 3 krat višja kot pri vzorcih v pogojih ULO. Vrednosti se nato ob naslednjem vzorčenju pri obeh tipih skladiščenja znižajo in se nato ponovno zvišajo po 139 dneh. Končna vrednost izločanja etilena po 169 dneh skladiščenja je bila v pogojih ULO skoraj 5 krat nižja kot v pogojih NA. Vrednost izločanja etilena pri sorti Zlata parmena se je v pogojih ULO pri prvem vzorčenju iz začetne vrednosti  $10,98 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  znižala za 30 %, a se je nato koncentracija zviševala do 139. dneva, ko smo izmerili  $78,28 \mu\text{L/kg h}$ . Iz slike 16 je vidno, da se je vrednost izločanja etilena pri vzorcih v pogojih NA po 49 dneh povečala skorajda za 15 krat. Po 98 dneh je bila vrednost le  $24,41 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , a je vrednost po 139 dneh ponovno močno zrasla na  $182,63 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . Vrednost izločanja etilena je bila tako po 139 dneh več kot za 2 krat višja pri vzorcih, odvzetih iz pogojev ULO.

#### Barvni parameter L\*

Pigmenti, odgovorni za barvo jabolk, so klorofil (zelena), karotenoidni, flavonoidi (rumena) in antocianini (rdeča). Klorofil najdemo v plastidih, obarvane pigmente pa najdemo v vakuolah. Izguba klorofila v plastidih olupka, ki jo povzroči klorofilaza, pomeni, da jabolka postanejo rumena, saj postanejo rumeni pigmenti vidni (Dixon in Hewett, 1998).

V naši raziskavi smo pri skladiščenju sorte Ananasova reneta opazili močan dvig vrednosti L\* že po 49 dneh skladiščenja, tako pri ULO kot v NA pogojih, kar je razvidno iz slike 17. Vrednost je narasla iz začetne 59,37 na 72,18 pri NA in na 71,90 pri pogojih ULO. Do konca skladiščenja je vrednost parametra L\* zelo počasi padala pri obeh tipih skladiščenja. Vrednosti so bile zelo podobne, a so bile za odtenek nižje pri skladiščenju v pogojih ULO,

kar smo tudi pričakovali zaradi zaviranja zorenja. Pri skladiščenju sorte Boskop (slika 18) smo opazili višje vrednosti parametra  $L^*$  pri vzorcih, hranjenih v ULO atmosferi, česar nismo pričakovali, a je bila končna vrednost po končanem skladiščenju nižja kot v pogojih NA. Torej je tukaj vrednost počasneje padala do zadnjega vzorčenja pri vzorcih v NA, a je bila vrednost po končanem skladiščenju nižja v pogojih ULO. Iz začetne vrednosti 65,61 se je parameter  $L^*$  znižal na 62,69 pri vzorcih v pogojih NA in na 59,06 pri vzorcih v ULO. Pri sorti Carjevič (slika 19) smo opazili nepričakovano povišanje vrednosti parametra  $L^*$  pri obeh vrstah skladiščenja. Tako pri pogojih ULO kot tudi pri NA se je vrednost povišala in je bila višja kot začetna, a je bila kljub temu za malenkost nižja pri ULO. Vrednosti  $L^*$  so bile pri sorti Majda, razvidno iz slike 20, do 49. dneva skladiščenja zelo podobne pri obeh tipih skladiščenja. Pri 98. dnevu opazimo pri vzorcih v pogojih ULO rahlo zvišanje, pri NA pa je rezultat zelo visok, a je odstopanje veliko. Vrednosti padajo do zadnjega vzorčenja, kjer se vrednost močno poviša tako pri ULO kot tudi pri NA. Iz začetne vrednosti 61,32 zraste vrednost parametra  $L^*$  po končanem skladiščenju pri NA na 69,83 in pri pogojih ULO na 67,28. Začetna vrednost pred skladiščenjem za sorto Šampanjska reneta, kar lahko vidimo na sliki 21, je padala tako pri pogojih ULO in NA. Zaradi večjih odstopanj rezultatov ju le težko natančno primerjamo. Največjo razliko opazimo pri 98. dnevu, kjer je vrednost vzorcev v pogojih ULO močno nižja kot pri NA. Najmanjšo razliko pri vrednostih  $L^*$  pa opazimo na sliki 22 pri sorti Zlata parmena. Tukaj vrednosti zelo počasi padajo skozi celotno obdobje skladiščenja tako pri pogojih ULO kot tudi pri pogojih NA, a so vrednosti po pričakovanjih za odtenek nižje pri ULO.

### Skupni fenoli

Polifenoli jabolk naj bi imeli številne fiziološke funkcije *in vivo* ter klinično dokazano antialergično aktivnost. *In vitro* ter prav tako *in vivo* igrajo vlogo inhibitorja proti nekaterim encimom in receptorjem (Shoji in sod., 2004).

Obstaja splošno soglasje, da se koncentracija fenolov v času skladiščenja bistveno ne spreminja, ne glede na tip skladiščenja, saj naj bi bile njihove koncentracije skozi skladiščenje stabilne (Awad in de Jager, 2000).

Opravljenе so bile številne študije, kjer so primerjali vsebnosti fenolnih snovi med različnimi tipi hrambe. Količina skupnih fenolov je bila med kontrolirano atmosfero (CA)

in NA zelo podobna, z izjemami, kjer so bili za odtenek boljši rezultati pri hrambi v CA. Tudi po 5 mesecih skladiščenja se koncentracija enostavnih fenolov (v glavnem klorogenske kisline), flavonoidov in antocianov bistveno ni spremenila. Koncentracija klorogenske kisline je bila pri nekaterih jabolkih, skladiščenih v CA, celo nižja od koncentracij jabolk, hranjenih v NA (Awad in de Jager, 2003).

Viera in sod. (2011) so v študiji ugotovili, da so koncentracije skupnih fenolov, za katere je značilno antioksidativno in antiproliferativno delovanje, v pulpi različnih kultivarjev mnogo nižje od vrednosti v kožici jabolk. Vrednosti fenolov v kožici sadja so tudi 4 krat višje kot v pulpi.

Napolitano in sod. (2004) so v študiji opazili v prvih treh mesecih povečanje skupnih fenolov in nato v četrtem mesecu zmanjšanje njihove koncentracije. Povečanje skupnih fenolov med skladiščenjem pojasnjuje z delovanjem etilena, ki stimulira biosintezo fenolnih snovi.

Leja in sod. (2003) poročajo kar 30-odstotno zvišanje skupnih fenolov v jabolčni kožici sorte Jonagold in Champion. Jabolka, hranjena v NA atmosferi, so pokazala močno povečanje skupnih fenolov, verjetno zaradi povezave z dihanjem plodu in močne sinteze etilena, ki je pri višjih temperaturah večja.

Pri jabolkih, skladiščenih v pogojih NA, lahko pride do porasta skupnih fenolov zaradi intenzivnega dihanja plodov in sinteze etilena, ki stimulira aktivnost encima fenilalanin amoniaklaze (PAL), ki je ključni encim za biosintezo fenolov (Blakenship in Unrath, 1988, cit. po Mikulič in sod. 2012).

Vsebnost polifenolov je prav tako odvisna od načina pridelave. Ekološko pridelana jabolka imajo večje vsebnosti polifenolov v primerjavi z jabolki iz integrirane pridelave. Večje koncentracije polifenolov so odraz številnih biotskih ali abiotskih stresnih dejavnikov v ekološki pridelavi. Stresni dejavniki povzročijo povečano sintezo polifenolov. Jablane, pridelane ekološko, so izpostavljene večjim stresom kot integrirane in zato posledično tvorijo več obrambnih snovi, ki vplivajo na kakovost plodu (Mikulič Petkovšek in sod., 2012).

Vrednosti skupnih fenolov se pri sorti Ananasova reneta (slika 24) po 49 dneh povišajo in nato do konca skladiščenja padajo. Pri prvem vzorčenju opazimo celo višje vrednosti v pogojih NA kot v ULO, a končnih dveh vzorčenj nismo mogli odčitati zaradi gnilih

vzorcev. Začetna vrednost skupnih fenolov vzorcev v pogojih ULO se po preteku 169 dni razpolovi. Sorta Boskop, predstavljena na sliki 25, ima pred skladiščenjem najvišjo koncentracijo skupnih fenolov, in sicer 105,96 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Vzorcem v pogojih NA se je vrednost po 49 dneh zvišala za približno 30 %, vzorcem iz pogojev ULO pa se je vrednost za malenkost znižala. Tudi po 139 dneh opazimo višjo vrednost pri vzorcih v pogojih NA, in to za 20 %, kar predvsem pripisujemo visokim vsebnostim etilena. Po končanem skladiščenju vrednost v pogojih ULO močno naraste na 113,97 mg<sub>G.K.</sub>/100 g, kar je višja vrednost kot pred začetkom hrambe. Pri sorti Carjevič (slika 26) lahko opazimo boljši vpliv skladiščenja v pogojih ULO na vsebnost skupnih fenolov. Koncentracija skupnih fenolov v pogojih NA je padala skozi celotno dobo skladiščenja in je po končanem skladiščenju vrednost le še 60 % začetne vrednosti, ki je bila 88,65 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Vzorcem iz pogojev ULO smo odčitali po prvem vzorčenju rahlo povišanje skupnih fenolov, a je koncentracija nato do konca skladiščenja padala, vendar počasneje kot pri vzorcih iz NA. Končna vrednost skupnih fenolov po 169 dneh skladiščenja je bila v pogojih ULO za 10 % višja kot pri vzorcih iz pogojev NA. Višje vsebnosti skupnih fenolov pri skladiščenju v NA kot v ULO opazimo pri sorti Majda, predstavljeni na sliki 27. Po 49 dneh se je vrednost v pogojih NA sprva rahlo znižala, nato po 139 dneh opazimo močno povišanje, saj je vrednost več kot za 2 krat višja od začetne. Vrednost po 169 dneh je bila rahlo nižja od vzorčenja poprej, a še vedno skoraj dva krat višja od začetne. Vzorcem iz pogojev ULO se je začetna vrednost 33,27 mg<sub>G.K.</sub>/100 g po prvem vzorčenju zvišala, a le za slabih 10 %. Vrednost je nato padla na 35,51 mg<sub>G.K.</sub>/100 g in se ohranila do konca skladiščenja. Končna vrednost je bila višja od začetne, a le za dobrih 6 %. Tukaj lahko sklepamo, da je visoka koncentracija etilena v pogojih NA močno vplivala na vsebnost skupnih fenolov. Boljši vpliv pogojev ULO na koncentracijo skupnih fenolov opazimo pri sorti Šampanjska reneta (slika 28). Tukaj so vrednosti skozi celotno obdobje skladiščenja višje kot v pogojih NA. Medtem ko je vrednost pri NA po 49 dneh padla iz začetne koncentracije 80,96 mg<sub>G.K.</sub>/100 g na 77,05 mg<sub>G.K.</sub>/100 g, se je pri vzorcih v pogojih ULO vrednost povišala iz začetne na 84,36 mg<sub>G.K.</sub>/100 g. Po 139 dneh opazimo znižanje koncentracije pri obeh tipih skladiščenja, a je pri vzorcih iz pogojev ULO vrednost za 5 % višja. Po 169 dneh je vzorcem v pogojih NA vrednost močno narasla na 91,03 mg<sub>G.K.</sub>/100 g, toda je ne moremo primerjati z vzorci iz ULO, ki so zgnili. Sklepamo pa lahko, da bi se vrednost v pogojih ULO prav tako zvišala. Tudi na sliki 29 opazimo boljše rezultate za sorto Zlata parmena

pri skladiščenju v pogojih ULO. Vrednost skupnih fenolov se je po 49 dneh zvišala pri ULO za skoraj 60 %, v pogojih NA pa za dobrih 30 %, tukaj je razlika največja. Po 139 dneh opazimo znižanje vsebnosti skupnih fenolov pri obeh tipih skladiščenja, a so vrednosti v pogojih ULO še vedno višje. Po 169 dneh pa presenetljivo ugotovimo višje vrednosti skupnih fenolov v pogojih NA, kar lahko pripišemo višjim vsebnostim etilena.

### Flavonoidi

Predhodne raziskave so pokazale, da se koncentracija flavonoidov bistveno ne spreminja, ostaja enaka ali se pri nizkih temperaturah celo rahlo zniža. Narejena je bila tudi primerjava vsebnosti flavonoidov med pogoji ULO in NA za sorti Jonagold in Elstar, kjer so bile vrednosti med obema tipoma skladiščenja zelo podobne, a za malenkost v prid pogojem ULO (Awad in de Jager, 2000).

Piretti in sod. (1994) so opazili pri sorti Granny Smith znižanje koncentracij flavonoidov, tako pri pogojih ULO kot pri normalnem skladiščenju, torej večjih razlik med vrstama skladiščenja ni bilo.

Awad in de Jager (2003) v študiji dokažeta, da so flavonoidi po obiranju stabilni. Jabolka so ohranila koncentracije flavonoidov tako v kontrolirani atmosferi, kot tudi pri normalnem skladiščenju v hladilnici. Torej med skladiščenjem jabolka ne izgubljajo svojih zdravilnih sposobnosti.

Pričakujemo lahko podobne vsebnosti flavonoidov pri obeh tipih skladiščenja, mogoče za malenkost višje vrednosti pri skladiščenju v ULO.

Začetne izmerjene vrednosti flavonoidov so se gibale od 0,86 mg/100 g do vrednosti 1,82 mg/100 g. Končne vrednosti po 169 dneh pa so se gibale med 1,55 – 3,35 mg/100 g pri vzorcih iz pogojev NA ter med 1,49 – 3,43 mg/100 g pri vzorcih v pogojih ULO.

Pri sorti Ananasova reneta (slika 31) smo opazili rahlo povišanje koncentracije flavonoidov po preteku 98 dni, tako pri pogojih ULO kot pri NA. Po 98 dneh se je koncentracija zvišala iz začetne 1,22 mg/100 g na 1,72 mg/100 g pri vzorcih v pogojih NA in na 1,75 mg/100 g pri vzorcih v pogojih ULO. Koncentracija flavonoidov v ULO je nato do konca skladiščenja rahlo padala, vendar je končna za približno 25 % višja od začetne koncentracije pred skladiščenjem. Povišanje flavonoidov opazimo tudi na sliki 32, kjer se

koncentracije pri sorti Boskop v pogojih NA zvišujejo. Po 98 dneh opazimo zvišanje za 27 %, po 139 dneh pa že za skoraj 40 %. Pri vzorcih v pogojih ULO opazimo še višje vrednosti, saj se začetna vrednost po 98 dneh zviša kar za dobrih 70 %. Po 139 dneh skladiščenja koncentracija pade in je v ULO nižja kot v NA. Po 169 dneh pa koncentracija ponovno močno naraste, saj je kar za 88 % višja od začetne. Na sliki 33 opazimo pri sorti Carjevič največjo razliko v koncentraciji flavonoidov med pogoji ULO in NA po 169 dneh skladiščenja, kjer je končna vrednost v NA skoraj 3 krat višja kot začetna. Koncentracija flavonoidov v pogojih ULO je narasla po 98 dneh iz 1,18 mg/100 g na 1,51 mg/100 g in po 139 dneh na 1,82 mg/100 g. Koncentracija je nato po 169 dneh padla na končnih 1,52 mg/100 g, kar je za 28 % višja vrednost kot pred skladiščenjem. Koncentracija flavonoidov pa je pri vzorcih iz pogojev NA rasla skozi vso dobo skladiščenja, in sicer po 98 dneh se zviša na 1,63 mg/100 g, po 139 dneh na 2,29 mg/100 g in končna koncentracija po 169 dneh je bila 3,28 mg/100 g.

Po prvih dobrih treh mesecih skladiščenja nismo opazili bistvenih sprememb med pogoji ULO in NA v koncentraciji flavonoidov pri sorti Majda (slika 34). Koncentracija flavonoidov vzorcev je v pogojih NA po 139 dneh narasla iz začetne 0,85 mg/100 g na 2,08 mg/100 g in po 169 dneh je bila končna koncentracija kar 2,55 mg/100 g, kar je trikratnik začetne vrednosti. Vzorcem v pogojih ULO so se koncentracije le rahlo zvišale, in sicer po 139 dneh na 1,18 mg/100 g in po 169 dneh na 1,49 mg/100 g. Tako tudi tukaj, kot pri sorti Carjevič, opazimo višje vrednosti pri skladiščenju v pogojih NA. Iz začetne vrednosti se je koncentracija po 169 dneh pri vzorcih v ULO zvišala za 75 %, vzorcem v pogojih NA pa se je vrednost zvišala kar za 300 %. Prednost skladiščenja v ULO se pokaže na sliki 35 pri sorti Šampanjska reneta, kjer so se vrednosti flavonoidov rahlo zvišale iz začetne koncentracije 1,66 mg/100 g po 98 dneh na 2,02 mg/100 g (dobrih 20 %). Po 139 dneh se je koncentracija rahlo znižala na 1,89 mg/100 g, a je bila še vedno za 14 % višja od začetne vrednosti pred skladiščenjem. Pri vzorcih v pogojih NA je bila po 98 dneh vrednost več kot za 60 % nižja od začetne. Vrednost je nato narasla na 1,11 mg/100 g po 139 dneh in na 1,55 mg/100 g po 169 dneh, a je bila končna vrednost še vedno nižja od začetne pred skladiščenjem. Pri sorti Zlata parmena so vrednosti po 98 dneh skladiščenja zrasle tako pri ULO kot pri NA pogojih, kar lahko razberemo iz slike 36. Pri vzorcih v pogojih NA se je po 98 dneh začetna vrednost povišala za 87 %, iz 1,46 mg/100 g na 2,74 mg/100 g. Vzorcem v pogojih ULO pa se je začetna vrednost po 98 dneh povišala na 3,28

mg/100 g, kar pomeni zvišanje za 225 %. Vzorcem iz NA se je koncentracija do konca skladiščenja še povečala, po 169 dneh je bila 3,35 mg/100 g, kar pomeni, da se je vzorcem v pogojih NA začetna koncentracija flavonoidov po 169 dneh zvišala kar za 230 %. Plodom, skladiščenim v pogojih ULO, je koncentracija flavonoidov po 139 dneh padla na 2,57 mg/100 g, a se po 169 dneh spet rahlo zvišala na 2,72 mg/100 g. Koncentracija flavonoidov je bila po 169 dneh skladiščenja pri vzorcih v pogojih NA za 230 % višja od začetne, pri vzorcih iz pogojev ULO pa za 186 %.

### AOP

Zmožnost določene komponente, da inhibira oksidacijske procese, je definirana kot antioksidativen potencial (AOP) in predstavlja enega od najpomembnejših načinov obrambe pred prostimi radikali v človeškem telesu. Učinek antioksidantov je odvisen od strukture antioksidanta, oksidacijskih pogojev in od lastnosti oksidirajoče snovi (Roginsky in Lissi, 2004).

AOP je posledica vsebnosti polifenolov, predvsem nekaterih flavonoidov (flavonov, izoflavonov, flavononov, antocianinov, katehina in izokatehina) in v manjši meri vitaminov (Vidrih in Kač, 2000). Kakšen bo imela AOP posamezna sadna vrsta je odvisno prav od višine vsebnosti le-teh, vendar v študiji Kahkonena in sod. (1999) niso našli povezave med fenolnimi snovmi in AOP, kajti pri nizki vsebnosti fenolov so imeli vzorci visoke vrednosti AOP.

Mnoge študije so pokazale večjo povezavo med vsebnostjo flavonoidov in AOP v jabolčni kožici kot pri jabolčni pulpi. Spet drugi so ugotavljali, da povezave med vsebnostjo flavonoidov in AOP sploh niso opazili (Vieria in sod., 2011).

Ker je vsebnost fenolov, za katere je značilno antioksidativno in antiproliferativno delovanje, v pulpi precej manjša kot v kožici, je v mesu nižji tudi antioksidativen potencial. Kožica jabolka ima 1,5 – 9,2 krat višji antioksidativen potencial v primerjavi s pulpo (Drogoudi in sod., 2008).



Leja in sod. (2003) so skladiščili jabolka 4 mesece in merili AOP v kožicah jabolk. Poročajo, da se je AOP med skladiščenjem celo povečal; AOP kožice se je celo podvojil, kar je zelo ugodno iz prehranskega vidika.

Začetne vrednosti AOP so se gibale od 0,72 mmol/100 g pri sorti Boskop in do 1,49 mmol/100 g pri sorti Carjevič.

Pri sorti Ananasova reneta, skladiščeni v pogojih ULO, je AOP padal med skladiščenjem, kar je razvidno iz slike 37. Začetna vrednost pred skladiščenjem je bila 1,13 mmol/100 g in je po 98 dneh padla na 0,99 mmol/100 g. Vrednost je nato še padala in je bila po 169 dneh le še 0,39 mmol/100 g, kar je le slabih 35 % začetne vrednosti. Pri vzorcih v pogojih NA se je vrednost zvišala po 98 dneh iz 1,13 mmol/100 g na 1,28 mmol/100 g, a so jabolka nato zgnilila in nadaljnih analiz nismo mogli opraviti.

Napolitano in sod. (2004) poročajo, da se je AOP jabolčne pulpe po 3 mesecih skladiščenja močno povečala, kar povezujejo s povišanjem koncentracije katehina in florizina v pulpi. Enako se je zgodilo pri sorti Boskop (slika 38), kjer je po 98 dneh AOP narasel tako v pogojih ULO kot tudi v NA. Začetna vrednost 0,72 mmol/100 g je zrastle v pogojih NA na 1,69 mmol/100 g, v pogojih ULO pa na 1,45 mmol/100 g. Vrednost AOP je nato pri vzorcih iz pogojev NA močno padla po 139 dneh na 0,12 mmol/100 g, medtem ko je AOP pri vzorcih iz ULO po 139 dneh še rahlo narasel na 1,56 mmol/100 g, a nato po 169 dneh močno padel na končnih 0,16 mmol/100 g.

Razlike med pogoji NA in ULO so pri sorti Carjevič v času skladiščenja bile komajda opazne, saj se AOP bistveno ne spreminja, rezultati obeh tipov skladiščenja so podobni, kar lahko razberemo iz slike 39. Začetna vrednost pred skladiščenjem je bila 1,49 mmol/100 g in je pri vzorcih v pogojih NA po 98 dneh rahlo padla na 1,31 mmol/100 g, nato se je po 139 dneh rahlo zvišala na 1,57 mmol/100 g. Končna vrednost po 169 dneh skladiščenja je bila 1,03 mmol/100 g. Pri vzorcih v pogojih ULO je AOP po 98 dneh znašal 1,44 mmol/100 g, po 139 dneh 1,40 mmol/100 g, končna vrednost po 169 dneh pa je bila 1,13 mmol/100 g, torej le za malenkost višja kot v pogojih NA. Višji AOP v pogojih NA po končanem skladiščenju opazimo pri sorti Majda (slika 40). Tukaj je vrednost AOP pri vzorcih iz NA do 98. dneva skorajda enaka, iz začetne vrednosti 0,77 mmol/100 g se dvigne na 0,80 mmol/100 g. Vrednost se je do naslednjega vzorčenja skorajda razpolovila in je znašala 0,43 mmol/100 g. Po 169 dneh je bila vrednost AOP 1,29 mmol/100 g, kar je

skoraj dva krat višja vrednost kot na začetku. Vrednosti AOP pri vzorcih v pogojih ULO so podobno ostale enake do 98. dneva skladiščenja, kjer je AOP znašal 0,81 mmol/100 g. Vrednost je nato po 139 dneh padla na 0,64 mmol/100 g in po 169 dneh se je AOP še znižal na končnih 0,61 mmol/100 g. Tukaj lahko torej govorimo o boljšem vplivu pogojev NA na ohranitev AOP. Za malenkost višje vrednosti AOP pri hrambi v pogojih ULO smo odčitali pri sorti Šampanjska reneta. Iz slike 41 lahko razberemo, da je AOP vzorcev iz ULO po 98 dneh narasel iz 1,47 mmol/100 g na 1,72 mmol/100 g in ostal podoben tudi po 139 dneh skladiščenja, saj je bila vrednost 1,76 mmol/100 g. Vrednosti v pogojih NA so bile po 98 dneh nižje od začetne, AOP je znašal 1,09 mmol/100 g. Po 139 dneh se je AOP ponovno rahlo zvišal na 1,44 mmol/100 g, a je po 169 dneh ponovno padel na končnih 1,00 mmol/100 g. AOP je med skladiščenjem pri sorti Zlata parmena v pogojih NA padal, kar lahko razberemo iz slike 42. Tukaj se je začetna vrednost 0,89 mmol /100 g znižala po 98 dneh na 0,64 mmol/100 g in po 139 dneh na 0,57 mmol/100 g. Končna vrednost AOP po 169 dneh skladiščenja je znašala pri vzorcih iz NA le 0,14 mmol/100 g, kar je le 15 % začetne vrednosti. Pri vzorcih v pogojih ULO je začetna vrednost močno padla že po 98 dneh, kjer je AOP znašal 0,19 mmol/100 g. AOP se je nato zvišal in je po 139 dneh znašal 0,52 mmol/100 g in po 169 dneh 0,87 mmol/100 g, kar je zelo podobna vrednost začetni pred skladiščenjem.

## 5.2 SKLEPI

Na podlagi diplomskega dela, kjer smo primerjali fizikalno-kemijske parametre različnih starih slovenskih sort jabolk med skladiščenjem v ULO in NA pogojih, lahko povzamemo naslednje sklepe:

- Trdota plodov se bistveno boljše ohranja v pogojih ULO. Pri plodovih vseh sort smo v času skladiščenja opazili višje vrednosti trdote plodov v pogojih ULO;
- Nizke koncentracije O<sub>2</sub> in povišana koncentracija CO<sub>2</sub> močno vplivata na ohranjanje trdote plodov;
- Izločanje etilena je nižje pri skladiščenju v pogojih ULO, zaradi upočasnjene metabolizma;
- Vrednosti barvnega parametra L\* so nižje v pogojih ULO, vzorcem prehaja barva iz zelene v rumeno počasneje (počasnejši razpad klorofila);
- Povprečne vrednosti skupnih fenolov in flavonoidov so bile višje pri vzorcih v pogojih NA;
- Vrednosti AOP med pogoji ULO in NA so bile dokaj podobne a sortno pogojene.

## 6 POVZETEK

Med pomembno klimakterijsko sadje uvrščamo jabolka, katerih proizvodnja znaša letno okoli 70 milijonov ton. Ta podatek nam pove, kako zelo pomemben je ta sadež za človeštvo. Jablane so zelo donosno drevje, saj lahko nosijo od 40 do 200 kilogramov plodov letno.

Jabolka, obrana ob optimalnem času, lahko skladiščimo več tednov, a z razvojem nove tehnologije se je doba skladiščenja močno podaljšala. Ob ugotovitvi, da etilen povzroča hitrejšo staranje sadja in da ga nižje koncentracije O<sub>2</sub> in višje koncentracije CO<sub>2</sub> zavirata, smo sadje začeli skladiščiti v komorah s kontrolirano atmosfero. Tukaj spremljamo in po potrebi prilagajamo sestavo zraka ter vzdržujemo vsebnost O<sub>2</sub> na meji bioloških možnosti dihanja plodov, torej neposredno nad vrednostjo, pod katero se začne anaerobno dihanje.

Namen naše raziskave je ugotoviti vpliv skladiščenja v pogojih ULO na različne fizikalno-kemijske parametre pri šestih različnih starih slovenskih sortah jabolk. Da smo lahko rezultate ovrednotili, smo sočasno skladiščili enake vzorce v pogojih NA šolske hladilnice. Od fizikalnih parametrov smo merili trdoto plodov s penetrometrom, vrednosti barvnega parametra L\* s kromametrom ter vrednost izločanja etilena, ki smo ga izmerili s plinsko kromatografijo. Kemijske parametre smo izmerili po končanem skladiščenju iz zamrznjenih pripravkov pulpe jabolk brez kožic. Določali smo skupne fenole po metodi Singletona in Rossija, vrednost AOP s kolorimetričnim določanjem vsebnosti radikala DPPH in vsebnost flavonoidov po članku Lin in Tang (2007).

Povprečna trdota plodov pred začetkom skladiščenja je bila 8,56 kg/cm<sup>2</sup> in je do konca skladiščenja padla pri vzorcih iz NA na 4,55 kg/cm<sup>2</sup>, pri vzorcih iz ULO pa le na 6,20 kg/cm<sup>2</sup>. Rezultati v ULO so bili skoraj za 20 % višji v primerjavi z NA. Torej lahko sklepamo, da ima nižja koncentracija O<sub>2</sub> močan vpliv na ohranjanje trdote plodov, zaradi močno upočasnjenega metabolizma.

Pri meritvah vrednosti izločanja rastnega hormona etilena s plinsko kromatografijo smo opazili boljše rezultate pri skladiščenju v ULO pogojih. Izločanje etilena je bilo med skladiščenjem ob vsakem vzorčenju nižje v pogojih ULO. Največja razlika povprečnih vrednosti etilena za različne sorte je bila po 49 dneh. Tukaj so se vrednosti pri vzorcih v pogojih NA povišale na 69,86 μL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, vzorcem v pogojih ULO pa le na 35,39 μL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Na koncu je bila vrednost izločanja etilena v ULO 75,74 μL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, v NA pa 87,45 μL

$\text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Izločanje etilena je bilo v pogojih ULO močno reducirano zaradi višje vsebnosti  $\text{CO}_2$ , ki močno vpliva na sproščanje hormona.

Pri merjenju barvnega parametra  $L^*$ , ki določa svetlost plodov, smo skozi vso dobo skladiščenja opazili za malenkost nižje vrednosti pri vzorcih iz ULO. Največja razlika je bila ravno po končanem skladiščenju, se pravi po 169 dneh je bila vrednost v NA 70,88, v pogojih ULO pa 67,73. Vrednosti so bile pričakovano nižje v pogojih ULO, saj nizka koncentracija kisika v atmosferi zavira zorenje. Posledično se klorofil počasneje razgradi in prehod v rumeno barvo je počasnejši. Vzorci tako vsebujejo več klorofila, ki je temnejše barve od rumenih karotenoidov in zato so vrednosti  $L^*$  parametra nižje kot pri vzorcih iz pogojev NA, kjer se klorofil razgradi prej in je prehod v rumeno barvo hitrejši.

Fenolne spojine so velikega pomena za jabolka, saj prispevajo k okusu in stabilnosti plodov. Zaradi številnih predhodnih študij nismo pričakovali večjih razlik med NA in ULO pogoji pri ohranjanju skupnih fenolov med skladiščenjem. Višje vsebnosti skupnih fenolov med skladiščenjem v pogojih NA lahko pojasnimo z višjimi vsebnostmi etilena. Etilen namreč stimulira biosintezo fenolnih snovi in jih je zato posledično več tam, kjer je vsebnost etilena višja. Določali smo jih s Folin-Ciocalteuevim reagentom, pri čemer smo merili absorbanco pri 765 nm s spektrofotometrom. Povprečna začetna koncentracija skupnih fenolov za različne sorte je bila 73,65  $\text{mg}_{\text{G.K.}}/100 \text{ g}$ . Po 49 dneh so se povprečne vrednosti celo povišale za dobrih 10 %, tako v pogojih ULO kot tudi v pogojih NA. V pogojih ULO je nato vrednost po 139 dneh padla kar za 20 %, medtem ko se je povprečna vrednost v pogojih NA še zvišala za 2 %. Končna povprečna koncentracija skupnih fenolov po 169 dneh je bila v pogojih NA 79,82  $\text{mg}_{\text{G.K.}}/100 \text{ g}$ , v pogojih ULO pa 66,76  $\text{mg}_{\text{G.K.}}/100 \text{ g}$ . V daljši dobi skladiščenja se torej skupni fenoli bolje ohranijo v pogojih NA, saj so povprečni rezultati višji kot pri plodovih v pogojih ULO. Pri vsebnosti flavonoidov smo opazili, da so se povprečne koncentracije v pogojih ULO sprva zvišale, a so nato padale do konca skladiščenja, vendar so bile po 169 dneh višje od začetnih. Pri vzorcih v pogojih NA pa so povprečne koncentracije flavonoidov različnih sort naraščale od začetka do konca. Začetna povprečna koncentracija 1,36  $\text{mg}_{\text{G.K.}}/100 \text{ g}$ , se je po 169 dneh skladiščenja zvišala pri vzorcih iz pogojev ULO na 2,13  $\text{mg}_{\text{G.K.}}/100 \text{ g}$ , pri vzorcih iz pogojev NA pa na 2,68  $\text{mg}_{\text{G.K.}}/100 \text{ g}$ . Povprečna vsebnost flavonoidov pri vzorcih iz pogojev NA je bila tako po končanem skladiščenju glede na začetno vrednost kar za 40 % višja kot pri vzorcih v pogojih ULO. Povprečna vrednost AOP se je pri plodovih,

skladiščenih v pogojih NA, po 98 dneh zvišala iz začetne koncentracije 1,08 mmol/100 g za slabih 5 %, nato je po 139 dneh rahlo padla, po 169 dneh pa je bila končna povprečna vrednost 0,86 mmol/100 g. Pri vzorcih v pogojih ULO je povprečna vrednost ostala praktično enaka vse do zadnjega vzorčenja, kjer se je začetna vrednost skoraj razpolovila na 0,63 mmol/100 g. Tukaj smo pričakovali višje vrednosti pri vzorcih iz NA, zaradi predhodnih višjih koncentracij fenolov in flavonoidov, ki ključno vplivajo na vrednost AOP, a so vrednosti ostale zelo podobne med skladiščenjem, le po 169 dneh je bila povprečna vrednost v pogojih NA za dobrih 20 % višja kot v pogojih ULO.

## 7 VIRI

- Abeles F.B., Morgan P.W., Saltveit M.E.jr. 1992. Ethylene in plant biology. 2<sup>nd</sup> ed. San Diego, Academic Press: 414 str.
- 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: 23-32
- Abram V., Simčič M. 1997. Fenolne spojine kot antioksidanti. Farmaceutski vestnik, 48: 573-589
- Anderluh G., Maček P., Sepčič K., Turk T. 2009. Eksperimentalne metode v biokemiji. Ljubljana, Študentska založba: 137 str.
- Awad M.A., de Jager A. 2000. Flavonoid and chlorogenic acid concentrations in skin of »Jonagold« and »Elstar« apples during and after regular and ultra low oxygen storage. Postharvest Biology and Technology, 20: 15-24
- Awad M.A., de Jager A. 2003. Influences of air and controlled atmosphere storage on the concentration of potentially healthful phenolics in apples and other fruits. Postharvest Biology and Technology, 27: 53-58
- Balasundram N., Sundram K., Samman S. 2006. Phenolic compounds in plant and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence and potential uses. Food Chemistry, 99 : 191-203
- Blakenship S.M., Unrath C.R. 1988. PAL and ethylene content during maturation of Red and Golden Delicious apples. Phytochemistry, 27: 1001-1003. Cit po: Mikulič Petkovšek M., Slatnar A., Štampar F., Veberič R. 2012. Vpliv ekološke in integrirane pridelave na vsebnost fenolov v listih in plodovih jabolane. V: Zbornik referatov 3. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško, 21. – 23. november 2012. Hudina M. (ur.). Ljubljana, Strokovno sadjarsko društvo Slovenije: 187-192
- Bondet V., Brand-Williams W., Berset C. 1997. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH· free radical method. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 30, 6: 609-615

- Bonner J., Varner J.E. 1976. Plant biochemistry. <sup>3rd</sup> ed. New York, Academic Press: 714-722
- Brücker F. 1984. Farb-beurteilung von Flüssigkeiten. Fette, Seifen, Anstrichmittel, 86, 4: 167-172
- Bürstenbinder K., Sauter M. 2012. Early events in the ethylene biosynthetic pathway – regulation of the pools of methionine and S-adenosylmethionine. Annual Plant Reviews, 44: 19-52
- Costa F., Peace C.P., Stella S., Serra S., Musacchi S., Bazzani M., Sansavini S., Van de Weg W.E. 2010. QLT dynamics for fruit firmness and softening around ethylene-dependent polygalacturonase gene in apple (*Malus x domestica* Borkh). Journal of Experimental Botany, 61, 11: 3029-3039
- Deng H., Van Berkel G. 1998. Electrospray mass spectrometry and UV / visible spectrophotometry studies of aluminium (III) flavonoid complexes. Journal of Mass Spectrometry, 33, 11: 1080-1087
- Dixon J., Hewett E.W. 1998. Temperature affects postharvest color change of apples. Journal of the American Society for Horticultural Science, 123, 2: 305-310
- Drogoudi P.D., Michailidis Z., Pentelidis G. 2008. Peel and flesh antioxidant content and harvest quality characteristics of seven apple cultivars. Scientia Horticulturae, 115, 2: 149–153
- FAOSTAT. 2014. Production: Crops: Apples: World (total): 2012. Rome, Food and Agricultural Organization: baza podatkov  
<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E> (1. 4. 2014)
- Ferree D. C., Warrington I. 2003. Apples: Botany, production and uses. New York, CABI Pub: 660 str.
- Godec B. 2006. Jablanove sorte travniških sadovnjakov. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 57 str.
- Gvozdenović D. 1989. Od obiranja sadja do prodaje. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 291 str.



- Gwanpua S.G., Verlinden B.E., Hertog M.L.A.T.M., Bullens I., Van de Poel B., Van Impe J., Nicolaï B.M., Geeraerd A.H. 2012. Kinetic modeling of firmness breakdown in »Braeburn« apples stored under different controlled atmosphere conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 67: 68-74
- Hribar J. 1989. Spremembe kemičnih in mehaničnih lastnosti jabolk sorte Jonagold pri različnih pogojih skladiščenja. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za živilsko tehnologijo: 93 str.
- Hribar J., Vidrih R., Zlatič E. 2008. Stanje in trendi pri skladiščenju jabolk. V: Zbornik referatov 2. Slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško, 31. januar – 2. februar 2008. Hudina M. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 421-427
- Jobling J.J., McGlasson. 1995. A comparison of ethylene production, maturity and controlled atmosphere storage of Gala, Fuji and Lady Williams apples (*Malus domestica*, Borkh.). *Postharvest Biology and Technology*, 6: 209-218
- Kahkonen M. P., Hopia A. I., Vuorela H. J., Raucha J. P., Pihlaja K., Kujala T. S., Heinonen M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 3954-3962
- Kim D.-O., Lee K.W., Lee H.J., Lee C.Y. 2002. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 3713-3717
- Košmelj K. 2001. Uporabna statistika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 249 str.
- Košmerl T., Kač M. 2007. Osnovne kemijske in senzorične analize mošta in vina: laboratorijske vaje za predmet Tehnologija vina. 3. izd., popravljena in dopolnjena. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 106 str.
- Kramar Z., Kmetič Škof T., Oršanič H.T., Hudoklin A., Perušek M., Gačnik J., Černelč A., Volf A., Vrtin D. 2007. Priročnik tradicionalnih in avtohtonih vrst in sort visokodebelnih sadnih dreves. Ljubljana, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Novo mesto, Kmetijsko gozdarski zavod: 56 str.

- Kviklienė N., Kviklys D., Lanauskas J., Uselis N. 2008. Harvest time effect on quality changes of apple cultivar »Alva« during ripening and storage. *Sodininkyste ir Darzininkyste*, 27, 1: 3-8
- Lancaster J.E., Grant J.E., Lister C.E., Taylor M. 1994. Skin color in apples – influenced of copigmentation and plastid pigments in shade and darkness of red color in five genotypes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119: 63-69
- Leja M., Mareszek A., Ben J. 2003. Antioxidant properties of two apple cultivars during long-term storage. *Food Chemistry*, 80: 303-307
- 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
- Lo Scalzo R. 2008. Organic acids influence on DPPH• scavenging by ascorbic acid. *Food Chemistry*, 107: 40-43
- Mikulič Petkovšek M., Slatnar A., Štampar F., Veberič R. 2012. Vpliv ekološke in integrirane pridelave na vsebnost fenolov v listih in plodovih jabolane. V: Zbornik referatov 3. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško, 21. – 23. november 2012. Hudina M. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo : 187-192
- Mišić P.D. 1989. Nove sorte voćaka. 2. prerađeno i dopunjeno izd. Beograd, Nolit: 430 str.
- Napolitano A., Cascone A., Graziani G., Ferrancane R., Scalfi L., di Vaio C., Ritieni A., Fogliano V., 2004. Influence of variety and storage on the polyphenol composition of apple flesh. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 6526-6531
- Peirs A., Scheerlinck N., Perez A., B., Jancsó P., Nicolai B., M. 2002. Uncertainty analysis and modelling of the starch index during apple fruit maturation. *Postharvest Biology and Technology*, 26: 199-207

- Pirretti M.V., Gallerani G., Pratella G.C. 1994. Polyphenol fate and superficial scald in apple. *Postharvest Biology and Technology*, 4 : 213-224
- Rama M.V., Narasimham P. 2003. Controlled atmosphere storage: Effects on fruit and vegetables. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Vol. 3. 2<sup>nd</sup> ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (eds.). Amsterdam, Academic Press : 1607-1615
- Primožič J. 2004. Hladilnice za skladiščenje jabolk. V: *Zbornik referatov 1. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo*, Krško, 24.-26. marec 2004. Hudina M. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 721-726
- Roginsky V., Lissi E.A. 2004. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. *Food Chemistry*, 92, 2: 235-254
- Rudan Tasič D., Klofutar C. 2007. Fizikalnokemijske metode v živilstvu. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 150-152
- Saei A., Tustin D.S., Zamani Z., Talaie A., Hall A.J. 2011. Cropping effects on the loss of apple fruit firmness during storage : The relationship between texture retention and fruit dry matter concentration. *Scientia Horticulturae*, 130: 256-265
- Shoji T., Akazome Y., Kanda T., Ikeda M. 2004. The toxicology and safety of apple polyphenol extract. *Food and Chemical Toxicology*, 42: 959-967
- Song J., Bangerth F. 1996. The effect of harvest date on aroma compound production from »Golden Delicious« apple fruit and relationship to respiration and ethylene production. *Postharvest Biology and Technology*, 8: 259-269
- Štampar F., Lešnik M., Veberič R., Solar A., Koron D., Usenik V., Hudina M., Osterc G. 2009. *Sadjarstvo*. 2. dop. izd. Ljubljana, ČŽD Kmečki glas: 416 str.
- Suwa Stanojević M. 1999. *Tehnologija sadja, vrtnin in pijač*. Ljubljana, Zavod Republike Slovenije za šolstvo: 332 str.
- Unuk T., Čmelik Z., Schlauer B. 2007. Opterećenje rodnom utječe na kakvoću plodova mladih stabala jabuke sorte Golden Delicious. *Pomologia Croatica*, 13: 129-142
- Van der Sluis A.A., Dekker M., Verkerk R., Jongen W.M.F. 2000. An improved, rapid *in vitro* method to measure antioxidant activity: Application on selected flavonoids and apple juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 4116-4122

- Vidrih R., Kač M. 2000. Analitika antioksidantov. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 101-114
- Vieira F.G.K.V., Borges G.D.C., Copetti C, Di Pietro P.F., Nunes E.C., Fett R. 2011. Phenolic compounds and antioxidant activity of the apple flesh and peel of eleven cultivars grown in Brazil. *Scientia Horticulturae*, 128: 261-266
- Vrhovšek U. 2000. Bioaktivne polifenolne spojine grozdja in vina. V: Zbornik referatov. Strokovni posvet Vino-hrana, zdravje 2000, Ljubljana 5.4.2000. Rajher Z. (ur.). Celje, Poslovna skupnost za vinogradništvo in vinarstvo Slovenije: 42-56
- Waterhouse A. L. 2002. Determination of total phenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 6: 1-8
- Westland S., Ripamonti C., Cheung V. 2012. Computational colour science using MATLAB. 2<sup>nd</sup> ed. Hoboken, Wiley: 49-64
- Yang S.F., Hoffman N.E. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 35: 155-189