

Uloga toplinskih tretmana i sastava pektina u pojavi ozljeda plodova nektarine (*Prunus persica* var. *nectarina* Ait.) od niskih temperatura tijekom čuvanja

Fruk, Goran

Doctoral thesis / Disertacija

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:625958>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

Agronomski fakultet

Goran Fruk

**ULOGA TOPLINSKIH TRETMANA I
SASTAVA PEKTINA U POJAVI
OZLJEDA PLODOVA NEKTARINE
(*Prunus persica* var. *nectarina* Ait.) OD
NISKIH TEMPERATURA TIJEKOM
ČUVANJA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2014.



Sveučilište u Zagrebu

Agronomski fakultet

Goran Fruk

**ULOGA TOPLINSKIH TRETMANA I
SASTAVA PEKTINA U POJAVI
OZLJEDA PLODOVA NEKTARINE
(*Prunus persica* var. *nectarina* Ait.) OD
NISKIH TEMPERATURA TIJEKOM
ČUVANJA**

DOKTORSKI RAD

Mentor:
Prof. dr. sc. Tomislav Jemrić

Zagreb, 2014.



University of Zagreb

Faculty of Agriculture

Goran Fruk

**THE ROLE OF HEAT TREATMENTS AND
PECTIN COMPOUNDS IN THE
OCCURRENCE OF CHILLING INJURY IN
NECTARINE FRUIT (*Prunus persica* var.
nectarina Ait.) DURING STORAGE**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:
Prof. dr. sc. Tomislav Jemrić

Zagreb, 2014.

INFORMACIJE O MENTORU

Prof. dr. sc. Tomislav Jemrić rođen je 1971. godine u Zagrebu. Diplomirao je 1993. godine na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu kao najbolji student. Magistrirao je 2000., a doktorirao 2004. godine na istom fakultetu s temom „Djelovanje toplinskog tretmana na kakvoću ploda i pojavu površinskog *scalda* jabuke 'Granny Smith' kod različitih rokova berbe“.

Od 1993. do 1995. radio je privatnoj tvrtci „Veronika“ kao tehnolog u proizvodnji, a od 1995. godine radi na Zavodu za voćarstvo Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Redoviti je profesor na Zavodu za voćarstvo Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, gdje je nositelj modula *Voćarstvo 1* i *Suvremene tehnologije čuvanja i pakiranja voća* na preddiplomskom studiju te *Temelji voćarstva* i *Specifičnosti tehnologije čuvanja i pakiranja voća* na diplomskom studiju. Suradnik je na modulima *Organsko-biološki uzgoj voća* i *Voćarstvo* na preddiplomskom studiju te *Samoniklo voće* na diplomskom studiju. Na doktorskom studiju Poljoprivredne znanosti prof. dr. sc. Tomislav Jemrić nositelj je modula *Tretmani voća poslije berbe* te suradnik na modulu *Pomotehnika i kakvoća voća*.

Kao stipendist izraelske vlade usavršavao se tri mjeseca u Izraelu na *Department of Postharvest Science of Fresh Produce* (Volcani Centre, ARO, Izrael), gdje je bio uključen u istraživanja na ekološki prihvatljivim tretmanima poslije berbe na agrumima.

Autor je deset izvornih znanstvenih radova objavljenih u časopisima A1 kategorije te 30 znanstvenih članaka objavljenim u časopisima A2 kategorije. Profesor Jemrić je autor devet znanstvenih, stručnih i popularnih knjiga iz područja voćarstva te tri poglavlja u knjigama. Sudjelovao je na 39 domaćih i međunarodnih znanstvenih skupova, kao predavač ili izlaganjem postera.

Profesor Jemrić bio je voditelj sedam stručnih i znanstvenih projekata financiranih iz nacionalnih i međunarodnih izvora. Trenutno je koordinator projekta LIFE13 ENV/HR/000580 *Low pesticide IPM in sustainable and safe fruit production* financiranog u sklopu EU Life+ Programa.

Bio je mentor 31 završnog rada, 59 diplomskih radova te jednog doktorskog rada.

Ovu doktorski rad je ocijenilo povjerenstvo u sastavu:

1. Doc. dr. sc. Martina Skendrović Babojelić,
docentica Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
2. Prof. dr. sc. Janez Hribar,
redoviti profesor Biotehničkog fakulteta Sveučilišta u Ljubljani
3. Doc. dr. sc. Marko Vinceković,
docent Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Doktorski rad je obranjen na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 24. studenog 2014. pred povjerenstvom u sastavu:

1. Doc. dr. sc. Martina Skendrović Babojelić, _____
docentica Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
2. Prof. dr. sc. Janez Hribar, _____
redoviti profesor Biotehničkog fakulteta Sveučilišta u Ljubljani
3. Doc. dr. sc. Marko Vinceković, _____
docent Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

SAŽETAK

Istraživano je djelovanje toplinskih tretmana na sadržaj frakcija pektina (pektini topljivi u vodi, pektini topljivi u amonijevom oksalatu i pektini topljivi u natrijevoj lužini), pojavu ozljeda od niskih temperatura i senzorna svojstva nektarine sorata 'Diamond Ray' i 'Venus' čuvanih dva i četiri tjedna na 0 °C u normalnoj atmosferi i pet dana života na polici. Primijenjeni toplinski tretmani bili su potapanje u toplu vodu temperature 48 °C u trajanju šest i 12 minuta (HWD 48 °C 6' i HWD 48 °C 12'), potapanje u toplu vodu temperature 52 °C u trajanju od dvije minute (HWD 52 °C 2') i tretman vrućim zrakom temperature 45 °C u trajanju od 60 minuta uz podizanje temperature za 24 °C svakih 60 minuta, sve dok temperatura mezokarpa kraj koštice ne dostigne 45 °C (HAT 45 °C/24). Kod sorte 'Diamond Ray' tretman vrućim zrakom nije smanjio ozljede od niske temperature, ali ih nije ni povećao, dok su vodeni tretmani (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2') povećali udio plodova s ozljedama od niskih temperatura. Sorta 'Venus' nije pokazala simptome ozljeda od niskih temperatura. Utjecaj je toplinskih tretmana na udjele frakcija pektina različit, ovisno o sorti i duljini čuvanja plodova. Pektini topljivi u amonijevom oksalatu imaju važnu ulogu kod ozljeda od niskih temperatura. Plodovi s većim udjelom pektina topljivih u amonijevom oksalatu imali su niži udio plodova s ozljedama od niskih temperatura. Utvrđena je povezanost omjera pektina topljivih u vodi i pektina topljivih u amonijevom oksalatu intenzitetom ozljeda od niskih temperatura, što ukazuje da bi taj omjer mogao bi biti dobar pokazatelj ozljeda od niskih temperatura. Toplinski tretmani ne narušavaju kakvoću ploda nektarine, ali utječu na senzorna svojstva plodova nakon čuvanja dva i četiri tjedna na 0 °C i pet dana života na polici.

Ključne riječi: *Prunus persica* var. *nectarina*, toplinski tretmani, pektini, senzorna svojstva, ozljede od niskih temperatura, kakvoća ploda, čuvanje

SUMMARY

The effect of heat treatment on the ratio of the pectin fractions (water soluble pectin, ammonium oxalate soluble pectin and sodium hydroxide soluble pectin), the occurrence of chilling injury and sensory properties nectarine cultivars 'Diamond Ray' and 'Venus' stored 2 and 4 weeks at 0 °C in normal atmosphere and 5 days of shelf life was studied. Heat treatments that were applied were hot water dip treatment at temperature 48 °C for 6 and 12 minutes (HWD 48 °C 6' and HWD 48 °C 12', respectively), at temperature 52 °C for 2 minutes (HWD 52 °C 2 ') and treatment with hot air at temperature of 45 °C for 60 minutes, followed by raising the temperature to 24° C every 60 minutes until the temperature of the mesocarp at stones reaches 45 °C (HAT 45°C/24). Treatment of hot air did not reduce development of chilling injury of nectarine 'Diamond Ray', but also did not increase, while water treatments (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' and HWD 52 °C 2') showed an increase in chilling injury development. Nectarine 'Venus' had no symptoms of chilling injuries. Heat treatment had different effect on the ratio of the different fractions of pectin depending on cultivar and storage. Ammonium oxalate soluble pectin fraction play an important role in chilling injury development. Fruit with higher ratio of ammonium oxalate soluble pectin had lower ratio of chilling injured fruit. It was found good relationship between the ratio of water-soluble pectin and ammonium oxalate soluble pectin with intensity of chilling injuries which shows that this ratio could be a good indicator of chilling injury. Heat treatments do not impair the quality of the nectarine fruit, but affects the sensory properties of fruit after 2 and 4 weeks of storage at 0 °C and 5 days of life on the shelf.

Key words: *Prunus persica* var. *nectarina*, heat treatments, pectin, sensory properties, chilling injuries, fruit quality, storage

Ovaj doktorski rad napravljen je na znanstvenom projektu 178-0000000-3583 „Optimizacija čuvanja breskve i nektarine tretmanima poslije berbe“ (voditelj prof. dr. sc. Tomislav Jemrić), koji je financiralo Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa.

SADRŽAJ

1	UVOD.....	8
2	HIPOTEZE I CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	10
2.1	Hipoteze istraživanja.....	10
2.2	Ciljevi istraživanja	10
3	PREGLED LITERATURE.....	11
3.1	Genetska osnova ozljeda od niskih temperatura	12
3.2	Utjecaj agroekoloških uvjeta na pojavu ozljeda od niskih temperatura.....	13
3.3	Kakvoća ploda i ozljede od niskih temperatura	13
3.4	Uloga enzima u nastanku ozljeda od niskih temperatura.....	14
3.5	Utjecaj zrelosti i roka berbe	17
3.6	Uloga temperature u razvoju ozljeda od niskih temperatura	18
3.7	Uloga pektina razvoju ozljeda od niskih temperatura.....	19
3.7.1	Sastav i smještaj pektina u plodu	19
3.7.2	Metabolizam pektina.....	20
3.8	Nastanak vunavosti u plodu breskve.....	23
3.9	Anatomska građa.....	24
3.10	Čimbenici poslije berbe za smanjenje ozljeda od niske temperature.....	24
3.10.1	Sastav atmosfere čuvanja	24
3.10.2	Toplinski tretmani	26
3.10.3	Odgođeno čuvanje.....	28
3.10.4	Povremeno zagrijavanje.....	28
3.10.5	Zračenje.....	29
3.10.6	Organsko-biološki tretmani.....	30
3.10.7	Tretmani kalcijem	30
3.10.8	Tretmani dušičnim monoksidom	30
3.10.9	Tretmani 1-metilciklopropenom i aminoetoksivinihglicinom	31
3.10.10	Tretmani giberelinom.....	32
3.10.11	Tretmani etilenom	32
3.10.12	Tretmani drugim kemijskim sredstvima	33
4	MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA	34
4.1	Vrijeme i način provođenja istraživanja	34

4.2	Plodovi korišteni u istraživanju.....	34
4.2.1	Sorta 'Venus'.....	34
4.2.2	Sorta 'Diamond Ray'	35
4.3	Toplinski tretmani u istraživanju	35
4.4	Čuvanje plodova.....	35
4.5	Fizikalno kemijske analize plodova	35
4.5.1	Masa ploda i kalo	35
4.5.2	Tvrdoća plodova	36
4.5.3	Topljiva suha tvar.....	36
4.5.4	Ukupne kiseline.....	36
4.5.5	Reakcija soka	37
4.5.6	Elektrovodljivost soka.....	37
4.5.7	Pektini	37
4.5.8	Indeks sočnosti.....	40
4.5.9	Indeks ozljeda od niskih temperatura.....	40
4.5.10	Udio trulih plodova	41
4.5.11	Boja mesa ploda	41
4.5.12	Udio neprihvatljivih plodova	41
4.5.13	Analiza senzornih svojstava plodova	42
4.6	Akvizicija temperature toplinskih tretmana	42
4.7	Statistička obrada rezultata	43
5	REZULTATI	44
5.1	Gubitak mase plodova.....	44
5.2	Pokazatelji kakvoće ploda.....	50
5.3	Boja mesa ploda	61
5.4	Odnosi pektinskih frakcija	67
5.5	Udio trulih plodova, indeks sočnosti, indeks ozljeda od niskih temperatura i udio neprihvatljivih plodova	73
5.6	Korelacija i regresija pektinskih frakcija i indeksa ozljeda od niskih temperatura....	77
5.7	Senzorno ocjenjivanje svojstava plodova	82
5.8	Promjena temperature mesa ploda pod utjecajem toplinskih tretmana.....	87
6	RASPRAVA.....	93

7	ZAKLJUČAK.....	109
8	POPIS LITERATURE.....	111
9	POPIS GRAFIKONA, SLIKA I TABLICA	123
9.1	Popis grafikona	123
9.2	Popis slika	126
9.3	Popis tablica	126
10	ŽIVOTOPIS.....	128

1 UVOD

Nektarina je traženo sezonsko voće u Hrvatskoj i sve više dobiva na značaju. Zbog povoljnih ekoloških uvjeta uzgoj nektarine moguć je i u kontinentalnoj i u primorskoj Hrvatskoj. Poznato je da su breskva i nektarina bliski srodnici (Brady, 1993) te je teško ili gotovo nemoguće razlikovati breskvu i nektarinu po izgledu stabla, lišća i cvjetova, ali se zato razlikuje izgled ploda u veličini, obliku, tvrdoći, boji, aromi, okusu i otpornosti na bolesti (Wen i sur., 1995a; Wen i sur., 1995b). Stoga je opravdano promatrati njihovu fiziologiju i druga svojstva zajedno, imajući na umu pojedine specifičnosti u kojima se ipak razlikuju. Razvoj tvari arome i njihovo nakupljanje u plodu ovisi o vremenu berbe (Lim i Romani, 1964). Premda se klimakterijski plodovi mogu dulje čuvati ubiru li se prije nastupa klimakterijskog disanja, to ne vrijedi za breskvu i nektarinu, jer one kasno nakupljaju tvari arome pa se moraju brati bliže dospelosti. To dovodi do brzog mekšanja plodova, čime je ograničeno vrijeme distribucije i čuvanja plodova (Wang i sur., 2003). S obzirom na to da je aroma vrlo bitna potrošačima, nektarina se često bere u kasnijoj fazi zrelosti nego drugo klimakterijsko voće. Stoga je njezin životni vijek tijekom čuvanja ili života na polici značajno kraći.

Čuvanjem na niskim temperaturama pokušava se produžiti životni vijek ploda dok ne stigne do potrošača, bilo da je razlog udaljeno tržište ili se želi produžiti razdoblje konzumacije. Prilikom čuvanja na niskim temperaturama može doći do neželjenih fizioloških procesa koji se očituju kao crvenilo mesa, posmeđenje mesa, gubitak sočnosti u vidu brašnjave, vunaste ili kožaste strukture i teksture i sl. Te se promjene zajednički nazivaju ozljede od niskih temperatura (Brummell i sur., 2004b; Lurie i Crisosto, 2005; Peace i sur., 2006). Utvrđeno je da do ozljeda od niskih temperatura najčešće dolazi zbog čuvanja plodova na temperaturama između 2,2 i 7,6 °C kraće razdoblje (jedan do dva tjedna). Međutim i kod čuvanja na nižim temperaturama dulje vrijeme (tri i više tjedana) može doći do pojave ovih promjena u plodu. Stoga se istražuju različiti načini smanjenja pojave ozljeda od niskih temperatura.

Pojava ozljeda od niskih temperatura može se smanjiti čuvanjem plodova u kontroliranoj atmosferi (CA) (Lurie, 1992), ali je upitna isplativost tako kratkog čuvanja plodova (dva do četiri tjedna), pri čemu se još mogu javiti i fiziološki poremećaji izazvani neodgovarajućim sastavom CA-e.

Tretiranje plodova prije ili poslije berbe različitim kemijskim preparatima, kao što su tretmani kalcijem, klorom, oksalnom kiselinom, salicilnom kiselinom i dr. (Dai i sur., 2007;

Manganaris i sur., 2007; Wang i sur., 2006a; Yu i sur., 2004; Zheng i sur., 2007) djeluju na održanje tvrdoće ploda. Inhibiranje sinteze hormona dozrijevanja (etilena) pomoću inhibitora sinteze etilena 1-metilciklopropena (1-MCP) ili aminoetoksivinilglicina (AVG) sprječava ili odgađa mekšanje plodova pa time i pojavu ozljeda od niskih temperatura (Cuquel i sur., 2006; Duan i sur., 2004; Grima-Calvo i sur., 2005; Ju i sur., 1999; Li i sur., 2004; Ma i sur., 2003; Pinto i Jorge, 2007). Primjena giberelina prije berbe također može smanjiti pojavu ozljeda od niskih temperatura (Amarante i sur., 2005). Reakcija ploda breskve i nektarine na egzogeni etilen tijekom čuvanja još uvijek nije do kraja utvrđena. Rodriguez i sur. (2006) navode da dodavanje egzogenog etilena nema utjecaja na pojavu vunavosti kod breskve. Lurie i Crisosto (2005) navode brojna istraživanja koja pokazuju da egzogeni etilen tijekom dugotrajnog čuvanja može smanjiti pojavu ozljeda od niskih temperatura.

Toplinski tretmani potapanjem plodova u toplu vodu pokazali su se uspješni u očuvanju kakvoće ploda i sprječavanju fizioloških poremećaja plodova drugih voćnih vrsta (npr. jabuka, mandarina, *oroblanco* i dr.) izazvanih čuvanjem na niskim temperaturama (Jemrić i sur., 2006; Jemrić i Pavičić, 2004; Lurie i sur., 2004). Također, Mao i Zhang (2001) navode da toplinski tretmani prije i tijekom čuvanja mogu ublažiti nastajanje ozljeda od niskih temperatura kod breskve. Detaljnija istraživanja djelovanja i uspješnosti toplinskih tretmana u smanjenju ozljeda od niskih temperatura kod breskve i nektarine nisu provedena.

2 HIPOTEZE I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

2.1 Hipoteze istraživanja

Način primjene toplinskog tretmana (potapanje plodova nektarine u toplu vodu i tretiranje plodova vrućim zrakom) različito utječu na smanjenje pojave ozljeda od niskih temperatura nakon čuvanja na niskim temperaturama.

Toplinski tretmani prije čuvanja utječu na kakvoću ploda, sadržaj pektina u raznim pektinskim frakcijama (pektini topljivi u vodi, pektini topljivi u natrijevoj lužini, topljivi u amonijevom oksalatu) i intenzitet pojave ozljeda plodova nektarine od niske temperature tijekom čuvanja.

Ozljede od niskih temperatura utječu na senzorna svojstva plodova nektarine i uvjetuju tehnološke postupke za dulje skladištenje plodova.

2.2 Ciljevi istraživanja

Istražiti i utvrditi kako toplinski tretmani djeluju na smanjenje ozljeda plodova nektarine od niske temperature tijekom čuvanja.

Istražiti i utvrditi utjecaj toplinskog tretmana na kakvoću plodova i povezanost sadržaja pektina i njihovih frakcija tijekom čuvanja s intenzitetom pojave ozljeda plodova nektarine od niske temperature.

Istražiti i utvrditi ovisnost senzornih svojstava o tehnološkim postupcima poslije berbe za duže čuvanje i sprječavanje fizioloških poremećaja.

3 PREGLED LITERATURE

Ubrani plod je živi organizam i njegov metabolizam se i dalje odvija normalnim tijekom (Kan i sur., 2011). Ova činjenica omogućava da se plodove može čuvati određeno vrijeme i po potrebi ih transportirati na udaljenija područja. Plodovi se dijele na klimakterijske i neklimakterijske. Klimakterijski plodovi mogu dospjeti odvojeni od stabla (npr. jabuka, kruška, banana i dr.), a neklimakterijski ne mogu (npr. maline, kupine, trešnje i dr.). Breskva i nektarina pripadaju skupini klimakterijskih plodova (Tonutti i sur., 1997). Premda je ova podjela opće prihvaćena, još uvijek se u znanstvenoj zajednici vode rasprave, jer postoje i vrste s nejasnim karakteristikama. Tako postoji skupina vrsta koje imaju tzv. potisnuti klimakterij (npr. šljiva), kod kojih se osobine klimakterijskih plodova pokazuju kasnije nego kod neklimakterijskih.

Ozljede od niskih temperatura je skupni naziv za fiziološke poremećaje koji se javljaju tijekom čuvanja plodova na niskim temperaturama (Lurie i Crisosto, 2005). Kod breskve i nektarine ozljede od niskih temperatura uključuju gubitak sočnosti (vunavost, brašnjavost, kožasta tekstura), posmeđenje mesa, crvenilo mesa, šupljine u mesu ili koštici, strani okus (Hu i sur., 2007; Lurie i Crisosto, 2005; Luza i sur., 1992).



Slika 1 Ozljede od niske temperature kod nektarine (A) posmeđenje mesa, (B) crvenilo mesa, (C) kožasta tekstura mesa (Foto: G. Fruk)

Vunavost se očituje kao nedostatak sočnosti i suha vunasta tekstura mesa ploda (Zhou i sur., 2000a). Uzrokovana je neuravnoteženim metabolizmom pektina tijekom dospijevanja na niskim temperaturama (Ben-Arie i Sonogo, 1980). Brašnjavost, slično kao i vunavost, očituje se kao nedostatak sočnosti i suha tekstura, ali sa zrnatom teksturom mesa (Crisosto i Labavitch, 2002). Kožasta struktura mesa također se očituje kao nedostatak sočnosti, a meso djeluje žilavo i suho. Problem je u tome što su ozljede od niske temperature unutarnji poremećaji koji nisu vidljivi sve dok se plod ne prereže ili ne konzumira. Dok neki simptomi

ozljeda mogu biti donekle prihvatljivi potrošačima (npr. crvenilo mesa), drugi nisu samo vizualni, već utječu i na organoleptička svojstva (vunavost, brašnjavost, posmeđenje mesa i sl.), odbijaju potrošača od konzumacije, a mogu ga i preusmjeriti da te plodove potraži kod drugog proizvođača ili dobavljača. U konačnici ga mogu odbiti i od trajnog konzumiranja ovog voća. Plodovi koji dospiju do potrošača, ali ne budu konzumirani, također se smatraju gubitkom poslije berbe.

3.1 Genetska osnova ozljeda od niskih temperatura

Za pravilno razumijevanje nastanka ozljeda od niskih temperatura, kao i za načine sprječavanja njihovog nastanka, potrebno je razumjeti genetsku i biokemijsku osnovu sinteze arome, antioksidacijskih procesa, kao i moguću genetsku kontrolu ozljeda od niske temperature, koristeći dostupne molekularno-genetičke tehnologije (Crisosto, 2006). Tako je utvrđeno da endo-poligalakturonaza (endoPG; EC 3.2.1.15, često zvana i samo poligalakturonaza) ima kvalitativnu ulogu u razvoju brašnjavosti. Pri tome mora biti prisutna funkcionalna endoPG, kako bi se ekspresirali drugi geni koji utječu na osjetljivost ploda na brašnjavost. Brašnjavost se odlikuje suhom zrnatom teksturom koja nije karakteristična za breskvu i nektarinu koje potrošači redovito doživljavaju kao vrlo sočno voće. Peace i sur. (2006) tvrde da bi za nastanak simptoma ozljeda od niskih temperatura moglo biti odgovorno nekoliko *major* gena. Jedan od tih gena je endoPG, koji utječe na pojavu brašnjavosti, a vjerojatno i crvenilo mesa. Svako svojstvo ozljeda od niskih temperatura ima visoku heritabilnost u populaciji, s relativno malim utjecajem godine ili podloge. Peace i sur. (2006) također navode da nisu jasne razlike između visoko i nisko osjetljivih genotipova. U prilog toj tvrdnji idu i rezultati istraživanja novijih sorata. 'Ghiaccio' je sorta breskve s potpuno bijelo-kremastom bojom kože i mesa, vrlo tvrdog mesa i visokim udjelom topljive suhe tvari. Testoni i sur. (2006) kod ove sorte nisu uočili posmeđenje mesa ili brašnjavost ni nakon deset dana života na polici što predstavlja izrazito dug život na polici za breskvu.

Prihvaćenost ploda breskve kod potrošača ovisi o tvrdoći, teksturi, priljubljenosti koštice, boji kože, boji mesa, količini šećera, količini kiselina i aromi. Kod mnogih sorata na te značajke negativno utječe čuvanje na niskim temperaturama (Ogundiwin i sur., 2007). Oplemenjivanjem i selekcijom stalno se stvaraju nove sorte breskve koje se značajno razlikuju u kakvoći (niski sadržaj kiselina, visoki sadržaj kiselina, visoki sadržaj topljive suhe tvari, visoko aromatizirani plodovi, plodovi koji ne mekšaju itd.), čime osvajaju nova tržišta raznolikih potrošačkih skupina (Crisosto, 2006). Općenito gledajući, na ozljede od niskih temperatura osjetljivije su nektarine nego breskve (Crisosto, 2006). Opet i unutar vrste, neke

sorte su osjetljivije od drugih. Breskve sorte 'Chimarrita', čuvane dva-tri tjedna na niskim temperaturama, često pokazuju vunavost (Cuquel i sur., 2006). To upućuje na značajnu genetsku komponentu koja je temelj za ekspresiju simptoma. Bolje razumijevanje ovih genetskih komponenti, osim za dobivanje kvalitetnijeg i ukusnijeg ploda može se upotrijebiti i za oplemenjivanje novih sorata na sposobnost duljeg života na polici, kao i smanjenu osjetljivost na ozljede od niskih temperatura (Peace i sur., 2006).

3.2 Utjecaj agroekoloških uvjeta na pojavu ozljeda od niskih temperatura

Na pojavu ozljeda od niskih temperatura utječu i agroekološki uvjeti. To potvrđuju mnoga istraživanja (Crisosto i sur., 1997; Hayama i sur., 2007; Uriu i sur., 1964). Uriu i sur. (1964) su utvrdili da plodovi sa stabala koja rastu bez navodnjavanja na plitkim tlima razvijaju brašnjavu strukturu tijekom čuvanja na niskim temperaturama. Crisosto i sur. (1997) su utvrdili da položaj ploda u krošnji također utječe na razvoj ozljeda od niskih temperatura. Tako su plodovi iz unutrašnjosti krošnje (koji su zasjenjeniji) pokazali veću učestalost ozljeda od niske temperature nego plodovi sa svjetlijih, osunčanih vanjskih pozicija. Osušanost plodova nije bitna samo zbog ozljeda od niskih temperatura, već i zbog razvoja bolje i kvalitetnije arome.

3.3 Kakvoća ploda i ozljede od niskih temperatura

Za breskvu je razvijena djelomična karta poveznica za lociranje genetskih čimbenika koji kontroliraju organoleptičke osobine i simptome ozljeda od niskih temperatura (Ogundiwin i sur., 2007). Kako je već rečeno, ozljede od niskih temperatura u velikoj mjeri utječu na kakvoću ploda i prihvaćenost plodova kod potrošača. Time postaju ograničavajući čimbenik za komercijalni život ploda (Murray i sur., 2007). Neizravne štete ozljeda od niskih temperatura su mekšanje i veća osjetljivost na gljivične patogene zbog oslabljenih staničnih stijenki (Čelik i sur., 2006).

Za sprječavanje i odgodu nastanka ozljeda od niskih temperatura postoje razne fizikalne i kemijske metode koje ujedno utječu i na kakvoću ploda. S obzirom na to da je utvrđeno da se ozljede od niskih temperatura najčešće pojavljuju čuvanjem plodova na temperaturama od 3 do 5 °C (Crisosto i sur., 1999; Lurie i Crisosto, 2005), čuvanje breskve i nektarine često se provodi na temperaturama između 0 i 1 °C. Na tim temperaturama čuvanja ozljede od niskih temperatura se rjeđe javljaju. Čuvanjem na 0 °C može se održati i tvrdoća mesa i sočnost na povoljnoj razini, a uočava se i manji gubitak mase plodova te manja pojava ozljeda od niskih temperatura kod plodova koji se čuvaju do četiri tjedna nego onih čuvanih na 5 i 8 °C (Lee i sur., 2006; Ma i sur., 2003). Plodovi koji pokazuju simptome vunavosti imaju i slabije

disanje, što se očituje u smanjenom ispuštanju CO₂ i etilena. Dugotrajnije čuvanje i niže temperature također smanjuju udio šećera u plodovima (Lee i sur., 2006). Ovo pomalo odudara od poznate činjenice da se tijekom dozrijevanja i dospijevanja (koje se kod klimakterijskih plodova može odvijati i tijekom čuvanja) smanjuje sadržaj kiselina, a povećava sadržaj šećera u plodu. Ozljede od niskih temperatura zapravo su posljedica potpunog kolapsa životnih procesa u plodu te bi to mogao biti razlog ovakvog neobičnog metabolizma u plodu. Stoga i ovo može predstavljati ograničavajući čimbenik u duljini čuvanja breskve. Ipak, Manganaris i sur. (2005b), osim promjene intenziteta ispuštanja CO₂ i etilena, nisu uočili nikakvu promjenu intenziteta disanja, kao ni udjela celuloze tijekom dospijevanja nektarine. Stoga zaključuju da intenzitet disanja i udio celuloze u staničnoj stijenci ne mogu biti pokazatelji pojave ozljeda od niskih temperatura (Manganaris i sur., 2005b). Međutim, isti su autori uočili da tijekom čuvanja dolazi do gubitaka neutralnih šećera iz stanične stijenke, koji su glavni sastojci bočnih ogranaka pektina. Tijekom dospijevanja vrlo je aktivan enzim celulaza, koji djeluje na slabljenje stanične stijenke (cijepajući celulozu u staničnoj stijenci), čime omogućava poligalakturonazi da djeluje na pektine u staničnoj stijenci. Tako bi celulaza mogla imati posrednu ulogu u degradaciji pektina koji se sastoje od raznih oligosaharida na koje djeluje poligalakturonaza.

Najbolji mehanički testovi za otkrivanje vunavosti breskve i nektarine su penetrometar, test proboja (*eng. puncture test*) i test kidanja (*eng. shear stress rupture test*) (Arana i sur., 2007). Ipak, ovi testovi predstavljaju destruktivnu metodu pa plod nakon ovih testiranja ne može biti ponuđen potrošačima. Neka preliminarna neobjavljena istraživanja pokazuju da bi se upotrebom NIR spektroskopije (bliske infracrvene spektroskopije), koja predstavlja nedestruktivnu metodu, osim kakvoće ploda možda moglo utvrditi prisutnost ozljeda od niske temperature (Jemrić, usmeno priopćenje).

3.4 Uloga enzima u nastanku ozljeda od niskih temperatura

Uthairatanakij i sur. (2005) smatraju da su ozljede od niskih temperatura više uzrokovane promjenama u metabolizmu enzima vezanih uz dozrijevanje.

Enzim poligalakturonaza igra jednu od važnijih uloga u pojavi ozljeda od niskih temperatura. Ona ima višestruku ulogu u plodu. Smanjenje aktivnosti poligalakturonaze usporava mekšanje ploda te poboljšava skladišnu sposobnost i život na polici kod rajčice (Sheehy i sur., 1988; Smith i sur., 1988). U jabuci ona ne djeluje samo na tvrdoću ploda, već i na gubitak vode iz ploda. Nedostatak aktivnosti poligalakturonaze dovodi da poremećaja u metabolizmu stanične stijenke pa samim time i do anatomskih promjena u plodu (Atkinson i

sur., 2012). Čuvanjem plodova na niskoj temperaturi može se smanjiti aktivnost poligalakturonaze (Choi i Lee, 1997).

Pektin esteraza (PE, EC 3.1.1.11; poznata i kao pektin metil esteraza) neophodna je za optimalnu aktivnost poligalakturonaze. Pod njenim utjecajem nastaje homogalakturonska kiselina koja je supstrat za daljnju aktivnost poligalakturonaze (Lurie i sur., 2003). Njeno je djelovanje detaljnije opisano u odlomku 3.7.2 u kojem je opisan metabolizam pektina.

Osim poligalakturonaze, tijekom zrenja rajčica, uočena je aktivnost β -galaktozidaze (EC 3.2.1.23) (Smith i Gross, 2000). Enzim β -galaktozidaza cijepa $\beta(1-4)$ glikozidnuvezu, što uzrokuje gubitak galaktanskog bočnog lanca u pektinu (Smith i sur., 1998). Bočni lanci u pektinu između ostalog utječu na veličinu pora u staničnoj stijenci, čime reguliraju protok tvari i enzima kroz nju. Moctezuma i sur. (2003) utvrdili su da β -galaktozidazaima značajnu ulogu u rastu i izduživanju stanica u ranoj fazi razvoja ploda rajčice pa bi utišavanje njezine ekspresije moglo dovesti do gubitka elastičnosti stanične stijenke te pucanja plodova. Stoga genetske modifikacije koje bi djelovale na enzim β -galaktozidazu ne bi bile dobro rješenje. Plodovi rajčice mogu se koristiti kao model za proučavanje fiziologije dozrijevanja voća jer imaju vrlo slično dozrijevanje i kraće vrijeme vegetacije pojedine generacije u odnosu na druge klimakterijske plodove, pogotovo one višegodišnjih voćaka (Bolitho i sur., 1997).

Za tvrdoću jagoda odgovorni su proteini/enzimi ekspanzini (Civello i sur., 1999), celulaza (EC 3.2.1.4, poznata još i kao endo- β -1,4-glukonaza) (Palomer i sur., 2006), poligalakturonaza (Quesada i sur., 2009) i pektat liaza (EC 4.2.2.2) (Jimenez-Bermudez i sur., 2002). Ekspanzini su odgovorni za slabljenje stanične stijenke biljaka i poticanje rasta stanica. Pretpostavlja se da ekspanzini oslabljuju stanične stijenke stvarajući pokretne konformacijske nedostatak na površini celuloznih mikrovlakana (Lipchinsky, 2013).

Aktivnost celulaze uočena je u plodovima tijekom dozrijevanja (Lashbrook i sur., 1998; Ren i sur., 2013). Sudjelovanje celulaze tijekom normalnog dospijevanja breskve uočili su Bonghi i sur. (1998). Ona hidrolizira β -1,4-glikozidnu vezu u celulozi (polisaharid sastavljen od 1,4- β -D-glukana) koju cijepa na manje dijelove (celobioze). Time stanična stijenka slabi, a pektini postaju izloženi pektolitičkim enzimima te stanica gubi vodu (Bayer i sur., 1998; Zhou i sur., 2000c). Izlaskom vode iz stanice u međustanične prostore, voda preko puči i lenticela izlazi iz ploda te plod gubi na težini (kalo). Slabljenjem stanične stijenke plod postaje i podložniji napadima bakterija i gljivica koji su uzročnici raznih bolesti. Voda izlaskom iz stanice kroz staničnu stijenkupomaže degradiranim pektinima da se transportiraju iz stanične stijenke u međustanične prostore, gdje s ionima kalcija oslobođenim raspadom stanične stijenke tvore kalcij-pektatne gelove, što se očituje kao nedostatak slobodnog soka (oblik

ozljeda od niskih temperatura). Mao i Zhang (2001) tvrde da do vunavosti dolazi zbog nenormalne degradacije pektina u staničnoj stijenci, koja je uzrokovana smanjenom aktivnosti pektolitičkih enzima, ali i celulaze. Smanjenu aktivnost celulaze kod vunavih plodova primjetili su i Zhou i sur. (2000c), ali oni navode da je uloga celulaze vjerojatno samo u mekšanju plodova u početnim fazama dospijevanja te stoga ne utječe direktno na pojavu vunavosti.

Pektat liaza katalizira cijepanje deesterificiranih pektina, jednog od glavnih sastojaka primarne stanične stijenske (Carpita i Gibeaut, 1993; Jimenez-Bermudez i sur., 2002). Marin-Rodriguez i sur. (2002) zaključuju da bi pektat liaza mogla imati važniju ulogu u mekšanju plodova.

Slabljenje stanične stijenske uzrokovano djelovanjem navedenih enzima omogućava enzimu poligalakturonazi da djeluje na pektinske lance dodatno oslabljujući staničnu stijenu i uzrokujući njen raspad. Ovo su uobičajeni procesi koji se odvijaju tijekom dozrijevanja i dospijevanja plodova. Čuvanjem na niskim temperaturama aktivnost enzima se smanjuje pa tako dolazi do promjene odnosa u aktivnosti navedenih enzima. Nepravilan metabolizam pektina može dovesti do pojave ozljeda od niskih temperatura, o čemu će biti riječi malo kasnije.

Oksalna kiselina može inducirati povećanu aktivnost obrambenih enzima, kao što su peroksidaza (POD) i polifenol oksidaze (PPO, EC 1.10.3.1) (Tian i sur., 2006). Fodor i sur. (1997) uočili su da salicilna kiselina može povećati aktivnost superoksid dizmutaze (SOD). Polifenoloksidaza djeluje kao zaštitni enzim i ima važnu ulogu u zaštitnom mehanizmu ploda od patogena (Constabel i Barbehenn, 2008; Wang i sur., 2004). Slične rezultate za POD i SOD navode i Tian i sur. (2006) te Fodor i sur. (1997). Stoga Zheng i sur. (2007) zaključuju da bi povećana aktivnost SOD, POD i PPO mogla dovesti do otpornosti na fiziološke poremećaje tijekom čuvanja.

S druge pak strane, aktivnost polifenol oksidaze također može uzrokovati posmeđenje mesa ploda (Constabel i Barbehenn, 2008). Stoga uloga polifenol oksidaze u biljci i dalje nije do kraja razjašnjena. Već je spomenuta njena uloga u obrani od štetnika i napada bolesti, ali nije jasna njena uloga u posmeđenju mesa povrća i voća, pogotovo prilikom njihove prerade (Constabel i Barbehenn, 2008). Posmeđenje mesa poljoprivrednih proizvoda kao rezultat oksidacije predstavlja velik problem u prehrambenoj industriji. Takvi proizvodi ne djeluju svježe i potrošači ih izbjegavaju. Murata i sur. (2001) utvrdili su da primjena *antisense* DNK¹

¹ Tehnika genetske modifikacije u biotehnologiji kojem se ubacivanjem DNK ili RNK u *antisense* tj. suprotnoj orijentaciji pokušava djelomično ili potpuno utišati ekspresiju nekog gena.

za utišavanje ekspresije PPO može smanjiti ili usporiti posmeđenje mesa jabuke. Premda su postigli samo smanjenje od 50%, smatra se da se ekspresija PPO može potpuno utišati. Potpuno utišavanje ekspresije PPO pomoću *antisense* PPO u krumpiru postigli su Bachem i sur. (1994). No, je li smanjenje aktivnosti polifenol oksidaze kod breskve i nektarine za smanjenje ozljeda od niske temperature poželjno ili nepoželjno tek treba utvrditi.

Neki autori (Li i sur., 2012; Zhang i sur., 2011a) tvrde da osim već navedenih enzima (poligalakturonaze, pektin esterase i celulaze) u nastanku vunavosti sudjeluje i enzim lipoksigenaza (EC 1.13.11.12). Masne kiseline (linolna i linolenska) sastavni su dio staničnih stijenki i prekursori su hlapljivih tvari arome. U njihovoj pretvorbi u hlapive tvari arome (heksanal i heksenal) sudjeluje enzim lipoksigenaza (Schwab i sur., 2008). Zhang i sur. (2011a) utvrdili su da ozljede od niskih temperatura mijenjaju profil masnih kiselina stanične stijenke, što utječe na aktivnost lipoksigenaze pa je tvorba hlapivih komponenata arome smanjena. Zheng i sur. (2007) su utvrdili smanjenu aktivnost lipoksigenaze u plodovima koji su tretirani oksalnom kiselinom i nisu pokazivali znakove ozljeda od niskih temperatura. To objašnjavaju smanjenom peroksidacijom stanične membrane, što dovodi do kasnijeg dospijevanja plodova na sobnoj temperaturi. Kan i sur. (2011) također navode smanjenu aktivnost lipoksigenaze kod plodova koji su čuvani na niskim temperaturama, što je prema navedenim autorima također razlog smanjene peroksidacije staničnih i mitohondrijskih membrana te time i sporijeg dozrijevanja plodova. Nasuprot tome, Li i sur. (2012) navode da tretmani plodova etilenom ili aklimatizacija na niske temperature povećavaju aktivnost poligalagktouroaze i lipoksigenaze, što dovodi do smanjene pojave vunavosti kod breskve. Rezultati koje oni navode mogli bi biti posljedica uravnoteženog odnosa aktivnosti enzima koji je imao za posljedicu pravilniji metabolizam ploda. Uloga lipoksigenaze u nastanku ozljeda od niskih temperatura kod breskve i nektarine još uvijek nije detaljnije istražena.

3.5 Utjecaj zrelosti i roka berbe

Breskve sorata 'Granada' i 'Eldorado' najprikladnije je brati kada imaju zelenkastu osnovnu boju kože jer takvi plodovi imaju smanjenu pojavu posmeđenja mesa i propadanja, a nema negativnog utjecaja na fizikalna i kemijska svojstva kakvoće plodova (Brackmann i sur., 2007a; Brackmann i sur., 2005). No, druga istraživanja pokazuju da su manje zreli plodovi osjetljiviji na niske temperature. Sun i sur. (2007) navode da plodovi koji su u berbi svjetlije boje (boja slonovače), s topljivom suhom tvari 11,4% i tvrdoćom od 7,3 kg cm⁻² kasnije dosežu vrhunac disanja (klimakterij) te imaju bolju tvrdoću, više topljive suhe tvari tijekom čuvanja i viši udio dobrih (zdravih) plodova nakon čuvanja. Kod ranije ubranih

plodova tijekom čuvanja pojavljuje se više plodova kožaste teksture nego plodova sa znakovima brašnjavosti, dok kod kasnije ubranih plodova, ima više brašnjavih plodova, a manje onih kožaste teksture u odnosu na plodove koji se beru u komercijalnoj zrelosti (Ju i sur., 2000). Kožasti (suhi) plodovi stvaraju manje etilena, imaju manju aktivnost poligalakturonaze, veću tvrdoću i sadrže više netopljivih pektina od brašnjavih plodova. Između brašnjavih i sočnih plodova tih razlika nema (Ju i sur., 2001).

Breskve i nektarine kasnijeg vremena dozrijevanja češće pokazuju simptome ozljeda od niskih temperatura nego one ranijeg vremena dozrijevanja (King i sur., 1989; Luza i sur., 1992; Mitchell i Kader, 1989). Što se tiče načina uzgoja, dokazano je da nema razlike u kakvoći ploda breskve (sorta 'Marli') između integriranog i konvencionalnog uzgoja (Seibert i sur., 2007).

3.6 Uloga temperature u razvoju ozljeda od niskih temperatura

Uloga temperature čuvanja u razvoju ozljeda od niskih temperatura već je ranije spomenuta, a u ovom poglavlju će biti detaljnije objašnjena i opisana.

Ozljede od niskih temperatura razvijaju se brže i intenzivnije na plodovima koji se čuvaju na temperaturama između 2,2 i 7,6 °C, od onih koji se čuvaju na 0 °C ili niže (Crisosto i sur., 1999). Stoga se plodovi breskve i nektarine u komercijalnim uvjetima čuvaju na temperaturama između 0 i 1 °C. Plodovi koji su nakon berbe čuvani na 0 °C te pokazuju simptome vunavosti imaju manje pektina topljivih u vodi (zbog smanjene aktivnosti poligalakturonaze) i više pektina topljivih u natrijevom karbonatu od plodova koji nisu čuvani, nego su nakon berbe dozrijevani na 20 °C (Choi i Lee, 1997). Čuvanje breskve nekoliko dana na 8 °C, a zatim na 0 °C može održati niži sadržaj pektina topljivih u vodi, veći sadržaj protopektina i više slobodnog soka (Li i sur., 2009). Plodovi breskve čuvani na 5 °C podložniji su pojavi brašnjavosti, dok su plodovi čuvani na 0 °C podložniji razvoju kožaste teksture (Ju i sur., 2000).

Ublažavanje ozljeda od niskih temperatura toplinskim tretmanima prije i tijekom čuvanja dovodi do prevencije nepovratnog uništenja endo-poligalakturonaze i celulaze koje može nastupiti zbog niske temperature. Time se omogućava normalan proces degradacije pektina (Mao i Zhang, 2001). Jače smanjenje sadržaja pektina u plodu tijekom čuvanja kod plodova koji su potapani u toplu vodu, nego kod plodova tretiranih vlažnim vrućim zrakom primijetili su i Bakshi i Masoodi (2010). Sasaki i sur. (2010) primijetili da vunavost može biti i pojačana ako se plod prije čuvanja izloži temperaturi od 50 °C u trajanju od jednog ili dva sata, vjerojatno zbog postizanja optimalne temperature (40 do 45 °C) u plodu za aktivnost

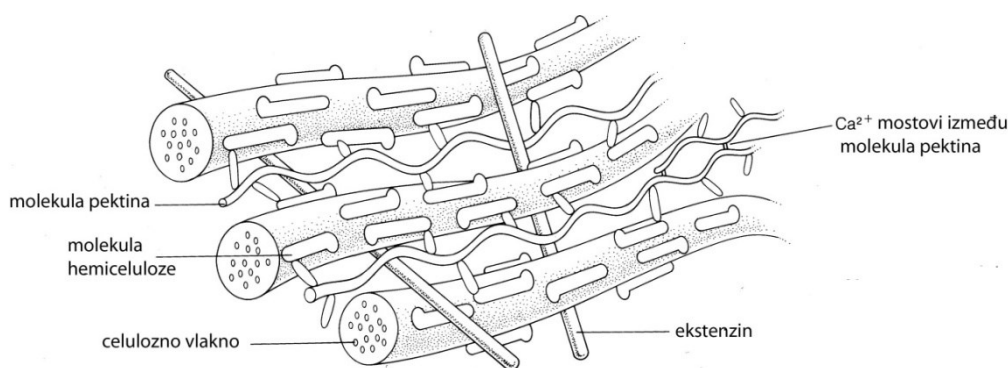
enzima pektin esteraze. Stoga toplinske tretmane treba pažljivo prilagoditi kako se ne bi napravila veća šteta nego da toplinski tretmani uopće nisu primijenjeni.

3.7 Uloga pektina razvoju ozljeda od niskih temperatura

Pektini su jedna od najzastupljenijih građevnih tvari u staničnoj stijenci (Taiz i Zeiger, 1991) i poznato je njihovo svojstvo vezanja vode na sebe, tj. geliranje zbog čega se često koriste u prehrambenoj industriji. Stoga je logično istraživanje njihove uloge u ozljedama od niske temperature, posebice simptoma gubitka sočnosti.

3.7.1 Sastav i smještaj pektina u plodu

Stanična stijenka je većinom građena od tri tipa polisaharida: celuloze, hemiceluloze i pektina (Slika 2), koji se mogu naći u gotovo svim staničnim stijenkama u različitim omjerima. Celuloza je glavni građevni element stanične stijenke, a sastavljena je od molekula glukana međusobno povezanih $\beta(1,4)$ -glikozidnom vezom. Hemiceluloza, osim glukana, u svojoj strukturi sadrži i nekoliko različitih polimera (ksilan, ksiloglukan i glukomanan) (Harholt i sur., 2010). Pektini su heterogene makromolekule sastavljene od polisaharida koji mogu sadržavati čak 17 različitih monosaharida bogatih galakturonskom kiselinom (Vincken, 2003; Yang i sur., 2005; Yang i sur., 2009).



Slika 2 Model međusobne povezanosti između različitih komponenti stanične stijenke (Taiz i Zeiger, 1991)

Uz druge polimere (celuloza, hemiceluloze i glikoproteini), pektini su sastavni dio stanične stijenke kojoj daju čvrstoću (Fry, 1989) (Tablica 1). Pektini se nalaze i u primarnoj staničnoj stijenci, kao i u središnjoj lameli (Brummell i sur., 2004a). Njihova uloga je vrlo važna, s obzirom na to da su najzastupljenije makromolekule u staničnoj stijenci.

Tablica 1 Sastav primarne stanične stijenke kod dikotiledona i nekih monokotiledona

Polimer	Približni odnosi u suhoj tvari stanične stijenke (%)	
	dikotiledone	monokotiledone
celuloza	20-30	20-30
hemiceluloze		
ksiloglukan	25	2-5
heteroksilan	2-5	20-30
1,3- 1,4-povezani β -glikozidi	0	15-30
pektini		
homogalakturanon	15	} 5
ramnogalakturanon I	15	
ramnogalakturanon II	5	
arabinani	malo	?
galaktani	malo	?
glikoproteini		
arabinogalaktanski proteini	varira	varira
glikoproteini bogati hidroksiprolinom	5	0,5

Izvor: Fry (1989)

Kemijski gledano, pektini su kiseli polisharidi koji zbog slobodne karboksilne skupine mogu biti međusobno umreženi uz pomoć dvovalentnih kationa (uglavnom Ca^{2+}). Razlikuje se nekoliko frakcija pektina: homogalakturanoni, ramnogalakturanoni, arabinani i galaktani (Taiz i Zeiger, 1991). Homogalakturanoni se sastoje od lančano povezanih galakturanona (1,4- α -D-galakturonani). Umjesto galakturanona, u tom lancu se mogu naći i drugi saharidi, a najčešća je ramnoza te se tada taj pektin naziva ramnogalakturanon. U ramnogalakturanonu na ramnozu se vežu bočni lanci različitih neutralnih šećera D-galaktoze, L-arabinoze, D-glukoze, D-ksiloze i rijetko D-manoza, L-fruktozaili D-glukuronska kiselina. Arabinani se sastoje od lanaca u kojima su povezane arabinoze (1,5- α -L-arabinozilni lanci), a galaktani su lančano povezane galaktoze (1,4- β -D-galaktozilni lanci).

3.7.2 Metabolizam pektina

Mekšanje plodova voća prati promjena strukture pektina te izdvajanje arabinoze i galaktoze iz bočnih lanaca poliuronida. Taj proces je poznat kao depolimerizacija pektina, a uzrokuje slabljenje i raspadanje stanične stijenke (Billy i sur., 2008). Otapanje pektina i bubrenje stanične stijenke odvija se prije mekšanja ploda (Redgwell i sur., 1997). Ono prethodi njihovoj depolimerizaciji pa se pretpostavlja da depolimerizacija nije prvi korak u degradaciji pektina (Dawson i sur., 1992). Tijekom čuvanja plodova breskve, frakcije pektina (topljivi u vodi i topljivi u kelatima) se smanjuju, dok raste broj jednostrukih linearnih lanaca

(Zhang i sur., 2012). Promjena strukture pektina prati mekšanje većine vrste voća (Ketsa i sur., 1999), a najvažniji biokemijski pokazatelj povezan s promjenom teksture jest sadržaj galakturonske kiseline u ekstraktu pektina topljivih u vodi (Billy i sur., 2008). Osim s promjenom strukture pektina (Ketsa i sur., 1999; Zhang i sur., 2010), mekšanje plodova povezano je i s izdvajanjem arabinoze i galaktoze iz bočnih lanaca poliuronida (Brummell i sur., 2004a). Ovi su lanci odgovorni za veličinu pora u staničnoj stijenci i na taj način sprječavaju pristup pektolitičkim enzimima i štite polisaharide stanične stijenke od prekomjerne deesterifikacije (Ortiz i sur., 2010). Mekšanje ploda breskve praćeno je prijelazom pektina netopljivih u vodi u pektine topljive u vodi koji plodu daju karakterističnu teksturu dospjelog ploda (Jia i sur., 2006). Kako je već ranije spomenuto, u metabolizmu pektina sudjeluje nekoliko enzima (poligalakturonaza, pektin esteraza i celulaza). Poligalakturonaza i pektin esteraza imaju izravan utjecaj na pektine, dok celulaza djeluje indirektno slabljenjem stanične stijenke, čime omogućava poligalakturonazi i pektin esterazi da djeluju na pektinske lance (Jia i sur., 2006; Manganaris i sur., 2006b).

Protopektin je prekursor sinteze pektina, nalazi se u staničnoj stijenci i nije topljiv u vodi. Protopektinaza pretvara protopektin u pektin (polimetilgalakturonat). Na pektin izravno djeluju dva enzima: poliglaktouronaza i pektinesteraza.

Poligalakturonaza cijepa pektin na manje lance čime nastaju pektati i drugi galakturonani. Endo-poligalakturonaza cijepa pektin na kraće lance, tzv. oligouronate, dok egzo-poligalakturonaza cijepa pektin na osnovne jedinice, tj. na monouronate.

Pektin esteraza iz esterificiranog pektina uz pomoć vode (H_2O) uklanja metilnu skupinu (katalizira demetilaciju C6 karboksilne grupe u ostacima galakturanazila), čime nastaje metanol i homogalakturanon (pektinska kiselina), koji je supstrat za daljnju aktivnost poligalakturonaze i može pod utjecajem poligalakturonaze biti dalje cijepan na kraće lance, čime nastaje deseterificirana homogalakturonska kiselina (Lurie i sur., 2003). Djelomično esterificirani pektini se nazivaju pektinati, a pektati su pektini koji imaju stupanj esterifikacije manji od 5%.

Uloga celulaze je već ranije opisana u poglavlju 3.4. Ona ne sudjeluje izravno u metabolizmu pektina, već svojim cijepanjem celuloze oslabljuje staničnu stijenk, čime dopušta pektolitičkim enzimima da djeluju na pektine (Zhou i sur., 2000c).

Omjer netopljive i vodotopljive frakcije pektina može biti pokazatelj dozrijevanja nektarine (Manganaris i sur., 2005a). Premda je tvrdoća ploda povezana s pektinima topljivim u vodi ili natrijevom karbonatu, struktura pektina nije jedina odgovorna za mekšanje plodova (Zhang i sur., 2008; Zhang i sur., 2010). Aktivnost endo-poligalakturonaze je snažno

povezana s karakteristikama bresaka iz skupine topljivog mesa (*eng. melting flesh*). Pretpostavlja se da je nedostatak „topljive“ faze kod skupine bresaka netopljivog mesa uzrokovan delecijom gena za endoPG ili oštećenjem mRNK, čime izostaje protein za sintezu endoPG. Stoga se smatra da je endoPG odgovoran za pojačano mekšanje mesa kod skupine bresaka topljivog mesa u odnosu na skupinu bresaka netopljivog mesa (Manganaris i sur., 2006b).

Tijekom dospijevanja ploda breskve, glavne promjene stanične stijenke su depolimerizacija hemiceluloze i smanjenje arabinana iz pektina te depolimerizacija pektina (Brummell, 2007). Dospjele breskve iz skupine durancija imaju egzo-poligalakturonazu (egzoPG; EC 3.2.1.82) i pektine netopljive u vodi, a breskve iz skupine kalanki imaju endoPG i egzoPG te visoki sadržaj pektina topljivih u vodi (Pressey i Avants, 1978). Pektini topljivi u vodi tijekom čuvanja gube svoje ogranke koji se uglavnom sastoje od arabinoze i/ili galaktoze (Kan i sur., 2013; Needs i sur., 2001; Yang i sur., 2005). Otprilike 15 do 17 tjedana nakon pune cvatnje u plodu breskve i nektarine protopektin, koji nije topljiv u vodi, hidrolizira se u pektinske kiseline koje su topljive u vodi (Selli i Sansavini, 1995.). Niže temperature čuvanja mogu smanjiti degradaciju pektina, što se vjerojatno događa zbog inhibicije njegove aktivnosti (Zhang i sur., 2012; Zhou i sur., 2000b).

Choi i Lee (1997) pretpostavili su da pektin esteraza ne utječe na pojavu vunavosti, ali su Zhou i sur. (2000b) utvrdili da se kod relativno visoke aktivnosti pektin esteraze i niske aktivnosti poligalakturonaze u plodovima s ozljedama od niske temperature pektinske matrice deesterificiraju bez naknadne depolimerizacije. To dovodi do tvorbe velikih molekula pektina s niskim stupnjem esterifikacije. Ova vrsta pektina tvori gel, vjerojatno uz pomoć kalcija iz stanične stijenke, vežući slobodnu vodu i time uzrokuje pojavu vunavosti.

Posmeđenje mesa breskve prati povećani sadržaj neutralnih šećera, smanjeni sadržaj pektina i celuloze te enzima PG i PE, kao i vezanje kationa (kalcij) unutar stanične stijenke (Manganaris i sur., 2006a).

Dospijevanjem breskve, viskoznost i molekularna masa pektina topljivih u vodi se smanjuje (Davidyuk, 1972). Izgleda da su razlike u viskoznosti soka kod zdravih i vunavih plodova uzrokovane vrstom polimera u soku, ali ne i njihovom količinom. Pektini velike molekularne mase u soku vunavih plodova uzrokuju veću viskoznost soka od soka zdravih plodova koji u soku imaju pektine male molekularne mase (Zhou i sur., 1999).

Postoje indicije da količina pojedinih vrsta pektina u plodu može ukazivati na fiziološke promjene u plodu koji prethode nastupu fizioloških poremećaja uslijed nepravilnog čuvanja plodova. Jedan od takvih poremećaja je i geliranje soka. To se očituje kao nedostatak soka

premda plod sadrži jednaku količinu vode kao i zdravi plod. Uslijed starenja ploda ili fizioloških poremećaja tijekom čuvanja (npr. vunavost kod breskve i nektarine), dolazi do degradacije pektina (Brummell, 2007). Degradirani pektini postaju topljivi u vodi te izlaze iz stanične stijenke u međustanične prostore zajedno s vodom iz stanice. Osim pektina iz stanične stijenke se otpuštaju i Ca^{2+} ioni koji zajedno s pektatima tvore kalcij-pektatne gelove (Fishman i sur., 1992). Voda vezana u gel ne može se osloboditi cijedenjem ploda, a plodovi vizualno djeluju loše i suhi te nisu primamljivi potrošačima.

3.8 Nastanak vunavosti u plodu breskve

Kako je već ranije navedeno, jedan od simptoma ozljeda od niskih temperatura jest gubitak sočnosti koji se očituje kao brašnjava, kožasta ili vunasta tekstura mesa ploda. Plodovi koji imaju simptome vunavosti, vizualno ne djeluju da su izgubili sočnost, međutim iz njih se teško ili gotovo nikako može dobiti sok. Stoga se u literaturi može naći objašnjenje da je sok u plodu pod utjecajem pektina vezan u gel. Simptom ozljeda od niskih temperatura koji se pojavio u našem istraživanju bio je gotovo isključivo vunavost mesa ploda. Stoga su u ovom odlomku posebno opisana istraživanja vunavosti breskve. Vunavost nastaje kao posljedica stvaranja gela zbog vezanja pektina velike molekularne mase i slabog stupnja esterifikacije u kombinaciji s kalcijem, vanstaničnom vodom i otopljenim tvarima koje prolaze kroz staničnu membranu (Sonego i sur., 1995). Zbog jakog vezanja vode u kalcij-pektatne gelove, sočnost se smanjuje pa se vunavost može mjeriti i kao nedostatak slobodnog soka (Zhou i sur., 2000a), premda je u stvari količina vode kod vunavih i zdravih plodova jednaka (Lill i Mespel, 1988; Zhou i sur., 2000a). U *in vitro* uvjetima Levaj i sur. (2003) utvrdili su da pektini topljivi u vodi ne mogu tvoriti gel, dok pektini topljivi u lužini uz pomoć kalcija mogu stvarati gel. To znači da je, osim pektina, za geliranje soka i nastanak vunavosti potreban i kalcij.

Preduvjet za razvoj vunavosti je deesterifikacija pektina uz zadržavanje stupnja polimerizacije i postojanje kalcijevog-pektata (Lurie i sur., 2003). Kod plodova s ozljedama od niske temperature suhe brašnjave teksture gubitak arabinana iz pektina je smanjen, a depolimerizacija pektina je promijenjena. Ove promjene u staničnoj stijenci uzrokuju slabljenje međustanične adhezije te smanjeno pucanje stanica, što se očituje smanjenom sočnosti (Brummell, 2007).

Osim degradacije arabinoze i galaktoze u bočnim ograncima, tijekom dospijevanja breskve dolazi i do degradacije glavnih lanaca pektina (Kan i sur., 2013). Kod vunavih plodova povećan je sadržaj netopljivih pektina (protopektin i deesterificirani pektati) koji

pogoduju stvaranju pektinskih gelova (Lurie i sur., 2003). Određena degradacija pektina tijekom dospijevanja može uzrokovati privremenu vunavost koja daljnjom hidrolizom stanične stijenke nestaje (Mollendorff i sur., 1992).

3.9 Anatomska građa

Plodovi koji dospijevaju odmah nakon berbe na sobnoj temperaturi, imaju stanice pravilnog oblika koje su priljubljene uz druge stanice s tipičnim međustaničnim prostorima na uglovima stanica. Kod plodova dospjelih nakon čuvanja na niskim temperaturama i onih koji pokazuju znakove ozljeda od niskih temperatura (vunavost, brašnjavost, kožasta tekstura) stanice su nepravilnog oblika i odvojene jedne od drugih (Lurie i sur., 2003; Luza i sur., 1992). Međutim, Ghiani i sur. (2011) utvrdili su nepravilni oblik i odvajanje stanica kod dospjelih plodova bresaka (topljivog i netopljivog mesa), premda nisu čuvane na niskim temperaturama. Tu pojavu pripisuju gubitku turgora stanice zbog degradacije stanične stijenke pod utjecajem poligalakturonaze, što dovodi i do mekšanja ploda. Rodriguez i Lizana (2006) pak kod vunavih plodova nisu uočili odvajanje stanica i povećanje međustaničnih prostora, ali su primijetili da se kod njih u međustaničnim prostorima i u staničnoj stijenci nakupljaju pektinske tvari. Sok dobiven gnječenjem zdravih (sočnih) plodova gotovo da i nije imao cijele i žive stanice, dok je u soku brašnjavih plodova bilo otprilike 30% živih stanica (Brummell i sur., 2004b).

3.10 Čimbenici poslije berbe za smanjenje ozljeda od niske temperature

3.10.1 Sastav atmosfere čuvanja

Sastav atmosfere čuvanja također je jedan od čimbenika koji utječu na pojavu ozljeda od niskih temperatura.

Čuvanje plodova na 0 °C u kontroliranoj atmosferi (5% O₂ + 15% CO₂ ili 5% O₂ + 20% CO₂) tijekom tri tjedna uspješno smanjuje pojavu ozljeda od niskih temperatura. Ipak, za dulje čuvanje potrebno je toplinski tretirati plodove (24 sata na 39 ± 1 °C) prije čuvanja kako bi se izbjegle ozljede od niskih temperatura (Murray i sur., 2007).

Mnoga istraživanja usmjerena na čuvanje bresaka i nektarina u kontroliranoj atmosferi, pokazala su da sniženje O₂ i povišenje CO₂ djeluju korisno na čuvane plodove te otklanjaju ili sprječavaju pojavu brašnjavosti, posmeđenja i crvenila mesa. Udjeli topljive suhe tvari i ukupnih kiselina veći su kod plodova tretiranih s CO₂ u usporedbi s netretiranim plodovima (Brackmann i sur., 2007b; Levin i sur., 1995; Lurie, 1992; Retamales i sur., 1992; Zhou i sur., 2000b). Čuvanje plodova u kontroliranoj atmosferi s visokim sadržajem CO₂ i niskim

sadržajem O₂, osim sporijeg dozrijevanja ploda i povoljnog utjecaja na njegovu kakvoću, uspješno smanjuje i pojavu vunavosti i posmeđenja mesa (Streif i sur., 1994). Čuvanje breskve (sorta 'Chiripa') u uvjetima kontrolirane atmosfere pokazalo je da je aktivnost poligalakturonaze i pektin esteraže smanjena. Kao rezultat toga, bolje je sačuvana tvrdoća mesa i smanjena je pojava propadanja i vunavosti (Girardi i sur., 2005). Meso plodova čuvanih u 1% i 2% O₂ u kombinaciji s 5% i 10% CO₂ manje posmeđuje². Međutim, kod čuvanja plodova u atmosferi s 1% O₂ i 10 % CO₂ uočava se okus po alkoholu (Steffens i sur., 2006). Druga istraživanja pokazala su da za kratkotrajno čuvanje (25 dana) čuvanje u kontroliranoj atmosferi ne utječe značajno na kakvoću plodova u odnosu na čuvanje u normalnoj atmosferi (Brackmann i sur., 2007a). U usporedbi s plodovima čuvanim u normalnoj atmosferi, plodovi breskve (sorta 'Okubao') čuvani u 5-10% O₂ i 5-10% CO₂ zadržavaju dobru kakvoću (aromu, teksturu i boju), usporeno mekšaju te imaju i nižu pH vrijednost i ekstrakciju soka nakon 60 dana, što upućuje na smanjenje ozljeda od niskih temperatura. Na topljivu suhu tvar nema značajnog utjecaja (Wang i sur., 2006b). Kontrolirana atmosfera čuvanja s visokim udjelom O₂ (70% O₂ 15 dana, a zatim 5% O₂ + 5% CO₂) nije pokazala značajnu razliku u smanjivanju ozljeda od niskih temperatura u usporedbi s uobičajenom kontroliranim atmosferom (5% O₂ + 5% CO₂) (Wang i sur., 2005c). Premda Streif i sur. (1994) navode da tretmani s visokim sadržajem CO₂ prije čuvanja imaju slabi utjecaj na smanjenje pojave ozljeda od niskih temperatura, drugi autori navode drugačije rezultate. Tretmani s visokim udjelom CO₂ značajno smanjuju propadanje plodova tijekom čuvanja. Plodovi tretirani šest sati sa 60% CO₂ pokazali su najbolje rezultate u slatkoći i ukupnoj ocjeni okusa. Tretman sa 100% CO₂ tijekom tri sata uspješno zaustavlja propadanje plodova tijekom čuvanja, ali ima negativne posljedice na kakvoću ploda, kao što je prazan okus i ostaci CO₂ u mesu (Choi i sur., 2007).

Kontrolirana atmosfera inhibira degradaciju pektina topljivih u vodi, pektina topljivih u natrijevom karbonatu i pektina topljivih u kelatima (Yang i sur., 2006a; Yang i sur., 2005; Yang i sur., 2006b), vjerojatno zbog toga što visok sadržaj CO₂ i niski sadržaj O₂ u atmosferi čuvanja inhibira transkripciju poligalakturonaze. To su uočili i Zhou i sur. (2000b) ali samo za vrijeme trajanja kontrolirane atmosfere. Nasuprot tome, Ortiz i sur. (2011) utvrdili su da čuvanje bresaka u kontroliranoj atmosferi samo djelomično inhibira pektolitičke enzime te povećava sadržaj pektinskih polisaharida. Time dolazi do povećanja sadržaja pektina topljivih u kelatima unutar stanične stijenke.

² Autor navodi sastav atmosfere kao parcijalni tlak u kPa. Kod sastava atmosfere u komorama s kontroliranim atmosferom, kPa izraženi su za parcijalni tlak pa se 1 kPa može približno računati kao 1%

Kombinirana primjena 1-metilciklopropena (1-MCP) i kontrolirane atmosfere nije bila zadovoljavajuća za održavanje tvrdoće ploda, vjerojatno zbog pojačane degradacije pektina (Ortiz i sur., 2011). Ovakvi rezultati vjerojatno su povezani sa stupnjem zrelosti ploda prilikom berbe. Tretiranje plodova etilenom može odgoditi i smanjiti pojavu vunavosti kod plodova koji su čuvani na temperaturi od 0 °C. Također, tretiranje etilenom potiče aktivnost poligalakturonaze tijekom čuvanja, dok na aktivnost pektin esteraze nema utjecaja (Sonego i sur., 1999).

Održavanje visokog udjela CO₂ u kontroliranoj atmosferi jest dokazana tehnologija koja uspješno smanjuje ozljede od niskih temperatura, dok se toplinski tretmani prije čuvanja primjenjuju alternativno, premda pokazuju neke nepoželjne popratne efekte (Murray i sur., 2007).

3.10.2 Toplinski tretmani

U SAD-u se zračni toplinski tretman primjenjuje kao karantenski tretman protiv mediteranske voćne muhe (*Ceratitis capitata* Wiedemann) (USDA, 1998). Toplinski tretmani su ekološki i zdravstveno pogodni jer nema primjene kemikalija, pa tako nema niti njihovih ostataka u plodu koji bi se mogli unijeti u ljudski organizam. U tom su smislu toplinski tretmani sukladni direktivi 2009/128/EC koja promovira uporabu integriranih metoda zaštite bilja i alternativnih tretmana u svrhu smanjenja primjene pesticida i smanjenja njihovih ostataka u plodovima. Oni su ekonomski prihvatljivi uzme li u obzir cijena pronalaska i komercijalizacije novih kemijskih preparata koji bi se mogli primjenjivati kao sredstva za sprječavanje fizioloških poremećaja plodova. Zračni toplinski tretman može održati kakvoću plodova breskve i nektarine tijekom čuvanja (Fruk i sur., 2009; Fruk i sur., 2012; Obenland i sur., 1999), premda postoji rizik od pojave brašnjavosti koja se javlja tijekom čuvanja na niskim temperaturama. Također, zračni toplinski tretman može biti korišten kao metoda smanjenja pojave ozljeda od niskih temperatura tijekom čuvanja (Fruk i sur., 2012; Murray i sur., 2007). Modifikacija i skraćivanje ukupnog trajanja tretmana inhibira pojavu brašnjavosti tijekom čuvanja breskve i nektarine te time smanjuje rizik od njezinog nastajanja (Obenland i Carroll, 2000; Obenland i Neipp, 2005). Držanje plodova tri dana na temperaturi 39 °C prije čuvanja, uspješno održava tvrdoću plodova nakon tri tjedna čuvanja (Bustamante i sur., 2012). Ovaj tretman također ne povećava razinu enzima ACC-oksidade (aminociklopropan-1-karboksilna kiselina oksidaza; EC 1.14.17.4), koji je jedan od enzima koji sudjeluju u sintezi etilena. Ipak, tretmani koji se primjenjuju za smanjenje ozljeda od niskih temperatura mogu imati nepoželjne posljedice na druga svojstva plodova. Plodovi breskve koji su potapani u

toplu vodu pokazali su veći gubitak mase tijekom čuvanja od plodova koji su tretirani vrućim vlažnim zrakom (Bakshi i sur., 2006). Stoga je toplinske tretmane (toplom vodom ili vrućim zrakom) potrebno optimizirati za svaku sortu i uzgojne uvjete. Većina istraživanja o smanjenju fizioloških poremećaja tijekom čuvanja plodova breskve i nektarine usmjerena su zapravo na predkondicioniranje, odgođeno hlađenje ili povremeno zagrijavanje plodova tijekom čuvanja.

Tretmani potapanjem plodova u toplu vodu mogu uspješno smanjiti trulež plodova tijekom čuvanja uzrokovanu patogenima (Jemrić i sur., 2011). Tretman toplom vodom (50 °C tri minute) i kvascem (*Debaryomyces hansenii*) čuvaju plodove od propadanja poslije berbe i održavaju kakvoću plodova (Mandal i sur., 2007). Potapanjem plodova u toplu vodu (40 °C dvije minute) može smanjiti napad *Monilinia spp.* kod breskve i nektarine za više od 40% (Mari i sur., 2007). Također, potapanje plodova u toplu vodu (50 °C tri minute) može donekle smanjiti tvrdoću ploda, dok Singh i Mandal (2006) nisu utvrdili utjecaj potapanja plodova u toplu vodu na količinu topljive suhe tvari i ukupnu kiselost. Plodovi potapani u toplu vodu (40 ± 2 °C 10, 20 i 30 minuta) pokazuju veći gubitak mase nego plodovi tretirani vlažnim vrućim zrakom (52 ± 2 °C 10, 20 i 30 minuta). Odnos meso/koštica također se smanjio s povećanjem duljine čuvanja (Bakshi i sur., 2006). Veće smanjenje sadržaja pektina u plodu tijekom čuvanja uočeno je kod plodova koji se potapaju u toplu vodu, nego kod plodova koji se tretiraju vlažnim vrućim zrakom (Bakshi i Masoodi, 2010).

Toplinski tretirani plodovi mogu imati crvenije meso od netretiranih plodova, ali to se može smanjiti čuvanjem plodova u kontroliranoj atmosferi (Murray i sur., 2007).

Bustamante i sur. (2012) utvrdili su i promjene u izvanstaničnim proteinima tijekom dozrijevanja breskvi koje su toplinski tretirane, a koji do sada još nisu istraženi. Zhang i sur. (2011b) također su utvrdili nekoliko proteina koji još nisu identificirani i mogli bi imati utjecaja na dozrijevanje plodova, čiji se sadržaj u plodu mijenja primjenom toplinskih tretmana. Zanimljivo je da su Giraldo i sur. (2012.) uočili da je nektarina (sorta 'Venus') čuvana na 5 °C, osim nekih neidentificiranih proteina, razvila i nekoliko alergenijskih proteina. Ti proteini kod osjetljivih ljudi potiču stvaranje imunoglobulina E, koji uzrokuje različite alergijske reakcije.

Toplinski tretmani na breskvi i nektarini, osim za smanjenje ozljeda od niskih temperatura, primjenjuju se i za smanjenje propadanja plodova uslijed napada patogena. Jemrić i sur. (2011) utvrdili su da potapanje plodova u toplu vodu (48 °C 6 ili 12 minuta) prije čuvanja može smanjiti propadanje plodova uzrokovane gljivicom *Monilinia spp.* Slično su uočili i D'Aquino i sur. (2007), koji su utvrdili da potapanje plodova u toplu vodu kod nekih

sorata (breskva 'Sun Crest' i nektarina 'May Grand') može smanjiti propadanje, dok kod drugih nema učinka (breskve 'Glo Haven' i 'Red Top'). Također su primijetili i da su tretmani fungicidima pri 20 °C učinkovitiji u smanjenju propadanja plodova uslijed napada patogena tijekom čuvanja nego tretmani toplom vodom kod većine sorata. Kombinacija fungicida (fludioksonil) s toplom vodom na 48 °C još je više poboljšala djelovanje fungicida pa je uspjeh moguć i sa samo 1/4 preporučene količine aktivne tvari.

3.10.3 Odgođeno čuvanje

Još jedan način primjene toplinskih tretmana koji se koriste za smanjenje ozljeda od niske temperature jest odgođeno hlađenje. Ono može smanjiti pojavu ozljeda od niskih temperatura (breskva sorta 'Yinhualu') povećanjem razine poliamina (Xu i sur., 2005). Plodovi breskve (sorta 'Okubao') držani devet dana na 8 °C te zatim čuvani 60 dana na 0 °C pokazuju dobre rezultate u sprječavanju nastanka ozljeda od niskih temperatura i za zadržavanje kakvoće (Wang i sur., 2005a). Odgođeno hlađenje (48 sati na 20 °C) smanjuje pojavu brašnjavosti i posmeđenja mesa kod bresaka ('O'Henry' i 'Zee Lady') i nektarine ('August Red'), dok sorte 'Ryan Sun' i 'Red Jim' pokazuju slabu brašnjavost i posmeđenje mesa pojavu, unatoč čuvanju četiri tjedna na 0°C (Balbontín i Parada Hiriart, 2004).

Predkondicioniranje plodova, osim što smanjuje pojavu ozljeda od niskih temperatura (što se očituje u boljoj sočnosti, tj. više slobodnog soka), čuva i senzorna svojstva plodova (Infante i sur., 2009). Odgođeno hlađenje osigurava veću aktivnost poligalakturonaze (Mollendorff i Villiers, 1988). Smanjenje pojave vunavosti temelji se na povećanju sadržaja vodotopljivih pektina i smanjenje pektina topljivih u natrijevom karbonatu pod utjecajem povećane aktivnosti poligalakturonaze (Choi i Lee, 1997). Aktivnost poligalakturonaze značajno je niža kod plodova koji su postali vunavi nakon čuvanja na niskim temperaturama odmah nakon berbe nego kod plodova koji imaju odgođeno čuvanje (Mollendorff i Villiers, 1988).

3.10.4 Povremeno zagrijavanje

Povremeno zagrijavanje plodova može bolje spriječiti pojavu ozljeda od niskih temperatura nego plodovi koji su podvrgnuti odgođenom hlađenju. Također, plodovi koji su podvrgnuti odgođenom hlađenju mogu razviti simptome ozljeda od niskih temperatura i pokazati niže vrijednosti tvrdoće i sočnosti (Shao i sur., 2006). Povremeno zagrijavanje sprječava pojavu ozljeda od niskih temperatura čak i nakon 27 dana čuvanja (Bakshi i Masoodi, 2005). Wang i sur. (2003) utvrdili su da povremeno zagrijavanje 24 sata na 20 °C svakih 14 dana tijekom čuvanja smanjuje pojavu ozljeda od niskih temperatura i čuva

kakvoću ploda, dok povremeno zagrijavanje svakih sedam dana može uzrokovati ubrzano mekšanje plodova i time znatno skratiti vrijeme čuvanja. Isti autori navode i da povremeno zagrijavanje svakih 21 dan nema učinka na ozljede od niskih temperatura vjerojatno zbog predugog izlaganja plodova niskim temperaturama, što dovodi do ireverzibilne faze nastanka ozljeda.

Pretpostavlja se da povremeno zagrijavanje plodova tijekom čuvanja na niskim temperaturama zadržava aktivnost poligalakturonaze koja pospješuje otapanje vodotopljivih pektina i uobičajeno dospijevanje plodova (Ben-Arie i Sonogo, 1980). Tijekom razvoja vunavosti, tekućine i otopljene tvari prolaze kroz membranu (kao rezultat dugog čuvanja na niskim temperaturama) i vežu se za pektine velike molekularne mase tvoreći pektinske gelove u međustaničnim prostorima, dajući pritom tipičnu suhu teksturu uočenu kod vunavih plodova (Mollendorff i sur., 1993).

Uočeno je da je aktivnost poligalakturonaze kod povremeno zagrijavanih plodova slična kao kod plodova koji nisu čuvani na niskim temperaturama, dok je aktivnost pektin esteraze manja nego kod plodova čuvanih na niskim temperaturama (Ben-Arie i Sonogo, 1980). Isti su autori također utvrdili da se aktivnost poligalakturonaze može održati na povoljnoj razini i povremenim zagrijavanjem plodova. Poligalakturonaza pospješuje otapanje vodotopljivih pektina iz stanične stijenke, a time i normalno dospijevanje plodova. Neuravnoteženi metabolizam pektina tijekom čuvanja na niskim temperaturama dovodi do fiziološkog poremećaja koji se očituje kao vunasta struktura (Ben-Arie i Sonogo, 1980). Važnost pravilnog metabolizma pektina koji utječe na mekšanje plodova i održavanje pravilne teksture mesa breskve i nektarine, navode u svojim istraživanjima i Brummell i sur. (2004a).

3.10.5 Zračenje

Izlaganje bresaka prije čuvanja UV-C zračenju na tri, pet ili deset minuta značajno smanjuje ozljede od niske temperature nakon 14 i 21 dan čuvanja na 5 °C i sedam dana čuvanja na 20 °C (Gonzalez-Aguilar i sur., 2004). UV-C zrake utječu na smanjenu aktivnost respiratornih enzima sukcinat dehidrogenaza (EC 1.3.5.1) i citokrom C oksidaza (EC 1.9.3.1) koji se nalaze u unutrašnjim membranama mitohondrija, čime je usporeno starenje ploda (Yang i sur., 2014). UV-C zrake bi, također, mogle imati utjecaja i na sadržaj Ca^{2+} iona u mitohondrijima, čime se održava integritet membrane mitohondrija. Slično djelovanje na Ca^{2+} ione u mitohondrijima ima i dušični monoksid koji također uspješno smanjuje ozljede od niskih temperatura kod breskve.

3.10.6 Organsko-biološki tretmani

Osim ovih fizikalnih mjera za suzbijanje pojava ozljeda od niskih temperatura koriste se i razna organsko-biološka sredstva. Kombinacija toplinskog tretmana i kvasca *Cryptococcus laurentii* može biti alternativa kemikalijama za kontrolu propadanja plodova breskve poslije berbe (Zhang i sur., 2007).

Breskve tretirane s uljem klinčića (*Syzygium aromaticum*) u količini 22,5 $\mu\text{l l}^{-1}$ poslije 35 dana čuvanja pokazuju 85,1% manji indeks posmeđenja nego netretirani plodovi. Tretman s uljem klinčića može značajno smanjiti respiraciju i otpuštanje etilena te odgoditi vrhunac otpuštanja etilena za pet do deset dana u usporedbi s kontrolom. Također se odgađa mekšanje ploda i smanjenje ukupnih kiselina u plodu (Wang i sur., 2007).

3.10.7 Tretmani kalcijem

Bassi i sur. (1998) utvrdili su da sorte breskve hrskave teksture imaju 35% više kalcija vezanog za netopljive pektine nego sorte topljivog mesa. Stoga se logično pojavilo pitanje što se događa ako se nakon berbe plodovi potapaju u otopine kalcija kao što se to radi s plodovima jabuke. Potapanje plodova u otopinu kalcijeva klorida povećava koncentraciju kalcija u netopljivoj frakciji pektina, čime se održava tvrdoća i fizikalno-kemijska svojstva ploda (Manganaris i sur., 2005c). Primjena kalcija poslije berbe može ograničiti pojavu ozljeda od niskih temperatura, koje se javljaju kao posmeđenje mesa nakon četiri tjedna čuvanja (Manganaris i sur., 2007). Meso plodova tretiranih 15 minuta s 3 %-tnom vodenom otopinom CaCl_2 bilo je bolje kakvoće i s manje posmeđenja (Yu i sur., 2004). Egzogeni kalcij stabilizira staničnu stijenu i štiti je od enzima koji ju degradiraju (poligalakturonaze i pektin esteraze) (Nunez i sur., 2005; White i Broadley, 2003). Sadržaj kovalentno i ionski vezanih pektina smanjuje se za vrijeme života na polici kod plodova koji su tretirani kalcijem. Također se smanjuje i aktivnost poligalakturonaze, dok je aktivnost pektin esteraze povećana (Cao i sur., 2008). Kalcijev propionat i kalcijev laktat nisu preporučljivi za tretman nektarine, jer previsoke koncentracije mogu dovesti do oštećenja površine ploda (Manganaris i sur., 2005c).

3.10.8 Tretmani dušičnim monoksidom

Tretiranje plodova s dušičnim monoksidom može ublažiti simptome ozljeda od niskih temperatura, posebice vunavosti (Zhu i sur., 2010; Zhu i sur., 2006). Dušični monoksid sprječava nastanak ozljeda od niskih temperatura u potpunosti tijekom samog čuvanja (čak do 45 dana), ali nakon tri dana života na polici ozljede su ipak vidljive. Premda se ozljede od niskih temperatura uglavnom uočavaju tek nakon čuvanja, a za vrijeme života na polici,

tretman dušičnim monoksidom i nakon života na polici pokazuje smanjenje pojave ozljeda od niskih temperatura. Kombinacija dušičnog monoksida i povremenog zagrijavanja plodova daje još bolje rezultate (Zhu i sur., 2010). Dušični monoksid mijenja odnos pektin esteraze i poligalakturonaze, čime se zaustavlja povećanje sadržaja topljivih pektina i smanjenje sadržaja ionskih pektina. Posljedica toga je smanjena pojava vunavosti (Zhu i sur., 2006). Također, dušični monoksid inhibira aktivnost egzo- i endo-poligalakturonaze te održava nisku aktivnost pektin esteraze tijekom čuvanja.

Zhu i sur. (2010) nude i drugo objašnjenje zašto dušični monoksid smanjuje pojavu ozljeda od niskih temperatura. Oni zaključuju da on ima zaštitno djelovanje na biomembrane i integritet stanice jer dušični monoksid djeluje na sastav lipida u na staničnim biomembranama (u mitohondrijima) tijekom čuvanja i života na polici (Yang i sur., 2014; Zhu i sur., 2009; Zhu i Zhou, 2006).

3.10.9 Tretmani 1-metilciklopropenom i aminoetoksivinilglicinom

Procesi tijekom dozrijevanja ploda igraju važnu ulogu u pojavi ozljeda od niskih temperatura. Stoga je utjecanje na etilen kao okidač dozrijevanja logičan pokušaj. Aminoetoksivinilglicin (AVG) djeluje kao inhibitor sinteze etilena, dok se 1-metilciklopropen (1-MCP), veže na receptore etilena. Tako ove dvije tvari na različite načine djeluju na isti proces u plodu. Primjena 1 µl 1-MCP-a po litri (1000 ppb) inhibira respiraciju i produkciju etilena, odgađa mekšanje ploda i smanjuje posmeđenje mesa, dok istovremeno ne utječe sadržaj ukupnih kiselina i topljive suhe tvari (Ma i sur., 2003). Slične rezultate dobili su i Grima-Calvo i sur. (2005), koji su utvrdili da tretiranje plodova breskve (sorta 'Merry O'Henry') s 1000 ppb 1-MCP 24 sata, kao i čuvanje plodova u 50% N₂O nakon 45 dana pokazuje smanjenu pojavu ozljeda od niskih temperatura. Plodovi tretirani 1-MCP-om kasnije dopijevaju, što može produžiti život ploda na polici (Cuquel i sur., 2006). Posmeđenje mesa kod bresaka tretiranih 1-MCP-om je odgođeno (Duan i sur., 2004). Kombinacija hlađenja prisilnom strujom zraka s 1-MCP održava veću tvrdoću ploda te smanjuje respiraciju (Pinto i Jorge, 2007). Smanjenje tvrdoće i mase, kao i pojava ozljeda od niskih temperatura nastupa kasnije kod plodova tretiranih 1-MCP-om, AVG-om ili njihovom kombinacijom (Li i sur., 2004). Plodovi tretirani s 125g AVG-a po hektaru 15 dana prije berbe pokazuju manju pojavu unutarnjeg posmeđenja nego plodovi tretirani Etephonom (preparat na bazi 2-kloroetilfosfonične kiseline) ili netretirani plodovi. Aminoetoksivinilglicin odgađa sazrijevanje ploda i povećava njegovu čvrstoću, ako je primijenjen prije berbe. Kombinacija tretmana giberelinom u fazi otvrdnjavanja koštice i AVG-om dva tjedna prije berbe povećava

sposobnost čuvanja breskve sorte 'Feicheng' te omogućava dva dodatna tjedna čuvanja prije pojave posmeđenja mesa tijekom naknadnog dopijevanja (Ju i sur., 1999).

Primjena 1-MCP-a na breskvama nakon berbe može značajno smanjiti gubitak pektina (Oliveira i sur., 2005; Wang i sur., 2005b). Do toga vjerojatno dolazi zbog slabe aktivnosti poligalakturonaze koja sudjeluje u degradaciji pektina, a koja je pod utjecajem etilena. Poznato je da etilen djeluje kao indirektni okidač za sintezu poligalakturonaze (Grierson i Tucker, 1983). Stoga etilen ima važnu ulogu u topljivosti poliuronida i razvoju brašnjavosti (Murayama i sur., 2009).

Primjena 1-MCP-a na breskvi poslije berbe smanjuje i aktivnost pektin esteraze (Oliveira i sur., 2005). Premda tretiranje plodova breskve s 1-MCP-om značajno utječe na dozrijevanje ploda, ono ga ne zaustavlja u potpunosti pa se stoga smatra da se novi receptori etilena stalno stvaraju u plodu breskve i nektarine tijekom čuvanja (Liu i sur., 2005). Ortiz i sur. (2011) navode drugačije rezultate. Oni su utvrdili da primjena 1-MCP-a povećava aktivnost PE, a inhibira druge pektolitičke enzime.

Ipak, prilikom utjecanja na djelovanje etilena u dozrijevanju treba biti oprezan jer su Schaffer i sur. (2007) utvrdili da smanjenje sinteze etilena u plodovima ispod granica detekcije dovodi do izostanka sinteze aromatskih spojeva koji su jedni od glavnih spojeva u formiranju okusa i arome ploda.

3.10.10 Tretmani giberelinom

Primjena giberelina prije berbe značajno smanjuje ozljede od niske temperature na plodovima nektarine, ukoliko je tretman primijenjen na kraju faze otvrdnjavanja koštice u odgovarajućoj koncentraciji (Ju i sur., 1999). Tretiranje giberelinskom kiselinom (GA_3) tri i šest tjedana prije berbe smanjuje broj plodova s odvojenom kožicom, propadanje plodova i pojavu posmeđenja mesa nakon čuvanja na niskim temperaturama, a povećava prosječnu masu ploda u berbi (Amarante i sur., 2005).

3.10.11 Tretmani etilenom

Rodriguez i sur. (2006) su utvrdili da primjena egzogenog etilena poslije berbe ne utječe na pojavu vunavosti. Međutim, drugi autori navode da pri dugotrajnom čuvanju na niskim temperaturama održavanje sposobnosti ploda da proizvede etilen ili dodatak egzogenog etilena u atmosferu čuvanja može spriječiti ozljede od niske temperature (Lurie i Crisosto, 2005). Održavanje sposobnosti ploda da stvara etilen tijekom čuvanja u određenoj količini vjerojatno omogućava određenu aktivnost poligalakturonaze i normalan metabolizam pektina, što dovodi do smanjene pojave ozljeda od niskih temperatura.

3.10.12 Tretmani drugim kemijskim sredstvima

Tretiranje nektarina (sorta 'Qinguang 2') s ClO_2 smanjuje proizvodnju etilena i enzimatsku aktivnost, inhibira aktivnost poligalaturonaze i celulaze te odgađa mekšanje mesa. Tretman zadržava razinu udjela topljive suhe tvari i ne utječe značajno na ukupne kiseline. Stoga se tretman s ClO_2 čini koristan za održavanje nektarine svježom (Dai i sur., 2007).

Tretiranje oksalnom kiselinom može pridonijeti održavanju staničnih membrana cjelovitim, a može i odgoditi dozrijevanje ploda (Zheng i sur., 2007). Slično su utvrdili i Tian i sur. (2006), koji zaključuju da oksalna kiselina inducira obrambene mehanizme u vidu povećane aktivnosti enzima peroksidaze i polifenol oksidaze, koji su poznati obrambeni mehanizmi. Druga istraživanja pak pokazuju da oksalna kiselina zapravo smanjuje aktivnost, tj. inaktivira polifenol oksidazu (Yoruk i Marshall, 2009), oduzimajući joj bakar iz prostetičke grupe (Son i sur., 2000; Yoruk i Marshall, 2003). Polifenol oksidaza jedan je od glavnih čimbenika enzimatskog posmeđivanja voća i povrća. Stoga bi tretiranje breskvi i nektarina oksalnom kiselinom moglo imati učinak na manje posmeđivanje mesa ploda uslijed čuvanja na niskim temperaturama.

Plodovi breskve (sorta 'Peking 24') ubrani pri komercijalnoj zrelosti i potapani u otopinu 1 mM salicilne kiseline (SA) pet minuta i zatim čuvani na 0 °C 28 dana, pokazuju značajno veću tvrdoću i niži indeks ozljeda od niskih temperatura i indeks propadanja u odnosu na netretirane plodove. Učinak salicilne kiseline da smanji pojavu ozljeda od niskih temperatura može se protumačiti preko njezine sposobnosti da inducira antioksidantne sisteme i HSP-ove (proteini toplinskog šoka, *eng. heat shock protein*) (Wang i sur., 2006a).

Ovaj pregled istraživanja upućuje na to da su ozljede od niskih temperature kod breskve i nektarine u žarištu zanimanja znanstvenika koji se bave kakvoćom ploda i čuvanjem voća nakon berbe već nekoliko desetljeća. Premda su ozljede plodova od niskih temperatura uočene još 30-ih godina 20. stoljeća, fiziologija njihovog nastanka kao i metode njihovog sprječavanja nisu do kraja istražene. Posebno je upitna uloga pektina, odnosno njihovih frakcija u nastanku i manifestiranju ozljeda od niske temperature. U svjetlu sve veće svijesti čovječanstva o utjecaju primjene kemijskih sredstava na okoliš, ali i ljudsko zdravlje, posljednjih 20-ak godina posebno se istražuju mogućnosti primjene ekološki prihvatljivih tretmana za smanjenje ozljeda plodova od niskih temperatura tijekom čuvanja. Među njima važnu ulogu imaju toplinski tretmani. Stoga je ova tema znanstveno aktualna i od iznimnog praktičnog značaja za proizvodnju i plasman plodova breskve i nektarine na tržištu.

4 MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Analize pektina provedene su u laboratoriju Zavoda za kemiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Analize elektrovodljivosti i pH reakcije soka provedene su u laboratoriju Zavoda za melioracije Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Mjerenja akvizicije temperature toplinskih tretmana provedena su u laboratoriju Zavoda za voćarstvo Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, uređajem Zavoda za termodinamiku i energetiku Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci. Sve ostale analize provedene su u laboratoriju i hladnjači Zavoda za voćarstvo Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

4.1 Vrijeme i način provođenja istraživanja

Istraživanje je provedeno 2009. godine na Agronomskom fakultetu Sveučilištu u Zagrebu.

Pokus je postavljen po slučajnom bloknom rasporedu u tri repeticije. Jedna plitka letvarica u koju stane 24 ploda, čini jednu repeticiju. Plodovi su podvrgnuti toplinskim tretmanima (četiri tretmana + kontrola), a zatim čuvani u hladnjači s normalnom atmosferom na 0 °C. Nakon dva i četiri tjedna čuvanja na 0 °C, plodovi su izvađeni na sobnu temperaturu i ostavljeni pet dana kako bi se simulirali uvjeti trgovine (život na polici), prije nego li ga potrošač konzumira.

Za potrebe istraživanja, ukupno je upotrijebljeno 30 letvarica plodova svake sorte (četiri toplinska tretmana, jedna kontrola, dva vremena čuvanja, tri repeticije).

4.2 Plodovi korišteni u istraživanju

Istraživani plodovi nektarine (*Prunus persica* var. *nectarina* Ait.) sorata 'Venus' i 'Diamond Ray' ubrani su u fazi optimalne zrelosti na području Ravnih kotara kod Zadra te transportirani do Zagreba. Idući su dan napravljene analize kakvoće ploda u berbi i postavljen je pokus.

4.2.1 Sorta 'Venus'

Sorta 'Venus' dozrijeva u drugoj dekadi kolovoza. Stablo je bujno i dobro rodi. Plod je krupan, ovalno-okruglastog oblika. Temeljna je boja kože žuta, a dopunska sjajno crvena prekriva 60-80% površine ploda. Meso ploda je žuto s laganim crvenilom oko koštice. Meso je čvrsto, vrlo sočno, slatkasto-kiselkastog okusa i ugodne arome. Pripada u skupinu kalanki (meso se lagano odvaja od koštice). Slabo je osjetljiva na ozljede od niskih temperatura.

4.2.2 *Sorta 'Diamond Ray'*

Sorta 'Diamond Ray' dozrijeva u prvoj polovici kolovoza. Stablo je bujno, dobro i redovito rodi. Plod je okruglog oblika. Temeljna boja kože je žuta koju potpuno prekriva dopunska crvena boja. Meso je žute boje s vrlo malo crvenila, čvrste teksture i izvrsnog okusa. Pripada skupini durancija (meso se teško odvaja od koštice). Jako je osjetljiva na ozljede od niskih temperatura.

4.3 Toplinski tretmani u istraživanju

Prije čuvanja primijenjeni su toplinski tretmani vrućim zrakom (Obenland i Neipp, 2005), prema modificiranoj metodologiji i potapanjem plodova u vodu temperature 48 °C u trajanju šest i 12 minuta (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12') (Jemrić i sur., 2011) te potapanjem u toplu vodu temperature 52 °C u trajanju od dvije minute (HWD 52 °C 2') (Rodov i sur., 2000). Tretman vrućim zrakom modificiran je na sljedeći način: plod se izlaže vrućem zraku temperature 45 °C u trajanju od 60 minuta, a zatim se temperatura zraka kojem se plod izlaže podiže za 24° C svakih 60 minuta, sve dok temperatura mezokarpa kraj koštice ne dostigne 45 °C (HAT 45 °C/24).

Osim tih tretiranih plodova, u hladnjaču su stavljeni i plodovi bez tretmana. Ti su plodovi poslužili kao kontrola.

4.4 Čuvanje plodova

Plodovi su čuvani dva i četiri tjedna na 0 °C u hladnjači s normalnom atmosferom na Zavodu za voćarstvo Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta. Nakon čuvanja u hladnjači, plodovi su ostavljeni pet dana na sobnoj temperaturi, simulirajući tako život na polici. Nakon života na polici plodovi su podvrgnuti fizikalnim i kemijskim analizama kakvoće ploda te procjeni jačine ozljeda od niskih temperatura.

4.5 Fizikalno kemijske analize plodova

4.5.1 *Masa ploda i kalo*

Masa je mjerena pomoću vage Mettler-Toledo P1210 (Mettler-Toledo International Inc., Columbus, SAD) na dvije decimale i izražena u gramima pomoću vage.

Gubitak mase plodova (kalo) izražen je u postocima. Kalo čuvanja ($kalo_S$), kalo police ($kalo_{SL}$) te ukupni kalo ($kalo_T$) izračunati su prema formulama:

$$kalo_S = \frac{m_h - m_s}{m_h} \times 100$$

$$kalo_{SL} = \frac{m_s - m_{sl}}{m_s} \times 100$$

$$kalo_T = \frac{m_h - m_{sl}}{m_h} \times 100$$

gdje je:

m_h – masa ploda u berbi (prije čuvanja)

m_s – masa ploda nakon čuvanja (nakon vađenja iz hladnjače)

m_{sl} – masa ploda nakon života na polici

4.5.2 Tvrdoća plodova

Tvrdoća plodova utvrđena je pomoću ručnog penetrometra FT 327 (FACCHINI Srl, Alfonsine, Italy), sa sondom promjera 8 mm (0,5 cm²). Na svakom plodu na ekvatoru ploda na četiri nasuprotna mjesta odstranjena je kožica te je na tom mjestu mjerena tvrdoća ploda pritiskom penetrometra do dubine označene na sondi (8mm). Za svaki plod je izračunata prosječna vrijednost ta četiri mjerenja, a tvrdoća je izražena u kg cm⁻².

4.5.3 Topljiva suha tvar

Topljiva suha tvar (SSC)³ utvrđena je u soku koji je dobiven cijedenjem soka iz mesa cijelog ploda. Mjerena su izvršena pomoću digitalnog refraktometra Atago Pal-1 (Atago Co., LTD., Tokio, Japan), a količina topljive suhe tvari izražena je u postocima prema AOAC 932.14c (AOAC, 1999).

4.5.4 Ukupne kiseline

Sadržaj ukupnih kiselina (TA⁴) mjereno je u soku koji je dobiven cijedenjem mesa cijelog ploda. Ukupne kiseline su određene titracijskom metodom s 0,1 M NaOH, izražena u g L⁻¹ (kao jabučna kiselina) prema AOAC 954.07 (AOAC, 1999). Ukupno 5 ml iscijeđenog soka uz dodatak indikatora brom-timol plavi titrirano je s 0,1 M NaOH do pojave maslinastozelene boje. Izmjereni utrošak 0,1 N NaOH preračunat je u ukupne kiseline izražene kao jabučna kiselina prema sljedećoj formuli:

$$TA = \frac{A \times F}{D}$$

gdje je:

A – količina utrošene 0,1 N NaOH (ml)

F – faktor za preračunavanje ukupnih kiselina u jabučnu kiselinu (0,067)

D – količina uzorka (soka) koji je korišten u titraciji (ml)

³ SSC – eng. soluble solid content

⁴ TA – eng. total acids

4.5.5 Reakcija soka

Reakcija soka ploda izmjerena je elektrometrijskom metodom pomoću pH-metra LAB 870 SET (Schott Instruments, Njemačka), koristeći kalibracijske puferne SET 1 (DIN 19266/NDS, puferi broj 4.006 i 6.865). Zbog male količine soka koja se može dobiti cijedenjem cijelog ploda, pH reakcija je mjerena u skupnom uzorku soka od pet plodova iz iste repeticije.

4.5.6 Elektrovodljivost soka

Elektrovodljivost soka ploda izmjerena je elektrometrijskom metodom pomoću EC-metra LAB 970 SET (Schott Instruments, Njemačka), koristeći kalibracijsku tekućinu 0,01 M KCl. Zbog male količine soka koja se može dobiti cijedenjem cijelog ploda, elektrovodljivost je mjerena u skupnom uzorku soka od pet plodova iz iste repeticije.

4.5.7 Pektini

Pektinske frakcije (pektini topljivi u vodi – PTV, pektini topljivi u 0,1 M natrijevoj lužini – PTL, pektini topljivi u amonijevom oksalatu – PTO) prema Ketsa i sur. (1999) izražene kao mg kg^{-1} galakturonske kiseline.

4.5.7.1 Ekstrakcija uzorka

Uzorci za analize pektina su pripremljeni na način da je dva grama mesa ploda homogenizirano s 12 ml destilirane vode i 40 ml 96%-tnog etanola zagrijanog na 85 °C te zatim deset minuta grijano na 85 °C u vodenoj kupelji uz povremeno miješanje. Tako homogenizirani uzorak je zatim centrifugiran 20 minuta pri sili od 1355 G. Nakon centrifugiranja i dekantiranja, ostatak je ponovo ekstrahiran sa 63%-tnim etanolom na 85 °C u trajanju od deset minuta. Takav ekstrakt je opet centrifugiran 20 minuta pri sili od 1355 G. Nakon centrifugiranja i dekantiranja, ostatak je zatim ispiran pet puta sa 63% etanolom, dok se uz pomoć otopina Carrezi I i Carrezi II nije utvrdilo da u ekstraktu više nema šećera.

Za određivanje frakcije pektina topljivih u natrijevom hidroksidu (NaOH), talog je stavljen u odmjernu tikvicu od 100 ml, preliven s 5 ml 1 M NaOH i dopunjen do oznake s destiliranom vodom te ostavljen da odstoji 15 minuta prije daljnje pripreme za očitavanje na spektrofotometru.

Za frakciju pektina topljivih u amonijevom oksalatu, $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$, talog je preliven s 35 ml amonijevog oksalata te je miješan na magnetnoj miješalici. Zatim je centrifugiran 20 minuta pri sili od 1355 G. Nakon centrifugiranja ekstrakt je preko sintrovanog lijevka prebačen u odmjernu tikvicu od 100 ml, a postupak s talogom ponovljen. Nakon što je talog

dva puta ispran s amonijevim oksalatom i centrifugiran, u odmjernu tikvicu je dodano 5 ml 1 M NaOH te nadopunjeno amonijevim oksalatom do oznake. Tako pripremljen ekstrakt je ostavljen 15 minuta prije daljnje pripreme za očitavanja na spektrofotometru.

Za frakciju pektina topljivih u vodi, postupak ekstrakcije je sličan. Talog je preliven s 35 ml destilirane vode te je miješan na magnetnoj miješalici. Zatim je ekstrakt centrifugiran 20 minuta pri sili od 1355 G. Nakon centrifugiranja ekstrakt je preko sintrovanog lijevka prebačen u odmjernu tikvicu od 100 ml, a postupak s talogom ponovljen. Nakon što je talog dva puta ispran s vodom i centrifugiran, u odmjernu tikvicu je dodano 5 ml 1 M NaOH te je ona nadopunjena do oznake s destiliranom vodom. Tako pripremljen ekstrakt je ostavljen 15 minuta prije daljnje pripreme za očitavanja na spektrofotometru.

4.5.7.2 Priprema ekstrakta za očitavanje na spektrofotometru

Za pripremu ekstrakta pektina topljivih u natrijevom hidroksidu, pripremljene su četiri male odmjerne tikvice od 10 ml. U prvu tikvicu dodano je 1 ml ekstrakta, 0,5 ml karbazola i 6 ml koncentrirane (96%-tne) H_2SO_4 . U drugu tikvicu dodano je 1 ml ekstrakta, 0,5 ml etanola (96%-tni) i 6 ml koncentrirane (96%-tne) H_2SO_4 . U treću tikvicu dodano je 1 ml destilirane vode, 0,5 ml karbazola i 6 ml koncentrirane (96%-tne) H_2SO_4 . U četvrtu tikvicu dodano je 1 ml destilirane vode, 0,5 ml etanola (96%-tni) i 6 ml koncentrirane (96%-tne) H_2SO_4 . Zatim su prva i treća tikvica miješane u vodenoj kupelji deset minuta na 80 °C. Tako pripremljeni ekstrakti ostavljeni su 30 minuta prije očitavanja na spektrofotometru.

Na ovaj su način za očitavanje na spektrofotometru pripremljeni uzorci svih promatranih frakcija pektina (topljivi u vodi, topljivi u oksalatu i topljivi u natrijevoj lužini) s odgovarajućim ekstraktom.

4.5.7.3 Očitavanje na spektrofotometru

Očitavanje na uzoraka vršeno je pomoću spektrofotometra Shimadzu UV1700 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan), koristeći staklene kivete. Prvo su očitani ekstrakti iz prve i druge tikvice, a zatim iz treće i četvrte tikvice. Razlika apsorbancija, predstavljala je apsorbanciju pektina mjerene frakcije.

Dobivena apsorbancija preračunata je pomoću jednadžbe baždarnog pravca u koncentraciju pektina (određene frakcije), a koncentracija je zatim preračunata u galakturonsku kiselinu izraženu u $mg\ kg^{-1}$.

4.5.7.4 Izrada baždarne krivulje

Za izradu baždarnog pravca napravljena je standardna otopina galakturonske kiseline ($C_6H_{10}O_7$) na sljedeći način:

Odmjereno je 0,1205 g galakturonske kiseline, osušene preko P_2O_5 na 20 °C tijekom pet sati. Zatim je kvantitativno prenesena u odmjernu tikvicu volumena 1000 ml, dodano je 0,5 ml 1 M natrijevog hidroksida i dopunjeno destiliranom vodom do oznake. Zatim je ta standardna otopina galakturonske kiseline promućkana i ostavljena preko noći. U ovako pripremljenoj otopini galakturonske kiseline, 1 ml otopine sadrži 100 mg anhidrida galakturonske kiseline.

U sedam odmernih tikvica volumena 100 ml otpipetira se po 10, 20, 30, 40, 50, 60 i 70 ml standardne otopine. Tikvice se zatim dopune destiliranom vodom do oznake i promućkaju. Tako pripremljene otopine sadrže 10, 20, 30, 40, 50, 60 i 70 mg/ml anhidrida galakturonske kiseline.

Postupak očitavanja na spektrofotometru je isti kao i kod uzoraka (opisano u odlomku 4.5.7.2), samo što se umjesto ekstrakta u odmjerne tikvice dodaju pripremljene koncentracije galakturonske kiseline.

Iz izmjerenih vrijednosti apsorbancija, nacрта se baždarna krivulja, tako da se na apscisu ucrtaju koncentracije standardne otopine galakturonske kiseline, a na ordinatu izmjerene vrijednosti apsorbancije pri valnoj duljini 525 nm.

Na temelju podataka jednadžba baždarne krivulje glasi:

$$y = 0,01196x + 0,0649$$

$$R^2 = 0,95389$$

gdje je:

y – apsorbancija pri 525 nm

x – koncentracija standardne otopine galakturonske kiseline

R^2 – koeficijent determinacije

Uvrštavanjem izmjerene apsorbancije uzorka u navedenu formulu izračunava se koncentracija pektina u uzorku. Tako izračunata koncentracija izražena je kao galakturonska kiselina u $\mu\text{g ml}^{-1}$ ekstrakta. Taj rezultat je, s obzirom na masu uzorka uzetog u analizu (2 g mesa ploda), preračunat u mg kg^{-1} svježje tvari prema formuli:

$$GA_{(\text{mg kg}^{-1})} = \frac{x \times 100}{m}$$

gdje je:

x – koncentracija pektina izračunat prema prethodnoj formuli, a izražen u g l⁻¹

m – uzorka korištenog za ekstrakciju pektina

Dobivene izmjerene količine pektina preračunate su u relativne odnose frakcija (pektini topljivi u vodi, pektini topljivi u amonijevom oksalatu i pektini topljivi u natrijevoj lužini) iskazane u postocima prema formuli:

$$FP_{rel} = \frac{FP}{P} \times 100$$

gdje je:

FP_{rel} – odgovarajuća frakcija pektina izražena u postocima

FP – izmjerena količina odgovarajuće frakcije pektine izražena u mg kg⁻¹

P – ukupna izmjerena količina pektina (svih mjerenih frakcija) izražena u mg kg⁻¹

4.5.8 Indeks sočnosti

Indeks sočnosti (JI) dobiven je prema modificiranoj metodi autora Crisosto i Labavitch (2002). Indeks sočnosti predstavlja odnos mase slobodnog soka i mase tkiva u kojem se on nalazio. Slobodni sok se dobije prešanjem. Na ekvatoru ploda je pomoću posebnog noža uzet cilindar tkiva promjera jedan centimetar, a koji obuhvaća meso ploda od kože do koštice. Cilindru je izmjerena masa, a zatim je izmjerena masa soka koja se dobila cijedenjem. Indeks sočnosti izražen je u postocima, a izračunat prema formuli:

$$JI = \frac{m_{cej}}{m_c} \times 100$$

gdje je:

m_{cej} – masa iscijedenog soka iz cilindra

m_c – masa cilindra prije cijedenja soka

4.5.9 Indeks ozljeda od niskih temperatura

Indeks ozljeda od niskih temperatura (CI indeks), prema (Zhu i sur., 2010), a koji se izračunava prema formuli:

$$CI\ indeks = \frac{(n_0 \times 0) + (n_1 \times 1)}{n_0 + n_1} \times 100$$

gdje je:

n_0 – broj plodova koji imaju slabe (zanemarive) simptome CI ili ih nemaju

n_1 – broj plodova koji imaju srednje ili jake simptome CI

Ozljede od niskih temperatura određene su vizualno, a obuhvaćale su brašnjavost, vunavost, kožastu teksturu, posmeđenje mesa. Crvenilo mesa kao simptom ozljeda od niskih temperatura nije bilo uočeno. Ono malo crvenila mesa koje je uočeno, pripisano je sortnim karakteristikama ploda, s obzirom na to da je karakteristika obje sorte ('Venus' i 'Diamond Ray') lagano crvenilo mesa ploda oko koštice.

4.5.10 Udio trulih plodova

Udio trulih plodova određen je nakon života na polici. Nije rađena struktura trulih plodova prema uzroku ili uzročniku (patogenu), već je prebrojan ukupan broj trulih plodova po tretmanu i repeticiji. Trulim plodom se smatrao svaki plod kojem se moglo utvrditi prisutnost truleži, zatim je izračunat udio trulih plodova i izražen u postocima, prema formuli:

$$\text{Udio trulih plodova} = \frac{n_t}{N} \times 100$$

gdje je:

n_t – broj trulih plodova

N – ukupni broj plodova u gajbici

4.5.11 Boja mesa ploda

Boja je mjerena pomoću kolorimetra ColorTec-PCM Plus 30mm Benchtop Colorimeter (ColorTec Associates, Inc. Clinton, New Jersey, SAD) prema CIE $L^*a^*b^*$ modelu (CIE, 2008). CIE $L^*a^*b^*$ model određuje boje u tri dimenzije. Te su tri dimenzije svjetlina boje (L^*), crveno-zelena komponenta (a^*), žuto plava komponenta (b^*).

Svjetlina boje (L^*) označava svjetlinu boje na okomitoj osi. Vrijednost 0 predstavlja apsolutno crnu boju na dnu sfere, a vrijednost 100 predstavlja apsolutnu bijelu boju na vrhu sfere.

Crveno-zelena komponenta (a^*) predstavlja poziciju boje između crvene i zelene. Negativne vrijednosti označavaju zelenu boju, a pozitivne vrijednosti crvenu boju.

Žuto-plava komponenta (b^*) predstavlja poziciju boje između žute i plave. Negativne vrijednosti označavaju plavu boju, a pozitivne vrijednosti žutu boju.

Boja mesa mjerena je nakon života na polici. Mjerenja boje mesa ploda provedena su na uzdužnom presjeku ploda u ekvatorijalnoj ravnini otprilike na sredini između koštice i kože ploda.

4.5.12 Udio neprihvatljivih plodova

Udio neprihvatljivih plodova određen je na temelju vizualnog dojma mesa ploda na uzdužnom presjeku ploda promatrajući sve plodove po tretmanima. Neprihvatljivost plodova

ocijenjena je ocjenama prihvatljivo ili neprihvatljivo, a rezultati su prikazani udjelom neprihvatljivih plodova prema formuli:

$$UNP = \frac{(n_0 \times 0) + (n_1 \times 1)}{n_0 + n_1} \times 100$$

gdje je:

UNP – udio neprihvatljivih plodova

n_0 – broj plodova koji su prihvatljivi prema vizualnom dojmu

n_1 – broj plodova koji nisu prihvatljivi prema vizualnom dojmu

4.5.13 Analiza senzornih svojstava plodova

Senzorna svojstva plodova ocijenjena su testom potrošača (Vallverdu i sur., 2012) samo na plodovima koji nisu pokazivali simptome ozljeda od niskih temperatura. Ocjenjivana je: čvrstoća, tekstura, sočnost, odnos šećera i kiselina, aroma, punoća okusa te opći dojam ploda. Svako svojstvo je ocjenjivano ocjenom od jedan do pet s koracima od 0,5. Ocjena jedan označavala je nezadovoljavajuće, a ocjena pet izvrsno.

4.6 Akvizicija temperature toplinskih tretmana

U toplinski tretiranim plodovima, promjena temperature u plodu mjerena je pomoću termoparova (tip STD K) uređajem Compact FieldPoint, modul cFP-TC-120 (National Instruments Corporation, Austin, Texas, SAD), a podaci su prikupljeni pomoću programskog paketa LabView 8.5 (National Instruments Corporation, Austin, Teksas, SAD) (Slika 3).



Slika 3 FieldPoint uređaj za akviziciju temperature (Foto: G. Fruk)

Temperatura mesa ploda mjerena je na ekvatoru ploda, i to na površini, na dubini od 15mm te uz samu košticu (Slika 4). Temperatura medija mjerena je na 3 mm od ploda. Promjena temperature u plodu mjerena je kod svake sorte posebno za svaki toplinski tretman.



Slika 4 Mjerenje temperature u plodu nektarine pomoću termoparova (Foto: T. Jemrić)

4.7 Statistička obrada rezultata

Statistička obrada podataka napravljena je u statističkom paketu SAS 9.1.3 Service Pack 4, XP_PRO platform (SAS Institute, Cary, NC, USA). Analiza varijance i LSD test uz razinu značajnosti $P \leq 0,05$ napravljeni su procedurom GLM. Korelacija (Pearsonov koeficijent korelacije) udjela prihvatljivih plodova, indeksa ozljeda od niskih temperatura, frakcija pektina i kala napravljeni su procedurom CORR. Regresija indeksa ozljeda od niskih temperatura i udjela pektina topljivih u vodi, indeksa ozljeda od niskih temperatura i udjela pektina topljivih u amonijevom oksalatu, udjela pektina topljivih u vodi i udjela pektina topljivih u amonijevom oksalatu te indeksa ozljeda od niskih temperatura i omjera relativnog sadržaja pektina topljivih u vodi i pektina topljivih u amonijevom oksalatu napravljeni su procedurom REG.

5 REZULTATI

5.1 Gubitak mase plodova

Analiza varijance kala plodova nektarine tijekom čuvanja, života na polici i ukupnog kala (Tablica 2) pokazala je značajne interakcije kod kala čuvanja i ukupnog kala. Stoga za ta svojstva nije proveden LSD test. S obzirom na to da kalo police nije imao značajne interakcije, napravljen je LSD test (Tablica 3), koji je pokazao da između sorata nije bilo značajnih razlika u kalu tijekom života na polici, bez obzira na tretman i duljinu čuvanja na 0 °C. Gubitak mase plodova tijekom života na polici značajno ovisi o duljini čuvanja na 0 °C. Tako je kalo police nakon četiri tjedna čuvanja čak četiri puta veći nego nakon čuvanja dva tjedna i iznosio je visokih 9,84%.

Tablica 2 Analiza varijance gubitaka mase plodova (kala) plodova

	Kalo čuvanje	Kalo police	Ukupni kalo
ANOVA	F	F	F
Sorta (S)	12,38 **	1,75 ns	6,61 *
Čuvanje (Č)	51,98 ***	2036,04 ***	188,68 ***
Tretman (T)	1,22 ns	2,28 ns	1,76 ns
SxT	3,35 *	2,21 ns	3,05 *
SxČ	6,28 *	1,38 ns	3,7 ns
ČxT	2,54 *	1,27 ns	2,76 *
SxČxT	0,81 ns	2,00 ns	0,86 ns

Napomena: ns, *, **, *** – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, odnosno $P \leq 0,001$

Također, utvrđene su i značajne razlike u kalu police i između tretmana. Plodovi kontrole i plodovi podvrgnuti vodenom tretmanu HWD 52 °C 2' pokazali su najveći kalo police (6,29%, odnosno 6,19%), dok su plodovi podvrgnuti vodenom tretmanu HWD 48 °C 6' imali najniži gubitak na masi tijekom života na polici (5,61%).

Zbog već spomenutih interakcija, daljnja analiza rezultata gubitaka mase plodova napravljena je nakon razlaganja po sorti, duljini čuvanja i po tretmanu (Grafikoni 1 do 4).

Tablica 3 Prosječne vrijednosti kala plodova po sorti, trajanju čuvanja i po tretmanu

	Kalo čuvanje (%)	Kalo polica (%)	Ukupni kalo (%)
Sorta ($\bar{x} \pm SD$)			
'Diamond Ray'	4,65 ± 2,50	6,06 ± 4,31 ns	10,13 ± 4,04
'Venus'	3,39 ± 2,66	5,90 ± 3,85 ns	8,19 ± 3,97
Čuvanje ($\bar{x} \pm SD$)			
2wk + 5d SL	4,86 ± 2,51	2,24 ± 0,87 b	7,00 ± 2,65
4wk + 5d SL	2,75 ± 2,33	9,84 ± 1,90 a	12,81 ± 3,49
Tretman ($\bar{x} \pm SD$)			
Kontrola	4,26 ± 2,33	6,29 ± 3,91 a	9,79 ± 3,77
HWD 48 °C 6'	3,93 ± 2,53	5,61 ± 3,94 b	7,88 ± 3,11
HWD 48 °C 12'	3,60 ± 1,99	5,95 ± 4,06 ab	8,93 ± 3,23
HWD 52 °C 2'	4,32 ± 2,31	6,19 ± 4,63 a	10,06 ± 5,41
HAT 45 °C/24	4,21 ± 3,84	5,80 ± 3,87 ab	9,01 ± 4,17

Napomena: ns – nema statistički značajne razlike

a, b – prosječne vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$

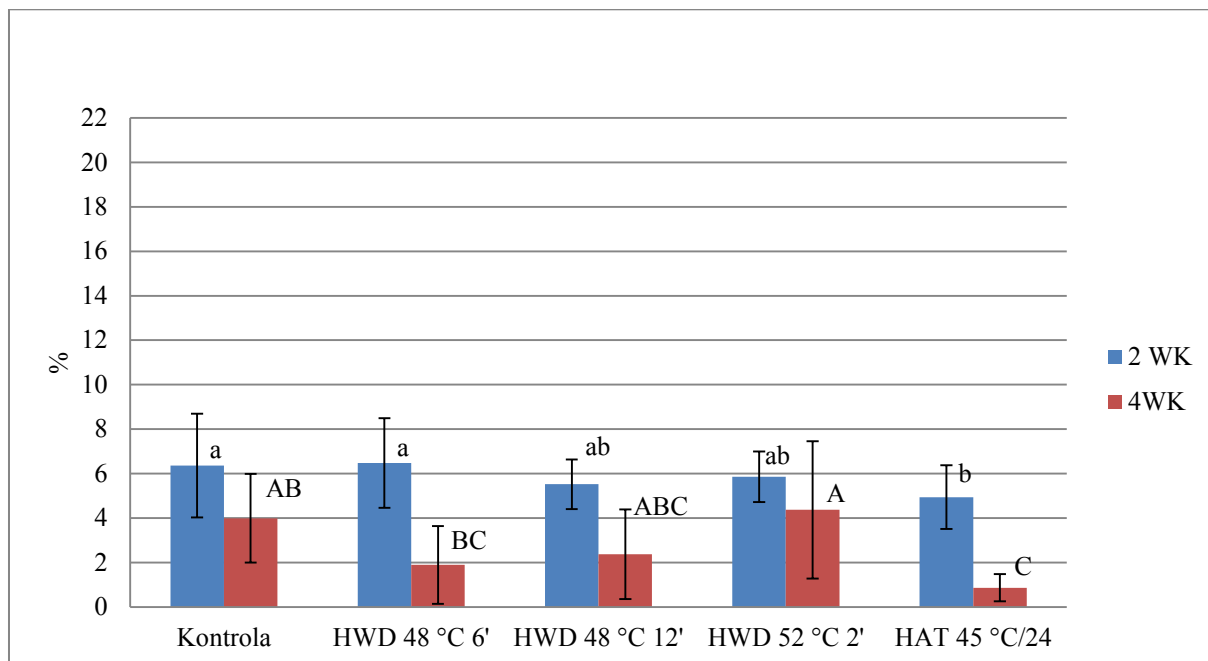
Za svojstva koja imaju statistički značajne interakcije (Tablica 2), nije proveden LSD test

Kod sorte 'Diamond Ray' smanjeni gubitak mase tijekom čuvanja dva tjedna na temperaturi °C značajan je samo kod zračnog tretmana (HAT 45 °C/24), dok vođeni tretmani (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2') nisu pokazali značajno smanjenje gubitka mase plodova u odnosu na plodove kontrole (Grafikon 1). Zanimljivo je da su tijekom četiri tjedna čuvanja plodova na 0 °C na masi najviše izgubili plodovi tretmana HWD 52 °C 2', a najmanje plodovi tretmana HAT 45 °C/24. Plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6' pokazali su manji gubitak na masi od plodova iz tretmana HWD 52 °C 2', ali ne i od plodova kontrole.

Sorta 'Venus' pokazala je drukčije rezultate tijekom čuvanja (Grafikon 2). Nakon dva tjedna čuvanja zračni tretman HAT 45 °C/24 imao je značajno najveće gubitke mase plodova u odnosu na vodene tretmane (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12', HWD 52 °C 2') i plodove kontrole. Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C nije bilo razlika u gubitku mase plodova između tretmana i plodova kontrole.

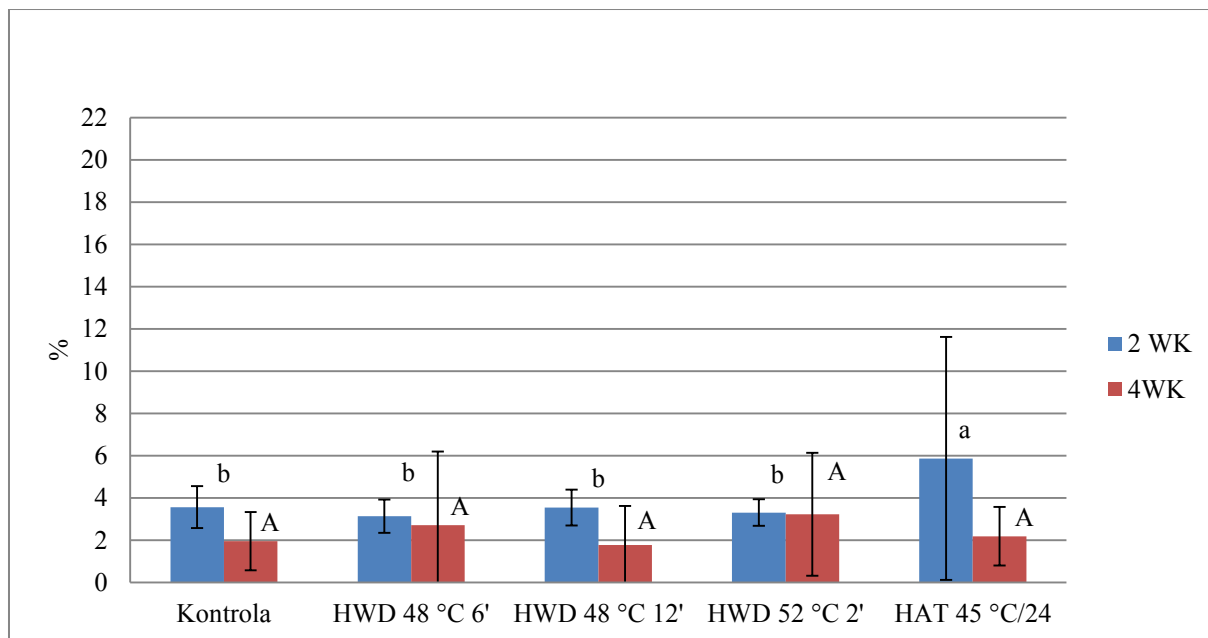
Premda nije provedena statistička usporedba između čuvanja pojedinačno za svaku sortu, uočava se trend da su plodovi čuvani dva tjedna na 0 °C imali veće gubitke na masi nego plodovi čuvani četiri tjedna na 0 °C. Kod sorte 'Venus' te su razlike manje, dok sorta 'Diamond Ray' pokazuje veće razlike u gubitku mase plodova u odnosu na duljinu čuvanja.

Grafikon 1 Kalo plodova sorte 'Diamond Ray' tijekom čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B, C) za 4 tjedna čuvanja

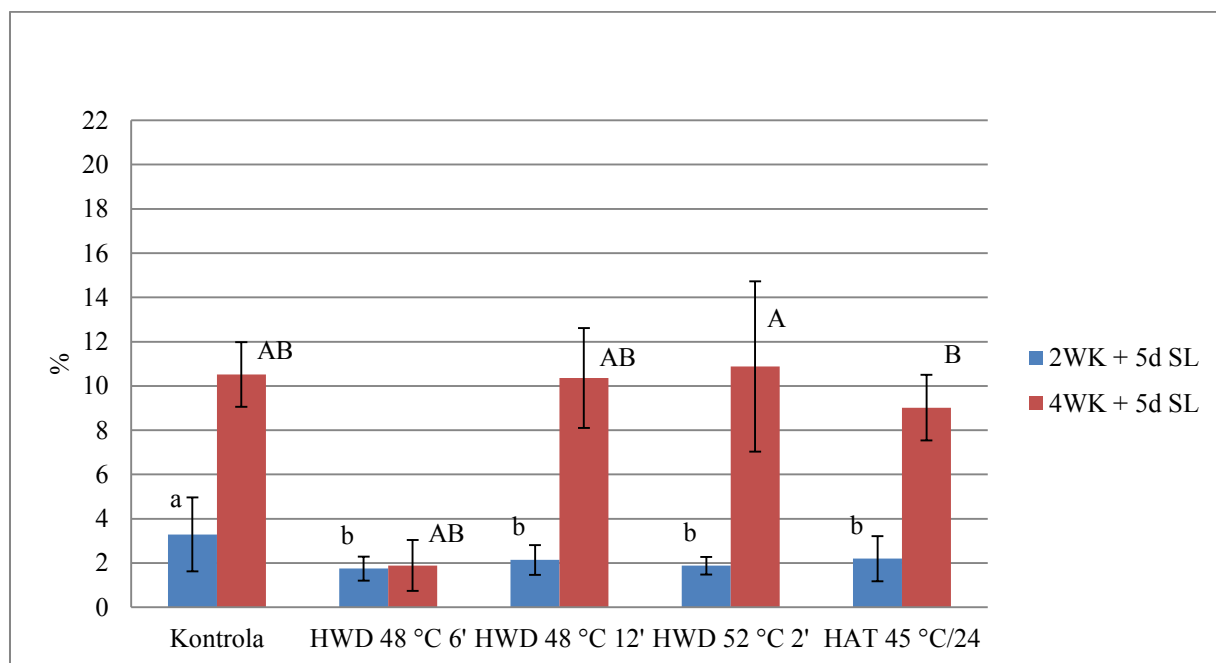
Grafikon 2 Kalo plodova sorte 'Venus' tijekom čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A) za 4 tjedna čuvanja

Sorta 'Diamond Ray' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C pokazala je i manje gubitke mase plodova tijekom života na polici kod svih tretiranih plodova u odnosu na plodove kontrole (Grafikon 3). Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C zračni tretman imao je značajno manji gubitak mase plodova od vodenog tretmana HWD 52 °C 2', ali ne i od kontrole i vodenih tretmana na 48 °C koji se također nisu razlikovali niti od plodova iz tretmana HWD 52 °C 2'.

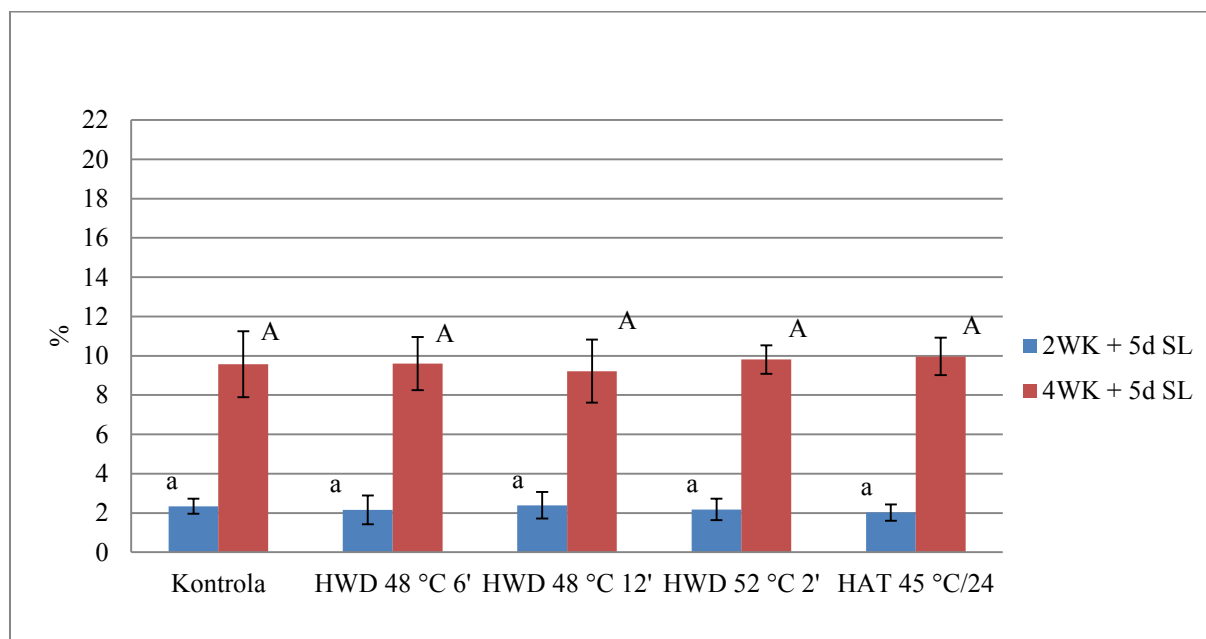
Grafikon 3 Kalo plodova sorte 'Diamond Ray' tijekom života na polici nakon 2 i 4 tjedna čuvanja na 0 °C po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

Kod sorte 'Venus' nije bilo značajne razlike u gubitku mase plodova tijekom života na polici između kontrolnih i tretiranih plodova unutar jednog vremena čuvanja (Grafikon 4). Premda nije provedena statistička analiza u odnosu na vrijeme čuvanja, kao kod sorte 'Diamond Ray' i kod sorte 'Venus' također je vidljiv trend velikog povećanja gubitaka mase plodova tijekom života na polici kod plodova kontrole i plodova u svim tretmanima nakon četiri tjedna čuvanja u odnosu na dva tjedna čuvanja na 0 °C.

Grafikon 4 Kalo plodova sorte 'Venus' tijekom života na polici nakon 2 i 4 tjedna čuvanja na 0 °C po tretmanima

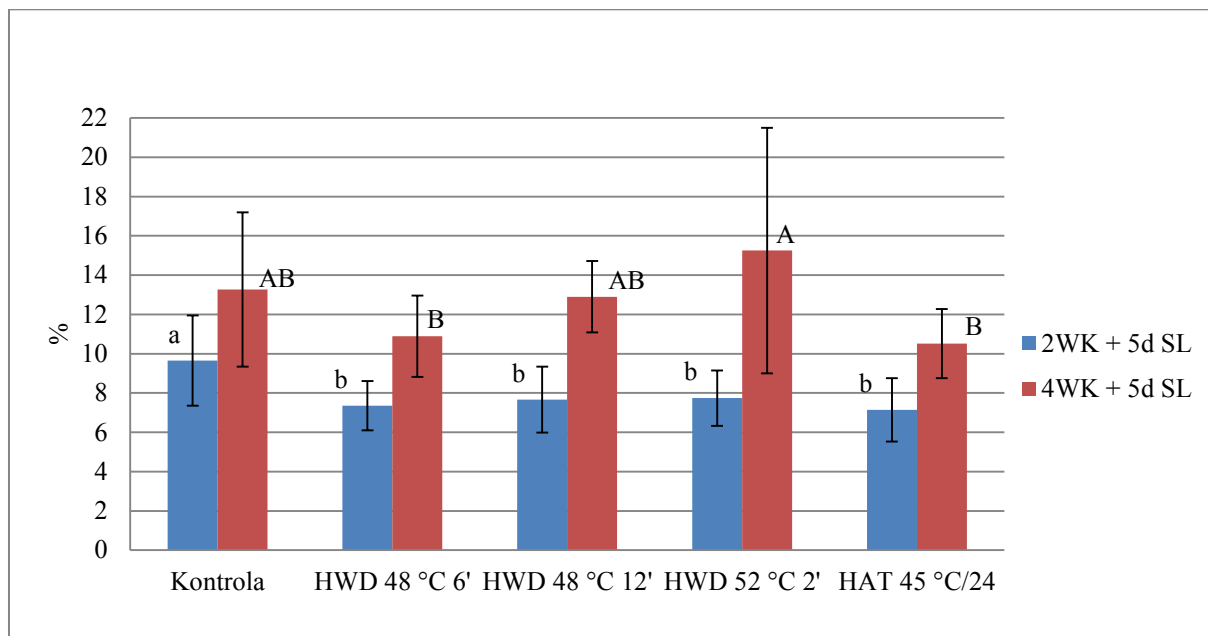


Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A) za 4 tjedna čuvanja

Gledajući ukupni kalo kod sorte 'Diamond Ray' (Grafikon 5), uočava se značajno smanjenje ukupnog gubitka mase plodova kod svih tretiranih plodova u odnosu na plodove kontrole kod plodova čuvanih dva tjedna na 0 °C. Kod plodova koji su čuvani četiri tjedna na 0 °C značajno manji ukupni gubitak na masi pokazali su plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6' i HAT 45 °C/24 u odnosu na plodove tretmana HWD 52 °C 2' koji su imali veći gubitak na masi. Plodovi kontrole i plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12' nisu imali značajne razlike u odnosu na plodove iz ranije spomenutih tretmana.

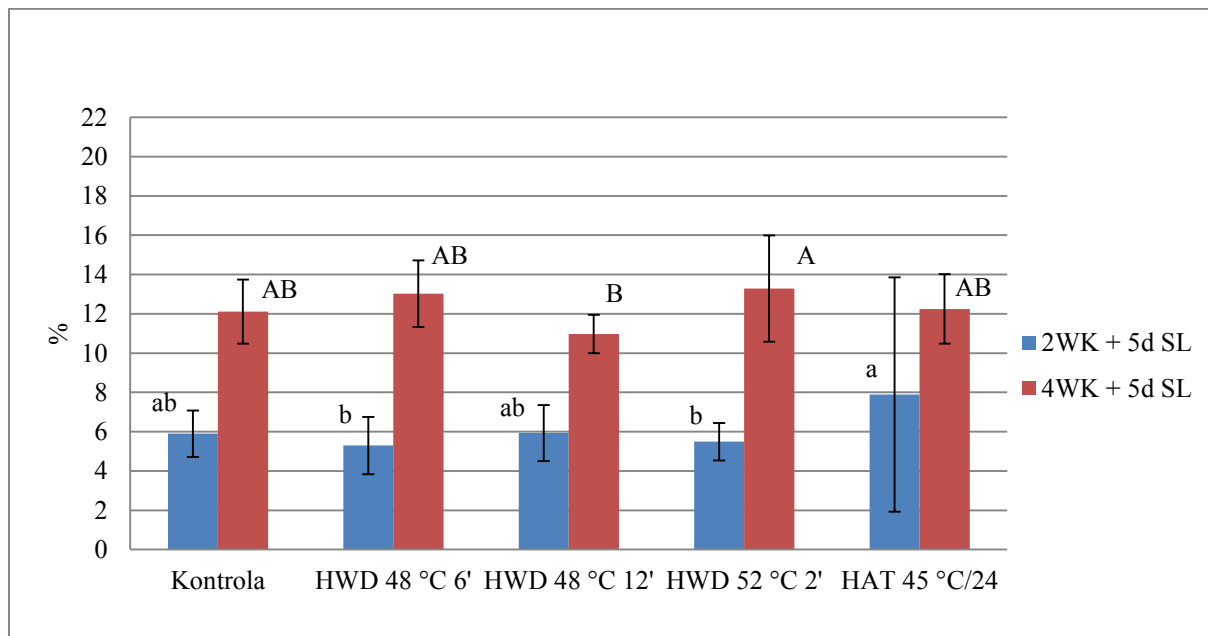
Sorta 'Venus' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici pokazala je da plodovi tretirani vrućim zrakom (HAT 45 °C/24) imaju veći gubitak mase plodova nego plodovi iz vodenih tretmana HWD 48 °C 6' i HWD 52 °C 2' (Grafikon 6). Kod plodova kontrole i plodova u tretmanu HWD 48 °C 12' nije bilo razlike u gubitku na masi u odnosu na plodove iz tretmana HWD 48 °C 6' kao ni u odnosu na plodove iz tretmana HWD 52 °C 2'.

Grafikon 5 Ukupni kalo plodova kod sorte 'Diamond Ray' tijekom čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

Grafikon 6 Ukupni kalo plodova kod sorte 'Venus' tijekom čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

5.2 Pokazatelji kakvoće ploda

Analiza varijance pokazatelja kakvoće ploda (tvrdoća, topljiva suha tvar, ukupne kiseline, omjer topljive suhe tvari i ukupnih kiselina, pH reakcija soka i elektrovodljivost soka) (Tablica 4) pokazala je značajne interakcije kod tvrdoće i topljive suhe tvari. Stoga za ta svojstva nije proveden LSD test. S obzirom na to da ostala svojstva nisu imala značajne interakcije, za njih je proveden LSD test (Tablica 5), koji je pokazao da između sorata postoji značajna razlika u sadržaju ukupnih kiselina, omjeru topljive suhe tvari i ukupnih kiselina, pH reakciji soka i elektrovodljivosti soka, bez obzira na tretman i duljinu čuvanja na 0 °C. S obzirom na duljinu čuvanja plodova, značajne razlike u svojstvima između vremena čuvanja nema niti u jednom od tih svojstava osim u elektrovodljivosti soka koja je veća u soku plodova koji su čuvani četiri tjedna na 0°C i pet dana života na polici. Promatrajući tretmane bez obzira na sortu i duljinu čuvanja, svi pokazatelji za koje je proveden LSD test pokazali su značajne razlike, osim elektrovodljivosti koji nije imao značajnih razlika između tretmana. Sadržaj ukupnih kiselina veći je kod plodova kontrole u odnosu na plodove tretirane zračnim tretmanom HAT 45 °C/24, dok plodovi drugih tretmana nisu pokazali značajne razlike sadržaju ukupnih kiselina u odnosu na zračni tretman ili plodove kontrole. Omjer sadržaja topljive suhe tvari i sadržaja ukupnih kiselina značajno je veći kod plodova tretiranih zračnim tretmanom (HAT 45 °C/24) nego kod plodova tretiranih vodenim tretmanom (HWD 48 °C 12'), dok plodovi iz ostalih tretmana nisu pokazali značajnu razliku u odnosu na spomenute tretmane. Reakcija soka bila je značajno niža kod plodova kontrole u odnosu na plodove tretirane zračnim tretmanom, dok svi vodeni tretmani nisu pokazali značajnu razliku u odnosu na spomenute tretmane.

Tablica 4 Analiza varijance pokazatelja kakvoće plodova

	Tvrdoća	Topljiva suha tvar	Ukupne kiseline	SSC/TA	pH	EC
ANOVA	F	F	F	F	F	F
Sorta (S)	64,62 ***	4,22 *	87,55 ***	57,37 ***	10,79 **	5,74 *
Čuvanje (Č)	75,79 ***	43,89 ***	0,66 ns	3,09 ns	0,14 ns	8,16 **
Tretman (T)	3,04 *	2,23 ns	0,95 ns	0,68 ns	1,50 ns	0,90 ns
SxT	0,74 ns	1,20 ns	0,87 ns	1,15 ns	1,05 ns	0,48 ns
SxČ	123,2 ***	1,05 ns	0,55 ns	1,52 ns	3,36 ns	1,09 ns
ČxT	1,78 ns	3,33 *	0,25 ns	0,44 ns	2,47 ns	0,92 ns
SxČxT	4,1 **	2,37 ns	0,36 ns	0,73 ns	2,18 ns	0,50 ns

Napomena: ns, *, ** – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, odnosno $P \leq 0,001$

Tablica 5 Prosječne vrijednosti pokazatelja kakvoće plodova po sorti, trajanju čuvanja i po tretmanu

	Tvrdoća (kg cm⁻²)	Topljiva suha tvar (%)	Ukupne kiseline (g L⁻¹)	SSC/TA	pH	EC (mS cm⁻¹)
Sorta ($\bar{x} \pm SD$)						
'Diamond Ray'	0,64 ± 0,33	9,79 ± 1,13	0,56 ± 0,13 a	18,73 ± 6,82 a	3,76 ± 0,19 a	3,72 ± 0,35 a
'Venus'	0,83 ± 0,17	9,76 ± 1,07	0,76 ± 0,13 b	13,15 ± 2,90 b	3,66 ± 0,05 b	3,98 ± 0,50 b
Čuvanje ($\bar{x} \pm SD$)						
2wk + 5d SL	0,63 ± 0,26	9,42 ± 1,10	0,67 ± 0,16 a	15,28 ± 6,32 a	3,71 ± 0,16 a	3,69 ± 0,50 a
4wk + 5d SL	0,84 ± 0,26	10,34 ± 0,79	0,71 ± 0,17 a	15,09 ± 3,57 a	3,72 ± 0,13 a	4,00 ± 0,32 b
Tretman ($\bar{x} \pm SD$)						
Kontrola	0,66 ± 0,20	10,33 ± 0,99	0,71 ± 0,13 a	15,07 ± 3,52 ab	3,67 ± 0,05 b	3,85 ± 0,33 a
HWD 48 °C 6'	0,73 ± 0,26	9,70 ± 1,09	0,69 ± 0,17 ab	14,94 ± 5,29 ab	3,70 ± 0,09 ab	3,90 ± 0,43 a
HWD 48 °C 12'	0,74 ± 0,23	9,62 ± 1,07	0,70 ± 0,13 ab	14,27 ± 2,85 b	3,68 ± 0,04 ab	3,84 ± 0,50 a
HWD 52 °C 2'	0,76 ± 0,38	9,67 ± 0,88	0,66 ± 0,14 ab	15,37 ± 3,89 ab	3,74 ± 0,20 ab	3,98 ± 0,38 a
HAT 45 °C/24	0,78 ± 0,27	9,52 ± 1,25	0,65 ± 0,23 b	16,40 ± 9,24 a	3,78 ± 0,23 a	3,66 ± 0,56 a

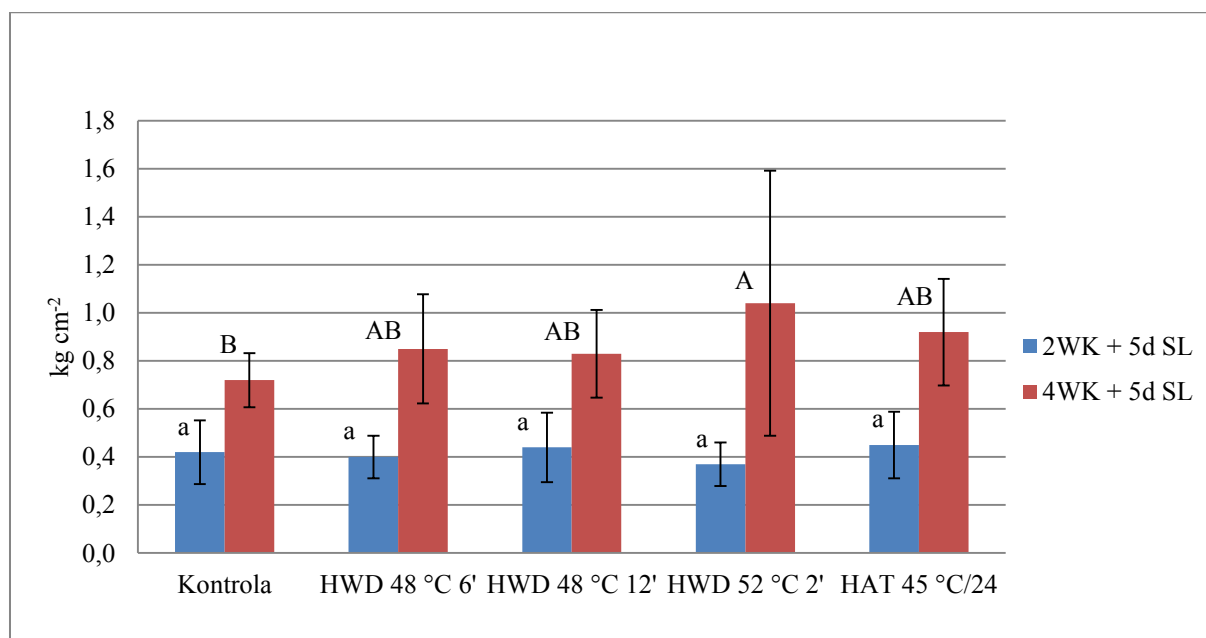
Napomena: a, b, c – prosjeci označeni istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$

Za svojstva koja imaju statistički značajne interakcije (Tablica 4), nije proveden LSD test

Zbog već spomenutih interakcija, daljnja analiza pokazatelja kakvoće plodova napravljena je nakon razlaganja po sorti, duljini čuvanja i po tretmanu (Grafikoni 7 do 18).

Kod sorte 'Diamond Ray' primijenjeni toplinski tretmani nisu pokazali utjecaj na tvrdoću plodova nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici (Grafikon 7). Nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici, plodovi tretirani toplom vodom (HWD 52 °C 2') imali su značajno veću tvrdoću ploda u odnosu na plodove kontrole. Plodovi drugih tretmana (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HAT 45 °C/24) nisu pokazali značajne razlike u tvrdoći ploda, premda je uočljiv trend boljeg održanja tvrdoće u odnosu na plodove kontrole.

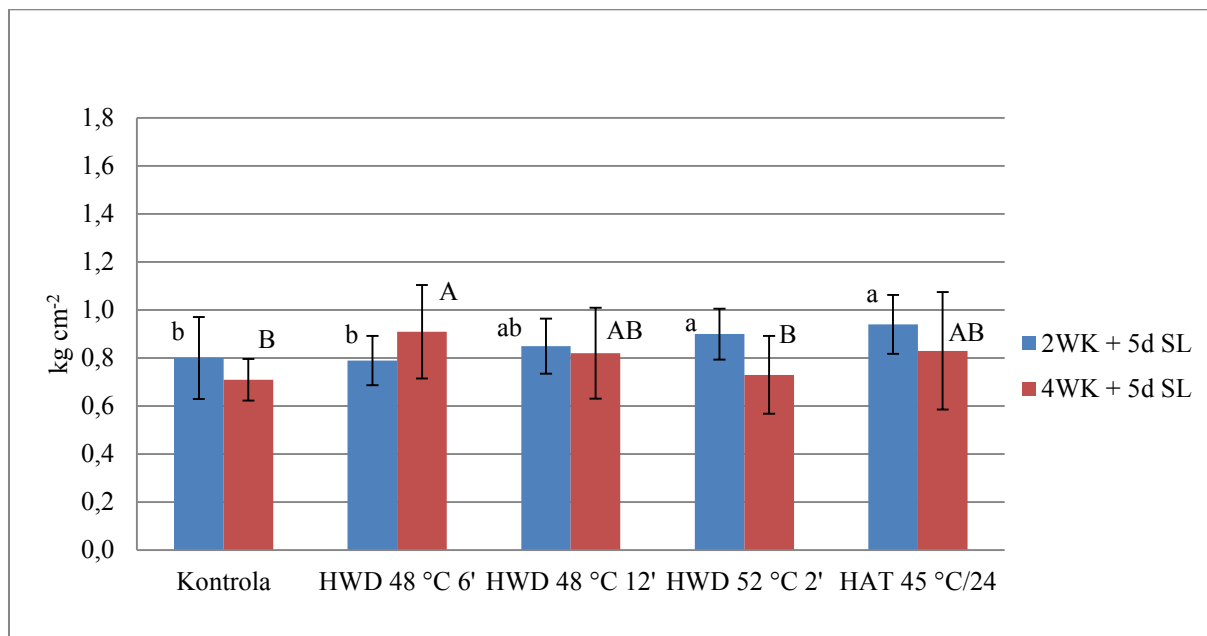
Grafikon 7 Tvrdoća plodova sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

Sorta 'Venus' je pokazala slične rezultate (Grafikon 8). Nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici plodovi iz tretmana HWD 52 °C 2' i HAT 45 °C/24 pokazali su značajno veću tvrdoću nego plodovi kontrole i plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6'. Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici rezultati su nešto drukčiji. Plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6' imali su značajno veću tvrdoću od plodova kontrole i plodova iz tretmana HWD 52 °C 2'.

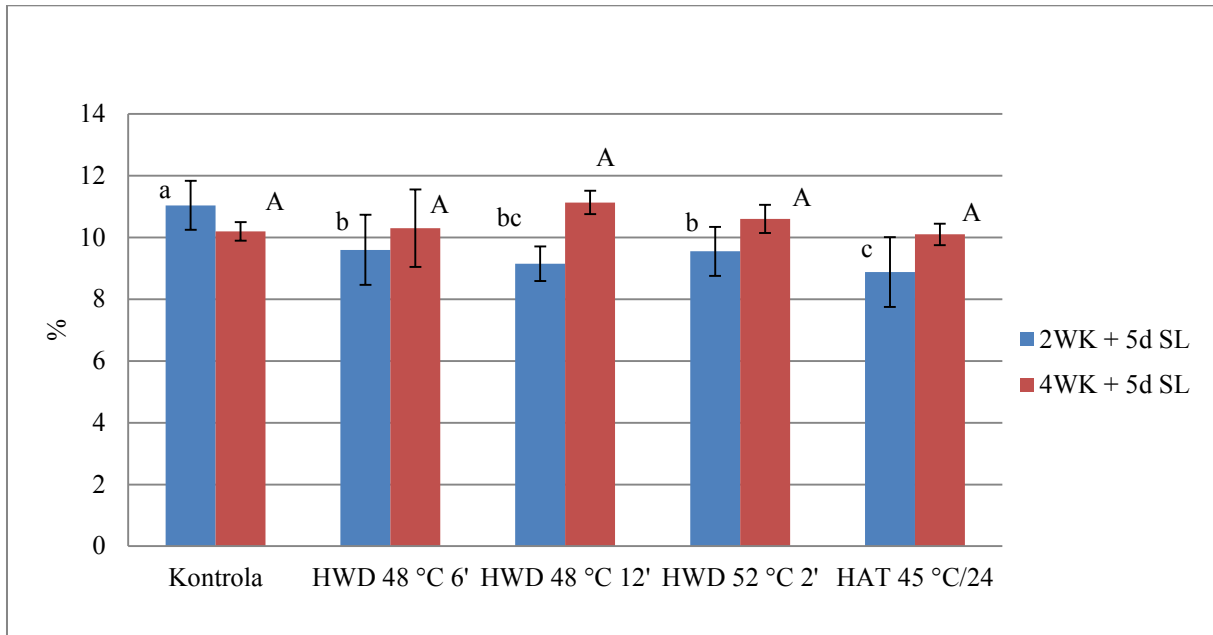
Grafikon 8 Tvrdća plodova sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

Udio topljive suhe tvari kod sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja dva tjedna na 0 °C i pet dana života na polici značajno je manji kod plodova iz tretmana HWD 48 °C 6' i HWD 52 °C 2' u odnosu na plodove kontrole (Grafikon 9). Plodovi iz zračnog tretmana HAT 45 °C/24 imaju značajno manji udio topljive suhe tvari od plodova iz sva tri ranije navedena tretmana. Plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12' nisu pokazali značajne razlike u udjelu topljive suhe tvari u odnosu na druge tretmane, ali su imali značajno manju količinu u odnosu na plodove kontrole. Nakon čuvanja plodova četiri tjedna na 0 °C i pet dana života na polici nije bilo značajnih razlika u udjelu topljive suhe tvari između plodova iz svih tretmana i plodova kontrole.

Grafikon 9 Udio topljive suhe tvari u plodovima sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima

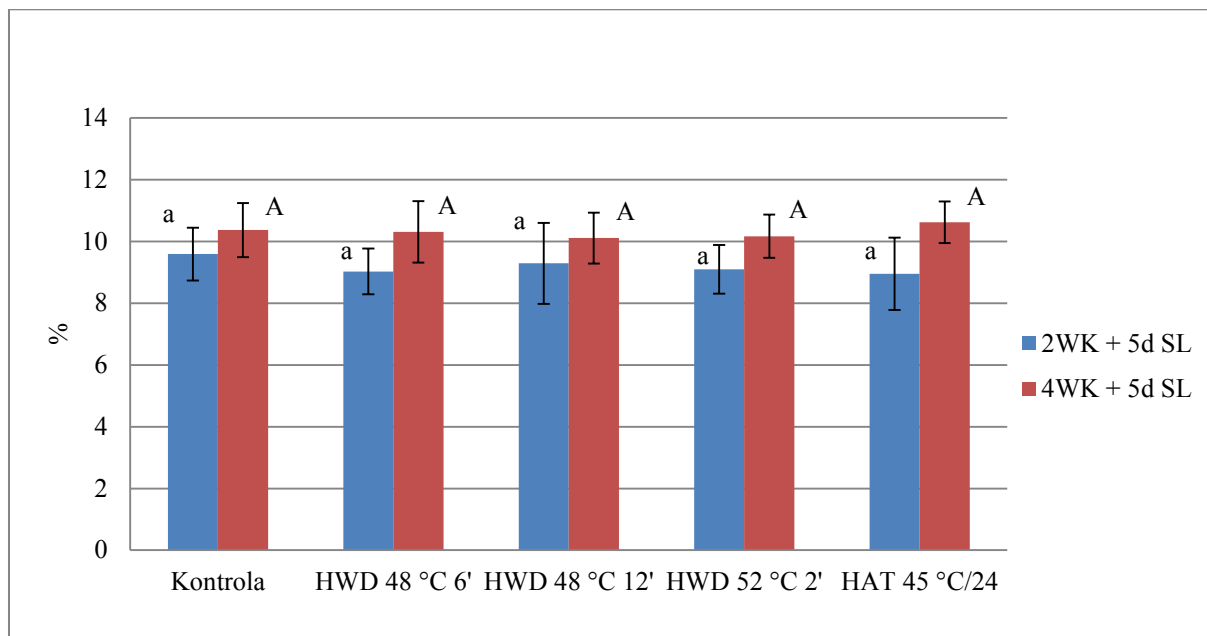


Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A) za 4 tjedna čuvanja

Kod sorte 'Venus' značajnih razlika u udjelu topljive suhe tvari u plodovima između tretmana i plodova kontrole nije bilo nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici, premda se uočava blagi trend smanjenja udjela topljive suhe tvari u svim tretmanima u odnosu na plodove kontrole (Grafikon 10). Nakon četiri tjedna čuvanja plodova na 0 °C i pet dana života na polici također nije bilo značajnih razlika između tretmana i plodova kontrole.

Premda nije provedena statistička analiza, kod obje sorte uočava se trend povećanja udjela topljive suhe tvari nakon duljeg vremena čuvanja.

Grafikon 10 Udio topljive suhe tvari u plodovima sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



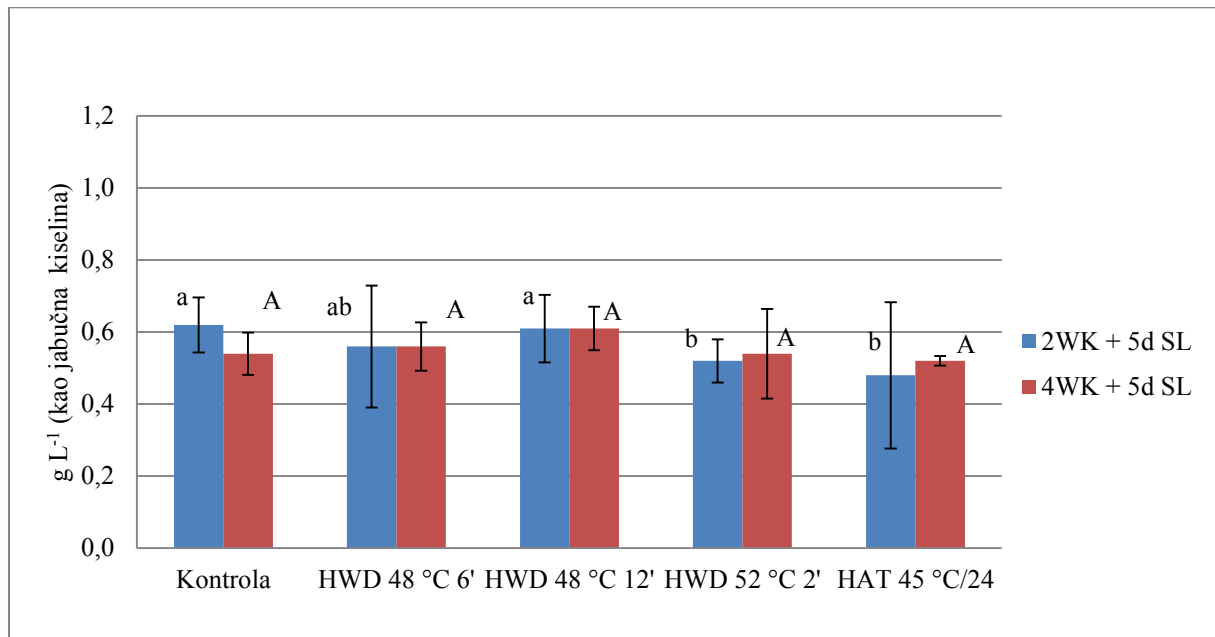
Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A) za 4 tjedna čuvanja

Slično kao i kod topljive suhe tvari, ni u sadržaju ukupnih kiselina nije utvrđena značajna razlika između tretmana kod obje promatrane sorte.

Kod sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja plodova dva tjedna na 0 °C i pet dana života na polici, plodovi kontrole i plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12' imali su značajno veći sadržaj ukupnih kiselina u odnosu na plodove iz tretmana HWD 52 °C 2' i HAT 45 °C/24 (Grafikon 11). Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici nije bilo značajnih razlika u sadržaju ukupnih kiselina između tretiranih i plodova kontrole. Plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12' pokazuju mogući veći sadržaj ukupnih kiselina (nije statistički značajno) u odnosu na druge tretmane i plodove kontrole, ali zanimljivo je i da pokazuju trend zadržavanja sadržaja ukupnih kiselina na razini koja je bila i nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici (statistička analiza ove usporedbe nije provedena).

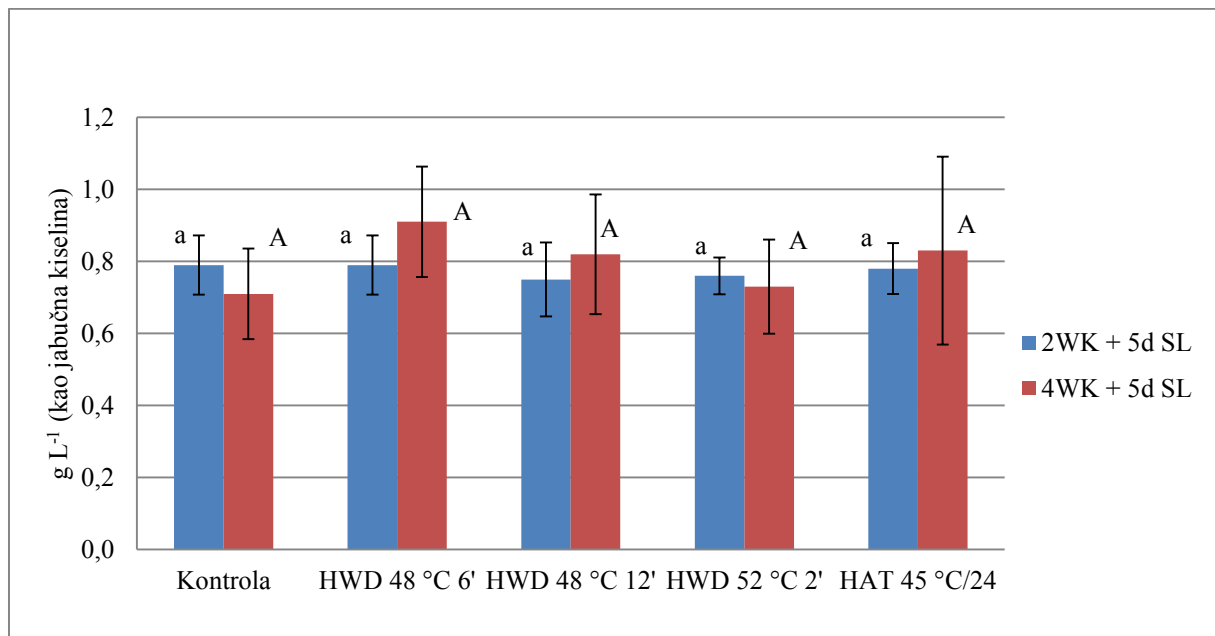
Kod sorte 'Venus' nije bilo značajnih razlika između tretiranih i netretiranih plodova u sadržaju ukupnih kiselina nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici kao niti nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici (Grafikon 12).

Grafikon 11 Sadržaj ukupnih kiselina u plodovima sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A) za 4 tjedna čuvanja

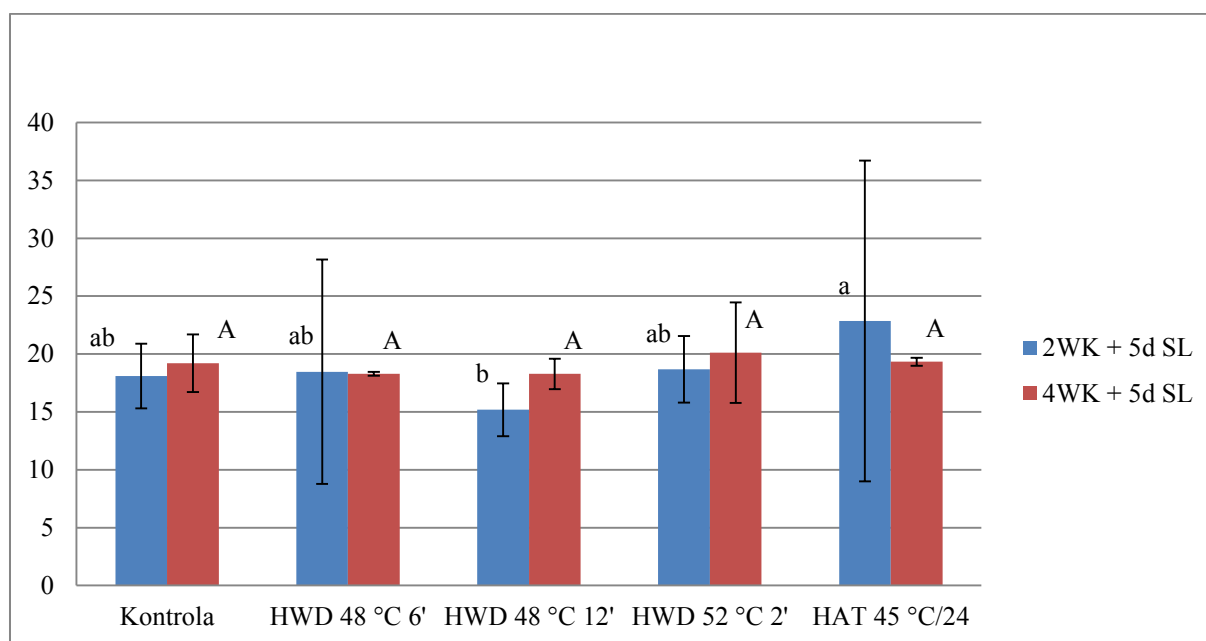
Grafikon 12 Sadržaj ukupnih kiselina u plodovima sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A) za 4 tjedna čuvanja

Odnos udjela topljive suhe tvari i sadržaja ukupnih kiselina u plodu kod sorte 'Diamond Ray' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici bio je značajno veći kod plodova iz zračnog tretmana HAT 45 °C/24 u odnosu na plodove iz tretmana HWD 48 °C 12' (Grafikon 13). Plodovi kontrole i plodovi iz ostalih tretmana nisu imali značajnih razlika u odnosu na plodove iz tretmana HWD 48 °C 12' i HAT 45 °C/24. Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici nije bilo značajnih razlika između kontrolnih i tretiranih plodova u odnosu udjela topljive suhe tvari i sadržaja ukupnih kiselina u plodu.

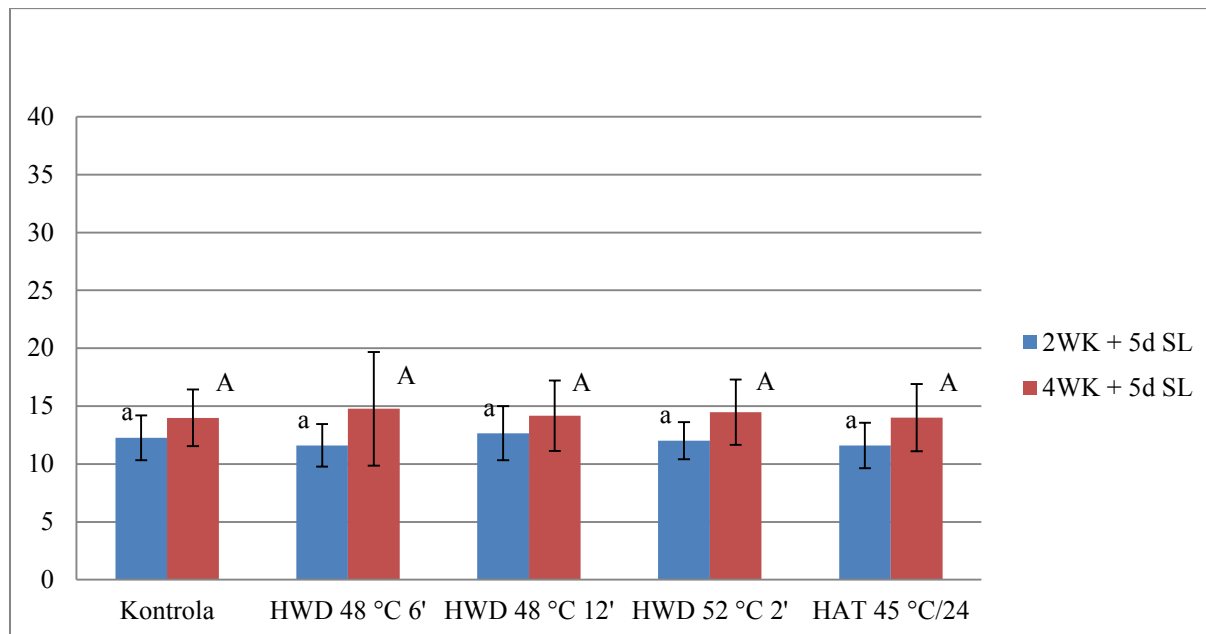
Grafikon 13 Odnos udjela topljive suhe tvari i sadržaja ukupnih kiselina u plodovima sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A) za 4 tjedna čuvanja

Kod sorte 'Venus' nije bilo značajne razlike između kontrolnih i tretiranih plodova ni nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici niti nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici (Grafikon 14). Premda nije provedena statistička analiza uočava se trend povećanja odnosa udjela topljive suhe tvari i sadržaja ukupnih kiselina nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici u odnosu na njihov odnos nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici.

Grafikon 14 Odnos udjela topljive suhe tvari i sadržaja ukupnih kiselina u plodovima sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima

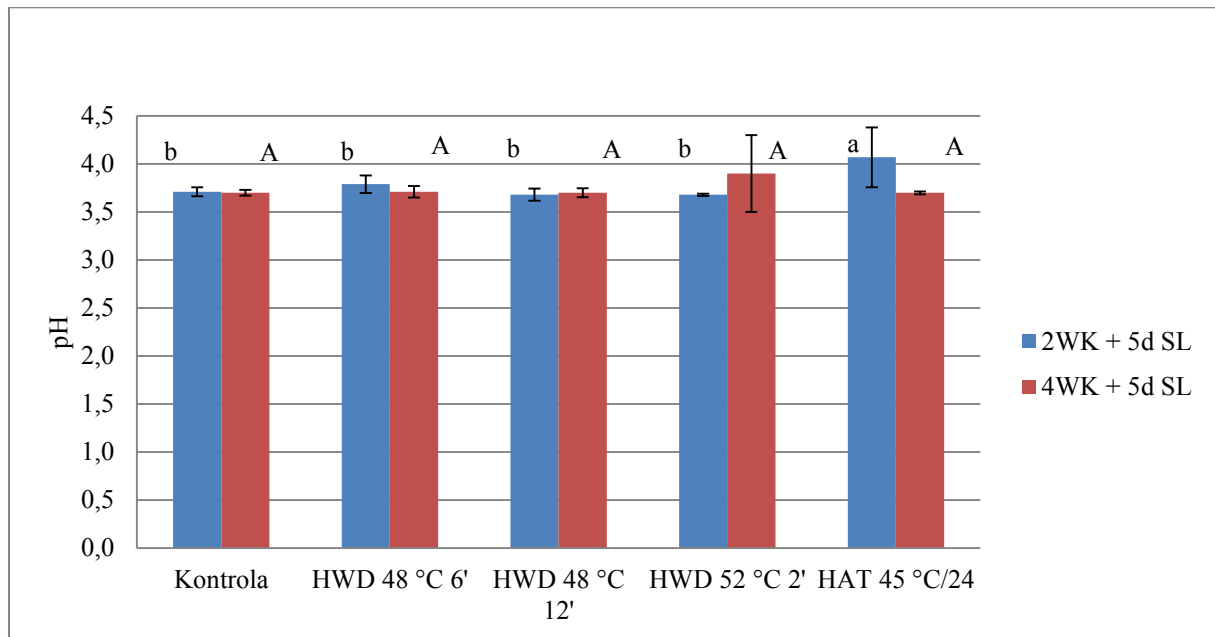


Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A) za 4 tjedna čuvanja

Reakcija soka kod sorte 'Diamond Ray' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici bila je značajno najviša kod plodova u iz tretmana HAT 45 °C/24, dok plodovi kontrole i plodovi iz vodenih tretmana (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2') međusobno nisu pokazali značajne razlike u reakciji soka (Grafikon 15). Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici nije bilo značajnih razlika u reakciji soka kontrolnih i tretiranih plodova.

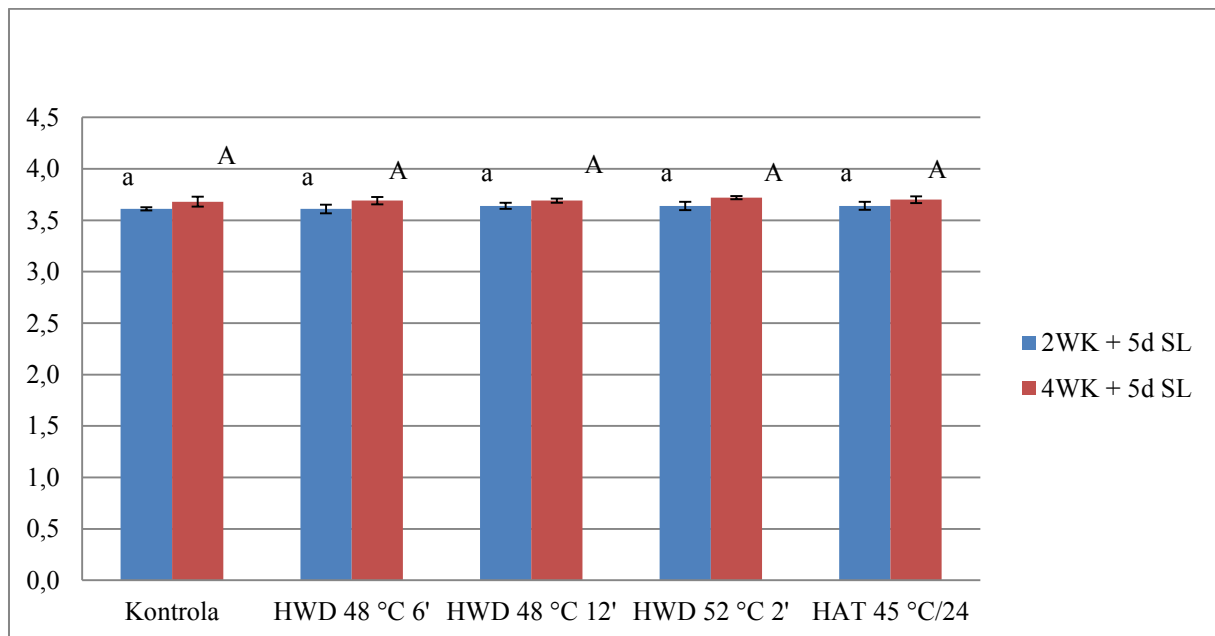
Kod sorte 'Venus' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici nije bilo značajnih razlika u reakciji soka kontrolnih i tretiranih plodova, kao ni nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici (Grafikon 16). Premda nije napravljena statistička analize vidljivo je da kod sorte 'Diamond Ray' gotovo da i nema razlike u reakciji soka u odnosu na vrijeme čuvanja plodova, dok je kod sorte 'Venus' uočen trend povećanja reakcije soka nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici u odnosu na dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici kod svih plodova (tretiranih i netretiranih).

Grafikon 15 Reakcija soka plodova sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A) za 4 tjedna čuvanja

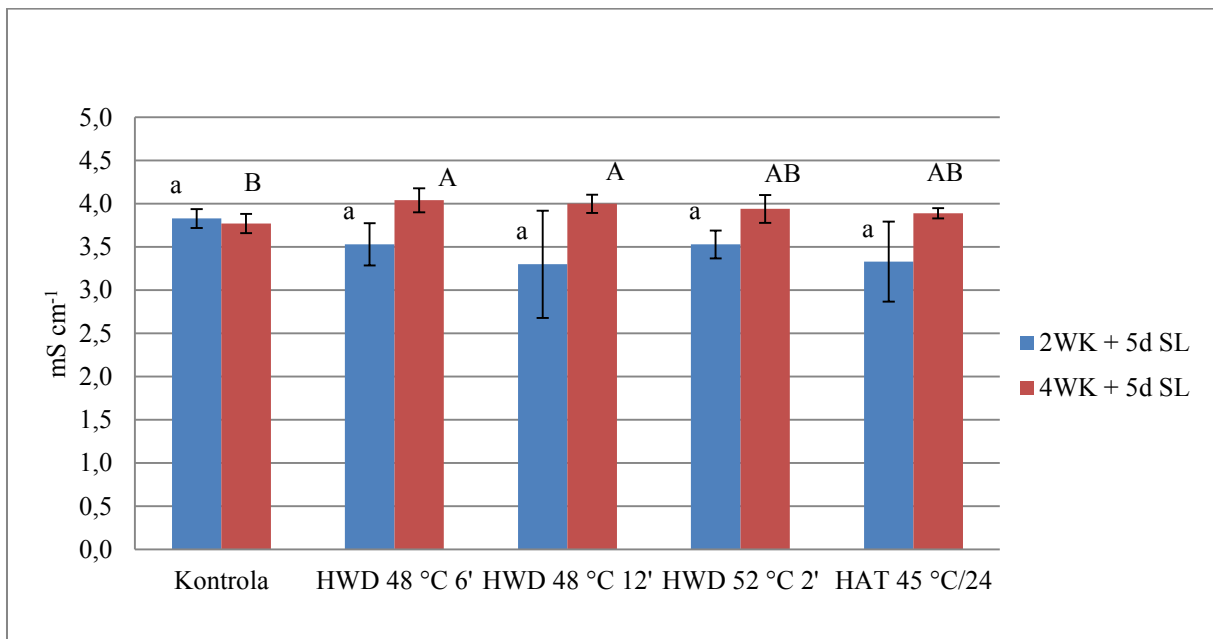
Grafikon 16 Reakcija soka plodova sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A) za 4 tjedna čuvanja

Elektrovodljivost soka kod plodova sorte 'Diamond Ray' nije se značajno razlikovala kod kontrolnih i tretiranih plodova nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici (Grafikon 17). Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici značajno veću elektrovodljivost soka plodova imali su plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6' i HWD 48 °C 12' u odnosu na plodove kontrole.

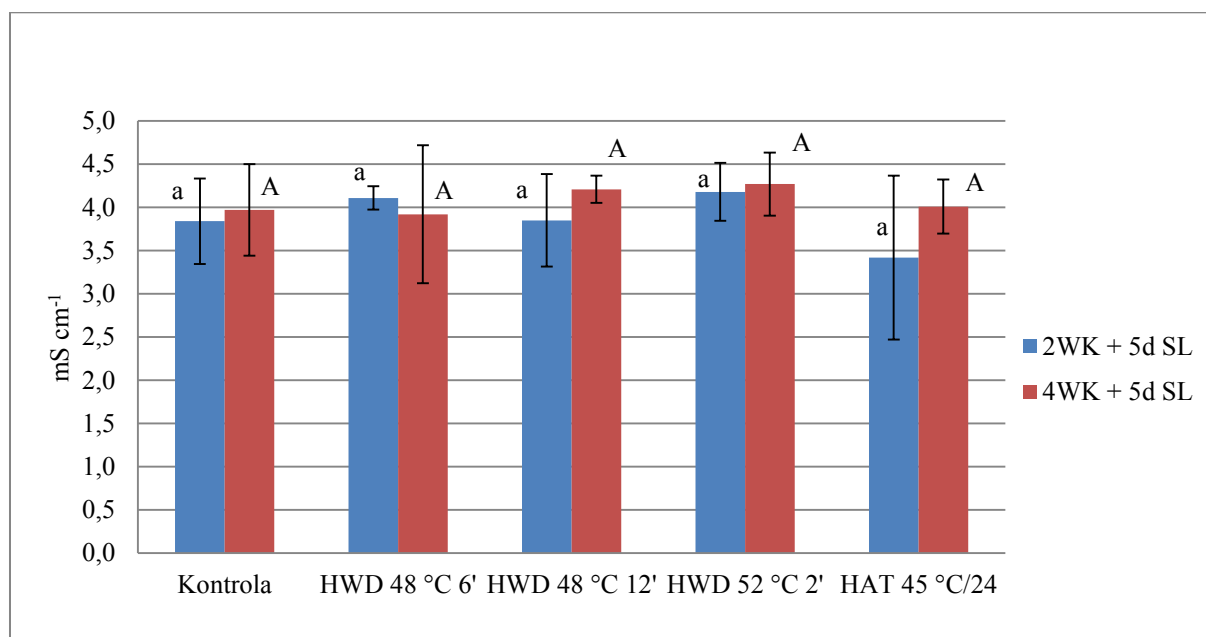
Grafikon 17 Elektrovodljivost soka plodova sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

Kod sorte 'Venus' nije bilo značajnih razlika u elektrovodljivosti između kontrolnih i tretiranih plodova nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici kao ni nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici (Grafikon 18).

Grafikon 18 Elektrovodljivost soka plodova sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A) za 4 tjedna čuvanja

5.3 Boja mesa ploda

Analiza varijance komponenti boje mesa ploda nektarine nakon čuvanja dva tjedna na 0 °C i pet dana života na polici te četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici (Tablica 6) pokazala je značajne interakcije kod svjetline (L^*), crveno-zelene komponente (a^*) i žuto-plave komponente (b^*) boje mesa plodova. Stoga za ta svojstva nije proveden LSD test (Tablica 7).

Tablica 6 Analiza varijance svjetline (L^*), crveno-zelene komponente (a^*), žuto-plave komponente (b^*) boje mesa plodova

	Svjetlina (L^*)	Crveno zelena (a^*)	Žuto-plava (b^*)
ANOVA	F	F	F
Sorta (S)	80,10 ***	65,31 ***	59,22 ***
Čuvanje (Č)	4,25 *	2,66 ns	37,08 ***
Tretman (T)	33,97 ***	4,87 **	23,94 ***
SxT	27,24 ***	3,76 **	26,82 ***
SxČ	52,58 ***	234,84 ***	42,42 ***
ČxT	14,81 ***	6,77 ***	33,88 ***
SxČxT	49,12 ***	27,91 ***	26,92 ***

Napomena: ns, *, **, *** – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, odnosno $P \leq 0,001$

Tablica 7 Prosječne vrijednosti svjetline (L^*), crveno-zelene komponente (a^*) i žuto-plave komponente (b^*) boje mesa plodova po sorti, trajanju čuvanja i po tretmanu

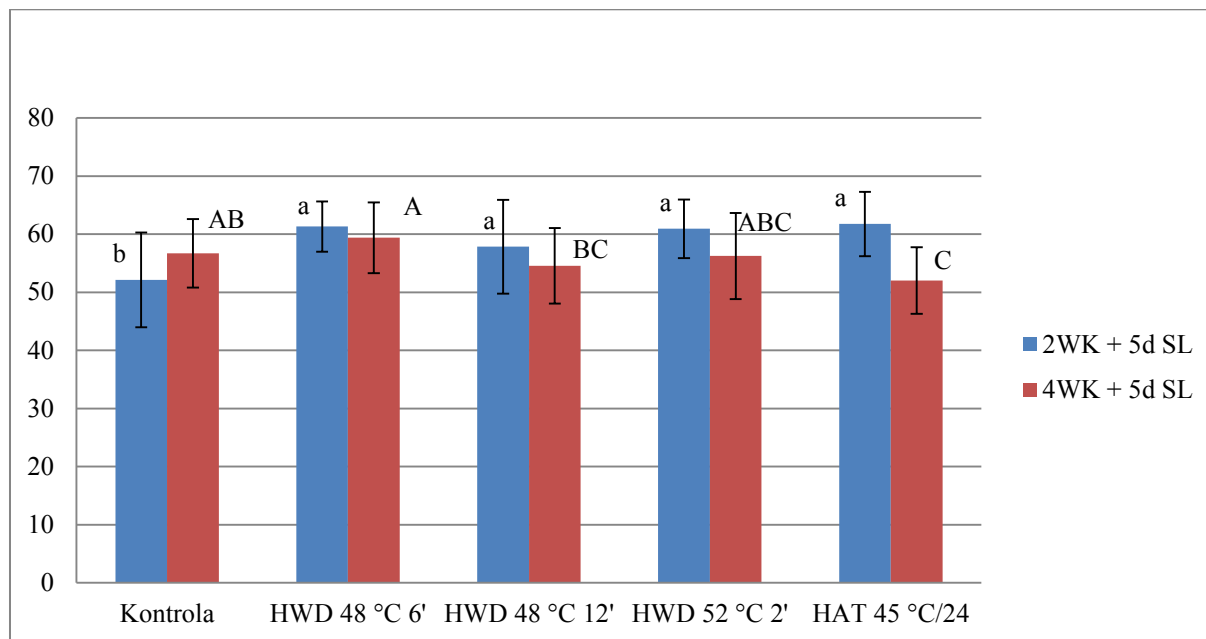
	Svjetlina (L^*)	Crveno-zelena (a^*)	Žuto-plava (b^*)
Sorta ($\bar{x} \pm SD$)			
'Diamond Ray'	57,31 $\pm$ 7,06	7,49 $\pm$ 5,77	35,42 $\pm$ 5,20
'Venus'	62,62 $\pm$ 9,96	4,39 $\pm$ 4,22	40,09 $\pm$ 10,61
Čuvanje ($\bar{x} \pm SD$)			
2wk + 5d SL	59,35 $\pm$ 10,45	5,63 $\pm$ 4,44	36,41 $\pm$ 10,18 ^b
4wk + 5d SL	60,58 $\pm$ 7,29	6,26 $\pm$ 6,00	39,09 $\pm$ 6,58 ^a
Tretman ($\bar{x} \pm SD$)			
Kontrola	59,28 $\pm$ 7,62	7,39 $\pm$ 4,01	37,73 $\pm$ 5,42
HWD 48 °C 6'	62,98 $\pm$ 5,03	5,44 $\pm$ 4,54	38,89 $\pm$ 5,36
HWD 48 °C 12'	61,25 $\pm$ 7,51	5,28 $\pm$ 5,67	40,41 $\pm$ 6,86
HWD 52 °C 2'	62,74 $\pm$ 6,56	5,19 $\pm$ 4,33	40,45 $\pm$ 6,85
HAT 45 °C/24	53,58 $\pm$ 12,99	6,42 $\pm$ 7,08	31,17 $\pm$ 7,08

Napomena: Za svojstva koja imaju statistički značajne interakcije (Tablica 6), nije proveden LSD test

Zbog već spomenutih interakcija, daljnja analiza rezultata boje mesa plodova provedena je nakon razlaganja po sorti, duljini čuvanja i po tretmanu (Grafikoni 19 do 24).

Kod sorte 'Diamond Ray' svjetlina boje mesa ploda nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici bila je značajno manja kod plodova kontrole nego kod tretiranih plodova (Grafikon 19). Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici značajno manju svjetlinu boje mesa ploda imao je zračni tretman HAT 45 °C/24 u odnosu na plodove kontrole i plodove iz tretmana HWD 48 °C 6'. Plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12' ima značajno manju svjetlinu boje u odnosu na plodove iz tretmana HWD 48 °C 6'.

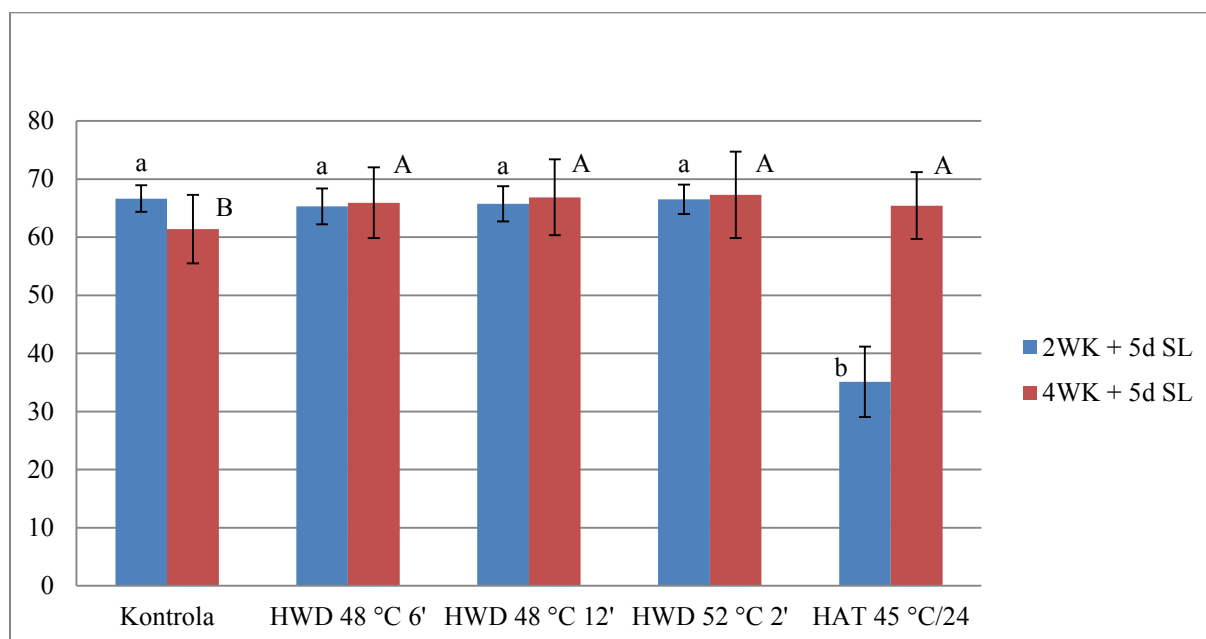
Grafikon 19 Vrijednost svjetline boje (L^*) mesa ploda sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B, C) za 4 tjedna čuvanja

Kod sorte 'Venus' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici svjetlina boje mesa ploda kod plodova iz zračnog tretmana HAT 45 °C/24 bila je značajno niža u odnosu na plodove kontrole i plodove iz drugih tretmana (Grafikon 20). Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici značajno nižu svjetlinu boje mesa ploda imali su plodovi kontrole u odnosu na tretirane plodove.

Grafikon 20 Vrijednost svjetline boje (L^*) mesa ploda sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



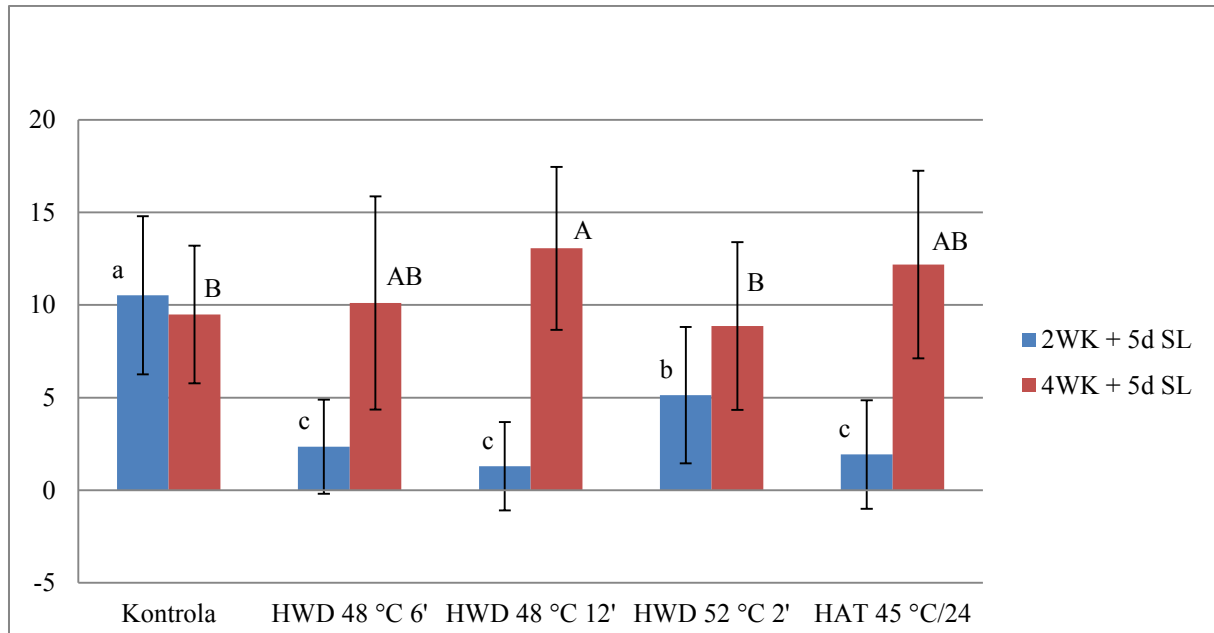
Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

Kod sorte 'Diamond Ray' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici boja mesa ploda bila imala je značajno više crvene komponente kod plodova kontrole u odnosu na tretirane plodove (Grafikon 21). Plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HAT 45 °C/24 imali su značajno manje crvene komponente u odnosu na plodove kontrole i plodove iz tretmana HWD 52 °C 2'. Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici plodovi kontrole i plodovi iz tretmana HWD 52 °C 2' imali su značajno manje crvene komponente u boji mesa ploda od plodova iz tretmana HWD 48 °C 12'.

Kod sorte 'Venus' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici boja mesa ploda kod plodova iz zračnog tretmana HAT 45 °C/24 imala je značajno najviše crvene komponente, dok između plodova kontrole i plodova iz vodenih tretmana (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2') nije bilo značajne razlike u razini crvene komponente u boji mesa ploda (Grafikon 22). Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici značajno više crvene komponente uboji mesa ploda imali su plodovi kontrole i plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6' u odnosu na plodove iz preostalih tretmana (HWD 48 °C 12', HWD 52 °C 2' i HAT 45 °C/24). Premda među tim tretmanima nije bilo značajne razlike u razini crvene komponente u boji mesa ploda, uočava se da je njihova razina blizu 0 (neutralne). Plodovi iz zračnog tretmana HAT 45 °C/24 imaju zastupljenu čak i zelenu komponentu boje,

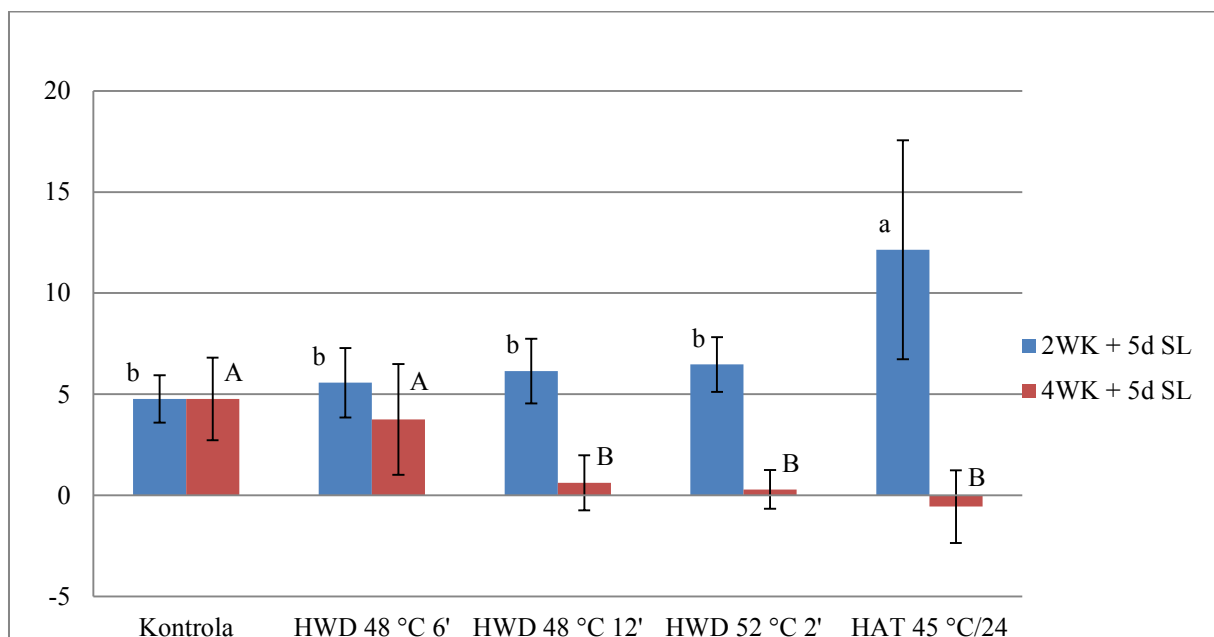
kao i plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12', HWD 52 °C 2', kod kojih je to nešto manje izraženo.

Grafikon 21 Vrijednost crveno-zelene komponente (a*) boje mesa ploda sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b, c) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

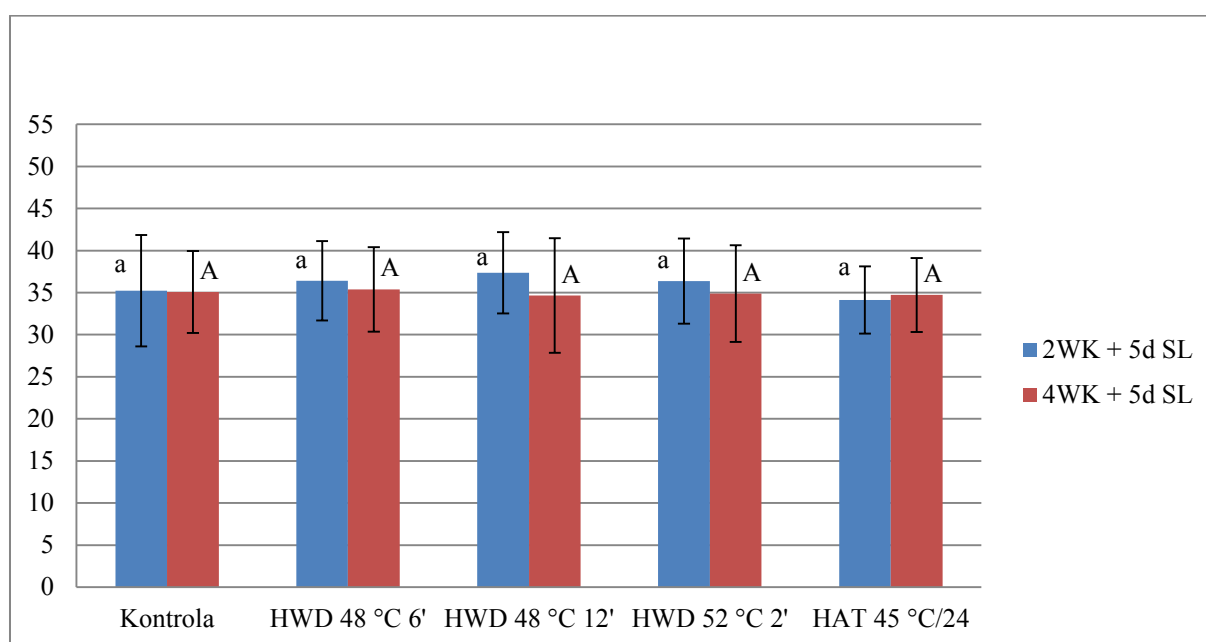
Grafikon 22 Vrijednost crveno-zelene komponente (a*) boje mesa ploda sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

Kod sorte 'Diamond Ray' nije bilo značajnih razlika u razini žute komponente u boji mesa ploda između kontrolnih i tretiranih plodova nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici, kao ni nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici (Grafikon 23).

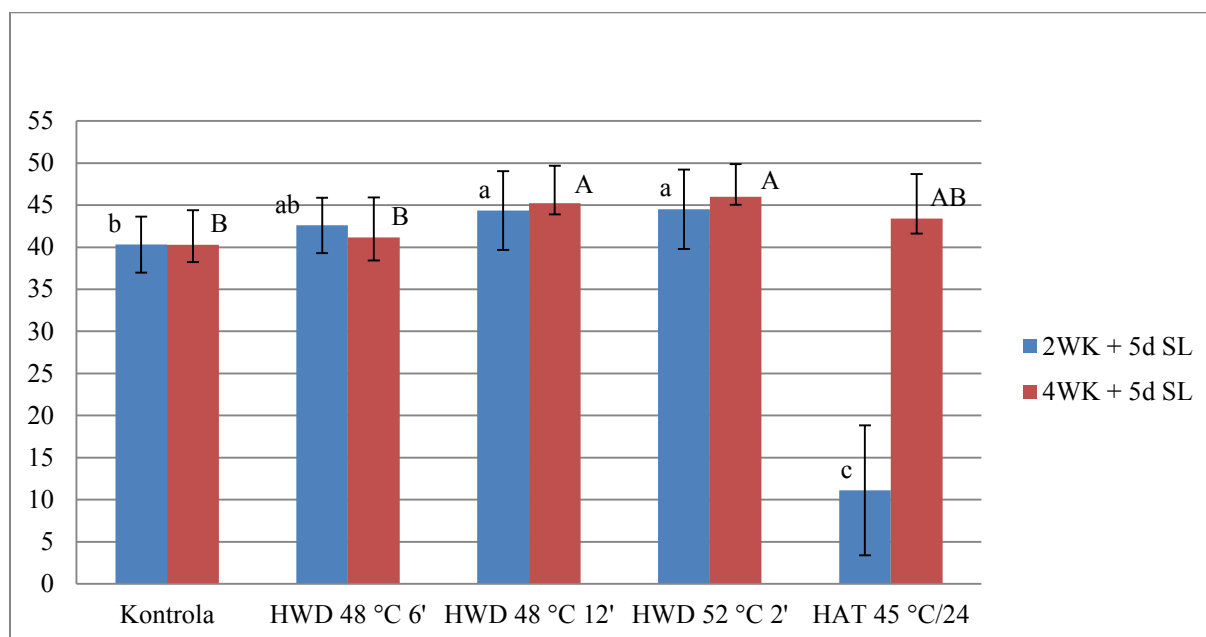
Grafikon 23 Vrijednost žuto-plave komponente (b*) boje mesa ploda sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A) za 4 tjedna čuvanja

Kod sorte 'Venus' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici značajno najmanje žute komponente u boji mesa ploda bilo je kod zračnog tretmana HAT 45 °C/24, dok su plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2' imali značajnu veću razinu žute komponente u boji mesa ploda u odnosu na plodove kontrole (Grafikon 24). Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2' imali su značajno veću razinu žute komponente u boji mesa ploda u odnosu na plodove kontrole i plodove iz tretmana HWD 48 °C 6'.

Grafikon 24 Vrijednost žuto-plave komponente (b*) boje mesa ploda sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

5.4 Odnosi pektinskih frakcija

Analiza varijance komponenti boje mesa ploda nektarine nakon čuvanja dva tjedna na 0 °C i pet dana života na polici te četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici (Tablica 8) pokazala je značajne interakcije kod sve tri frakcije pektina (pektini topljivi u vodi, pektini topljivi u amonijevom oksalatu i pektini topljivi u natrijevoj lužini). Stoga za ta svojstva nije proveden LSD test (Tablica 9).

Tablica 8 Analiza varijance relativnih odnosa pektina topljivih u vodi (PTV), pektina topljivih u amonijevom oksalatu (PTO) i pektina topljivih u natrijevoj lužini (PTL)

	Pektini topljivi u vodi	Pektini topljivi u amonijevom oksalatu	Pektini topljivi u natrijevoj lužini
ANOVA	F	F	F
Sorta (S)	0,27 ns	0,05 ns	0,25 ns
Čuvanje (Č)	1,61 ns	10,21 **	2,27 ns
Tretman (T)	9,22 ***	4,30 **	3,83 *
SxT	12,06 ***	4,06 **	11,47 ***
SxČ	12,29 **	24,49 ***	1,84 ns
ČxT	18,60 ***	14,09 ***	6,74 ***
SxČxT	6,72 **	4,04 **	6,85 ***

Napomena: ns, *, **, *** – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, odnosno $P \leq 0,001$

Tablica 9 Prosječne vrijednosti relativnih odnosa pektina topljivih u vodi (PTV), pektina topljivih u amonijevom oksalatu (PTO) i pektina topljivih u natrijevoj lužini (PTL) po sorti, trajanju čuvanja i po tretmanu

	Pektini topljivi u vodi (%)	Pektin i topljivi u amonijevom oksalatu (%)	Pektini topljivi u natrijevoj lužini (%)
Sorta ($\bar{x} \pm SD$)			
'Diamond Ray'	29,90 ± 14,61	35,86 ± 14,25	34,24 ± 18,17
'Venus'	29,08 ± 10,34	35,44 ± 10,23	35,49 ± 14,09
Čuvanje ($\bar{x} \pm SD$)			
2wk + 5d SL	28,48 ± 12,40	38,56 ± 12,92	32,97 ± 20,71
4wk + 5d SL	30,50 ± 12,85	32,74 ± 11,11	36,76 ± 9,65
Tretman ($\bar{x} \pm SD$)			
Kontrola	27,82 ± 14,01	34,87 ± 11,94	37,31 ± 21,11
HWD 48 °C 6'	23,52 ± 9,27	38,66 ± 11,97	37,82 ± 15,09
HWD 48 °C 12'	38,14 ± 5,86	35,28 ± 7,96	26,57 ± 7,35
HWD 52 °C 2'	30,36 ± 17,05	29,25 ± 16,84	40,39 ± 14,69
HAT 45 °C/24	27,60 ± 10,51	40,19 ± 10,04	32,21 ± 17,91

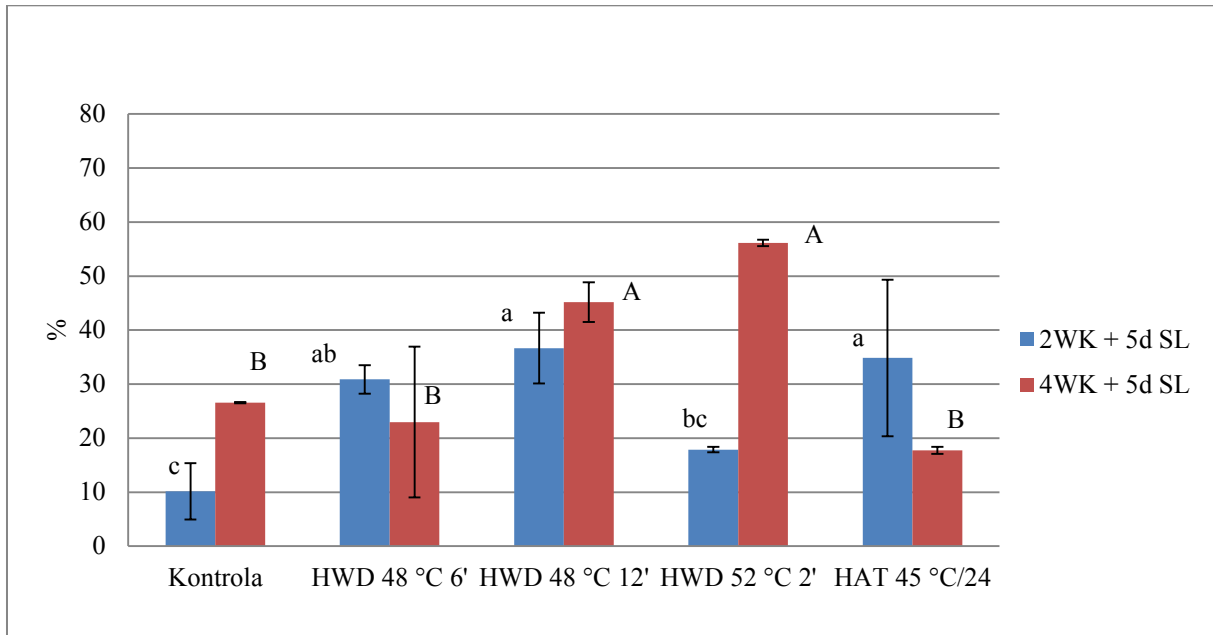
Napomena: Za svojstva koja imaju statistički značajne interakcije (Tablica 8), nije proveden LSD test

Zbog već spomenutih interakcija, daljnja analiza rezultata odnosa pektinskih frakcija provedena je nakon razlaganja po sorti, duljini čuvanja i po tretmanu (Grafikoni 25 do 30).

Kod sorte 'Diamond Ray' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici plodovi kontrole imaju značajno manji udio pektina topljivih u vodi u odnosu na plodove iz tretmana HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HAT 45 °C/24 (Grafikon 25). Plodovi iz tretmana HWD 52 °C 2' imaju značajno niži udio pektina topljivih u vodi u odnosu na plodove iz tretmana HWD 48 °C 12' i HAT 45 °C/24. Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici plodovi kontrole i plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6' i HAT 45 °C/24 imaju značajno niži udio pektina topljivih u vodi u odnosu na plodove iz tretmana HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2'.

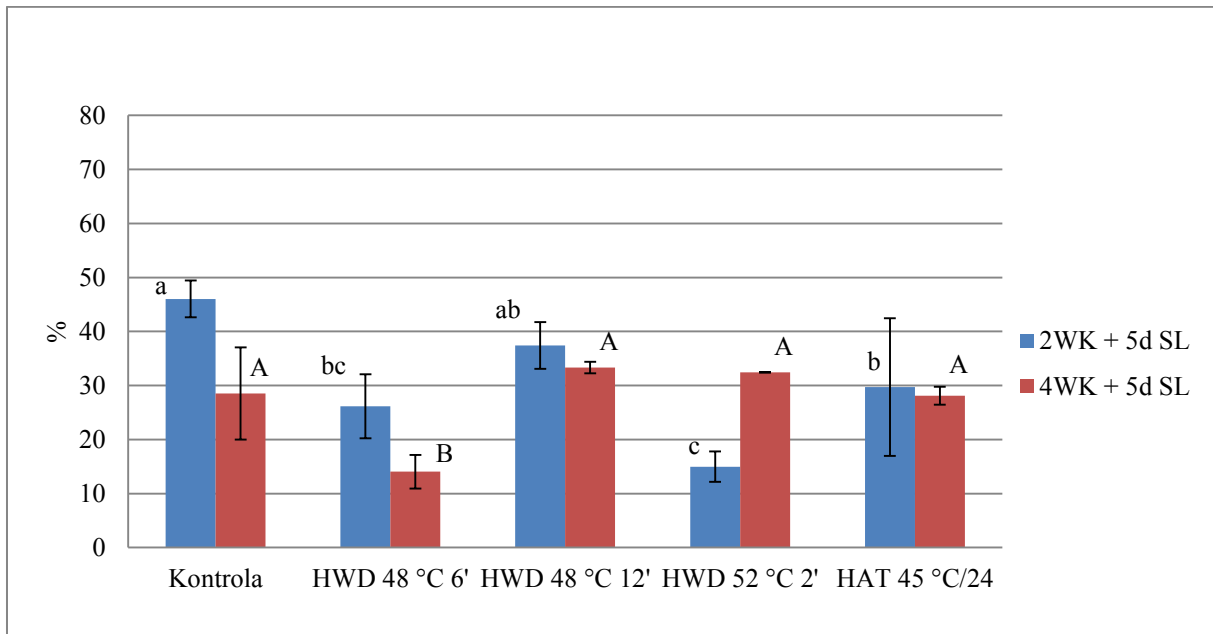
Kod sorte 'Venus' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici plodovi kontrole su imali značajno viši udio pektina topljivih u vodi u odnosu na plodove iz tretmana HWD 48 °C 6', HWD 52 °C 2' i HAT 45 °C/24 (Grafikon 26). Plodovi iz tretmana HWD 52 °C 2' imali su značajno manji udio pektina topljivih u vodi u odnosu na plodove kontrole i plodove iz tretmana HWD 48 °C 12' i HAT 45 °C/24. Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6' imali su značajno manji udio pektina topljivih u vodi u odnosu na plodove kontrole i plodove iz ostalih tretmana (HWD 48 °C 12', HWD 52 °C 2' i HAT 45 °C/24).

Grafikon 25 Udio pektina topljivih u vodi kod sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b, c) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

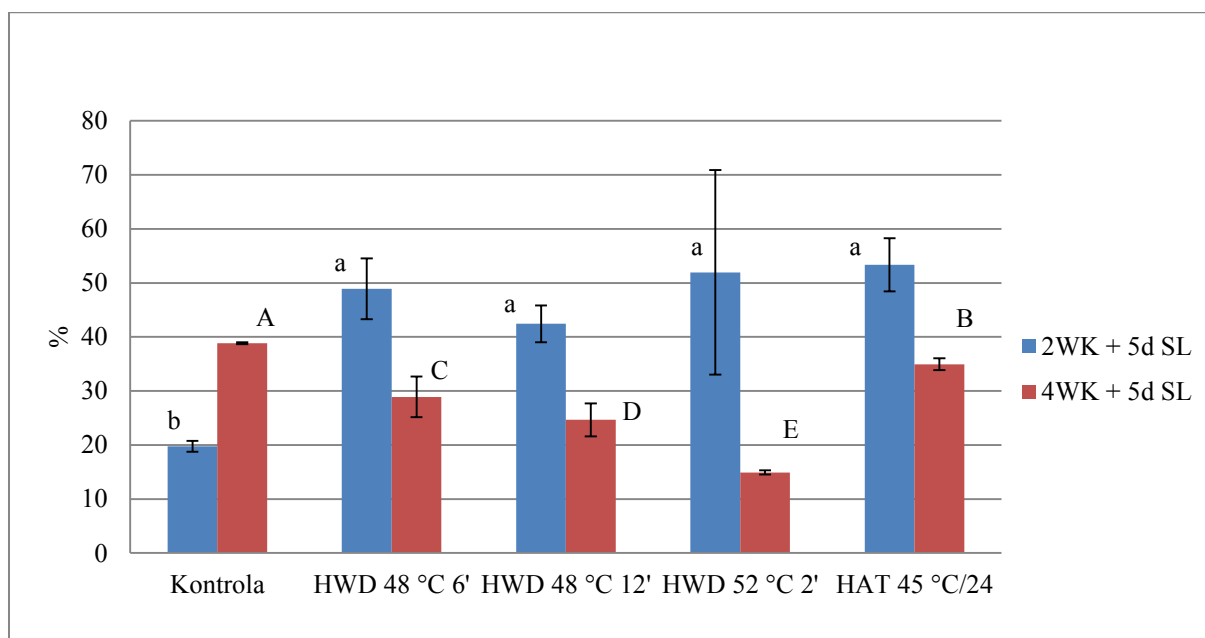
Grafikon 26 Udio pektina topljivih u vodi kod sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b, c) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

Kod sorte 'Diamond Ray' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici plodovi kontrole su imali značajno najmanji udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu, dok između tretiranih plodova nije bilo značajnih razlika (Grafikon 27). Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici značajno najveći udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu imali su plodovi kontrole, dok su plodovi iz tretmana HWD 52 °C 2' imali najmanji udio pektina topljivih u oksalatu. Plodovi svih tretmana imali značajno različite udjele pektina topljivih u amonijevom oksalatu nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici.

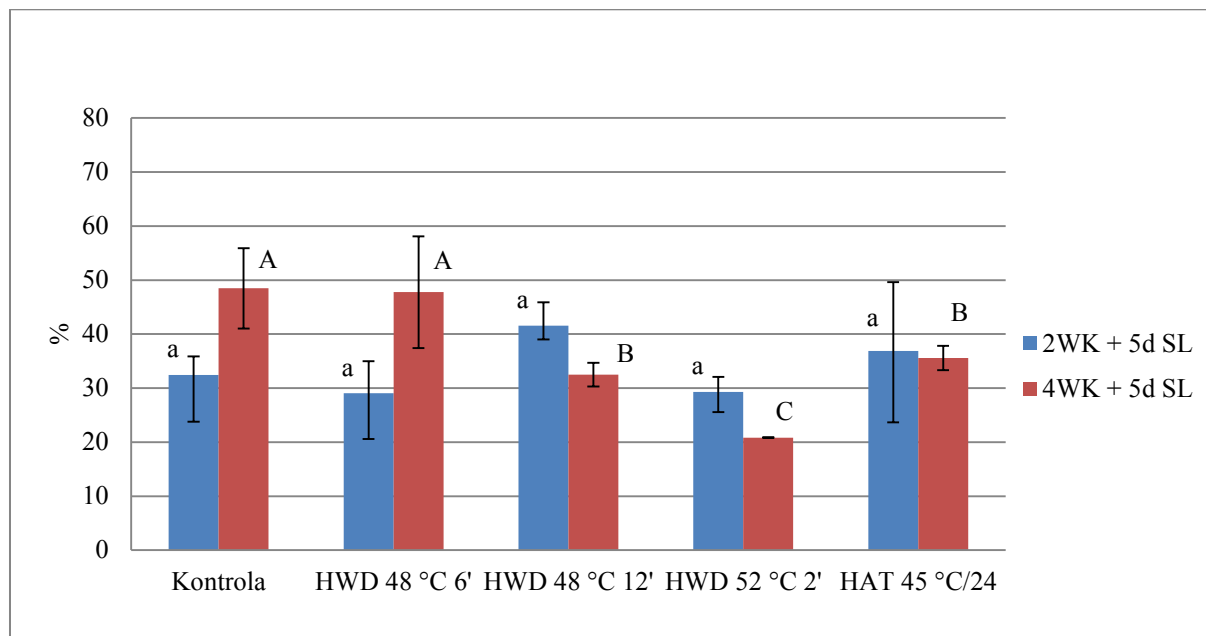
Grafikon 27 Udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu kod sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b, c) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B, C, D) za 4 tjedna čuvanja

Kod sorte 'Venus' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici nije bilo značajnih razlika u udjelu pektina topljivih u amonijevom oksalatu između kontrolnih i tretiranih plodova (Grafikon 28). Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici značajno najviši udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu imali su plodovi kontrole i plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6', dok su plodovi iz tretmana HWD 52 °C 2' imali značajno najniži udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu.

Grafikon 28 Udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu kod sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima

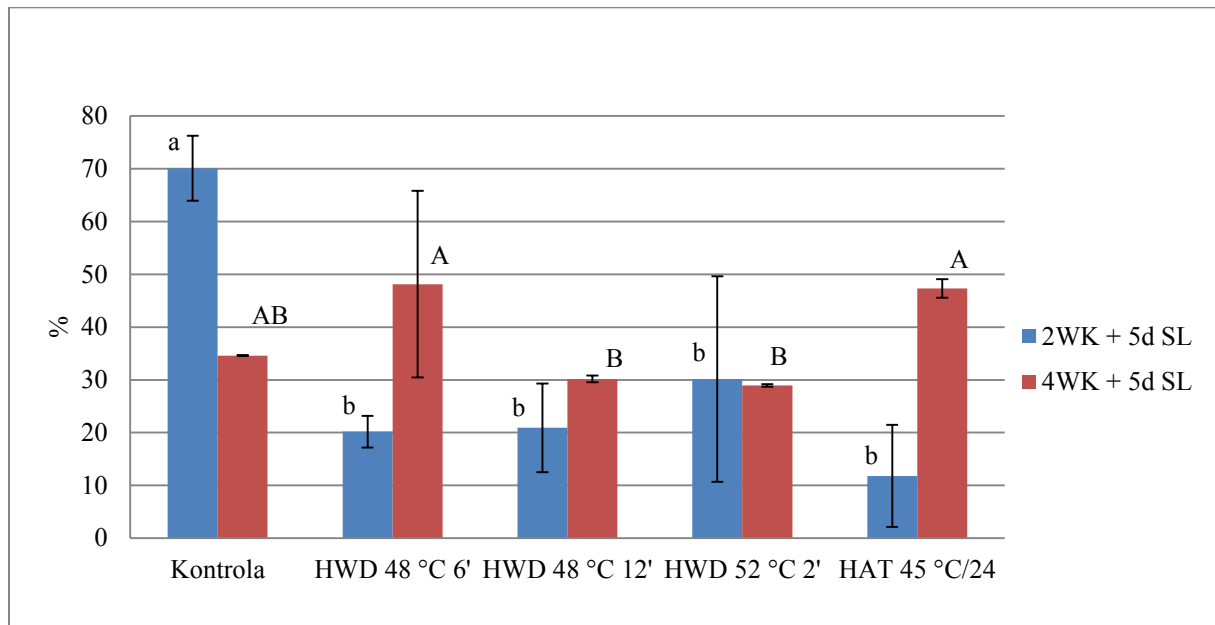


Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

Kod sorte 'Diamond Ray' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici značajno najviši udio pektina topljivih u natrijevoj lužini imali su plodovi kontrole dok između plodova svih tretmana (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12', HWD 52 °C 2' i HAT 45 °C/24) nije bilo značajnih razlika (Grafikon 29). Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6' i HAT 45 °C/24 imali su značajno viši udio pektina topljivih u natrijevoj lužini u odnosu na plodove iz tretmana HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2'. Plodovi kontrole se nisu značajno razlikovali od tretiranih plodova s obzirom na udio pektina topljivih u natrijevoj lužini.

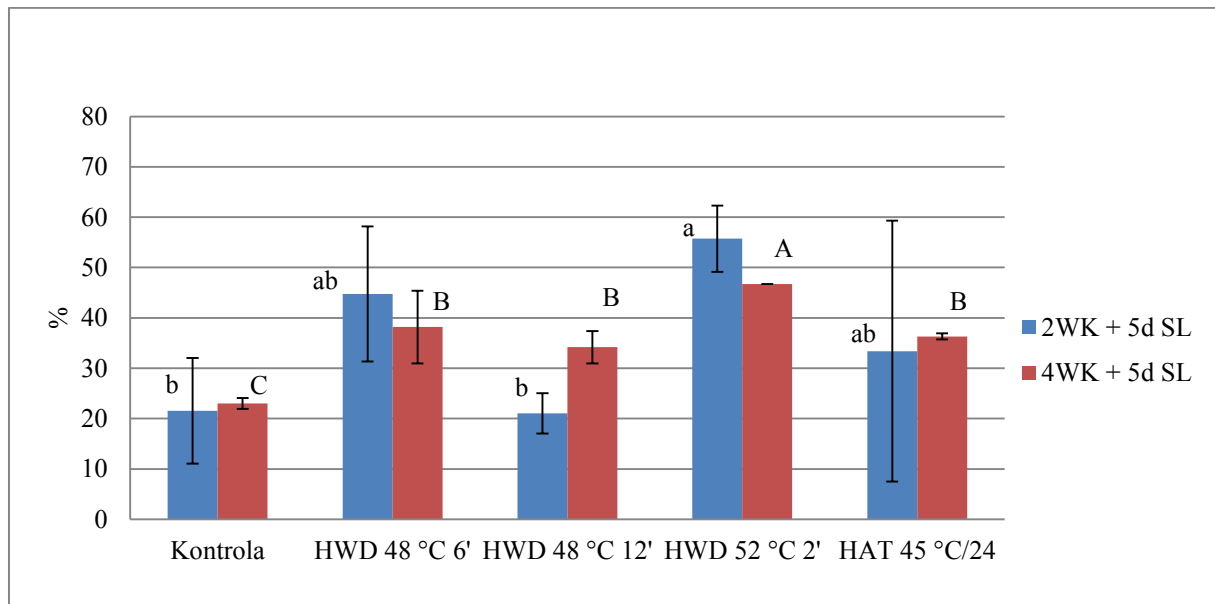
Kod sorte 'Venus' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici značajno viši udio pektina topljivih u natrijevoj lužini imali su plodovi iz tretmana HWD 52 °C 2' u odnosu na plodove kontrole i plodove iz tretmana HWD 48 °C 12' (Grafikon 30). Plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6' i HAT 45 °C/24 nisu se značajno razlikovali od plodova kontrole i plodova iz tretmana HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2' u udjelu pektina topljivih u natrijevoj lužini. Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici značajno najviši udio pektina topljivih u natrijevoj lužini imali su plodovi iz tretmana HWD 52 °C 2', a najniži udio plodovi kontrole. Plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HAT 45 °C/24 nisu se međusobno značajno razlikovali s obzirom na udio pektina topljivih u natrijevoj lužini.

Grafikon 29 Udio pektina topljivih u natrijevoj lužini kod sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

Grafikon 30 Udio pektina topljivih u natrijevoj lužini kod sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B, C) za 4 tjedna čuvanja

5.5 Udio trulih plodova, indeks sočnosti, indeks ozljeda od niskih temperatura i udio neprihvatljivih plodova

Analiza varijance trulih plodova i indeksa sočnosti (Tablica 10) pokazala je značajnu interakciju sorte i duljine čuvanja za udio trulih plodova i indeks sočnosti. Stoga LSD test za ta svojstva nije proveden (Tablica 11).

Tablica 10 Analiza varijance trulih plodova i indeksa sočnosti

	Truli plodovi	Indeks sočnosti
ANOVA	F	F
Sorta (S)	28,37 ***	21,81 ***
Čuvanje (Č)	8,41 **	13,38 **
Tretman (T)	1,69 ns	4,15 **
SxT	1,24 ns	0,77 ns
SxČ	4,37 *	23,36 ***
ČxT	1,12 ns	1,29 ns
SxČxT	1,81 ns	0,99 ns

Napomena: ns, *, **, *** – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, odnosno $P \leq 0,001$

Tablica 11 Prosječne vrijednosti trulih plodova i indeksa sočnosti po sorti, trajanju čuvanja i po tretmanu

	Truli plodovi	Indeks sočnosti
	(%)	(%)
Sorta ($\bar{x} \pm SD$)		
'Diamond Ray'	3,10 $\pm$ 3,00	28,61 $\pm$ 9,82
'Venus'	0,47 $\pm$ 0,78	23,14 $\pm$ 7,94
Čuvanje ($\bar{x} \pm SD$)		
2wk + 5d SL	1,07 $\pm$ 2,00	28,02 $\pm$ 8,91
4wk + 5d SL	2,50 $\pm$ 2,85	23,73 $\pm$ 9,26
Tretman ($\bar{x} \pm SD$)		
Kontrola	1,67 $\pm$ 2,06	29,55 $\pm$ 8,84
HWD 48 °C 6'	2,33 $\pm$ 3,39	25,70 $\pm$ 9,70
HWD 48 °C 12'	1,58 $\pm$ 3,14	22,23 $\pm$ 9,79
HWD 52 °C 2'	0,75 $\pm$ 0,97	26,84 $\pm$ 8,72
HAT 45 °C/24	2,58 $\pm$ 2,43	25,04 $\pm$ 8,39

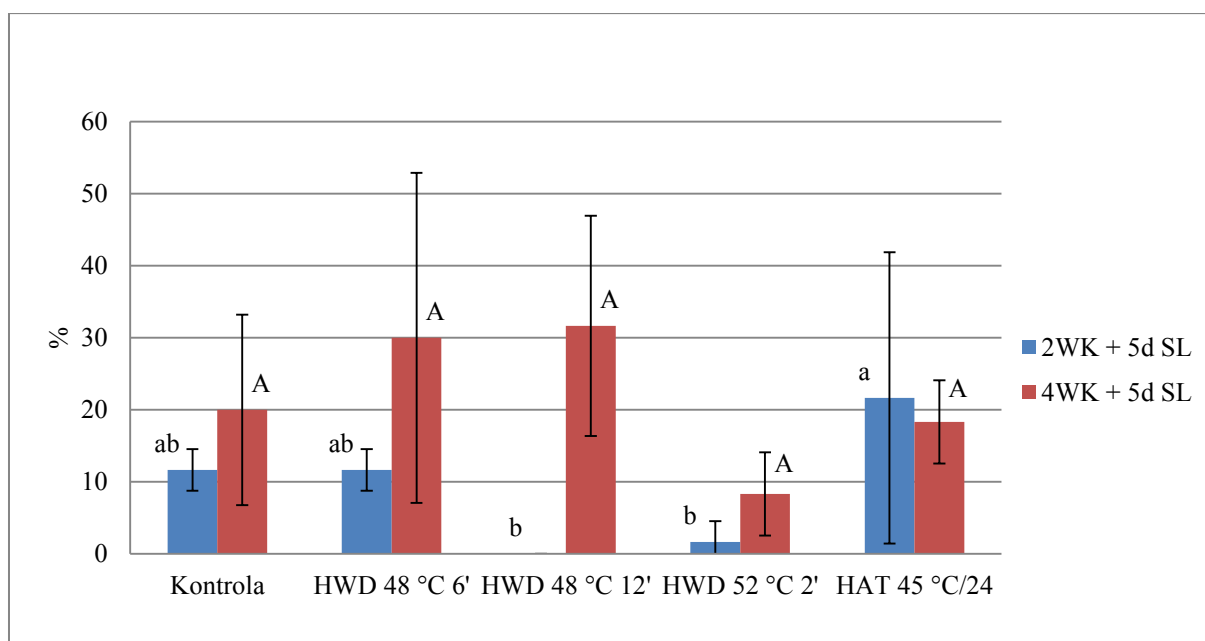
Napomena: Za svojstva koja imaju statistički značajne interakcije (Tablica 10), nije proveden LSD test

Zbog već spomenutih interakcija, daljnja analiza rezultata udjela trulih plodova i indeksa sočnosti provedena je nakon razlaganja po sorti, duljini čuvanja i po tretmanu (Grafikoni 31 do 34).

Kod sorte 'Diamond Ray' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici u tretmanima HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2' bio je značajno manji udio trulih plodova u odnosu na zračni tretman HAT 45 °C/24 (Grafikon 31). Premda je u usporedbi s plodovima kontrole i tretmanom HWD 48 °C 6' nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici vidljiva razlika u udjelu trulih plodova u odnosu na ranije spomenute tretmane (HWD 48 °C 12', HWD 52 °C 2' i HAT 45 °C/24), ona nije bila statistički značajna.

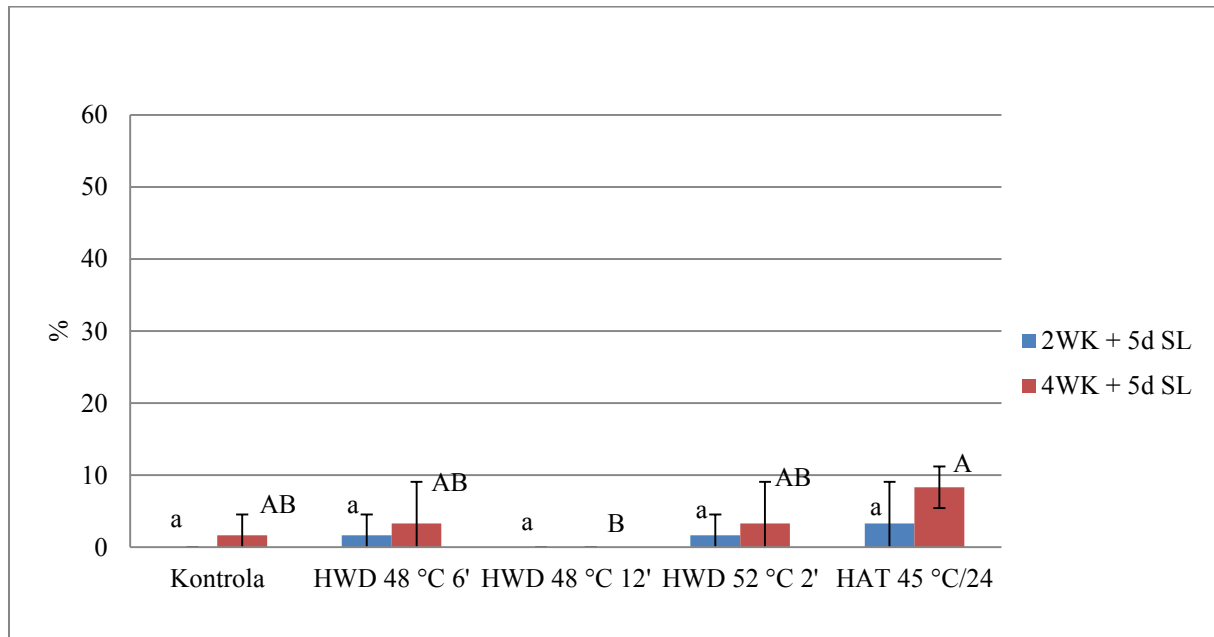
Kod sorte 'Venus' nije bilo značajnih razlika u udjelu trulih plodova između kontrolnih i tretiranih plodova nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici (Grafikon 32). Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici značajno veći udio trulih plodova bilo je u zračnom tretmanu (HAT 45 °C/24) u odnosu na tretman HWD 48 °C 12'. Premda su među preostalim tretmanima (HWD 48 °C 6' i HWD 52 °C 2') te plodovima kontrole vidljive razlike one nisu statistički značajne zbog velikih variranja u repeticijsima.

Grafikon 31 Udio trulih plodova sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A) za 4 tjedna čuvanja

Grafikon 32 Udio trulih plodova sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima

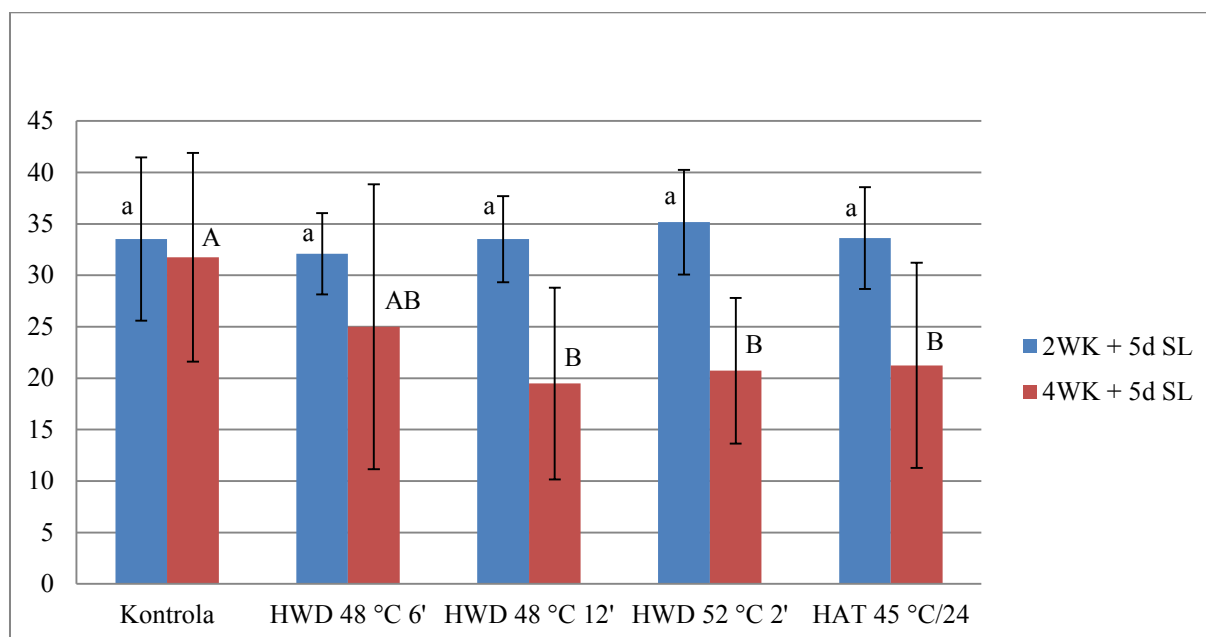


Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

Indeks sočnosti kod sorte 'Diamond Ray' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici nije se značajno razlikovao između kontrolnih i tretiranih plodova (Grafikon 33). Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12', HWD 52 °C 2' i HAT 45 °C/24 imaju značajno niži indeks sočnosti u odnosu na plodove kontrole.

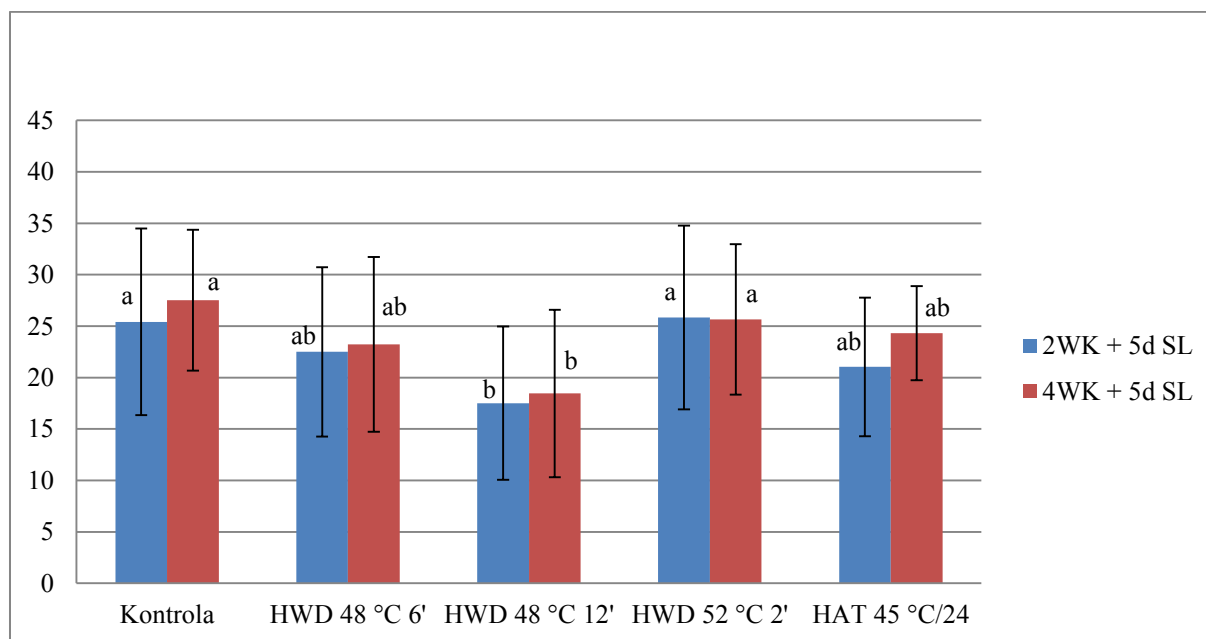
Kod sorte 'Venus' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12' imali su značajno niži indeks sočnosti u odnosu na plodove kontrole i plodove iz tretmana HWD 52 °C 2' (Grafikon 34). Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici odnosi među tretmanima su jednaki. Značajno niži indeks sočnosti imali su plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12' u odnosu na plodove kontrole i plodove iz tretmana HWD 52 °C 2'.

Grafikon 33 Indeks sočnosti plodova sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

Grafikon 34 Indeks sočnosti plodova sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Vrijednosti označene istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$; mala slova (a, b) za 2 tjedna čuvanja, velika slova (A, B) za 4 tjedna čuvanja

S obzirom na to da su se simptomi ozljeda od niskih temperatura javili samo kod sorte 'Diamond Ray' nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici rezultati indeksa

ozljeda od niskih temperatura (CI) i udio neprihvatljivih plodova (test potrošača) statistički su provjereni samo LSD testom uz $P \leq 0,05$ (Tablica 12).

Simptomi ozljeda od niskih temperatura uočeni su kod svih tretmana kao i kod plodova kontrole. Značajno veći udio plodova sa simptomima ozljeda od niskih temperatura imali su vodeni tretmani (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2') u odnosu na zračni tretman (HAT 45 °C/24) i plodove kontrole (Tablica 12).

Udio prihvatljivih plodova pokazao je slične rezultate. Značajno manje neprihvatljivih plodova bilo je kod plodova kontrole u odnosu na plodove iz vodenih tretmana (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2'). Udio neprihvatljivih plodova kod zračnog tretmana (HAT 45 °C/24) nije se statistički razlikovao od plodova kontrole ili plodova iz vodenih tretmana.

Tablica 12 Prosječne vrijednosti indeksa ozljeda od niskih temperatura i indeksa prihvatljivosti kod sorte 'Diamond Ray' nakon 4 tjedna čuvanja na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanu

	Indeks CI (%)	Udio neprihvatljivih plodova (%)
Tretman ($\bar{x} \pm SD$)		
Kontrola	61,31 ± 3,72 b	35,71 ± 14,29 b
HWD 48 °C 6'	82,58 ± 15,13 a	77,27 ± 25,31 a
HWD 48 °C 12'	85,24 ± 5,02 a	75,24 ± 9,07 a
HWD 52 °C 2'	90,11 ± 8,58 a	75,64 ± 25,02 a
HAT 45 °C/24	63,77 ± 5,7 b	45,64 ± 21,48 ab

Napomena: a, b – prosjeci označeni istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$

5.6 Korelacija i regresija pektinskih frakcija i indeksa ozljeda od niskih temperatura

Korelacijska analiza pektinskih frakcija i ozljeda od niskih temperatura pokazala je značajne povezanosti ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, odnosno $P \leq 0,001$) između nekih svojstava (Tablica 13). Indeks ozljeda od niskih temperatura vrlo je dobro povezan s udjelom neprihvatljivih plodova ($r = 0,86$). Sadržaj pektina topljivih u vodi, kao i udio pektina topljivih u vodi slabo je povezan s indeksom ozljeda od niskih temperatura ($r = 0,65$; odnosno $r = 0,52$). Udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu dobro je povezan s udjelom neprihvatljivih plodova ($r = -0,66$) i udjelom pektina topljivih u vodi ($r = -0,67$) te je vrlo dobro povezan s indeksom ozljeda od niskih temperatura ($r = -0,79$). Omjer udjela pektina topljivih u vodi i pektina topljivih u amonijevom oksalatu dobro je povezan s indeksom ozljeda od niskih

temperatura ($r = 0,61$). Kalo je tijekom čuvanja dobro povezan sa sadržajem pektina topljivih u vodi ($r = 0,52$), udjelom pektina topljivih u vodi ($r = 0,54$) i omjerom udjela pektina topljivih u vodi i udjela pektina topljivih u amonijevom okslatu ($r = 0,60$). Kalo police vrlo dobro je korelirano s kalom čuvanja ($r = 0,85$). Ukupni kalo je dobro povezan s omjerom udjela pektina topljivih u vodi i udjela pektina topljivih u amonijevom okslatu ($r = 0,56$).

Regresijska analiza povezanosti indeksa ozljeda od niskih temperatura i udjela pektina topljivih u vodi (Grafikon 35) pokazala je slabu vezu između ta dva pokazatelja ($R^2 = 0,2701$), a jednadžba pravca je $y = 0,4804x + 61,758$.

Tablica 13 Korelacijski koeficijenti udjela neprihvatljivih plodova, indeksa ozljeda od niskih temperatura, frakcija pektina, relativnih odnosa frakcija pektina (PTV%, PTO% i PTL%) i kala kod sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici (n=15)

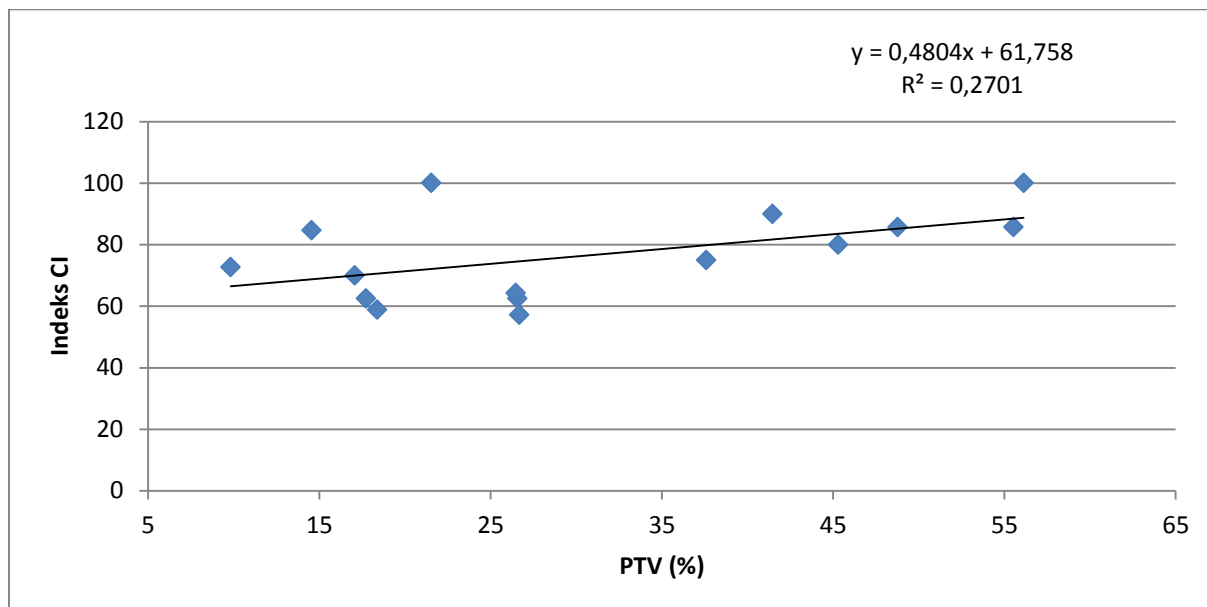
	Indeks CI	PTV	PTV(%)	PTO(%)	PTV(%) / PTO(%)	Kalo čuvanje	Kalo polica	Ukupni kalo
Udio neprihvatljivosti	0,86 ***			-0,66 **				
Indeks CI	1,00	0,65 **	0,52 *	-0,79 ***	0,61 *			
PTV		1,00		-0,87 ***		0,52 *		
PTV(%)			1,00	-0,67 **		0,54 *		
PTO(%)				1,00				
PTV(%) / PTO(%)					1,00	0,60 *		0,56 *
Kalo čuvanje						1,00	0,85 ***	
Kalo polica							1,00	
Ukupni kalo								1,00

Napomena: *, **, *** – statistički značajno uz $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, odnosno $P \leq 0,001$

Koeficijenti koji nisu statistički značajni, nisu prikazani.

Korelacije između svojstava koji se izvedu jedni iz drugih nisu računate.

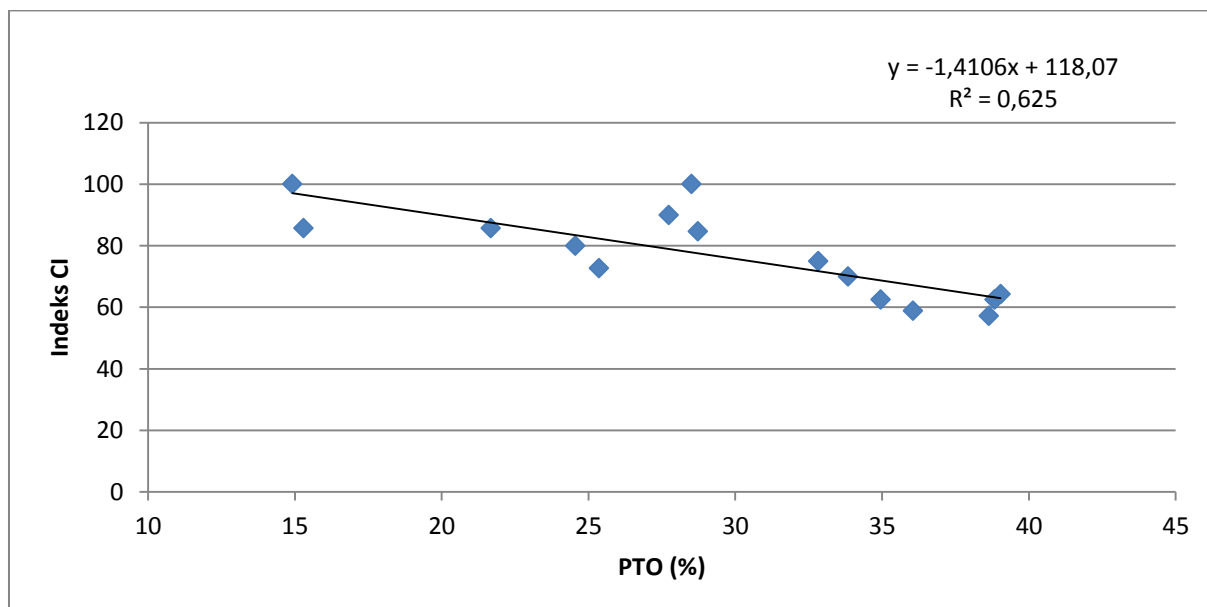
Grafikon 35 Prikaz regresije indeksa ozljeda od niskih temperatura i udjela pektina topljivih u vodi (n=15)



Napomena: Regresijski model je statistički značajan uz $P=0,0471$

Regresijska analiza povezanosti indeksa ozljeda od niskih temperatura i udjela pektina topljivih u amonijevom oksalatu (Grafikon 36) pokazala je čvrstu vezu između ta dva pokazatelja ($R^2=0,625$), a jednadžba pravca je $y = -1,4106x + 118,07$.

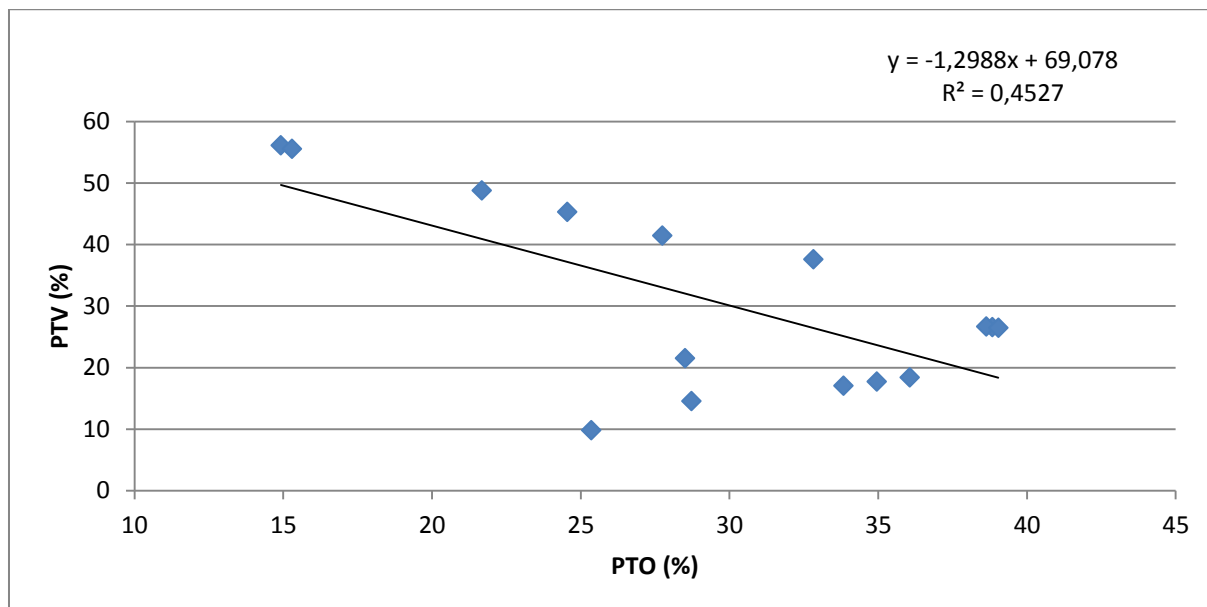
Grafikon 36 Prikaz regresije indeksa ozljeda od niskih temperatura i udjela pektina topljivih u amonijevom oksalatu (n=15)



Napomena: Regresijski model je statistički značajan uz $P=0,0005$

Regresijska analiza povezanosti udjela pektina topljivih u vodi i udjela pektina topljivih u amonijevom oksalatu (Grafikon 37) pokazala je vezu između ta dva pokazatelja ($R^2=0,4527$), a jednačba pravca je $y = -1,2988x + 69,078$.

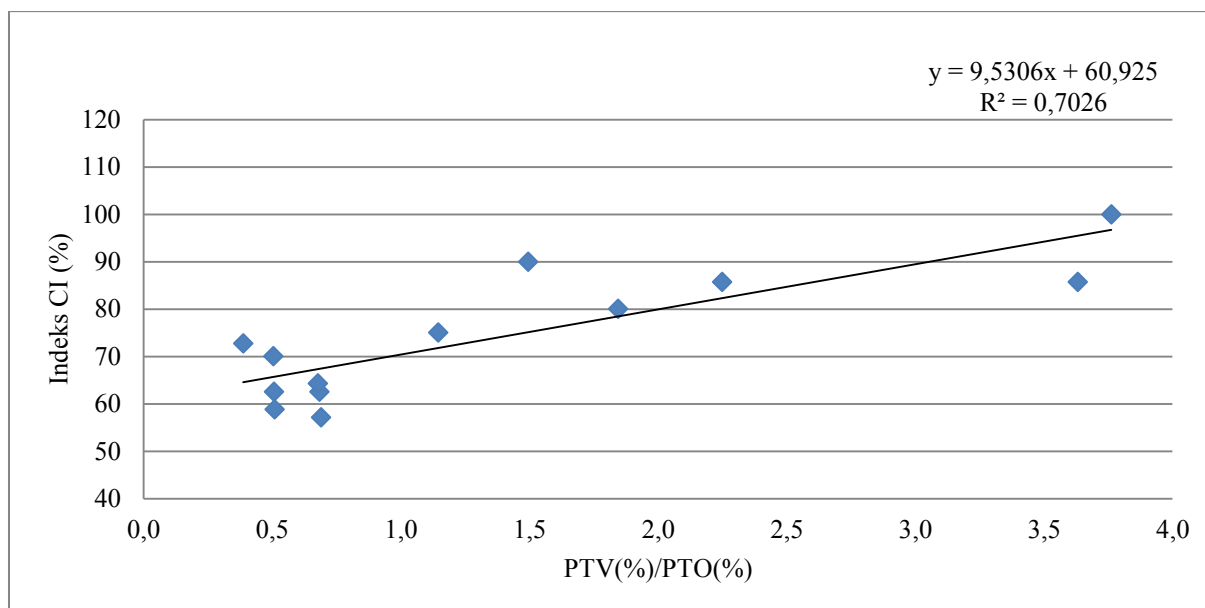
Grafikon 37 Prikaz regresije udjela pektina topljivih u vodi i udjela pektina topljivih u amonijevom oksalatu (n=15)



Napomena: Regresijski model je statistički značajan uz $P=0,0060$

Regresijska analiza povezanosti indeksa ozljeda od niskih temperatura i omjera udjela pektina topljivih u vodi i udjela pektina topljivih u amonijevom oksalatu (Grafikon 38) pokazala je vrlo čvrstu vezu između ta dva pokazatelja ($R^2=0,7026$), a jednačba pravca je $y = 9,5306x + 60,925$.

Grafikon 38 Prikaz regresije indeksa ozljeda od niskih temperatura i omjera relativnih odnosa frakcija pektina topljivih u vodi i pektina topljivih u amonijevom oksalatu (n=13)



Napomena: Regresijski model je statistički značajan uz $P=0,0003$

5.7 Senzorno ocjenjivanje svojstava plodova

Analiza varijance rezultata senzornog ocjenjivanja plodova nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici te četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici (Tablica 14) pokazala je značajne interakcije sorte i tretmana te sorte i čuvanja kod svojstava čvrstoće i teksture, kao značajnu interakciju sorte i tretmana kod svojstva opći dojam. S obzirom na to da sočnost, odnos šećera i kiselina, aroma i punoća okusa nisu imali značajnih interakcija, za ta svojstva proveden je LSD test (Tablica 15), koji je pokazao da između sorata nema značajnih razlika u navedenim svojstvima. Svojstvo sočnosti i punoće okusa značajno je bolje ocijenjeno kod plodova koji su čuvani dva tjedna na 0 °C i pet dana života na polici, nego plodovi koji su čuvani četiri tjedna na 0 °C i pet dana života na polici. Odnos šećera i kiselina kao i aroma nije se značajno razlikovalo s obzirom na vrijeme čuvanja. Značajnih razlika između tretmana bilo je samo kod odnosa šećera i kiselina, gdje su plodovi kontrole ocijenjeni značajno niže nego plodovi iz tretmana HAT 45 °C/24.

Tablica 14 Analiza varijance senzornog ocjenjivanja svojstava plodova

	Čvrstoća	Tekstura	Sočnost	Odnos šećera i kiselina	Aroma	Punoća okusa	Opći dojam
ANOVA	F	F	F	F	F	F	F
Sorta (S)	18,21 ***	12,62 ***	0,03 ns	1,38 ns	0,45 ns	0,19 ns	0,00 ns
Čuvanje (Č)	2,57 ns	16,79 ***	4,93 *	3,06 ns	3,21 ns	9,17 **	11,44 ***
Tretman (T)	0,62 ns	0,41 ns	0,41 ns	1,12 ns	0,37 ns	0,35 ns	0,48 ns
SxT	4,29 **	4,23 **	2,04 ns	1,23 ns	2,29 ns	1,80 ns	2,51 *
SxČ	13,12 ***	9,22 **	0,05 ns	0,01 ns	0,19 ns	0,31 ns	0,20 ns
ČxT	1,15 ns	0,53 ns	0,22 ns	0,35 ns	0,20 ns	0,16 ns	0,32 ns
SxČxT	0,49 ns	0,51 ns	0,85 ns	0,84 ns	1,16 ns	1,00 ns	1,50 ns

Napomena: ns, *, **, *** – nema statistički značajne razlike, statistički se značajno razlikuje uz $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, odnosno $P \leq 0,001$

Tablica 15 Prosječne vrijednosti senzornog ocjenjivanja svojstava plodova po sorti, trajanju čuvanja i tretmanu

	Čvrstoća	Tekstura	Sočnost	Odnos šećera i kiselina	Aroma	Punoća okusa	Opći dojam
Sorta ($\bar{x} \pm SD$)							
'Diamond Ray'	$3,11 \pm 0,98$	$3,27 \pm 0,88$	$3,40 \pm 0,84$ a	$3,34 \pm 0,97$ a	$3,25 \pm 0,99$ a	$3,29 \pm 1,03$ a	$3,36 \pm 0,89$
'Venus'	$3,52 \pm 0,70$	$3,59 \pm 0,67$	$3,39 \pm 0,78$ a	$3,16 \pm 0,91$ a	$3,14 \pm 0,76$ a	$3,20 \pm 0,79$ a	$3,34 \pm 0,73$
Čuvanje ($\bar{x} \pm SD$)							
2wk + 5d SL	$3,39 \pm 0,87$	$3,61 \pm 0,77$	$3,50 \pm 0,81$ a	$3,35 \pm 0,95$ a	$3,28 \pm 0,89$ a	$3,40 \pm 0,90$ a	$3,50 \pm 0,79$
4wk + 5d SL	$3,18 \pm 0,86$	$3,13 \pm 0,75$	$3,21 \pm 0,76$ b	$3,08 \pm 0,91$ a	$3,03 \pm 0,84$ a	$2,96 \pm 0,89$ b	$3,08 \pm 0,79$
Tretman ($\bar{x} \pm SD$)							
Kontrola	$3,13 \pm 0,99$	$3,30 \pm 0,84$	$3,22 \pm 0,80$ a	$2,94 \pm 0,96$ b	$3,09 \pm 0,78$ a	$3,18 \pm 0,82$ a	$3,25 \pm 0,70$
HWD 48 °C 6'	$3,51 \pm 0,89$	$3,53 \pm 0,81$	$3,41 \pm 0,85$ a	$3,35 \pm 0,83$ ab	$3,13 \pm 0,82$ a	$3,22 \pm 0,98$ a	$3,37 \pm 0,84$
HWD 48 °C 12'	$3,29 \pm 0,91$	$3,39 \pm 0,75$	$3,44 \pm 0,67$ a	$3,32 \pm 0,88$ ab	$3,35 \pm 0,80$ a	$3,18 \pm 0,86$ a	$3,35 \pm 0,72$
HWD 52 °C 2'	$3,31 \pm 0,76$	$3,47 \pm 0,75$	$3,40 \pm 0,74$ a	$3,18 \pm 0,91$ ab	$3,19 \pm 0,98$ a	$3,25 \pm 0,91$ a	$3,28 \pm 0,79$
HAT 45 °C/24	$3,32 \pm 0,79$	$3,47 \pm 0,85$	$3,50 \pm 0,96$ a	$3,47 \pm 1,07$ a	$3,22 \pm 1,02$ a	$3,40 \pm 1,04$ a	$3,51 \pm 1,00$

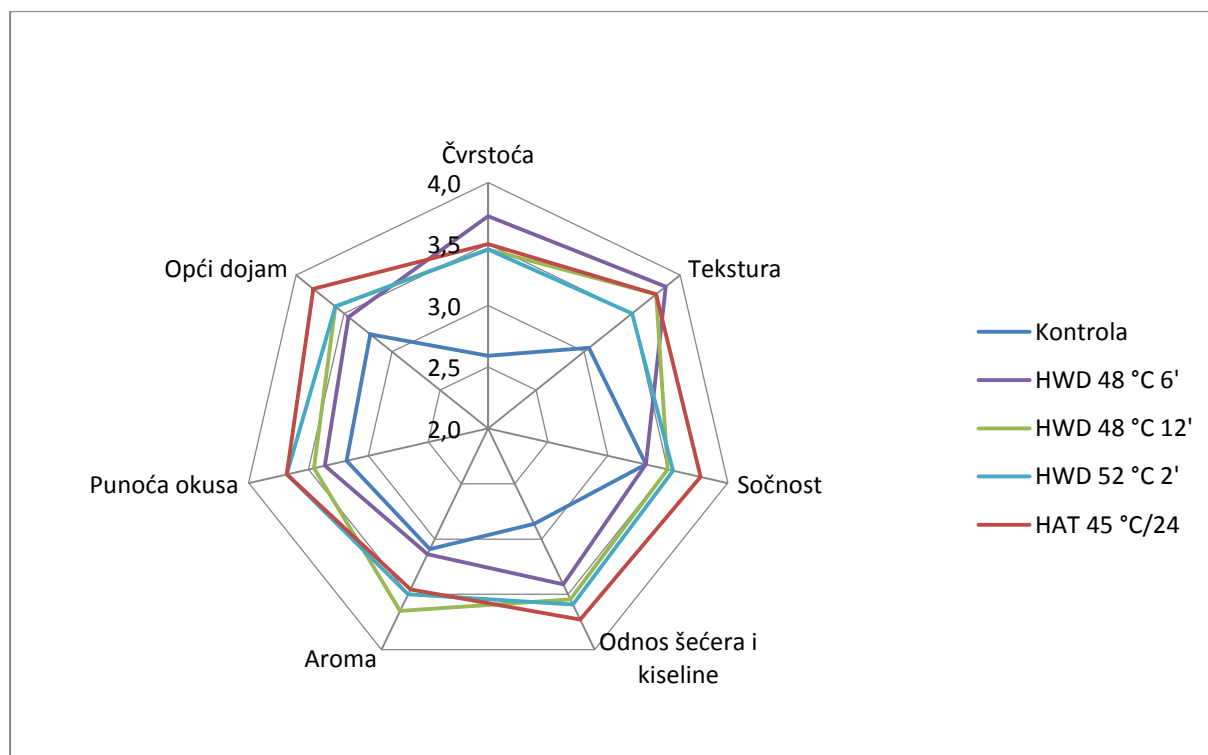
Napomena: a, b – prosjeci označeni istim slovom statistički se ne razlikuju prema LSD testu uz $P \leq 0,05$

Za svojstva koja imaju statistički značajne interakcije (Tablica 14), nije proveden LSD test

Zbog spomenutih interakcija, daljnja analiza rezultata senzornog ocjenjivanja plodova provedena je nakon razlaganja po sorti, duljini čuvanja i po tretmanu (Grafikoni 39 do 42).

Sorta 'Diamond Ray' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici pokazala je statistički značajne razlike između tretmana u svojstvima čvrstoće, teksture i odnosa šećera i kiselina (Grafikon 39). Čvrstoća plodova kontrole ocijenjena je značajno nižom ocjenom nego čvrstoća tretiranih plodova. Tekstura plodova iz tretmana HWD 48 °C 6' ocijenjena je značajnom višom ocjenom nego kod plodova kontrole, dok ostali tretmani nisu pokazali značajne razlike u teksturi u usporedbi s plodovima kontrole ili plodovima iz tretmana HWD 48 °C 6'. Odnos šećera i kiselina kod plodova iz tretmana HAT 45 °C/24 ocijenjena je značajnom višom ocjenom nego kod plodova kontrole, dok ostali tretmani nisu pokazali značajne razlike u odnosu šećera i kiselina u usporedbi s plodovima kontrole ili plodovima iz tretmana HAT 45 °C/24. Premda nije provedena statistička obrada podataka, iz grafikona 39 uočava se trend da su površine grafikona koju zauzimaju ocjene tretiranih plodova veće od površine grafikona koji zauzimaju ocjene plodova kontrole. Također se vidi da su plodovi kontrole bili najslabije ocijenjeni u svim svojstvima u odnosu na tretirane plodove.

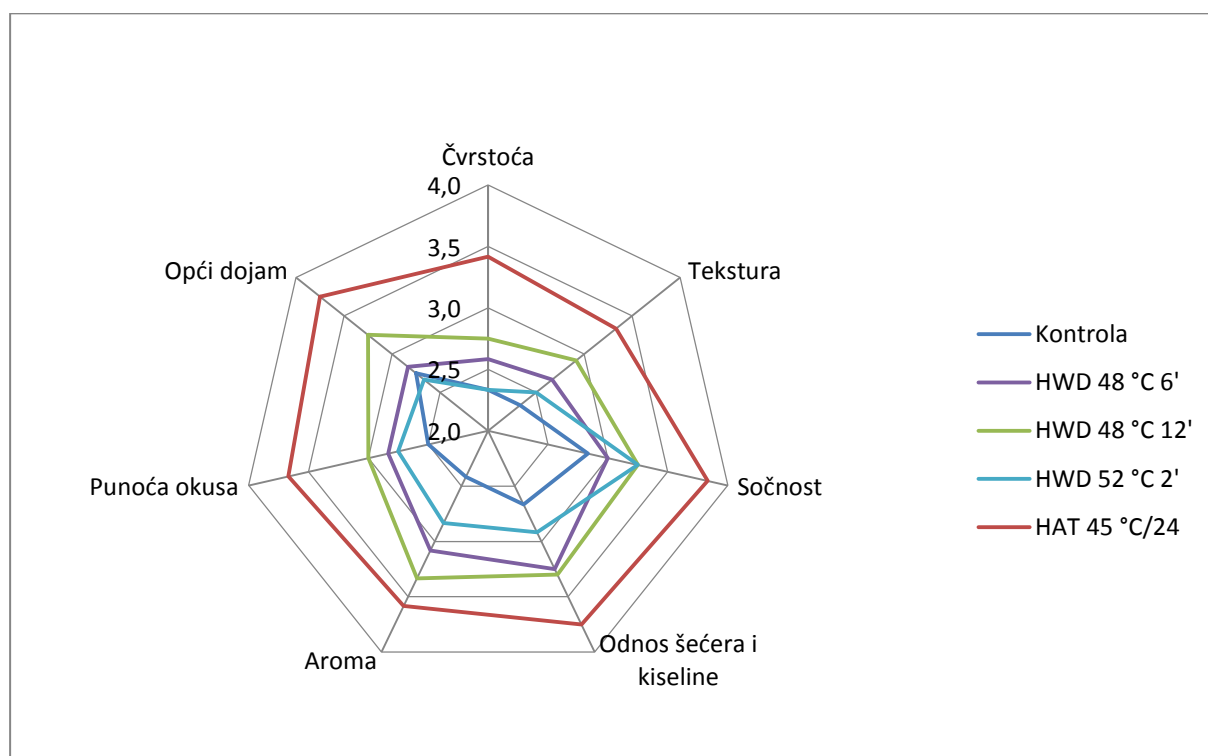
Grafikon 39 Senzorno ocjenjivanje svojstava plodova sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Statističke značajnosti LSD test uz $P \leq 0,05$, u grafikonu nisu naznačene zbog čitkosti grafikona.

Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici sorta 'Diamond Ray' pokazala je statistički značajne razlike između tretmana kod svojstava čvrstoće, teksture, sočnosti, arome, punoće okusa i općeg dojma (Grafikon 40). Čvrstoća i opći dojam plodova iz tretmana HAT 45 °C/24 ocijenjeni su značajno višom ocjenom od čvrstoće i općeg dojma plodova kontrole, kao i plodova iz tretmana HWD 52 °C 2'. Plodovi tretmana HWD 48 °C 6' i HWD 48 °C 12' nisu se značajno razlikovali u ocjenama čvrstoće i općeg dojma u usporedbi s plodovima kontrole i plodovima tretmana HWD 52 °C 2' i HAT 45 °C/24. Tekstura, sočnost, aroma i punoća okusa plodova iz tretmana HAT 45 °C/24 ocijenjene su značajno višom ocjenom od istih svojstava plodova kontrole. Plodovi vodenih tretmana (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2') nisu se značajno razlikovali u ocjenama teksture, sočnosti, arome i punoće okusa u usporedbi s plodovima kontrole i plodovima tretmana HAT 45 °C/24. Premda nije provedena statistička analiza, iz grafikona 40 se uočava trend da je površina grafikona koju tvore ocjene tretmana HAT 45 °C/24 najveća, površina grafikona vodenih tretmana nešto manja, a najmanja je površina grafikona koji tvore ocjene plodova kontrole. Također se može uočiti da su plodovi kontrole ocijenjeni najslabije od svih tretmana u svim svojstvima osim u općem dojmu.

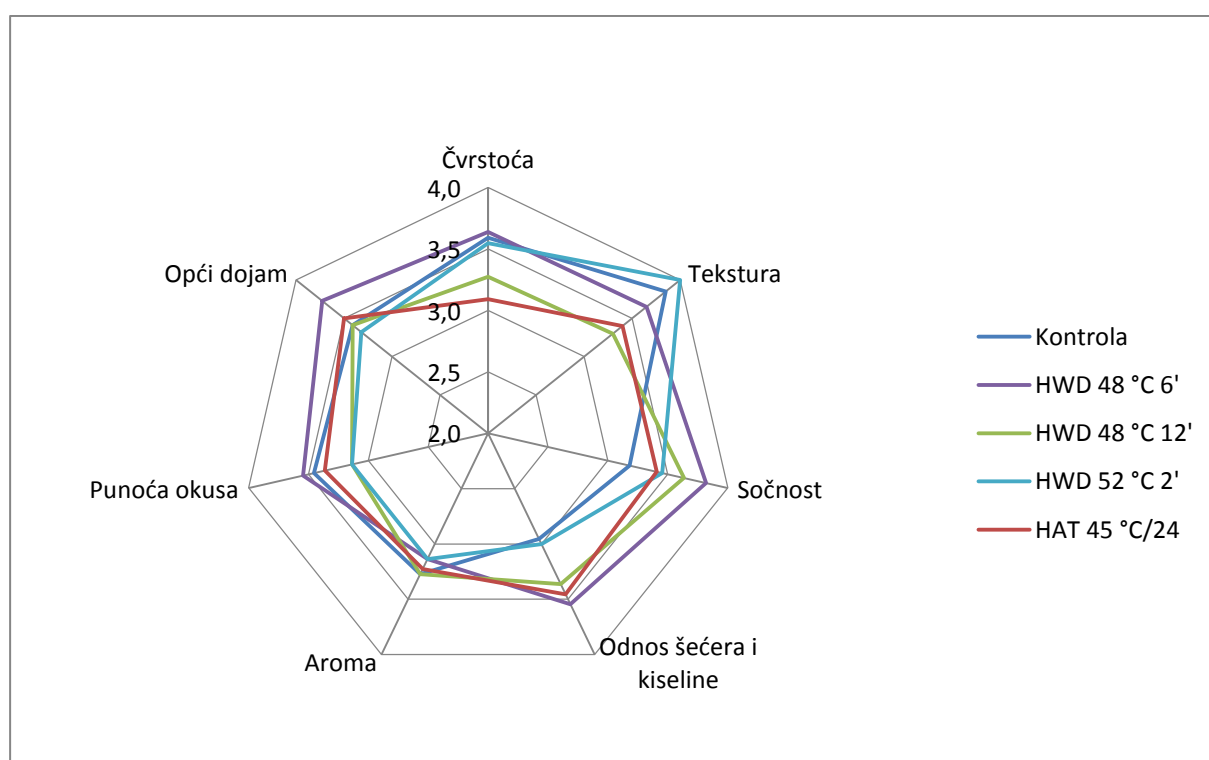
Grafikon 40 Senzorno ocjenjivanje svojstava plodova sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Statističke značajnosti LSD test uz $P \leq 0,05$, u grafikonu nisu naznačene zbog čitkosti grafikona.

Sorta 'Venus' nakon dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici pokazala je statistički značajne razlike između tretmana samo u teksturi (Grafikon 41). Tekstura plodova iz tretmana HWD 52 °C 2' ocijenjena je značajno višom ocjenom od teksture plodova iz tretmana HWD 48 °C 12'. Plodovi kontrole i plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6' i HAT 45 °C/24 nisu se značajno razlikovali u ocjeni teksture u usporedbi s plodovima tretmana HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2'.

Grafikon 41 Senzorno ocjenjivanje svojstava plodova sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima

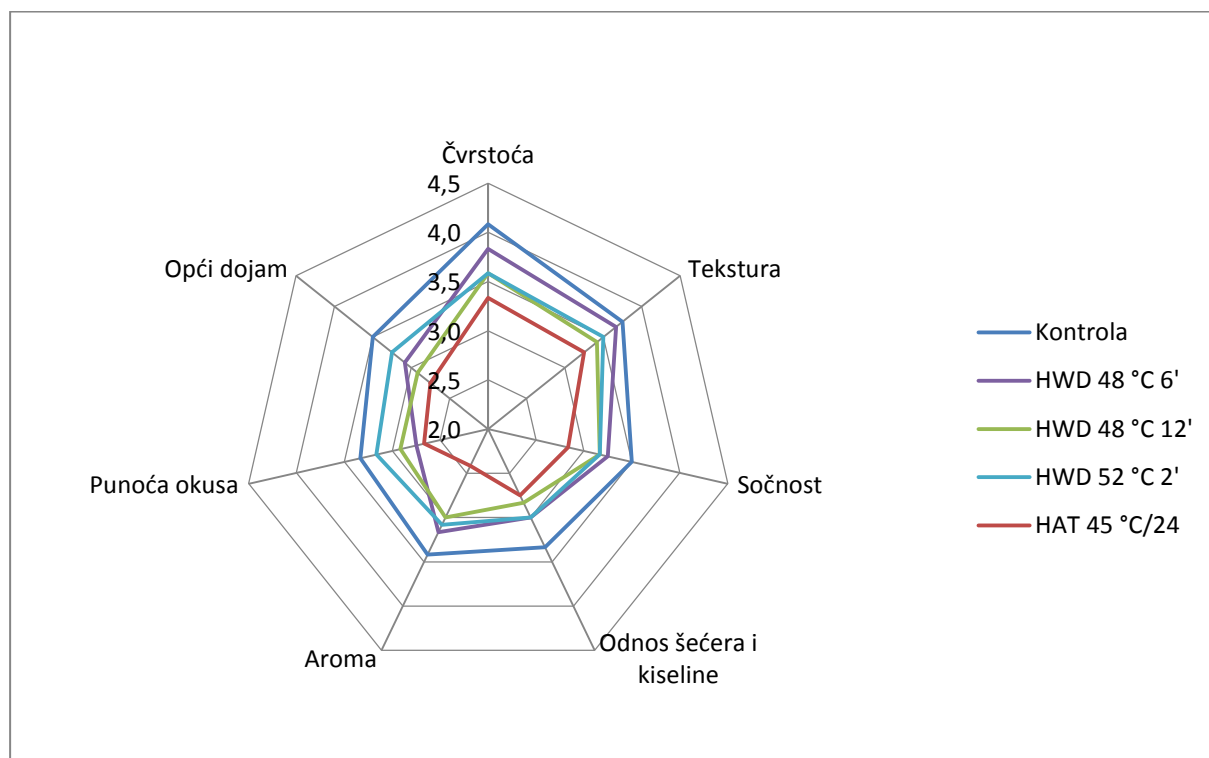


Napomena: Statističke značajnosti LSD test uz $P \leq 0,05$, u grafikonu nisu naznačene zbog čitkosti grafikona.

Nakon četiri tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici sorta 'Venus' pokazala je statistički značajne razlike između tretmana kod svojstava čvrstoće i arome (Grafikon 42). Za razliku od sorte 'Diamond Ray', sorta 'Venus' je čvrstoća i aroma plodova iz tretmana HAT 45 °C/24 ocijenjene su značajno nižom ocjenom od istih svojstava plodova kontrole. Plodovi iz vodenih tretmana (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2') nisu se značajno razlikovali u ocjenama čvrstoće i arome u usporedbi s plodovima kontrole i plodovima tretmana HAT 45 °C/24. Premda nije provedena statistička analiza, iz grafikona 42 se uočava trend da je površina grafikona koju tvore ocjene tretmana HAT 45 °C/24 najmanja, površina

grafikona vodenih tretmana nešto veća, a najveća je površina grafikona koji tvore ocjene plodova kontrole. Također se može uočiti da su plodovi kontrole u svim svojstvima ocijenjeni najbolje, dok su plodovi iz zračnog tretmana HAT 45 °C/24 ocijenjeni najslabije od svih tretmana.

Grafikon 42 Senzorno ocjenjivanje svojstava plodova sorte 'Venus' nakon čuvanja 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima



Napomena: Statističke značajnosti LSD test uz $P \leq 0,05$, u grafikonu nisu naznačene zbog čitkosti grafikona.

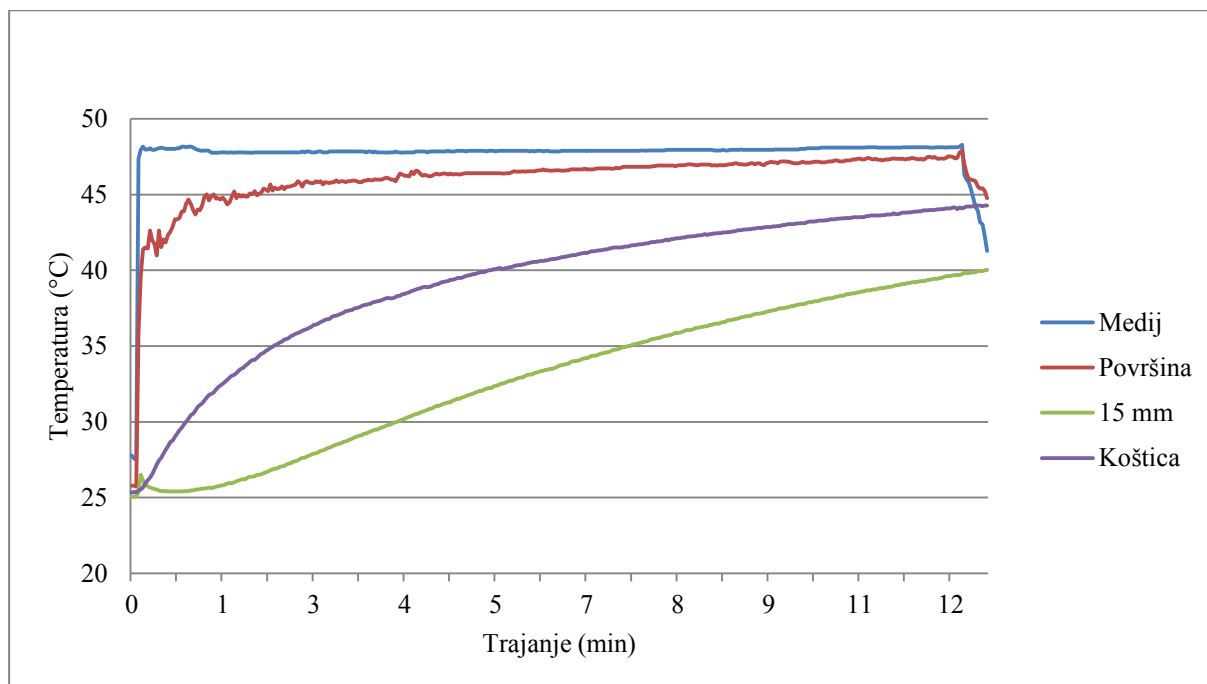
5.8 Promjena temperature mesa ploda pod utjecajem toplinskih tretmana

Statistička obrada mjerenja promjene temperature mesa ploda nije provedena. Ovi rezultati su prikazani samo kao informacija o promjenama temperature mesa tijekom tretmana kako bi se dobio što bolji uvid u mogući utjecaj toplinskih tretmana na promjene u plodu.

Kod tretmana potapanja plodova u toplu vodu temperature 48 °C kod sorte 'Diamond Ray' površina i koštica u početku su se zagrijavale brže (Grafikon 43). Nakon gotovo jedne minute, zagrijavanje površine ploda se usporilo, dok je usporavanje zagrijavanja koštice nastupilo tek nakon otprilike tri minute. Zagrijavanje kod koštice bilo je brže od zagrijavanja mesa na dubini 15 mm. Temperatura mesa ploda na dubini 15 mm nakon početne stagnacije od jedne minute umjereno se zagrijavala tijekom cijelog tretmana. Nakon čest minuta

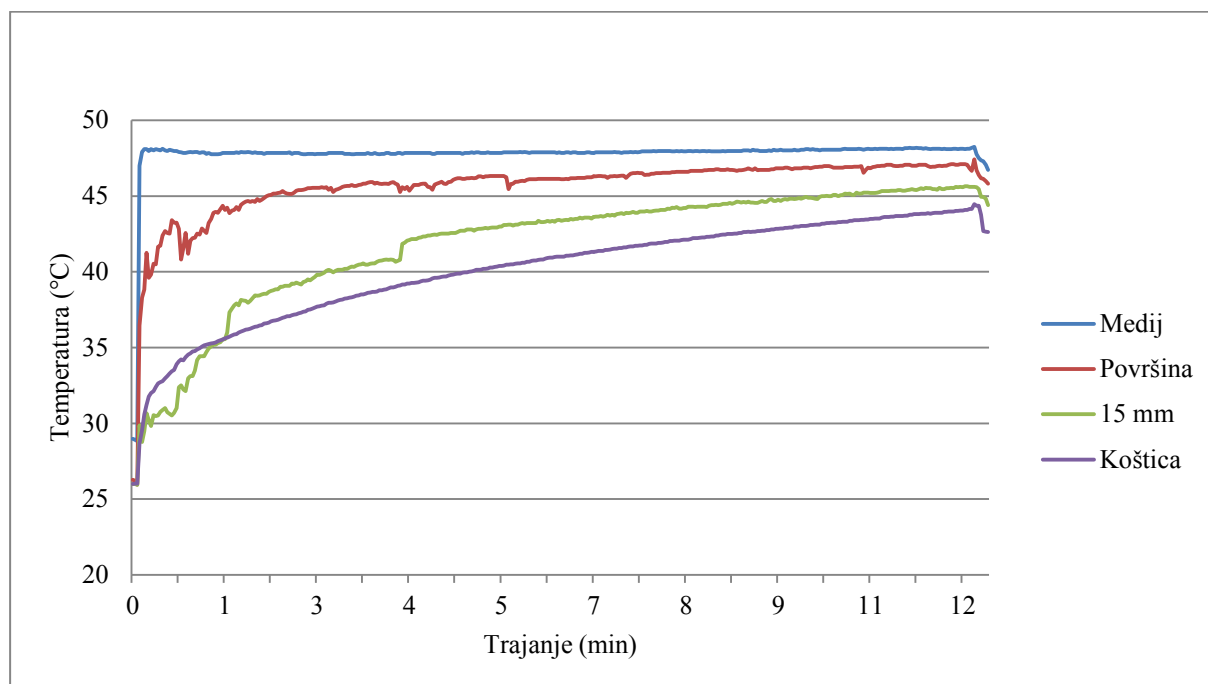
temperatura mesa na dubini 15 mm bila je otprilike 33 °C, kod koštice 41 °C, a površina ploda otprilike 46 °C. Nakon 12 minuta temperatura mesa na dubini 15 mm bila je 40 °C, kod koštice 44 °C, a na površini 47 °C.

Grafikon 43 Promjena temperature mesa ploda sorte 'Diamond Ray' tijekom tretmana HWD 48 °C 6' i HWD 48 °C 12'



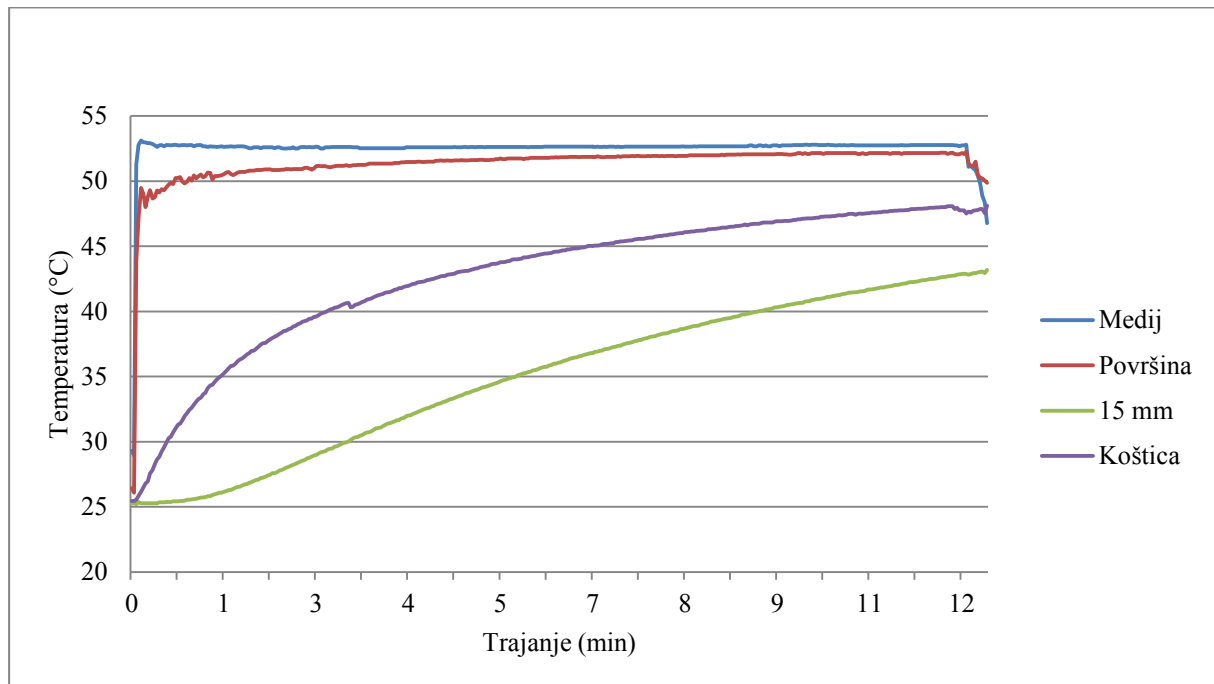
Kod sorte 'Venus' potapanje u toplu vodu 48 °C imalo je slično zagrijavanje ploda, ali uočljive su razlike kod temperature mesa na dubini 15 mm (Grafikon 44). Meso ploda se na dubini 15 mm kod sorte 'Venus' zagrijavalo brže od mesa kod koštice nakon 1,5 minuta. Nakon šest minuta tretmana temperatura mesa kod koštice bila je otprilike 41 °C, na dubini 15 mm 43,5 °C, a na površini 46 °C. Nakon 12 minuta razlike u temperaturi mesa između različitih dubina bile su manje. Temperatura mesa kod koštice bila je 44,5 °C, na dubini 15 mm 45,5 °C, a na površini 47 °C.

Grafikon 44 Promjena temperature mesa ploda sorte 'Venus' tijekom HWD 48 °C 6' i HWD 48 °C 12'



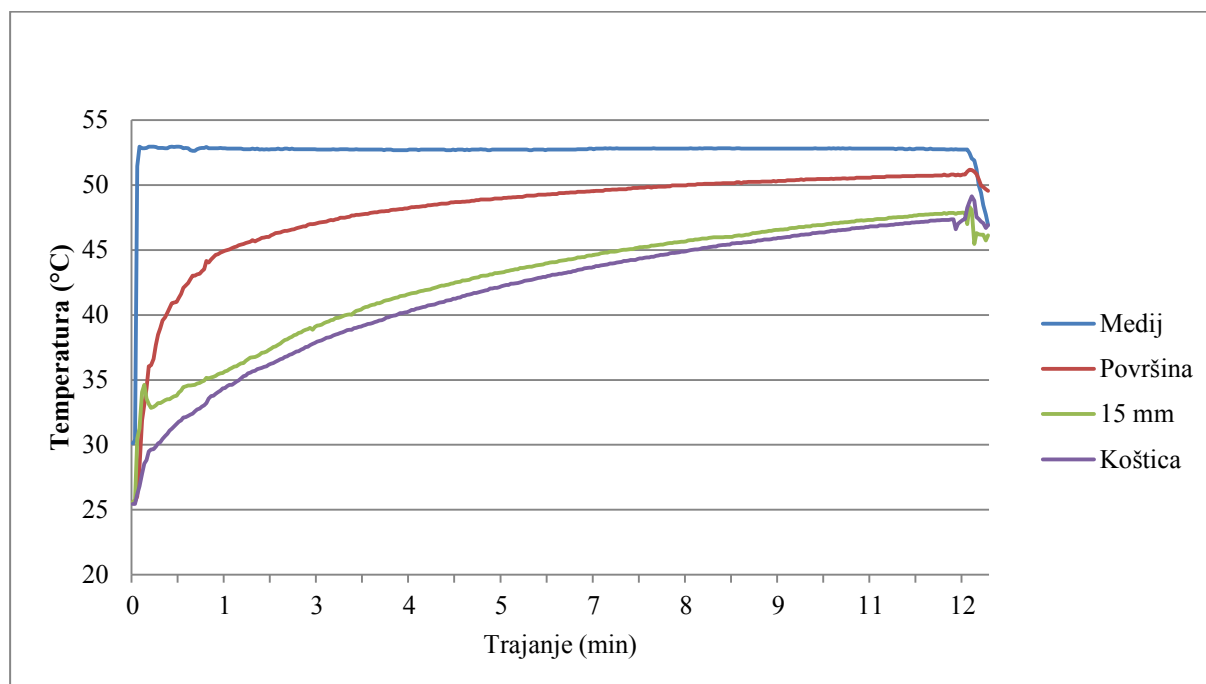
Kod tretmana potapanja plodova u toplu vodu temperature 52 °C kod sorte 'Diamond Ray' uočljiv je isti trend zagrijavanja kao i kod potapanja u toplu vodu 48 °C. Nakon gotovo 0,5 minuta, zagrijavanje površine ploda se usporilo, dok je usporavanje zagrijavanja koštice nastupilo tek nakon otprilike tri minute. Zagrijavanje kod koštice bilo je brže od zagrijavanja mesa na dubini 15 mm. Temperatura mesa ploda na dubini 15 mm nakon početne stagnacije od 0,5 minuta umjereno se zagrijavała tijekom cijelog tretmana. Nakon dvije minute temperatura mesa na dubini 15 mm bila je otprilike 27 °C, kod koštice 38 °C, a površina ploda otprilike 50 °C. Nakon šest minuta temperatura mesa na dubini 15 mm bila je otprilike 35,5 °C, kod koštice 44,5 °C, a površina ploda otprilike 51 °C. Nakon 12 minuta temperatura mesa na dubini 15 mm bila je 42 °C, kod koštice 47,5 °C, a na površini 51 °C.

Grafikon 45 Promjena temperature mesa ploda sorte 'Diamond Ray' tijekom tretmana HWD 52 °C 2'



Sorta 'Venus' je zagrijavanjem plodova potapanjem u toplu vodu 52 °C pokazala je trend sličan kao i kod potapanja u vodu temperature 48 °C (Grafikon 46). Nakon otprilike jedne minute zagrijavanje površine ploda se usporilo, dok zagrijavanje mesa ploda na dubini 15 mm i kod koštice je bilo umjereno gotovo cijelo vrijeme. Premda je temperatura mesa na dubini 15 mm bila nešto viša nego temperatura mesa kod koštice tijekom cijelog tretmana, razlike je bila minimalna. Nakon dvije minute temperatura površine je iznosila 45,7 °C, mesa na dubini 15 mm 36,5 °C, a kod koštice 36,2 °C. Nakon šest minuta tretmana temperatura površine ploda iznosila je 49,2 °C, mesa na dubini 15 mm 43,0 °C, a kod koštice 42,8 °C. Nakon 12 minuta Temperatura površine ploda iznosila je 50,8 °C, mesa na dubini 15 mm i mesa kod koštice 47,3 °C.

Grafikon 46 Promjena temperature mesa ploda sorte 'Venus' tijekom tretmana HWD 52 °C 2'



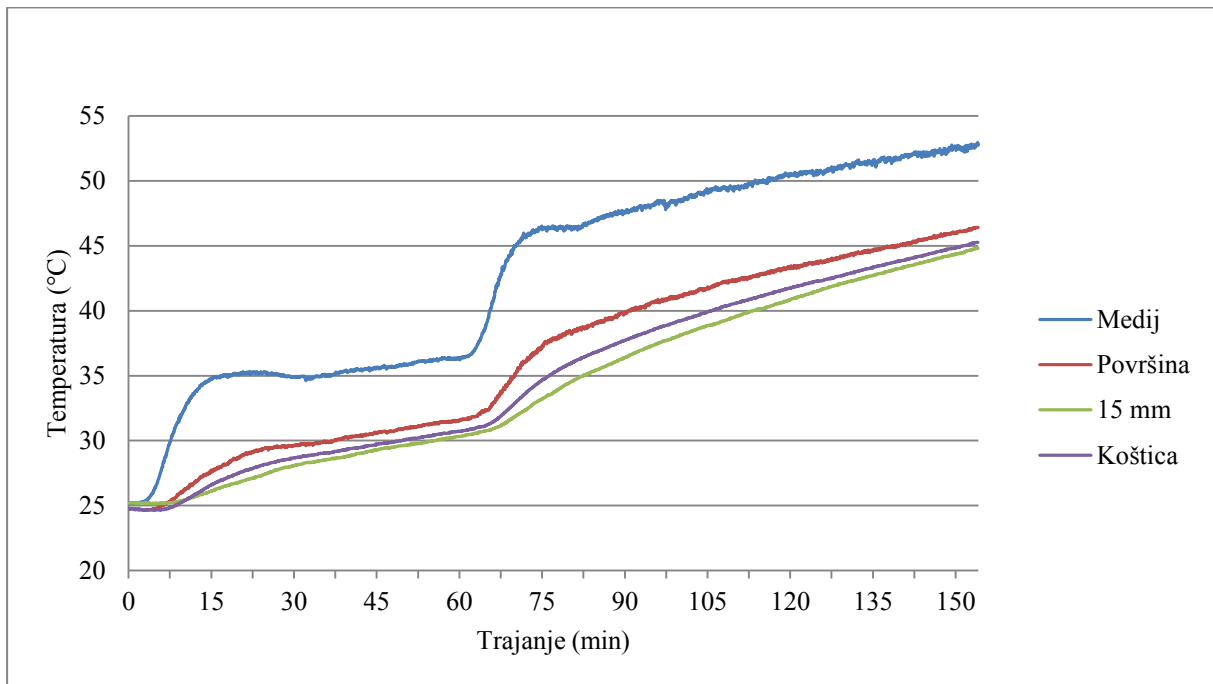
Za razliku od vodenih tretmana, kod zračnih tretmana vidljiva su dva nagla skoka temperature mesa ploda (Grafikoni 47 i 48). Jedan odmah po početku tretmana i drugi nakon otprilike 60 minuta, kada je temperatura medija zagrijavana za dodatnih 24 °C.

Kod sorte 'Diamond Ray' zračni toplinski tretman (HAT 45 °C/24) pokazao je sporije zagrijavanje mesa ploda, što je posebno vidljivo kroz male razlike u temperaturi mesa po dubinama (Grafikon 47). S početne temperature od 25 °C, nakon 60 minuta zagrijavanja temperatura površine ploda bila je 31,6 °C, mesa na dubini 15 mm 30 °C, a kod koštice 30,6 °C. Tretman je trajao dok meso na dubini koštice nije postiglo temperaturu od 45 °C. Taj uvjet je postignut nakon 152 minute, tj. 2,53 sata. Na kraju tretmana temperatura površine ploda bila je 46,3 °C, a na dubini 15 mm 44,3 °C.

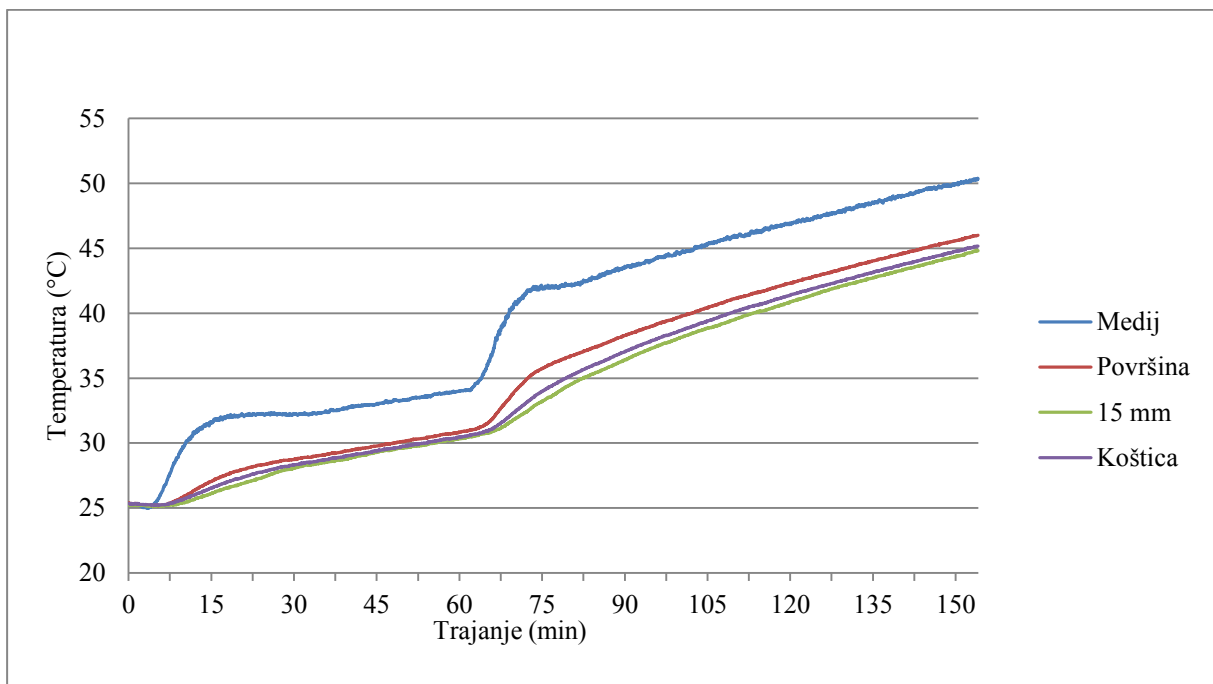
Kod sorte 'Venus' zračni toplinski tretman također je pokazao sporije zagrijavanje ploda od vodenih tretmana (Grafikon 48). Trajanje zračnog tretmana kod sorte 'Venus' bilo je kao i kod sorte 'Diamond Ray' 152 minute. Nakon 60 minuta tretmana temperatura površine ploda iznosila je 30,8 °C, mesa na dubini 15 mm 30,3 °C, a mesa kod koštice 30,5 °C. Na kraju tretmana temperatura površine ploda iznosila je 46,1 °C, mesa na dubini 15 mm 44,6 °C, a mesa kod koštice 45 °C.

Za razliku od vodenih tretmana, kod obje sorte je vidljiv trend bržeg zagrijavanja mesa kod koštice nego mesa na dubini 15 mm.

Grafikon 47 Promjena temperature mesa ploda sorte 'Diamond Ray' tijekom tretmana HAT 45 °C/24



Grafikon 48 Promjena temperature mesa ploda sorte 'Venus' tijekom tretmana HAT 45 °C/24



6 RASPRAVA

Gubitak mase plodova normalna je pojava tijekom njihova čuvanja, a događa se uslijed gubitka vode iz ploda. Gledajući obje sorte zajedno (Tablica 3), uočava se da je najveći kalo tijekom života na polici bio u plodovima kontrole, što je donekle očekivano, ali i kod plodova iz vodenog tretmana. Zanimljivo je da zračni toplinski tretman HAT 45 °C/24 nije pokazao značajne razlike u kalu tijekom života na polici između plodova koji su imali najveći kalo (plodovi kontrole i HWD 52 °C 2') i plodova koji su imali najmanji kalo, iz vodenog tretmana HWD 48 °C 6'. Očekivano su plodovi iz vodenog tretmana imali najmanji gubitak na masi tijekom života na polici, s obzirom na to da je medij tretmana bila voda. Premda je bilo očekivano da će zračni tretman (HAT 45 °C/24) imati efekt isušivanja plodova te da će time plodovi iz tog tretmana pokazati najveći kalo, to se u ovom istraživanju nije dogodilo. Nisu zabilježene značajne razlike u gubitku mase plodova tijekom čuvanja i ukupno (čuvanje i život na polici), što pokazuje da u konačnici sam tretman nema veliki utjecaj na gubitak mase plodova. Premda razlike nisu značajne, uočava se trend da su plodovi kontrole i plodovi iz tretmana HWD 52 °C 2' imali najveći kalo. Kod plodova kontrole to je bilo i očekivano, s obzirom na to da se toplinskim tretmanima, između ostalog, željelo smanjiti kalo. Gledajući temperature tijekom tretmana plodova (Grafikoni 43 do 48), vidljivo je da su plodovi iz tretmana HWD 52 °C 2' postigli najvišu temperaturu površine ploda (oko 50 °C), dok su HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HAT 45 °C/24 postigli temperature površine ploda između 46 i 47 °C. S obzirom na to da su kožica ploda te puči i lenticele na njoj najodgovorniji za kalo, može se zaključiti da bi temperature površine ploda iznad 47 °C mogle biti odlučujuće za povećani kalo. Budući da razlike u kalu nisu bile signifikantne, ovu bi teoriju trebalo još potvrditi. Iako je vidljiv trend manjeg gubitka mase plodova tijekom dužeg čuvanja, on nije bio statistički značajan. Tijekom života na polici značajan gubitak mase plodova bio je čak četiri puta veći kod plodova koji su čuvani četiri tjedna nego kod plodova koji su čuvani dva tjedna. S obzirom na to da vrijeme čuvanja od četiri tjedna predstavlja dugo razdoblje čuvanja za breskvu, logičan je ubrzani gubitak ploda na masi nakon vađenja iz hladnjače i stavljanja na sobnu temperaturu.

Kada se kalo promatra posebno po sorti i vremenu čuvanja kod sorte 'Diamond Ray' (Grafikon 1), vidljivo je značajno smanjenje kala tijekom čuvanja kod plodova iz zračnog tretmana u odnosu na kontrolu kod oba vremena čuvanja. Kao što je već spomenuto, ovakav rezultat predstavlja svojevrsnu zanimljivost, budući da se očekivalo da će vrući zrak dodatno isušiti plodove. Ako se s ovim rezultatom poveže i udio plodova koji su pokazali simptome

ozljeda od niskih temperatura (Tablica 12), moguće je zaključiti da su na smanjeni kalo utjecale ozljede od niskih temperatura. Uočava se trend da je kalo nakon četiri tjedna čuvanja bio manji, nego kalo nakon dva tjedna čuvanja, a ozljede od niskih temperatura kod sorte 'Diamond Ray' uočene su samo kod plodova koji su čuvani četiri tjedna. Simptomi ozljeda od niskih temperatura javljaju se tek tijekom života na polici, tj. dospijevanja na sobnoj temperaturi (Lurie i Crisosto, 2005). Jedan od simptoma ozljeda od niskih temperatura je geliranje soka, što uzrokuje pojavu vunavosti i brašnjavosti. Tekućina koja je vezana u gelove, ne može izaći iz ploda preko puči i lenticela. Stoga bi smanjeni kalo mogao biti jedan od pokazatelja da su se u plodu dogodile neke promjene. U prilog ovoj tvrdnji idu i rezultati kala kod sorte 'Venus' (Grafikon 2), kod koje je kalo nakon dva i četiri tjedna podjednak i nisu se javile ozljede od niskih temperatura nakon vađenja plodova iz hladnjače. Premda Manganaris i sur. (2005b) nisu utvrdili smanjeni intenzitet disanja kod plodova koji pokazuju ozljede od niskih temperatura te zaključuju da to ne može biti pokazatelj ozljeda od niskih temperatura, Lee i sur. (2006) uočili su upravo suprotno, smanjeno disanje kod plodova s ozljedama od niskih temperatura. Stoga bi razlike u kalu uočene u ovom istraživanju mogle biti i rezultat smanjenog disanja ploda zbog ozljeda od niskih temperatura.

Kod sorte 'Venus' nakon dva tjedna uočava se značajno veći kalo kod zračnog tretmana (HAT 45 °C/24) u odnosu na sve ostale tretmane, što je moguće objasniti isušivanjem plodova uslijed dugotrajnog tretmana vrućim zrakom (2,5 sata).

Rezultati kala kod sorata 'Diamond Ray' i 'Venus' tijekom života na polici (Grafikoni 3 i 4) pokazuju trend drastičnog povećanja kala kod plodova koji su čuvani četiri tjedna. To može biti zbog povećanog disanja i odmaklog stadija dospijevanja uslijed dugotrajnog čuvanja. Budući da je sorta 'Diamond Ray' nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici imala simptome ozljeda od niskih temperatura, ovo je vjerojatno rezultat poodmaklih promjena uslijed ozljeda od niskih temperatura. Ozljede od niskih temperatura rezultat su kolapsa fizioloških procesa u plodu. Manganaris i sur. (2005b) uočili su tijekom dospijevanja pojačanu aktivnost enzima celulaze, koji djeluje na slabljenje stanične stijenke, čime se olakšava izlazak vode iz stanice te je tako olakšan pristup pektinima u staničnoj stijenci na koje djeluju pektolitički enzimi, a čiji neuravnotežen metabolizam može dovesti i do pojave vunavosti (Ben-Arie i Sonogo, 1980).

Ukupni kalo je zbroj kala čuvanja i kala police te je kod obje sorte uočljivo da je na ukupni kalo najviše djelovao kalo police (Grafikoni 5 i 6). To je i logično, jer se život ploda na polici, premda je trajao značajno kraće od čuvanja, odvijao se na sobnoj temperaturi koja je optimalna za dospijevanje ploda, ali i za isparavanje vode iz ploda.

Pokazatelji kakvoće ploda (tvrdoća, udio topljive suhe tvari, sadržaj ukupnih kiselina, omjer udjela topljive suhe tvari i sadržaja ukupnih kiselina, pH reakcija soka i elektrovodljivost) pokazali su neke značajne razlike. Gledajući svojstva kod kojih nije bilo značajnih interakcija (Tablica 4), uočava se razlika između sorata (Tablica 5). Sorta 'Venus' imala je značajno veći sadržaj ukupnih kiselina pa je stoga i omjer udjela topljive suhe tvari i sadržaja ukupnih kiselina manji. Poznato je da su takve razlike moguće među sortama pa stoga ovo ne treba više objašnjavati. Zanimljiva je veća razina elektrovodljivosti soka ploda kod sorte 'Venus'. S dospijevanjem ploda elektrovodljivost ploda raste (Weaver i Jackson, 1966.). Taylor i sur. (1995) to objašnjavaju propusnošću stanične membrane koja dospijevanjem slabi te tako omogućava kretanje minerala, a time i električnih impulsa kroz membranu. To bi podrazumijevalo da sorta 'Venus' ima propusniju staničnu membranu, što bi značilo da se nalazila u kasnijoj fazi dospijevanja u odnosu na sortu 'Diamond Ray'. Propusnija stanična membrana mogla bi značiti i lakši pristup pektolitičkih enzima do pektina unutar stanične membrane. U ovom istraživanju elektrovodljivost je mjerena u soku, a ne u plodu. Prilikom cijedenja soka dolazi do razaranja stanica, oslobađanja soka i izlaska soka iz stanica. Time su minerali postali pokretljiviji i električni impulsi su se mogli slobodnije kretati. U prilog ovoj tvrdnji idu i rezultati koje su dobili Brummell i sur. (2004b). koji su utvrdili da u soku dobivenom iz zdravih plodova gotovo da i nema živih i stanica, dok su kod plodova koji su pokazivali ozljede od niskih temperatura utvrdili i do 30% živih stanica. Sorta 'Venus' nije pokazivala simptome ozljeda od niskih temperatura za razliku od sorte 'Diamond Ray' koja je nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici imala visoki udio plodova sa simptomima ozljeda od niskih temperatura (Tablica 12). Nižoj razini elektrovodljivosti soka kod sorte 'Diamond Ray' vjerojatno su pridonijeli niži sadržaj ukupnih kiselina, kao i geliranje soka u plodu. Fishman i sur. (1992) utvrdili su da se raspadom stanične stjenke, osim pektina otpuštaju i Ca^{2+} ioni, koji zajedno s pektatima (pektini sa stupanjem esterifikacije nižim od 5%) tvore kalcij pektatne gelove. Pri tome se Ca^{2+} ioni iskoriste za tvorbu gela, pa ih više nema u soku, što smanjuje elektrovodljivost soka. S obzirom na to da niža elektrovodljivost soka može biti uzrokovana i vezanjem minerala u gelove, ovi rezultati pokazuju da je potrebno detaljnije utvrditi povezanost elektrovodljivosti soka s ozljedama od niske temperature. Da elektrovodljivost nije uvjetovana samo ovim čimbenicima, pokazuje činjenica da je nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici elektrovodljivost soka bila na višoj razini nego nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici.

Kod usporedbe tretmana (Tablica 5) uočava se sličan trend kao i kod kala plodova. Ako ima značajnih razlika između tretmana kod svojstava kakvoće ploda, one uglavnom razlikuju

plodove kontrole i zračni toplinski tretman (HAT 45 °C/24). Tako zračni tretman ima značajno niži sadržaj ukupnih kiselina u usporedbi s plodovima kontrole. Omjer udjela topljive suhe tvari i sadržaja ukupnih kiselina je pak veći kod plodova iz zračnog toplinskog tretmana nego kod plodova iz tretmana HWD 48 °C 12', ali nema razlike u odnosu na plodove kontrole. Budući da je tretman HAT 45 °C/24 dugotrajan, vjerojatno je na ove rezultate imao veći utjecaj nego vodeni tretmani. Više temperature značajno utječu na brže dospijevanje plodova tijekom kojeg dolazi do razgradnje organskih kiselina u plodu i nakupljanja sadržaja šećera, što sa sobom povlači veći omjer udjela topljive suhe tvari i sadržaja ukupnih kiselina. Reakcija soka prati trend ukupnih kiselina te je tako pH soka kod plodova kontrole značajno niži nego kod plodova iz tretmana HAT 45 °C/24.

Promatrajući svojstva kakvoće ploda zasebno po sorti i vremenu čuvanja, kod sorte 'Diamond Ray' nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici uočava se trend da svi tretmani imaju veću tvrdoću plodova u odnosu na plodove kontrole, ali samo plodovi iz tretmana HWD 52 °C 2' pokazuju značajnu razliku (Grafikon 7). Ovo su zanimljivi rezultati, s obzirom na to da plod dospijevanjem mekša. Ipak, ovu pojavu moguće je objasniti također pomoću ozljeda od niskih temperatura, budući da su one uočene samo kod plodova čuvanih četiri tjedna i pet dana života na polici. Struktura plodova sa znakovima ozljeda od niskih temperatura u ovom istraživanju nije istraživana, a poznato je da je kožasta tekstura ploda povezana s većom tvrdoćom plodova (Ju i sur., 2001).

Kod sorte 'Venus' nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici uočena je značajno niža tvrdoća plodova kontrole, kao i plodova iz tretmana HWD 48 °C 6' u odnosu na plodove iz tretmana HWD 52 °C 2' i HAT 45 °C/24 (Grafikon 8). Nakon četiri tjedna došlo je do promjene te je tako značajno veća tvrdoća uočena kod plodova iz tretmana HWD 48 °C 6'. Ovi rezultati pokazuju da i kod sorte 'Venus' toplinski tretmani mogu utjecati na bolju tvrdoću plodova. Ipak, uspješnost tretmana između sorata se razlikuje, što upućuje da tretmane treba prilagoditi svakoj sorti posebno.

Udio topljive suhe tvari kod sorte 'Diamond Ray' bio je značajno niži kod plodova iz tretmana HWD 48 °C 6', HWD 52 °C 2' i HAT 45 °C/24 u odnosu na plodove kontrole nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici (Grafikon 9). Premda te razlike nisu velike, one su statistički značajne, što upućuje na to da bi toplinski tretmani mogli imati negativan utjecaj na ovo svojstvo; to nije bilo očekivano, jer više temperature stimuliraju razgradnju kiselina i nakupljanje šećera. Nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici nije bilo razlika u udjelu topljive suhe tvari među tretmanima, ali je uočljiv trend nešto većeg udjela topljive suhe tvari kod plodova koji su čuvani četiri tjedna i pet dana života na polici. Ovo je

očekivani rezultat, jer se dospijevanjem plodova udio topljive suhe tvari povećava. Također, nakon četiri tjedna uočen je veći kalo plodova, koji najvećim dijelom čini gubitak vode iz ploda, čime se tvari u soku koncentriraju, pa se tako koncentracija topljive suhe tvari u plodu povećava.

Sorta 'Venus' nije pokazala značajne razlike u udjelu topljive suhe tvari između plodova kontrole i tretiranih plodova ni nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici, ni nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici (Grafikon 10). Kao i kod sorte 'Diamond Ray', i ovdje se uočava trend većeg udjela topljive suhe tvari u plodovima koji su čuvani četiri tjedna i pet dana života na polici, što je u skladu opće poznatim procesima tijekom dospijevanja i čuvanja plodova, a koji su ranije već spomenuti.

Promatrajući sadržaj ukupnih kiselina kod sorte 'Diamond Ray' (Grafikon 11), uočava se značajan pad sadržaja ukupnih kiselina kod plodova iz tretmana HWD 52 °C 2' i HAT 45 °C/24 nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici, dok nakon četiri tjedna nije bilo značajnih razlika između tretmana i plodova kontrole. S obzirom na to da viša temperatura djeluje na bržu degradaciju kiselina, ovakvi su rezultati očekivani kod oba tretmana. Kod tretmana HWD 52 °C 2', plodovi su se brže i jače zagrijavali u odnosu na tretmane HWD 48 °C 6' i HWD 48 °C 12', a kod plodova iz tretmana HAT 45 °C/24 zagrijavanje je teklo sporije, ali je trajalo 2,5 sati.

Sorta 'Venus' nije pokazala značajne razlike u sadržaju ukupnih kiselina između tretmana kod oba vremena čuvanja (Grafikon 12), ali kao i sorta 'Diamond Ray' pokazuje trend zadržavanja sadržaja ukupnih kiselina na podjednakoj razini tijekom dužeg čuvanja. Ovi podaci još jednom dokazuju kako različite sorte različito reagiraju na toplinske tretmane. Zadržavanje sadržaja ukupnih razina tijekom duljeg čuvanja je vrlo zanimljivo jer pokazuje da čuvanje nektarine na niskim temperaturama uspješno čuva sadržaj ukupnih kiselina i do četiri tjedna. Premda je utjecaj niske temperature čuvanja na očuvanje sadržaja ukupnih kiselina već dobro poznat, rezultati ovog istraživanja pokazuju da bi kod nekih sorata toplinski tretmani poslije berbe mogli imati utjecaja na zadržavanje većeg sadržaja ukupnih kiselina. Također, kod breskve i nektarine sadržaj ukupnih kiselina ima poseban značaj s obzirom na njihovu sezonu konzumacije. Breskve i nektarine najviše se konzumiraju u ljetnom dijelu godine, kada potrošači u voću traže određenu količinu kiselina zbog osvježavajućeg okusa. Ipak, za prihvaćenost plodova kod potrošača, osim sadržaja ukupnih kiselina, važan je i odnos udjela topljive suhe tvari (što su uglavnom šećeri) i sadržaja ukupnih kiselina.

Odnos udjela topljive suhe tvari i sadržaja ukupnih kiselina kod sorte 'Diamond Ray' (Grafikon 13) nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici pokazao je značajno niži udio kod plodova iz tretmana HWD 48 °C 12' u odnosu na plodove iz tretmana HAT 45 °C/24. Ova razlika proizlazi iz značajno većeg sadržaja ukupnih kiselina kod plodova iz tretmana HWD 48 °C 12'. Nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici nije bilo značajnih razlika između tretiranih i plodova kontrole. Sorta 'Venus' nije pokazala nikakve značajne razlike između tretiranih i netretiranih plodova u odnosu udjela topljive suhe tvari i sadržaja ukupnih kiselina, bez obzira na vrijeme čuvanja (Grafikon 14). Ovaj rezultat je razumljiv, s obzirom na to da ni udio topljive suhe tvari ni sadržaj ukupnih kiselina nije pokazao nikakve značajne razlike između tretmana. Stoga se može zaključiti da toplinski tretmani ne narušavaju ovo svojstvo plodova, što je pozitivno za održanje kakvoće ploda.

Rezultate sadržaja ukupnih kiselina kod sorte 'Diamond Ray' prate i rezultati pH reakcije soka (Grafikon 15). Nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici značajno se razlikuje samo pH reakcija soka plodova iz tretmana HAT 45 °C/24, koja je najviša, dok između plodova iz vodenih tretmana i plodova kontrole nije bilo razlike. Kod sadržaja ukupnih kiselina uz plodove iz tretmana HAT 45 °C/24, značajno niži sadržaj ukupnih kiselina imao je i tretman HWD 52 °C 2', ali ova je razlika vjerojatno zbog metodologije mjerenja. Reakcija soka je negativni logaritam koncentracije H^+ iona i mjeri sve H^+ ione u soku, dok ukupne kiseline (titracijska metoda) ne mjeri sve H^+ ione koji se nalaze u soku. Stoga je titracijska kiselost uvijek nešto niža nego pH (Boulton, 1980). Kod sorte 'Venus' nije bilo nikakvih značajnih razlika u reakciji soka, bez obzira na tretman i vrijeme čuvanja (Grafikon 16), što vrijedi i za sadržaj ukupnih kiselina.

Značajnu razliku u elektrovodljivosti pokazali su jedino plodovi sorte 'Diamond Ray' iz tretmana HWD 48 °C 6' i HWD 48 °C 12' nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici (Grafikoni 17 i 18), koji su imali značajno veću elektrovodljivost u odnosu na plodove kontrole. Premda su plodovi iz tih tretmana imali i najveći udio plodova s ozljedama od niskih temperatura, preko 80 %, (Tablica 12), elektrovodljivost soka ne bi mogla biti pokazatelj ozljeda od niskih temperatura samostalno. To proizlazi iz rezultata koji pokazuju da nije bilo značajnih razlika u elektrovodljivosti između toplinskih tretmana, a plodovi iz tretmana HAT 45 °C/24 pokazali su značajno manji udio plodova s ozljedama od niskih temperatura.

Neki od simptoma ozljeda od niskih temperatura su i posmeđenje mesa i crvenilo mesa. Stoga se s analizom boje mesa ploda željelo utvrditi postoji li razlika u boji mesa koju bi se moglo izmjeriti i prije nego li nastanu ljudskom oku vidljive ozljede od niskih temperatura. S obzirom na to da su sve komponente boje (svjetlina, crveno-zelena komponenta i žuto-plava

komponenta) pokazale značajne interakcije (Tablica 6) LSD test između sorata, vremena čuvanja i tretmana nije proveden (Tablica 7). Analiza značajnosti razlika provedena je nakon razlaganja po sorti, vremenu čuvanja i tretmanu.

Kod sorte 'Diamond Ray' vidljiv je značajan utjecaj toplinskih tretmana na svjetlinu boje nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici (Grafikon 19). Toplinski tretmani pokazali su svjetliju boju mesa nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici. Svjetlija boja mesa djeluje na svježiji izgled ploda, stoga toplinski tretmani pokazuju povoljan utjecajna kakvoću kraće čuvanih plodova. Rezultati sorte 'Diamond Ray' nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici nešto su drugačiji. Nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici, zračni toplinski tretman (HAT 45 °C/24) pokazao je najmanju svjetlinu boje koja je djelovala zagasito. Zanimljivo je da na temelju izgleda mesa ploda ovaj tretman ima niži udio neprihvatljivih plodova, ali ta razlika nije bila statistički značajna (Tablica 12).

Kod sorte 'Venus' nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici značajno nižu svjetlinu boje mesa ploda imali su plodovi iz tretmana HAT 45 °C/24, nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici značajno nižu svjetlinu boje imali su plodovi kontrole (Grafikon 20). Premda nije napravljena statistička analiza, promatrajući oba vremena čuvanja, uočava se jedna nelogičnost, a to je da su plodovi iz tretmana HAT 45 °C/24 nakon dva tjedna čuvanja imali nižu svjetlinu boje nego nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici. To je vjerojatno povezano i s mnogo manjim sadržajem žute komponente boje kod istih plodova (Grafikon 24), ali nije jasno što je uzrok ove razlike. Promatrajući crveno-zelenu komponentu boje mesa ploda sorte 'Diamond Ray' (Grafikon 21) nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici uočava se značajno niži udio crvene boje kod svih toplinskih tretmana u odnosu na plodove kontrole. To pokazuje da bi primjena toplinskih tretmana mogla biti uspješna u smanjenju ozljeda od niskih temperatura. Jedan od simptoma ozljeda od niskih temperatura je i crvenilo mesa te posmeđenje mesa, a crvena boja sudjeluje i u smeđoj boji. Nakon četiri tjedna vidljiv je trend (statistička analiza između vremena čuvanja nije provedena) drastičnog povećanja udjela crvene boje u boji mesa ploda te tako plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12' pokazuju značajno veći udio crvene boje u odnosu na plodove kontrole i plodove iz tretmana HWD 52 °C 2'. S obzirom na to da su se u svim tretmanima i u plodovima kontrole pojavile ozljede od niskih temperatura, logičan je i povećan udio crvene boje u odnosu na dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici. Ovi podaci ukazuju da toplinski tretmani mogu smanjiti udio crvene boje u boji mesa nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici, ali i da se udio crvene boje nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici ubrzano povećava. Stoga se može zaključiti da bi, promatrajući ovo svojstvo,

toplinski tretmani kod sorte 'Diamond Ray' mogli povoljno utjecati na boju mesa ploda do dva ili tri tjedna čuvanja i pet dana života na polici. Ipak, Lurie i Crisosto (2005) navode da se čuvanjem plodova na 0 °C nakon tri tjedna može očekivati razvoj ozljeda od niskih temperatura. Stoga bi se utjecaj toplinskih tretmana na smanjenje ozljeda od niskih temperatura trebalo još provjeriti daljnjim istraživanjima tijekom duljeg čuvanja plodova na niskim temperaturama.

Kod sorte 'Venus' značajno veći udio crvene boje u boji mesa ploda nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici pokazali su samo plodovi iz tretmana HAT 45 °C/24 (Grafikon 22). Nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2' pokazali su značajno manji udio crvene boje u boji mesa ploda u odnosu na plodove kontrole i plodove iz tretmana HWD 48 °C 6'. Plodovi iz tretmana HAT 45 °C/24 pokazali su nedostatak crvene boje i prisutnost zelene boje u boji mesa ploda nakon 4 tjedna čuvanja i 5 dana života na polici. Sorta 'Venus' sorta u normalnim uvjetima pokazuje crvenilo mesa u zoni oko koštice te se to ne smatra ozljedom od niskih temperatura već sortnim svojstvom. Stoga rezultati o vrlo malom udjelu crvene boje u boji mesa ili čak nedostatku čine se vrlo zanimljivi i teško ih je objasniti. Ovakvi različiti rezultati ukazuju da bi toplinski tretmani mogli različito djelovati na promjenu boje mesa ploda, a tako i na pojavu ozljeda od niskih temperatura kod različitih sorata. Boja mesa ploda je i sortno svojstvo, stoga bi kod nekih sorata promjene u boji mesa ploda možda mogle ukazivati na rane znakove pojave ozljeda od niskih temperatura.

Sorta 'Diamond Ray' nije pokazala značajnih razlika u udjelu žute boje između plodova kontrole i plodova iz toplinskih tretmana nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici, ali ni nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici (Grafikon 23). S obzirom na to da sorta 'Diamond Ray' pripada skupini nektarina sa žutom bojom mesa, ovi rezultati su potpuno razumljivi i u skladu sa svojstvima sorte.

Sorta 'Venus', premda također pripada skupini nektarina žute boje mesa, u ovom istraživanju pokazuje značajne razlike u nekim tretmanima (Grafikon 24). Tako nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2' imaju značajno veći udio žute boje u odnosu na plodove kontrole i plodove iz tretmana HAT 45 °C/24. Također, plodovi iz tretmana HAT 45 °C/24 imaju značajno manji udio žute boje u odnosu na plodove kontrole i plodove iz ostalih tretmana. Nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici rezultati su bili slični. Najveći udio žute boje imali su plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2' u odnosu na plodove kontrole i plodove iz tretmana HWD 48 °C 6'. Zanimljivo je da su, za razliku od čuvanja dva tjedna i pet dana života na

polici, plodovi iz tretmana HAT 45 °C/24 nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici, pokazali znatno veći udio žute boje u boji mesa ploda koji se nije razlikovao od plodova iz ostalih tretmana ni plodova kontrole. Kako plodovi sorte 'Venus' nisu pokazali simptome ozljeda od niskih temperatura, ove je razlike teško objasniti. Izgleda da kod sorte 'Venus' toplinski tretmani različito djeluju na udio žute boje u boji mesa ploda kod različitog vremena čuvanja. Ovakve nejasne rezultate svakako bi trebalo detaljnije istražiti da se utvrdi je li ovo iznimka ili se tu krije još kakav utjecaj drugih čimbenika, možda karotenoida. Poznato je da su karotenoidi skupina biljnih pigmenata čija boja varira od svijetložute preko narančaste pa sve do crvene. Također, važno svojstvo karotenoida jest antioksidativno djelovanje. Di Vaio i sur. (2008) navode lagano smanjenje sadržaja karotenoida u plodu tijekom sedam dana čuvanja na niskim temperaturama, a Gil i sur. (2002) da je antioksidativna aktivnost karotenoida višestruko niža od fenolnih spojeva. Ipak, promatrajući utjecaj zračnog toplinskog tretmana na intenzitet ozljeda od niskih temperatura, povećanje žute komponente boje u boji mesa ploda nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici moglo bi biti posljedica povećanja sadržaja karotenoida u plodu kao antioksidativnog odgovora na fiziološke procese uzrokovane čuvanjem na niskim temperaturama.

Udio pektina topljivih u vodi, pektina topljivih u amonijevom oksalatu i pektina topljivih u natrijevoj u lužini pokazali su signifikantne razlike između tretmana u oba vremena čuvanja kod obje sorte. Mnogi autori navode promjene u strukturi pektina tijekom dospijevanja (Ketsa i sur., 1999; Mao i Zhang, 2001; Zhang i sur., 2010; Zhang i sur., 2012). Billy i sur. (2008) navode da je sadržaj galakturonske kiseline u frakciji pektina topljivih u vodi važan pokazatelj promjene teksture mesa ploda. Lurie i sur. (2003) navode povezanost sadržaja netopljivih pektina s nastankom ozljeda od niskih temperatura, a Fishman i sur. (1992) navode da je za nastanak vunavosti odgovoran sadržaj pektina topljivih u vodi. To djelomično potvrđuju i rezultati ovog istraživanja. Značajno manji udio pektina topljivih u vodi kod sorte 'Diamond Ray' nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici (Grafikon 25) pokazali su plodovi kontrole i plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6' i HAT 45 °C/24. Plodovi kontrole i plodovi tretmana HAT 45 °C/24 imali su i značajno manji udio plodova s ozljedama od niskih temperatura (Tablica 12), dok plodovi tretmana HWD 48 °C 6' nisu pokazali značajno manji udio plodova s ozljedama od niskih temperatura. Iako nije bilo značajne razlike, plodovi tretmana HWD 48 °C 6' pokazali su nešto manji udio plodova s ozljedama od niskih temperatura, za razliku od plodova iz tretmana HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2'. Nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici, plodovi sa znatno većim udjelom pektina topljivih u vodi (HWD 48 °C 12' i HAT 45 °C/24) u odnosu na plodove iz

drugih tretmana (plodovi kontrole i HWD 52 °C 2') nisu pokazali ozljede od niskih temperatura. Ni kod sorte 'Venus' kod oba vremena čuvanja nije uočena povezanost udjela pektina topljivih u vodi s ozljedama od niskih temperatura (Grafikon 26 i Tablica 12).

Nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici kod sorte 'Diamond Ray' svi tretmani su se značajno razlikovali u udjelu pektina topljivih u amonijevom oksalatu (Grafikon 27). Ipak, vidljivo je da niže udjele pektina topljivih u amonijevom oksalatu pokazuju plodovi iz tretmana (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2') s većim udjelom plodova s ozljedama od niskih temperatura (Tablica 12). Nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici, plodovi kontrole imali su značajno manji udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu, ali nisu pokazali ozljede od niskih temperatura. Plodovi sorte 'Venus' ni u jednom tretmanu nisu imali značajno manji udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici (Grafikon 28). Međutim, nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici, pokazale su se razlike u udjelu pektina topljivih u amonijevom oksalatu između tretmana. Kod sorte 'Venus' nisu uočeni plodovi s ozljedama od niskih temperatura nakon oba vremena čuvanja.

Premda su obje sorte pokazale razlike u nekim tretmanima u oba vremena čuvanja u udjelu pektina topljivih u natrijevoj lužini, ti rezultati nisu pokazivali nikakav trend koji bi se mogao povezati s pojavom ozljeda od niskih temperatura. Stoga se može zaključiti da bi odnos između frakcije pektina topljivih u vodi i pektina topljivih u lužini mogao imati utjecaj na ozljede od niskih temperatura.

Simptomi ozljeda od niskih temperatura uključuju i geliranje soka, pojavu brašnjave ili vunaste teksture. Zajednička karakteristika ovih simptoma je da plodovi, premda sadrže jednaku količinu vode kao i zdravi plodovi, djeluju suho. Baš zbog iste količine vlage i zdravim i plodovima s ozljedama od niske temperature, ozljedu od niskih temperatura nije moguće utvrditi razlikom u masi između svježje i suhe tvari. Ali Crisosto i Labavitch (2002) su utvrdili da indeks sočnosti, tj. udio slobodnog soka, može biti pokazatelj ozljeda od niskih temperatura. Plodovi iz tretmana HWD 48 °C 12', HWD 52 °C 2' i HAT 45 °C/24 pokazali su značajno niži indeks sočnosti nego plodovi kontrole kod sorte 'Diamond Ray' nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici (Grafikon 33). Premda nije napravljena statistička analiza indeksa sočnosti između dva vremena čuvanja, kod sorte 'Diamond Ray', uočljiv je trend smanjenja indeksa sočnosti nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici u odnosu na dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici. Kod sorte 'Venus' bilo je razlika u indeksu sočnosti među nekim tretmanima, ali se ne uočava trend smanjenja indeksa sočnosti s obzirom na vrijeme čuvanja (Grafikon 34). Budući da su plodovi sorte 'Diamond Ray'

pokazali ozljede od niskih temperatura nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici, a plodovi sorte 'Venus' nisu, može se zaključiti da indeks sočnosti može biti pokazatelj ozljeda od niskih temperatura. Ipak, dobiveni rezultati upućuju da indeks sočnosti promatran zasebno u nekom trenutku ne može biti pokazatelj ozljeda od niskih temperatura, tj. da se ne može utvrditi točan indeks koji bi pokazivao ima li ili nema ozljeda od niskih temperatura, već bi trebalo vidjeti promjenu indeksa sočnosti tijekom čuvanja. U ovom istraživanju nije praćena promjena indeksa sočnosti pa to treba provjeriti budućim istraživanjima. Također, vidljiv je trend različitog indeksa sočnosti između sorata, što dodatno potvrđuje da bi razlika u indeksu tijekom čuvanja mogla biti bolji pokazatelj nastanka ozljeda od niskih temperatura od samog indeksa sočnosti.

Kao što je već više puta spomenuto, ozljede od niskih temperatura su se pojavile samo kod plodova sorte 'Diamond Ray' nakon četiri tjedna i pet dana čuvanja na niskim temperaturama. To je donekle i razumljivo, s obzirom na to da je sorta 'Diamond Ray' osjetljivija na ozljede od niske temperature, a sorta 'Venus' otpornija. Ipak, zanimljivi su rezultati da sorta 'Venus' nije pokazala ozljede od niskih temperatura ni nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici. To je čini pogodnom za uzgoj za konzumaciju na udaljenim tržištima ili za produženu sezonu. Zanimljivi i neočekivani rezultati su i da su svi vodeni tretmani (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2') kod sorte 'Diamond Ray' pokazali veći indeks ozljeda od niskih temperatura u usporedbi s plodovima kontrole i plodovima iz tretmana HAT 45 °C/24. To pokazuje da ovi vodeni tretmani ne sprječavaju nastanak ozljeda od niskih temperatura, nego ga čak i pospješuju. Ideja za primjenu toplinskih tretmana, posebice vodenih bila je upravo suprotna. Cilj je bio smanjiti ozljede od niskih temperatura, budući da su se oni pokazali uspješni na drugim vrstama, kao što je to jabuka (Jemrić i sur., 2006). Mnogi autori (Atkinson i sur., 2012; Choi i Lee, 1997; Lurie i sur., 2003; Mao i Zhang, 2001) navode ulogu pektolitičkih enzima (endo-poligalakturonaza, egzo-poligalakturonaza i pektin esteraza) u nastanku ozljeda od niskih temperatura. Aktivnost poligalakturonaze djeluje na mekšanje plodova (Smith i sur., 1988). To se vjerojatno događa zbog toga što ona cijepa pektinske lance, čime stanična stjenka slabi. Za ozljede od niske temperature važna je upravo ta njena funkcija cijepanja pektinskih lanaca na manje dijelove koji su tada podložni: (1) daljnjem cijepanju na manje dijelove pod utjecajem poligalakturonaze, ili (2) utjecaju pektin esteraze koja iz pektina uklanja metilnu skupinu s C₆ atoma galakturonozila. Za optimalnu aktivnost poligalakturonaze potreban pH 4,0 do 4,5 i temperatura 40 do 45 °C (Favela-Torres i sur., 2006). Toplinski tretmani su to upravo i postigli. Ozljede od niske temperature razvijaju se od koštice prema površini ploda, stoga su

za početak ozljeda od niskih temperatura bitni uvjeti kod koštice. Temperatura mesa kod koštice bila je 41 °C nakon šest minuta, a 44 do 44,5 °C nakon 12 minuta potapanja u vodi temperature 48 °C (Grafikoni 43 i 44). Kod potapanja u vodu temperaturi 52 °C temperatura mesa kod koštice bila je 36 do 38 °C (Grafikoni 45 i 46). Kod zračnog toplinskog tretmana temperatura kod koštice nakon 105 minuta dosegla je 40 °C, a nakon 150 minuta 44,8 °C (Grafikoni 47 i 48). Reakcija soka bila je podjednaka u svim tretmanima i iznosila je pH 3,7 do 4,0 (Grafikoni 15 i 16). Sasaki i sur. (2010) su utvrdili da kod sličnih tretmana vunavost u plodu može biti pojačana, i to objašnjavaju optimalnom temperaturom za aktivnost pektin esteraze (40 do 45 °C). Mollendorff i Villiers (1988) utvrdili su da vunavi plodovi imaju nižu aktivnost poligalakturonaze od zdravih plodova. Slično su utvrdili i Zhou i sur. (2000b) koji navode da neuravnotežena aktivnost poligalakturonaze i pektin esteraze može dovesti do razvoja vunavosti. Girardi i sur. (2005) zaključuju da se ozljede od niskih temperatura mogu ublažiti na dva načina: (1) povećanjem aktivnosti poligalakturonaze ili (2) smanjenjem aktivnosti pektin esteraze. To potvrđuju i rezultati Mao i Zhang (2001), koji kažu da toplinski tretmani prije i tijekom čuvanja mogu održati aktivnost poligalakturonaze na povoljnoj razini. Stoga je i cilj ovih toplinskih tretmana bio povećati aktivnost poligalakturonaze, ali izgleda da su ovi tretmani povećali i aktivnost pektin esteraze, što je dovelo da ozljeda od niskih temperatura. U takvim uvjetima pektini se više deesterificiraju, nego degradiraju, što dovodi do vunavosti (Dawson i sur., 1992; Lurie i sur., 1994). Zračni toplinski tretman (HAT 45 °C/24) trajao je duže, ali je pokazao i značajno bolji utjecaj na ozljede od niskih temperatura. To bi moglo značiti da je za povećanje aktivnosti poligalakturonaze, osim temperature i pH, potreban i dulji toplinski tretman. Aktivnosti ovih enzima nisu mjerene u ovom istraživanju, stoga to ostaje za utvrditi daljnjim istraživanjima da bi se utvrdio precizniji razlog pojave ozljeda od niskih temperatura kod ovih tretmana. Na taj način bi se možda našao način da se ove tretmane samo modificira, budući da su pokazali da ne narušavaju kakvoću ploda tijekom čuvanja.

Premda su rezultati udjela neprihvatljivih plodova na temelju vizualnog dojma presjeka ploda očekivano pratili trend indeksa ozljeda od niskih temperatura, zanimljiva je činjenica da je u svim tretmanima udio neprihvatljivih plodova manji od indeksa ozljeda od niskih temperatura. Plodovi sa slabijim intenzitetom ozljeda od niskih temperatura računati su kao da nisu imali ozljede, s obzirom da je bilo teško razlikovati jesu li to simptomi ozljeda ili je to sortno svojstvo. Stoga se iz indeksa neprihvatljivih plodova može zaključiti da neki plodovi sa srednjim intenzitetom ozljeda od niskih temperatura i dalje mogu biti prihvatljivi za konzumaciju.

Analiza korelacije pojedinih svojstava (Tablica 13) pokazala je zanimljive rezultate. Neki su bili očekivani, poput visoke povezanosti udjela neprihvatljivih plodova i ozljeda od niskih temperatura, dok su drugi bili neočekivani, poput vrlo dobre povezanosti udjela pektina topljivih u amonijevom oksalatu i indeksa ozljeda od niskih temperatura.

Premda je bilo očekivano da će udio neprihvatljivih plodova pratiti indeks ozljeda od niskih temperatura, zanimljivo je bilo vidjeti da je prisutna visoka povezanost, ali ne i potpuna. Rezultati ova dva svojstva već su ranije uspoređena i komentirana.

Također, utvrđena je dobra povezanost udjela pektina topljivih u vodi s indeksom ozljeda od niskih temperatura (Tablica 13). Time su potvrđeni podaci iz literature (Ben-Arie i Sonogo, 1980; Choi i Lee, 1997). Dobru povezanost s ozljedama od niskih temperatura pokazao je i relativni udio pektina topljivih u vodi. Manji sadržaj vodotopljivih pektina dovodi do pojave vunavosti kod breskve (Choi i Lee, 1997). Gel tvore pektini topljivi u lužini, a ne pektini topljivi u vodi (Levaj i sur., 2003). Poligalakturonaza pospješuje otapanje vodotopljivih pektina iz stanične stijenke, čime pridonosi smanjenju ozljeda od niske temperature (Ben-Arie i Sonogo, 1980). Ranije su već spomenuti uvjeti koji su potrebni za optimalnu aktivnost poligalakturonaze.

Premda su Levaj i sur. (2003) utvrdili da gel tvore pektini topljivi u lužini, u ovom istraživanju nije utvrđena njihova povezanost s ozljedama od niskih temperatura. Premda struktura ozljeda od niskih temperatura nije prikazana, veći dio je činilo posmeđenje mesa. Stoga je to mogući razlog zašto nije utvrđena povezanost između indeksa ozljeda od niskih temperatura i udjela pektina topljivih u natrijevoj lužini. Levi i sur. (1988) i Levaj i sur. (2003) navode da je udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu malen (10 do 20%), dok je u našem istraživanju on u prosjeku iznosio 30-ak posto, ovisno o tretmanu, vremenu čuvanja i sorti. Da pektini topljivi u amonijevom oksalatu nisu zanemarivi, pokazuje i korelacija koja je utvrdila dobru povezanost s udjelom neprihvatljivih plodova, ali i vrlo dobru povezanost s indeksom ozljeda od niskih temperatura.

Udio pektina topljivih u vodi pokazao je dobru povezanost s indeksom ozljeda od niskih temperatura (Tablica 13). Ipak, regresijskom analizom (Grafikon 35) utvrđeno je da je uzročno-posljedična veza ipak slaba. Također, za razliku od literature utvrđeno je da povećanje udjela pektina topljivih u vodi dovodi do blagog porasta indeksa ozljeda od niskih temperatura. To je zanimljiv rezultat, s obzirom na to da se u literaturi navodi da je veći udio pektina topljivih u vodi kod zdravih plodova (Ben-Arie i Sonogo, 1980; Choi i Lee, 1997). Budući da se na Grafikonu 35 uočavaju neke ekstremne vrijednosti, vjerojatno je ta

povezanost pektina topljivih u vodi i indeksa ozljeda od niskih temperatura veća, a promjene jače. Stoga bi trebalo ovo svojstvo provjeriti daljnjim istraživanjem s većim uzorkom.

Udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu također je pokazao dobru povezanost s indeksom ozljeda od niskih temperatura (Tablica 13). Regresijskom analizom utvrđeno je da se povećanjem udjela pektina topljivih u amonijevom oksalatu indeks ozljeda od niskih temperatura smanjuje. U literaturi ova frakcija pektina i njen utjecaj na ozljede od niskih temperatura kod breskve nisu mnogo istraživani. Prema literaturi (Levaj i sur., 2003; Levi i sur., 1988), udio frakcije pektina topljivih amonijevom oksalatu je malen (10 do 20 %) u odnosu druge frakcije. U ovom istraživanju utvrđen je znatan udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu u nektarini, a povezanost je ove frakcije s ozljedama od niskih temperatura značajna.

S obzirom na to da je utvrđeno da veći sadržaj pektine topljivih u vodi povećava indeks ozljeda od niskih temperatura, a veći sadržaj pektina topljivih u amonijevom oksalatu smanjuju, provjerena je njihova međusobna povezanost. Korelacijskom analizom utvrđeno je da su ove dvije frakcije pektina dobro povezane, a regresija je pokazala i uzročno-posljedičnu vezu. Povećanjem udjela pektina topljivih u vodi, smanjuje se udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu. To dovodi do zaključka da čuvanje nektarine na niskim temperaturama dovodi do fizioloških procesa u plodu koji mijenjaju omjer ove dvije frakcije te da bi degradacijom pektina tijekom dospijevanja, vjerojatno uslijed neuravnotežene enzimatske aktivnosti poligalakturonaze i pektin esterase, pektini topljivi u amonijevom oksalatu prešli u pektine topljive u vodi.

Ranije navedeni rezultati povezanosti pektina topljivih u vodi i pektina topljivih u amonijevom oksalatu pokazali su potrebu za provjerom povezanosti njihovog omjera s indeksom ozljeda od niskih temperatura. Provedena korelacijska analiza pokazala je dobru povezanost omjera pektina topljivih u vodi i pektina topljivih u amonijevom oksalatu s indeksom ozljeda od niskih temperatura te je dalje provedena regresijska analiza (Grafikon 38). Regresijska analiza potvrdila je već spomenute rezultate samostalnog utjecaja pektina topljivih u vodi i pektina topljivih u amonijevom oksalatu na indeks ozljeda od niskih temperatura. Također, regresijska analiza ove povezanosti pokazala je još čvršću vezu ovih pektinskih frakcija s ozljedama od niskih temperatura ako ih se stavi u omjer. Stoga se može zaključiti da bi omjer ove dvije frakcije pektina mogao biti bolji pokazatelj ozljeda od niskih temperatura, nego same frakcije zasebno.

Udio trulih plodova između tretmana kod sorte 'Diamond Ray' je različit (Grafikon 31). Nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici, u tretmanu HAT 45 °C/24 bilo je

značajno više trulih plodova nego u tretmanima HWD 48 °C 6' i HWD 52 °C 2', ali se nisu razlikovali u usporedbi s kontrolom. Nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici nije bilo značajne razlike među tretmanima. Slični rezultati bili su kod sorte 'Venus'. Nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici nije bilo značajnih razlika, dok je nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici tretman HWD 48 °C 12' pokazao značajno manji udio trulih plodova u odnosu na HAT 45 °C/24. Ovakvi rezultati pokazuju da toplinski tretmani mogu utjecati na udio trulih plodova. Također je vidljivo da tretman HAT 45 °C/24 koji se koristi kao karantenski tretman protiv mediteranske voćne muhe u SAD-u, zapravo može povećati udio trulih plodova. Vodeni tretmani pokazuju različite rezultate. Tako kod sorte 'Diamond Ray' najbolji rezultati u smanjenju trulih plodova se postižu s tretmanima HWD 48 °C 12' (nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici) i HWD 52 °C 2', dok kod sorte 'Venus' s tretmanom HWD 48 °C 12'. Slične rezultate navode i Jemrić i sur. (2011), koji su utvrdili da tretman HWD 48 °C 12' značajno smanjuje infekciju i klijanje konidija *Monilinia spp.*, koja se smatra jednim od glavnih uzročnika truleži plodova breskve i nektarine nakon berbe.

Premda tretmani uglavnom nisu pokazali zadovoljavajuće rezultate s obzirom na smanjenje ozljeda od niskih temperatura, senzorno ocjenjivanje plodova pokazalo je njihov povoljan utjecaj na senzorna svojstva ploda (Grafikoni 39 do 42). Tako su kod sorte 'Diamond Ray' svi tretmani pokazali povoljan utjecaj na sva svojstva u odnosu na plodove kontrole. Plodovi zračnog toplinskog tretmana (HAT 45 °C/24) nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici bili su najbolje ocijenjeni u većini svojstava (čak 4 od 7), dok je u ostalima bio u među najboljima (Grafikon 39). Stoga je moguće zaključiti da toplinski tretmani povoljno utječu na senzorna svojstva ploda. Ovo je u skladu s drugim istraživanjima (Cano-Salazar i sur., 2013; Infante i sur., 2009). Plodovi s odgođenim hlađenjem (čuvanje plodova na 20 °C do 48 sati) prije čuvanja na niskim temperaturama imaju bolje senzorna svojstva od onih koji nisu imali odgođeno hlađenje (Cano-Salazar i sur., 2013). U ovom istraživanju plodovi su toplinski tretirani prije čuvanja na 0 °C, što je pokazalo sličan utjecaj. Budući da plodovi breskve i nektarine svojstva arome i okusa nakupljaju vrlo kasno i zahtijevaju mnogo svjetlosti i topline te ih se zbog toga bere bliže dospelosti, može se zaključiti da toplinski tretmani poslije berbe imaju upravo takav utjecaj. Izgleda da je temperatura koja se postiže u plodu tijekom tih toplinskih tretmana optimalna za razvoj arome. Razlike u ocjenama između plodova u različitim tretmanima vjerojatno su nastale zbog različitog trajanja tretmana. Kako je već spomenuto, najbolje ocjene za većinu svojstava dobili su plodovi iz tretmana HAT 45 °C/24, koji je trajao čak 150 minuta. Ta razlika između plodova kontrole, plodova iz vodenih

tretmana (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2') i zračnog toplinskog tretmana (HAT 45 °C/24) kod sorte 'Diamond Ray' još su izraženije. Netretirani plodovi su ocijenjeni najslabije (osim čvrstoće i općeg dojma), plodovi iz vodenih tretmana nešto bolje, a plodovi iz zračnog toplinskog tretmana najbolje u svim svojstvima (Grafikon 40).

Iznenadujući rezultat dalo je senzorno ocjenjivanje plodova sorte 'Venus', koje je pokazalo gotovo suprotne rezultate od onih sorte 'Diamond Ray' (Grafikoni 41 i 42). Tako su nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici kod sorte 'Venus' u najviše svojstava (čak 5) najbolje ocijenjeni plodovi iz tretmana HWD 48 °C 6', dok u ostalim svojstvima su bili osrednje ocijenjeni. Plodovi iz zračnog toplinskog tretmana bili su osrednje ocijenjeni u većini svojstava. Ocjene plodova kontrole bile su među najboljima u većini svojstava. Nakon četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici, razlike između tretmana u senzornim ocjenama plodova bile su veće. Iznenadenje je da su plodovi iz zračnog toplinskog tretmana, za razliku od onih kod sorte 'Diamond Ray' bili najslabije ocijenjeni u svim svojstvima, a plodovi kontrole su bili najbolje ocijenjeni u svim svojstvima. Vodeni tretmani su bili osrednje ocijenjeni, kao i kod sorte 'Diamond Ray'. Ovakvi dijametralno suprotni rezultati između sorata pokazuju još jednom njihovu posebnost te potvrđuju rezultate Cano-Salazar i sur. (2013) da razvoj hlapivih tvari ovisi toplinskim tretmanima, vremenu čuvanja te sorti. Zhang i sur. (2011a) utvrdili su smanjenje sadržaja hlapivih tvari arome kod plodova koji pokazuju simptome ozljeda od niskih temperatura. Ipak, kako su ozljede od niskih temperatura bile vidljive samo kod sorte 'Diamond Ray', postavlja se pitanje bi li možda gubitak arome mogao biti pokazatelj moguće pojave ozljede od niskih u fazi dok one još nisu uočljive.

Promjene temperature mesa ploda tijekom tretmana već su ranije spomenute i na njima nije napravljena statistička analiza. Ipak, u rezultatima mjerenja temperature mesa ploda (Grafikoni 43 do 48) uočava se jedna nelogičnost. Kod sorte 'Diamond Ray' meso ploda na dubini 15 cm zagrijavalo se sporije od mesa ploda kod koštice. To se dogodilo zato jer su plodovi sorte 'Venus' imali raspuknutu košticu te je medij tretmana (voda ili zrak) mogao ući u sredinu ploda te tako zagrijavati meso ploda iz sredine ploda.

7 ZAKLJUČAK

Iz provedenog istraživanja utjecaja različitih toplinskih tretmana na plodove nektarine sorata 'Diamond Ray' i 'Venus' može se zaključiti sljedeće:

Toplinski tretmani mogu smanjiti ukupni kalo kod plodova sorte 'Diamond Ray' čuvane dva tjedna i pet dana života na polici, dok su tijekom četiri tjedna čuvanja i pet dana života na polici promjene mase plodova između tretmana različite. Kod sorte 'Venus' smanjeni kalo plodova tijekom dva tjedna čuvanja na 0 °C i pet dana života na polici moguće je postići potapanjem plodova u toplu vodu 48 °C 6' i 52 °C 2'. Međutim, tretman vrućim zrakom HAT 45 °C/24 može povećati kalo kod sorte 'Venus' tijekom dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici.

Tretiranje plodova nektarine toplinskim tretmanima prije čuvanja utječe na tvrdoću ploda, udio topljive suhe tvari, sadržaj ukupnih kiselina, kalo tijekom čuvanja i života na polici te pH i elektrovodljivost soka, ali je utjecaj različit ovisno o sorti i vremenu čuvanja. Toplinski tretmani kod plodova sorte 'Diamond Ray' mogu smanjiti udio topljive suhe tvari i sadržaj ukupnih kiselina nakon dva tjedna čuvanja i pet dana života na polici. Toplinski tretmani nakon berbe ne narušavaju značajno svojstva kakvoće ploda nektarine.

Zračni toplinski tretman poboljšava senzorna svojstva plodova sorte 'Diamond Ray', ali može značajno narušiti senzorna svojstva plodova sorte 'Venus'. Vodeni toplinski tretmani kod obje ispitivane sorte djeluju podjednako na senzorna svojstva ploda.

Tretiranje plodova sorte 'Diamond Ray' vrućim zrakom (HAT 45 °C/24) prije čuvanja ne smanjuje udio plodova s ozljedama od niskih temperatura u odnosu na kontrolu, a potapanje plodova u toplu vodu (HWD 48 °C 6', HWD 48 °C 12' i HWD 52 °C 2') povećava udio plodova s ozljedama od niske temperature. Ozljede od niskih temperatura mogu utjecati na veću tvrdoću plodova kod sorte 'Diamond Ray' čuvane četiri tjedna na 0 °C i pet dana života na polici. Indeks sočnosti može biti pokazatelj ozljeda od niskih temperatura samo kod velikih promjena u sočnosti.

Primjena toplinskih tretmana prije čuvanja mijenja odnose pektinskih frakcija u plodu nektarine, ovisno o sorti. Udio frakcije pektina topljivih u vodi mogu biti pokazatelji ozljeda od niskih temperatura. Udio frakcije pektina topljivih u natrijevoj lužini nije pokazao povezanost s indeksom ozljeda od niskih temperatura te ne može biti pokazatelj ozljeda od niskih temperatura. Omjer udjela pektina topljivih u vodi i pektina topljivih u amonijevom oksalatu može biti dobar pokazatelj ozljeda od niskih temperatura.

Toplinski tretmani djeluju različito na fizikalna i kemijska svojstva plodova pojedine sorte te trebaju biti precizno podešeni da bi bili uspješni. Za čuvanje plodova sorte 'Diamond Ray' zračni toplinski tretman pokazao se najboljim jer ne povećava udio plodova s ozljedama od niskih temperatura, a može poboljšati senzorna svojstva plodova. Međutim, on nije prikladan za dulje čuvanje plodova sorte 'Venus', jer bitno narušava senzorna svojstva plodova te sorte. Treba provesti daljnja istraživanja na većem uzorku da se utvrdi točnija povezanost udjela pektinskih frakcija na pojavu ozljeda od niskih temperatura.

8 POPIS LITERATURE

- 2009/128/EC (2009). DIRECTIVE 2009/128/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides. In "Official Journal of the European Union", Vol. L309, pp. 71-86. The European Parliament and The Council of The European Union, Strasbourg.
- Amarante, C. V. T., Drehmer, A. M. F., Souza, F. i Francescato, P. (2005). Preharvest spraying with gibberellic acid (GA₃) and aminoethoxyvinylglycine (AVG) delays fruit maturity and reduces fruit losses on peaches. *Revista Brasileira de Fruticultura* 27 (1), 1-5.
- AOAC (1999). "Official methods of analysis of AOAC International," 16th Ed., 5th Revision/Ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Arana, I., Jarén, C. i Arazuri, S. (2007). Sensory and mechanical characterization of mealy apples and woolly peaches and nectarines. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 5 (2), 101-106.
- Atkinson, R. G., Sutherland, P. W., Johnston, S. L., Gunaseelan, K., Hallett, I. C., Mitra, D., Brummell, D. A., Schroder, R., Johnston, J. W. i Schaffer, R. J. (2012). Down-regulation of POLYGALACTURONASE1 alters firmness, tensile strength and water loss in apple (*Malus x domestica*) fruit. *BMC plant biology* 12, 129.
- Bachem, C. W. B., Speckmann, G., Linde, P. C. G., Verheggen, F. T. M., Hunt, M. D., Steffens, J. C. i Zabeau, M. (1994). Antisense expression of polyphenol oxidase genes inhibits enzymatic browning in potato tubers. *Nature Biotechnology* 12, 1101-1105.
- Bakshi, P. i Masoodi, F. A. (2005). Use of intermittent warming to control chilling injury in peach during storage. *Acta Horticulturae Sinica* 696, 523-526.
- Bakshi, P. i Masoodi, F. A. (2010). Effect of pre-storage heat treatment on enzymological changes in peach. *Journal of food science and technology* 47 (4), 461-464.
- Bakshi, P., Masoodi, F. A. i Singh, A. K. (2006). Effect of pre-storage heat treatment on peach quality I. Physical characteristics. *Indian Journal of Horticulture* 63 (4), 365-367.
- Balbontín, S. M. i Parada Hiriart, R. (2004). Conditioning of stone fruits: results of a new alternative for reducing flouriness and internal browning. *Revista Fruticola* 25 (3), 99-103.
- Bassi, D., Mignani, I. i Rizzo, M. (1998). Calcium and pectin influence peach flesh texture. *Acta Horticulturae* 465, 433-438.
- Bayer, E. A., Chanzy, H., Lamed, R. i Shoham, Y. (1998). Cellulose, cellulases and cellulosomes. *Current opinion in structural biology* 8 (5), 548-557.
- Ben-Arie, R. i Sonogo, L. (1980). Pectolytic enzyme activity involved in woolly breakdown of peach. *Phytochemistry* 19 (12), 2553-2555.
- Billy, L., Mehinagic, E., Royer, G., Renard, C. M. G. C., Arvisenet, G., Prost, C. i Jourjon, F. (2008). Relationship between texture and pectin composition of two apple cultivars during storage. *Postharvest Biology and Technology* 47 (3), 315-324.
- Bolitho, K. M., Lay-Yee, M., Knighton, M. L. i Ross, G. S. (1997). Antisense apple ACC-oxidase RNA reduces ethylene production in transgenic tomato fruit. *Plant Science* 122 (1), 91-99.
- Bonghi, C., Ferrarese, L., Ruperti, B., Tonutti, P. i Ramina, A. (1998). Endo- β -1,4-glucanases are involved in peach fruit growth and ripening, and regulated by ethylene. *Physiologia Plantarum* 102 (3), 346-352.

- Boulton, R. (1980). The relationship between total acidity, titratable acidity and pH in wine. *American Journal of Enology and Viticulture* 31 (1), 76-80.
- Brackmann, A., Bordignon, B. C. S., Giehl, R. F. H., Sestari, I. i Eisermann, A. C. (2007a). Storage of cv. 'Granada' peach fruit in controlled atmosphere aiming the transport for long distances. *Sciencia Rural* 37 (3), 676-681.
- Brackmann, A., Giehl, R. F. H., Sestari, I., Mello, A. M. D. i Guarienti, A. J. W. (2005). Use of controlled atmosphere for storage of 'Eldorado' peaches harvested at two maturity stages. *Revista Brasileira de Armazenamento* 30 (2), 209-214.
- Brackmann, A., Giehl, R. F. H., Sestari, I., Pinto, J. A. V. i Eisermann, A. C. (2007b). Quality of cv. 'Eldorado' peach fruit treated with aminoethoxyvinylglycine and ethephon and stored in controlled atmosphere. *Sciencia Rural* 37 (1), 79-84.
- Brady, C. J. (1993). Stone fruit. In "Biochemistry of Fruit Ripening" (Seymour, G., Taylor, J. i Tucker, G., eds.), pp. 379-404. Chapman and Hall, London.
- Brummell, D. A. (2007). How dynamic primary cell wall properties affect fruit tissue firmness; intercellular adhesion and the characteristics of processed fruit products. *Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft* 223, 53-60.
- Brummell, D. A., Dal Cin, V., Crisosto, C. H. i Labavitch, J. M. (2004a). Cell wall metabolism during maturation, ripening and senescence of peach fruit. *Journal of experimental botany* 55 (405), 2029-2039.
- Brummell, D. A., Dal Cin, V., Lurie, S., Crisosto, C. H. i Labavitch, J. M. (2004b). Cell wall metabolism during the development of chilling injury in cold-stored peach fruit: association of mealiness with arrested disassembly of cell wall pectins. *Journal of experimental botany* 55 (405), 2041-2052.
- Bustamante, C. A., Budde, C. O., Borsani, J., Lombardo, V. A., Lauxmann, M. A., Andreo, C. S., Lara, M. V. i Drincovich, M. F. (2012). Heat treatment of peach fruit: modifications in the extracellular compartment and identification of novel extracellular proteins. *Plant physiology and biochemistry* 60, 35-45.
- Cano-Salazar, J., López, M. L., Crisosto, C. H. i Echeverría, G. (2013). Volatile compound emissions and sensory attributes of 'Big Top' nectarine and 'Early Rich' peach fruit in response to a pre-storage treatment before cold storage and subsequent shelf-life. *Postharvest Biology and Technology* 76, 152-162.
- Cao, Y., Cao, Y., Li, Z., Ren, J. i Leng, P. (2008). Effect of pre-harvest calcium sprays on fruit quality and softening during storage of melting flesh peach. *Journal of China Agricultural University* 13 (6), 31-36.
- Carpita, N. C. i Gibeaut, D. M. (1993). Structural models of primary cell walls in flowering plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. *The Plant Journal* 3 (1), 1-30.
- Çelik, M., Özdemir, A. E. i Ertürk, E. (2006). Changes in some quality parameters if the Perfect Delight nectarine cultivar during cold storage and shelf life. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry* 30, 253-260.
- Choi, J., Lim, J., Jeong, M. i Kim, D. (2007). Effect of CO₂ treatment on postharvest quality of 'Kurakatawase' peach fruits. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 25 (1), 54-58.
- Choi, J. H. i Lee, S. K. (1997). Effect of MA storage on woolliness of 'Yumyeong' peaches. *Postharvest Horticulture Series - Department of Pomology, University of California* 17, 132-138.
- CIE (2008). Colorimetry - Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour Spaces. Vol. CIE S 014-4/E:2007(ISO 11664-4:2008). Commission Internationale de L'Eclairage, Vienna, Austria.

- Civello, P. M., Powell, A. L., Sabehat, A. i Bennett, A. B. (1999). An expansin gene expressed in ripening strawberry fruit. *Plant physiology* 121 (4), 1273-1280.
- Constabel, C. P. i Barbehenn, R. (2008). Defensive roles of polyphenol oxidase in plants. In "Induced Plant Resistance to Herbivory" (Schaller, A., ed.), pp. 253-269. Springer Science+Business Media B.V.
- Crisosto, C. H. (2006). Peach quality and postharvest technology. *Acta Horticulturae* 713, 479-487.
- Crisosto, C. H. i Labavitch, J. M. (2002). Developing a quantitative method to evaluate peach (*Prunus persica*) flesh mealiness. *Postharvest Biology and Technology* 25 (2), 151-158.
- Crisosto, C. H., Mitchell, F. G. i Ju, Z. G. (1999). Susceptibility to chilling injury of peach, nectarine, and plum cultivars grown in California. *Hortscience* 34 (6), 1116-1118.
- Crisosto, C. H., Scott Johnson, R., DeJong, T. i Day, K. R. (1997). Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality. *HortScience* 32 (5), 820-823.
- Cuquel, F. L., Fantin, E. R., Monte, B., Motta, A. C., May de Mio, L. L. i Monteiro, L. B. (2006). Effect of 1-MCP on post harvest performance of 'Chimarrita' peach fruits. *Acta Horticulturae* 713, 497-500.
- D'Aquino, S., Schirra, M., Palma, A., Tedde, M., Angioni, A., Garau, A. i Cabras, P. (2007). Residue levels and storage responses of nectarines, apricots, and peaches after dip treatments with fludioxonil fungicide mixtures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55 (3), 825-831.
- Dai, S. Q., Rao, J. P., Zhou, J. i Guo, W. (2007). Effect of ClO₂ treatment on postharvest physiology and enzymatic activity of nectarines. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* 27 (12), 2466-2470.
- Davidyuk, L. P. (1972). Studies on the quality of soluble pectin in relation to peach fruit ripening. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo Botanicheskogo Sada* 3 (19), 53-56.
- Dawson, D. M., Melton, L. D. i Watkins, C. B. (1992). Cell wall changes in nectarines (*Prunus persica*): Solubilization and depolymerization of pectic and neutral polymers during ripening and in mealy fruit. *Plant physiology* 100 (3), 1203-1210.
- Di Vaio, C., Graziani, G., Marra, L., Cascone, A. i Ritieni, A. (2008). Antioxidant capacities, carotenoids and polyphenols evaluation of fresh and refrigerated peach and nectarine cultivars from Italy. *European Food Research and Technology* 227 (4), 1225-1231.
- Duan, Y., Feng, S., Zhao, Y. i Ma, Q. (2004). Effect of 1-methylcyclopropene 1-MCP treatment on flesh cell ultrastructure of refrigerator-stored peaches. *Scientia Agricultura Sinica* 37 (12), 2039-2042.
- Favela-Torres, E., Volke-Sepulveda, T. i Viniegra-Gonzalez, G. (2006). Production of hydrolytic depolymerising pectinases. *Food Technology and Biotechnology* 44 (2), 221-227.
- Fishman, M. L., Cooke, P., Levaj, B., Gillespie, D. T., Sondey, S. M. i Scorza, R. (1992). Pectin microgels and their subunit structure. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 294 (1), 253-260.
- Fodor, J., Gullner, G., Adam, A. L., Barna, B., Komives, T. i Kiraly, Z. (1997). Local and systemic responses of antioxidants to tobacco mosaic virus infection and to salicylic acid in tobacco - Role in systemic acquired resistance. *Plant Physiology* 114 (4), 1443-1451.
- Fruk, G., Jemrić, T., Sever, Z., Škutin Matijaš, H. i Cvjetković, B. (2009). Effect of hot air treatment on nectarine fruit quality and storage decay. *Glasilo biljne zaštite* 9 (6), 410-417.
- Fruk, G., Nišević, L., Sever, Z., Miličević, T. i Jemrić, T. (2012). Effects of different postharvest heat treatments on decreasing decay, reducing chilling injury and

- maintaining quality of nectarine fruit. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 77 (1), 27-30.
- Fry, S. C. (1989). Analysis of cross-links in the growing cell walls of higher plants. In "Plant Fibers" (Linskens, H.-F. i Jackson, J. F., eds.), Vol. 10, pp. 12-36. Springer Berlin Heidelberg.
- Ghiani, A., Onelli, E., Aina, R., Cocucci, M. i Citterio, S. (2011). A comparative study of melting and non-melting flesh peach cultivars reveals that during fruit ripening endopolygalacturonase (endo-PG) is mainly involved in pericarp textural changes, not in firmness reduction. *Journal of experimental botany* 62 (11), 4043-4054.
- Gil, M. I., Tomas-Barberan, F. A., Hess-Pierce, B. i Kader, A. A. (2002). Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin c contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50 (17), 4976-4982.
- Girardi, C. L., Corrent, A. R., Lucchetta, L., Zanuzo, M. R., Costa, T. S. d., Brackmann, A., Twyman, R. M., Nora, F. R., Nora, L., Silva, J. A. i Rombaldi, C. V. (2005). Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripá) during cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 38 (1), 25-33.
- Gonzalez-Aguilar, G., Wang, C. Y. i Buta, G. J. (2004). UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84 (5), 415-422.
- Grierson, D. i Tucker, G. A. (1983). Timing of ethylene and polygalacturonase synthesis in relation to the control of tomato fruit ripening. *Planta* 157 (2), 174-179.
- Grima-Calvo, D., Peña, A. R. i Vendrell, M. (2005). Effect of different gas treatments (1-MCP and N₂O) and ma on ethylene biosynthesis, ripening and quality of peaches. *Acta horticulturae* 682 (973-978).
- Harholt, J., Suttangkakul, A. i Vibe Scheller, H. (2010). Biosynthesis of pectin. *Plant physiology* 153 (2), 384-395.
- Hayama, H., Fujimaru, O., Iwatani, A., Ito, A., Sakamoto, D., Okada, S. i Kashimura, Y. (2007). Influences of temperature during fruit growing season on fruit development of 'Akatsuki' peach. *Horticultural Research Japan* 6 (2), 201-207.
- Hu, H., Wang, G. i Li, Y. (2007). Advances in the study on peach flavor compounds. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* 23 (4), 280-287.
- Infante, R., Meneses, C. i Crisosto, C. H. (2009). Preconditioning treatment maintains taste characteristic perception of ripe 'September Sun' peach following cold storage. *International Journal of Food Science & Technology* 44 (5), 1011-1016.
- Jemrić, T., Ivić, D., Fruk, G., Škutin Matijaš, H., Cvjetković, B., Bupić, M. i Pavković, B. (2011). Reduction of postharvest decay of peach and nectarine caused by *Monilinia laxa* using hot water dipping. *Food and Bioprocess Technology* 4 (1), 149-154.
- Jemrić, T., Lurie, S., Đumija, L., Pavičić, N. i Hribar, J. (2006). Heat treatment and harvest date interact in their effect on superficial scald of 'Granny Smith' apple. *Scientia Horticulturae* 107 (2), 155-163.
- Jemrić, T. i Pavičić, N. (2004). Postharvest treatments of Satsuma mandarin (*Citrus Unshiu* Marc.) for the improvement of storage life and quality. In "Production Practices and Quality Assessment of Food Crops" (Dris, R. i Jain, S., eds.), pp. 213-227. Springer Netherlands.
- Jia, H. J., Mizuguchi, K., Hirano, K. i Okamoto, G. (2006). Effect of fertilizer application level on pectin composition of Hakuho peach (*Prunus persica* Batsch) during maturation. *Hortscience* 41 (7), 1571-1575.

- Jimenez-Bermudez, S., Redondo-Nevado, J., Munoz-Blanco, J., Caballero, J. L., Lopez-Aranda, J. M., Valpuesta, V., Pliego-Alfaro, F., Quesada, M. A. i Mercado, J. A. (2002). Manipulation of strawberry fruit softening by antisense expression of a pectate lyase gene. *Plant physiology* 128 (2), 751-759.
- Ju, Z., Duan, Y. i Ju, J. (1999). Combinations of GA₃ and AVG delay fruit maturation, increase fruit size and improve storage life of 'Feicheng' peaches. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 74 (5), 579-583.
- Ju, Z. G., Duan, J. S. i Ju, Z. Q. (2000). Leatheriness and mealiness of peaches in relation to fruit maturity and storage temperature. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 75 (1), 86-91.
- Ju, Z. G., Duan, Y. S., Ju, Z. Q. i Guo, A. X. (2001). Different responses of 'Snow Giant' and 'Elegant Lady' peaches to fruit maturity and storage temperature. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 76 (5), 575-580.
- Kan, J., Liu, J. i Jin, C. H. (2013). Changes in cell walls during fruit ripening in Chinese 'Honey' peach. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 88 (1), 37-46.
- Kan, J., Wang, H.-m. i Jin, C.-h. (2011). Changes of reactive oxygen species and related enzymes in mitochondrial respiration during storage of harvested peach fruits. *Agricultural Sciences in China* 10 (1), 149-158.
- Ketsa, S., Chidtragool, S., Klein, J. D. i Lurie, S. (1999). Firmness, pectin components and cell wall hydrolases of mango fruit following low-temperature stress. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 74 (6), 685-689.
- King, G. A., Henderson, K. G. i Lill, R. E. (1989). Ultrastructural changes in the nectarine cell wall accompanying ripening and storage in a chilling-resistant and chilling-sensitive cultivar. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 17 (4), 337-344.
- Lashbrook, C. C., Giovannoni, J. J., Hall, B. D., Fischer, R. L. i Bennett, A. B. (1998). Transgenic analysis of tomato endo- β -1,4-glucanase gene function. Role of cell in floral abscission. *The Plant Journal* 13 (3), 303-310.
- Lee, E.-J., Hong, Y.-P. i Cho, M.-A. (2006). Physicochemical and sensory responses of 'Changhowon Hwangdo' peach to long term storage at cold temperatures. *Horticulture, Environment and Biotechnology* 47 (5), 260-270.
- Levaj, B., Dragović-Uzelac, V., Dančević, A. i Frlan, J. (2003). The effect of ripening and storage on peach pectin and gel strength of related jams. *Acta Alimentaria* 32 (4), 329-340.
- Levi, A., Ben-Shalom, N., Plat, D. i Reid, D. S. (1988). Effect of blanching and drying on pectin constituents and related characteristics of dehydrated peaches. *Journal of Food Science* 53 (4), 1187-1190.
- Levin, A., Lurie, S., Zutkhi, Y. i Ben Arie, R. (1995). Physiological effects of controlled atmosphere storage on 'Fiesta Red' nectarines. *Acta Horticulturae* 379, 121-127.
- Li, F., Zhai, H., Yang, H., Zhang, X. i Shu, H. (2004). Effects of 1-MCP and AVG on fruit senescence of feicheng peach variety in storage. *Journal of Fruit Science* 21 (3), 272-274.
- Li, Y. X., Guan, J., Feng, Y., Ji, H. i Sun, Y. (2009). Effects of cold-storage mode on post-harvest pectin contents and beta -galactosidase activity of peach. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* 29 (8), 1637-1642.
- Li, Y. X., Wang, G. X. i Liang, L. S. (2012). Effect of cold acclimation treatment and exogenous ethylene treatment on woolliness related enzymes on 'Okubo' peach fruits during low temperature storage. *Acta Horticulturae* 934, 1103-1109.
- Lill, R. E. i Mespel, G. J. v. d. (1988). A method for measuring the juice content of mealy nectarines. *Scientia Horticulturae* 36 (3-4), 267-271.

- Lim, L. i Romani, R. J. (1964). Volatiles and the harvest maturity of peaches and nectarines. *Journal of Food Science* 29 (3), 246-253.
- Lipchinsky, A. (2013). How do expansins control plant growth? A model for cell wall loosening via defect migration in cellulose microfibrils. *Acta Physiologiae Plantarum* 35 (12), 3277-3284.
- Liu, H., Jiang, W., Zhou, L., Wang, B. i Luo, Y. (2005). The effects of 1-methylcyclopropene on peach fruit (*Prunus persica* L. cv. Jiubao) ripening and disease resistance. *International Journal of Food Science and Technology* 40 (1), 1-7.
- Lurie, S. (1992). Controlled atmosphere storage to decrease physiological disorders in nectarines. *International Journal of Food Science & Technology* 27 (5), 507-514.
- Lurie, S. i Crisosto, C. H. (2005). Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biology and Technology* 37 (3), 195-208.
- Lurie, S., Jemrić, T., Weksler, A., Akiva, R. i Gazit, Y. (2004). Heat treatment of 'Oroblanco' citrus fruit to control insect infestation. *Postharvest Biology and Technology* 34 (3), 321-329.
- Lurie, S., Levin, A., Greve, L. C. i Labavitch, J. M. (1994). Pectic polymer changes in nectarines during normal and abnormal ripening. *Phytochemistry* 36 (1), 11-17.
- Lurie, S., Zhou, H. W., Lers, A., Sonogo, L., Alexandrov, S. i Shomer, I. (2003). Study of pectin esterase and changes in pectin methylation during normal and abnormal peach ripening. *Physiologia Plantarum* 119 (2), 287-294.
- Luza, J. G., Gorsel, R. v., Polito, V. S. i Kader, A. A. (1992). Chilling injury in peaches - A cytochemical and ultrastructural cell-wall study. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117 (1), 114-118.
- Ma, S., Tang, Y., Wu, C., Liu, Y. i Du, G. (2003). Effect of 1-MCP and storage temperatures on respiration, ethylene production and fruit quality of peach and nectarine. *Acta Horticulturae Sinica* 30 (5), 525-529.
- Mandal, G., Singh, D. i Sharma, R. R. (2007). Effect of hot water treatment and biocontrol agent (*Debaryomyces hansenii*) on shelf-life of peach. *Indian Journal of Horticulture* 64 (1), 25-28.
- Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G. i Mignani, I. (2005a). Cell wall cation composition and distribution in chilling-injured nectarine fruit. *Postharvest Biology and Technology* 37 (1), 72-80.
- Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G. i Mignani, I. (2005b). Changes in cell wall neutral sugar composition and ethylene evolution as potential indicators of woolliness in cold-stored nectarine fruit. *Journal of Food Quality* 28 (5-6), 407-416.
- Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G. i Mignani, I. (2005c). Effect of post-harvest calcium treatments on the physicochemical properties of cell wall pectin in nectarine fruit during ripening after harvest or cold storage. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 80 (5), 611-617.
- Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G. i Mignani, I. (2006a). Cell wall physicochemical aspects of peach fruit related to internal breakdown symptoms. *Postharvest Biology and Technology* 39 (1), 69-74.
- Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G. i Mignani, I. (2006b). Diverse metabolism of cell wall components of melting and non-melting peach genotypes during ripening after harvest or cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86 (2), 243-250.
- Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G. i Mignani, I. (2007). The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Food Chemistry* 100 (4), 1385-1392.

- Mao, L. i Zhang, S. (2001). Role of pectolytic enzymes and cellulase during ripening and woolly breakdown in peaches. *Acta Horticulturae Sinica* 28 (2), 107-111.
- Mari, M., Torres, R., Casalini, L., Lamarca, N., Mandrin, J. F., Lichou, J., Larena, I., De Cal, M. A., Melgarejo, P. i Usall, J. (2007). Control of post-harvest brown rot on nectarine by *Epicoccum nigrum* and physico-chemical treatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87 (7), 1271-1277.
- Marin-Rodriguez, M. C., Orchard, J. i Seymour, G. B. (2002). Pectate lyases, cell wall degradation and fruit softening. *Journal of experimental botany* 53 (377), 2115-2119.
- Mitchell, F. G. i Kader, A. A. (1989). Factors affecting deterioration rate. In "Peaches, plums, and nectarines-Growing and handling for fresh market." (La Rue, J. H. i Johnson, R. S., eds.), pp. 165-178. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland.
- Moctezuma, E., Smith, D. L. i Gross, K. C. (2003). Antisense suppression of a beta-galactosidase gene (TB G6) in tomato increases fruit cracking. *Journal of experimental botany* 54 (390), 2025-2033.
- Mollendorff, L. J. v. i Villiers, O. T. d. (1988). Role of pectolytic enzymes in the development of woolliness in peaches. *Journal of Horticultural Science* 63 (1), 53-58.
- Mollendorff, L. J. v., Villiers, O. T. d., Jacobs, G. i Westraad, I. (1993). Molecular characteristics of pectic constituents in relation to firmness, extractable juice, and woolliness in nectarines. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118 (1), 77-80.
- Mollendorff, v. L. J., Jacobs, G. i Villiers, O. T. d. (1992). Effect of temperature manipulation during storage and ripening on firmness, extractable juice and woolliness in nectarines. *Journal of Horticultural Science* 67 (5), 655-662.
- Murata, M., Nishimura, M., Murai, N., Haruta, M., Homma, S. i Itoh, Y. (2001). A transgenic apple callus showing reduced polyphenol oxidase activity and lower browning potential. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry* 65 (2), 383-388.
- Murayama, H., Arikawa, M., Sasaki, Y., Dal Cin, V., Mitsunashi, W. i Toyomasu, T. (2009). Effect of ethylene treatment on expression of polyuronide-modifying genes and solubilization of polyuronides during ripening in two peach cultivars having different softening characteristics. *Postharvest Biology and Technology* 52 (2), 196-201.
- Murray, R., Lucangeli, C., Polenta, G. i Budde, C. (2007). Combined pre-storage heat treatment and controlled atmosphere storage reduced internal breakdown of 'Flavorcrest' peach. *Postharvest Biology and Technology* 44 (2), 116-121.
- Needs, P. W., Rigby, N. M., Ring, S. G. i MacDougall, A. J. (2001). Specific degradation of pectins via a carbodiimide-mediated Lossen rearrangement of methyl esterified galacturonic acid residues. *Carbohydrate research* 333 (1), 47-58.
- Nunez, E. E., Boas, B. M. V. i Abreu, C. M. P. d. (2005). Storage of 'Premier' peaches following postharvest treatment with calcium chloride. *Revista Brasileira de Armazenamento* 30 (1), 25-30.
- Obenland, D. M., Arpaia, M. L. i Aung, L. H. (1999). Quality of nectarine cultivars subjected to forced-air heat treatment for Mediterranean fruit fly disinfestation. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 74 (5), 553-555.
- Obenland, D. M. i Carroll, T. R. (2000). Mealiness and pectolytic activity in peaches and nectarines in response to heat treatment and cold storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 125 (6), 723-728.
- Obenland, D. M. i Neipp, P. M. (2005). Forced hot air treatment of stone fruit to inhibit the development of mealiness. *Acta horticulturae* 682, 1171-1178.

- Ogundiwin, E. A., Peace, C. P., Gradziel, T. M., Dandekar, A. M., Bliss, F. A. i Crisosto, C. H. (2007). Molecular genetic dissection of chilling injury in peach fruit. *Acta Horticulturae Sinica* 738, 633-638.
- Oliveira, F. E. d. R., Abreu, C. M. P. d., Asmar, S. A., Correa, A. D. i Santos, C. D. d. (2005). Firmness of peach 'Diamante' treated with 1-MCP. *Revista Brasileira de Fruticultura* 27 (3), 366-368.
- Ortiz, A., Seymour, G. B., Tucker, G. A. i Lara, I. (2010). Cell wall disassembly during the melting phase of softening in 'Snow Queen' nectarines. *Postharvest Biology and Technology* 58 (2), 88-92.
- Ortiz, A., Vendrell, M. i Lara, I. (2011). Softening and cell wall metabolism in late-season peach in response to controlled atmosphere and 1-MCP treatment. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 86 (2), 175-181.
- Palomer, X., Llop-Tous, I., Vendrell, M., Krens, F. A., Schaart, J. G., Boone, M. J., van der Valk, H. i Salentijn, E. M. J. (2006). Antisense down-regulation of strawberry endo- β -(1,4)-glucanase genes does not prevent fruit softening during ripening. *Plant Science* 171 (5), 640-646.
- Peace, C. P., Crisosto, C. H., Garner, D. T., Dandekar, A. M., Gradziel, T. M. i Bliss, F. (2006). Genetic control of internal breakdown in peach. *Acta Horticulturae Sinica* 713, 489-496.
- Pinto, L. C. d. B. i Jorge, J. T. (2007). The use of 1-methylcyclopropene and fast cooling in the peach conservation. *Engenharia Agrícola* 27 (1), 238-246.
- Pressey, R. i Avants, J. K. (1978). Difference in polygalacturonase composition of clingstone and freestone peaches. *Journal of Food Science* 43 (5), 1415-1417.
- Quesada, M. A., Blanco-Portales, R., Posé, S., García-Gago, J. A., Jiménez-Bermúdez, S., Muñoz-Serrano, A., Caballero, J. L., Pliego-Alfaro, F., Mercado, J. A. i Muñoz-Blanco, J. (2009). Antisense Down-Regulation of the FaPG1 Gene Reveals an Unexpected Central Role for Polygalacturonase in Strawberry Fruit Softening. *Plant Physiology* 150 (2), 1022-1032.
- Redgwell, R. J., MacRae, E., Hallett, I., Fischer, M., Perry, J. i Harker, R. (1997). In vivo and in vitro swelling of cell walls during fruit ripening. *Planta* 203 (2), 162-173.
- Ren, Y., He, J. i Zhang, L. (2013). Ethylene-regulation of fruit softening and cell wall enzymes activities during peach storage. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 5 (12), 41-48.
- Retamales, J., Cooper, T., Streif, J. i Kania, J. C. (1992). Preventing cold storage disorders in nectarines. *Journal of Horticultural Science* 67 (5), 619-626.
- Rodov, V., Agar, T., Peretz, J., Nafussi, B., Kim, J. J. i Ben-Yehoshua, S. (2000). Effect of combined application of heat treatments and plastic packaging on keeping quality of 'Oroblanco' fruit (*Citrus grandis* L. $\times$ *C. paradisi* Macf.). *Postharvest Biology and Technology* 20 (3), 287-294.
- Rodriguez, M. E., Berger, H. i Lizana, L. A. (2006). Postharvest application of ethylene in relation to pulp woolliness. *Acta horticulturae* 713, 511-514.
- Rodriguez, M. E. i Lizana, L. A. (2006). Cytochemical analysis of woolly and normal nectarine mesocarp. *Acta Horticulturae* 713, 505-510.
- Sasaki, F. F., Cerqueira, T. S., Sestari, I. i Kluge, J. S. d. A. R. A. (2010). Woolliness control and pectin solubilization of 'Douradao' peach after heat shock treatment. *Acta Horticulturae* 877, 539-542.
- Schaffer, R. J., Friel, E. N., Souleyre, E. J., Bolitho, K., Thodey, K., Ledger, S., Bowen, J. H., Ma, J. H., Nain, B., Cohen, D., Gleave, A. P., Crowhurst, R. N., Janssen, B. J., Yao, J. L. i Newcomb, R. D. (2007). A genomics approach reveals that aroma production in

- apple is controlled by ethylene predominantly at the final step in each biosynthetic pathway. *Plant physiology* 144 (4), 1899-1912.
- Schwab, W., Davidovich-Rikanati, R. i Lewinsohn, E. (2008). Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. *The Plant Journal* 54 (4), 712-732.
- Seibert, E., Casali, M. E., de Leao, M. L., Pezzi, E., Corrent, A. R. i Bender, R. J. (2007). Postharvest quality of peaches harvested from integrated and conventional production systems. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 42 (6), 793-801.
- Selli, R. i Sansavini, S. (1995.). Sugar, acid and pectin content in relation to ripening and quality of peach and nectarine fruits. *Acta Horticulturae* 379, 345-358.
- Shao, X., Tu, K., Zhao, Y., Chen, L. i Zhao, L. (2006). The effects of intermittent warming and delayed storage on the cold storage of peach cv. Baifeng 2. *Journal of Jilin Agricultural University* 28 (1), 98-102.
- Sheehy, R. E., Kramer, M. i Hiatt, W. R. (1988). Reduction of polygalacturonase activity in tomato fruit by antisense RNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 85 (23), 8805-8809.
- Singh, D. i Mandal, G. (2006). Improved control of *Rhizopus stolonifer* - induced storage rot of peach with hot water and antagonistic yeast, *Debaryomyces hansenii*. *Indian Phytopathology* 59 (2), 168-173.
- Smith, C. J. S., Watson, C. F., Ray, J., Bird, C. R., Morris, P. C., Schuch, W. i Grierson, D. (1988). Antisense RNA inhibition of polygalacturonase gene expression in transgenic tomatoes. *Nature* 334 (6184), 724-726.
- Smith, D. L. i Gross, K. C. (2000). A family of at least seven β -galactosidase genes is expressed during tomato fruit development. *Plant Physiology* 123 (3), 1173-1183.
- Smith, D. L., Starrett, D. A. i Gross, K. C. (1998). A gene coding for tomato fruit β -galactosidase II is expressed during fruit ripening: cloning, characterization, and expression pattern. *Plant Physiology* 117 (2), 417-423.
- Son, S. M., Moon, K. D. i Lee, C. Y. (2000). Kinetic study of oxalic acid inhibition on enzymatic browning. *Journal of agricultural and food chemistry* 48 (6), 2071-2074.
- Sonego, L., Ben-Arie, R., Raynal, J. i Pech, J. C. (1995). Biochemical and physical evaluation of textural characteristics of nectarines exhibiting woolly breakdown - NMR imaging, Xray computed tomography and pectin composition. *Postharvest Biology and Technology* 5 (3), 187-198.
- Sonego, L., Lers, A., Khalchitski, A., Zutkhi, Y., Zhou, H., Lurie, S. i Ben-Arie, R. (1999). Ethylene delays onset of woolly breakdown in cold-stored peaches. Biology and biotechnology of the plant hormone ethylene II. *Proceedings of the EU-TMR-Euroconference Symposium, Thira (Santorini), Greece, 5-8 September, 1998.*, 405-410.
- Steffens, C. A., Brackmann, A., Pinto, J. A. V. i Eisermann, A. C. (2006). Internal browning and respiration of peaches in function of storage conditions. *Revista Brasileira de Agrociencia* 12 (1), 71-75.
- Streif, J., Retamales, J. i Cooper, T. (1994). Preventing cold storage disorders in nectarines. *Acta horticulturae* 368, 160-166.
- Sun, F., Han, M., Zhao, C. i Wang, X. (2007). Effects of harvest maturity on storage quality of nectarine. *Acta Botanica Boreali Occidentalia Sinica* 27 (1), 183-187.
- Taiz, L. i Zeiger, E. (1991). "Plant Physiology," The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, California, USA.
- Taylor, M. A., Rabe, E., Jacobs, G. i Dodd, M. C. (1995). Effect of harvest maturity on pectic substances, internal conductivity, soluble solids and gel breakdown in cold stored 'Songold' plums. *Postharvest Biology and Technology* 5 (4), 285-294.

- Testoni, A., Fibiani, M., Conte, L. i Nicotra, A. (2006). 'Ghiaccio 1' peach qualitative traits on shelf life and cold storage. *Acta Horticulturae Sinica* 713, 515-517.
- Tian, S., Wan, Y., Qin, G. i Xu, Y. (2006). Induction of defense responses against *Alternaria* rot by different elicitors in harvested pear fruit. *Applied microbiology and biotechnology* 70 (6), 729-734.
- Tonutti, P., Bonghi, C., Ruperti, B., Tornielli, G. B. i Ramina, A. (1997). Ethylene evolution and 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase gene expression during early development and ripening of peach fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122 (5), 642-647.
- Uriu, K., Wereniels, P. G., Post, G., Retan, A. i Fox, D. (1964). Cling peach irrigation. *California Agriculture* 18, 10-11.
- USDA (1998). Plant protection and quarantine manual. (Agriculture, U. S. D. o., ed.). USDA – United States Department of Agriculture, Frederick, Maryland, USA.
- Uthairatanakij, A., Penchaiya, P., McGlasson, B. i Holford, P. (2005). Changes in ACC and conjugated ACC levels following controlled atmosphere storage of nectarine. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45 (12), 1635-1641.
- Vallverdu, X., Girona, J., Echeverria, G., Marsal, J., Hossein Behboudian, M. i Lopez, G. (2012). Sensory quality and consumer acceptance of 'Tardibelle' peach are improved by deficit irrigation applied during stage II of fruit development. *HortScience* 47 (5), 656-659.
- Vincken, J. P. (2003). If homogalacturonan were a side chain of rhamnogalacturonan I. Implications for cell wall architecture. *Plant physiology* 132 (4), 1781-1789.
- Wang, G. X., Wang, Y. S. i Liang, L. S. (2005a). Studies on chilling injury and quality deterioration of 'Okubao' peach under different storage temperature strategies. *Forest Research* 18 (2), 114-119.
- Wang, H., Shao, S. i Feng, J. (2007). Preliminary research on the preservation effect of peach with clove leaf oil. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry* 35 (9), 147-151.
- Wang, J., Rao, J. i Ren, X. (2005b). Effect of 1-methylcyclopropene on softening of nectarine [*Prunus persica* var. *nectarina* Maxim] cv. Qinguang. *Plant Physiology Communications* 41 (2), 153-156.
- Wang, L., Chen, S., Kong, W., Li, S. i Archbold, D. D. (2006a). Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 41 (3), 244-251.
- Wang, S., Zhang, H., Pi, Y. i Gao, H. (2003). Studies of post-harvest physiology and storage technology on peaches by intermittent warning. *Acta horticulturae* 628, 643-652.
- Wang, Y., Tian, S. i Xu, Y. (2005c). Effects of high oxygen concentration on pro and antioxidant enzymes in peach fruits during postharvest periods. *Food Chemistry* 91 (1), 99-104.
- Wang, Y., Wang, G. i Liang, L. (2006b). Effects of various O₂ and CO₂ concentrations on the quality of "Okubao" peach fruit during storage. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* 22 (8), 214-218.
- Wang, Y. S., Tian, S. P., Xu, Y., Qin, G. Z. i Yao, H. (2004). Changes in the activities of pro- and anti-oxidant enzymes in peach fruit inoculated with *Cryptococcus laurentii* or *Penicillium expansum* at 0 or 20 °C. *Postharvest Biology and Technology* 34 (1), 21-28.
- Weaver, G. M. i Jackson, H. O. (1966.). Electric impedance, an objective index of maturity in peach. *Canadian Journal of Plant Science* 46 (3), 323-326.

- Wen, I.-C., Koch, K. E. i Sherman, W. B. (1995a). Comparing fruit and tree characteristics of two peaches and their nectarine mutants. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120 (1), 101-106.
- Wen, I.-C., Sherman, W. B. i Koch, K. E. (1995b). Heritable pleiotropic effects of the nectarine mutant from peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120 (5), 721-725.
- White, P. J. i Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. *Annals of Botany* 92 (4), 487-511.
- Xu, C. L., Jin, Z. Y. i Yang, S. Q. (2005). Polyamines induced by heat treatment before cold-storage reduce mealiness and decay in peach fruit. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 80 (5), 557-560.
- Yadav, S., Yadav, P. K., Yadav, D. i Yadav, K. D. S. (2009). Pectin lyase: A review. *Process Biochemistry* 44 (1), 1-10.
- Yang, H.-S., Feng, G.-P., An, H.-J. i Li, Y.-F. (2006a). Microstructure changes of sodium carbonate-soluble pectin of peach by AFM during controlled atmosphere storage. *Food Chemistry* 94 (2), 179-192.
- Yang, H., An, H., Feng, G., Li, Y. i Lai, S. (2005). Atomic force microscopy of the water-soluble pectin of peaches during storage. *European Food Research and Technology* 220 (5-6), 587-591.
- Yang, H., Chen, F., An, H. i Lai, S. (2009). Comparative studies on nanostructures of three kinds of pectins in two peach cultivars using atomic force microscopy. *Postharvest Biology and Technology* 51 (3), 391-398.
- Yang, H., Lai, S., An, H. i Li, Y. (2006b). Atomic force microscopy study of the ultrastructural changes of chelate-soluble pectin in peaches under controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology* 39 (1), 75-83.
- Yang, Z., Cao, S., Su, X. i Jiang, Y. (2014). Respiratory activity and mitochondrial membrane associated with fruit senescence in postharvest peaches in response to UV-C treatment. *Food chemistry* 161, 16-21.
- Yoruk, R. i Marshall, M. R. (2003). A Survey on the Potential Mode of Inhibition for Oxalic Acid on Polyphenol Oxidase. *Journal of Food Science* 68 (8), 2479-2485.
- Yoruk, R. i Marshall, M. R. (2009). Importance of pH on antibrowning activity of oxalic acid. *Journal of Food Biochemistry* 33 (4), 522-534.
- Yu, J. N., Ren, X. L. i Zhang, S. Y. (2004). Effect of calcium on the peach respiration rate, ethylene production and enzyme activities related browning during cold storage. *Plant physiology communications* 40, 159-160.
- Zhang, B., Xi, W.-p., Wei, W.-w., Shen, J.-y., Ferguson, I. i Chen, K.-s. (2011a). Changes in aroma-related volatiles and gene expression during low temperature storage and subsequent shelf-life of peach fruit. *Postharvest Biology and Technology* 60 (1), 7-16.
- Zhang, H., Wang, L., Zheng, X. i Dong, Y. (2007). Effect of yeast antagonist in combination with heat treatment on postharvest blue mold decay and *Rhizopus* decay of peaches. *International journal of food microbiology* 115 (1), 53-58.
- Zhang, L., Chen, F., An, H., Yang, H., Sun, X., Guo, X. i Li, L. (2008). Physicochemical properties, firmness, and nanostructures of sodium carbonate-soluble pectin of 2 chinese cherry cultivars at 2 ripening stages. *Journal of Food Science* 73 (6), N17-N22.
- Zhang, L., Chen, F., Yang, H., Sun, X., Liu, H., Gong, X., Jiang, C. i Ding, C. (2010). Changes in firmness, pectin content and nanostructure of two crisp peach cultivars after storage. *LWT - Food Science and Technology* 43 (1), 26-32.
- Zhang, L., Chen, F., Yang, H., Ye, X., Sun, X., Liu, D., Yang, B., An, H. i Deng, Y. (2012). Effects of temperature and cultivar on nanostructural changes of water-soluble pectin and chelate-soluble pectin in peaches. *Carbohydrate Polymers* 87 (1), 816-821.

- Zhang, L., Yu, Z., Jiang, L., Jiang, J., Luo, H. i Fu, L. (2011b). Effect of post-harvest heat treatment on proteome change of peach fruit during ripening. *Journal of proteomics* 74 (7), 1135-1149.
- Zheng, X., Tian, S., Meng, X. i Li, B. (2007). Physiological and biochemical responses in peach fruit to oxalic acid treatment during storage at room temperature. *Food Chemistry* 104 (1), 156-162.
- Zhou, H.-W., Ben-Arie, R. i Lurie, S. (2000a). Pectin esterase, polygalacturonase and gel formation in peach pectin fractions. *Phytochemistry* 55 (3), 191-195.
- Zhou, H.-W., Lurie, S., Lers, A., Khalchitski, A., Sonogo, L. i Ben-Arie, R. (2000b). Delayed storage and controlled atmosphere storage of nectarines: two strategies to prevent woolliness. *Postharvest Biology and Technology* 18 (2), 133-141.
- Zhou, H.-W., Sonogo, L., Ben-Arie, R. i Lurie, S. (1999). Analysis of cell wall components in juice of 'Flavortop' nectarines during normal ripening and woolliness development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124 (4), 424-429.
- Zhou, H.-W., Sonogo, L., Khalchitski, A., Ben-Arie, R., Lers, A. i Lurie, S. (2000c). Cell wall enzymes and cell wall changes in 'Flavortop' Nectarines - mRNA abundance, enzyme activity, and changes in pectic and neutral polymers during ripening and in wooly fruit. *Journal of American Society of Horticultural Sciences* 125 (5), 630-637.
- Zhu, L.-Q., Zhou, J. i Zhu, S.-H. (2010). Effect of a combination of nitric oxide treatment and intermittent warming on prevention of chilling injury of 'Feicheng' peach fruit during storage. *Food Chemistry* 121 (1), 165-170.
- Zhu, L. Q., Zhou, J., Zhu, S. H. i Guo, L. H. (2009). Inhibition of browning on the surface of peach slices by short-term exposure to nitric oxide and ascorbic acid. *Food Chemistry* 114 (1), 174-179.
- Zhu, S., Liu, M. i Zhou, J. (2006). Effects of fumigation with nitric oxide on cell wall metabolisms of postharvest Feicheng peaches. *Scientia Agricultura Sinica* 39 (9), 1878-1884.
- Zhu, S. i Zhou, J. (2006). Effects of nitric oxide on fatty acid composition in peach fruits during storage. *Journal of agricultural and food chemistry* 54 (25), 9447-9452.

9 POPIS GRAFIKONA, SLIKA I TABLICA

9.1 Popis grafikona

Grafikon 1 Kalo plodova sorte 'Diamond Ray' tijekom čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C po tretmanima	46
Grafikon 2 Kalo plodova sorte 'Venus' tijekom čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C po tretmanima	46
Grafikon 3 Kalo plodova sorte 'Diamond Ray' tijekom života na polici nakon 2 i 4 tjedna čuvanja na 0 °C po tretmanima	47
Grafikon 4 Kalo plodova sorte 'Venus' tijekom života na polici nakon 2 i 4 tjedna čuvanja na 0 °C po tretmanima	48
Grafikon 5 Ukupni kalo plodova kod sorte 'Diamond Ray' tijekom čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	49
Grafikon 6 Ukupni kalo plodova kod sorte 'Venus' tijekom čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	49
Grafikon 7 Tvrdoća plodova sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	52
Grafikon 8 Tvrdoća plodova sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	53
Grafikon 9 Udio topljive suhe tvari u plodovima sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	54
Grafikon 10 Udio topljive suhe tvari u plodovima sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	55
Grafikon 11 Sadržaj ukupnih kiselina u plodovima sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	56
Grafikon 12 Sadržaj ukupnih kiselina u plodovima sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	56
Grafikon 13 Odnos udjela topljive suhe tvari i sadržaja ukupnih kiselina u plodovima sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	57
Grafikon 14 Odnos udjela topljive suhe tvari i sadržaja ukupnih kiselina u plodovima sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	58

Grafikon 15 Reakcija soka plodova sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima.....	59
Grafikon 16 Reakcija soka plodova sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	59
Grafikon 17 Elektrovodljivost soka plodova sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	60
Grafikon 18 Elektrovodljivost soka plodova sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima.....	61
Grafikon 19 Vrijednost svjetline boje (L*) mesa ploda sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima.....	63
Grafikon 20 Vrijednost svjetline boje (L*) mesa ploda sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	64
Grafikon 21 Vrijednost crveno-zelene komponente (a*) boje mesa ploda sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	65
Grafikon 22 Vrijednost crveno-zelene komponente (a*) boje mesa ploda sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima.....	65
Grafikon 23 Vrijednost žuto-plave komponente (b*) boje mesa ploda sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	66
Grafikon 24 Vrijednost žuto-plave komponente (b*) boje mesa ploda sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima.....	67
Grafikon 25 Udio pektina topljivih u vodi kod sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	69
Grafikon 26 Udio pektina topljivih u vodi kod sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima.....	69
Grafikon 27 Udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu kod sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima.....	70
Grafikon 28 Udio pektina topljivih u amonijevom oksalatu kod sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima.....	71
Grafikon 29 Udio pektina topljivih u natrijevoj lužini kod sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima.....	72
Grafikon 30 Udio pektina topljivih u natrijevoj lužini kod sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	72

Grafikon 31 Udio trulih plodova sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	74
Grafikon 32 Udio trulih plodova sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima.....	75
Grafikon 33 Indeks sočnosti plodova sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima.....	76
Grafikon 34 Indeks sočnosti plodova sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 i 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	76
Grafikon 35 Prikaz regresije indeksa ozljeda od niskih temperatura i udjela pektina topljivih u vodi (n=15).....	80
Grafikon 36 Prikaz regresije indeksa ozljeda od niskih temperatura i udjela pektina topljivih u amonijevom oksalatu (n=15).....	80
Grafikon 37 Prikaz regresije udjela pektina topljivih u vodi i udjela pektina topljivih u amonijevom oksalatu (n=15)	81
Grafikon 38 Prikaz regresije indeksa ozljeda od niskih temperatura i omjera relativnih odnosa frakcija pektina topljivih u vodi i pektina topljivih u amonijevom oksalatu (n=13)	82
Grafikon 39 Senzorno ocjenjivanje svojstava plodova sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 2 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	84
Grafikon 40 Senzorno ocjenjivanje svojstava plodova sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	85
Grafikon 41 Senzorno ocjenjivanje svojstava plodova sorte 'Venus' nakon čuvanja 2 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	86
Grafikon 42 Senzorno ocjenjivanje svojstava plodova sorte 'Venus' nakon čuvanja 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanima	87
Grafikon 43 Promjena temperature mesa ploda sorte 'Diamond Ray' tijekom tretmana HWD 48 °C 6' i HWD 48 °C 12'	88
Grafikon 44 Promjena temperature mesa ploda sorte 'Venus' tijekom HWD 48 °C 6' i HWD 48 °C 12'	89
Grafikon 45 Promjena temperature mesa ploda sorte 'Diamond Ray' tijekom tretmana HWD 52 °C 2'	90
Grafikon 46 Promjena temperature mesa ploda sorte 'Venus' tijekom tretmana HWD 52 °C 2'.....	91

Grafikon 47 Promjena temperature mesa ploda sorte 'Diamond Ray' tijekom tretmana HAT 45 °C/24	92
Grafikon 48 Promjena temperature mesa ploda sorte 'Venus' tijekom tretmana HAT 45 °C/24	92

9.2 Popis slika

Slika 1 Ozljeđe od niske temperature kod nektarine (A) posmeđenje mesa, (B) crvenilo mesa, (C) kožasta tekstura mesa	11
Slika 2 Model međusobne povezanosti između različitih komponenti stanične stijenke	19
Slika 3 FieldPoint uređaj za akviziciju temperature	42
Slika 4 Mjerenje temperature u plodu nektarine pomoću termoparova	43

9.3 Popis tablica

Tablica 1 Sastav primarne stanične stijenke kod dikotiledona i nekih monokotiledona	20
Tablica 2 Analiza varijance gubitaka mase plodova (kala) plodova	44
Tablica 3 Prosječne vrijednosti kala plodova po sorti, trajanju čuvanja i po tretmanu	45
Tablica 4 Analiza varijance pokazatelja kakvoće plodova	51
Tablica 5 Prosječne vrijednosti pokazatelja kakvoće plodova po sorti, trajanju čuvanja i po tretmanu	51
Tablica 6 Analiza varijance svjetline (L^*), crveno-zelene komponente (a^*), žuto-plave komponente (b^*) boje mesa plodova	61
Tablica 7 Prosječne vrijednosti svjetline (L^*), crveno-zelene komponente (a^*) i žuto- plave komponente (b^*) boje mesa plodova po sorti, trajanju čuvanja i po tretmanu	62
Tablica 8 Analiza varijance relativnih odnosa pektina topljivih u vodi (PTV), pektina topljivih u amonijevom oksalatu (PTO) i pektina topljivih u natrijevoj lužini (PTL)	67
Tablica 9 Prosječne vrijednosti relativnih odnosa pektina topljivih u vodi (PTV), pektina topljivih u amonijevom oksalatu (PTO) i pektina topljivih u natrijevoj lužini (PTL) po sorti, trajanju čuvanja i po tretmanu	68
Tablica 10 Analiza varijance trulih plodova i indeksa sočnosti	73
Tablica 11 Prosječne vrijednosti trulih plodova i indeksa sočnosti po sorti, trajanju čuvanja i po tretmanu	73

Tablica 12 Prosječne vrijednosti indeksa ozljeda od niskih temperatura i indeksa prihvatljivosti kod sorte 'Diamond Ray' nakon 4 tjedna čuvanja na 0 °C i 5 dana života na polici po tretmanu.....	77
Tablica 13 Korelacijski koeficijenti udjela neprihvatljivih plodova, indeksa ozljeda od niskih temperatura, frakcija pektina, relativnih odnosa frakcija pektina (PTV%, PTO% i PTL%) i kala kod sorte 'Diamond Ray' nakon čuvanja 4 tjedna na 0 °C i 5 dana života na polici (n=15).....	79
Tablica 14 Analiza varijance senzornog ocjenjivanja svojstava plodova	83
Tablica 15 Prosječne vrijednosti senzornog ocjenjivanja svojstava plodova po sorti, trajanju čuvanja i tretmanu	83

10 ŽIVOTOPIS

Goran Fruk rođen je 31. siječnja 1984. godine u Zagrebu. Godine 1998. osnovnu školu završava u Zagrebu, a 2002. Nadbiskupsku klasičnu gimnaziju u Zagrebu. Iste godine upisuje studij Bilinogojstva na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Diplomirao je 2008. godine te stekao akademski naziv diplomirani inženjer agronomije, studij Bilinogojstvo, usmjerenje Voćarstvo, vinogradarstvo i vinarstvo.

Od 2009. godine zaposlen je kao znanstveni novak na projektu "Optimizacija čuvanja breskve i nektarine tretmanima poslije berbe" (MZOŠ) na Zavodu za voćarstvo Agronomskog fakulteta, gdje radi i danas. Poslijediplomski doktorski studij Poljoprivredne znanosti upisuje 2010. godine. Znanstveno se usavršavao šest mjeseci (2013.-2014.) u Ljubljani na Biotehničkom fakultetu. Koautor je šest objavljenih znanstvenih radova kategorije A1, od kojih su dva usko vezana uz područje disertacije. Također je koautor dvije knjige, 16 radova A2 kategorije te je 15 puta sudjelovao na domaćim i međunarodnim skupovima. Bio je suradnik na četiri domaća stručna i znanstvena projekta te dva međunarodna znanstvena projekta.

U nastavi sudjeluje na preddiplomskom i diplomskom studiju kao suradnik na pet modula iz područja voćarstva i čuvanja voća na te je bio mentor 15 završnih radova.