

# Utjecaj sorte i različitih sredstava za obradu na održivost minimalno procesiranih krušaka

---

**Rendić, Ivica**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2014**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:090675>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-04**

REPOZITORIJ

**PTF OS**

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

**dabar**  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**Ivica Rendić**

**UTJECAJ SORTE I RAZLIČITIH SREDSTAVA ZA OBRADU NA  
ODRŽIVOST MINIMALNO PROCESIRANIH KRUŠAKA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, listopad 2014.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek  
Zavod za prehrambene tehnologije  
Katedra za tehnologiju voća i povrća  
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti  
**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija  
**Nastavni predmet:** Tehnologija konzerviranja i prerade voća i povrća  
**Tema rada** je prihvaćena na IV. sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek održanoj 10. srpnja 2008.  
**Mentor:** izv. prof. dr. sc. *Nela Nedić Tiban*

### UTJECAJ SORTE I RAZLIČITIH SREDSTAVA ZA OBRADU NA ODRŽIVOST MINIMALNO PROCESIRANIH KRUŠAKA

*Ivica Rendić, 2166/01*

**Sažetak:** Kruška se pokazala kao jedinstven izazov za minimalno procesiranje zbog svoje izražene sklonosti enzimskom posmeđivanju, zbog omekšavanja tkiva i mikrobiološkog kvarenja. Ovim radom obuhvaćeno je istraživanje utjecaja obrade svježe izrezanih kriški krušaka sorti *Packham's Triumph* (PT) i *Abbé Fetel* (AF) otopinama vodik peroksida u koncentraciji od 0,5% (HP), askorbinske kiseline 2% i 3% (AA), natrij heksametafosfata 1% i 2% (NaHMP), kalcij klorida 0,2% (CC), kalcij askorbata 1% (CAs), kalij sorbata 2% (PS), i njihovim kombinacijama 2% AA + 1% NaHMP, 2% AA + 2% NaHMP, 3% AA + 1% NaHMP, 3% AA + 2% NaHMP, 2% AA + 0,2% CC, 3% AA + 0,2% CC, neposredno nakon branja plodova, i nakon 6 mjeseci skladištenja u kontroliranoj atmosferi. Praćen je utjecaj navedenih otopina na boju i teksturu minimalno procesiranih krušaka tijekom 16 dana (nulti, 1., 4., 8., 12. i 16. dan) čuvanja pri 4 °C. Iz rezultata provedenih analiza vidljivo je da su najbolju održivost tijekom skladištenja imali uzorci obrađeni otopinama 2% kalij sorbata, 1% kalcij askorbata, te kombinacijom otopina 2% askorbinske kiseline + 0,2% kalcij klorida i 3% askorbinske kiseline + 0,2% kalcij klorida.

**Ključne riječi:** Kruške, boja, tekstura, održivost

**Rad sadrži:** 105 stranica  
30 slika  
12 tablica  
77 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

#### Sastav Povjerenstva za obranu:

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. prof. dr. sc. <i>Vlasta Piližota</i>       | predsjednik   |
| 2. izv. prof. dr. sc. <i>Nela Nedić Tiban</i> | član-mentor   |
| 3. izv. prof. dr. sc. <i>Mirela Kopjar</i>    | član          |
| 4. izv. prof. dr. sc. <i>Jurislav Babić</i>   | zamjena člana |

**Datum obrane:** 3. listopada 2014.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u** Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

**University Josip Juraj Strossmayer in Osijek**  
**Faculty of Food Technology Osijek**  
**Department of Food Technologies**  
**Sub department of Fruit and Vegetable Technology**  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

**Scientific area:** Biotechnical sciences  
**Scientific field:** Food technology  
**Course title:** Fruit and vegetable processing and preservation  
**Thesis subject** was approved by the Faculty Council of the Faculty of Food Technology at its session no. IV. held on July 10, 2008  
**Mentor:** *Nela Nedić Tiban*, PhD, associate prof.

### INFLUENCE OF VARIETY AND DIFFERENT AGENTS FOR PROCESSING ON SHELF-LIFE EXTENSION OF MINIMALLY PROCESSED PEARS

*Ivica Rendić, 2166/01*

**Summary:** Pear processing is a unique challenge for minimal processing due to their pronounced preferences to enzymatic browning, because of softening of tissue and microbial spoilage. The aim of this research is to determine the impact of processing of fresh-cut slices of pears Packham's Triumph (PT) and Abbe Fetel (AF) with hydrogen peroxide 0.5% (HP), ascorbic acid 2% and 3% (AA), sodium hexametaphosphate 1% and 2% (NaHMP), calcium chloride 0.2% (CC), calcium ascorbate 1% (CAS), potassium sorbate 2% (PS), and their specific combinations 2% AA + 1% NaHMP, 2% AA + 2% NaHMP, 3% AA + 1% NaHMP, 3% AA + 2% NaHMP, 2% AA + 0.2% CC, 3% AA + 0.2% CC, immediately after harvest, and after 6 months storage in a controlled atmosphere. The influence of mentioned solutions on the colour and texture of minimum processed pears during 16 days („0“, 1, 4, 8, 12 and 16 days) of storage at 4 ° C was monitored. Results showed that the best extension of the shelf-life during storage were in samples which was processed with a solution of 2% potassium sorbate, 1% calcium ascorbate, and by combining a solution of 2% ascorbic acid + 0.2% calcium chloride and 3% ascorbic acid + 0.2% calcium chloride.

**Key words:** Pears, colour, texture, shelf-life

**Thesis contains:** 105 pages  
30 figures  
12 tables  
77 references

**Original in:** Croatian

#### Defense committee:

- |   |              |
|---|--------------|
| 1. <i>Vlasta Piližota</i> , PhD, full prof.       | chair person |
| 2. <i>Nela Nedić Tiban</i> , PhD, associate prof. | supervisor   |
| 3. <i>Mirela Kopjar</i> , PhD, associate prof.    | member       |
| 4. <i>Jurislav Babić</i> , PhD, associate prof.   | stand-in     |

**Defense date:** October 3, 2014

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

Zahvaljujem se mentorici, izv. prof. dr. sc. Neli Nedić Tiban na pristupačnosti i savjetima prilikom izrade diplomskog rada.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji koja mi je bila potpora tijekom studiranja.

## Sadržaj

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. BOJA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. PROMJENE TIJEKOM ZRENJA I DOZRIJEVANJA VOĆA .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3. MINIMALNO PROCESIRANO VOĆE .....</b>	<b>11</b>
<b>2.4. ENZIMSKO POSMEĐIVANJE .....</b>	<b>13</b>
2.4.1. Enzimi .....	13
2.4.2. Supstrati .....	15
<b>2.5. SPRJEČAVANJE ENZIMSKOG POSMEĐIVANJA .....</b>	<b>18</b>
2.5.1. Djelovanje na enzim .....	18
2.5.2. Djelovanje na supstrat .....	19
2.5.3. Djelovanje na kisik .....	20
<b>2.6. NEENZIMSKO POSMEĐIVANJE .....</b>	<b>21</b>
<b>2.7. TEKSTURA .....</b>	<b>23</b>
2.7.1. Definicija teksture i svojstva vezana uz teksturu .....	23
2.7.2. Očuvanje teksture .....	23
<b>2.8. SREDSTVA ZA PRODULJENJE ODRŽIVOSTI KRUŠAKA .....</b>	<b>25</b>
2.8.1. Vodikov peroksid (HP) .....	25
2.8.2. Askorbinska kiselina (AA) .....	25
2.8.3. Natrij heksametafosfat (NaHMP) .....	27
2.8.4. Kalcij klorid (CC) .....	27
2.8.5. Kalij sorbat (PS) .....	28
2.8.6. Kalcij askorbat (CAs) .....	29
2.8.7. Natrij hipoklorit .....	30
<b>2.9. KRUŠKE .....</b>	<b>31</b>
2.9.1. <i>Packhams Triumph</i> (PT) .....	32
2.9.2. <i>Abbé Fétel</i> (AF) .....	33
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1. ZADATAK .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2. MATERIJALI .....</b>	<b>39</b>
3.2.1. Kruške .....	39
3.2.2. Kemikalije .....	39
<b>3.3. METODE .....</b>	<b>40</b>
3.3.1. Određivanje kemijskog sastava .....	40
3.3.2. Priprema uzoraka krušaka i njihova obrada otopinama .....	40
3.3.3. Mjerenje i praćenje promjene boje .....	41

3.3.4. Mjerenje i praćenje promjene teksture krušaka .....	44
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1. REZULTATI .....</b>	<b>50</b>
<b>4.2. RASPRAVA .....</b>	<b>92</b>
<b>5. ZAKLJUČCI.....</b>	<b>97</b>
<b>6. LITERATURA.....</b>	<b>99</b>

## Popis oznaka, kratica i simbola

PTF	Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
HAH	Hrvatska agencija za hranu
HP	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (vodikov peroksid)
AA	askorbinska kiselina
NaHMP	natrij heksametafosfat
CC	CaCl <sub>2</sub> (kalcij klorid)
CAs	Ca-askorbat (kalcij askorbat)
PS	K-sorbat (kalij sorbat)
N <sub>2</sub>	dušik
CO <sub>2</sub>	ugljik dioksid
O <sub>2</sub>	kisik
Cl <sub>2</sub>	klor
CA	kontrolirana atmosfera
PPO	polifenol oksidaza
DOPA	dihidroksifenilalani



## **1. UVOD**

Potrošači danas sve više traže hranu visoke kakvoće koja je po svojim organoleptičkim značajkama što sličnija sirovoj neprerađenoj hrani, posebice kada se radi o voću i povrću.

Minimalno prerađeno voće i povrće podrazumijeva proizvode u kojima su, u najvećoj mjeri, sačuvane originalne organoleptičke i nutritivne značajke sirovine, isključivo zbog znatno blažih uvjeta primijenjenih pri njenom procesiranju ili zbog primjene novih postupaka proizvodnje ili konzerviranja.

To su proizvodi od voća i povrća, koji su prošli minimalnu preradu, tek toliko da se njihova konzumacija učini praktičnom i jednostavnom na bilo kojem mjestu, nisu termički tretirani tako da imaju sve osobine svježeg voća i povrća i zdravstveno su ispravni i stabilni određen broj dana. Takvi proizvodi podrazumijevaju oprano, oguljeno i narezano svježe voće i povrće zapakirano u manja pojedinačna pakiranja, te ih je moguće vrlo jednostavno konzumirati (svježe narezano ili eng. „*fresh-cut*“, slično svježem ili „*like fresh*“, spremno za neposrednu upotrebu ili „*ready to use*“).

Najveći problem prerađivačke industrije kod tzv. „*fresh-cut*“ proizvoda, usko je povezan sa očuvanjem kakvoće tih proizvoda kroz duži period, uz istodobno sprječavanje mikrobiološkog kvarenja. Na stabilnost i trajnost svježeg voća i povrća tijekom rukovanja i čuvanja utječu brojni čimbenici, od kemijskog sastava, pH, aktiviteta vode, čimbenika okoline (temperatura, vrijeme, sastav atmosfere, svjetlost), ali i uvjeta uzgoja i branja sirovine.

Cilj ovog rada je bio istražiti utjecaj različitih kemijskih sredstava na očuvanje boje (sprječavanje, odnosno usporavanje reakcija posmeđivanja) i teksture (čvrstoće) krušaka sorti *Packhams Triumph* i *Abbé Fetel*, namijenjenih minimalnom procesiranju, odnosno održivost krušaka prije i poslije skladištenja u kontroliranoj atmosferi. Upotrebom različitih kemijskih sredstava utvrđena je najučinkovitija kombinacija tih sredstava nakon obrade i tijekom 16 dana (nulti, 1., 4., 8., 12. i 16. dan) skladištenja pri +4 °C.

## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1. BOJA

Boju možemo definirati kao osjetilni doživljaj koji nastaje kada svjetlost karakterističnog spektra (valne duljine) pobudi receptore u mrežnici oka. Ljudsko oko zapaža samo elektromagnetsko zračenje u području valnih duljina od 400 nm do oko 750 nm. Taj uski dio elektromagnetskog spektra naziva se vidljivo zračenje. Vidljiva bijela svjetlost je smjesa svjetlosti svih boja koja se, pomoću staklene prizme, može rastaviti na sastavne boje – spektar vidljive svjetlosti.

**Tablica 1** Valne duljine boja vidljive ljudskom oku (web 1)

Boja	raspon valnih duljina
crvena	~ 625 – 740 nm
narančasta	~ 590 – 625 nm
žuta	~ 565 – 590 nm
zelena	~ 500 – 565 nm
cijan	~ 485 – 500 nm
plava	~ 440 – 485 nm
ljubičasta	~ 380 – 440 nm

Boja svježeg voća i povrća potječe od prirodnih pigmenata. Boja svježeg voća i povrća specifična je za svaku vrstu i sortu. U procjeni kakvoće svježeg voća i povrća te njihovih prerađevina boja se smatra jednim od najznačajnijih parametara.

Najčešći i najviše zastupljeni prirodni biljni pigmenti prisutni u svježem voću i povrću su klorofili, karotenoidi i flavonoidi. Značajni su u formiranju izgleda i ukupnih senzornih svojstava voća, povrća i njihovih prerađevina.

Prirodni pigmenti su nestabilni tijekom procesa prerade. Boja prerađevina potječe od prirodnih pigmenata ili dodanih bojila (aditiva). Dodana bojila mogu biti prirodna, prirodno identična i umjetna. Za vrijeme prerade nastoji se što više očuvati prirodna boja voća i povrća u gotovom proizvodu. Prirodno prisutni pigmenti u hrani pozitivno utiču na zdravlje dok su dodana sintetska bojila najčešće štetna. Mnoge medicinske studije ukazuju da prirodno prisutni pigmenti imaju antioksidativni karakter te preveniraju ili smanjuju rizik od mnogih bolesti.

U prehrani značajna mjesta zauzimaju prirodni pigmenti. Prirodni pigmenti su tvari u hrani, nosioci boje, a prirodno se nalaze u stanicama i tkivima biljaka. Tijekom fizioloških i mikrobioloških procesa u hrani nastaju promjene koje su često očituju kao promjena boje.

Boja može utjecati i na percepciju arome. Kod mnogih pigmenata bitno je, osim uloge bojanja, da imaju i nutritivno značenje kao npr.  $\beta$ -karoten. Klorofil npr. pod djelovanjem svjetla sudjeluje u fotosintezi dok su npr. antocijani nosioci elektrona. Na taj način utječu na oksido-redukcijsko stanje stanica. Stoga se može zaključiti da pigmenti imaju višestruku ulogu, te je pogrešno boju smatrati samo vizualnim svojstvom (Azodanlou i sur., 2004.).

Boja može potjecati i od sekundarnih nespecifičnih pigmenata koji nastaju iz neobojenih spojeva. Sekundarni pigmenti obuhvaćaju naknadno formirane pigmente koji nisu prisutni u zdravom plodu već nastaju iz neobojenih spojeva procesima posmeđivanja (enzimsko i neenzimsko posmeđivanje) i degradacijom primarnih pigmenata. Sadržaj pigmenata u hrani je relativno nizak, ali i u malim koncentracijama daje boju proizvodu. Pigmenti su često vezani za druge supstance unutar stanice. Biljni pigmenti se razvijaju tijekom zrenja i dozrijevanja.

Mnogi su pigmenti nestabilni tijekom prerade i skladištenja. Prevencija nepoželjnih promjena je vrlo teška, a u nekim slučajevima i nemoguća. Na stabilnost pigmenata utječu mnogi čimbenici kao što su: temperatura, svjetlost, kisik, teški metali, oksidansi, reducensi, aktivitet vode, pH i dr.

Svi pigmenti mogu se, obzirom na topljivost, podijeliti u dvije velike grupe:

- Pigmenti topivi u vodi i staničnom soku (nalaze su u vakuolama stanica)
- Pigmenti netopivi u vodi i staničnom soku (nalaze se u kromoplastima stanica – topivi u mastima i otapalima masti)

**Tablica 2** Pregled pigmenata koji daju boju voću i povrću (web 2)

Pigmenti	Flavonoidi	Karotenoidi	Drugi spojevi
Plavi i purpurni	Antocijanidini Flavonoli Flavan-3-oli Proantocijanidini		Elaginska kiselina Resveratrol
Zeleni	Flavoni Flavanoni Flavonoli	Beta-karoten Lutein Zeaksantin	Indoli Izotiocijanati Organosulfurni spojevi Klorofil
Bijeli	Flavonoli Flavanoni		
Žuti i narančasti	Flavonoli i Flavanoni	Alfa-karoten Beta-karoten Betakriptoksantin Zeaksantin	Indoli Izotiocijanati Organosulfurni spojevi
Crveni	Antocijanidini Flavonoli Flavoni Flavan-3-oli Flavanoni Proantocijanidini	Likopen	Elaginska kiselina Resveratrol

## 2.2. PROMJENE TIJEKOM ZRENJA I DOZRIJEVANJA VOĆA

- Rast - događa se dioba stanica i rast ploda do njegove normalne veličine.

Tijekom rasta i zrenja plod nije odvojen od matične biljke. Zrenje obuhvaća niz procesa koji dovode do fiziološke zrelosti ploda, kad je reproduktivni organ spreman za reprodukciju.

- Dozrijevanje plodova - skup kemijskih i biokemijskih procesa koji dovode do konzumne zrelosti plodova, kad su plodovi spremni za upotrebu.

Tijekom dozrijevanja odvija se cijeli niz procesa, koji se očituju kroz promjenu boje pokožice (epiderme), omekšavanje teksture ploda, razvijanje svojstvenog mirisa i okusa (arome), te promjena u kemijskom sastavu staničnog soka. Razlikujemo fiziološku, konzumnu i tehnološku zrelost voća. Voće je spremno za preradu kada postigne tehnološku zrelost.

- Senescencija ili starenje plodova - počinje u kasnijoj fazi zrenja, kad biokemijske procese sinteze zamjenjuju degradativni procesi, što dovodi do propadanja i odumiranja tkiva.

Nakon branja, tj. odvajanja od matične biljke, u voću se nastavljaju reakcije metabolizma. Plod i dalje diše trošeći kisik ( $O_2$ ) iz zraka uz istodobno oslobađanje ugljičnog dioksida ( $CO_2$ ) i topline. Transpiracija se također i dalje odvija (Lovrić i Piližota, 1994.).

Tijekom zrenja i dozrijevanja, kod voća, pod djelovanjem enzima dolazi do različitih fizikalno-kemijskih promjena pri čemu se mijenjaju karakteristike plodova:

- dozrijevanje sjemena – postaje sposobno za klijanje,
- promjene boje – klorofil se razgrađuje i nastaju novi pigmenti koji mijenjaju boju kože ploda iz zelene u crvenu, žutu, narančastu, itd. (osim u slučajevima kada je zelena boja sortno obilježje npr. zelene sorte jabuka, krušaka, i dr.),
- promjene u intenzitetu disanja – disanjem ili respiracijom se organske tvari razgrađuju do  $CO_2$ , vode i topline, uz korištenje kisika iz zraka; u slučaju da u okolini nema dovoljno kisika, može doći do anaerobnih procesa; respiracijom dolazi do gubitka mase, ubrzanja odumiranja tkiva i smanjene hranjive vrijednosti,

- promjene u brzini stvaranja etilena - etilen ( $C_2H_4$ ) djeluje kao biljni hormon koji, između ostaloga, ubrzava dozrijevanje plodova; ako je velika brzina stvaranja etilena, plodovi se ne mogu skladištiti na duži period,
- promjene u permeabilnosti tkiva,
- omekšavanje – pektinaze razgrađuju pektin i plod postaje mekši (pektinske tvari izgrađuju stanične stjenke),
- promjene u sastavu ugljikohidrata (dolazi do hidrolize škroba u jednostavnije šećere), razvijanje voštanog sloja na površini ploda,
- enzimi razgrađuju velike organske molekule u manje, koje mogu ishlapiti, a što se očituje kao aroma ploda,
- razgradnjom škroba uz pomoć amilaze stvara se šećer, čime se smanjuje brašnasta tekstura ploda, a povećava se sočnost (Fons-Sole, 1998.).

Da bi se voće što duže moglo skladištiti uz minimalno narušavanje kvalitete potrebno je za svaku vrstu i sortu poznavati koji uvjeti su optimalni za takvo skladištenje. Najznačajniji uvjeti i zahtjevi vezani za vrstu i sortu su: stupanj zrelosti, uvjeti do branja plodova, vrijeme branja, genetske predispozicije, uvjeti skladištenja (temperatura, vlažnost, koncentracija plinova).

## **Čimbenici koji utječu na kvalitetu plodova voća i povrća**

### Čimbenici okoline

Čimbenici okoline ovise o klimatskim i nutritivnim uvjetima. Klimatski uvjeti mogu se podijeliti na temperaturu okoliša, sunčevu svjetlost, kišu i vjetar. Više temperature pogoduju rastu plodova i boljem razvoju arome, ali se plodovi teže skladište. Pri nižim temperaturama voće je čvršće, s većim udjelom šećera i kiselina, te se plodovi mogu skladištiti na dulje vrijeme. Pod jakim sunčevim svjetlom se povećava nakupljanje šećera i kiselina i dolazi do slabije transpiracije tijekom skladištenja. Tijekom kišnih godina plodovi su veći, intenzitet disanja je povećan, a raspadanje plodova je ubrzano. Vjetar može dovesti do mehaničkih oštećenja plodova uzrokovanih padom ploda sa stabla.

Nutritivni uvjeti ovise o tlu, navodnjavanju i prihrani. Budući da biljka iz tla uzima sve potrebne minerale, ono je važan faktor koji utječe na kvalitetu. Tla bogata kalcijem daju



plodove najveće kvalitete. Pretjeranim navodnjavanjem može doći do rasta biljke, ali ne i plodova, stoga takvo voće ima veće gubitke pri transpiraciji, veći udio kiselina i manje šećera, te se teže može skladištiti. Prihranom se održava optimalni odnos dušika, fosfora i kalija u tlu što dovodi do boljeg rasta plodova (Fons-Sole, 1998.).

### Temperatura

Temperatura je važan čimbenik koji utječe na kvalitetu plodova nakon branja. Nakon branja biokemijske reakcije koje se odvijaju u plodu ovisne su o temperaturi, te se brzina reakcije povećava porastom temperature. Ne postoji idealna temperatura skladištenja za sve plodove. Preniska temperatura skladištenja dovodi do smrzavanja staničnog soka, pri čemu se nepovratno gubi struktura zbog rasta kristala leda. Odmrzavanjem takvih plodova vrlo brzo dolazi do reakcija posmeđivanja (Fons-Sole, 1998.).

### Relativna vlažnost

Niska relativna vlažnost dovodi do većeg gubitka mase i promjena na pokožici ploda. Prevelika vlažnost pogoduje rastu gljivica i plijesni. Također relativna vlažnost utječe na brzinu transpiracije, koju možemo smanjiti povećanjem vlažnosti zraka (raspršivanjem vode, smanjenjem cirkulacije zraka) i smanjenjem permeabilnosti površine ploda, čime se smanjuje isparavanje vode (premazom od voska, upotreba plastičnih filmova) (Fons-Sole, 1998.).

### Sastav atmosfere skladištenja

Razlikujemo više uvjeta skladištenja. Skladištenje u modificiranoj atmosferi koristi se u pakiranju manjih jediničnih pakiranja, a sastoji se od pakiranja proizvoda u ambalažu od filmova selektivne propusnosti. Ovim načinom se produžava trajnost plodova od 2 do 10 puta, bez toplinskog ili kemijskog tretiranja. Proizvod se pakira u ambalažu od polimernih filmova različite permeabilnosti uz promjenu početnog sastava atmosfere u kojoj se nalazi proizvod. Promjenom se smanjuje intenzitet biokemijskih procesa u voću i povrću što dovodi do usporavanja starenja, kvarenja i aktivnosti mikroorganizama.

Skladištenjem u kontroliranoj atmosferi mijenja se sastav početne atmosfere snižavanjem udjela kisika (s 21% na oko 3%) i povećavanjem koncentracije CO<sub>2</sub> (s 2% na 5%), čime se usporava disanje i drugi procesi u plodovima. Plodovima se ovim načinom skladištenja

povećava trajnost od nekoliko dana do nekoliko mjeseci, ovisno o primijenjenim uvjetima i vrsti voća. Postoje tri osnovna tipa kontrolirane atmosfere:

- Tip I. Atmosfera relativno bogata kisikom (11-16% O<sub>2</sub>, 5-10% CO<sub>2</sub>, 79% N<sub>2</sub>)
- Tip II. Atmosfera siromašna kisikom (2-3% O<sub>2</sub>, 2-5% CO<sub>2</sub>, 92% N<sub>2</sub>)
- Tip III. Atmosfera niskog sadržaja kisika (1-2% O<sub>2</sub>, 0-2% CO<sub>2</sub>, 97% N<sub>2</sub>)

Skladištenjem u hipobaričnoj atmosferi proizvod se skladišti u djelomičnom vakuumu u kontroliranoj atmosferi. Ovaj tip skladištenja koristi razrijeđenu atmosferu tlaka od 0,1 do 0,2 bara i određene vlažnosti koja se održava na određenoj razini zbog izbjegavanja dehidracije proizvoda. Također se osim smanjenja koncentracije kisika smanjuje i koncentracija etilena što dovodi do usporavanja dozrijevanja voća (Lovrić i Piližota, 1994.).

### 2.3. MINIMALNO PROCESIRANO VOĆE

Brojni su čimbenici koji izazivaju kvarenje namirnica: ponajviše aktivnost mikroorganizama i enzima, te drugi čimbenici koji pospješuju degradaciju pojedinih prirodnih sastojaka hrane, kao npr. temperatura (izvan određenoga optimalnog područja), zrak (prisutnost kisika), svjetlo, sadržaj vode te vrijeme.

Posljednjih godina potrošači zahtijevaju da proizvedena hrana ima što prirodniji okus i boju, a da rok trajanja omogućuje razuman period skladištenja prije konzumacije. Zbog tih zahtjeva potrošača primjenom novih metoda procesiranja hrane omogućena je proizvodnja minimalno procesirane hrane. Metode minimalnog procesiranja moraju biti učinkovite, a da se njihovom primjenom ne narušava hranjiva vrijednost namirnice i ne dođe do nepoželjnih promjena njezinih senzorskih svojstava (Piližota i sur., 2000.). Postupci proizvodnje koji se mogu primijeniti kod minimalnog procesiranja su jako različiti i bazirani na raznovrsnim metodama. Uz već spomenute metode primjenjuje se: pakiranje u modificiranoj atmosferi, pakiranje u vakuumu, pulsirajuće električno polje, oscilirajuće magnetsko polje, visoki hidrostatski tlak, ultrazvuk, pulsirajuće svjetlo i UV-svjetlo.

Zajedničko svim tim tehnikama jest da se obrada provodi kratko vrijeme. Primjenom netermičkih procesa u što većoj mjeri može se uštedjeti znatna količina energije i skratiti trajanje procesa proizvodnje, te primijeniti blaži uvjeti termičke obrade i dobiti proizvodi boljih organoleptičkih značajki i veće nutritivne vrijednosti (Herceg, 2009.; Lelas, 2006.).

U minimalnom procesiranju danas je sve prisutnija i tehnika konzerviranja preprekama. Ta tehnika se bazira na primjeni kombiniranog djelovanja više metoda kao jedne cjeline procesnih prepreka koje mikroorganizmi ne mogu „prijeći“, ostvarujući tako konzervirajući učinak. Najvažnije prepreke koje se koriste u prehrambenoj industriji su visoke temperature, niske temperature, aktivitet vode, kiselost, redoks potencijal, modificirana atmosfera, kompetitivni mikroorganizmi ili dodatak kemijskih sredstava. Što je prepreka više, to ih mikroorganizmi mogu teže savladati. Upravo ovakvom kombinacijom svaka pojedinačna prepreka u seriji može se provoditi u znatno blažim uvjetima nego kada se koristi sama (Lovrić, 2003.).

Produženje trajnosti minimalno procesiranih proizvoda može se provesti primjenom jestivih filmova. To su tanki slojevi zaštitnog materijala koji se nanose na površinu proizvoda kao

zamjena za prirodno tkivo (epidermis, kožica). Jestivi filmovi se koriste kao semipermeabilna barijera za migraciju vlage, kisika i aromatskih tvari, koja može usporiti i promjenu boje, poboljšati teksturu te reducirati mikrobiološki rast (Garcia i Barret, 2002.).

Istraživanja Oms-Oliu i sur. (2008.) vezana za primjenu jestivih filmova na bazi polisaharida pokazala su da dodatak određenih antioksidativnih tvari (N-acetil cistein i glutation) u film ne samo što reducira mikrobiološki rast minimalno procesiranih krušaka, nego i sprječava posmeđivanje tijekom dva tjedna čuvanja pri +4 °C bez utjecanja na čvrstoću kriški krušaka. Kruške se obično pakiraju u odgovarajuću ambalažu u uvjetima kontrolirane tj. modificirane atmosfere i čuvaju pri sniženim temperaturama. Na taj način se usporava respiracija, mikrobiološki rast i određene degradativne reakcije koje utječu na kvalitetu proizvoda.

Industrija minimalno procesiranog voća ima veliki potencijal za daljnji rast, ali su neophodna daljnja istraživanja u pravcu pronalaska novih postupaka i poboljšanja postojećih. Razvoj tehnika i sredstava koja omogućuju istovremeno sprječavanje posmeđivanja i mikrobiološke kontaminacije je nužan radi osiguranja kakvoće i sigurnosti minimalno procesiranih proizvoda.

## 2.4. ENZIMSKO POSMEĐIVANJE

Enzimsko posmeđivanje voća predstavlja niz reakcija koje dovode do gubitaka i promjene boje plodova voća nakon što je na bilo koji način, uslijed izloženosti zraku, narušena osnovna struktura stanica odnosno ploda (guljenje, rezanje, drobljenje) (Piližota i Šubarić, 1998.).

Reakcijama enzimskog posmeđivanja se monofenolni spojevi djelovanjem polifenol oksidaze (PPO) uz prisutnost kisika hidroksiliraju u o-difenole, a oni se zatim oksidiraju u o-kinone. Kinoni uz prisutnost ili bez prisutnosti katalitičkog djelovanja enzima daju smeđe do crno obojene pigmente – melanoide.

Bitna razlika između enzimskog i neenzimskog posmeđivanja je samo u prvoj fazi reakcije koja je kod enzimskog posmeđivanja oksidativna i katalizirana specifičnim enzimima. Daljnji tijek reakcija je spontan i neenzimskog tipa. Ovi procesi započinju kontaktom fenolnih spojeva i enzima, a same reakcije nastupaju tek kada je narušena stanična struktura ploda (Šubarić, 1999.). Stupanj posmeđivanja ovisi o koncentraciji kisika tijekom skladištenja te sadržaju fenola i PPO (Amiot i sur., 1995.). Reakcije posmeđivanja se razlikuju između vrsta voća i povrća, kao i između pojedinih sorti. Iako nekad poželjne, te reakcije većinom su neželjene i kao takve potrebno ih je usporiti ili zaustaviti.

Reakcije enzimskog posmeđivanja kod neke hrane su poželjne i imaju pozitivno djelovanje na konačna svojstva hrane, npr. razvoj boje i arome u proizvodnji čaja, kave i kaka (He i Luo, 2007.).

U neoštećenim stanicama plodova ne dolazi do enzimskog posmeđivanja zato što su fenolni spojevi odvojeni od enzima (fenoli se nalaze u vakuolama, a enzimi u citoplazmi). Kada se tkivo ošteti (rezanjem voća) fenoli dolaze u dodir sa enzimima što dovodi do reakcija enzimskog posmeđivanja. Određene vrste voća i povrća, kao što su jabuke, kruške, banane, breskve i krumpir su posebno osjetljivi na enzimsko posmeđivanje tijekom prerade i čuvanja. Za reakcije enzimskog posmeđivanja potrebna su tri čimbenika - enzim, supstrat i kisik.

### 2.4.1. Enzimi

Enzimi koji uzrokuju enzimsko posmeđivanje su iz skupine oksidaza, a nalaze se u svim dijelovima voća i povrća (kožici, mesu i jezgri). Odgovorni su za mnoge reakcije koje rezultiraju gubitkom kvalitete. Ti enzimi su: peroksidaza, fenolaza, polifenol oksidaze (PPO), katalaza, krezolaza, tirozinaza.

Prema količini enzima voće se može podijeliti na:

- ono koje sadrži fenolaze, polifenolaze, peroksidaze – to voće brzo potamni, tu spadaju jabuke, kruške, marelice, banane, trešnje, smokve, jagode,
- ono koje sadrži jako male količine enzima ili ih uopće ne sadrži – to voće sporije tamni, tu spadaju citrusi, dinja, ribiz.

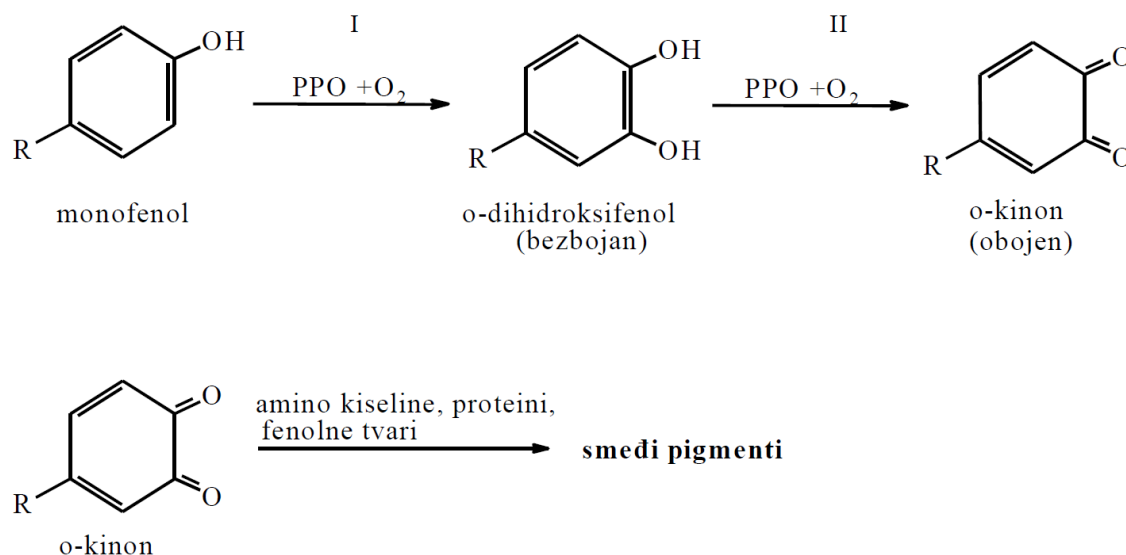
PPO katalizira dvije osnovne reakcije: hidroksilaciju fenolnog supstrata u o-položaju u odnosu na postojeću hidroksilnu skupinu i oksidaciju difenola u o-benzokinon (Martinez i Whitaker, 1995.; He i Luo, 2007.). PPO je široko rasprostranjena, a stupanj posmeđivanja ovisi o prisutnosti i koncentraciji PPO i fenolnih komponenti, zatim o pH, temperaturi i izloženosti tkiva kisiku, svjetlosti, mehaničkim oštećenjima, a bitni su također vrsta i stupanj zrelosti ploda (Martinez i Whitaker, 1995.; Marshall i sur., 2000.).

PPO sadrži bakar u svom aktivnom središtu koji je odgovoran za enzimsku aktivnost (Piližota i Šubarić, 1998.). Uklanjanje bakra iz enzima dovodi do prekida ili smanjivanja enzimске aktivnosti, a njegovim ponovnim uvođenjem u enzim dolazi do ponovne aktivacije enzima (Brooks i Dowson, 1966.; Bresler i sur., 1979.).

Enzim PPO je relativno termički nestabilan, aktivnost mu opada iznad 45 °C, a inaktivira se u potpunosti na temperaturi od 75 °C. Inaktivacija toplinom može dovesti do nastanka nepoželjne boje, okusa i promjena na teksturi (Martinez i Whitaker, 1995.). Za sprječavanje enzimskog posmeđivanja mogu se koristiti druge metode inhibicije, npr. uklanjanje kisika ili upotreba inhibitora. Optimalni pH djelovanja PPO je između 5 i 7. Snižavanjem pH ispod 3 inhibira se aktivnost PPO, međutim promjenu pH vrijednosti svježeg voća je često nemoguće ostvariti bez negativnog djelovanja na aromu (Piližota i Šubarić, 1998.).

PPO katalizira dvije različite reakcije:

- hidroksilaciju monofenola u odgovarajuće o-dihidroksi spojeve (krezolazna aktivnost),
- dehidrogenaciju (kateholazna aktivnost).



**Slika 1** Reakcije hidrosilacije monofenola i dehidrogenacije o-difenola, katalizirane PPO (Šubarić, 1999.)

### 2.4.2. Supstrati

Supstrati PPO u reakcijama enzimskog posmeđivanja su monofenoli i difenoli s hidroksilnim grupama u o-položaju ili p-položaju. Fenolni spojevi se nalaze samo u vakuolama biljnih stanica, te se pojavljuju u više od 4 000 oblika. Fenolni i polifenolni spojevi su važni za nastanak odgovarajuće arome i boje proizvoda od voća i povrća, a imaju i značajnu ulogu za ljudsko zdravlje - važni kod prevencije degenerativnih bolesti kao što su karcinomi i kardiovaskularne bolesti (Scobinger i sur., 1996.; Manach i sur., 2004.).

Fenolni spojevi su skupina koja je široko rasprostranjena u biljnom svijetu i smatraju se sekundarnim metabolitima. Fenolni spojevi imaju različite strukture i funkcije, ali osnovna struktura je aromatski prsten koji nosi jednu ili više hidroksilnih skupina (Marshall i sur., 2000.).

Biljne fenolne spojeve kao supstrate za PPO možemo podijeliti u dvije skupine, a to su fenolne kiseline i srodni spojevi te flavonoidi.

## Fenolne kiseline i srodni spojevi

Tu spadaju cimetna i benzojeva kiselina i njihovi derivati. Fenolne kiseline najčešće se javljaju u kombinaciji s drugim spojevima - obično u obliku estera (ester kava kiseline, kinonske i klorogenske kiseline) (Herrmann, 1996.).

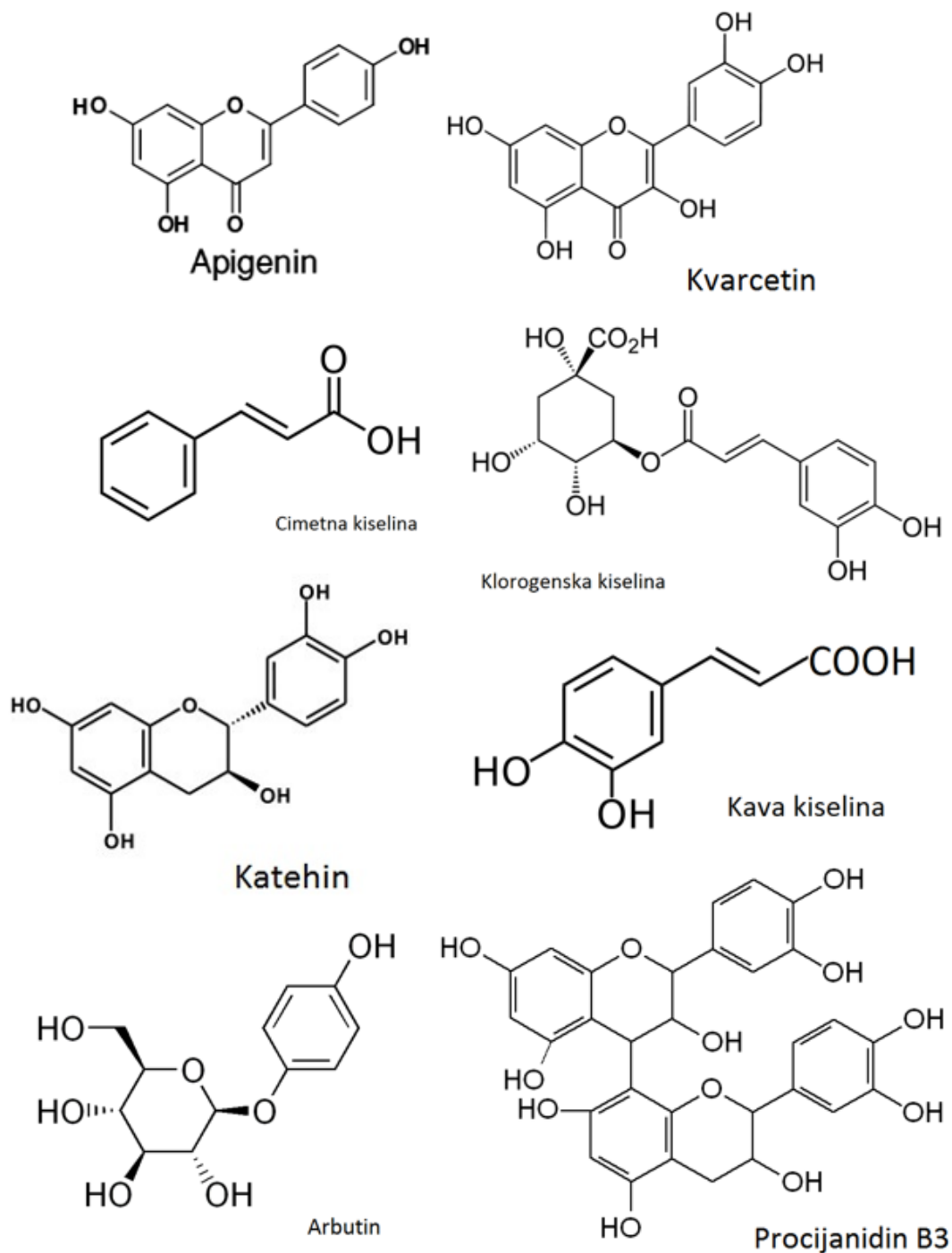
## Flavonoidi

Flavonoidi su spojevi izgrađeni na bazi difenilpropana u kojemu je 3 C most smješten između fenolnih skupina obično cikliziran s kisikom (Wildanger i Hermann, 1975.). Flavonoidi predstavljaju najznačajniju skupinu biljnih fenola i nositelji su žute, crvene i plave boje, te svih nijansi navedenih boja. Osnovna podjela flavonoida je slijedeća:

- Antocijanidi,
- Flavoni i flavonoli,
- Flavanoni,
- Katehini,
- Antocijanini,
- Izoflavoni,
- Dihidroflavonoli,
- Kvercetin,
- Halkoni.

Osnovni fenolni spojevi krušaka su klorogenska kiselina, katehin, katehol, DOPA (dihidroksifenilalanin), protokatehinska kiselina, p-krezol te kava kiselina. Klorogenska kiselina je najzastupljeniji fenolni supstrat, a njezin sadržaj u kruški iznosi 20-140 mgkg<sup>-1</sup> (Robards i sur., 1999.). Meso kruške je bogato cimetnom kiselinom i flavanolima, a kožica je bogata flavanolima i flavonolima (Amiot i sur., 1995.).





Slika 2 Strukture fenolnih spojeva kruške

## 2.5. SPREČAVANJE ENZIMSKOG POSMEĐIVANJA

Budući da je enzimsko posmeđivanje u industriji prerade voća i povrća uglavnom nepoželjno, sprečavanje enzimskog posmeđivanja se provodi fizikalnim i kemijskim metodama kojima je zajedničko da se ukloni jedan ili više čimbenika koji su odgovorni za posmeđivanje, a to su: kisik, enzimi ili supstrat.

### 2.5.1. Djelovanje na enzim

Djelovanje na enzim se postiže na nekoliko načina: termičkom inaktivacijom, reakcijama s tvarima koje stvaraju helate (komplekse) s bakrom kao prostetskom skupinom (aktivnim središtem enzima), reakcijama sa spojevima strukture slične supstratima, te reakcijama s tvarima koje snižavaju pH vrijednost (Šubarić, 1999.). Teško je postići to samo jednom metodom, te se većinom koristi kombinacija metoda.

#### Termička inaktivacija

Ovo je najpoznatiji i najčešće primjenjivani postupak inaktiviranja enzima. Termičkom inaktivacijom (blanširanjem ili kuhanjem) se sprečava enzimsko posmeđivanje (denaturacijom enzima), ali pri tome dolazi do gubitka arome, teksture, promjene boje i nutritivno vrijednih sastojaka sirovina. Kod denaturacije molekule enzima dolazi do promjena u sekundarnoj i tercijarnoj strukturi molekule enzima čime se smanjuje katalitička aktivnost enzima (Chen i sur., 1993.).

#### Reakcije s tvarima koje stvaraju helate (komplekse) s bakrom kao prostetskom skupinom

Spojevi koji imaju svojstvo stvaranja helata s bakrom mogu se koristiti kod sprečavanja posmeđivanja jer je bakar neophodan za aktivnost PPO. U tu svrhu mogu se koristiti: alkoholi, etilen diamin tetraoctena kiselina, polifosfati (npr. natrijev pirofosfat), sorbinska, askorbinska, limunska kiselina, halidi, cijanidi, CO<sub>2</sub>, kojična kiselina, vodikov peroksid (Chen i sur., 1993.; Valero i sur., 1990.; Andrawis i Kahn, 1985.).

## Reakcije sa spojevima strukture slične supstratima

Ovi spojevi, zbog strukture koja je slična supstratima, vežu na sebe enzim tako da ne dolazi do reakcije posmeđivanja, već do kompeticijske inhibicije i time inhibiraju djelovanje enzima. U ove spojeve ubrajamo: tropolon, 4-heksilrezorcinol (može zaustaviti formiranje o-kinona), aromatske kiseline (Piližota i Šubarić, 1998.; Šubarić, 1999).

## Reakcije s tvarima koje snižavaju pH vrijednost

Ionizirajuće grupe u proteinskoj strukturi moraju biti u određenoj ionskoj formi da zadrže konformaciju aktivnog mjesta, vežu supstrate ili kataliziraju kemijske reakcije. Promjenom pH najčešće dolazi do reverzibilne inhibicije. Pri značajnijim promjenama pH, može doći do ireverzibilne denaturacije enzima. Za ove reakcije koriste se razne organske kiseline: limunska, askorbinska i octena kiselina, te njihove kombinacije (Piližota i Šubarić, 1998.; Garcia i Barret 2002.). Pri pH vrijednostima nižim od 3 dolazi do ireverzibilne inaktivacije PPO (Richardson i Hyslop, 1985.)

### 2.5.2. Djelovanje na supstrat

Postoje i spojevi koji inhibiciju posmeđivanja postižu djelovanjem na supstrat tako da ga drže u reduciranom stanju, što sprječava njegovu polimerizaciju. To se ostvaruje dodatkom tvari koje se lakše oksidiraju od supstrata. Takva svojstva imaju sulfiti, askorbinska kiselina, cistein, aminokiseline, peptidi, proteini i dr.

Sulfiti imaju razne funkcije jer djeluju kao inhibitori enzimskog i neenzimskog posmeđivanja, kao antimikrobni dodaci, te kao sredstva za izbjeljivanje, antioksidansi i reducirajuća sredstva (Piližota i Šubarić, 1998.). Iako su jedni od najefikasnijih inhibitora enzimskog posmeđivanja, upotreba sulfita može izazvati alergijske reakcije, napade kod bolesnika koji boluju od astme i sl. Zato je njihova primjena ograničena i dozvoljena samo na određene prehrambene proizvode (Sapers, 1993.). Kao alternativno rješenje koje uključuje askorbinsku kiselinu smatra se najboljom zamjenom za sulfite (Piližota i Šubarić, 1998.).

Kod upotrebe cisteina na sprječavanje enzimskog posmeđivanja jedan od načina je stvaranje kompleksa sa fenolnim tvarima, kao i sa o-kinonima (Šubarić, 1999.). Sprječavanje enzimskog posmeđivanja primjenom ciklodekstrina koji sa supstratom grade komplekse istraživali su Piližota i Šubarić (1998).

Obradom soka kruške sa cisteinom i  $\alpha$ -ciklodekstrinom dolazi do značajne inhibicije posmeđivanja bez promjena u aromi i boji soka (Montgomery, 1983.; Lopez-Nicolas i sur., 2009.).

### **2.5.3. Djelovanje na kisik**

Budući da je jedan od uvjeta za enzimsko posmeđivanje i kisik, njegovim uklanjanjem reakcije enzimskog posmeđivanja mogu se usporiti ili spriječiti. U preradi voća i povrća to se može postići pakiranjem u ambalažu nepropusnu za kisik, pakiranjem u atmosferi dušika, potapanjem npr. svježe narezanog voća u otopinu NaCl, kiseline ili sirupe i dr. Uklanjanje kisika iz pakiranja može dovesti do gubitka arome i promjene okusa, te do razvoja anaerobnih bakterija (Piližota i Šubarić, 1998.). Nedostatak metode potapanjem (uranjanjem) jest to što se posmeđivanje tkiva nastavlja nakon određenog vremena poslije ponovnog izlaganja kisiku i što tijekom uranjanja može doći do gubitka topljivih tvari (McEvily, 1992.).

## 2.6. NEENZIMSKO POSMEĐIVANJE

Osim već spomenutog enzimskog posmeđivanja promjena boje voća i povrća može nastati i uslijed reakcija neenzimskog posmeđivanja koje su najčešće nastavak reakcija enzimskog posmeđivanja.

Neenzimsko posmeđivanje se odvija kroz niz kompleksnih reakcija, a možemo ih podijeliti u nekoliko skupina.

**Prvi tip reakcija** neenzimskog posmeđivanja obuhvaćaju reakcije između šećera, aldehida i ketona, odnosno spojeva sa aldehidnom i keto skupinom sa spojevima koji sadrže amino skupinu (aminokiselinama, aminima, peptidima i proteinima), pri čemu nastaju tamo smeđi pigmenti melanoidi. Ove vrste reakcija često se nazivaju i Maillardove reakcije, a njihov reakcijski mehanizam nije ni dan danas potpuno poznat.

Sve reakcije tipa karbonil-amin mogu se podijeliti u tri stadija koji se kontinuirano nastavljaju:

- Inicijalni stadij - kondenzacija šećera i amina te Amadorijevo premještanje. Reakcije koje ubrajamo u inicijalni stadij karakteriziraju neobojeni produkti koji ne pokazuje apsorpciju u UV području.
- Intermedijarni stadij - dehidracija šećera, cijepanje šećera i degradacija aminokiselina. Ove reakcije karakteriziraju bezbojni ili žuto obojeni spojevi.
- Finalni stadij - aldolna kondenzacija i aldehyd-amin polimerizacije. Finalni stadij karakteriziraju spojevi koji su intenzivno obojeni.

**Drugi tip reakcija** neenzimskog posmeđivanja obuhvaća reakcije karamelizacije ili pirolize polihidroksi karbonskih spojeva (ugljikohidrata, polihidroksi karbonske kiseline) do koje dolazi pri povišenim temperaturama pri kiselim ili bazičnim uvjetima bez prisutnosti amino spojeva.

**Treći tip reakcija** neenzimskog posmeđivanja obuhvaća oksidativne reakcije sa ili bez prisutnosti enzima. Oksidativne promjene se odvijaju na polihidroksifenolima pri čemu nastaju oksidirani di- i poli-karbonilni spojevi. Tu spada i oksidativna degradacije askorbinske

kiseline pri aerobnim ili anaerobnim uvjetima sa ili bez prisutnosti amino spojeva (Kacem i sur., 1987.; Lee i Nagy, 1988.; Wong i Stanton, 1989.; Loscher i sur., 1991.).

Ove reakcije ne dovode samo do promjene boje, već i do gubitka hranjivih tvari poput esencijalnih aminokiselina i askorbinske kiseline, smanjene probavljivosti proteina, inhibicije probavnih enzima, pa čak i nastajanja toksičnih i mutagenih produkata (Namiki, 1988.).

Međutim, neenzimsko posmeđivanje nije uvijek nepoželjna pojava, već se nekada stvaraju uvjeti da do njega dođe (pekarski proizvodi, snack proizvodi, pečeno meso, pržena kava i dr.).

### **Sprečavanje neenzimskog posmeđivanja**

Sprečavanje neenzimskog posmeđivanja, u kompleksnom sustavu kakav je hrana, nije uvijek lako ostvariti, niti postoji metoda za sprečavanje ovih reakcija. Neki opći principi i metode za sprečavanje ili smanjenje brzine ili stupnja neenzimskog posmeđivanja su slijedeći:

- snižavanjem temperature u svim fazama prerade koliko god je moguće
- smanjenjem aktiviteta vode (važno u dehidratiranim proizvodima),
- smanjenjem količine amino spojeva i reducirajućih šećera
- smanjenjem količine i blokiranjem  $\text{Cu}^{2+}$  i  $\text{Fe}^{3+}$
- primjenom sulfita i bisulfita, odnosno sumpornih spojeva
- sniženjem koncentracije gotovih proizvoda
- postupkom ultrafiltracije, pakiranjem u inertnoj atmosferi, itd. (Labuza i Saltmarch, 1981.; Principe i Lozano, 1991.).

## 2.7. TEKSTURA

### 2.7.1. Definicija teksture i svojstva vezana uz teksturu

Tekstura je uz boju jedna od glavnih parametara kvalitete hrane, a nastala je iz kombinacije fizikalno - kemijskih svojstava i svojstava koja se opažaju osjetilima dodira, kao i osjetilima vida i sluha. Sama tekstura svježeg voća i povrća, obuhvaća širok spektar svojstava i poželjno je ove pojave objašnjavati terminima specifičnih promjena komponenti stanica biljnih tkiva. Biljne stanice sadrže više od 60% vode. Odnos između sadržaja vode i sadržaja komponenti unutar stanice određuju razlike u teksturi (Jašić, 2007.).

Čvrstoća teksture je specifična za svaku vrstu voća, a mogu biti i razlike od sorte do sorte. Promjene teksture mogu biti vezane i uz procese pri branju, skladištenju i daljnjoj distribuciji voća, a te promjene su naročito vezane uz procese prirodnog starenja (senescencije) voća i atmosfere u kojoj je skladišteno.

Promjene teksture uzrokuju skraćivanje vijeka trajanja voća jer postaje podložnije mehaničkim oštećenjima i kontaminaciji mikroorganizmima.

Teksturu možemo odrediti na dva načina:

- Senzorsko određivanje (osjetilima) predstavlja individualni pristup pa zbog toga nije pouzdano, a i teško se opisno može točno izraziti. Senzorskim ispitivanjem je dokazano da konzumenti preferiraju karakteristike teksture kao što su npr. hrskavost, mekanost, sočnost i čvrstoća. Karakteristike koje se ne preferiraju su žilavost, vlažnost, drobljivost, grudavost, vodenost i sluzavost (Szczesniak, 1990.).
- Instrumentalno određivanje - mjerenjem teksture pomoću instrumenata umanjuje se mogućnost pogreške. Pogreške se mogu pojaviti zbog nereprezentativnog ili nehomogenog uzorka, a vrlo rijetko ili uopće ne zbog nepreciznosti uređaja.

### 2.7.2. Očuvanje teksture

Razna istraživanja su dokazala pozitivno djelovanje kalcija na održavanje strukture. Kalcij sa pektinom stvara ionske veze između molekula. Stvaranjem tih veza povezuju se lanci poligalakturonske kiseline. Također kalcijevi ioni utječu na stabilnost staničnih membrana i važne su intracelularne komponente, a ispitivanja na zrelim plodovima su pokazala da

senescencija često ovisi o udjelu kalcija u tkivu te da se povećanjem udjela kalcija razni parametri, kao što su udio proteina i klorofila kao i propusnost membrane mijenjaju (Suutarinen i sur., 2000.).

Pektinesteraza cijepa metilne estere, a time nastaje više karboksilnih grupa, za koje se  $\text{Ca}^{2+}$  ioni lakše vežu i pridonose boljoj čvrstoći staničnih stjenki.

Danas se u obradi često koriste kombinacije otopina sa kalcijem koje održavaju teksturu kroz kraći vremenski period kao npr. otopine poliuronskih kiselina, otopine kalcij sulfata te kalcijev laktat ili kalcijev klorid, u količinama od 0,1 do 1%.



## 2.8. SREDSTVA ZA PRODULJENJE ODRŽIVOSTI KRUŠAKA

Inhibitori koji se koriste za sprječavanje posmeđivanja, kao i druga sredstva koja dolaze u kontakt sa hranom, u primijenjenim koncentracijama moraju biti netoksični, neškodljivi, ne smiju imati utjecaj na okus, miris i sastav hrane te moraju biti djelotvorni u malim koncentracijama.

### 2.8.1. Vodikov peroksid (HP)

Vodikov peroksid ( $H_2O_2$ ) je bezbojna tekućina oštra mirisa koja se upotrebljava za izbjeljivanje različitih materijala, za dezinfekciju rana i grla kod bolesnika, dezinfekciju radnih površina, uklanjanje različitih kontaminanata (mikroorganizama).

Vodikov peroksid u kombinaciji sa askorbinskom kiselinom pokazao je pozitivne rezultate u svrhu sprječavanja mikrobiološkog kvarenja, odnosno enzimskog posmeđivanja svježe narezanih krušaka. Istraživanja koja su proveli Piližota i sur. (2000.) pokazala su da je obradom krušaka 2%-tnim vodikovim peroksidom moguće spriječiti razvoj mikroorganizama čuvanjem pri 4 °C i nakon 8 dana, bez bitnih promjena u sadržaju osnovnih sastojaka u odnosu na početnu sirovinu. 3%-tna askorbinska kiselina sama i u kombinaciji s 1%-tnim vodikovim peroksidom imala je znakovit utjecaj na očuvanje boje izrezanih krušaka nakon 8 dana skladištenja pri 4 °C.

### 2.8.2. Askorbinska kiselina (AA)

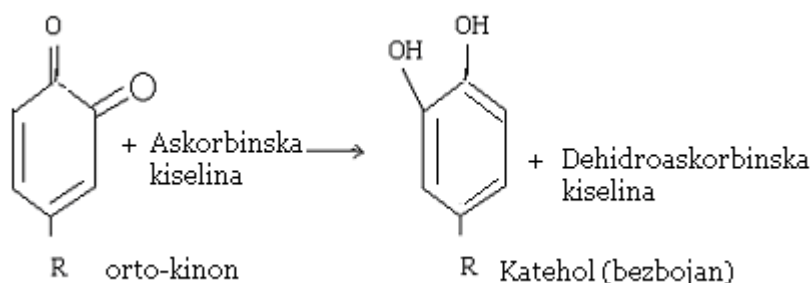
Askorbinska kiselina, koja predstavlja dio vitamina C, sastavni je dio voća i povrća, a u kruškama se nalazi u manjim količinama. Također je poznat kao prirodni antioksidans. Njezini izomeri L-askorbinska kiselina i dehidro-L-askorbinska kiselina tvore oksidacijsko-redukcijski sustav koji je osnova za fiziološku aktivnost, kao i za tehničku primjenu. Soli askorbinske kiseline su neutralne i dobro se otapaju u vodi. Askorbinska kiselina osjetljiva je na svjetlo i toplinu, a najstabilnija je pri pH 3,5 do 5. Također tragovi metala npr. željeza i bakra, dovode do ubrzanog raspada askorbinske kiseline (MacRea i sur., 1993.).

Inhibicija posmeđivanja se bazira na sposobnosti da askorbinska kiselina reducira o-kinone koji nastaju oksidacijom polifenola pomoću polifenoloksidaze, pri čemu se askorbinska kiselina oksidira u dehidro-L-askorbinsku kiselinu (Piližota i Šubarić, 1998.). Askorbinska

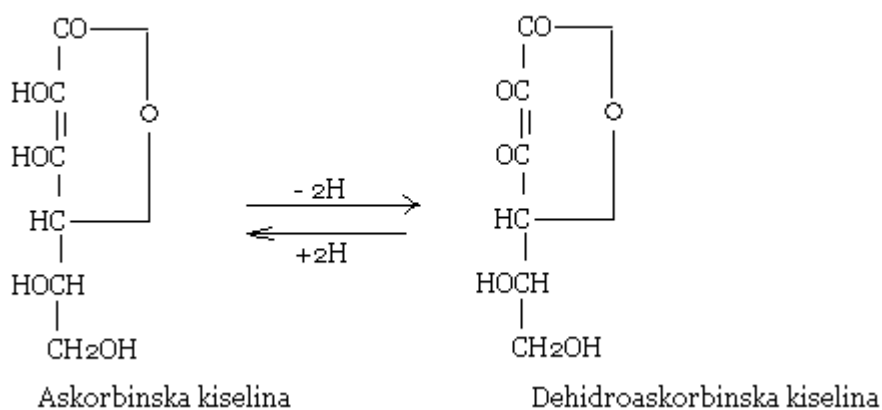
kiselina može djelovati direktno na enzim tvoreći helatne spojeve s njegovom prostetskom skupinom.

Askorbinska kiselina zbog antioksidativnih svojstva povećava biološku vrijednost prehrambenog proizvoda, štiti antocijane od oksidacijske degradacije, stoga je važna za očuvanje boje (Vamos-Vigyazo, 1981.). Često joj se dodaju neke druge tvari kao npr. limunska, vinska, fosforna i druge kiseline, cistein, NaCl koji povećavaju antioksidacijsku aktivnost askorbinske kiseline.

Istraživanjem ovisnosti kvalitete krušaka o skladištenju u kontroliranoj atmosferi i utjecaju kemijskih konzervanasa, Gorny i sur. (2000.) došli su do zaključka da kriške krušaka nakon obrade 2%-tnom askorbinskom kiselinom u kombinaciji s 1%-tnim kalcijevim laktatom i 0,5%-tnim cisteinom imaju značajno produženje trajnosti, a što se očituje u očuvanju čvrstoće teksture ploda i sprječavanju enzimskog posmeđivanja. Senzorskim analizama utvrđeno je da nema promjene u okusu ploda.



**Slika 3** Redukcija o - kinona u difenole

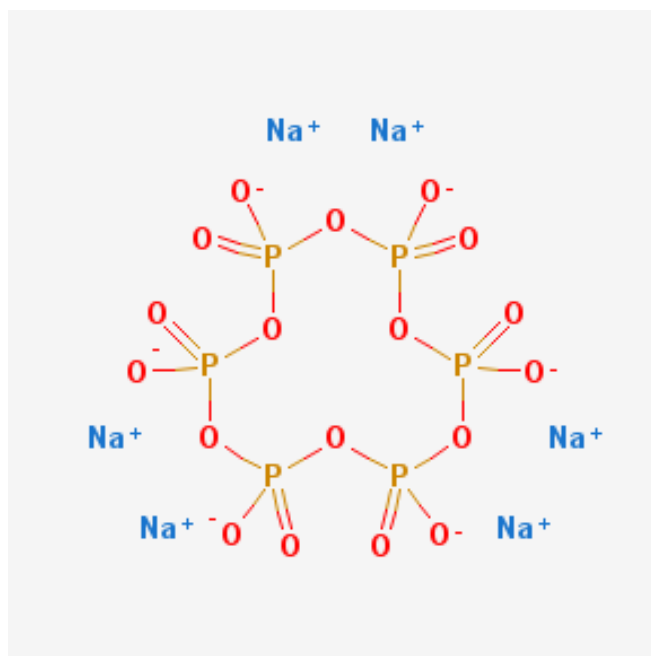


**Slika 4** Oksidacija askorbinske kiseline u dehidroaskorbinsku kiselinu

### 2.8.3. Natrij heksametafosfat (NaHMP)

Sam natrij heksametafosfat nema veliku sposobnost inhibicije posmeđivanja stoga se često koristi u kombinaciji s drugim inhibitorima kao npr. askorbinskom kiselinom, limunskom kiselinom, kalcijevim kloridom i drugima. U kombinaciji s askorbinskom kiselinom se dobiju bolji rezultati nego kombiniranjem s limunskom kiselinom. Istraživanje koje su proveli Piližota i Sapers (2004.) pokazalo je da pri većim koncentracijama askorbinske kiseline (3%) u kombinaciji s drugim reagensima (npr. 2% NaHMP i 0,5% NaCl), dolazi do usporavanja procesa posmeđivanja izrezanih jabuka, te se tako trajnost kriški jabuka produžuje na 2 do 3 tjedna pri 4 °C.

Natrij heksametafosfat u kombinaciji s askorbinskom i limunskom kiselinom ima sposobnost izbjeljivanja uzoraka izrezanih krušaka.



Slika 5 Natrij heksametafosfat (web 3)

### 2.8.4. Kalcij klorid (CC)

Kalcij klorid ( $\text{CaCl}_2$ ) ima važnu primjenu u prehrambenoj industriji (E509) u cilju sprječavanja posmeđivanja. Osim toga, primjena kalcijevih soli utječe i na održavanje čvrstoće tkiva uslijed interakcije sa pektinskim tvarima (Šubarić, 1999.). Kao učinkovit inhibitor, najčešće se koristi

u kombinaciji s askorbinskom kiselinom, limunskom kiselinom i cinkovim kloridom (Piližota i Šubarić, 1998.).

Sapers i Miller (1998.) su uočili da se kod slabo dozrelog voća, tretiranjem i uranjanjem u otopinu inhibitora sa 0,2% CaCl<sub>2</sub>, uzorci zadržavaju teksturu, te ne pokazuju degradaciju boje i teksture ni kroz 14 dana čuvanja pri 4 °C. Njihova istraživanja su pokazala da bez dodatka CaCl<sub>2</sub> neki uzorci postaju mekani i brašnjava. Isto tako obrada otopinama CaCl<sub>2</sub>, 4-heksirezorcinola i natrij eritorbata u uvjetima modificirane atmosfere usporila je posmeđivanje i degradaciju teksture kod narezanih krušaka tijekom 14 dana čuvanja pri 4 °C.

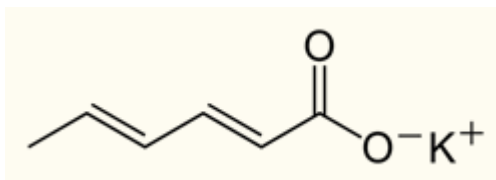
### 2.8.5. Kalij sorbat (PS)

Kalij sorbat je sol sorbinske kiseline koja ima veliku primjenu u smanjenju mikrobiološkog kvarenja (Thakur i Arya, 1991.). Kalijev sorbat je sredstvo za konzerviranje (E202) i priznat je kao GRAS aditiv (Chichester, 1984.). Kalijev sorbat može se koristiti za sprječavanje kemijske, enzimske i mikrobiološke degradacije (Lúck, 1980.). Inhibicija rasta mikroorganizama pomoću kalij sorbata je rezultat promjena u staničnim membranama, inhibicije transportnih sistema i ključnih enzima ili stvaranja protonske struje u stanici (Sofos i sur., 1986.).

Kalij sorbat topiviji je u vodi od sorbinske kiseline, a primjena je mnogo pogodnija u kiseloj nego u neutralnoj hrani, te je stoga vrlo prikladan za sprječavanje mikrobnog kvarenja svježeg voća. Kalij sorbat primarno inhibira razvoj plijesni i kvasaca dok je utjecaj na rast bakterija nešto slabiji i selektivan.

Kalij sorbat ima znakovit utjecaj i na sprječavanje enzimski katalizirane oksidacije fenolnih spojeva. Šubarić (1999.) je dokazao da kalijev sorbat ima značajan utjecaj kao inhibitor posmeđivanja, ali samo u slučaju kada su kao supstrat korišteni dihidroksifenilalanin (DOPA) i klorogenska kiselina, dok je u slučajevima s kateholom moguć i suprotan učinak.

Kalij sorbat i askorbinska kiselina pokazuju snažan sinergistički efekt na promjenu boje hrane što se objašnjava snažnim antioksidativnim djelovanjem askorbinske kiseline koja sprječava oksidativnu degradaciju kalij sorbata (Gliemmo i sur., 2009.).



Slika 6 Kalij sorbat (web 4)

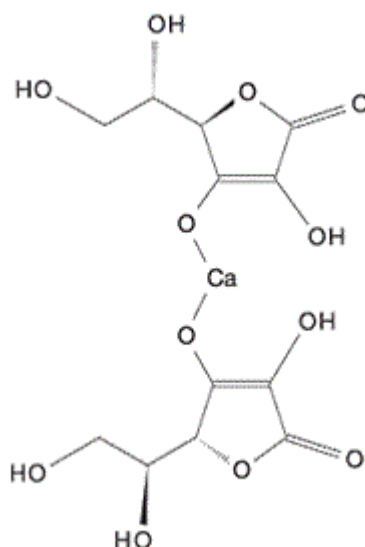
### 2.8.6. Kalcij askorbat (CAs)

Kalcij askorbat je kalcijeva sol askorbinske kiseline gdje je udio kalcija oko 10% u masi. Bijeli je do blijedo žuti kristalni prah, bez mirisa, topiv u vodi. U prehrambenoj industriji se koristi kao antioksidans (E302).

Kalcij askorbat je vrlo učinkovit u očuvanju boje, teksture i smanjenju rasta mikroorganizama neovisno o pH (Gomes i sur., 2010.). Kalcij askorbat djeluje tako da odgađa polimerizaciju oksidiranih molekula supstrata u smeđe pigmente i može ih dovesti u izvorno stanje, ali ne reagira izravno s PPO iz kruške (Arias i sur., 2007.).

Budući da je kalcij askorbat učinkovito sredstvo za očuvanje boje postao je vrlo važan u svakodnevnoj industrijskoj proizvodnji. Svi ti pozitivni učinci mogu se još više istaknuti upotrebom modificirane atmosfere u procesu proizvodnje tj. pakiranja (Aguayo i sur., 2010.).

Fallahi i sur. (1997.) navode da uz usporavanje reakcija posmeđivanja kalcij askorbat utječe na sporije omekšavanje teksture, te da to može biti povezano s povećanjem razine kalcija u tkivu voća.



Slika 7 Kalcij askorbat

### 2.8.7. Natrij hipoklorit

Natrij hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ ) najčešće se koristi za bijeljenje i dezinfekciju, a dolazi gotovo isključivo u obliku vodene otopine (zване lug za bijeljenje), jer je jako higroskopan. To je transparentna, svijetlo žuta otopina, a sadrži 9 do 15% klora. Koristi se i za tretiranje vode u bazenima, pri čemu sprječava razvoj bakterija i algi.

Prema Pravilniku o pomoćnim tvarima u procesu proizvodnje (NN 38/08, NN 152/11) natrij hipoklorit dozvoljen je kod prerade voća i povrća (u kategoriji Tvari za pranje i ljuštenje, skidanje ljuske, kore, kože). Uobičajeni pH hipokloritnih otopina za dezinfekciju iznosi 6 do 7,5. Njegova antimikrobna aktivnost se zasniva na oslobađanju slobodnoga klora. Ima širok spektar antimikrobnog djelovanja, ali i ograničenu uporabu zbog korozivnog djelovanja. Otopina hipoklorita osjetljiva je na temperaturne promjene, kiselost i visok stupanj organskog onečišćenja. Koriste se u sanitaciji opreme za preradu i čuvanje hrane, te opskrbu vodom. Ubraja se u sredstva srednjeg stupnja aktivnosti (Šubarić i Babić, 2012.).

U radu je natrij hipoklorit korišten za dezinfekciju cijelih plodova krušaka.

## 2.9. KRUŠKE

Kruška pripada u red *Rosales*, porodica *Rosaceae*, potporodica *Pomoideae*, rod *Pyrus*. Vrste roda *Pyrus* su autohtone samo u sjevernoj zemljinoj hemisferi, a danas se uzgajaju na svim kontinentima svijeta dok najbolje uspijevaju u područjima s umjerenom klimom i do 1000 m nadmorske visine. Podrijetlom su iz zapadne Azije. Samo nekoliko vrsta iz roda *Pyrus* ima značenje u voćarskoj proizvodnji.

Prema vremenu dozrijevanja možemo ih podijeliti na: ljetne, jesenske i zimske sorte, a prema dobu cvatnje: rano, srednje rano, srednje kasno i kasno cvjetajuće.

Kruška se ubraja u jabučasto voće - za njih je specifična sjemenjača koja je građena od sjemene lože i sjemenke u središnjem dijelu ploda (web 5).

Kruška je sočno i slatko voće s pomalo zrnatom teksturom. Karakteristično svojstvo teksture krušaka, kojeg nema kod drugih vrsta voća osim dunje, je prisutnost sklerenhimskih zrnaca koja se sastoje od manje ili više udruženih pojedinačnih lignificiranih stanica. Kvaliteta kruške ovisi o količini međusobno slijepljenih lignificiranih stanica, koje daju veća zrnca, a ujedno mogu biti i nepovoljno raspoređena u parenhimskom tkivu mezokarpa (meso ploda). Ovo svojstvo je genetski uvjetovano (Gliha, 1997.).

Kruška je voće s dobrom nutritivnom i niskom energetsom vrijednosti, te je zato cijenjena kod potrošača. Kemijski sastav kruške je prikazan u **Tablici 3** (Guine, 2006.).

**Tablica 3** Kemijski sastav kruške (na 100 g ploda)

Voda – 83 g	Kalij – 130 mg	Vitamin C – 4 mg
Proteini – 0,7 g	Bakar – 0,12 mg	Vitamin B1 – 0,02 mg
Ugljikohidrati – 15 g	Magnezij – 9 mg	Vitamin B2 – 0,04 mg
Masti – 0,4 g	Kalcij – 8 mg	Vitamin B6 – 0,02 mg
Vlakna – 1,4 g	Fosfor – 11 mg	Vitamin E – 0,1 mg

Plod kruške sadrži vrlo mali udio proteina i masti, a bogat je ugljikohidratima odnosno šećerima kao što su fruktoza, glukoza, sorbitol i saharoza. Osim toga kruška je bogata vitaminima, mineralima, antioksidansima i bioaktivnim komponentama. Kruška spada u vrstu voća bogatu prehranbenim vlaknima (Barroca i sur., 2006.).

Kruška je lako probavljiva te je radi svog sastava nezaobilazan dio svake uravnotežene prehrane. Pored toga što je odlična za jelo svježā, ona je pogodna i za preradu, u prvom redu za proizvodnju kompota, džema, marmelade i soka. Mogućnost prerade krušaka u minimalno procesirane proizvode predstavlja poseban izazov, zbog sklonosti enzimskom posmeđivanju i omekšavanju tkiva tijekom skladištenja (Dong i sur., 2000.).

### 2.9.1. *Packham's Triumph* (PT)

*Packham's Triumph* je kasna jesenska sorta velike rodnošti, vrlo dobre kvalitete okusa i odličnih skladišnih sposobnosti pa se smatra prikladnom sortom za komercijalne nasade. *Packham's Triumph* je najraširenija kruška u zemljama južne hemisfere. Za nju još postoji naziv Pakamovka. Podrijetlom je iz Australije. Stablo je srednje bujnosti, rađa obilno i redovito. Plodove daje već druge godine nakon sadnje.

Plodovi kruške *Packham's Triumph* se dobro skladište u običnoj hladnjači, a odlično u hladnjači sa kontroliranom atmosferom. Plod je srednje velik do velik, kruškolikog oblika, a površina ploda je neravna. Kožica ploda je tanka i čvrsta, svjetlo zelene boje u vrijeme berbe. Meso ploda je gotovo bijele boje, vrlo fine teksture sa sitnim sklerenhimskim zrcima u mesu i samo nešto krupnijim u uskom pojasu oko sjemenjače. Meso je vrlo sočno, topivo, slatko-kiselkastog, prilično punog okusa. Aroma i miris su ugodni. Plodovi su pogodni za preradu u minimalno procesirano voće, ali kvrgavost njihove površine čini poteškoće pri strojnom guljenju kožice. Polifenolni sastav kruške *Packham's Triumph* čine derivati hidrosicimetne kiseline (od kojih je najzastupljenija klorogenska kiselina), arbutin, flavan-3-oli (od kojih je najznačajniji epikatehin) te brojni flavonoli poput kvercetin 3-O-galaktozida, kvercetin 3-O-glukozida i dr. Sadržaj antocijanidina nije utvrđen u ovoj sorti kruške (Gliha, 1997.; Galvis-Sánchez i sur., 2003).

Sastav kontrolirane atmosfere za skladištenje kruške *Packham's Triumph* razlikuju se ovisno o regiji uzgoja. Preporučeni sastav kontrolirane atmosfere za kruške *Packham's Triumph* europskog porijekla (Njemačka, Švicarska, Slovenija) se kreće u rasponima: O<sub>2</sub> 2-3%, CO<sub>2</sub> 2-3% i temperatura od -1 °C do 0 °C (Thompson, 1998.). U običnoj hladnjači kod temperature od -1 °C do 1 °C i relativne vlažnosti 90-95% *Packham's Triumph* može se skladištiti 3 mjeseca, a u hladnjači sa kontroliranom atmosferom kod iste temperature i relativne vlažnosti te sadržaja O<sub>2</sub> 1-3% i CO<sub>2</sub> 0,3% može se čuvati do 7 do 8 mjeseci (Lafer, 1994.).



Downs i sur. (1989.) su istraživali utjecaj temperature između branja i skladištenja na dozrijevanje plodova kruške *Packham's Triumph*, te su utvrdili vezu između akumulirane topline (između branja i skladištenja) i omekšavanja tkiva, te promjene boje nakon skladištenja. Čuvanje na 30 °C između branja i skladištenja (tijekom transporta) su rezultirala boljim vizualnim karakteristikama ploda i manjim gubicima tijekom skladištenja.



**Slika 8** *Packham's Triumph*

### **2.9.2. Abbé Fetel (AF)**

*Abbé Fetel* je kasna jesenska sorta srednje velike rodnosti, vrlo dobre kvalitete okusa i osrednjih skladišnih sposobnosti. Za nju još postoji naziv Fetelova. Podrijetlom je iz Francuske. Stablo je slabo do srednje bujno, široke i slabije razgranate krošnje, sa dosta tankih izbojaka.

Plod kruške *Abbé Fetel* je srednje velik do velik, specifičnog jako izduženog kruškolikog i asimetričnog oblika, povijenog u stranu. Plodovi nisu toliko lijepi koliko su atraktivni i tom osobinom privlače pažnju kupaca, jer su neobičnog i jedinstvenog oblika, i od svih sorti krušaka su najduži.

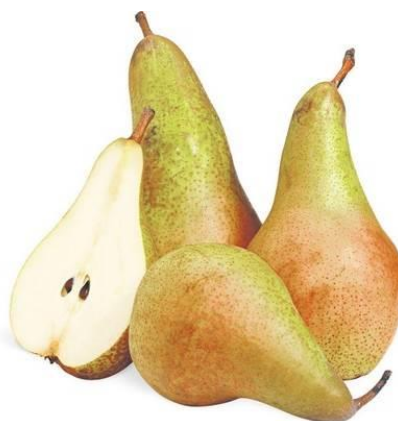
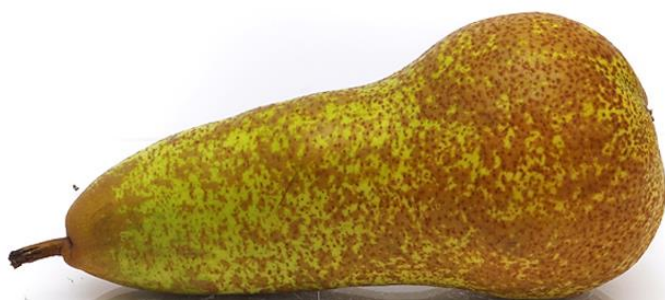
Kožica ploda je srednje tanka i čvrsta, svjetlo zelene boje u vrijeme berbe, a površina ploda je sjajna i glatka na površini gdje nema rđe, a gdje je ima je tek primjetno hrapava. Osnovna je boja na vrhu vrata i udubini čaške uvijek prekrivena slivenom rđom, a na ostalim dijelovima može se naći u obliku mrežastih šara nježne rđe ili prskanih rđastih točkica.

Meso ploda kruške *Abbé Fetel* je žućkasto bijele boje, srednje fine teksture sa malo sitnih sklerenhimskim zrnima u mesu i nešto malo krupnijim u uskom pojasu oko sjemenjače. Meso je sočno, polu topivo, slatkasto i pomalo praznog neskladnog okusa zbog pomanjkanja kiselina sa srednje izraženom aromom i blagim mirisom. Okus ove sorte jako varira i ovisi o stanišnim uvjetima i pravovremenoj berbi.

Plodovi kruške *Abbé Fetel* dobro podnose transport i manipulaciju, ali zbog dugog vrata treba s njima pažljivo postupati. U prirodnom voćnom skladištu *Abbé Fetel* može se skladištiti 20 do 25 dana (Gliha, 1997.).

Bertolini i Folchi (1993.) navode da se *Abbé Fetel* može skladištiti u običnoj hladnjači kod temperature od -1 °C do 0 °C i relativne vlažnosti 88-93% 4 do 5 mjeseci, a u hladnjači sa kontroliranom atmosferom mogu se čuvati isto toliko dugo, ali uspješnije kod temperature od -1 °C do 0,5 °C i iste relativne vlažnosti, te sadržaja kisika 2% i ugljičnog dioksida 0,8%.

Gorini i Stanchina (1980.) navode da se kod *Abbé Fetel* temperatura mora održavati konstantnom, da se mora izbjegavati predugo čuvanje jer dolazi do mekšanja plodova te da se mora izbjegavati prerana berba koja može dovesti do posmeđivanja kože ploda.



Slika 9 Abbé Fetel



### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

1. Odrediti kemijski sastav krušaka sorti *Packhams Triumph* i *Abbé Fetel*.
2. Utvrditi čvrstoću cijelih plodova krušaka *Packhams Triumph* i *Abbé Fetel* pomoću penetrometra i teksturometra.
3. Provesti obradu uzoraka kriški krušaka odabranim koncentracijama otopina i njihovim kombinacijama.
4. Provesti mjerenje i praćenje promjene boje kriški krušaka neposredno nakon obrade („0.“ dan), te nakon 1., 4., 8., 12. i 16. dana čuvanja u hladnjaku pri +4 °C.
5. Provesti mjerenje i praćenje promjene teksture kriški krušaka neposredno nakon obrade („0.“ dan), te nakon 1., 4., 8., 12. i 16. dana čuvanja u hladnjaku pri +4 °C.
6. Utvrditi u kojoj su mjeri otopine utjecale na očuvanje boje i teksture kriški krušaka neposredno nakon obrade („0.“ dan), te nakon 1., 4., 8., 12. i 16. dana čuvanja u hladnjaku na +4 °C.
7. Provesti skladištenje plodova u trajanju od 6 mjeseci u CA
8. Provesti mjerenje i praćenje promjene boje i teksture kriški krušaka neposredno nakon obrade („0.“ dan), te nakon 1., 4., 8., 12. i 16. dana čuvanja u hladnjaku pri +4 °C.
9. Utvrditi u kojoj su mjeri otopine nakon 6 mjeseci skladištenja u CA utjecale na očuvanje boje i teksture kriški krušaka neposredno nakon obrade („0.“ dan), te nakon 1., 4., 8., 12. i 16. dana čuvanja u hladnjaku na +4 °C.

## 3.2. MATERIJALI

### 3.2.1. Kruške

Analize su rađene na kruškama sorti *Packhams Triumph* (branje 25.9.2007. i 15.10.2007.) i *Abbé Fetel* (branje 25.9.2007. i 2.10.2007.). Sve kruške su ubrane u okolici Osijeka (komercijalni voćnjaci). Kruške su do obrade čuvane u hladnjaku pri +4°C. Kruške koje su se čuvale za analizu nakon 6 mjeseci skladištile su se u hladnjači sa kontroliranom atmosferom (uvjeti prikazani u **Tablici 4**). Sorta *Abbé Fetel* nije izdržala skladištenje 6 mjeseci u komori sa kontroliranom atmosferom.

**Tablica 4** Sadržaj plinova i uvjeti čuvanja u kontroliranoj atmosferi

Uvjeti	Režim čuvanja
N <sub>2</sub>	97%
CO <sub>2</sub>	1%
O <sub>2</sub>	2%
Temperatura	2 °C

### 3.2.2. Kemikalije

Za obradu krušaka korištene su sljedeće kemikalije:

- natrij hipoklorit – proizvođač Kemika, Hrvatska,
- vodikov peroksid - proizvođač: Kemika, Hrvatska,
- askorbinska kiselina - proizvođač: Kemika, Hrvatska,
- natrij heksametafosfat - proizvođač: Fluka, Švicarska,
- kalcij klorid - proizvođač: Kemika, Hrvatska,
- kalcij askorbat - proizvođač: Merck, Njemačka,
- kalij sorbat - proizvođač: Merck, Njemačka.

### 3.3. METODE

#### 3.3.1. Određivanje kemijskog sastava

Metode koje su korištene za određivanje pH i kemijskog sastava krušaka su:

- Određivanje ukupne suhe tvari (sušenjem u vakuumu),
- Određivanje pektinskih tvari (gravimetrijski, kao Ca – pektat),
- Određivanje pH vrijednosti (pH metar, Titrator TTT2, Radiometer, Copenhagen),
- Određivanje ukupnih fenola (modificirana Folin – Ciocalteu metoda),
- Određivanje šećera (ukupnih i reducirajućih) metodom po Luff – Schoorlu,
- Određivanje ukupnih kiselina (titracijski),
- Određivanje askorbinske kiseline (metoda sa 2,6-diklorfenol indofenolom),
- Određivanje antioksidativne aktivnosti (DPPH metoda).

#### 3.3.2. Priprema uzoraka krušaka i njihova obrada otopinama

Za istraživanje su korišteni neoštećeni i zdravi plodovi krušaka približno iste veličine. Kruške su nakon branja smještene na hlađenje u hladnjači pri 1 °C, gdje su čuvane do obrade 1-2 dana. Kruške namijenjene skladištenju u CA su nakon branja smještene na hlađenje u hladnjači pri 1 °C u vremenu od dva tjedna. Nakon toga su skladištene u CA šest mjeseci. Nakon izlaska iz CA, a prije upotrebe, kruške su skladištene jedan tjedan u hladnjači pri temperaturi od 1 °C. Daljnji postupak je isti kao kod krušaka koje su obrađene nakon berbe.

Prije samog početka obrade sve površine koje bi mogle doći u dodir s kruškama su dezinficirane 3%-tnom otopinom vodikovog peroksida. Kod pripreme uzoraka korištene su gumene rukavice da se kontaminacija uzoraka svede na najmanju moguću mjeru. Kruške su prije obrade jedan sat bile na sobnoj temperaturi te su dezinficirane uranjanjem na dvije minute u otopinu natrij hipoklorita ( $\text{Cl}_2$  koncentracije 1000 mg/l), isprane vodom i obrisane.

Kruške su uzdužno narezane na ploške debljine 1,5 cm pomoću metalnog ručnog rezača, a svaka ploška je rezana na dvije kriške uz uklanjanje sjemene lože (ukupno 8 kriški). Kontrolni uzorci (neobrađeni) su stavljeni u vrećice od polietilena visoke gustoće, čiji su krajevi



zavareni te su ostavljeni u hladnjaku pri +4 °C. Obradjeni uzorci su uranjeni dvije minute u otopine zadanih kemikalija i koncentracija, ocijeđeni od viška otopine pomoću plastičnog cjedila, a zatim su prebačeni na papirnate ubruse za upijanje suviška otopine. Kriške su također stavljene u vrećice od polietilena visoke gustoće, čiji su krajevi zavareni, te su ostavljeni u hladnjaku pri +4 °C.

Otopine za obradu i koncentracije, te njihove kombinacije koje su korištene u ispitivanju su sljedeće:

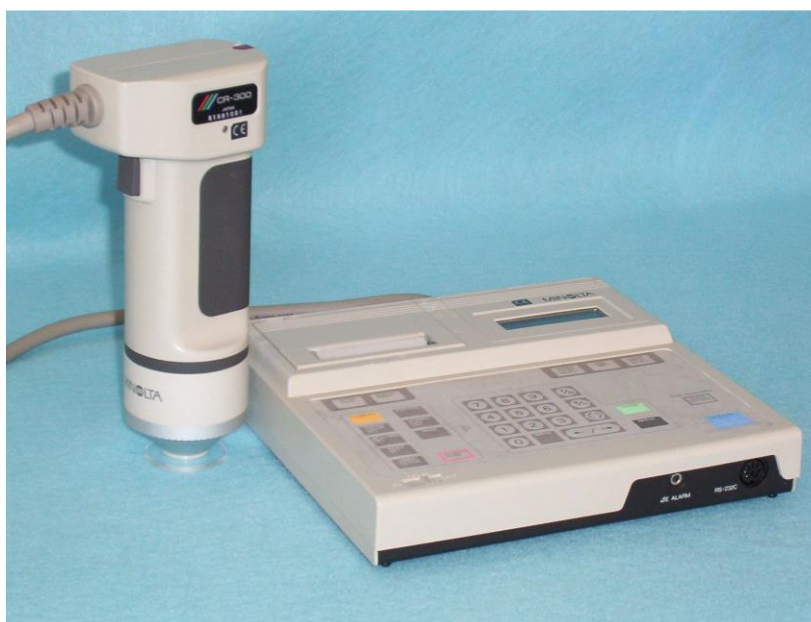
- vodovodna voda,
- 0,5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,
- 2% askorbinska kiselina,
- 3% askorbinska kiselina,
- 2% askorbinska kiselina + 1% NaHMP (natrij heksametafosfat),
- 2% askorbinska kiselina + 2% NaHMP (natrij heksametafosfat),
- 3% askorbinska kiselina + 1% NaHMP (natrij heksametafosfat),
- 3% askorbinska kiselina + 2% NaHMP (natrij heksametafosfat),
- 2% askorbinska kiselina + 0,2% CaCl<sub>2</sub>,
- 3% askorbinska kiselina + 0,2% CaCl<sub>2</sub>,
- 1% NaHMP (natrij heksametafosfat),
- 2% NaHMP (natrij heksametafosfat),
- 1% Ca-askorbat,
- 2% K-sorbat,
- 0,2% CaCl<sub>2</sub>.

#### 3.3.3. Mjerenje i praćenje promjene boje

U ovom istraživanju je korišten kromametar Minolta CR-300 Chroma Meter (Japan) prikazan na **Slici 10**. Mjerna glava ovog kromametra koristi difuzno osvjetljenje pri 0°. Pulsirajuća ksenonova PXA lampa unutar postolja omogućuje ujednačeno difuzno osvjetljenje kroz

prostor za uzorak koji je 8 mm u promjeru. Svjetlost koja se odbija okomito od površine uzorka se skuplja u šest silikonskih fotoćelija (tri fotoćelije mjere osvjetljenje iz izvora, a preostale odbijenu svjetlost (Casraner i sur., 1996.).

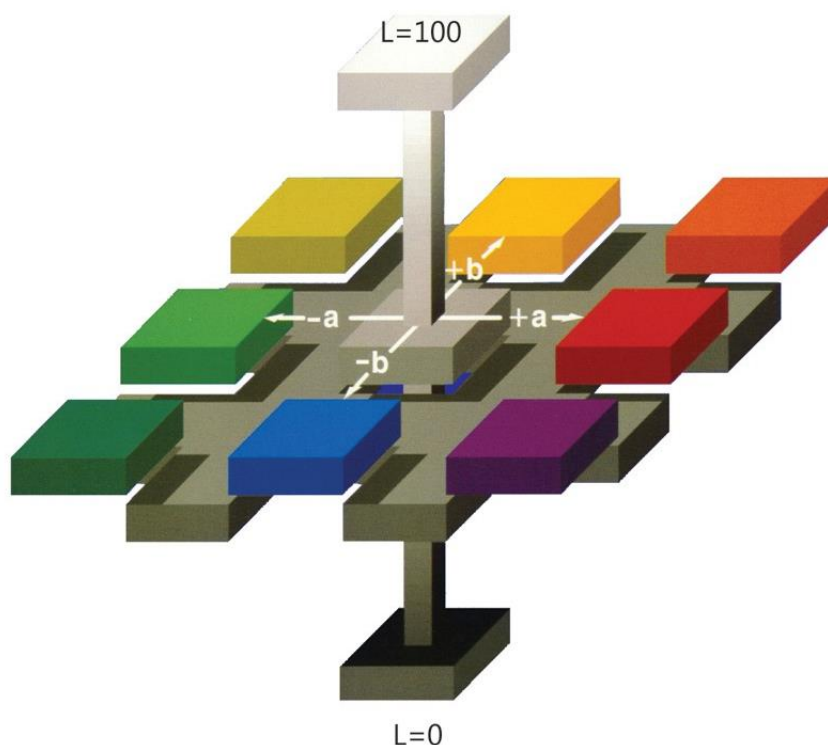
Uređaj ima mogućnost mjerenja i zapisivanja podatka u 5 različitih sustava (X,Y,Z; Yxy; Lab; Hunter Lab; LCh).



**Slika 10** Kolorimetar Minolta CR-300 Chroma Meters

U ovom istraživanju korištena su dva sustava mjerenja boje (Lab i LCh°).

Lab sustav (**Slika 11**): vrijednosti „L“ parametra (engl. „*lightness*“) znače koliko je neki predmet taman ili svijetao. „L“ parametar ima vrijednosti u rasponu od 0 kada je predmet mjerenja crne, pa do 100 kada je bijele boje. Mjere se i vrijednosti parametara „a“ i „b“, koje mogu biti pozitivne ili negativne. Vrijednost parametra „a“ određuje je li neki predmet crvene ili zelene boje. Ako je „a“ vrijednost pozitivna, predmet je crvene boje, a ako je „a“ negativna, predmet je zelene boje. Vrijednost parametra „b“ određuje je li neki predmet žute ili plave boje. Ako je „b“ pozitivan, predmet je žute boje, a ako je „b“ parametar negativan, predmet ima nijansu plave boje.



**Slika 11** Prikaz načina očitavanja boje u Lab sustavu

LCh sustav: ima isti „L“ parametar „lightness“ kao i „L“ u Lab sustavu. „C“ parametar ili „chroma“ predstavlja intenzitet boje, pri čemu pozitivna vrijednost parametra „C“ označava neutralnu boju, a negativna vrijednost parametra „C“ označava potpuno zasićenu boju. „h“ parametar označava nijansu boje „hue“, odnosno kut „hue angle“ promjene boje u odnosu na „a“ parametar, sa vrijednostima od 0 do 360°. Kada je vrijednost parametra „h“ 0°, boja je crveno-purpurna, 90° je žuta nijansa, 180° je zelena, a 270° plava.

Na temelju izmjerenih „L“, „a“ i „b“ vrijednosti obavljen je izračun učinka pojedinih sredstava izraženih kao ukupna promjene boje ( $\Delta E$ ), prema izrazu (1):

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (1)$$

kao i učinak inhibicije (2):

$$\% \text{ Inhibicije} = \frac{\Delta L_{\text{kontrolni}} - \Delta L_{\text{obrađeni}}}{\Delta L_{\text{kontrolni}}} \cdot 100 \quad (2)$$

**Tablica 5** Veza između izračunate promjene boje ( $\Delta E$ ) i ljudske percepcije boje

$\Delta E$	Vidljivost razlike ljudskim okom
< 0,2	Nije vidljiva razlika
0,2 – 1	Vrlo mala vidljivost razlike
1 – 3	Mala vidljivost razlike
3 – 6	Prosječna vidljivost razlike
> 6	Velika vidljivost razlike

### 3.3.4. Mjerenje i praćenje promjene čvrstoće krušaka

Za determiniranje teksture cijelih plodova krišaka kruški, u cilju određivanja čvrstoće korišteni su penetrometar (model FT 327) za cijele plodove i teksturometar TA.XT plus (Stable Micro System, Velika Britanija) za cijele plodove i kriške krušaka.

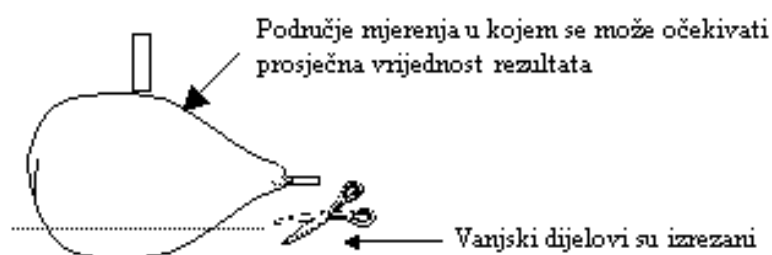
#### Mjerenje čvrstoće krušaka pomoću penetrometra

Penetrometar (model FT 327 – **Slika 12**) je sprava koja radi na principu sile tlaka pri čemu dolazi do utiskivanja u plod, a na skali se očitavaju vrijednosti koje govore o čvrstoći teksture. Njegova primjena je široka (jabuke, kruške, breskve, citrus plodovi, kivi i dr. voće), ali je poželjno da uvijek jedna te ista osoba provodi mjerenja. Da bi se pravilno i točno izvršilo mjerenje potrebno je da plodovi voća koji se podvrgavaju mjerenju imaju sobnu temperaturu.

Voće treba oprati i skinuti ljusku na dvije suprotne strane ploda, odnosno mjestima na kojima se vrši mjerenje (pomoću noža ili eng. „fruit peeler-a“, koji je u opremi sa penetrometrom). Tada se aparat stavi na oguljeno mjesto i pritisne u vremenu od 2 sekunde. Kazaljka na skali pokazuje određene vrijednosti, a mjerne jedinice su kg. Nakon ukupnog očitavanja tlaka i dijeljenja s brojem mjerenja dobije se srednja vrijednost. Budući da tlak varira od ploda do ploda, od strane do strane, vrlo je važno odabrati reprezentativni broj uzoraka kako bi rezultati pokazali odgovarajuću srednju vrijednost.



Slika 12 Penetrometar (model FT 327)



Slika 13 Prikaz mjerenja čvrstoće tj. teksture ploda kruške

### Mjerenje čvrstoće krušaka teksturometrom

Uzorak se, nakon vađenja iz hladnjaka, stavlja na podlogu instrumenta („*heavy-duty*“ platformu) pri čemu se mjeri sila penetracije mjernog tijela u uzorak. Kao mjerno tijelo koristio se cilindrični nastavak promjera 2 mm, izrađen od nehrđajućeg čelika. Rezultati mjerenja čvrstoće su obrađeni na računaru u programima Texture Expert Version 1.22 Software (Stable Micro System, Velika Britanija) i MS Excel.



**Slika 14** Teksturometar TA.XT (Stable Micro System, Velika Britanija)

**Parametri testa:**

Test: kompresija

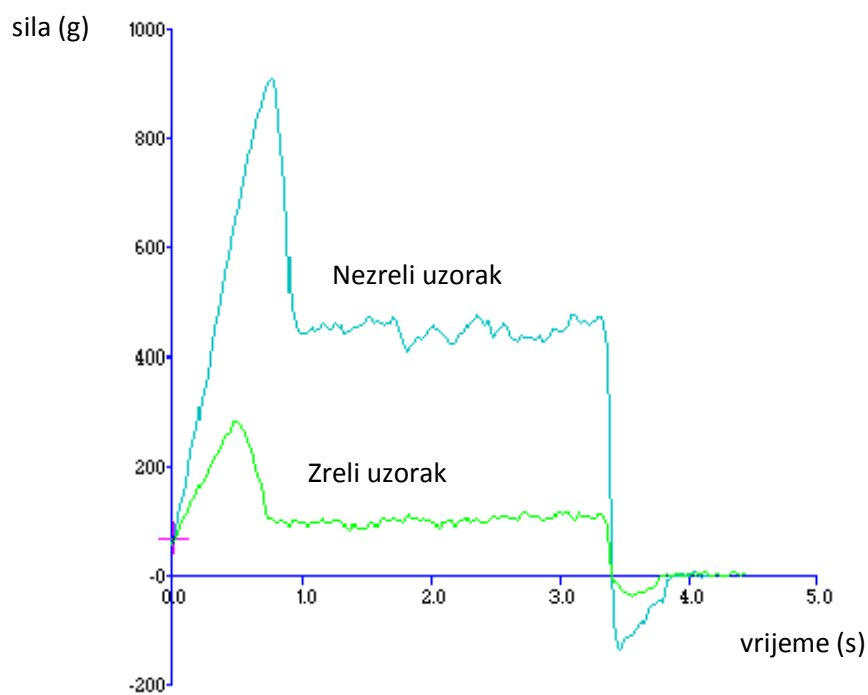
Brzina prije mjerenja: 1,5 mm/s

Brzina tijekom mjerenja: 1,5 mm/s

Brzina nakon mjerenja: 10 mm/s

Sila reagiranja: 25 g

Dubina prodiranja: 5 mm



**Slika 15** Dijagram vrijednosti mjerenja čvrstoće na primjeru zrelog i nezrelog uzorka pomoću teksturometra





## **4. REZULTATI I RASPRAVA**

## 4.1. REZULTATI

**Tablica 6** Prosječni kemijski sastav, pH vrijednost i antioksidativna aktivnost kruške sorte *Packhams Triumph* (nakon branja i poslije 6 mjeseci skladištenja u kontroliranoj atmosferi-CA)

Parametar	Nakon branja	Poslije skladištenja u CA
Ukupna suha tvar (%)	18,91	20,27
Topljiva suha tvar (%)	16,30	18,30
pH	4,0	4,4
Polifenoli (g/L)	1,11	1,06
Pektinske tvari (%)	0,817	0,725
Kiseline - ukupne (%)	0,22	0,17
Askorbinska kiselina (mg/100 g)	36,36	0,41
Šećeri - ukupni (%)	10,47	12,30
Šećeri - reducirajući (%)	10,00	11,47
Antioksidativna aktivnost (mg galne kis./100 g)	18,49	5,14

**Tablica 7** Prosječni kemijski sastav, pH vrijednost i antioksidativna aktivnost kruške sorte *Abbé Fetel* (nakon branja)

<b>Određivani sastojak</b>	<b>Nakon branja</b>
Ukupna suha tvar (%)	17,54
Topljiva suha tvar (%)	15,30
pH	4,3
Polifenoli (g/L)	0,76
Pektinske tvari (%)	0,633
Kiseline - ukupne (%)	0,16
Askorbinska kiselina (mg/100 g)	60,60
Šećeri - ukupni (%)	11,47
Šećeri – reducirajući (%)	9,76
Antioksidativna aktivnost (mg galne kis./100 g)	8,40

Tablica 8 pH vrijednosti otopina za obradu krušaka

Otopina	pH
vodovodna voda	7,3
0,5% HP	5
2% AA	2,7
3% AA	2,5
2% AA + 1% NaHMP	3,1
2% AA + 2% NaHMP	3,4
3% AA + 1% NaHMP	3,1
3% AA + 2% NaHMP	3,3
2% AA + 0,2% CC	2,8
3% AA + 0,2% CC	2,7
1% NaHMP	6,5
2% NaHMP	6,3
1% CAs	7,5
2% PS	8,1
0,2% CC	5,1

## REZULTATI ANALIZE BOJE KRUŠAKA

### Rezultati za krušku sorte *Packhams Triumph*

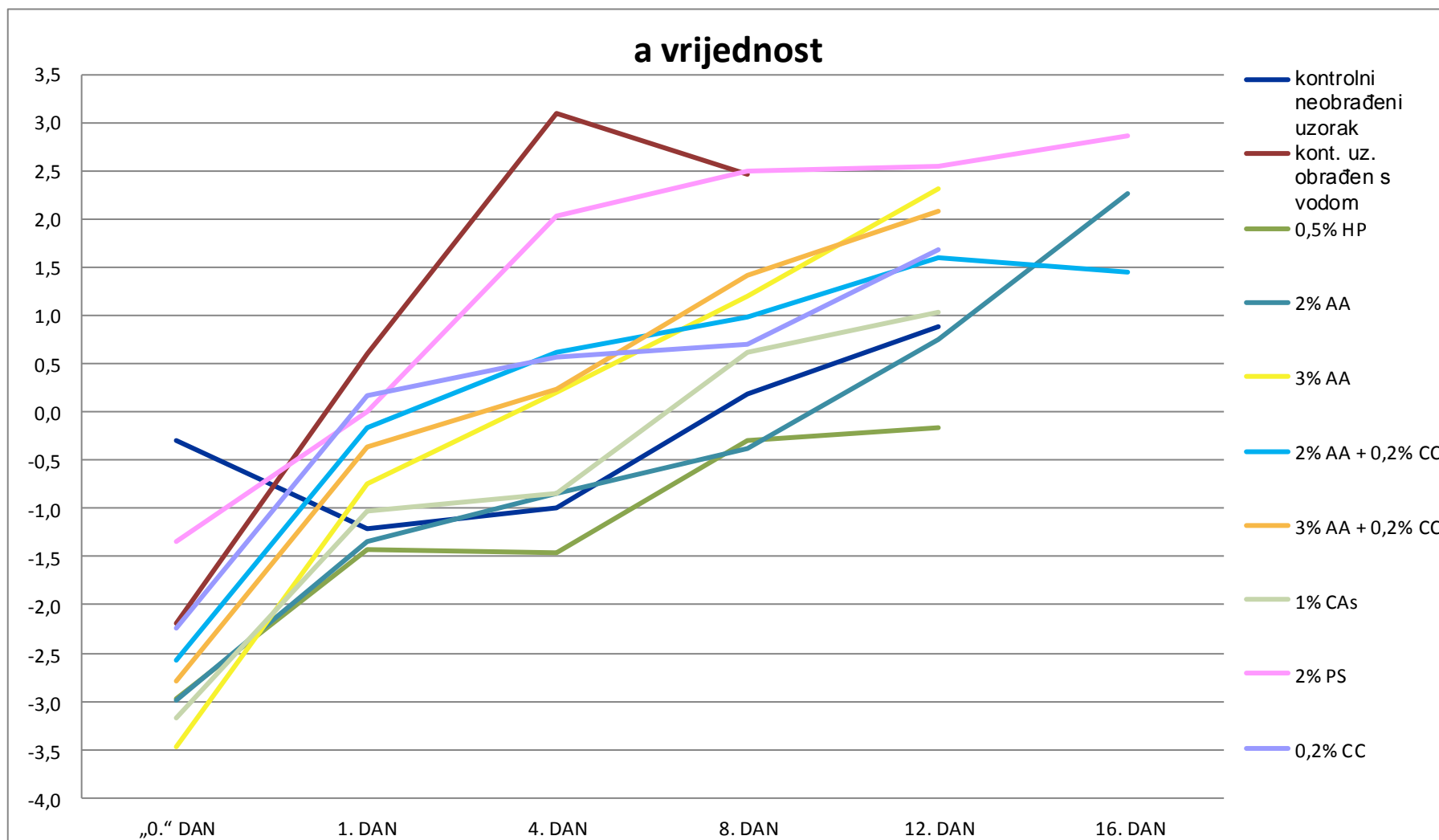
Rezultati za krušku sorte *Packhams Triumph* (obrada nakon branja)

**Tablica 9** Izmjerene vrijednosti parametara boje (L, a, b) i izračunate vrijednosti % inhibicije kriški krušaka *Packhams Triumph* (Lab sustav)

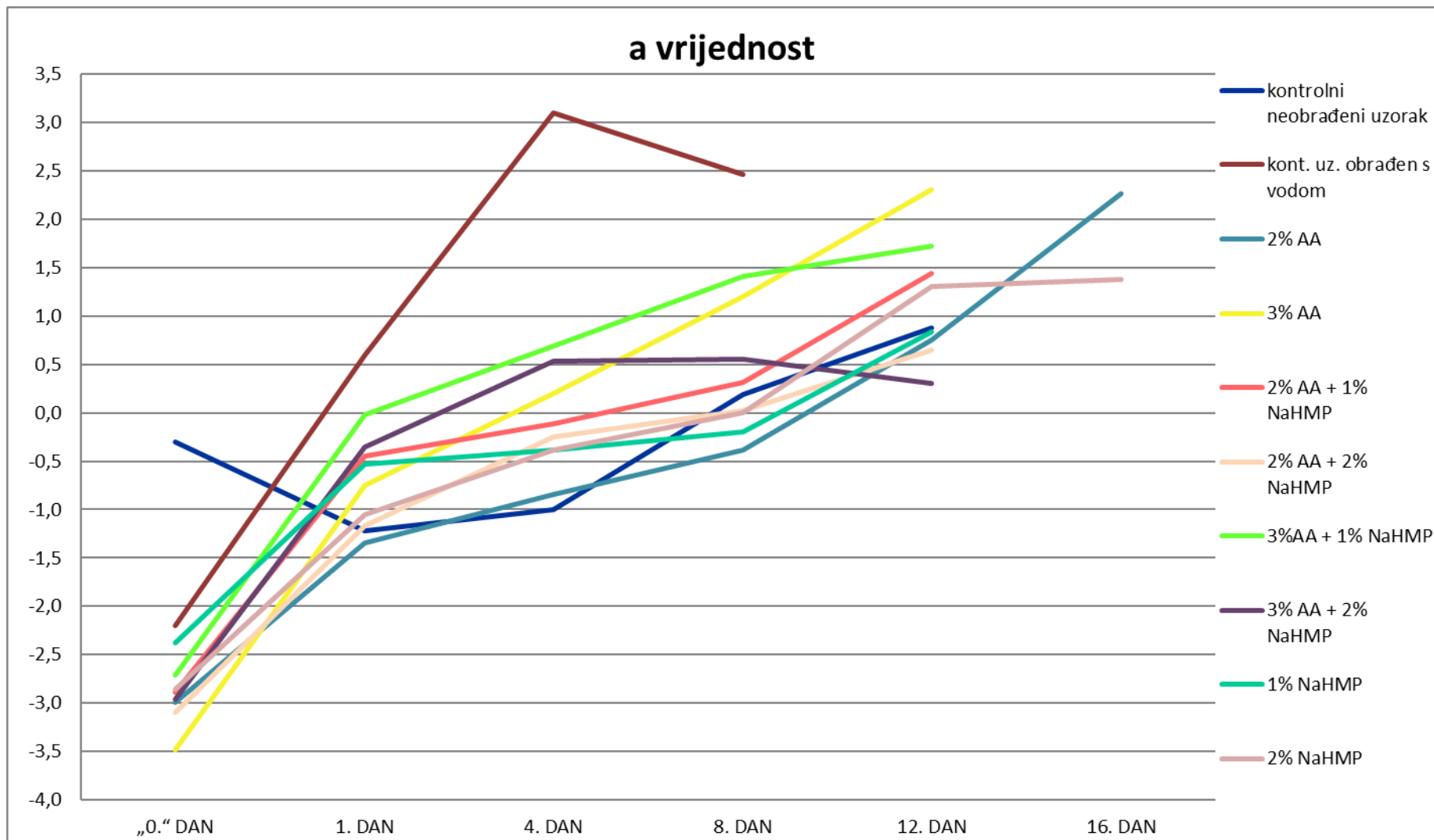
OBRADA UZORAK		„0.“ DAN	1. DAN	4. DAN	8. DAN	12. DAN	16. DAN
kontrolni neobrađeni uzorak	L	78,93	72,83	69,77	70,79	69,53	
	a	-0,30	-1,22	-1,00	0,19	0,88	
	b	13,20	18,32	18,39	20,10	21,81	
kont. uz. obrađen s vodom	L	78,70	68,85	59,80	66,79		
	a	-2,20	0,60	3,10	2,46		
	b	15,62	22,59	25,32	23,78		
0,5% HP	L	79,17	74,92	75,09	73,23	72,97	
	a	-2,97	-1,43	-1,46	-0,29	-0,16	
	b	14,13	17,71	18,70	20,30	19,46	
	% Inh		30,33	55,46	27,03	34,04	
2% AA	L	78,64	74,24	74,48	73,62	71,48	67,75
	a	-2,99	-1,35	-0,84	-0,38	0,75	2,27
	b	12,40	17,47	18,02	19,32	21,36	23,50
	% Inh		27,87	54,59	38,33	23,83	
3% AA	L	76,54	71,77	69,70	67,57	65,74	
	a	-3,48	-0,75	0,20	1,20	2,31	
	b	13,66	20,34	22,76	23,36	25,49	
	% Inh		21,80	25,33	-10,20	-14,89	
2% AA + 1% NaHMP	L	77,68	70,03	69,96	69,31	67,29	
	a	-2,89	-0,45	-0,11	0,31	1,44	
	b	11,77	19,87	19,36	20,58	21,82	
	% Inh		-25,41	15,72	-2,83	-10,53	
2% AA + 2% NaHMP	L	77,57	71,26	70,95	69,55	67,56	
	a	-3,10	-1,17	-0,25	0,02	0,65	
	b	12,59	19,13	19,06	20,25	20,90	
	% Inh		-3,44	27,73	1,47	-6,49	
3%AA + 1% NaHMP	L	77,57	68,68	67,53	67,42	64,60	
	a	-2,71	-0,02	0,69	1,41	1,72	
	b	12,86	20,12	21,63	21,78	21,66	
	% Inh		-45,74	-9,61	-24,69	-37,98	

**Nastavak Tablice 9** Izmjerene vrijednosti parametara boje (L, a, b) i izračunate vrijednosti % inhibicije kriški krušaka *Packhams Triumph* (Lab sustav)

OBRADA UZORAK		„0.“ DAN	1. DAN	4. DAN	8. DAN	12. DAN	16. DAN
<b>3% AA + 2% NaHMP</b>	L	79,71	70,02	68,61	68,54	68,60	
	a	-2,96	-0,35	0,53	0,55	0,30	
	b	12,57	19,14	19,85	20,91	21,93	
	% Inh		-58,85	-21,18	-37,22	-18,19	
<b>2% AA + 0,2% CC</b>	L	78,47	69,57	69,61	67,85	66,41	65,67
	a	-2,58	-0,17	0,61	0,98	1,60	1,45
	b	11,49	20,49	21,51	21,74	22,03	21,33
	% Inh		-45,90	3,28	-30,47	-28,30	
<b>3% AA + 0,2% CC</b>	L	77,74	72,47	71,41	69,10	68,68	
	a	-2,79	-0,37	0,23	1,42	2,08	
	b	11,98	20,48	21,87	23,12	23,03	
	% Inh		13,61	30,90	-6,14	3,62	
<b>1% NaHMP</b>	L	75,80	71,83	71,65	71,04	69,03	
	a	-2,38	-0,53	-0,38	-0,20	0,84	
	b	15,05	19,34	19,43	20,57	21,70	
	% Inh		34,92	54,69	41,52	27,98	
<b>2% NaHMP</b>	L	74,74	71,14	71,37	71,10	69,16	67,98
	a	-2,86	-1,05	-0,38	0,00	1,31	1,38
	b	15,62	20,75	20,27	21,04	23,21	23,64
	% Inh		40,98	63,21	55,28	40,64	
<b>1% CAs</b>	L	78,86	74,07	74,99	72,95	71,91	
	a	-3,17	-1,03	-0,85	0,61	1,03	
	b	13,31	18,93	20,29	20,85	21,41	
	% Inh		21,48	57,75	27,40	26,06	
<b>2% PS</b>	L	75,41	69,34	67,89	67,49	68,04	64,61
	a	-1,34	0,42	2,03	2,49	2,55	2,86
	b	17,39	22,45	24,33	24,62	24,12	25,06
	% Inh		0,49	17,90	2,70	21,60	
<b>0,2% CC</b>	L	75,78	70,51	71,45	71,05	69,73	
	a	-2,24	0,17	0,56	0,70	1,68	
	b	15,29	20,90	21,58	21,30	22,80	
	% Inh		13,61	52,73	41,89	35,64	

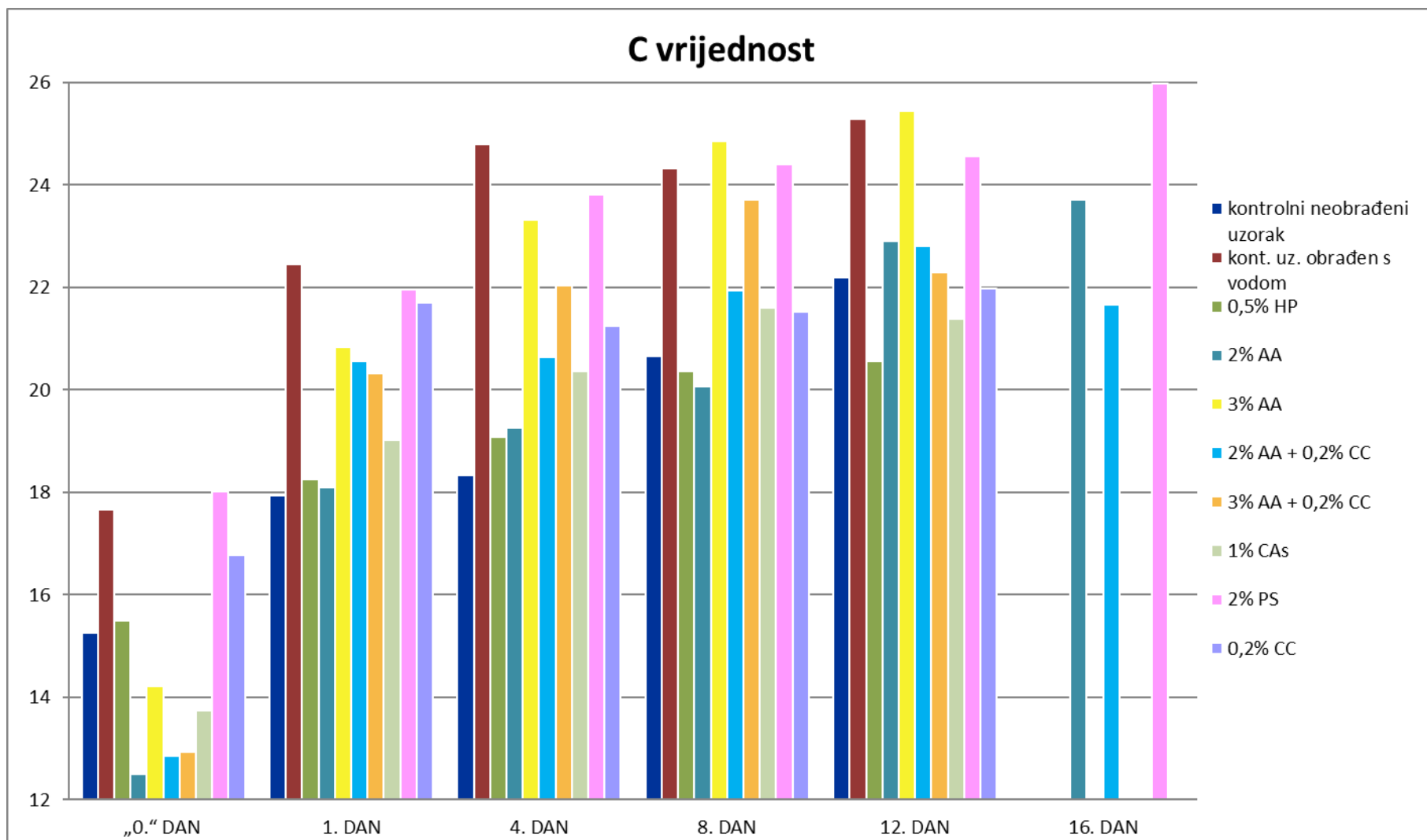


**Slika 16** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (Lab sustav – a vrijednost) - obrada nakon branja

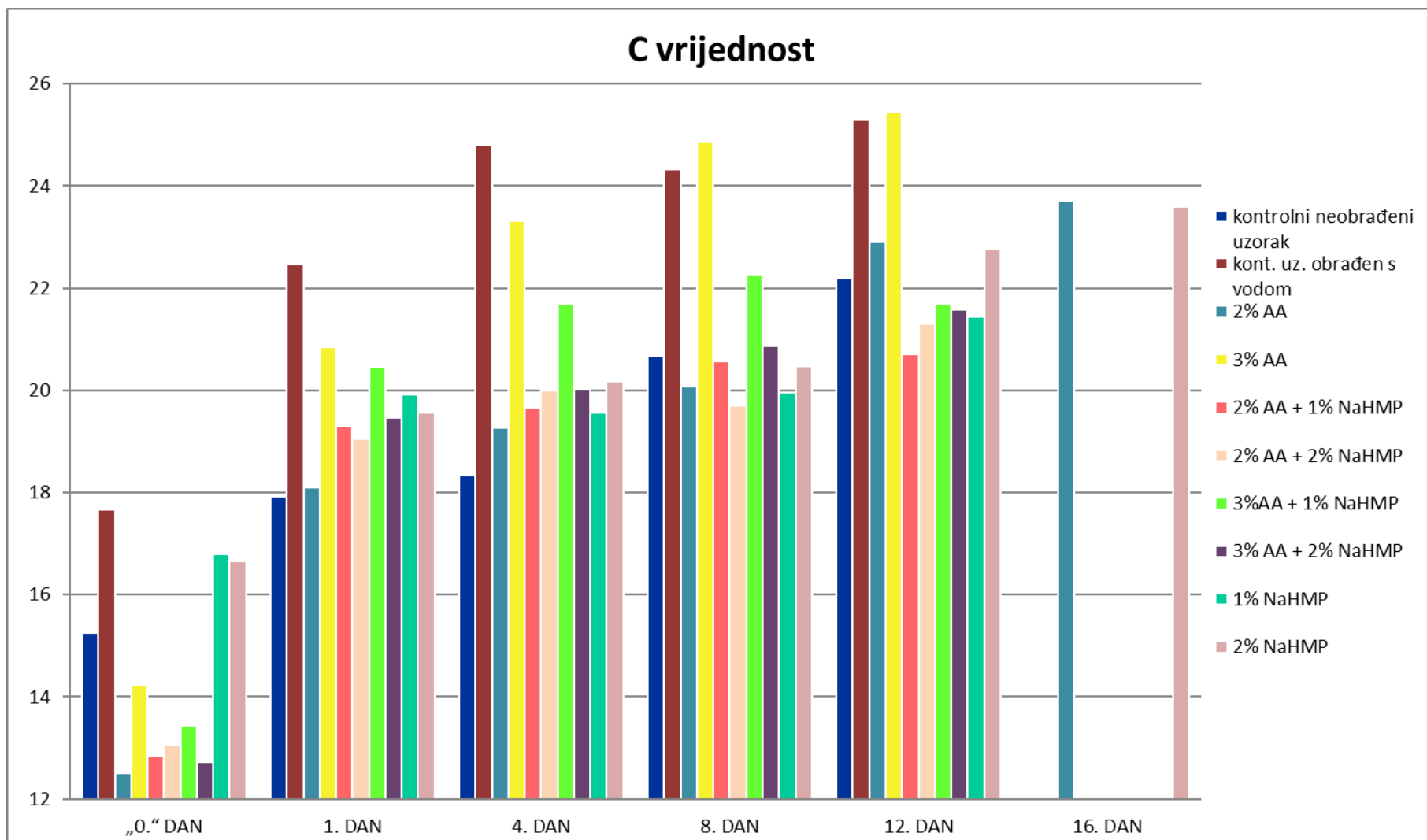


**Nastavak slike 16** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (Lab sustav – a vrijednost) - obrada nakon branja

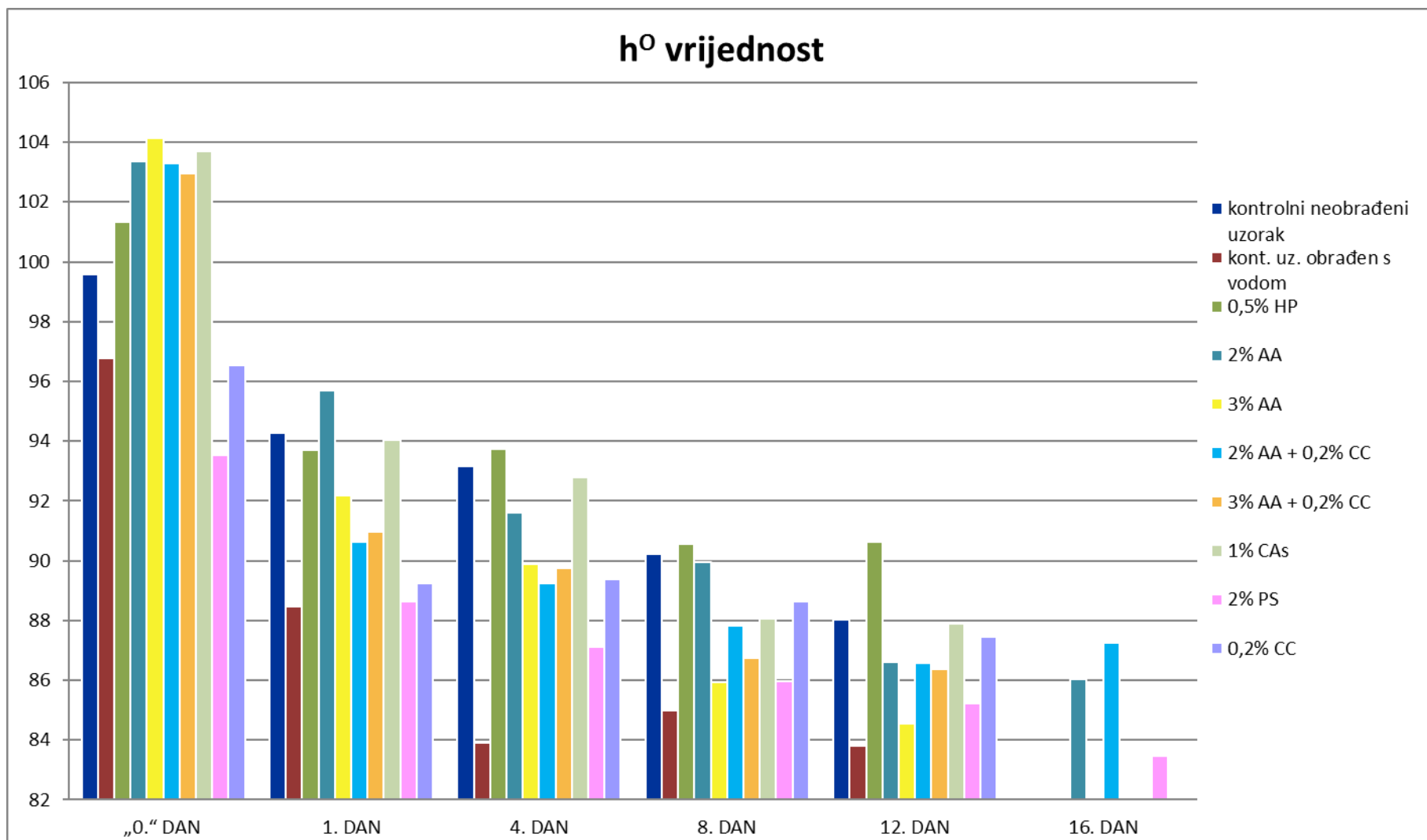




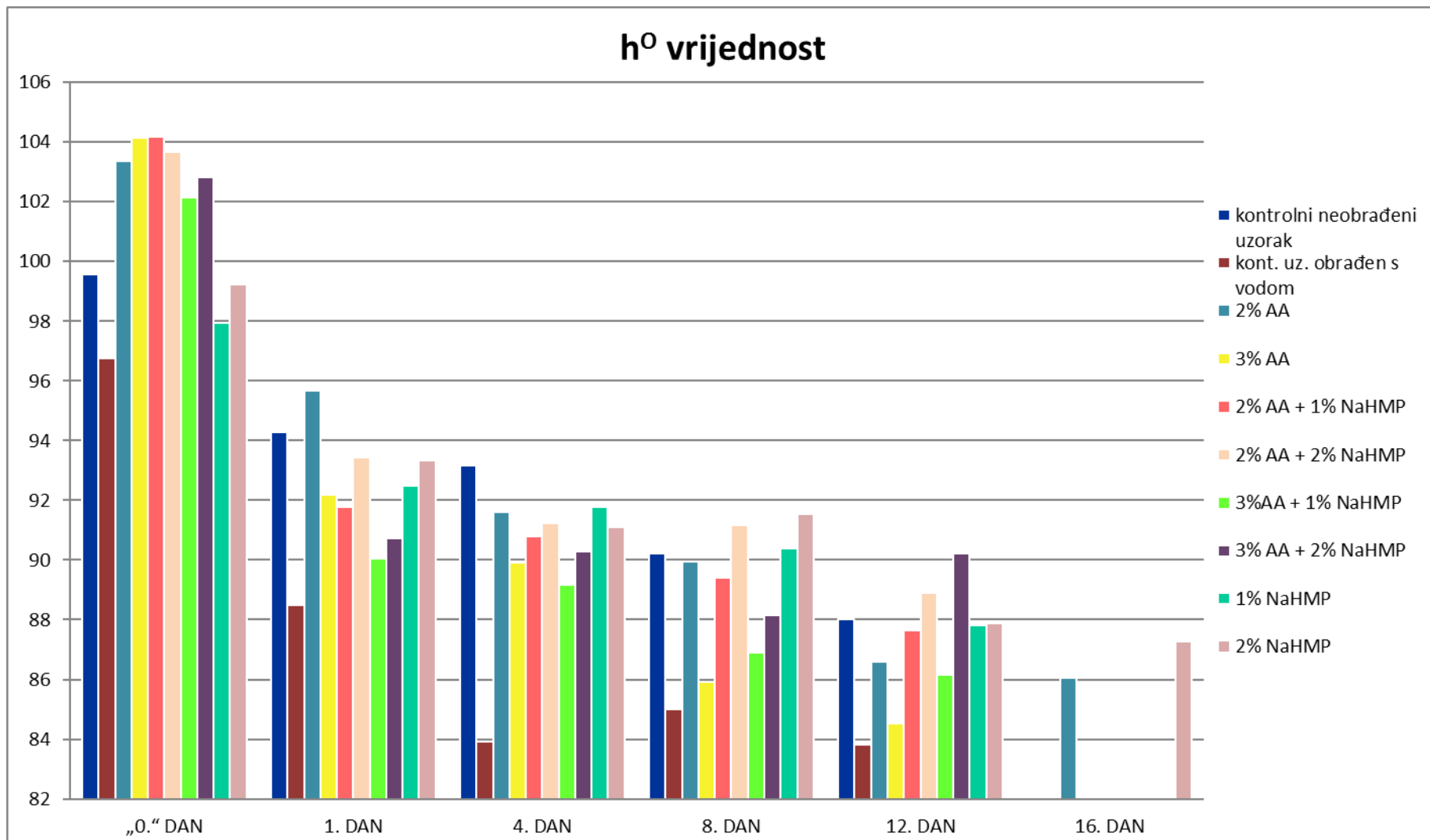
**Slika 17** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (LCh° sustav – C vrijednost) - obrada nakon branja



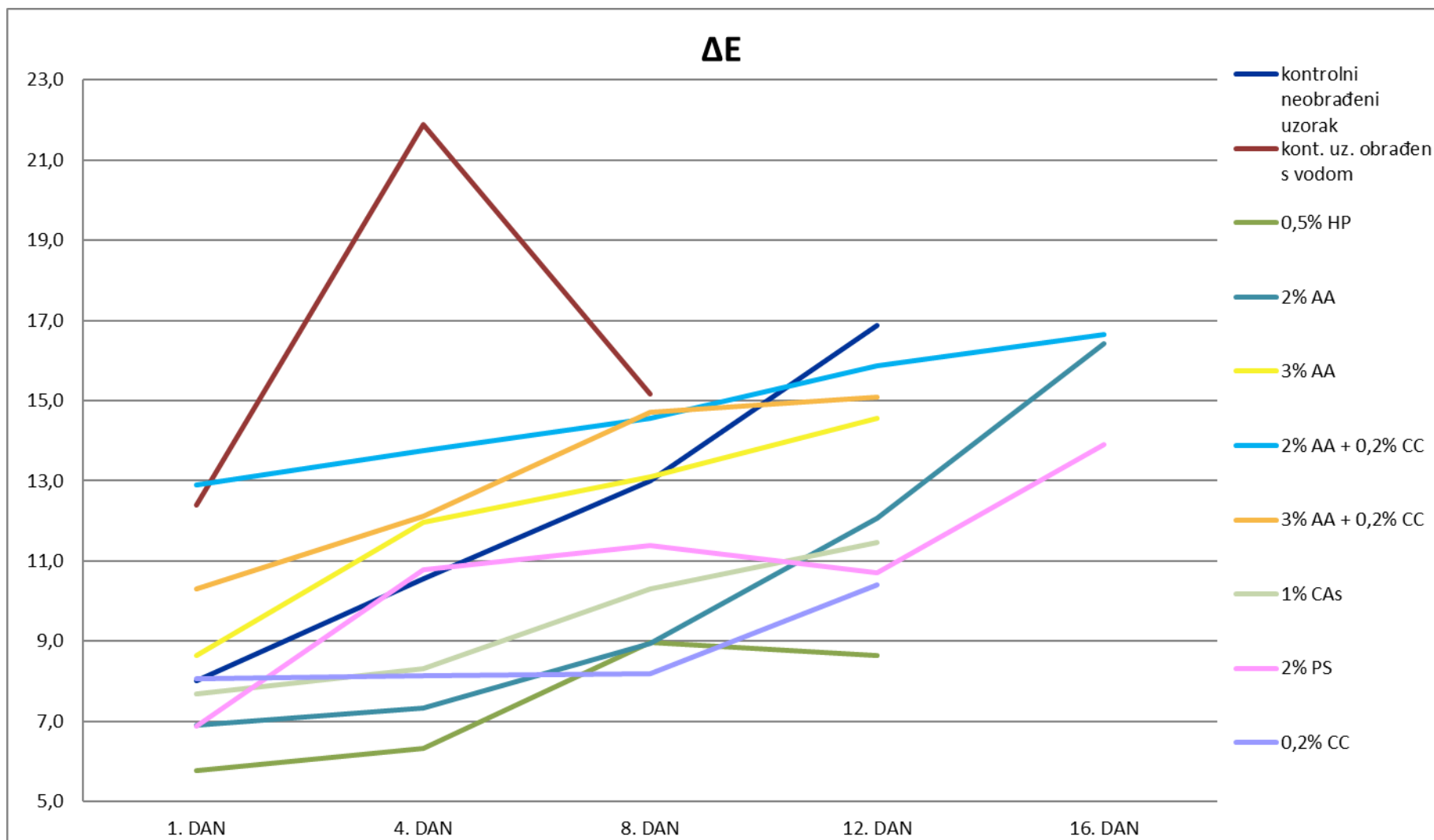
**Nastavak slike 17** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (LCh° sustav – C vrijednost) - obrada nakon branja



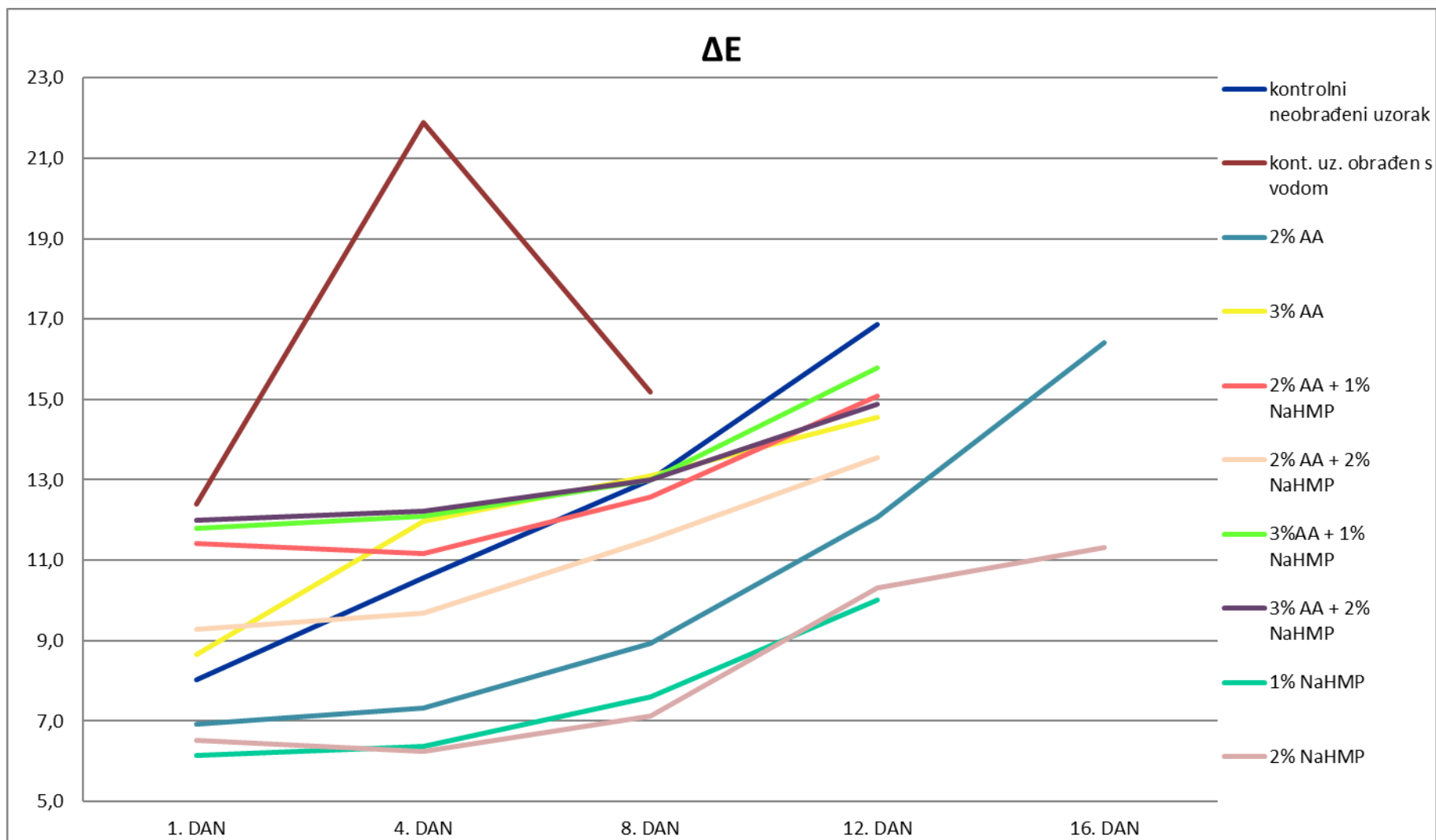
**Slika 18** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (LCh° sustav –  $h^0$  vrijednost) - obrada nakon branja



**Nastavak slike 18** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (LCh° sustav –  $h^0$  vrijednost) - obrada nakon branja



**Slika 19** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na promjenu boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (Lab sustav – vrijednost  $\Delta E$ ) - obrada nakon branja



**Nastavak slike 19** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na promjenu boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (Lab sustav – vrijednost  $\Delta E$ ) - obrada nakon branja

Rezultati za krušku sorte *Packhams Triumph* (obrada nakon 6 mjeseci čuvanja u CA)

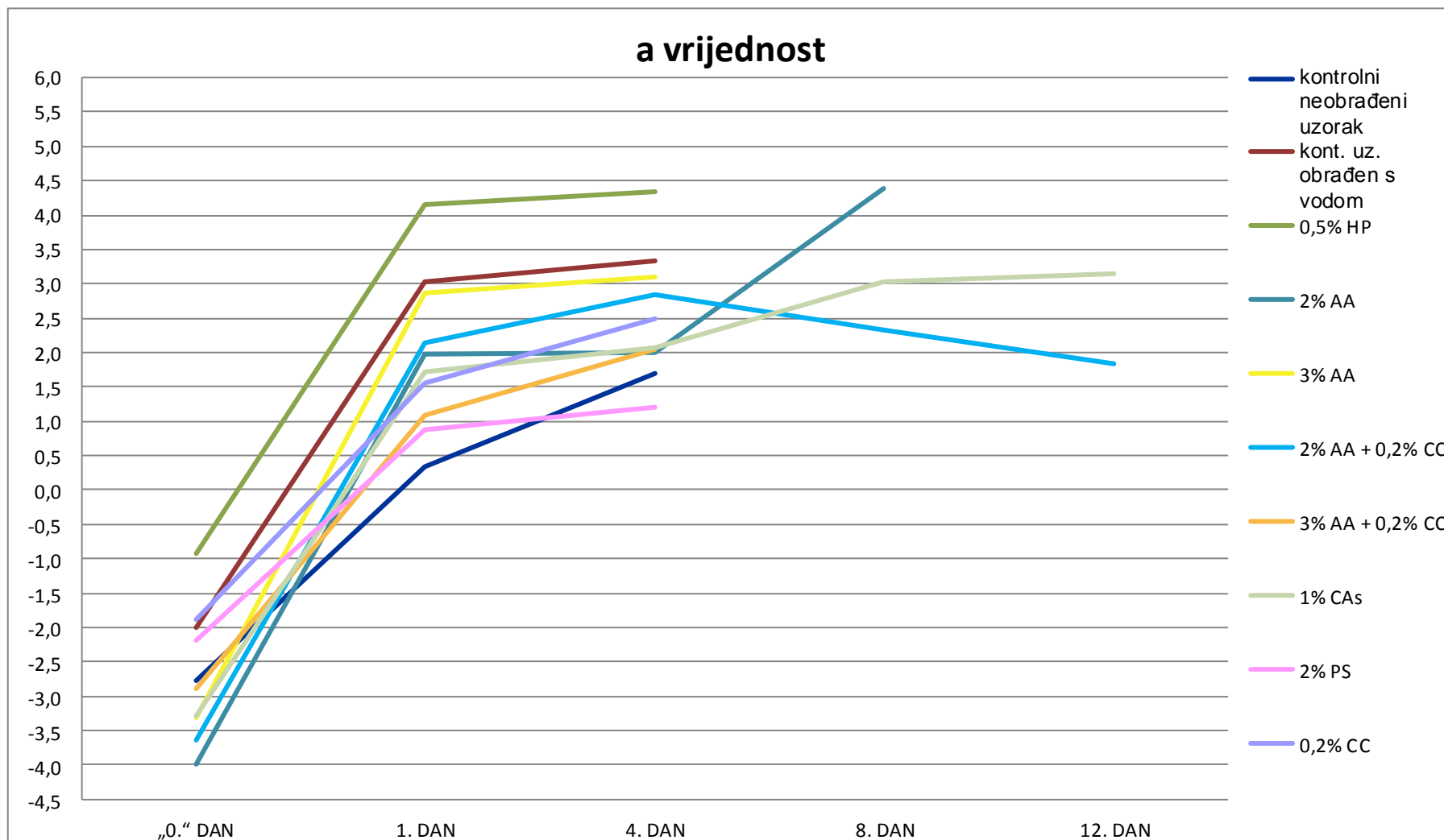
**Tablica 10** Izmjerene vrijednosti parametara boje (L, a, b) i izračunate vrijednosti % inhibicije kriški krušaka *Packhams Triumph* (Lab sustav)

OBRADA UZORAK		„0.“ DAN	1. DAN	4. DAN	8. DAN	12. DAN
kontrolni neobrađeni uzorak	L	75,20	72,18	62,77		
	a	-2,77	0,35	1,69		
	b	17,04	22,06	24,79		
kont. uz. obrađen s vodom	L	72,47	64,53	59,14		
	a	-1,99	3,02	3,33		
	b	19,13	25,86	24,30		
0,5% HP	L	73,34	63,30	61,63		
	a	-0,93	4,15	4,33		
	b	22,92	28,07	26,91		
	% Inh		-232,45	5,79		
2% AA	L	79,16	67,91	66,59	61,05	
	a	-4,00	1,97	1,99	4,38	
	b	16,57	26,64	27,28	27,30	
	% Inh		-272,52	-1,13		
3% AA	L	79,12	66,68	63,79		
	a	-3,31	2,87	3,10		
	b	15,59	26,17	26,43		
	% Inh		-311,92	-23,33		
2% AA + 1% NaHMP	L	78,19	69,00	63,94		
	a	-3,43	1,60	2,54		
	b	16,36	24,17	24,79		
	% Inh		-204,30	-14,64		
2% AA + 2% NaHMP	L	78,91	68,09	63,67	59,60	
	a	-2,83	2,18	3,42	6,54	
	b	14,98	23,88	24,73	27,96	
	% Inh		-258,28	-22,61		
3%AA + 1% NaHMP	L	80,09	70,00	66,99		
	a	-3,18	2,18	3,43		
	b	15,48	25,29	24,87		
	% Inh		-234,11	-5,39		

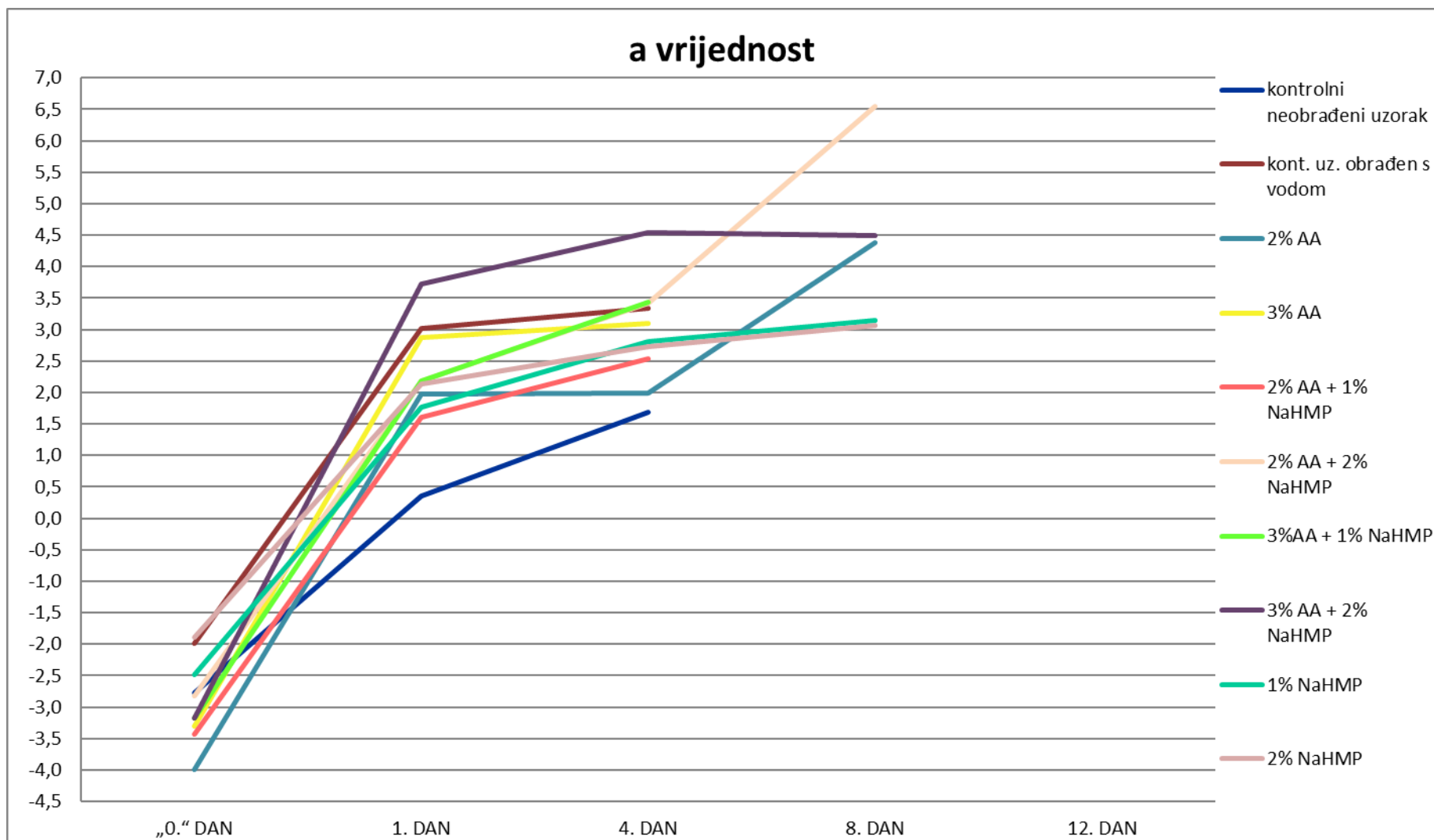
**Nastavak tablice 10** Izmjerene vrijednosti parametara boje (L, a, b) i izračunate vrijednosti % inhibicije kriški krušaka *Packhams Triumph* (Lab sustav)

OBRADA UZORAK		„0.“ DAN	1. DAN	4. DAN	8. DAN	12. DAN
<b>3% AA + 2% NaHMP</b>	L	79,46	65,07	62,24	60,67	
	a	-3,17	3,72	4,54	4,50	
	b	16,95	27,11	27,69	26,70	
	% Inh		-376,49	-38,54		
<b>2% AA + 0,2% CC</b>	L	78,88	68,55	66,53	66,80	65,86
	a	-3,63	2,13	2,84	2,33	1,84
	b	15,67	24,55	24,76	23,61	22,25
	% Inh		-242,05	0,64		
<b>3% AA + 0,2% CC</b>	L	79,00	70,70	66,90		
	a	-2,90	1,09	2,05		
	b	13,93	21,58	22,16		
	% Inh		-174,83	2,65		
<b>1% NaHMP</b>	L	76,57	69,73	66,57	65,46	
	a	-2,48	1,77	2,81	3,14	
	b	19,46	23,44	25,02	25,05	
	% Inh		-126,49	19,55		
<b>2% NaHMP</b>	L	74,84	65,08	61,33	62,28	
	a	-1,90	2,13	2,72	3,06	
	b	17,34	22,41	22,72	22,42	
	% Inh		-223,18	-8,69		
<b>1% CAs</b>	L	80,03	71,32	70,52	68,87	65,32
	a	-3,29	1,72	2,07	3,02	3,15
	b	16,16	24,30	24,00	24,18	25,08
	% Inh		-188,41	23,49		
<b>2% PS</b>	L	77,82	69,94	67,30		
	a	-2,18	0,87	1,21		
	b	15,83	21,09	21,75		
	% Inh		-160,93	15,37		
<b>0,2% CC</b>	L	78,19	70,90	68,85		
	a	-1,88	1,55	2,50		
	b	17,05	24,02	24,64		
	% Inh		-141,39	24,86		

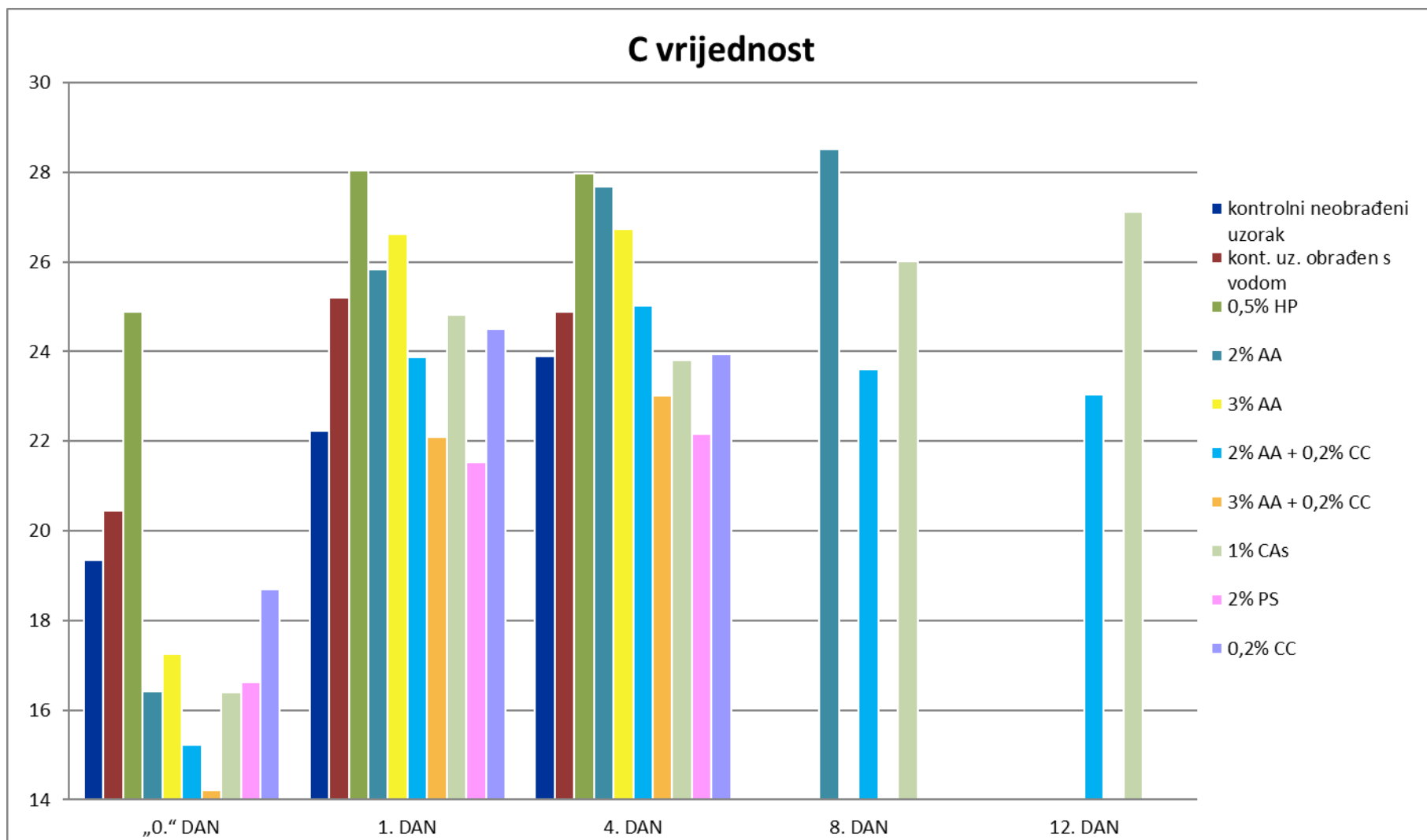




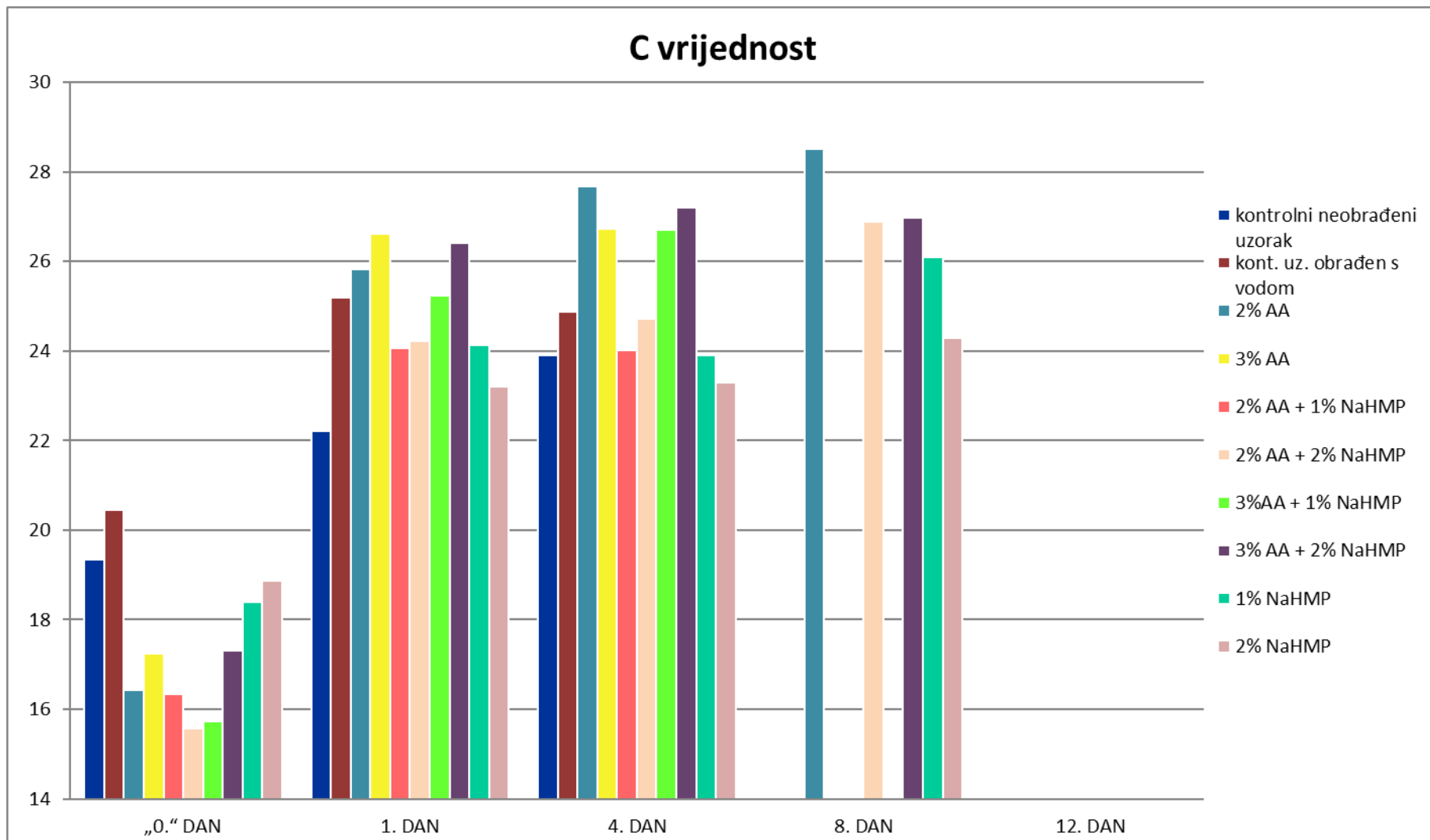
**Slika 20** Utjecaj obrade svježih narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (Lab sustav – a vrijednost) - nakon CA



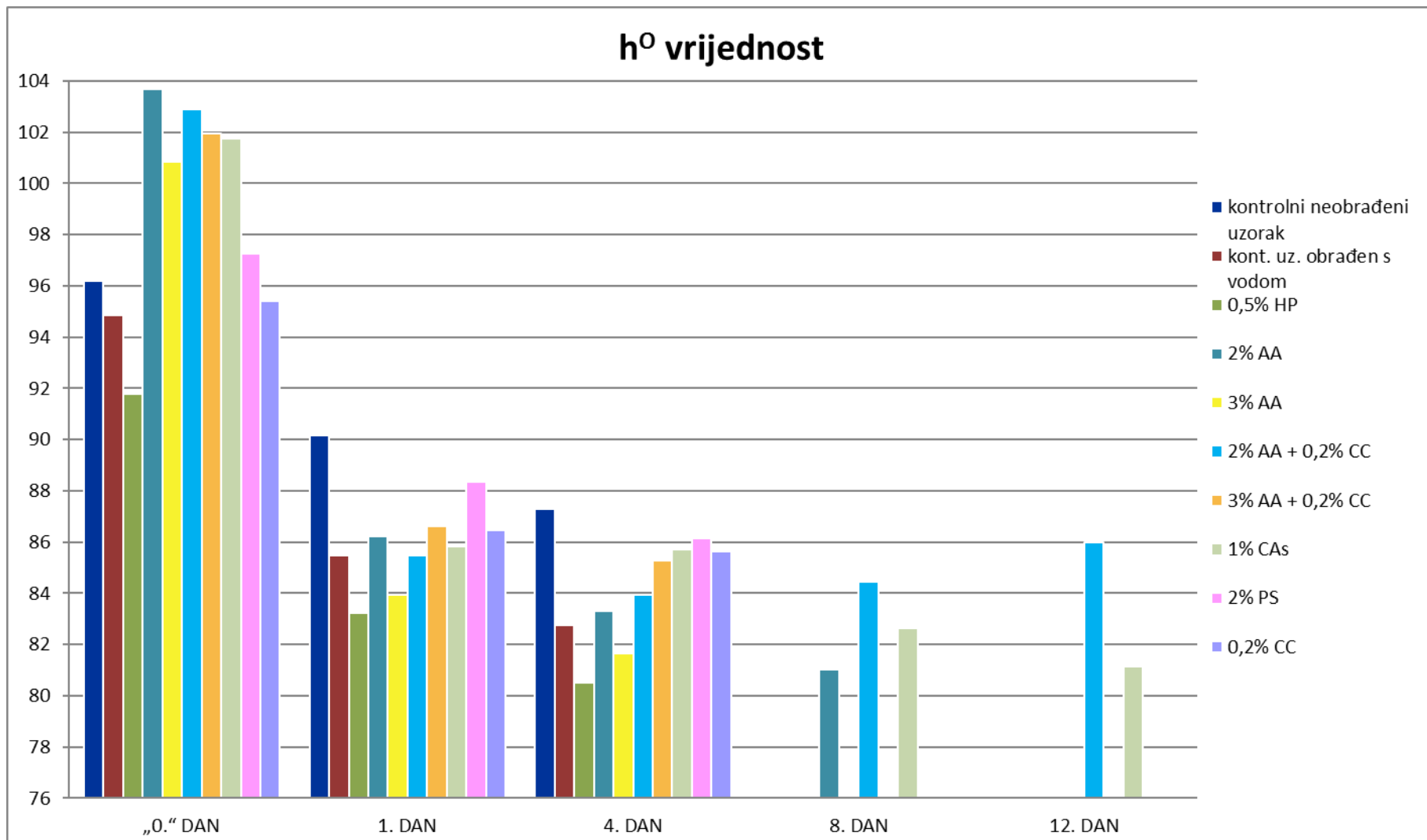
**Nastavak slike 20** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (Lab sustav – a vrijednost) - nakon CA



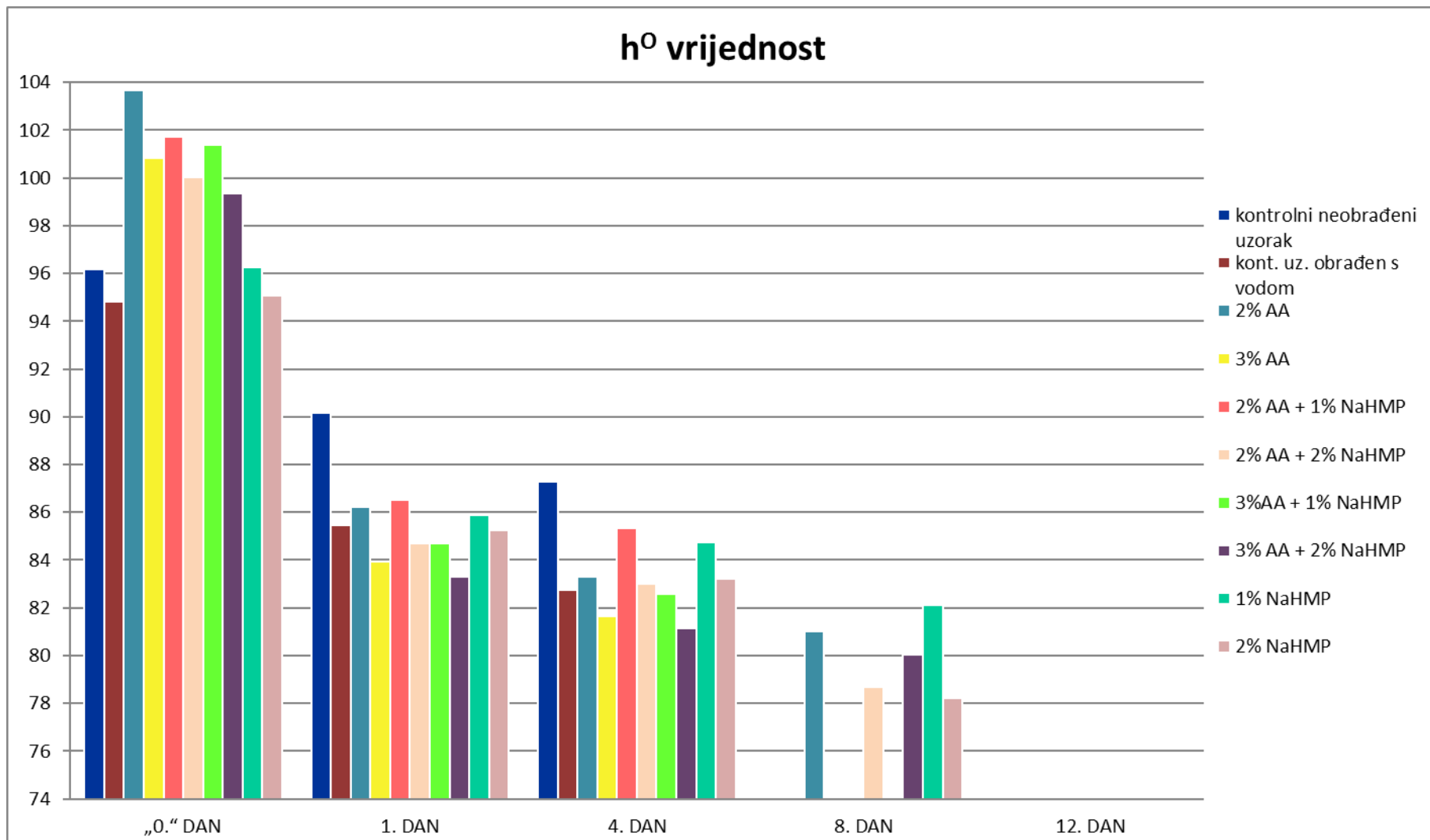
**Slika 21** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (LCh° sustav – C vrijednost) - nakon CA



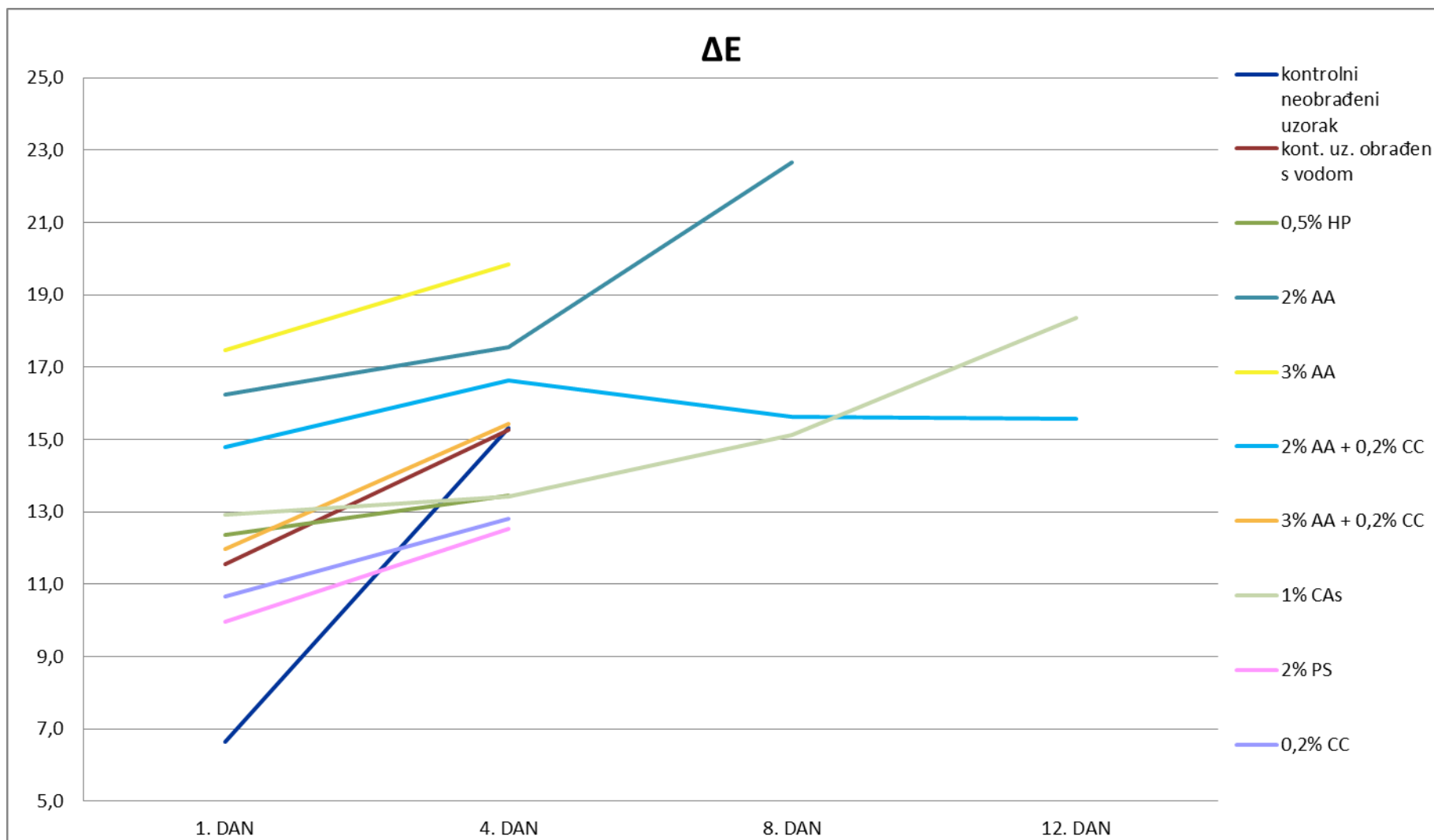
**Nastavak slike 21** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (LCh° sustav – C vrijednost) - nakon CA



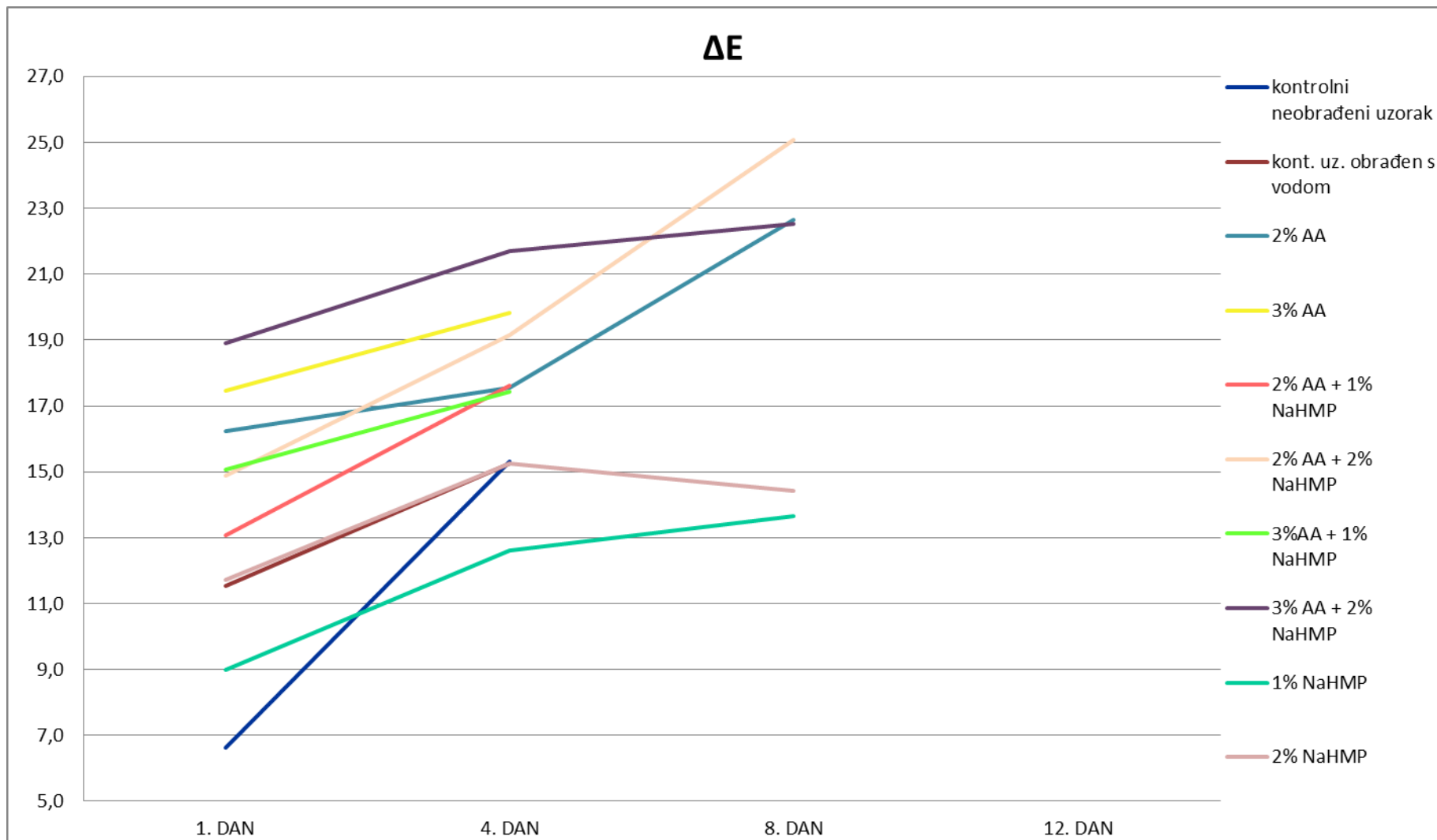
**Slika 22** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (LCh° sustav –  $h^0$  vrijednost) - nakon CA



**Nastavak slike 22** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (LCh° sustav –  $h^0$  vrijednost) - nakon CA



**Slika 23** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na promjenu boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (Lab sustav – vrijednost  $\Delta E$ ) - nakon CA



**Nastavak slike 23** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* na promjenu boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (Lab sustav – vrijednost  $\Delta E$ ) - nakon CA

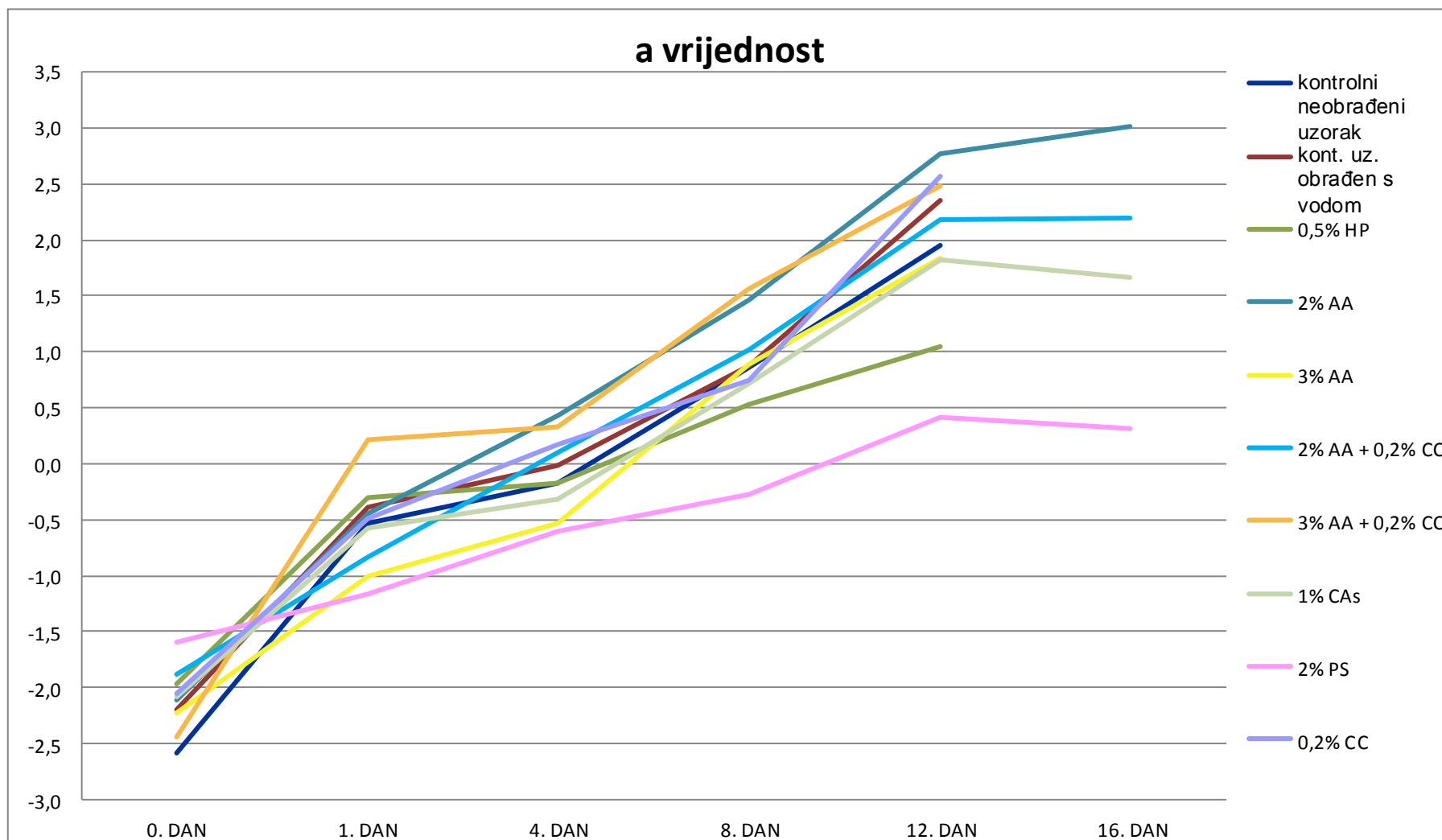


Rezultati za *Abbé Fétel*Rezultati za za krušku sorte *Abbé Fétel* (obrada nakon branja)**Tablica 11** Izmjerene vrijednosti parametara boje (L, a, b) i izračunate vrijednosti % inhibicije kriški krušaka *Abbé Fétel* (Lab sustav)

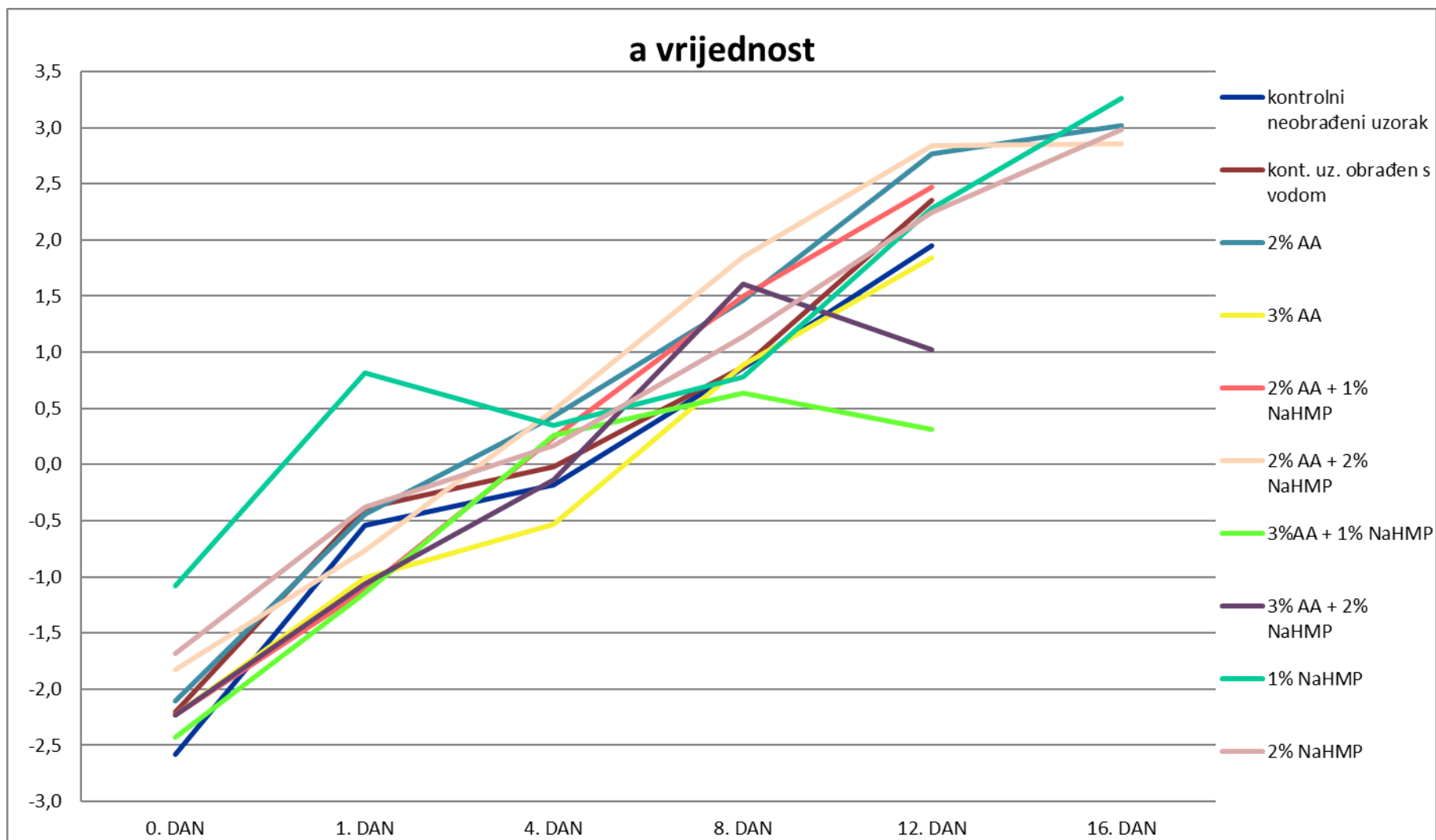
OBRADA UZORAK		0. DAN	1. DAN	4. DAN	8. DAN	12. DAN	16. DAN
kontrolni neobrađeni uzorak	L	79,68	74,61	74,63	73,14	66,81	
	a	-2,58	-0,54	-0,18	0,86	1,95	
	b	14,41	20,00	21,12	22,70	24,45	
kont. uz. obrađen s vodom	L	79,19	74,58	74,77	73,23	70,28	
	a	-2,20	-0,39	-0,02	0,87	2,35	
	b	15,37	19,96	20,50	22,02	23,88	
0,5% HP	L	79,23	74,06	73,89	73,97	73,10	
	a	-1,97	-0,31	-0,17	0,53	1,05	
	b	15,16	19,97	20,84	21,87	22,34	
	% Inh		-1,97	-5,74	19,57	52,37	
2% AA	L	79,77	73,87	71,32	69,66	66,22	64,64
	a	-2,11	-0,44	0,43	1,46	2,77	3,02
	b	12,68	21,01	21,20	22,73	24,58	25,24
	% Inh		-16,37	-67,33	-54,59	-5,28	
3% AA	L	80,59	75,07	70,66	71,98	69,87	
	a	-2,23	-1,01	-0,53	0,89	1,84	
	b	12,35	17,48	18,56	22,27	22,88	
	% Inh		-8,88	-96,63	-31,65	16,71	
2% AA + 1% NaHMP	L	79,74	74,45	70,18	67,97	66,70	
	a	-2,23	-1,12	0,24	1,50	2,47	
	b	13,05	19,35	19,94	22,57	24,39	
	% Inh		-4,34	-89,31	-79,97	-1,32	
2% AA + 2% NaHMP	L	79,64	75,14	70,69	68,03	66,38	65,54
	a	-1,83	-0,77	0,48	1,85	2,84	2,86
	b	12,16	18,67	19,97	22,45	24,39	24,45
	% Inh		11,24	-77,23	-77,52	-3,03	
3%AA + 1% NaHMP	L	79,08	73,43	70,33	72,20	73,02	
	a	-2,43	-1,14	0,26	0,64	0,31	
	b	13,71	20,38	21,27	22,01	21,89	
	% Inh		-11,44	-73,27	-5,20	52,91	

**Nastavak tablice 11** Izmjerene vrijednosti parametara boje (L, a, b) i izračunate vrijednosti % inhibicije kriški krušaka *Abbé Fetel* (Lab sustav)

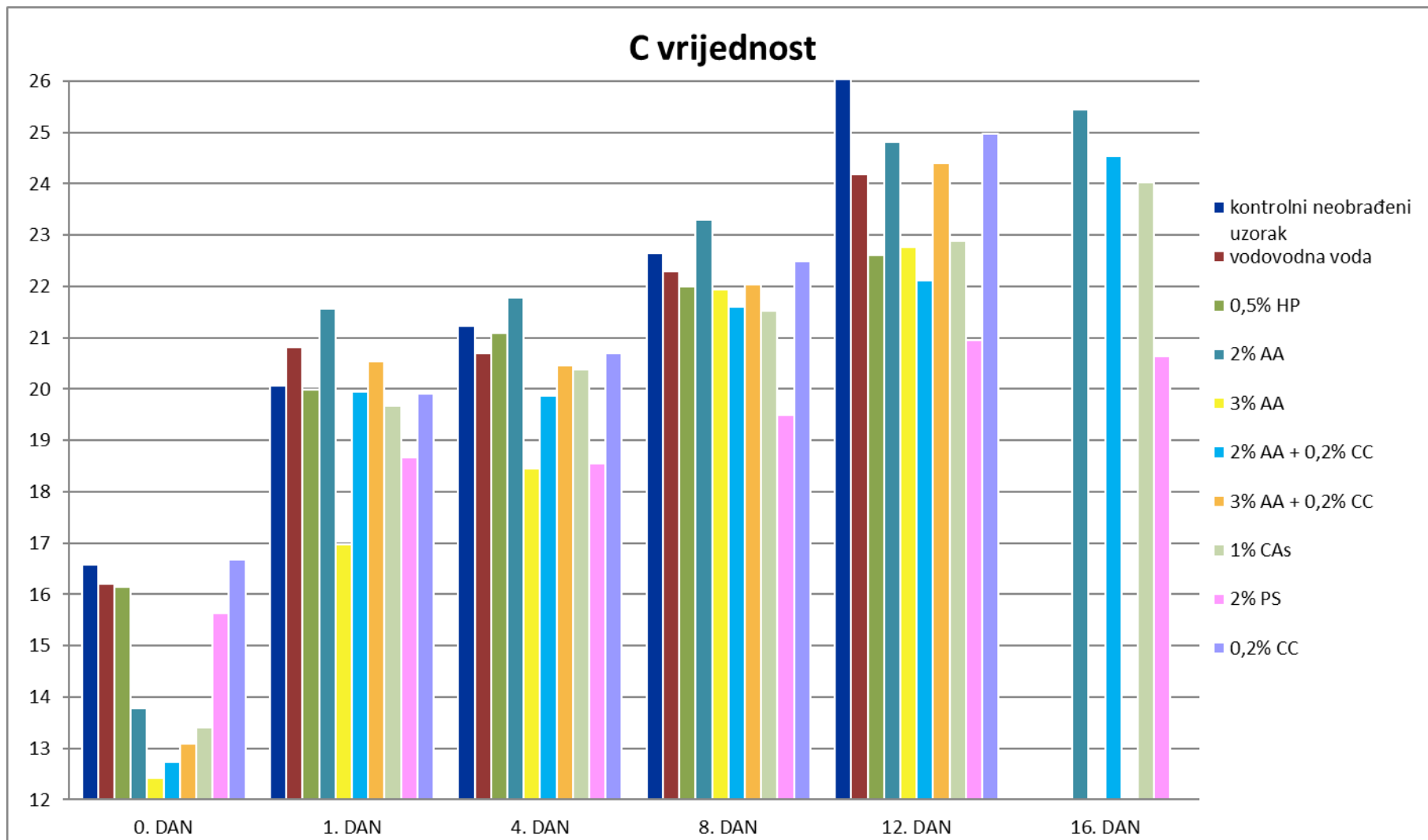
OBRADA UZORAK		0. DAN	1. DAN	4. DAN	8. DAN	12. DAN	16. DAN
<b>3% AA + 2% NaHMP</b>	L	78,69	72,90	69,96	65,18	67,29	
	a	-2,23	-1,06	-0,14	1,61	1,02	
	b	13,22	19,15	19,54	22,98	22,23	
	% Inh		-14,20	-72,87	-106,57	11,42	
<b>2% AA + 0,2% CC</b>	L	79,68	75,14	73,14	73,17	70,72	70,78
	a	-1,89	-0,84	0,10	1,02	2,18	2,19
	b	12,41	19,97	19,59	21,02	23,72	24,15
	% Inh		10,45	-29,50	0,46	30,38	
<b>3% AA + 0,2% CC</b>	L	80,58	73,58	73,51	71,99	70,98	
	a	-2,45	0,21	0,33	1,57	2,49	
	b	12,73	21,23	20,85	23,00	23,98	
	% Inh		-38,07	-40,00	-31,35	25,41	
<b>1% NaHMP</b>	L	78,61	71,97	73,16	73,30	70,31	66,99
	a	-1,08	0,82	0,35	0,78	2,28	3,26
	b	16,71	21,50	20,36	21,61	23,44	25,52
	% Inh		-30,97	-7,92	18,81	35,51	
<b>2% NaHMP</b>	L	79,68	74,73	72,97	72,00	69,36	67,41
	a	-1,68	-0,38	0,17	1,14	2,25	2,98
	b	16,28	21,28	20,78	22,81	24,44	25,33
	% Inh		2,37	-32,87	-17,43	19,81	
<b>1% CAs</b>	L	80,98	75,74	74,63	73,35	72,33	72,55
	a	-2,09	-0,57	-0,32	0,71	1,82	1,67
	b	13,01	20,39	19,66	21,58	22,90	23,40
	% Inh		-3,35	-25,74	-16,67	32,79	
<b>2% PS</b>	L	79,46	76,04	74,92	75,24	74,75	74,66
	a	-1,60	-1,16	-0,60	-0,27	0,42	0,32
	b	14,74	18,65	18,55	19,81	20,84	20,36
	% Inh		32,54	10,10	35,47	63,40	
<b>0,2% CC</b>	L	77,99	74,91	73,73	72,27	69,89	
	a	-2,06	-0,49	0,17	0,74	2,57	
	b	15,65	19,70	21,11	21,39	24,79	
	% Inh		39,25	15,64	12,54	37,06	



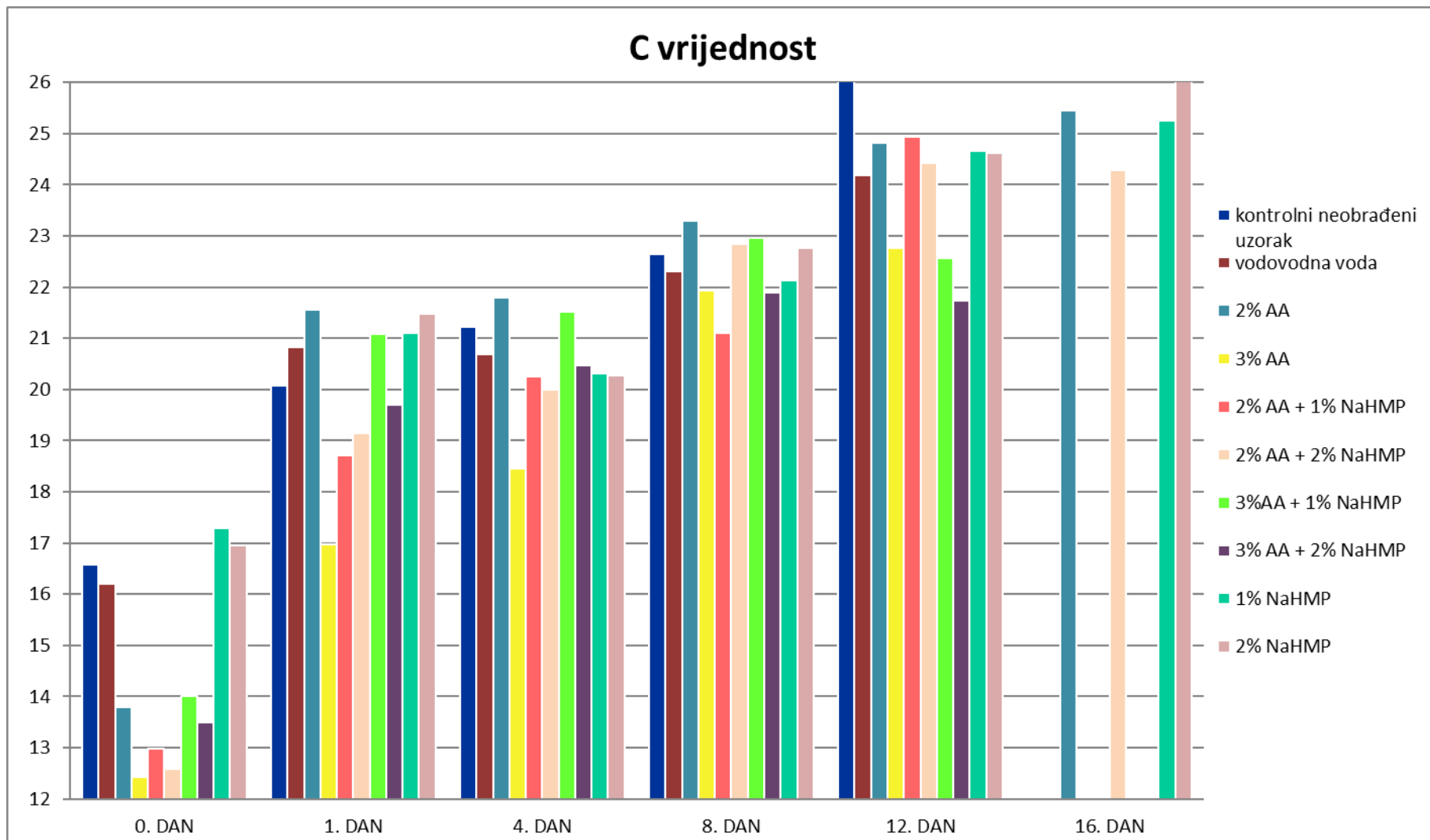
**Slika 24** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Abbé Fetel* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (Lab sustav – a vrijednost) - obrada nakon branja



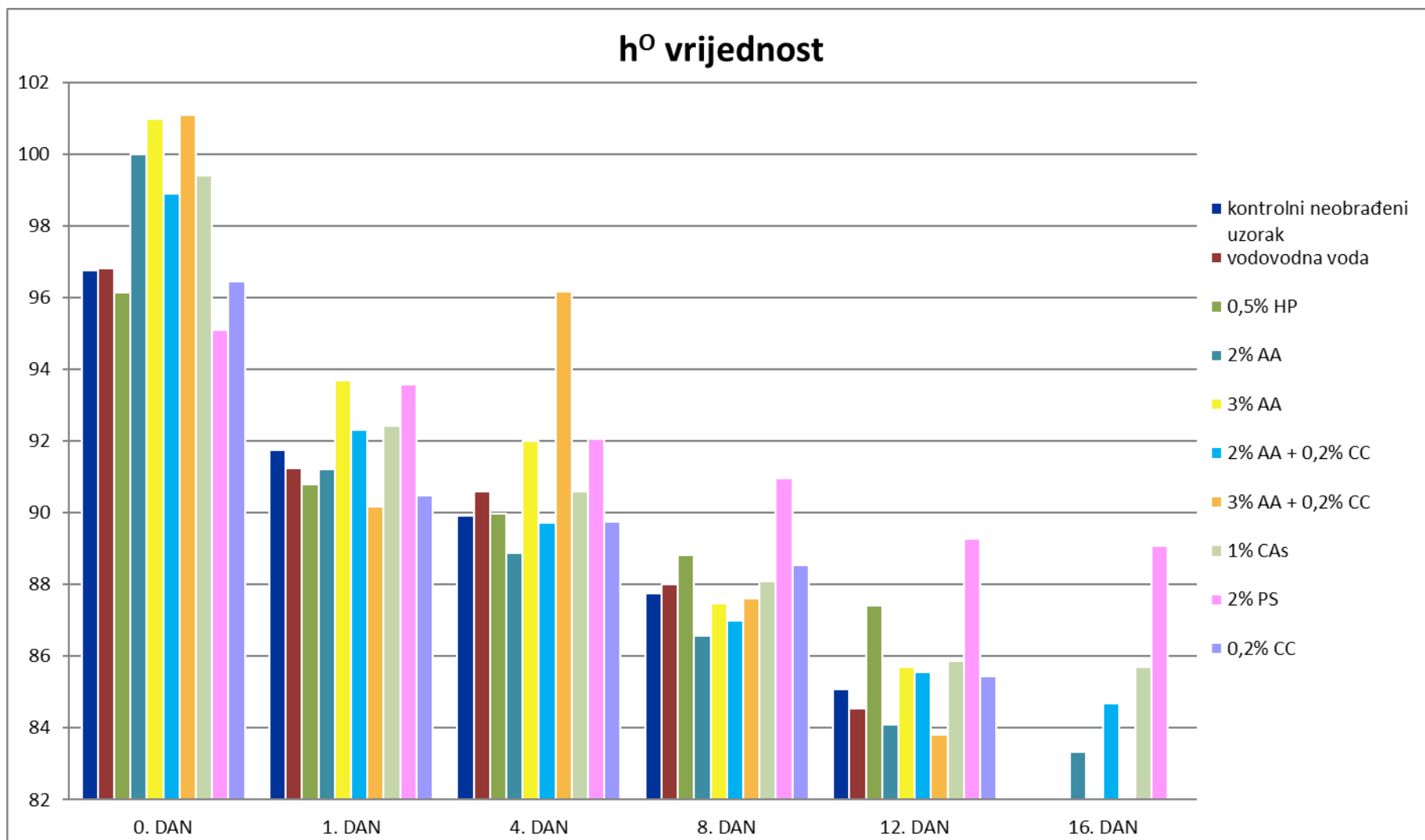
**Nastavak slike 24** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Abbé Fétel* na održivost boje tijekom čuvanja uzorka na +4 °C (Lab sustav – a vrijednost) - obrada nakon branja



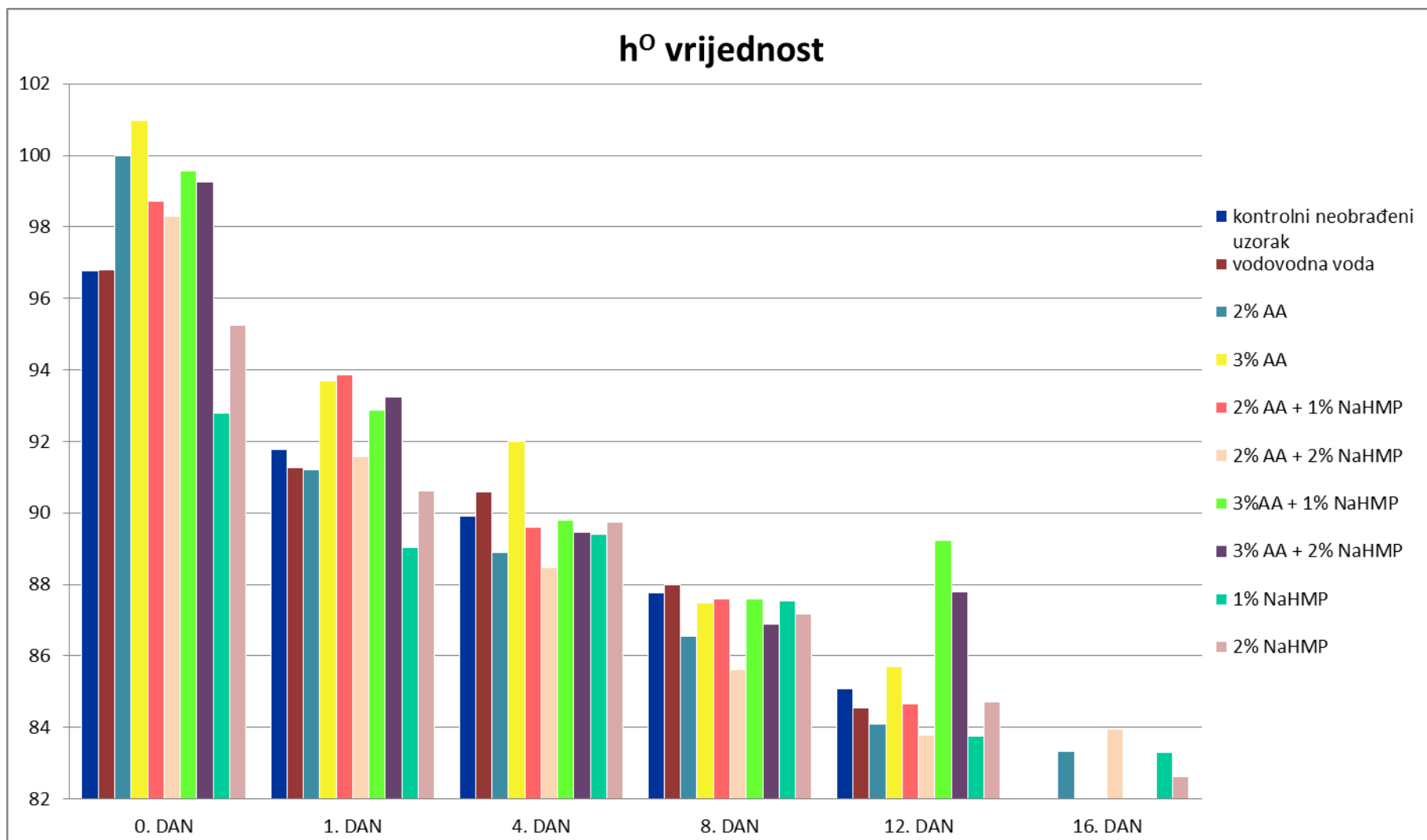
**Slika 25** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Abbé Fetel* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (LCh° sustav – C vrijednost) - obrada nakon branja



**Nastavak slike 25** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Abbé Fetel* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (LCh° sustav – C vrijednost) - obrada nakon branja

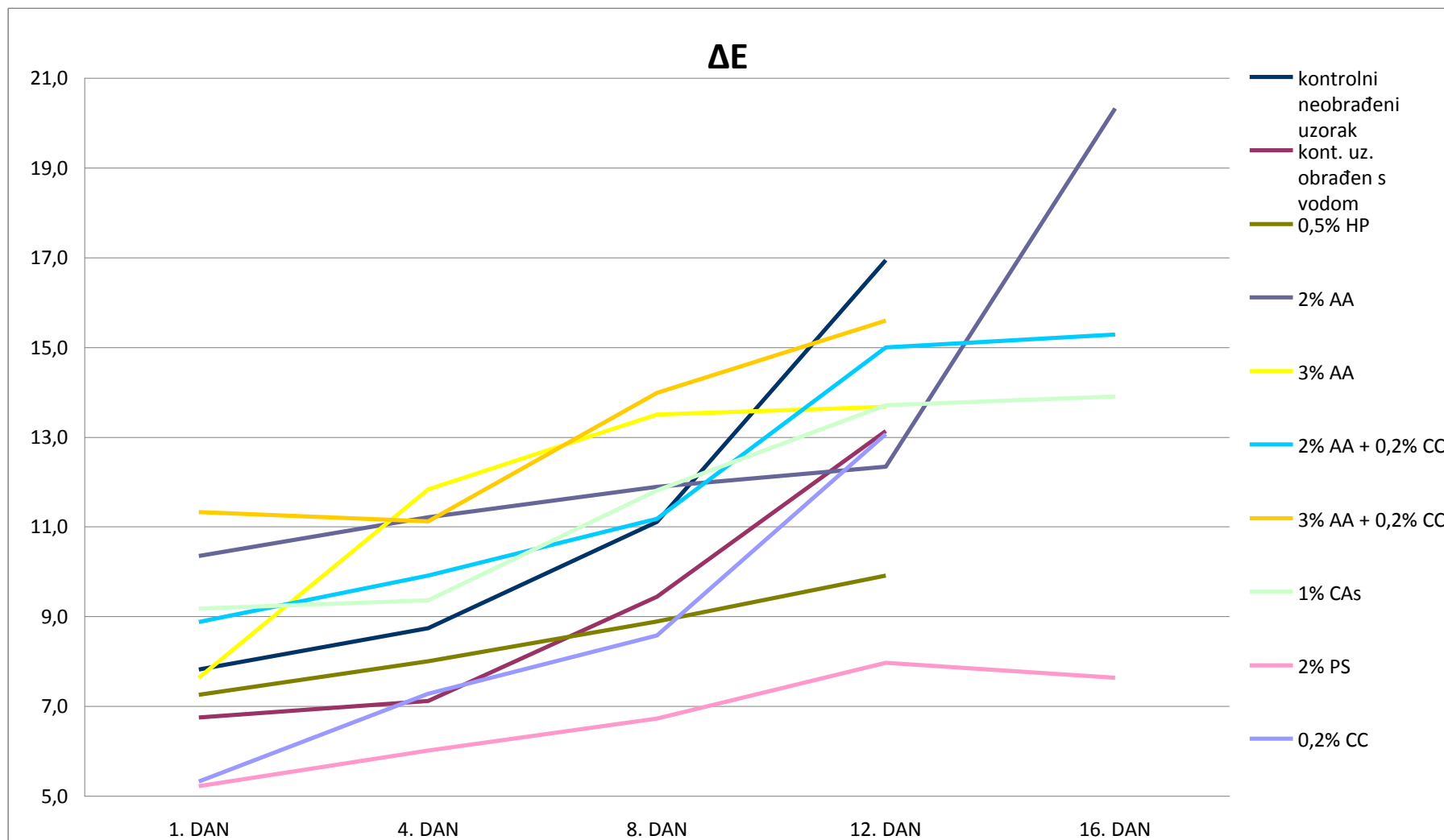


**Slika 26** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Abbé Fetel* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (LCh° sustav –  $h^0$  vrijednost) - obrada nakon branja

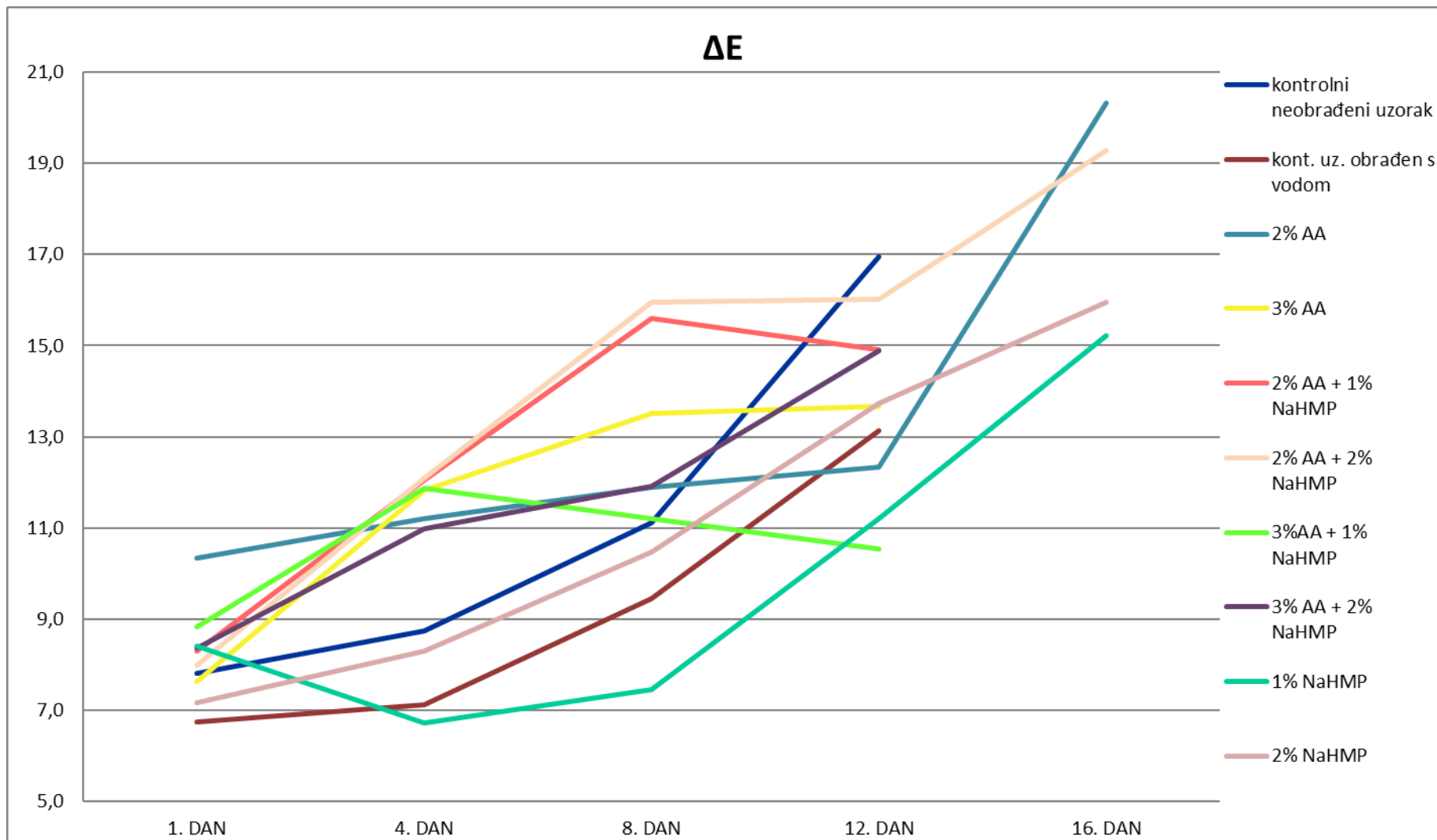


**Nastavak slike 26** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Abbé Fétel* na održivost boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (LCh° sustav –  $h^0$  vrijednost) - obrada nakon branja





**Slika 27** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Abbé Fétel* na promjenu boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (Lab sustav – vrijednost  $\Delta E$ ) - obrada nakon branja



**Nastavak slike 27** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *Abbé Fetel* na promjenu boje tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (Lab sustav – vrijednost  $\Delta E$ ) - obrada nakon branja

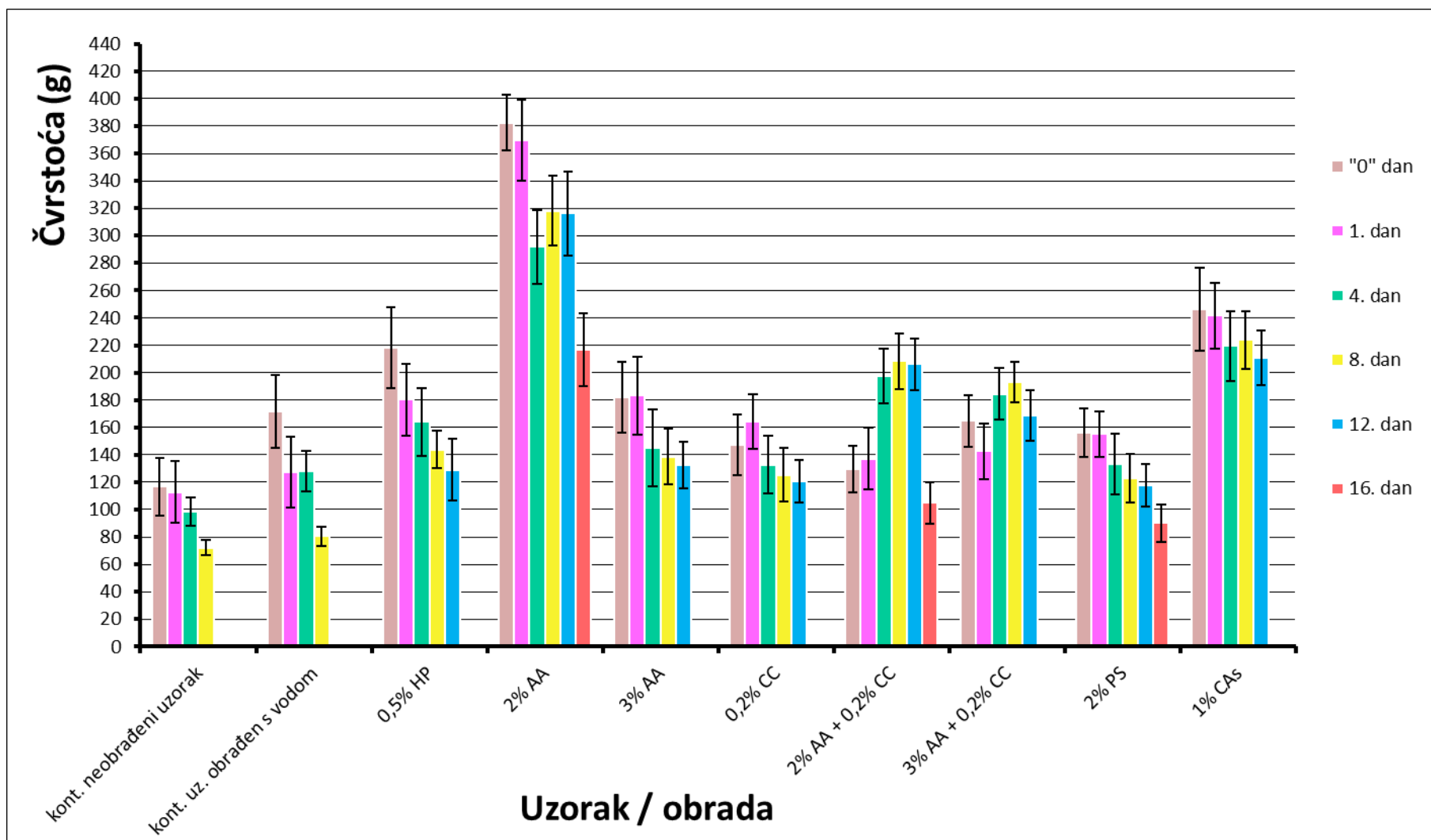
## REZULTATI ANALIZE TEKSTURE

**Tablica 12** Rezultati mjerenja čvrstoće teksture cijelih plodova penetrometrom i teksturometrom

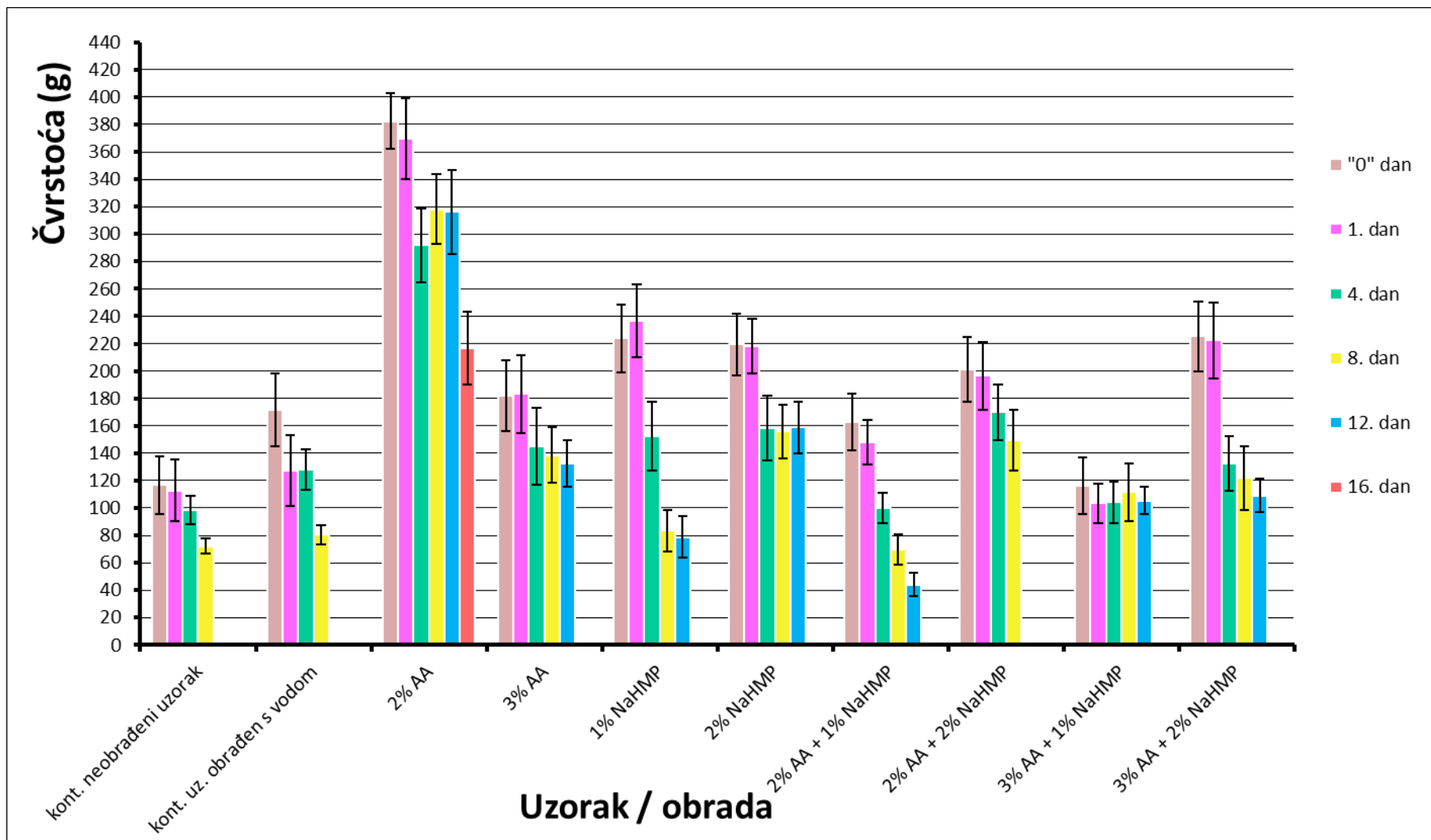
Uzorak	Rezultati dobiveni penetrometrom kg (N)	Rezultati dobiveni teksturometrom g (N)
<i>Abbé Fetel</i>	8,7 (89,24)	304,810 (2,989)
<i>Packhams Triumph</i>	6,8 (69,14)	153,798 (1,508)

### Rezultati mjerenja čvrstoće kriški krušaka sorte *Packhams Triumph*

Rezultati mjerenja čvrstoće kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* (obrada nakon branja)

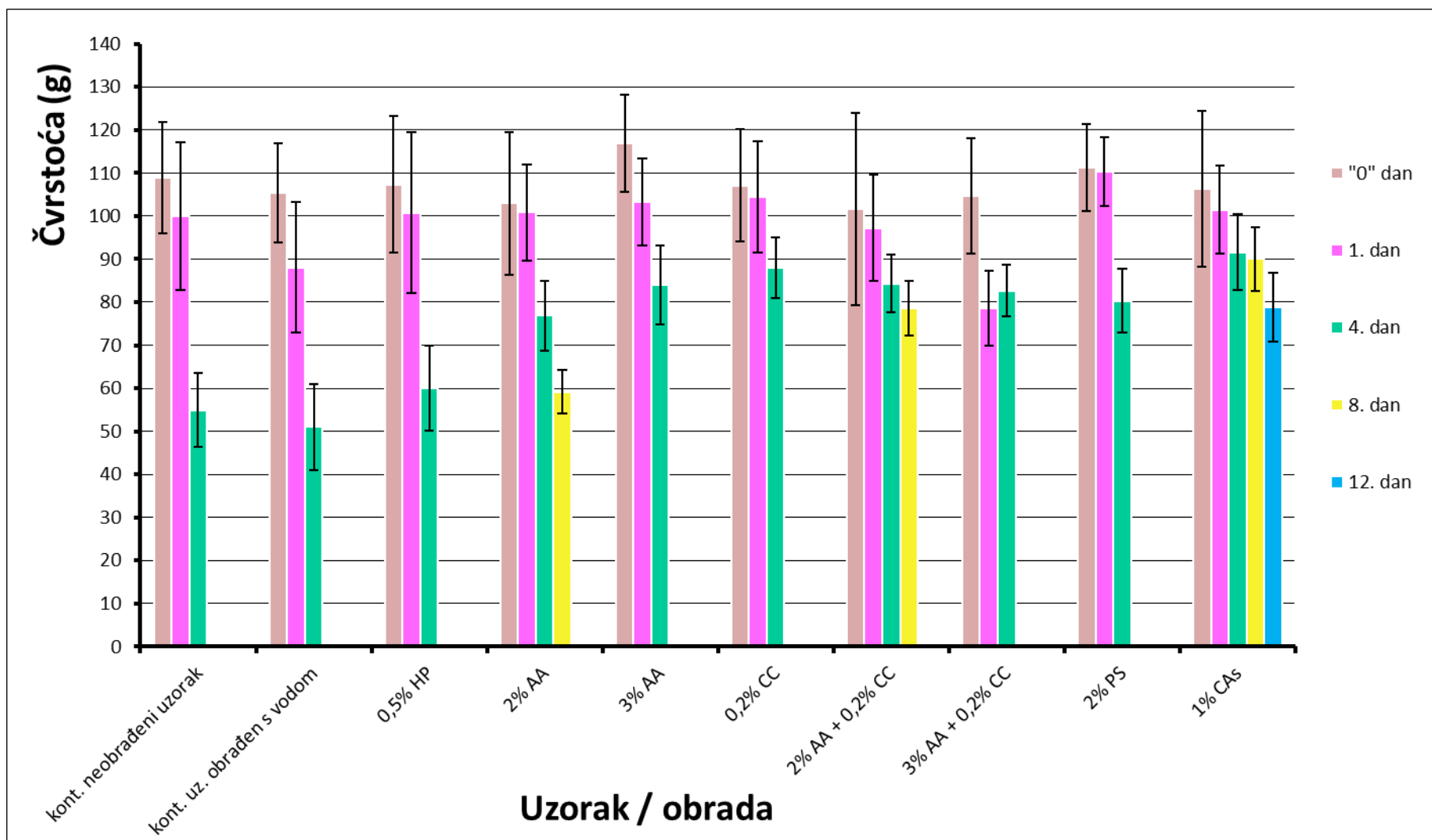


Slika 28 Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *PT* na čvrstoću tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (obrada nakon branja)

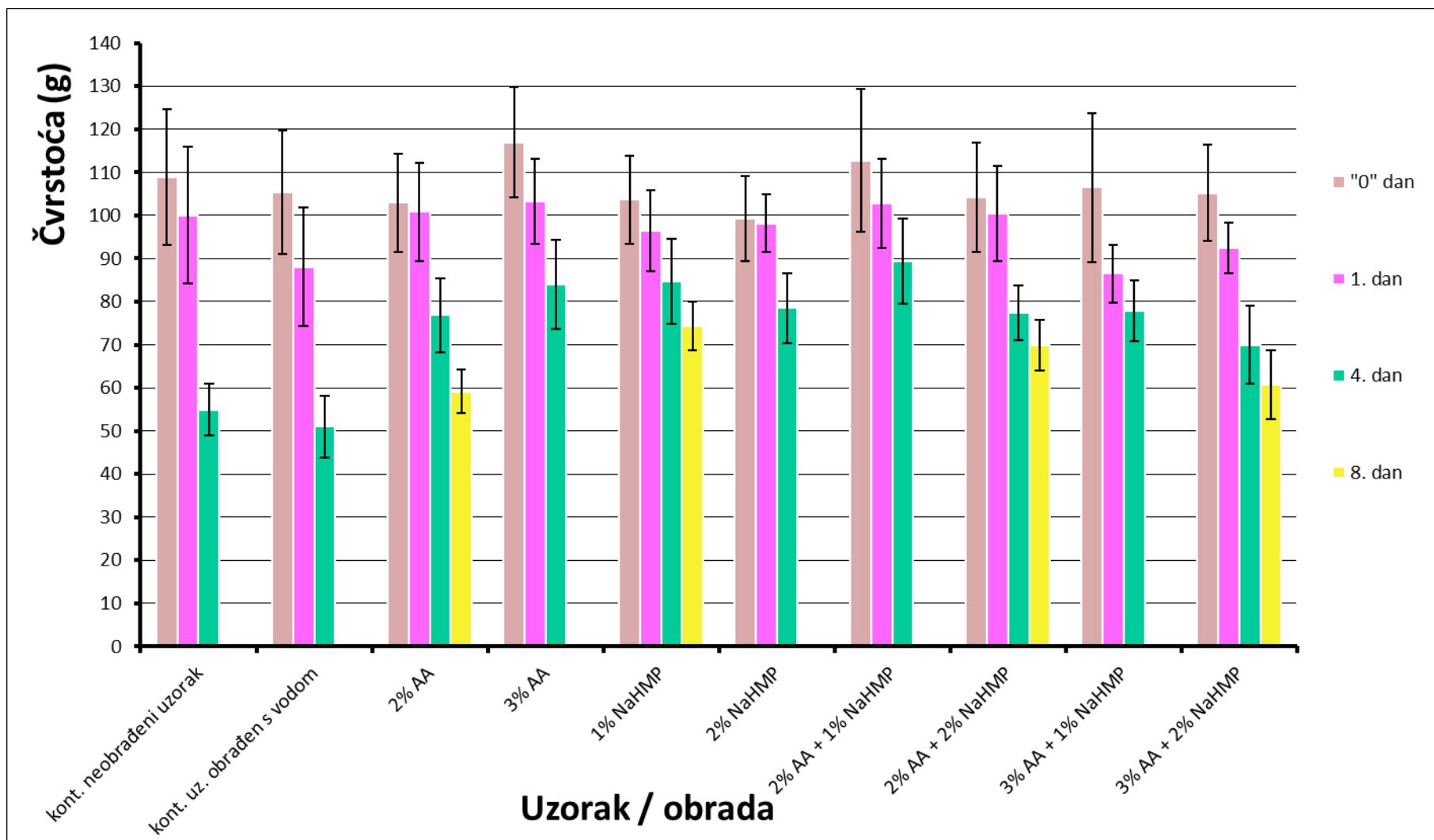


Nastavak slike 28 Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *PT* na čvrstoću tijekom čuvanja uzorka na +4 °C (obrada nakon branja)

Rezultati mjerenja čvrstoće kriški krušaka sorte *Packhams Triumph* (obrada nakon 6 mjeseci čuvanja u CA)



Slika 29 Utjecaj obrade svježih narezanih kriški krušaka sorte *PT* na čvrstoću tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (nakon CA)

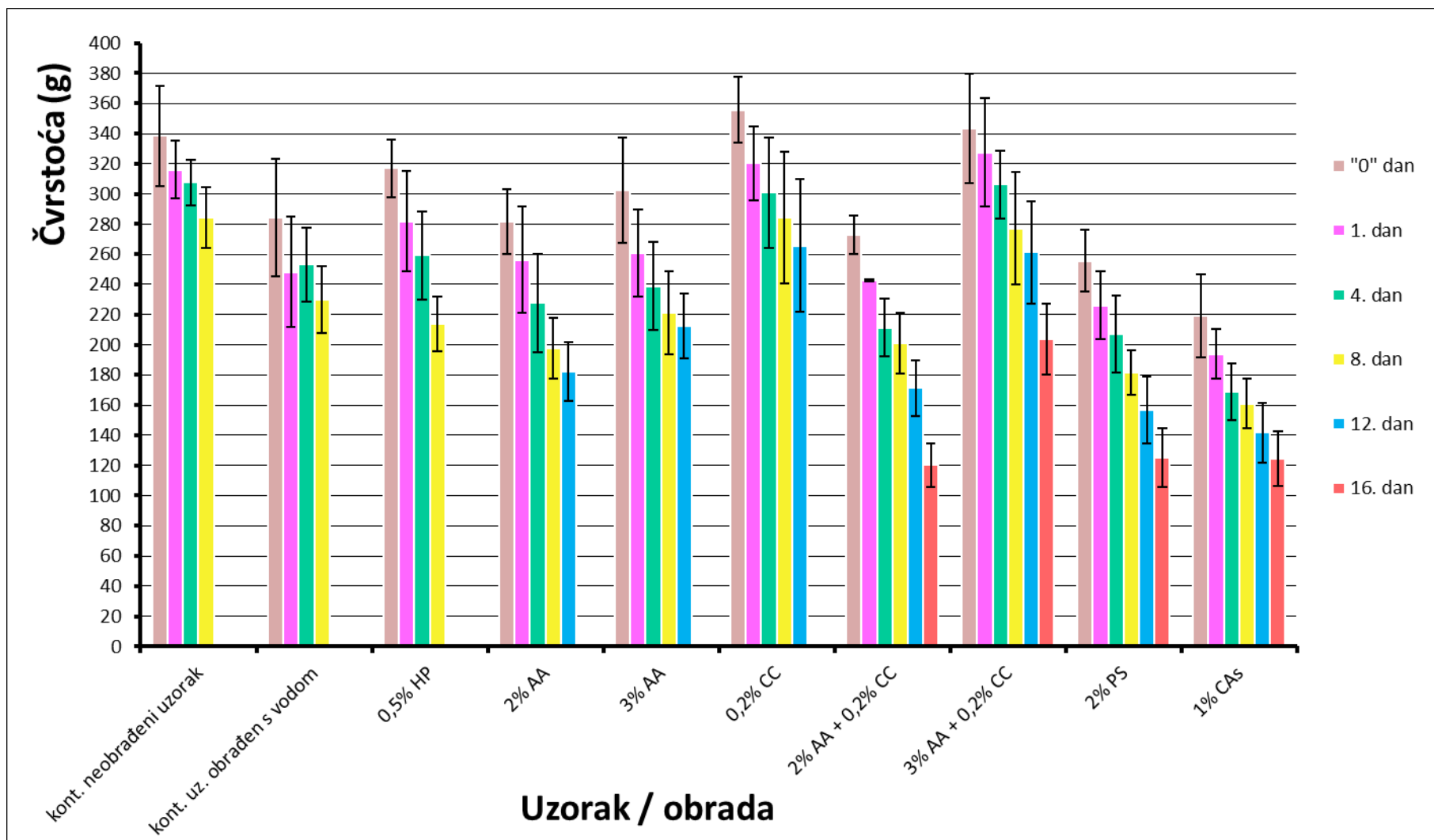


**Nastavak slike 29** Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte *PT* na čvrstoću tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (nakon CA)

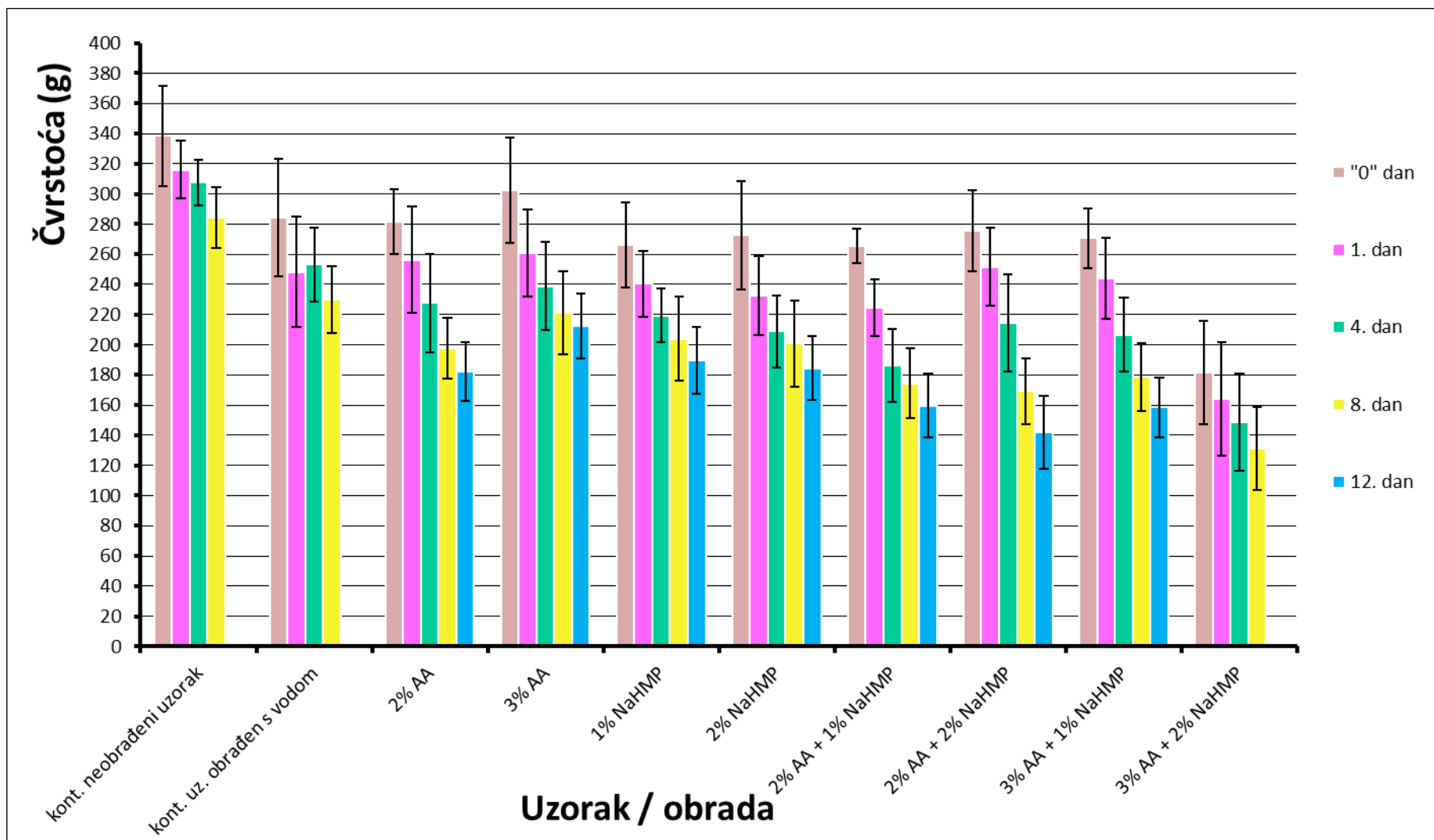


**Rezultati mjerenja čvrstoće kriški krušaka sorte *Abbé Fétel***

Rezultati mjerenja čvrstoće kriški krušaka sorte *Abbé Fétel* (obrada nakon  
branja)



Slika 30 Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte AF na čvrstoću tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (obrada nakon branja)



Nastavak slike 30 Utjecaj obrade svježe narezanih kriški krušaka sorte AF na čvrstoću tijekom čuvanja uzoraka na +4 °C (obrada nakon branja)

## 4.2. RASPRAVA

Ovim radom obuhvaćeno je istraživanje utjecaja obrade svježe izrezanih kriški krušaka sorti *Packham's Triumph* (PT) i *Abbé Fetel* (AF) otopinama vodik peroksida u koncentraciji od 0,5% (HP), askorbinske kiseline 2% i 3% (AA), natrij heksametafosfata 1% i 2% (NaHMP), kalcij klorida 0,2% (CC), kalcij askorbata 1% (CAs), kalij sorbata 2% (PS), i njihovim kombinacijama 2% AA + 1% NaHMP, 2% AA + 2% NaHMP, 3%AA + 1% NaHMP, 3% AA + 2% NaHMP, 2% AA + 0,2% CC, 3% AA + 0,2% CC, neposredno nakon branja plodova. Praćen je utjecaj navedenih otopina na boju i teksturu minimalno procesiranih krušaka tijekom 16 dana (nulti, 1., 4., 8., 12. i 16. dan) čuvanja pri 4 °C.

Objekte sorte su skladištene 6 mjeseci u uvjetima kontrolirane atmosfere (CA). Plodovi sorte *Abbé Fetel* nakon 6 mjeseci skladištenja u CA nisu bili upotrebljivi, tako da je provedena samo obrada plodova sorte PT nakon skladištenja.

Rezultati analize kemijskog sastava krušaka sorti *Packham's Triumph* i *Abbé Fetel* prikazani su u **Tablicama 6 i 7**. Usporedbom dobivenih vrijednosti za prosječni kemijski sastav spomenutih sorti krušaka utvrđeno je da su rezultati unutar granica literaturnih podataka (Moya-León i sur., 2006; Garriz i sur., 2008).

Za obradu je korišteno 15 različitih otopina, čije su izmjerene pH vrijednosti prikazane u **Tablici 8**. Obrada kriški krušaka potapanjem u pripremljenu otopinu, provedena je u trajanju od 2 minute, sa 3 ponavljanja.

Boja je jedan od glavnih parametara koji opisuje kakvoću minimalno procesiranih krušaka. Mjerenje i praćenje promjene boje provedeno je primjenom tristimulusnog kolorimetra korištenjem  $L^*a^*b^*$  i  $L^*C^*h^*$  sustava mjerenja boje, iz kojih su izračunati ukupna promjena boje ( $\Delta E$ ) i % inhibicije. Usporedba dobivenih rezultata za obrađene uzorke provedena je u odnosu na neobrađene, kontrolne uzorke, tj. u odnosu na vrijednosti dobivene u nultom danu („0“) obrade za svaki uzorak.

Rezultati praćenja utjecaja primjenjenih sredstava na očuvanje, odnosno promjenu boje kriški sorte *Packham's Triumph* nakon branja prikazani su u **Tablici 9** i na **Slikama 16-19**, a nakon 6 mjeseci skladištenja u CA u **Tablici 10** i na **Slikama 20-23**. Rezultati boje za sortu *Abbé Fetel* prikazani su u **Tablici 11** i na **Slikama 24-27**.

Iz rezultata je vidljivo da s vremenom skladištenja dolazi do opadanja vrijednosti  $L^*$  parametra što znači da površina uzorka postaje tamnija. Vrijednosti  $a^*$  parametra koja je u svim uzorcima bila negativna nulti dan prikazuje prijelaz iz zelene u crvenu boju (pozitivna vrijednost), koje se povećavale tijekom skladištenja u svim uzorcima, kao i parametar  $C^*$  (intezitet boje), dok su se vrijednosti  $h^*$  parametra snižavale tijekom skladištenja.  $h^*$  parametar označava nijansu boje (engl. «hue»), odnosno kut (engl. «hue angle»,  $h^\circ$ ) promjene boje u odnosu na  $a^*$  parametar, sa vrijednostima od 0 do 360 ° (vrijednost 0 ° je crvena, 90 ° je npr. žuta nijansa, 180 ° je zelena, a 270 ° plava). S obzirom na promjenu boje tijekom skladištenja, raspon u kojem su se kretale izmjerene vrijednosti obuhvatio je prijelaz od crvene do žute nijanse, prema zelenoj (preko 90°). Zanimljivo je da je u uzorcima sorti PT i AF koji su obrađeni neposredno nakon branja tek nakon 8. dana skladištenja došlo do pada vrijednosti  $h^\circ$  parametra ispod 90 °, dok u uzorcima sorte PT skladištenih 6 mjeseci u CA već nakon 1. dana vrijednosti više nisu prelazile 90 °. Vrijednosti za ukupnu promjenu boje u svim uzorcima su se tijekom skladištenja povećavale. Kod uzorka sorte PT obrađenog vodom  $\Delta E$  je na primjer porasla između 2 mjerenja čak 1,8 puta - od vrijednosti 12,39 (1. dan) na 21,89 (4. dan).

Iz rezultata analiza provedenih neposredno nakon branja za sortu PT, vidljivo je da su najbolju održivost tijekom 16 dana skladištenja imali uzorci obrađeni otopinama 2% PS, te kombinacijom 2% AA + 0,2% CC, dok se za sortu AF najboljim tijekom 16 dana pokazala obrada sa otopinama 1% CAs, 2% PS, te kombinacija 2% AA + 0,2% CC. Plodovi sorte PT skladišteni 6 mjeseci u uvjetima CA pokazali su tijekom obrade slabiju održivost (maksimalno 12 dana), a najboljima su se pokazale obrade otopinama 1% CAs, te kombinacija 2% AA + 0,2% CC. Kod obje sorte tijekom skladištenja, obrade u kombinacijama 2% i 3% AA, s 1% i 2% NaHMP pokazale su veću učinkovitost u sprječavanju posmeđivanja nego obrade bez NaHMP.

Kod pojedine sorte i obrade, zbog loše održivosti uzoraka nije bilo moguće provesti mjerenje 8., 12. i 16. dan (premekana tekstura tj. „gnjecav“ uzorak i kvarenje), tako da su ti uzorci bačeni.

Omekšavanje tkiva je velik problem kod minimalno procesiranog voća koji može znatno skratiti rok upotrebe proizvoda. Čvrstoća tkiva minimalno procesiranog voća je vrlo bitno

svojstvo kakvoće koja može biti narušena aktivnošću enzima prisutnih u tkivu i smanjenjem turgora zbog gubitka vode (Bealieu i Gorny, 2004.).

Mjerenje čvrstoće cijelih plodova krušaka provedeno je pomoću penetrometra i teksturometra (**Tablica 12**). Vrijednosti čvrstoće cijelih plodova izmjerene pomoću penetrometra za sortu *Packhams Triumph* bile su u prosjeku 6,8 kg tj. 69,14 N, a za sortu *Abbé Fetel* vrijednosti su iznosile 8,7 kg tj. 89,24 N, što je u skladu sa rezultatima drugih istraživanja (Bijelić-Curkić, 2011.) Rezultati dobiveni pomoću teksturometra pokazuju vrijednosti parametara čvrstoće za sortu *Packhams Triumph* 153,80 g tj. 1,51 N, a za sortu *Abbé Fetel* vrijednosti su iznosile 304,81 g tj. 2,99 N (**Tablica 12**).

Mjerenje i praćenje parametara teksture krušaka tijekom skladištenja provedeno je na teksturometru (TA.XT 2) a rezultati su obrađeni u pripadajućem programu. Iz **Slika 28-30** vidljivo je da vrijednosti parametara teksture uzoraka opadaju tijekom vremena što se očituje u smanjenju čvrstoće ploda tijekom skladištenja.

Vrijednosti parametara teksture za kriške kruške sorte *Packham's Triumph* nakon branja i nakon skladištenja u CA prikazane su grafički na **Slikama 28 i 29**. Za kruške sorte PT koje su obrađene neposredno nakon branja primijećena su odstupanja u početnoj čvrstoći kod svih uzoraka nulti dan (od 116,80 do 246,29 g), što je najvjerojatnije utjecaj neujednačene zrelosti ispitivanih krušaka-naročito se razlikuje uzorak obrađen sa 2% AA, čija je početna čvrstoća iznosila 382,2 g. Takvih odstupanja u čvrstoći plodova nije bilo kod krušaka sorte PT koje su obrađene nakon skladištenja u CA (od 101,67 do 116,96 g).

Obrada sa 1% CAs, kao i AA uz dodatak 0,2% CC (2% AA + 0,2% CC; 3% AA + 0,2% CC) spriječilo je značajniji gubitak čvrstoće kod svježe narezanih kriški u odnosu na obrade bez kalcija. Kalcijeve soli utječu na strukturu stanične stjenke i propusnosti membrane. Kalcij s pektinom stvara polimernu mrežu koja povećava mehaničku čvrstoću i time usporava starenje i fiziološke promjene u voću.

Najmanji gubitak čvrstoće kod kriški krušaka sorte PT obrađenih nakon branja zamijećen je u uzorcima obrađenim s 1% CAs, 0,2% CC, te kombinacijama 2% AA + 0,2% CC i 3% AA + 0,2% CC.

Najmanji gubitak čvrstoće kod kriški krušaka obrađenih nakon skladištenja u CA zamijećen je u uzorcima obrađenim s 1% CAs, 0,2% CC, te kombinacijom 2% AA + 0,2% CC.

Očekivano, najveći gubitak čvrstoće kod kriški krušaka obrađenih nakon branja i nakon skladištenja u CA zamijećen je u uzorcima obrađenim vodom.

Vrijednosti parametara teksture za kriške kruške sorte *Abbé Fetel* nakon branja prikazane su grafički na **Slici 30**. Za kruške ove sorte koje su obrađene neposredno nakon branja bitno je navesti da su izmjerene vrijednosti čvrstoće više u odnosu na sortu *Packhams Triumph* - tvrđi plodovi (**Tablica 12**).

Najmanji gubitak čvrstoće kod kriški krušaka sorte AF obrađenih neposredno nakon branja zamijećen je u uzorcima obrađenim s 1% CAs, 0,2% CC, te kombinacijom 3% AA + 0,2% CC.

Istraživanja koja su proveli Gorny i sur. (2000.), pokazala su da se obradom kriški krušaka s otopinama kalcijevog klorida od 0,5 do 1% vrlo dobro održava čvrstoća plodova. To se može uočiti i u ovom radu budući da su uzorci obrađeni otopinama koje su sadržavale kalcij imale veću čvrstoću kroz promatrani period od neobrađenih uzoraka i uzoraka obrađenih drugim otopinama.





## **5. ZAKLJUČCI**

1. Iz rezultata analiza provedenih neposredno nakon branja za sortu *Packham's Triumph*, vidljivo je da su najbolju održivost tijekom 16 dana skladištenja imali uzorci obrađeni otopinama 2% kalij sorbata, te kombinacijom 2% askorbinske kiseline + 0,2% kalcij klorida.
2. Plodovi sorte *Packham's Triumph* skladišteni 6 mjeseci u uvjetima CA i potom obrađeni otopinama pokazali su slabiju održivost (maksimalno 12 dana) od plodova *Packham's Triumph* i *Abbé Fetel* obrađenih neposredno nakon branja plodova (9. mjesec).
3. Kod plodova sorte *Packham's Triumph* skladištenih 6 mjeseci u uvjetima CA najboljima su se pokazale obrade otopinama 1% kalcij askorbata, te kombinacija 2% askorbinske kiseline + 0,2% kalcij klorida.
4. Za sortu *Abbé Fetel* se najboljom tijekom 16 dana skladištenja pokazala obrada sa otopinama 2% kalij sorbata, 1% kalcij askorbata, te kombinacija 2% askorbinske kiseline + 0,2% kalcij klorida.
5. Kod obje sorte tijekom skladištenja, obrade u kombinacijama 2% i 3% askorbinske kiseline s 1% i 2% natrij heksametafosfata pokazale su veću učinkovitost u sprječavanju posmeđivanja nego obrade bez natrij heksametafosfata.
6. Uzorci kriški krušaka obrađeni otopinama koje su sadržavale kalcij imale su veću čvrstoću kroz promatrani period od neobrađenih uzoraka i uzoraka obrađenih drugim otopinama.
7. Najmanji gubitak čvrstoće kriški krušaka sorte *Packham's Triumph* obrađenih nakon branja i nakon 6 mjeseci skladištenja u CA i sorte AF obrađene nakon branja zamijećen je u uzorcima obrađenim s 1% kalcij askorbata, 0,2% kalcij klorida, te kombinacijama 2% askorbinske kiseline + 0,2% kalcij klorida i 3% askorbinske kiseline + 0,2% kalcij klorida.

## **6. LITERATURA**

- Aguayo E, Requejo-Jackman C, Stanley R, Woolf A: Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. *Postharvest Biology and Technology* 57:52–60, 2010.
- Amiot MJ, Tacchini M, Aubert SY, Oleszek W: Influence of cultivar, maturity stage, and storage conditions on phenolic composition and enzymatic browning of pear fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43:1132-1137, 1995.
- Andrawis A, Kahn V: Inactivation of mushroom tyrosinase by hydrogen peroxide. *Phytochemistry* 24(3):397-405, 1985.
- Arias E, González J, Oria R, López-Buesa P: Ascorbic acid and 4-hexylresorcinol effects on pear PPO and PPO catalyzed browning reaction. *Journal of Food Science* 72:422–429, 2007.
- Azodanlou R, Darbellay C, Luisier J, Villettaz J-C, Amad R: Changes in flavour and texture during the ripening of strawberries. *European Food Research and Technology* 218:167-172, 2004.
- Barroca MJ, Guine RPF, Pinto A, Goncalves Ferreira DMS: Chemical and microbiological characterization of Portuguese varieties of pears. *Food and bioproducts processing* 84(C2):109-113, 2006.
- Beaulieu JC, Gorny JR: Fresh-cut fruits. U The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks, ur. Gross KC, Saltveit M, Wang CY. *USDA Handbook 66*, Washington, 1-49, 2004.
- Bertolini P, Folchi A: *Protezione post raccolta conservazione e qualita delle pere*. La coltura del pero per una produzione integrata. Verona, 1993.
- Bijelić-Curkić M: Sprječavanje posmeđivanja i mikrobiološkog kvarenja minimalno procesiranih krušaka. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2011.
- Bresler SE, Kazbekov EN, Sukhodolova AT, Shadrin VN: The mechanism of catalysis by o-diphenoloxidase. *Biokhimiya* 741, 1979.
- Brooks DW, Dowson CR: Aspects of tyrosinase chemistry. The Biochemistry of copper (Peisach J, Alsen P, Blumberg WE, ur.), *New York: Academic Press* 343-57, 1966.
- Casraner M, Gil MI, Artes F, Thomas-Barberan FA: Inhibition of browning of harvested head lettuce. *Journal of Food Science*, 61(2):314-316, 1996.
- Chen JS, Balaban MO, Wei C, Gleeson RA, Marshall MR: Effect of carbon dioxide on the inactivation of Florida spiny lobster polyphenol oxidase. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 61:253-259, 1993.
- Chichester CO: *Advances in food research*. Academic press Inc., Orlando, 1984.
- Dong X, Wrolstad RE, Sugar D: Extending shelf life of fresh-cut pears. *Journal of Food Science* 65:181-185, 2000.

- Downs CG, Pickering AE, Reihana M: Influence of temperature between harvest and storage on the ripening of Packham's Triumph pears. *Scientia Horticulturae* 39(3):235-246, 1989.
- Fallahi E, Conway WS, Hickey KD, Sams CE: The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience* 32:831–835, 1997.
- Fons-Sole E: *Postharvest technology of fruits and vegetables (and safe food)*. Summer University, Tuzla, 1998.
- Galvis-Sanchez AC, Gil-Izquierdo, Gil MI: Comparative study of six pear cultivars in terms of their phenolic and vitamin C content and antioxidant capacity. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83:995-1003, 2003.
- Garcia E, Barrett DM: Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. U Fresh-cut Fruits and Vegetables, ur. Olusola Lamikanra, *CRC Press, Boca Raton* 267-303, 2002.
- Garriz PI, Alvarez HL, Colavita GM, Harvest date effects on fruit quality of Abbé Fetel' pears. *Acta Horticulturae* 800: 1019-1026, 2008.
- Gliemmo MF, Latorre ME, Gerschenson LN, Campos CA: Color stability of pumpkin (*Cucurbita moschata*, Duchesne ex Poiret) puree during storage at room temperature: Effect of pH, potassium sorbate, ascorbic acid and packaging material. *Food Science and Technology* 42:196-201, 2009.
- Gliha R: *Sorte krušaka u suvremenoj proizvodnji*. Fragaria, Zagreb, 1997.
- Gomes MH, Fundo JF, Santos S, Amaro AL, Almeida DPF: Hydrogen ion concentration affects quality retention and modifies the effect of calcium additives on fresh-cut 'Rocha' pear. *Postharvest Biology and Technology* 58:239–246, 2010.
- Gorini FL, Stanchina G: *Conservazione frigorifera delle pere: aggiornamenti e prospettive*. Aggiornamento della coltura del pero, Ferrara, 1980.
- Gorny JR, Cifuentes RA, Hess-Pierce B, Kader AA: Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by cultivar, ripeness stage, fruit size and storage regime. *Journal of Food Science* 65:541-544, 2000.
- Guine RPF: Influence of drying method on density and porosity of pears. *Food and bioproducts processing* 84(C3):179-185, 2006.
- He Q i Luo Y: Enzymatic browning and its control in fresh-cut produce. *Stewart Postharvest Review* 3(6):1-7, 2007.
- Herceg Z: *Procesi konzerviranja hrane*. Tehnička knjiga, Zagreb, 2009.
- Herrmann K: Inhaltsstoffe der Birnen. *Die Industrielle Obst – und Gemüseverwertung* 1:5-8, 1996.

- Jašić M: *Tehnologija voća i povrća. Dio 1, Opšte osobine i čuvanje, hemijski sastav, nutritivna svojstva, fizikalno - hemijska i senzorna svojstva*. Tehnološki fakultet Tuzla, Tuzla, 2007.
- Kacem B, Cornell JA, Marshall MR, Shireman RB, Matthews RF: Nonenzymatic browning in aseptically packaged orange drinks: effect of ascorbic acid, amino acid and oxygen. *Journal of Food Science* 52(6):1668-1672, 1987.
- Labuza TP, Saltmarch M: The nonenzymatic browning reaction as affected by water in food. U Water activity: influences in food quality, ur. Rockland LB, Stewart GF. *London: Academic press* 605-623, 1981.
- Lafer G: *Richtlinien für die Ernte und Lagerung von Kernobst (Teil 1 und 2)*. Besseres Obst, 8 i 9, 1994.
- Lee HS, Nagy S: Relationship of sugar degradation to detrimental changes in citrus juice quality. *Food Technology* 42(11):91-97, 1988.
- Lelas V: *Nove tehnike procesiranja hrane*. Prehrambeno-biotehnološki fakultet Zagreb, Zagreb, 2006.
- Lopez-Nicolas JM, Andreu-Sevilla AJ, Carbonell-Barrachina AA, Garcia Carmona F: Effects of addition of  $\alpha$ -cyclodextrin on the sensory quality, volatile compounds, and color parameters of fresh pear juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(20):9668–9675, 2009.
- Loscher J, Kroh L, Westphal G, Vogel J: L-ascorbic acid – a carbonyl component of nonenzymatic browning reactions, 2. Amino-carbonyl reactions of l-ascorbic acid. *Z Lebensm Unters Forsch* 192:323-327, 1991.
- Lovrić T, Piližota V: *Konzerviranje i prerada voća i povrća*. Nakladni Zavod Globus, Zagreb, 1994.
- Lovrić T: *Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva*. Hinus, Zagreb, 2003.
- Lúck E: *Antimicrobial Food additions. Characteristics, uses, effects*. Springer-verlag, Berlin, 1980.
- MacRea R, Robinson RK, Sadler MJ: Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition, Vol. 1. Academic Press Inc. 269-280, 1993.
- Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L: Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition* 79(5):727-747, 2004.
- Marshall MR, Kim J, Wei C: *Enzymatic Browning in Fruits, Vegetables and Seafoods*. FAO, 1-56, 2000.
- Martinez MV, Whitaker JR: The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends in Food Science & Technology* 6:195-200, 1995.

- McEvily AJ, Iyengar R, Otwell WS: Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 32:253–273, 1992.
- Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi: *Pravilnik o pomoćnim tvarima u procesu proizvodnje*. NN, br. 38/08, Zagreb, 2008.
- Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi: *Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o pomoćnim tvarima u procesu proizvodnje*. NN 152/11, Zagreb, 2011.
- Montgomery MW: Cysteine as an inhibitor of browning in pear juice concentrate. *Journal of Food Science* 48:951–952, 1983.
- Moya-León MA, Vergara M, Bravo C, Montes ME, Moggia C: 1-MCP treatment preserves aroma quality of “Packhams Triumph” pears during long-term storage. *Postharvest Biology and Technology* 42, 185-197, 2006.
- Namiki M: Chemistry of Maillard reactions: Recent studies on the browning reaction mechanism and the development of antioxidants and mutagens. *Advances in Food Research* 32:115-184, 1988.
- Oms-Oliu G, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O: Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology* 50(1):87-94, 2008.
- Piližota V, Sapers GM: Novel browning inhibitor formulation for fresh-cut apples. *Journal of Food Science* 69:4, 2004.
- Piližota V, Šubarić D, Nedić N, Palijan A: Primjena vodikovog peroksida i askorbinske kiseline u minimalnoj obradi krušaka. *Kemija u industriji* 49:7-11, 2000.
- Piližota V, Šubarić D: Control of enzymatic browning of foods. *Food Technology and Biotechnology* 36(3):219-227, 1998.
- Principe L, Lozano JE: Reduction and control of non-enzymatic browning in clarified apple juice by absorption and ion-exchange. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* 24:34-38, 1991.
- Richardson T, Hyslop DB: Enzymes. U *Food Chemistry* (2nd ed.), ur. Fennema OR, *Marcel Dekker, USA* 371–476, 1985.
- Robards K, Prenzler PD, Tucker G, Swatsitang P, Glover W: Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry* 66:401-436, 1999.
- Sapers GM, Miller RL: Browning inhibition in fresh-cut pears. *Journal of Food Science* 63:342-346, 1998.
- Sapers GM: Browning of foods: Control by sulfites, antioxidants, and other means. *Food Technology* 47:75-84, 1993.

- Scobinger U, Barbic I, Durr P, Waldvogel R: Polyphenole in Apfelsaft: positive und negative Wirkungen. *Flüssiges Obst* 5:267-271, 1996.
- Sofos JN, Pierson MD, Blocher JC, Busta FF: Mode of action of sorbic acid on bacterial cells and spores. *International Journal of Food Microbiology* 3:1-17, 1986.
- Šubarić D, Babić J: *Tempus projekt 158714 - Improving Academia – Industry links in Food Safety and Quality, Knjiga 5: Čišćenje i dezinfekcija*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2012.
- Šubarić D: Inhibicija polifenol oksidaze u svrhu sprečavanja enzimskog posmeđivanja. *Doktorski rad*, Zagreb, 1999.
- Suutarinen J, Heiska K, Moss P, Autio K: The effects of calcium chloride and sucrose prefreezing treatments on the structure of strawberry tissues. *Academic Press* 33:89-102, 2000.
- Szczesniak AS: Texture: Is it still an overlooked food attribute?. *Food Technology* 86-95, 1990.
- Thakur BR, Arya SS: Role of sorbic acid in nonenzymatic browning reactions in liquid and solid model food systems. *International Journal of Food Science & Technology* 26:157-164, 1991.
- Thompson AK: *Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables*. CAB International, Wallingford 288, 1998.
- Valero E, Varon R, Garcia-Carmona F: Inhibition of grape polyphenol oxidase by several natural aliphatic alcohols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38:1097-110, 1990.
- Vamos-Vigyazo L: Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 15:49-127, 1981.
- Web 1: *Valne duljine boja vidljivih ljudskom oku*. <http://hr.wikipedia.org/wiki/Boja> [20.05.2014.]
- Web 2: *Boja i pigmenti u kruški*. <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija-2/biljni-pigmenti> [20.05.2014.]
- Web 3: [http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=24968&loc=ec\\_rcs#itabs-2d](http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=24968&loc=ec_rcs#itabs-2d) [20.05.2014.]
- Web 4: [http://www.lamba.hr/lmb/wp-content/uploads/2011/05/kalijev\\_sorbat.png](http://www.lamba.hr/lmb/wp-content/uploads/2011/05/kalijev_sorbat.png) [13.08.2014.]
- Web 5: *Sirovine biljnog podrijetla*. [www.ptfos.hr](http://www.ptfos.hr) (2013/14) (Predavanja) [20.05.2014.]



Wildanger W, Hermann K: Die Phenolischen Inhaltstoffe des Obstes II. Die Flavonole des Obstes. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und – Forschung A* 159, 219, 1975.

Wong M, Stanton DW: Nonenzymatic browning in kiwi fruit juice concentrate systems during storage. *Journal of Food Science* 54:669-673, 1989.