

# Utjecaj vremena tretmana otopinom natrijeva askorbata na kvalitetu minimalno procesiranog krumpira tijekom skladištenja

---

**Pufek, Paula**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:534977>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-12**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

**Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija**

**Paula Pufek**

7371

**UTJECAJ VREMENA TRETMANA OTOPINOM NATRIJEVA  
ASKORBATA NA KVALITETU MINIMALNO  
PROCESIRANOG KRUMPIRA TIJEKOM SKLADIŠTENJA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Naziv znanstveno-istraživačkog ili stručnog projekta:** "Inovativne tehnike u minimalnoj preradi krumpira (*Solanum tuberosum*) i njegova zdravstvena ispravnost nakon pripreme" (IMPROVePOTATO, IP-06-2016; HRZZ)

**Mentor:** doc.dr.sc. Maja Repajić

**Zagreb, 2019.**

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski sveučilišni studij Prehrambena tehnologija**

**Zavod za prehrambenu tehnološko inženjerstvo**  
**Laboratorij za procese konzerviranja i preradu voća i povrća**

**Znanstveno područje: Biotehničke znanosti**  
**Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija**

**Utjecaj vremena tretmana otopinom natrijeva askorbata na kvalitetu minimalno procesiranog krumpira tijekom skladištenja**

***Paula Pufek, 0058210252***

**Sažetak:** Cilj ovog rada bio je ispitati utjecaj vremena tretmana otopinom natrijeva askorbata na kvalitetu minimalno procesiranog krumpira (MPK) tijekom skladištenja. MPK tretiran je otopinom natrijeva askorbata 3, 5, 7 i 10 minuta, pakiran u vakuumu i skladišten 8 dana pri 10 °C. Tijekom skladištenja 1., 4. i 8. dan u uzorcima sirovog MPK određeni su ukupna suha tvar (%), pH, parametri boje i teksture te senzorska opća prihvatljivost. Nadalje, isti uzorci MPK su termički obrađeni kuhanjem te je u kuhanim uzorcima MPK određena ukupna suha tvar (%), pH i senzorski je ocijenjena opća prihvatljivost. Rezultati statističke obrade pokazali su da duljina tretmana otopinom natrijeva askorbata i vrijeme skladištenja statistički značajno ne utječu na analizirane parametre u sirovom MPK, dok se u kuhanom MPK tijekom skladištenja statistički značajno smanjuje pH. Temeljem svih rezultata može se zaključiti da je 3 minute tretmana otopinom natrijeva askorbata dovoljno učinkovito, pri čemu MPK zadržava kvalitetu tijekom 8 dana skladištenja.

**Ključne riječi:** kvaliteta, minimalno procesirani krumpir, otopina natrijeva askorbata, skladištenje

**Rad sadrži:** 32 stranice, 10 slika, 6 tablica, 40 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb**

**Mentor:** doc.dr.sc. Maja Repajić

**Datum obrane:** 9. srpnja 2019.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

**University of Zagreb**  
**Faculty of Food Technology and Biotechnology**  
**University undergraduate study Food Technology**

**Department of Food Engineering**  
**Laboratory for Technology of Fruits and Vegetables Preservations and Processing**

**Scientific area: Biotechnical Sciences**  
**Scientific field: Food Technology or Biotechnology or Nutrition**

**Effect of treatment time with sodium ascorbate solution on the quality of  
minimally processed potato during storage**

***Paula Pufek, 0058210252***

**Abstract:** The aim of this study was to examine the influence of treatment time with the sodium ascorbate solution on the quality of the minimally processed potato (MPP) during storage. MPP was treated with sodium ascorbate solution for 3, 5, 7 and 10 minutes, packaged in vacuum and stored at 10 °C during 8 days. During storage, on the 1<sup>st</sup>, 4<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> day total dry matter (%), pH, color and texture parameters as well as sensorial general acceptance of raw MPP were examined. Furthermore, some MPP samples were boiled and analyzed for total dry matter (%), pH and sensorially graded for overall acceptance. Results of statistical analysis showed that treatment time with sodium ascorbate solution and time of storage did not have statistically significant influence on analyzed parameters of raw MPP, while pH of boiled MPP significantly decreased during storage. Based on all results it can be concluded that 3 minutes of sodium ascorbate solution treatment is enough efficient, where MPP retained its quality during 8 days of storage.

**Keywords:** quality, minimally processed potato, sodium ascorbate solution, storage

**Thesis contains:** 32 pages, 10 figures, 6 tables, 40 references

**Original in:** Croatian

**Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of  
Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000  
Zagreb**

**Mentor:** PhD. Maja Repajić, Assistant Professor

**Defence date:** July 9, 2019.

## **SADRŽAJ**

<b>1. UVOD</b>	1
<b>2. TEORIJSKI DIO</b>	2
<b>2.1. Krumpir</b>	2
<b>2.1.1. Uvod</b>	2
<b>2.1.2. Kemijski sastav krumpira</b>	3
<b>2.2. Minimalno procesirano voće i povrće</b>	5
<b>2.2.1. Minimalno procesirani krumpir</b>	6
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b>	9
<b>3.1. Materijali</b>	9
<b>3.2. Aparatura i pribor</b>	10
<b>3.3. Kemikalije</b>	11
<b>3.4. Metode rada</b>	11
<b>3.4.1. Priprema uzoraka MPK</b>	11
<b>3.4.2. Tretman i skladištenje uzoraka MPK</b>	11
<b>3.4.3. Određivanje ukupne suhe tvari</b>	12
<b>3.4.4. Određivanje pH vrijednosti</b>	13
<b>3.4.5. Kolorimetrijsko određivanje boje</b>	13
<b>3.4.6. Određivanje teksture</b>	15
<b>3.4.7. Senzorska ocjena</b>	15
<b>3.4.8. Statistička obrada rezultata</b>	16
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b>	17
<b>4.1. Statistička analiza</b>	18
<b>4.2. Ukupna suha tvar</b>	19
<b>4.3. pH</b>	21
<b>4.4. Boja</b>	22
<b>4.5. Tekstura</b>	24
<b>4.6. Senzorska ocjena</b>	26
<b>5. ZAKLJUČAK</b>	28
<b>6. LITERATURA</b>	29

## 1. UVOD

Minimalno procesirano voće i povrće (MPViP) je oprano, narezano, zapakirano voće i povrće spremno za konzumaciju ili upotrebu koje karakteriziraju osobine živog tkiva. Takav proizvod nije obrađen toplinskim metodama i zbog svoje izrazite osjetljivosti i pokvarljivosti zahtijeva skladištenje u određenim uvjetima. Zbog sve većeg interesa potrošača za zdravom prehranom u svrhu poboljšanja svog zdravstvenog statusa prehrambena industrija razvila je MPViP koje je jednostavno za konzumaciju na bilo kojem mjestu ili trenutku tijekom dana.

Dobra nutritivna vrijednost krumpira i mogućnost skladištenja gomolja tijekom cijele godine razlozi su koji krumpir čine prikladnom namirnicom za procese minimalnog procesiranja. Minimalno procesirani krumpir (MPK) dobiven je pranjem, guljenjem, rezanjem, eventualnim potapanjem u otopinu protiv posmeđivanja, cijedenjem i pakiranjem u prikladnu ambalažu, no od ostalog voća i povrća razlikuje ga potreba za toplinskom obradom prije konzumacije. Prilikom proizvodnje MPK potrebno je voditi računa o čimbenicima koji direktno utječu na kvalitetu i stabilnost proizvoda. Prvi, a ujedno i najbitniji korak je odabir prikladne sorte za MPK. O sorti ovisi veličina, okus, boja, nutritivna vrijednost i mnoge druge karakteristike. Najvažnija stavka kod odabira prikladne sorte jest enzimsko posmeđivanje koje se kroz određene procese u kasnijoj preradi gomolja krumpira nastoji spriječiti. Razlog zbog kojeg dolazi do posmeđivanja je izlaganje tkiva oštećenog guljenjem i rezanjem zraku i to uz prisutnost polifenol oksidaze (PPO). Mnoge fizikalne i kemijske metode te njihova kombinacija uspješno se koriste za sprječavanje posmeđivanja tako da djeluju na jedan ili više čimbenika odgovornih za odvijanje reakcija kojima dolazi do nastanka obojenih spojeva. Spomenuti čimbenici su kisik, enzimi i supstrat.

Uranjanje u otopinu odgovarajuće tvari poput askorbinske ili limunske kiseline najprimjenjivija je metoda u sprječavanju posmeđivanja MPK.

Cilj ovog rada bio je odrediti utjecaj vremena tretmana otopinom natrijeva askorbata na kvalitetu MPK tijekom skladištenja. MPK tretiran je otopinom natrijeva askorbata 3, 5, 7 i 10 minuta, pakiran u vakuumu i skladišten 8 dana pri 10 °C. Tijekom skladištenja 1., 4. i 8. dan u uzorcima sirovog MPK određeni su ukupna suha tvar (%), pH, parametri boje i teksture te senzorska opća prihvatljivost. Isti uzorci MPK su termički obrađeni kuhanjem te je u kuhanim uzorcima MPK određena ukupna suha tvar (%), pH i senzorski je ocijenjena opća prihvatljivost.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Krumpir

#### 2.1.1. Uvod

Krumpir (*Solanum tuberosum* L.) višegodišnja je biljka iz porodice pomoćnica (*Solanaceae*) koja potječe iz peruanskih Anda gdje je uzgajan prije više od nekoliko tisuća godina te je Inkama, uz kukuruz, bio glavna hrana. Španjolski istraživači u Europu su ga prenijeli u 16. stoljeću, a u 18. stoljeću, kad je u Europi bio već neizostavna hrana, graničarski vojnici prenijeli su ga u Hrvatsku (Lešić i sur, 2002).

Biljka krumpira sadrži alkaloid solanin pa su stoga svi dijelovi biljke, osim gomolja, izrazito otrovni. Stabljika se dijeli na nadzemni i podzemni dio, a može se razviti iz klice gomolja (vegetativno razmnožavanje) ili iz pravog sjemena (generativno razmnožavanje). Nadzemni dio naziva se cima i sastoji se od stabljike i listova, a podzemni dio čine stabljika na kojoj se razvija korijenje te podzemne bočne stabljike, stoloni (slika 1). Zadebljani, modificirani dio podzemne bočne stabljike je gomolj. Gomolj je glavni rezervni organ biljke krumpira koji služi za reprodukciju i prezimljenje. Meso gomolja može, ovisno o sorti, biti bijelo, krem bijelo, žuto ili ljubičasto. Pokožica gomolja također može biti različitih boja, od žute pa sve do ljubičaste. Korijen krumpira razvija se na podzemnom dijelu stabljike i bočno se grana, dok se u slučaju sisanja krumpira razvija glavni korijen s mnogobrojnim bočnim korijenjem. Prilično je plitak, 40-50 cm, dok u rahlim tlima doseže dubinu do 1 m. Korijen odumire dozrijevanjem krumpira (Lešić i sur., 2004).



**Slika 1.** Biljka krumpira (Amédée Masclef, 1891)

Krumpir se može podijeliti na temelju različitih kriterija. Jedna od podjela jest prema broju dana do zrelosti od trenutka sadnje. Krumpir se prema tome može podijeliti na: vrlo rani (65 - 70 dana), rani (70 - 90 dana), srednji (90 - 100 dana), kasni (100 - 130 dana) i vrlo kasni (više od 130 dana). Pojedina svojstva raznih gomolja pogodna su za specifične operacije prilikom obrade krumpira (pečenje, prženje, sušenje, smrzavanje), prema čemu se krumpir također može podijeliti. Camire i sur. (2009) navode kako se pojedine sorte moraju konzumirati ubrzo nakon berbe, dok neki zadržavaju poželjna svojstva tijekom skladištenja. S obzirom na to uobičajena je podjela na temelju prikladnosti za skladištenje.

### **2.1.2. Kemijski sastav krumpira**

Ugljikohidrati čine oko 17,5 % ukupne suhe tvari sirovog krumpira (tablica 1) i 75 % ukupne suhe tvari kuhanog krumpira. Najzastupljeniji ugljikohidrat u krumpiru je škrob, čiji udio u kultiviranom krumpiru znatno ovisi o zrelosti gomolja, a kreće se od 11,0 do 30,4 %. Škrob je ujedno i rezerva energije za biljku. Sorte koje kasno sazrijevaju imaju mnogo veći prinos gomolja i veći udio škroba u usporedbi sa sortama koje sazrijevaju rano. Želatinizacija škroba prilikom toplinske obrade ima veoma značajan utjecaj u probavljivosti inače teško probavljivog škroba u nativnom obliku. Najzastupljeniji disaharid u krumpiru jest saharoza, dok su glukoza i fruktoza najznačajniji monosaharidi (Camire i sur., 2009).

Krumpir se, u usporedbi s ostalim sirovim povrćem, ne smatra dobrim izvorom proteina zbog njegovog niskog ukupnog sadržaja. Usprkos tome, njegova biodostupnost je veoma visoka (Buckenhüskes, 2005). Glavni skladišni protein u krumpiru jest patatin, koji na neke ljude djeluje kao alergen, no njegova se alergenost značajno smanjuje prilikom toplinske obrade (Koppelman i sur., 2002).

Udio lipida u svježem krumpiru iznosi 0,15 g/150 g, što čini veoma mali udio ukupnog kemijskog sastava krumpira, dok su prehrambena vlakna najzastupljenija u odebljalim staničnim stijenkama periderme, a mogu imati ulogu u smanjenju razine kolesterola (Camire i sur., 2009).

Najzastupljeniji vitamin je vitamin C (askorbinska kiselina) koji se u krumpiru nalazi u rasponu od 84 do 145 mg na 100 g suhe tvari, ovisno o sorti, području uzgoja i uvjetima skladištenja. Također je i dobar izvor piridoksina (vitamina B6). Ksantofili su najzastupljenija podskupina karotenoida u krumpiru. To su pigmenti koji su topljivi u lipidima.  $\beta$ -karoten i lutein dva su pigmenta koja su u kultiviranom krumpiru prisutna u niskoj koncentraciji, ali



imaju veoma važnu ulogu za zdravlje očiju. Sorte sa žutim mesom gomolja sadrže više karotenoida nego sorte s bijelim mesom (Camire i sur., 2009).

Fitokemikalije su sekundarni proizvodi metabolizma biljaka, a mnogi od njih uključeni su u ljudsko zdravlje kao antioksidansi. Ovisno o sorti krumpira, količina i sastav fitokemikalija se razlikuje od sorte do sorte. U koži i mesu određenih sorti nalaze se antocijanini (crveni, plavi i ljubičasti pigmenti), koji su važni za zdravlje biljaka i ljudi, s obzirom da imaju važna antioksidacijska svojstva (Brown i sur., 2003; Brown, 2008). Za zdravlje biljke, svojstva kuhanja i ljudsko zdravlje važnu ulogu imaju fenolne kiseline i polifenoli. Klorogenska kiselina dominantan je fenolni spoj u krumpiru. Ukupna antioksidacijska aktivnost u korelaciji je s ukupnim sadržajem fenola (Camire i sur., 2009).

Općenito, na kemijski sastav krumpira utječu sorta, klimatski uvjeti, uvjeti tla te starost gomolja. Tablice 1 i 2 prikazuju službene podatke USDA o kemijskom i mineralnom sastavu te sastavu vitamina krumpira, koji se, s obzirom na navedene čimbenike, mogu neznatno razlikovati.

**Tablica 1.** Prosječni kemijski sastav u 100 g svježeg sirovog gomolja krumpira (USDA, 2019)

Voda	79,25 g
Energetska vrijednost	32 kcal
Proteini	2,05 g
Lipidi	0,09 g
Ugljikohidrati	17,49 g
Prehrambena vlakna	2,10 g
Ukupni šećeri	0,82 g
Saharoza	0,17 g
Glukoza	0,31 g
Fruktoza	0,26 g

**Tablica 2.** Sastav minerala i vitamina u 100 g svježeg gomolja krumpira (USDA, 2019)

Kalij	425 mg
Fosfor	57 mg
Magnezij	23 mg
Kalcij	12 mg
Natrij	6 mg
Vitamin C	19,70 mg
Folat	0,015 mg
Vitamin A	2 IU
Niacin	1,06 mg

## 2.2. Minimalno procesirano voće i povrće

U svrhu poboljšanja zdravstvenog statusa građana i smanjenja troškova liječenja bolesti koje se razvijaju kao posljedica nepravilne prehrane, 2003. godine Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) naglašava važnost konzumacije voća i povrća. Također navodi da se na dnevnoj bazi kroz nekoliko obroka preporuča unijeti minimalno 400 g voća i povrća. Sve je više ljudi osviješteno zdravom prehranom, međutim veoma ograničavajući faktor predstavlja današnji način i tempo života. Potrošači zahtijevaju jednostavnost i praktičnost za konzumaciju na bilo kojem mjestu, te je prehrambena industrija, kao praktično rješenje tog problema razvila minimalno procesirano voće i povrće (MPViP), proizvode koji odgovaraju navedenim zahtjevima potrošača. MPViP (eng. *fresh-cut, like fresh* ili *ready to eat*) čine proizvodi koji su oprani, očišćeni, narezani, zapakirani i pripremljeni za direktnu konzumaciju ili upotrebu, nisu termički obrađeni i karakteriziraju ih osobine živog tkiva. Predviđeni rok trajanja jest uglavnom 7 dana, ako se proizvodi do trenutka konzumacije čuvaju na preporučenoj optimalnoj temperaturi. Zbog izrazite kvarljivosti MPViP važnu ulogu u produljenju roka trajanja ima i način proizvodnje čiji cilj je sprječavanje kontaminacije mikroorganizmima i osiguravanje maksimalne higijene (Levaj i sur., 2013).

### **2.2.1. Minimalno procesirani krumpir**

Proizvodni proces minimalne prerade krumpira čini se jednostavnim, no ukoliko se razmotre svi čimbenici koji, ne samo prilikom prerade, već i tijekom uzgoja, transporta i skladištenja, mogu negativno utjecati na kvalitetu i rok trajanja gotovog proizvoda, taj proces je vrlo zahtjevan. Čimbenici koji znatno utječu na gotov proizvod su odabir prikladne sorte, agrotehničke mjere tijekom uzgoja, način berbe, uvjeti transporta i skladištenja, dobra proizvođačka praksa i mnogi drugi. Proces proizvodnje minimalno procesiranog krumpira (MPK) obuhvaća pranje, guljenje (koje se provodi mehanički i to noževima, tj. ručno ili uz primjenu abrazivnog materijala, tj. karborunduma), pranje hladnom vodom ili dozvoljenim kemijskim sredstvima na bazi organskih kiselina, ozona i dr., rezanje, tretiranje sredstvima protiv posmeđivanja, cijedenje-prosušivanje i pakiranje. Distribucija na tržište smatra se posljednjim korakom u proizvodnji MPK (Levaj i sur., 2018). Slika 2 prikazuje MPK zapakiran u vakuumu.

MPK potrebno je prije konzumacije termički obraditi, što čini razliku u usporedbi s ostalim MPViP. Amilolitički enzimi nemaju mogućnost razgradnje škroba u takvom obliku kakav se nalazi u sirovom krumpiru, te je stoga termička obrada u obliku kuhanja, pečenja, prženja i dr. potrebna kako bi škrob želirao, izgubio kristalnu strukturu i postao probavljiv (Zaheer, 2014).

Duga povijest uzgoja krumpira širom svijeta, otkriće genetike i razvijeni postupci križanja biljaka u posljednjih 200 godina omogućili su razvoj mnogih sorti sa željenim karakteristikama krumpira općenito, ali i sorti s pogodnim svojstvima za proizvodnju MPK (Camire i sur., 2009). Upravo je odabir prikladne sorte krumpira za minimalno procesiranje prvi i veoma bitan faktor kojim se osigurava bolja kvaliteta konačnog proizvoda. Veličina, boja, okus, tekstura, nutritivna vrijednost, otpornost na štetočine i osjetljivost na posmeđivanje neke su od karakteristika na koje utječe genotip krumpira. Za potrošače su organoleptička svojstva teksture, okusa, boje i mirisa jedna od najbitnijih svojstava, međutim, potrebno je odabrati sortu s niskom razinom respiracije i manjom osjetljivošću na mehaničke podražaje. Osim navedenog, veoma je bitan i kemijski i nutritivni sastav gomolja: količina suhe tvari, škroba te čim veća količina vitamina, minerala i ostalih fitonutrijenata (Arvanitoyannis i sur., 2008).



**Slika 2.** Minimalno procesirani krumpir (Anonymus 1, 2012)

Enzimsko posmeđivanje u većini je slučajeva povezano s djelovanjem polifenol oksidaze (PPO). Uslijed narušavanja osnovne strukture stanica, odnosno ploda guljenjem, rezanjem ili drobljenjem namirnica je izložena zraku u čijoj prisutnosti PPO hidroksilira bezbojne monofenole do  $\sigma$ -difenola koji se zatim oksidiraju do obojenih  $\sigma$ -kinona. Nizom neenzimatskih reakcija  $\sigma$ -kinoni se često nepovratno pretvaraju u smeđe polimerne pigmente - melanoide (Piližota i Šubarić, 1998). Između vrsta voća i povrća, a isto tako i između sorti, razlikuju se reakcije posmeđivanja koje kod nekih vrsta mogu biti poželjne i imati pozitivno djelovanje na konačna svojstva hrane (npr. razvoj boje i arome u proizvodnji čaja, kave i kaka) (He i Luo, 2007). Ipak, posmeđivanje je najčešće nepoželjno i kao takvo ga je potrebno usporiti ili zaustaviti. Stupanj posmeđivanja značajno ovisi o koncentraciji supstrata - fenola, enzima - PPO te o koncentraciji prisutnog kisika. U procesima posmeđivanja bitnu ulogu ima i peroksidaza (POD). U prisustvu vodikovog peroksida POD katalizira reakciju oksidacije fenolnih spojeva. Poznato je da je u tkivu voća i povrća, pa tako i krumpira, koncentracija vodikovog peroksida iznimno mala. Aktivnost PPO uzrokuje stvaranje vodikovog peroksida tijekom oksidacije pojedinih fenola pa stoga osigurava njegove dovoljne količine za aktivnost POD (Cantos, 2002; Tomás-Barberán i Espín, 2001). Fenilalanin amonijak liaza (PAL) je enzim koji sudjeluje u metabolizmu fenil propanoide i aktivira se uslijed oštećenja tkiva tijekom prerade krumpira. Ukoliko je aktivnost PAL veća, posljedično se povećava i koncentracija fenolnih spojeva, što znači da enzimi PPO i POD imaju više supstrata za daljnje oksidacijske reakcije (Cantos, 2002; Tomás-Barberán i Espín, 2001).

Tri glavna čimbenika odgovorna za posmeđivanje su: kisik, enzimi i supstrat. Ukoliko se fizikalnim ili kemijskim metodama ukloni jedan ili više od spomenutih čimbenika moguće je smanjiti ili potpuno spriječiti posmeđivanje (Mayer, 2000). Enzim je moguće inaktivirati termički, što je najpoznatiji i najčešće primjenjivani postupak. Prilikom blanširanja ili kuhanja događa se denaturacija enzima koji nadalje više nije sposoban sudjelovati u reakcijama posmeđivanja. Bakar je neophodan za aktivnost PPO, međutim neki spojevi imaju svojstvo stvaranja kelata s bakrom kao prostetskom skupinom i tako onemogućiti aktivnost PPO (Chen i sur., 1993). Inhibicija djelovanja enzima odgovornih za posmeđivanje moguća je također i pomoću spojeva slične strukture kao supstrat, koji na sebe vežu enzim. Ireverzibilna denaturacija enzima koja uzrokuje prestanak njegova djelovanja moguća je uz značajne promjene pH kod kojih enzim ne može ostati u ionskoj formi pogodnoj za njegovu aktivnost (Piližota i Šubarić, 1998). Dodatkom tvari koje lakše oksidiraju od supstrata moguće je supstrat držati u reduciranom stanju, što sprječava njegovu polimerizaciju i u konačnosti posmeđivanje. Sulfiti, askorbinska kiselina, cistein, aminokiseline, peptidi i proteini samo su neki od spojeva koji imaju takva svojstva. Sulfiti djeluju kao inhibitori enzimskog i neenzimskog posmeđivanja, kao antimikrobni dodaci te kao sredstva za izbjeljivanje, antioksidansi i reducirajuća sredstva (Piližota i Šubarić, 1998). Zbog saznanja da mogu izazvati bronhijalnu astmu, uporaba sulfita, koji su dugo bili u upotrebi, danas se sve više ograničava, a za neke proizvode se i zabranjuje (Sapers, 1993). Nosioći su nepoželjne arome u krumpiru, a mogu utjecati i na smanjenje nutritivne vrijednosti. S obzirom da se veći dio sulfita izgubi u pripremi (npr. kuhanjem), prema Pravilniku o prehranbenim aditivima (62/10, 62/11, i 135/11) za narezani krumpir sulfiti su dozvoljeni u količini od maksimalno 50 mg/kg proizvoda (Levaj i sur., 2018). Djelovanje na kisik treći je način usporavanja ili inhibicije reakcije posmeđivanja. Uklanjanje kisika u preradi voća i povrća može se postići pakiranjem u ambalažu nepropusnu za kisik, pakiranjem u atmosferi dušika, potapanjem svježeg narezanog voća u otopinu natrijeva klorida, kiseline ili sirupe i slično. Nedostatak uklanjanja kisika iz pakiranja jest taj što navedeni postupak može dovesti do gubitka arome, promjene okusa i razvoj anaerobnih bakterija (Piližota i Šubarić, 1998). Tijekom metode uranjanja može doći do gubitka topljivih tvari, a posmeđivanje se nastavlja nakon određenog vremena poslije ponovnog izlaganja kisiku, što predstavlja nedostatke metode inhibicije posmeđivanja uranjanjem (McEvily, 1992).

Za kontrolu posmeđivanja MPViP koriste se različite kemijske i fizikalne metode ili njihova kombinacija (Pareek, 2016). Askorbinska kiselina ima mogućnost redukcije kinona u fenolne spojeve prije nego li se daljnjim reakcijama pretvore u melanine te se stoga koristi kao jedan

od najučinkovitijih sredstava za inhibiciju posmeđivanja. Brza oksidacija u dehidroaskorbinsku kiselinu (DHAA) i nakupljanje kinona koji se prevode u melanine jedan je od nedostataka askorbinske kiseline kao sredstva protiv posmeđivanja (Laurila i sur., 1998), te je njezina zaštita kratkotrajna ukoliko se ne koristi u vrlo visokim koncentracijama. Topljiva je u vodi, kisela i s bazama formira neutralne soli (Ayala-Zavala i González-Aguilar, 2010). Kao učinkovito sredstvo protiv posmeđivanja koristi se također i limunska kiselina. Najčešće se koristi u kombinaciji s drugim sredstvima protiv posmeđivanja kao što su askorbinska ili eritorbinska kiselina te njihovim solima za kelaciju prooksidansa i za inaktivaciju PPO (Ayala-Zavala i González-Aguilar, 2010). Limunska kiselina kelatira bakar na aktivnoj strani enzima PPO. Kako veza bakra s aktivnim enzimom slabi pri pH vrijednostima nižim od 4 tako opada i aktivnost PPO, te pri takvim uvjetima limunska kiselina uklanja bakar (Limbo i Piergiovanni, 2006). Jako oksidirajuće sredstvo koje u kiselim uvjetima može stvoriti klorov dioksid jest natrijev klorid, koji ispod pH vrijednosti 5 inaktivira aktivnost PPO. Povećanjem kiselosti okoline povećava se i stupanj inhibicije (Queiroz i sur., 2008). Cistein može reagirati s međuproduktima kinona koji nastaju oksidacijom polifenola. Tom reakcijom formiraju se stabilni, bezbojni spojevi čime se blokira stvaranje pigmenata melanina (Sapers i sur., 2005). Upotrebu cisteina ograničava miris sumpora koji može nastati upotrebom cisteina kao sredstva protiv posmeđivanja (Kilic-Akyilmaz i Gulsunoglu, 2016).

Osim spomenutih kemijskih sredstava za sprječavanje posmeđivanja još se koriste i sredstva za stvaranje kompleksa ( $\beta$ -ciklodekstrin), enzimski inhibitori (4-heksilresorcinol) i druga sredstva kao što su med, proteaze, benzojeva i cimetna kiselina. Od fizikalnih metoda najpoznatije su smanjenje dostupnosti kisika (pakiranje u MAP i jestivi premazi), smanjenje temperature, gama zračenje i upotreba netermalnih tehnologija kao što su tehnologija visokog tlaka, pulsirajuća elektronska polja, ultrazvučni tretmani i hladna plazma (Pareek, 2016).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

#### **3.1. Materijali**

Istraživanje je provedeno na krumpiru sorte Birgit. Prije procesiranja krumpir je skladišten u kontroliranim uvjetima (u drvenim paletama na temperaturi od 8 °C i 100 % relativne vlažnosti bez prisustva svjetlosti). Uzorci MPK pripremljeni su u svrhu istraživanja u kojem se pratio utjecaj vremena stajanja MPK u 2 %-tnoj otopini natrijeva askorbata te utjecaj vremena skladištenja na fizikalno-kemijska i senzorska svojstva MPK.

Analize koje su provedene tijekom istraživanja su:

- određivanje ukupne suhe tvari i pH vrijednosti
- mjerenje boje
- mjerenje teksture
- senzorska svojstva

Na sirovom krumpiru provodile su se sve navedene analize, dok se na kuhanom krumpiru određivala ukupna suha tvar, pH, te senzorsko ocjenjivanje

### **3.2. Aparatura i pribor**

- Kompaktni kuhinjski aparat (MCM62020, Bosch, Slovenija)
- Kuhinjska vaga (KS19berry, Beurer GmbH, Njemačka)
- Analitička vaga (AX224, OHAUS, Švicarska)
- Vrećice za pakiranje u vakuumu (VB28/300, Gorenje, Slovenija)
- Uređaj za vakuumiranje (VS110W, Gorenje, Slovenija)
- Kolorimetar (CM-3500 d, Konica-Minolta, Japan)
- Analizator teksture (Texture Analyser TA HDPlus, Stable Micro System, UK)
- Laboratorijski sušionik (ST-01/02, INSTRUMENTARIA, Hrvatska)
- pH metar (SevenEasy S20, Mettler-Toledo)
- Štapni mikser (PHILIPS ProMix, 650 W)
- Nož za guljenje
- Plastične posude
- Cjedilo
- Aluminijske posude
- Stakleni štapići

- Eksikator

### **3.3. Kemikalije**

- 2 %-tna otopina natrijeva askorbata (Sallant, Kina)

Priprema: Odvaže se 20 g natrijeva askorbata i otopi u 1 L destilirane vode.

- Kvarcni pijesak, sitno zrnat-opran i užaren (GRAM-MOL d.o.o., Hrvatska)
- Destilirana voda

### **3.4. Metode rada**

#### **3.4.1. Priprema uzoraka MPK**

Određena količina zdravih krumpira otprilike uniformne veličine izvagana je u plastičnoj posudi na kuhinjskoj vagi. Krumpir je zatim opran u vodi, oguljen nožem za guljenje i ponovno ispran u vodi. Tijekom guljenja ostalih krumpira, prethodno oguljeni krumpiri odloženi su u plastičnu posudu s hladnom vodom kako bi se u što većoj mjeri spriječile neželjene promjene na krumpiru kao što je posmeđivanje. Kuhinjskim aparatom krumpir je narezan na ploške debljine 4 mm.

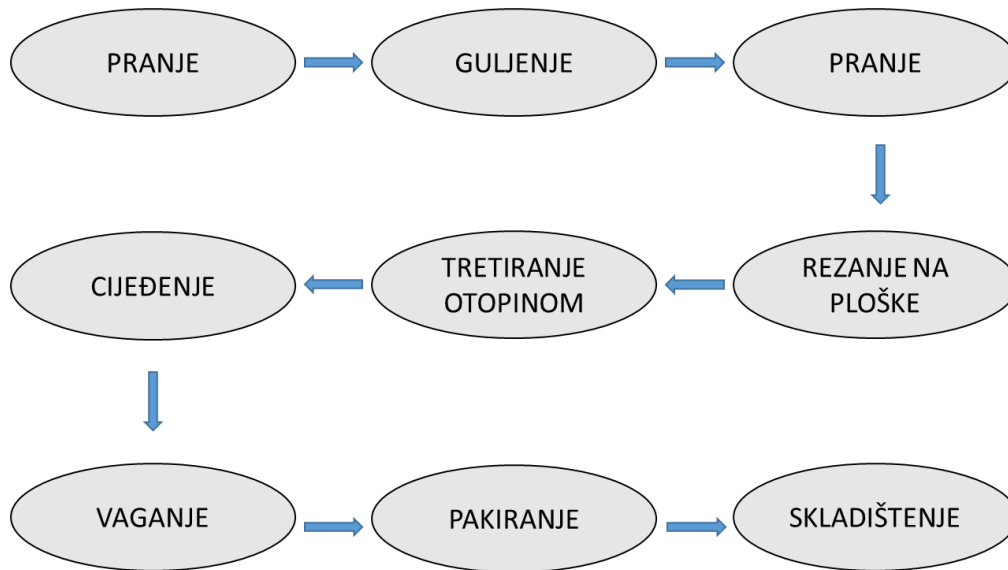
#### **3.4.2. Tretman i skladištenje uzoraka MPK**

Narezane ploške uronjene su u posudu s otopinom 2 %-tnog natrijeva askorbata u omjeru 1:4 [masa krumpira (g):volumen otopine 2 %-tnog natrijeva askorbata (mL)] i ostavljene da stoje potopljene 3, 5, 7 i 10 minuta. Nakon određenog vremena stajanja ploški krumpira u pripremljenoj otopini ploške se ocijede. Zatim se 300 g ploški krumpira pakira uz vakuumiranje u poliamidne/polietilenske vrećice i zatvara se pomoću aparata za zavarivanje. Nakon provedenog postupka pakiranja vrećice s krumpirima skladištene su tijekom 8 dana u hladnjaku pri temperaturi od 10 °C. Slika 3 prikazuje shemu navedenog postupka proizvodnje MPK.

Uz analize sirovog MPK, analizirani su i uzorci kuhanog MPK pripremljeni na sljedeći način: ploške krumpira (150 g) uronjene su u destiliranu vodu kod temperature ključanja i kuhane 15 minura u omjeru 1:5 [masa krumpira (g):volumen destilirane vode (mL)].

Uzorci sirovog i kuhanog MPK analizirani su 1., 4. i 8. dan.





**Slika 3.** Shema proizvodnje minimalno procesiranog krumpira

### 3.4.3. Određivanje ukupne suhe tvari

Princip određivanja:

Svaka sirovina sastoji se od suhe tvari i vode. Cjelokupna količina tvari iz sastava proizvoda koja ne isparava pod definiranim uvjetima naziva se ukupna suha tvar. Nakon sušenja do konstantne mase na 105 °C određuje se ostatak nakon sušenja, tj. ukupna suha tvar (AOAC, 1990).

Postupak određivanja:

Postupak određivanja suhe tvari provodio se za svaki uzorak u dvije paralele. U prethodno osušene i ohlađene aluminijske posudice stavi se kvarcni pijesak u količini da prekrije dno posudica te jedan stakleni štapić u svaku posudicu. Otkrivene aluminijske posudice s kvarcnim pijeskom i staklenim štapićem suše se u sušioniku 60 minuta zajedno s poklopcima. Nakon sušenja posudice se hlade u eksikatoru 45 minuta, a zatim se svaka aluminijska posudica s kvarcnim pijeskom i staklenim štapićem izvažuje na analitičkoj vagi s točnošću od  $\pm 0,0002$  g. U svaku posudicu stavi se 1 g usitnjenog i homogeniziranog krumpira s točnošću od  $\pm 0,0002$  g i uzorci se pomoću staklenih štapića dobro izmiješaju s kvarcnim pijeskom. Posudice s uzorcima stavljaju se u sušionik i uzorci se suše 3 sata (1 sat s poklopljenim posudicama i 2 sata s otkrivenim poklopcem). Zatim se aluminijske posudice s uzorcima hlade u eksikatoru 45 minuta, a nakon toga ponovno se važu na analitičkoj vagi s točnošću od  $0,0002$  g. Za svaki uzorak provedena su dva mjerenja.

### Izračun:

Ukupna suha tvar računa se pomoću sljedeće formule:

$$\text{ukupna suha tvar (\%)} = \frac{m_3}{m_1} * 100$$

$$m_3 = m_2 - m_0$$

$m_0$  - masa prazne posudice (g)

$m_1$  - masa uzorka prije sušenja (g)

$m_2$  - masa posudice s uzorkom nakon sušenja (g)

$m_3$  - masa uzorka nakon sušenja (g)

### **3.4.4. Određivanje pH vrijednosti**

#### Princip određivanja:

Određivanje pH vrijednosti provodi se pomoću pH-metra. S instrumenta očitana pH vrijednost određena je koncentracijom vodikovih iona  $C_{H^+}$  u uzorku.

#### Postupak određivanja:

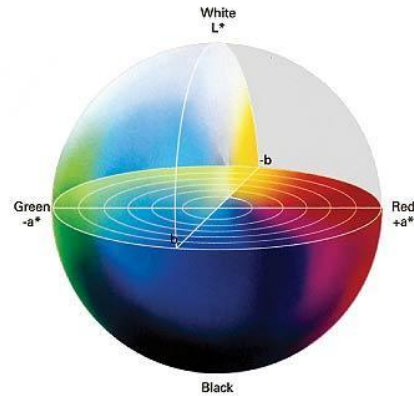
Kombinirana elektroda pH-metra uranja se u homogenizirani uzorak i nakon stabilizacije prikazane vrijednosti očitava se vrijednost na ekranu uređaja. Za svaki uzorak provedena su dva mjerenja, a elektroda se ispitala i obrisala staničevinom prije i poslije svakog mjerenja.

### **3.4.5. Kolorimetrijsko određivanje boje**

#### Princip određivanja:

Mjerenje boje na kolorimetru temelji se na parametrima trodimenzionalnog sustava boja, koji se izražavaju u  $L^*a^*b^*$  vrijednostima. CIE Lab sustav (slika 4) sastoji se upravo od ovih triju koordinata boja. Koordinata  $L^*$  predstavlja svjetlinu, a njezina skala proteže se od 0 do 100 gdje 0 označava crnu, a 100 bijelu boju. Koordinata  $a^*$  predstavlja crvenu, odnosno zelenu boju, a skala se proteže od -127 do +127, gdje -127 označava čistu zelenu, a +127 čistu crvenu boju. Koordinata  $b^*$  predstavlja žutu, odnosno plavu boju, a skala joj se također proteže od -127 do +127, gdje -127 označava čistu plavu, a +127 čistu žutu boju (Stricker i Orengo, 1995). Vrijednost  $H^{\circ}$  koja predstavlja ton boje i vrijednost C koja označava intenzitet

ili zasićenost boje određuje se pomoću koordinata  $a^*$  i  $b^*$ . Kolorimetar radi na principu mjerenja stupnja reflektirane svjetlosti od mjerene površine (Konica Minolta, 2007).



**Slika 4.** CIELab sustav boja (Konica Minolta, 2007)

Postupak određivanja:

Najprije je kolorimetar potrebno povezati s računalom preko kojeg je u softveru Spectramagix NX moguće prilagođavati sve postavke vezane uz kolorimetar. Zatim slijedi kalibracija crnim valjkom (0 %-tna refleksija) i čisto bijelim standardom (100 %-tna refleksija). Za mjerenje je potrebno odabrati ploču čiji otvor je prikladan za korišteni uzorak. U ovom istraživanju koristila se ploča s otvorom od 8 mm. Kako bi se provelo mjerenje boje uzorka krumpira potrebno je plošku krumpira postaviti na otvor ploče tako da se prekrije cijela površina otvora, a uzorak se poklapa crnim valjkom. Za svaki uzorak MPK provelo se 3 mjerenja na 3 različite ploške. Iz izmjerenih  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  vrijednosti mogu se izračunati vrijednosti  $C^*$  i  $H^\circ$  prema sljedećim formulama:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad [1]$$

$$H^\circ = \arctan \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad [2]$$

### **3.4.6. Određivanje teksture**

#### Princip određivanja:

Teksturalna svojstva određuju se analizatorom teksture. Njegov rad temelji se na tlačenju ili rastezanju uzorka, što konkretno ovisi o testu koji se provodi. Uslijed prodiranja alata kroz uzorak, mjerni senzor prati otpor koji se javlja u materijalu. Teksturometar je povezan na računalo na kojem se iscrtava graf i očitavaju željeni podaci.

#### Postupak određivanja:

U ovom postupku korišten je analizator teksture TA HDPlus (Stable Micro Systems). Tekstura je analizirana na 3 ploške svakog sirovog uzorka. Za probijanje uzorka korištena je cilindrična čelična sonda promjera 2 mm s masom mjerne ćelije 5 kg. Brzina sonde prije prodiranja ploške krumpira je 1 mm/s, a tijekom analize 0,5 mm/s. Dubina prodiranja sonde je 5 mm. Računalo iscrtava graf čijom se obradom dolazi do željenih podataka, konkretno u ovom radu tvrdoća (N), elastičnost (mm) i rad (mJ). Tvrdoća je vrijednost sile u najvišoj točki i predstavlja trenutak probijanja ploške. Tvrdoća se očitava direktno. Određivanjem površine ispod krivulje grafa od početnog trenutka do trenutka probijanja uzorka mjeri se elastičnost, dok je rad izračunat u službenom softveru.

### **3.4.7. Senzorska ocjena**

#### Princip određivanja:

Senzorska ocjena bitna je u procjeni svojstava neke hrane kao što su boja, tekstura, okus i miris. Ocjenjivači koji ocjenjuju neki proizvod i njegova svojstva moraju biti obučeni i upoznati s terminologijom (Vahčić i sur., 2000).

#### Postupak određivanja:

Senzorsko ocjenjivanje izvršilo je 10 ispitivača. I kod sirovog i kod kuhanog krumpira ocijenila se opća prihvatljivost na skali od 1 do 5. Ocjena 1 pokazuje da krumpir nije opće prihvatljiv, a ocjena 5 govori da je opća prihvatljivost krumpira najbolja.

### **3.4.8. Statistička obrada rezultata**

Za eksperimentalni dizajn pokusa i statističku obradu podataka korišten je programski sustav Statistica 8.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, SAD). Eksperimenti su dizajnirani kao puni faktorijalni dizajn. Nezavisne varijable bile su: vrijeme tretiranja 2 %-tnom otopinom natrijeva askorbata (3, 5, 7 i 10 min) i vrijeme skladištenja (1., 4. i 8. dan). Kao zavisne varijable promatrane su: ukupna suha tvar (%), pH vrijednost,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $H^\circ$ , tvrdoća (N), elastičnost (mm), rad potreban za zagriz (mJ) i ukupna prihvatljivost. Za usporedbu uzoraka korištena je multivarijantna analiza varijance (MANOVA), pri čemu je statistički značajna razlika razmatrana na razini  $p \leq 0,05$  (95 % – tni interval pouzdanosti).

#### **4. REZULTATI I RASPRAVA**

Cilj ovog rada bio je pratiti i odrediti kako vrijeme tretmana otopinom natrijeva askorbata utječe na fizikalno-kemijska i senzorska svojstva sirovog i kuhanog MPK tijekom 8 dana skladištenja.

#### 4.1. Statistička analiza

**Tablica 3.** Utjecaj tretmana 2 %-tom otopinom natrijeva askorbata i vremena skladištenja na fizikalno-kemijska i senzorska svojstva sirovog minimalno procesiranog krumpira

Izvor varijacije	Ukupna suha tvar (%)	pH	L*	a*	b*	C*	H°	Tvrdoća (N)	Elastičnost (mm)	Rad (mJ)	Opća prihvatljivost
<b>Tretman otopinom natrijeva askorbata (min)</b>	p=0,07	p=0,47	p=0,58	p=0,56	p=0,27	p=0,27	p=0,56	p=0,34	p=0,49	p=0,76	p=0,47
3	19,33±0,42	5,96±0,33	64,91±0,87	-0,39±0,15	32,17±0,95	32,18±0,95	90,71±0,26	5,98±0,24	2,42±0,10	7,86±0,43	4,13±0,16
5	18,31±0,42	5,36±0,33	63,93±0,87	-0,23±0,15	31,26±0,95	31,26±0,95	90,46±0,26	6,33±0,24	2,55±0,10	8,47±0,43	4,50±0,16
7	18,35±0,42	6,00±0,33	65,11±0,87	-0,10±0,15	33,56±0,95	33,57±0,95	90,21±0,26	5,76±0,24	2,61±0,10	8,14±0,43	4,53±0,16
10	17,57±0,42	6,00±0,33	65,61±0,87	-0,31±0,15	33,49±0,95	33,50±0,95	90,57±0,26	6,23±0,24	2,43±0,10	8,37±0,43	4,48±0,16
<b>Skladištenje (dan)</b>	p=0,09	p=0,25	p=0,05	p=0,40	p=0,02*	p=0,02*	p=0,54	p=0,51	p=0,20	p=0,88	p=0,47
1	17,90±0,36	6,23±0,29	64,65±0,75	-0,37±0,13	33,06±0,82	33,07±0,82	90,61±0,22	6,11±0,21	2,38±0,09	8,07±0,37	4,74±0,14
4	19,09±0,36	6,22±0,29	66,37±0,75	-0,13±0,13	34,17±0,82	34,17±0,82	90,29±0,22	5,89±0,21	2,61±0,09	8,32±0,37	4,54±0,14
8	18,18±0,36	5,54±0,29	63,65±0,75	-0,28±0,13	30,64±0,82	30,64±0,82	90,56±0,22	6,22±0,21	2,52±0,09	8,24±0,37	3,96±0,14

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost±standardna pogreška.

\*Statistički značajna varijacija kod  $p \leq 0,05$ .

**Tablica 4.** Utjecaj tretmana 2 %-tom otopinom natrijeva askorbata i vremena skladištenja na fizikalno-kemijska i senzorska svojstva kuhanog minimalno procesiranog krumpira

Izvor varijacije	Ukupna suha tvar (%)	pH	Opća prihvatljivost
<b>Tretman otopinom natrijeva askorbata (min)</b>	p=0,05	p=0,11	p=0,56
3	14,89±0,33	5,79±0,00	4,5±0,2
5	14,36±0,33	5,74±0,00	4,3±0,2
7	15,65±0,33	5,82±0,00	4,2±0,2
10	14,34±0,33	5,79±0,00	4,2±0,2
<b>Skladištenje (dan)</b>	p=0,06	p≤0,01*	p=0,50
1	13,91±0,29	6,09±±0,00	4,4±0,1
4	15,27±0,29	5,79±0,00	4,2±0,1
8	15,25±0,29	5,48±0,00	4,3±0,1

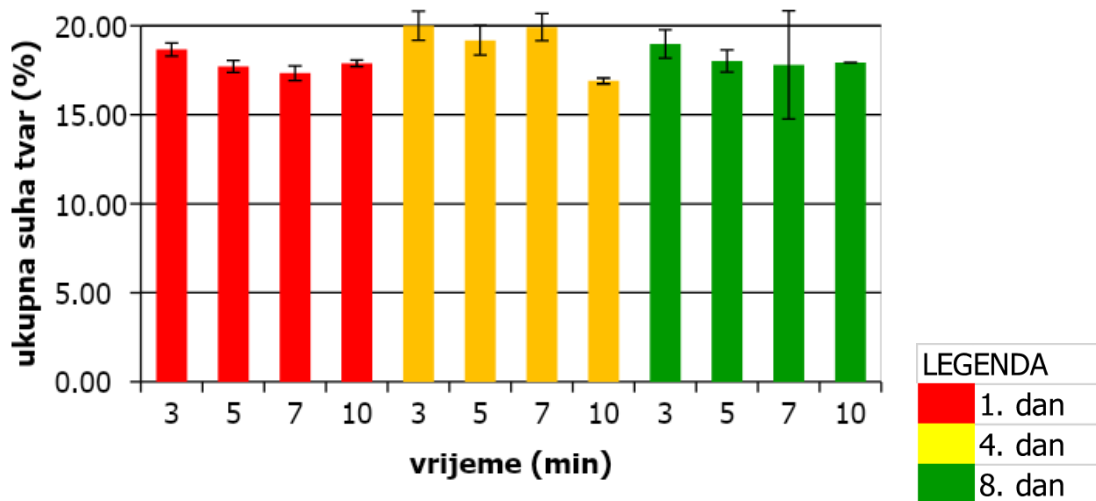
Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost±standardna pogreška.

\*Statistički značajna varijacija kod  $p \leq 0,05$ .

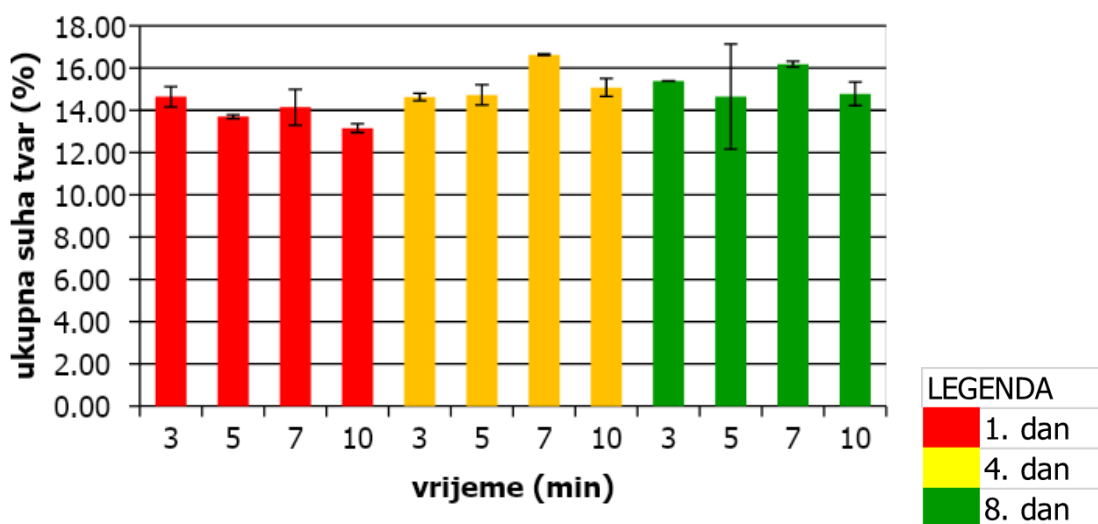
#### 4.2. Ukupna suha tvar

U tablicama 3 i 4 prikazani su rezultati statističke analize za sirovi i kuhani MPK koji su pokazali da vrijeme tretmana otopinom natrijeva askorbata i dani skladištenja nemaju statistički značajan utjecaj na ukupnu suhu tvar u uzorcima sirovog MPK. Za uzorke kuhanog MPK vrijeme tretmana otopinom natrijeva askorbata i dani skladištenja također nisu imali statistički značajan utjecaj na ukupnu suhu tvar kuhanog MPK.





**Slika 5.** Grafički prikaz rezultata ukupne suhe tvari u sirovim uzorcima MPK



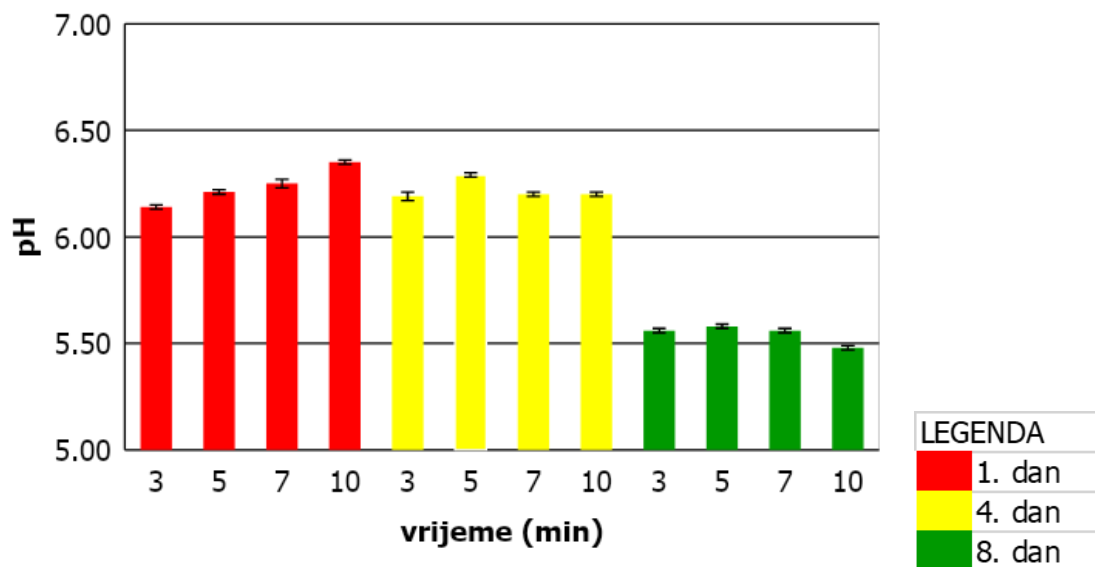
**Slika 6.** Grafički prikaz rezultata ukupne suhe tvari u kuhanim uzorcima MPK

Slike 5 i 6 prikazuju udio ukupne suhe tvari (UST) u sirovom i kuhanom MPK u odnosu na vrijeme tretmana otopinom natrijeva askorbata tijekom skladištenja. Primjećuje se da svi uzorci kuhanog krumpira imaju nižu vrijednost ukupne suhe tvari od sirovih uzoraka, što se može objasniti otapanjem i zaostajanjem određene količine topljive suhe tvari u vodi kao što su jednostavni šećeri (Toma i sur., 1978). Toma i sur. (1978) također navode da kuhanjem neoguljenih krumpira ne dolazi do gubitaka topljive suhe tvari krumpira povezanih s otapanjem u vodi za vrijeme kuhanja, budući da se kora gomolja ponaša kao barijera i sprječava gubitak suhe tvari tijekom kuhanja. S obzirom na vrijeme potapanja krumpira u

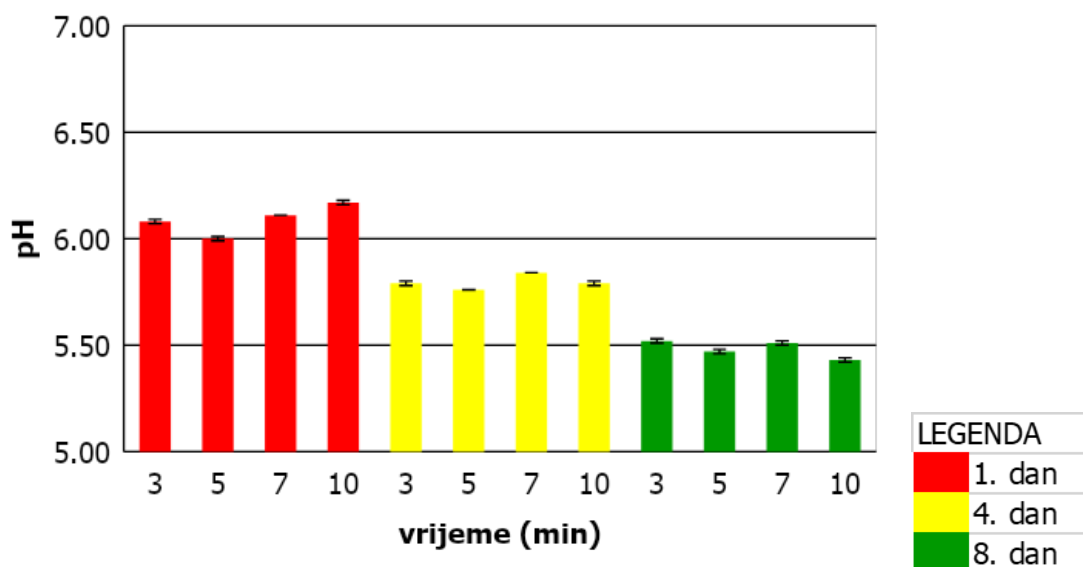
otopini natrijeva askorbata rezultati pokazuju da najvišu suhu tvar u sirovom krumpiru kroz 1., 4. i 8. dan skladištenja imaju uzorci koji su otopinom bili tretirani najkraćim vremenom od 3 minute. Za uzorke tretirane 3, 5 i 7 minuta vidljiv je porast suhe tvari četvrtog dana skladištenja, dok je za uzorke tretirane 10 minuta suha tvar četvrtog dana skladištenja pala. Prateći ovaj trend, najvišu suhu tvar imao je uzorak tretiran 3 minute i skladišten 4 dana. Prvog dana skladištenja kuhanog krumpira najvišu suhu tvar imao je uzorak tretiran otopinom natrijeva askorbata 3 minute, dok su najvišu suhu tvar četvrtog i osmog dana skladištenja imali uzorci tretirani otopinom 7 minuta. Općenito je najvišu suhu tvar imao uzorak tretiran 7 minuta i skladišten 4 dana.

### 4.3. pH

Duljina potapanja krumpira u otopini natrijeva askorbata i vrijeme skladištenja nemaju statistički značajan utjecaj na pH sirovog MPK, dok je vrijeme skladištenja statistički značajno utjecalo na pH kuhanog MPK (tablice 3 i 4).



**Slika 7.** Grafički prikaz rezultata pH vrijednosti sirovih uzoraka MPK



**Slika 8.** Grafički prikaz rezultata pH vrijednosti kuhanih uzoraka MPK

I kod sirovih i kod kuhanih uzoraka MPK vidljivo je smanjenje pH vrijednosti tijekom skladištenja kroz 8 dana, što prikazuju slike 7 i 8. Rocha i sur. (2003) su u svom istraživanju dobili slične rezultate. S obzirom na duljinu tretmana otopinom natrijeva askorbata, kod sirovih uzoraka MPK vidljivo je smanjenje pH vrijednosti nakon pete minute i to za četvrti i osmi dan, a kod kuhanih uzoraka taj trend primijećen je nakon sedme minute. Općenito nije primijećena jasna korelacija jer u nekim uzorcima dolazi do povećanja, a u drugim smanjenja pH. Najveće povećanje pH kod sirovog i kuhanog MPK uočava se tijekom prvog dana skladištenja i to kod uzoraka tretiranih otopinom 10 minuta.

#### 4.4. Boja

Parametri boje su se određivali samo u uzorcima sirovog krumpira, a na temelju rezultata analize varijanci prikazanih u tablici 3, vrijeme skladištenja imalo je statistički značajan utjecaj na parametre  $b^*$  i  $C^*$ .

**Tablica 5.** Vrijednosti parametara boje sirovog minimalno procesiranog krumpira

		Vrijeme skladištenja		
Vrijeme tretmana natrijevim askorbatom	Parametar boje	1. dan	4. dan	8. dan
3 min	L*	65,36 ± 1,33	65,31 ± 4,85	64,04 ± 2,20
	a*	-0,87 ± 0,18	-0,23 ± 0,51	-0,08 ± 0,20
	b*	33,61 ± 1,52	31,67 ± 3,90	31,24 ± 1,93
	C*	33,63 ± 1,52	31,67 ± 3,90	31,24 ± 1,93
	H°	91,49 ± 0,37	90,49 ± 0,96	90,16 ± 0,37
5 min	L*	63,45 ± 0,95	65,66 ± 5,10	62,67 ± 0,11
	a*	0,22 ± 0,05	-0,34 ± 0,59	-0,58 ± 0,31
	b*	29,51 ± 0,79	34,51 ± 5,92	29,75 ± 0,15
	C*	29,51 ± 0,78	34,51 ± 5,91	29,76 ± 0,14
	H°	89,58 ± 0,10	90,68 ± 1,00	91,12 ± 0,60
7 min	L*	63,38 ± 2,63	67,14 ± 1,67	64,80 ± 2,29
	a*	-0,29 ± 0,43	0,10 ± 0,75	-0,12 ± 0,34
	b*	32,15 ± 2,65	35,94 ± 2,92	32,60 ± 2,83
	C*	32,15 ± 2,65	35,94 ± 2,93	32,60 ± 2,83
	H°	90,47 ± 0,74	89,90 ± 1,17	90,25 ± 0,59
10 min	L*	66,40 ± 0,38	67,36 ± 2,00	63,09 ± 2,33
	a*	-0,55 ± 0,63	-0,3 ± 0,36	-0,36 ± 0,36
	b*	36,96 ± 3,18	34,55 ± 1,37	28,97 ± 2,14
	C*	36,97 ± 3,16	34,55 ± 1,37	28,97 ± 2,13
	H°	90,91 ± 1,10	90,08 ± 0,62	90,73 ± 0,78

Tablica 5 prikazuje porast vrijednosti L\* do četvrtog dana kod svih uzoraka, što znači da je uslijed tretmana otopinom natrijeva askorbata došlo do posvjetljivanja ploški MPK. Vrijednost L\* nakon četvrtog dana pada, te se stoga zaključuje da dulje skladištenje ipak uzrokuje nezatno smanjenje L\* vrijednosti. Fan i sur. (2005) navode da je tijekom prvog tjedna skladištenja došlo do posvjetljivanja kriški jabuka tretiranih otopinom kalcijeva askorbata, a

od drugog do trećeg tjedna vrijednosti  $L^*$  su se smanjile, tj. jabuka je počela posmeđivati. Aguayo i sur. (2010) potvrdili su snažan potencijal kalcijeva askorbata protiv posmeđivanja minimalno procesiranih jabuka. Navode kako je tretman 2 i 6 %-tnom otopinom kalcijeva askorbata pozitivno djelovalo na posvjetljivanje kriški jabuke i to jačim intenzitetom od tretmana 12 ili 20 %-tnom otopinom. Viša vrijednost  $C^*$  znači da je intenzitet boje izraženiji. Kod uzoraka tretiranih 3 i 10 minuta otopinom natrijeva askorbata intenzitet boje se smanjuje tijekom skladištenja. Ista korelacija dokazana je na svim promatranim uzorcima u istraživanju Pranjić (2017). Kod uzoraka tretiranih 5 i 7 minuta intenzitet boje najizraženiji je 4. dan. Ton boje ( $H^\circ$ ) kod svih uzoraka ostaje približno isti, što je također uočeno u istraživanju Bebek (2018), koje se temelji na tretiranju uzoraka ultrazvukom u otopini natrijeva askorbata. U ovom istraživanju primijećeno je blago smanjenje tona boje tijekom skladištenja za uzorke tretirane otopinom natrijeva askorbata 3, 7 i 10 minuta. Isto je dokazano u istraživanju Aguayo i sur. (2010) gdje tijekom vremena skladištenja dolazi do blagog linearnog smanjenja parametra  $H^\circ$  za kriške koje su tretirane kalcijevim askorbatom.

Promjena boje usko je povezana s aktivnošću PPO zbog nastajanja obojenih produkata. Na temelju toga se zaključuje da je mjerenje boje indirektan pokazatelj aktivnosti PPO, a uzorci kod kojih je stupanj posmeđivanja manji imaju znatno nižu aktivnost PPO (Severini i sur., 2003). Pakiranje svih uzoraka u vakuumu omogućuje znatno smanjene koncentracije kisika i posljedično smanjenu aktivnost PPO koja katalizira niz reakcija kojima dolazi do posmeđivanja. Zaključuje se da je pakiranje u vakuumu znatno doprinijelo smanjenoj aktivnosti PPO i očuvanje boje ploški krumpira. Anese i sur. (1997) navode da su modificirana atmosfera (smanjene koncentracije kisika i povećane koncentracije ugljikovog dioksida) i niske temperature skladištenja ( $4^\circ\text{C}$ ) učinkoviti u sprječavanju posmeđivanja minimalno procesiranih jabuka i krušaka. Istu su korelaciju na minimalno procesiranim jabukama uočili Aguayo i sur. (2010).

#### **4.5. Tekstura**

Rezultati prikazani u tablici 3 prikazuju da duljina tretmana otopinom natrijeva askorbata i vrijeme skladištenja nisu imali statistički značajan utjecaj na parametre teksture sirovog MPK.

**Tablica 6.** Vrijednosti parametara teksture sirovog minimalno procesiranog krumpira

		Vrijeme skladištenja		
Vrijeme tretmana natrijevim askorbatom	Parametar teksture	1. dan	4. dan	8. dan
3 min	Tvrdoća (N)	6,10 ± 0,90	5,88 ± 0,20	5,96 ± 1,02
	Elastičnost (mm)	2,27 ± 0,11	2,74 ± 0,52	2,27 ± 0,04
	Rad (mJ)	7,89 ± 1,38	8,21 ± 0,74	7,49 ± 1,58
5 min	Tvrdoća (N)	5,47 ± 0,15	6,87 ± 0,72	6,65 ± 0,80
	Elastičnost (mm)	2,08 ± 0,24	2,62 ± 0,29	2,95 ± 0,36
	Rad (mJ)	6,31 ± 1,03	9,75 ± 0,99	9,34 ± 1,44
7 min	Tvrdoća (N)	6,04 ± 0,66	5,49 ± 0,86	5,74 ± 0,30
	Elastičnost (mm)	2,48 ± 0,23	2,64 ± 0,24	2,72 ± 0,09
	Rad (mJ)	8,20 ± 1,19	8,14 ± 1,55	8,09 ± 0,38
10 min	Tvrdoća (N)	6,83 ± 0,38	5,32 ± 0,15	6,55 ± 1,28
	Elastičnost (mm)	2,70 ± 0,59	2,45 ± 0,27	2,15 ± 0,14
	Rad (mJ)	9,88 ± 1,95	7,19 ± 0,49	8,03 ± 1,65

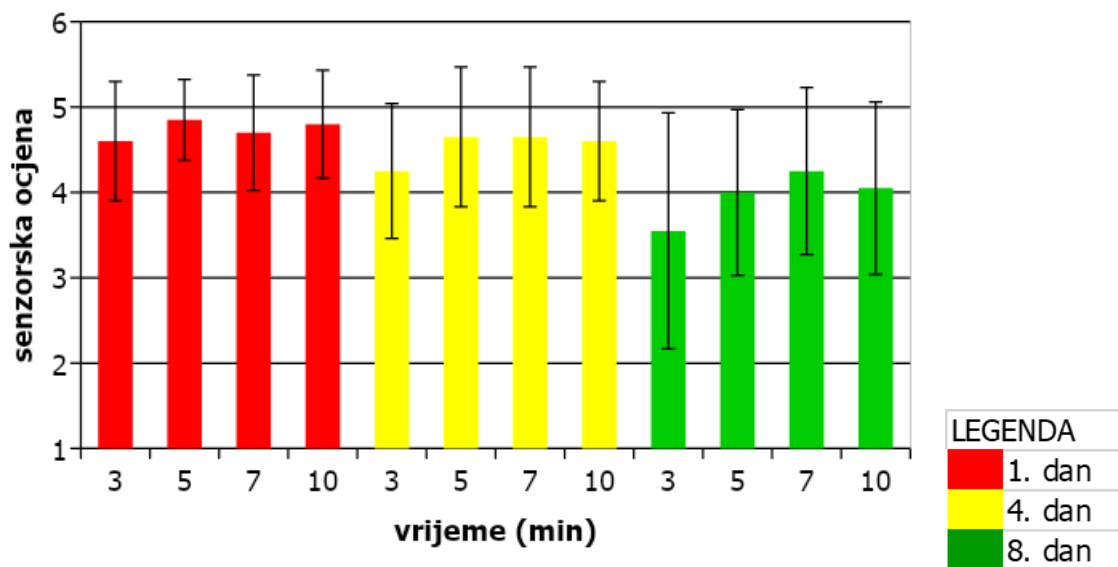
Kako je prikazano u tablici 6, kod nekih uzoraka došlo je do povećanja tvrdoće, a kod nekih do smanjenja te nije zamijećen poseban trend kretanja tvrdoće prilikom skladištenja. Aguayo i sur. (2010) utvrdili su da su kriške jabuke uronjene u otopinu kalcijeva askorbata i zapakirane u pakiranja sa zrakom ili modificiranom atmosferom održavale dobru teksturu tijekom cijelog razdoblja skladištenja od 28 dana. Fan i sur. (2005) navode da je potapanje u otopini kalcijeva askorbata smanjio gubitak čvrstoće rezanih jabuka za oko 13 % kroz 3 tjedna skladištenja na 10 °C. Razna istraživanja dokazala su pozitivno djelovanje kalcija na očuvanje teksture. Stvaranjem ionskih veza kalcija s pektinom povezuju se lanci poligalakturonske kiseline. Kalcijevi ioni također utječu na stabilnost staničnih membrana i važne su intracelularne komponente (Suutarinen i sur., 2000).

U svim tretiranim uzorcima, osim u uzorku tretiranom 10 minuta, došlo je do povećanja elastičnosti, dok je u uzorku tretiranom 3 minute nakon blagog povećanja četvrti dan elastičnost ponovo pala na kraju skladištenja.

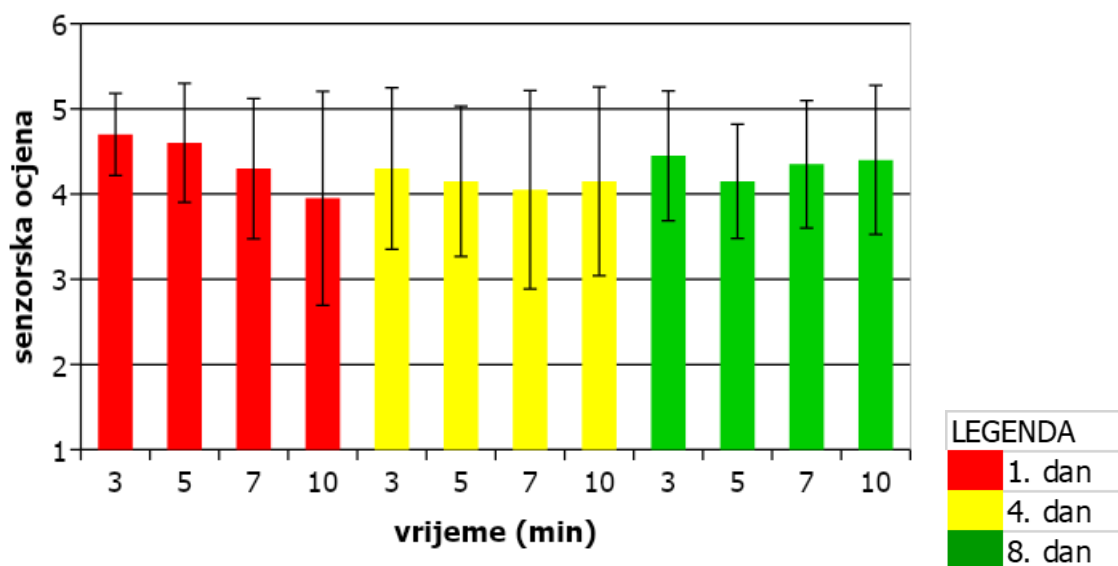
Rad predstavlja parametar žilavosti, a tijekom skladištenja nije uočeno pravilno kretanje vrijednosti rada za pojedine uzorke.

#### 4.6. Senzorska ocjena

Vrijeme tretmana i vrijeme skladištenja nisu imali statistički značajan utjecaj na opću prihvatljivost sirovog i kuhanog MPK (tablice 3 i 4).



**Slika 9.** Grafički prikaz rezultata senzorske ocjene sirovog MPK



**Slika 10.** Grafički prikaz rezultata senzorske ocjene kuhanog MPK

Najbolje ocijenjenu opću prihvatljivost imao je sirovi MPK prvog dana skladištenja, a prosječna senzorska ocjena smanjuje se s vremenom skladištenja. Od kuhanih ploški MPK kroz cijeli su period skladištenja najbolje ocijenjeni uzorci tretirani otopinom natrijeva askorbata 3 minute (slike 9 i 10). Aguayo i sur. (2010) dokazali su da potapanje u kalcijevom askorbatu ima pozitivan učinak na izgled kriški jabuka, gdje se odmah nakon tretmana 6, 12 i 20 %-tnim otopinama prosječna ocjena podigla za 1,5 do 2 boda u odnosu na kontrolni uzorak.



## 5. ZAKLJUČAK

Prema dobivenim rezultatima i provedene statističke obrade može se zaključiti sljedeće:

1. Duljina tretmana natrijevim askorbatom i vrijeme skladištenja statistički značajno ne utječu na udio ukupne suhe tvari u minimalno procesiranom krumpiru iako se ukupna suha tvar u sirovom minimalno procesiranom krumpiru kretala u rasponu od 16,90 – 20,35 %, dok je u kuhanom minimalno procesiranom krumpiru određena u rasponu od 13,15 – 16,63 %.
2. Duljina tretmana natrijevim askorbatom i vrijeme skladištenja statistički značajno ne utječu na pH vrijednost sirovog minimalno procesiranog krumpira, koja je određena u rasponu od 4,29 – 6,35. U kuhanom minimalno procesiranom krumpiru vrijeme skladištenja statistički značajno utječe na smanjenje pH vrijednosti tijekom skladištenja.
3. Iako vrijeme tretmana natrijevim askorbatom nije pokazalo statistički značajan utjecaj na parametre boje sirovog minimalno procesiranog krumpira, numeričke vrijednosti ukazuju na blagi porast  $L^*$  i  $b^*$  vrijednosti tijekom tretmana natrijevim askorbatom, dok se skladištenjem isti parametri smanjuju.
4. Vrijeme tretmana natrijevim askorbatom i vrijeme skladištenja nisu imali statistički značajan utjecaj na parametre teksture sirovog minimalno procesiranog krumpira.
5. Vrijeme tretmana natrijevim askorbatom i vrijeme skladištenja nisu imali statistički značajan utjecaj na senzorski ocijenjenu opću prihvatljivost sirovog i kuhanog minimalno procesiranog krumpira, čija je prihvatljivost dobro ocijenjena i nakon 8. dana skladištenja.
6. Temeljem svih rezultata može se zaključiti da je 3 minute tretmana otopinom natrijeva askorbata dovoljno učinkovito te na taj način minimalno procesirani krumpir zadržava kvalitetu tijekom 8 dana skladištenja.

## 6. LITERATURA

Aguayo, E., Requejo-Jackman, C., Stanley, R., Woolf, A. (2010) Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. *Postharvest Biology and Technology* **57 (1)**: 52–60.

Anese, M., Manzano, M., Nicoli, M. C. (1997) Quality of minimally processed apple slices using different modified atmosphere conditions. *Journal of food quality* **20**: 359–370.

Anonymous 1. (2012) Peeled Vacuum-Packed Potatoes, <<http://www.fritpom.net/files/user/products/43de8fddfed74ac78832ca60eb510715.jpg>> Pristupljeno 24. svibnja 2019.

AOAC (1990) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th Ed., Vol II. Arlington, USA: Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Arvanitoyannis, I.S., Vaitisi, O., Mavromatis, A. (2008) Potato: A comparative study of the effect of cultivars and cultivation conditions and genetic modification on the physicochemical properties of potato tubers in conjunction with multivariate analysis towards authenticity. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **48**: 799-823.

Ayala-Zavala, J. F., González-Aguilar, G. A. (2010) Use of Additives to Preserve the Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables. U: *Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing* (Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R., ured.), Taylor & Francis Group, Boca Raton, str. 231-255.

Bebek, J. (2018) Utjecaj tretmana ultrazvukom visokog intenziteta na kvalitetu i stabilnost minimalno procesiranog krumpira, Diplomski rad, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 20. rujna 2018.

Brown, C. R. (2008) Breeding for phytonutrient enhancement of potato. *The American Journal of Potato Research* **85**: 298–307.

Brown, C. R., Wrolstad, R., Durst, R., Yang, C.-P, and Clevidence, B. (2003) Breeding studies in potatoes containing high concentrations of anthocyanins. *The American Journal of Potato Research* **80**: 241–250.

Camire, M. E., Kubow, S., Donnelly, D. J. (2009) Potatoes and Human Health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **49**: 823–840.

Cantos, E., Tudela, J. A., Gil, M. I. Espín, J. C. (2002) Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**: 3015-3023.

Chen, J. S., Balaban, M. O., Wei, C. I., Gleeson, R. A., & Marshall, M. R. (1993) Effect of carbon dioxide on the inactivation of Florida spiny lobster polyphenol oxidase. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **61 (2)**: 253-259.

Fan, X., Niemera, B. A., Mattheis, J. E., Zhuang, H., & Olson, D. W. (2005) Quality of Fresh-cut Apple Slices as Affected by Low-dose Ionizing Radiation and Calcium Ascorbate Treatment. *Journal of Food Science* **70 (2)**: 143–148.

He, Q., Luo, Y. (2007) Enzymatic browning and its control in fresh-cut produce. *Stewart Postharvest Review* **3 (6)**: 1-7.

Kilic-Akyilmaz, M., Gulsunoglu, Z. (2016) Additives and Preservatives. U: Handbook of Vegetable Preservation and Processing, 2.izd. (Hui, Y.H., Özgül-Evranuz, E., ured.), Taylor & Francis Group, Boca Raton, str. 301-314.

Konica Minolta (2007) Precise color communication: color control from perception to instrumentation. Konica Minolta Sensing, Inc., Japan.

Koppelman, S. J., van Koningsveld, G. A., Knulst, A. C., Gruppen, H., Pigmans, I. G. A. J., and de Jongh, H. H. J. (2002) Effect of heat-induced aggregation on the IgE binding of patatin (Sol t 1) is dominated by other potato proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **50**: 1562–1568.

Laurila, E., Kervinen, R., Ahvenainen, R. (1998) The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharvest news and information* **9**: 53- 66.

Lešić, R., Borošić, J., Butorac, I., Ćustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2002) Povrčarstvo, *Zrinski dd Čakovec*.

Levaj, B., Dragović-Uzelac, V., Kovačević, D. B., Repajić, M., Elez Garofulić, I. (2013) Mogućnosti minimalne prerade svježeg voća. *Zbornik sažetaka 8. znanstveno-stručnog savjetovanja hrvatskih voćara*, 88-88.

Levaj, B., Repajić, M., Galić, K., Dite, D. (2018) Proizvodnja i čimbenici kvalitete minimalno prerađenog krumpira (*Solanum tuberosum*). *Glasnik zaštite bilja* **41 (6)**: 23-32.

- Limbo, S., Piergiovanni, L. (2006) Shelf life of minimally processed potatoes: Part 1. Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acids on enzymatic browning. *Postharvest biology and technology* **39**: 254-264.
- Masclef, A. (1891) Atlas des plantes de France: utiles, nuisibles et ornementales. Edité par Librairie Des Sciences Naturelles - Paul Klincksiek, Paris
- Mayer, I. (2000) Sprječavanje posmeđivanja u soku kruške i u narezanim kruškama, Diplomski rad, Prehrambeno tehnološki fakultet, Sveučilište u Osijeku, 19. svibnja 2000.
- McEvily, A. J., Iyengar, R., & Otwell, W. S. (1992) Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition* **32 (3)**: 253-273.
- Pareek, S. (2016). Fresh-cut Fruits and Vegetables: Technology, Physiology, and Safety. CRC Press.
- Piližota, V., Šubarić, D., (1998) Control of enzymatic browning of foods. *Food Technology and Biotechnology* **36 (3)**: 219-227.
- Pranjić, T. (2017) Utjecaj starosti krumpira i tehnoloških parametara na kvalitetu minimalno procesiranog krumpira, Diplomski rad, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 27. rujna 2017.
- Queiroz, C., Mendes Lopes, M. L., Fialho, E., Valente-Mesquita, V. L. (2008) Polyphenol oxidase: characteristics and mechanisms of browning control. *Food reviews international* **24**: 361-375.
- Rocha, A. M. C. N., Coulon, E. C., Morais, A. M. B. (2003) Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food service technology* **3**: 81-88.
- Sapers, G. M. (1993) Browning of foods: Control by sulfites, antioxidants, and other means. *Food Technology* **47**: 75-84.
- Sapers, G. M., Hicks, K. B., Miller, R. L. (2005) Antibrowning Agents. U: Food Additives, 2. izd., (Brannen, A. L., Davidson, P. M., Salminen, S., Thorngate III, J. H., ured.), Marcel Dekker, Inc., New York/Basel, str. 57-59.
- Severini, C., Baiano, A., De Pilli, T., Romaniello, R., Derossi, A. (2003) Prevention of enzymatic browning in sliced potatoes by blanching in boiling saline solutions. *LWT-Food Science and Technology* **36 (7)**: 657-665.

Stricker, M. A., Orengo, M. (1995) Similarity of color images. U: Storage and Retrieval for Image and Video Databases III. *International Society for Optics and Photonics* **2420**: 381-392.

Suutarinen, J., Heiska, K., Moss, P., Autio, K. (2000) The Effects of Calcium Chloride and Sucrose Prefreezing Treatments on the Structure of Strawberry Tissues. *LWT - Food Science and Technology* **33 (2)**: 89–102.

Toma, R. B., Augustin, J., Orr, P. H., True, R. H., Hogan, J. M., Shaw, R. L. (1978) Changes in the nutrient composition of potatoes during home preparation: I. Proximate composition. *American Journal of Potato Research* **55**: 639-645.

Tomás-Barberán, F. A., Espín, J. C. (2001) Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the science of food and agriculture* **81**: 853-876.

USDA (2019) Basic report, potatoes, flesh and skin, raw, <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/11352?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=raw+potato&ds=&qt=&qp=&qg=&qn=&q=&ing=>> Pristupljeno 22. svibnja 2019.

Vahčić, N., Hruškar, M., Marković, K. (2000) Metoda kvantitativne deskriptivne analize u senzorskoj procjeni jogurta. *Mljekarstvo*, **50 (4)**, 279-296.

Zaheer, K., Akhtar, M. H. (2014) Potato Production, Usage, and Nutrition—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **56 (5)**: 711–721.

Zadnja stranica završnog rada

(uključiti u konačnu verziju završnog rada u pdf formatu, kao skeniranu potpisanu stranicu)

## Izjava o izvornosti

*Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mog rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.*

Paula Rifek

ime i prezime studenta