

# Utjecaj tretmana ozoniranom vodom na kvalitetu minimalno procesiranog krumpira

---

**Dragičević, Marina**

**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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:226389>

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

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



*Repository / Repozitorij:*

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



**Sveučilište u Zagrebu**

**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

**Preddiplomski studij Nutricionizam**

**Marina Dragičević**

7279/N

**UTJECAJ TRETMANA OZONIRANOM VODOM NA KVALITETU MINIMALNO  
PROCESIRANOG KRUMPIRA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Naziv znanstveno-istraživačkog projekta:** „Inovativne tehnike u minimalnoj preradi krumpira (*Solanum tuberosum*) i njegova zdravstvena ispravnost nakon pripreme“ (HRZZ-IP-2016-06-5343)

**Mentor:** Prof. dr. sc. *Branka Levaj*

**Zagreb, 2019.**

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

**Sveučilište u Zagrebu**

**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

**Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam**

**Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo**

**Laboratorij za procese konzerviranja i preradu voća i povrća**

**Znanstveno područje: Biotehničke znanosti**

**Znanstveno polje: Nutricionizam**

## **Utjecaj tretmana ozoniranom vodom na kvalitetu minimalno procesiranog krumpira**

*Marina Dragičević, 0058208999*

**Sažetak:** U ovom radu se pratio utjecaj vremena tretmana ozoniranom vodom na kvalitetu i stabilnost minimalno procesiranog krumpira (MPK) koji je bio skladišten tijekom 8 dana na 10 °C u hladnjaku. Krumpir je oguljen i narezan na ploške, ispran u hladnoj destiliranoj vodi te tretiran u ozoniranoj vodi 5, 7 i 10 min potom su zapakirani u vakuum i ostavljeni na skladištenje. Tijekom skladištenja MPK 1., 4. i 8. dana pratila su se fizikalno-kemijska svojstva, volumni udio plinova O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>, boja, tekstura i senzorska svojstva. Na ukupnu suhu tvar najveći je utjecaj imalo vrijeme skladištenja. Djelovanjem ozona se smanjuje pH vrijednost i respiracijsko disanje uzoraka krumpira. Parametri boje su pokazali smanjenje enzimskog posmeđivanja djelovanjem ozona, a parametri teksture su pokazali bolje rezultate djelovanjem ozona pri kraćem vremenu skladištenja. Najbolje rezultate tretmanom ozonirane vode su imali uzorci tretirani 5 minuta prema ispitivanim parametrima.

**Ključne riječi:** enzimsko posmeđivanje, krumpir, minimalno procesiranje, ozonirana voda

**Rad sadrži:** 32 stranice, 5 slike, 7 tablica, 71 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

**Mentor:** Prof. dr. sc. *Branka Levaj*

**Pomoć pri izradi:** Doc. dr. sc. Maja Repajić i Sanja Lončarić, mag. agr.

**Datum obrane:** 15. srpnja 2019.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

University of Zagreb

Faculty of Food Technology and Biotechnology

University undergraduate study Nutrition

Department of Food Engineering

Laboratory for Technology of Fruits and Vegetables Preservation and Processing

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Nutrition

**Effect of treatment with ozonated water on the quality of minimally processed potatoes**

*Marina Dragičević, 0058208999*

**Abstract:** This paper examines the influence of ozonated water treatment time on the quality and stability of minimally processed potato stored for 8 days at 10 °C in the refrigerator. Potato samples were peeled and sliced into thin slices, washed in cold distilled water and treated in ozonated water for 5, 7 and 10 minutes respectively. They were then vacuum packed and left in storage room. During the storage of MPP, on the 1<sup>st</sup>, 4<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> day the physical-chemical properties, O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> volume fraction, color, texture and sensory properties were monitored. Storage time had biggest influence on the total dry matter. Ozonating decreases the pH value and respiration rate of potato samples. Color parameters showed a decrease in enzymatic browning due to ozonating, while texture parameters showed better results when ozonated samples were stored for a shorter time. Samples treated with ozonated water for 5 minutes showed the best results according for the tested parameters.

**Keywords:** enzymatic browning, minimally processing, ozonated water, potato

**Thesis contains:** 32 pages, 5 figures, 7 tables, 71 reference

**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. Branka Levaj, Full Professor

**Technical support and assistance:** PhD. Maja Repajić & Sanja Lončarić, mag. agr.

**Defence date:** July 15<sup>th</sup> 2019

## SADRŽAJ

1. Uvod
2. Teorijski dio
  - 2.1. Krumpir
    - 2.1.1. **Općenito o krumpiru**
    - 2.1.2. **Kemijski sastav i nutritivna vrijednost**
    - 2.1.3. **Utjecaj skladištenja na sastav gomolja krumpira**
  - 2.2. **Minimalno procesirano voće i povrće (MPVP)**
    - 2.2.1. **Minimalno procesiran krumpir (MPK)**
    - 2.2.2. **Enzimsko posmeđivanje i njegova inhibicija**
  - 2.3. **Tretman ozoniranom vodom**
3. Eksperimentalni dio
  - 3.1. **Materijali**
    - 3.1.1. **Uzorci**
    - 3.1.2. **Priprema uzoraka minimalno procesiranog krumpira (MPK)**
  - 3.2. **Aparatura i pribor**
    - 3.2.1. **Aparatura**
    - 3.2.2. **Pribor**
  - 3.3. **Metode rada**
    - 3.3.1. **Metoda za određivanje udjela O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> u pakovini MPK**
    - 3.3.2. **Metoda za određivanje udjela ukupne suhe tvari**
    - 3.3.3. **Metoda za određivanje pH vrijednosti**
    - 3.3.4. **Metoda CIELAB za mjerenje boje**
    - 3.3.5. **Metoda za mjerenje teksture**
    - 3.3.6. **Metoda za određivanje senzorskih svojstava**

## **4. Rezultati i rasprava**

4.1. Volumni udio O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> u zapakiranim uzorcima MPK

4.2. Ukupna suha tvar (UST) i pH vrijednost

**4.2.1. Ukupna suha tvar (UST)**

**4.2.2. pH-vrijednost**

4.3. Parametri boje MPK

4.4. Tekstura MPK

4.5. Senzorska svojstva

## **5. Zaključci**

## **6. Popis literature**

## 1. Uvod

Minimalno procesirano voće i povrće (MPVP) su proizvodi koji su podvrgnuti ne-toplinskoj obradi pri čemu se želi zadržati prvotna svježina i kvaliteta sirovine, a omogućiti praktičnost pri konzumiranju proizvoda. To voće i povrće je podvrgnuto mehaničkoj obradi poput pranja, guljenja, rezanja i zapakirano je u adekvatnu ambalažu i čuva se pri niskim temperaturama radi očuvanja kvalitete proizvoda. Najveći nedostatak MPVP je podložnost mikrobiološkom kvarenju te enzimskom posmeđivanju kao i drugim fiziološkim promjenama što dovodi do skraćenog roka trajanja proizvoda.

Zbog svoje visoke nutritivne vrijednosti i dugotrajne mogućnosti skladištenja, te neophodnog guljenja pri pripremi, krumpir je poželjna namirnica za minimalno procesiranje tijekom cijele godine. Zbog mogućih nepoželjnih fizioloških promjena, već tijekom skladištenja gomolja, potrebno je dobro paziti prilikom odabira prikladne sorte koja će biti adekvatna za minimalno procesiranje. Minimalno procesirani krumpir (MPK) najčešće se pojavljuje oguljen ili narezan na ploške kako bi se omogućila lakša priprema za jelo pošto se krumpir prije konzumacije mora termički obraditi (kuhanje, pečenje, prženje). Pošto su izgled i boja narezanog krumpira ovisni o enzimskom posmeđivanju, a odlučujući su parametar pri kupovini MPK, na njegovo sprečavanje se stavlja najveći naglasak prilikom prerade. Uz adekvatan odabir sorte, uvjeta skladištenja gomolja te načina sprječavanja enzimskog posmeđivanja, potrebno je paziti na način pakiranja i čuvanja MPK. Kako enzimsko posmeđivanje svježeg voća i povrća nastaje u pravilu nakon oštećenja biljnog tkiva, uslijed aktiviranja oksidacijskih enzima, da bi se spriječilo potrebno je enzime inaktivirati fizikalnim, kemijskim i drugim alternativnim metodama inaktivacije.

Tretman ozoniranom vodom je primjer alternativne metode koja je ekološki i ekonomski prihvatljiva, općenito je prepoznata kao sigurna (na GRAS listi je prehrambenih aditiva) i stoga dobro prihvaćena od strane potrošača. U prehrambenoj industriji je prihvaćen zbog pozitivnih djelovanja na suzbijanje rasta različitih mikroorganizama i razgradnjom nastaje O<sub>2</sub> pa ne ostavlja nikakve ostatke.

Cilj ovog završnog rada je bio odrediti utjecaj duljine trajanja tretmana ozoniranom vodom ploški krumpira sorte Birgit na sprečavanje enzimskog posmeđivanja tijekom skladištenja MPK 8 dana na temperaturi od 10 °C, pri čemu su se pratili fizikalno-kemijski parametri (ukupna suha tvar, pH-vrijednost), boja, tekstura, udio plinova u pakovanju i senzorska svojstva.

## 2. Teorijski dio

### 2.1. Krumpir

#### 2.1.1. Općenito o krumpiru

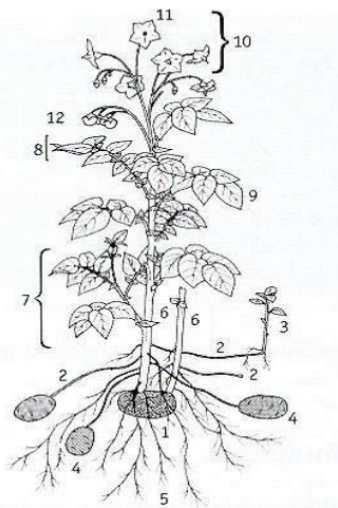
Kultivirani krumpir (*Solanum tuberosum*) pripada porodici *Solanaceae*. Prvi uzgoj krumpira seže još prije više od 10 000 godina iz Južne Amerike s Anda. U Europi se prvi put pojavio u 16. stoljeću na Kanarskim otocima gdje je dovezen brodovima iz Kolumbije ili Čilea pa je postao važna namirnica u svakodnevnoj konzumaciji sve do danas (Bradshaw, 2009). Pogodno podneblje za uzgoj je gdje nije jako vruće (idealne dnevne temperature su ispod 21° C), a nije niti suviše hladno (iznad 5° C) i na mjestima gdje ima dovoljno vlage od kiše ili navodnjavanja (Govindakrishan i Haverkort, 2006).

Postoje razne klasifikacije krumpira od kojih su neke određene na temelju: osobina kakvoće gomolja tijekom kuhanja ili neke druge prerade, svojstava tijekom skladištenja i još mnogih drugih (Camire, 2009). Prema Kanadskoj agenciji za inspekciju hrane (Canadian Food Inspection Agency, 2015) zajednička klasifikacija temelji se na broju dana od trenutka sađenja do zrelosti ploda. Tako se sorte dijele na:

- Vrlo rane (65-70)
- Rane (70-90)
- Srednje (90-100)
- Kasne (110-130)
- Vrlo kasne (> 130).

Krumpir je višegodišnja zeljasta biljka koja zavisno od uvjeta uzgoja i kultivara doseže visinu do 1 m (30-150 cm). Biljka se sastoji od stabljike s neparno perastim listovima (cima), cvjetova, plodova (bobica sa sjemenkama) i stolona (podzemna biljka) s gomoljem krumpira. Stabljika se razvija iz klice gomolja ili iz pravog sjemena, a sastoji se od nadzemnog i podzemnog dijela. Razlikuju se glavne i bočne stabljike. Gomolj je modificirani dio podzemne stabljike, koji je ujedno i organ za vegetativno razmnožavanje, a na njemu se nalaze „okice“ koje sadrži nekoliko pupova koji će kasnije izrasti u klicu. Boja kože gomolja je uglavnom žuta („bijela“), crvena ili plava (zbog antocijana otopljenog u staničnom soku stanica periderme i kore gomolja). Meso gomolja je najčešće bijele, krem bijele, žute ili ljubičaste boje, a boja potječe od karotenoida. Korijen raste 40-50 cm u dubinu tla, a najintenzivniji rast je u vrijeme cvatnje dok dozrijevanjem ploda polako odumire. Na slici 1 su prikazani dijelovi biljke krumpira (Toth, 2018).





### Dijelovi biljke krumpira

- 1 – matični gomolj
- 2 – stolon
- 3 – stolon prorastao u izboj
- 4 – mladi gomolj
- 5 – korijen
- 6 – stabljika
- 7 – bočni izboj
- 8 – neparno perasti list
- 9 – liska
- 10 – cvat
- 11 – cvijet
- 12 – plod boba

**Slika 1.** Prikaz dijelova biljke krumpira (Toth, 2018)

Danas je krumpir četvrti najzastupljeniji usjev na svijetu nakon pšenice, kukuruza i riže. Više od polovice svjetske proizvodnje je u Aziji, Africi i Latinskoj Americi gdje je krumpir glavni izvor ugljikohidrata u prehrani ljudi. Važno je za naglasiti da je krumpir zbog visoke hranjive vrijednosti važna namirnica u siromašnim zemljama u borbi protiv gladi. Četiri najveća proizvođača krumpira su Kina, Rusija, Indija i SAD (Bradshaw, 2009).

#### 2.1.2. Kemijski sastav i nutritivna vrijednost

Potrošači imaju pogrešnu pretpostavku da je krumpir visokokaloričan i da je u njemu zastupljen visok udio masti u usporedbi s drugim ugljikohidratnim namirnicama kao što su npr. riža, tjestenina, dok ustvari krumpir ima neznatan udio masti i nisku energetske vrijednosti sličnu mahunarkama (Priestley, 2006). Najzastupljeniji makronutrijenti u krumpiru su ugljikohidrati. Od monosaharida sadrži glukozu i fruktozu, dok od disaharida ima samo saharozu i najzastupljeniji je polisaharid škrob. Oko 65-75 % suhe tvari gomolja krumpira čini škrob koji se lako ekstrahira u vodi (Burton, 1989). Na ukupni sadržaj škroba značajno utječu njegov genotip, kao i uvjeti uzgoja i okoliša (Raatz i sur., 2016). Škrob se nalazi u obliku granula koje sadrže amilozu i amilopektin u omjeru 1:3. Zbog takve građe ima razna korisna funkcionalna svojstva kao što su zgrušavanje, premazivanje, geliranje, adheziju i kapsuliranje. Bez obzira na to što je siromašan proteinima, njegove značajne količine osiguravaju čovjeku dnevno prikladan unos aminokiselina, vitamina (C, B<sub>6</sub>, B<sub>1</sub>, folata) i minerala (kalij, fosfor, kalcij, magnezij, željezo i cink) (Bradshaw, 2009). Krumpir je bogat prehranbenim vlaknima pogotovo kad se jede neoguljen i uz to je bogat raznim antioksidansima poput polifenola, vitamina C, karotenoida i tokoferola (Storey, 2007). U tablici 1 prikazan je prosječni kemijski sastav u 100 g svježeg sirovog gomolja krumpira. Na vrijednosti u sastavu krumpira utječe kultivar i uvjeti uzgoja.

Nutritivna vrijednost krumpira se mijenja mehaničkom i termičkom obradom. Posljedica mehaničkog uklanjanja oštećenih dijelova i kože (guljenja i rezanja) je gubitak prehranbenih vlakana, dok potapanje u vodi uzrokuje gubitak vitamina K i vitamina topljivih u vodi. Utjecaj temperature isto djeluje na gubitak nutrijenata pa tako se grijanjem gubi vitamin C, tiamin i antocijani, a hlađenjem probavljivi škrob. Kuhanjem se povećava probavljivost makronutrijenata koji još mogu poboljšati bioraspoloživost minerala i vitamina.

Način, temperatura i vrijeme kuhanja kontroliraju gubitak vode iz krumpira. Što se više vode ukloni, ostale komponente sirovine postaju koncentriranije (Camire, 2016). Krumpir kao sirovina ima visok glikemijski indeks (GI) kao i ostale namirnice bogate škrobom (riža, bijeli kruh) (Forster-Powell i sur., 2002). Međutim, kuhani mladi krumpir ima niže vrijednosti GI što olakšava dijabetičarima unos ugljikohidrata (McGregor, 2007). Kuhanjem ili nekom drugom preradom krumpiru se uvelike poboljšava probavljivost „otpornog“ škroba koji ima nisku probavljivost u sirovom obliku budući da granule škroba imaju  $\beta$ -kristalnu strukturu koja je otporna na probavni enzim amilozu (Englyst i sur., 1992), a prilikom kuhanja se ta kristalna struktura gubi i postaje želatinozna (Camire, 2009). Kuhanje oguljenog ili narezanog krumpira dovodi do gubitka minerala (bakra i 50 % kalija) (Camire, 2009).

**Tablica 1.** Prosječni kemijski sastav u 100 g svježeg sirovog gomolja krumpira (Senser i Scherz, 1991)

<b>Energija</b>			
Probavljive komponente iz 100 g jestivog dijela			KJ:297 kcal: 70
<b>Glavni sastojci u 100 g jestivog dijela</b>			
Voda	77,8 g	Organske kiseline	0,6 g
Proteini	2,0 g	Prehrambena vlakna	2,5 g
Masti	0,1 g	Minerali	1,0 g
Ugljikohidrati	14,8		
<b>Pojedinačni sastojci u 100 g jestivog dijela</b>			
<b>Minerali</b>		<b>Aminokiselina</b>	
Natrij	5 mg	Arginin	120 mg
Kalij	445 mg	Histidin	40 mg
Magnezij	25 mg	Leucin	140 mg
Kalcij	10 mg	Lizin	130 mg
Mangan	150 $\mu$ g	Metionin	30 mg
Željezo	800 $\mu$ g	Fenilalanin	100 mg
Bakar	150 $\mu$ g	Treonin	90 mg
Cink	270 $\mu$ g	Triptofan	30 mg
Fosfor	50 mg	Tirozin	80 mg
Klor	45 mg	Valin	130 mg
Fluor	10 $\mu$ g	<b>Ugljikohidrati</b>	
Selen	4-20 $\mu$ g	Glukoza	240 mg
<b>Vitamini</b>		Fruktoza	170 mg
Karoten	10 $\mu$ g	Saharoza	300 mg
Vitamin E	60 $\mu$ g	Škrob	14,1 g
Vitamin K	50 $\mu$ g	<b>Lipidi</b>	
Vitamin B1	110 $\mu$ g	Palmitinska kiselina	19 mg
Vitamin B2	45 $\mu$ g	Stearinska kiselina	4 mg
Nikotinamid	1220 $\mu$ g	Oleinska kiselina	2 mg
Pantotenska kiselina	400 $\mu$ g	Linolna kiselina	30 mg
Vitamin B <sub>6</sub>	219 $\mu$ g	Linolenska kiselina	25 mg
Biotin	400 ng	<b>Ostali sastojci</b>	
Folna kiselina	7 $\mu$ g	Jabučna kiselina	90 mg
Vitamin C	17 mg	Limunska kiselina	520 mg

Oksalna kiselina	0
Salicilna kiselina	120 µg
Purin	5 mg

### 2.1.3. Utjecaj skladištenja na sastav gomolja krumpira

U većini zemalja krumpir se uzgaja kao jedan usjev i skladišti do 10 mjeseci stoga je potrebno poznavati čimbenike koji utječu na kakvoću krumpira tijekom skladištenja. Za uspješno skladištenje potrebno je također poznavati krajnju namjenu krumpira (konzumna potrošnja ili uzgoj za sjeme). Nakon berbe potrebno je paziti na mehanička oštećenja kojima su krumpiri jako izloženi prilikom razvrstavanja, pakiranja i prijevoza posebno pri nižim temperaturama pa je potrebno povisiti temperaturu prije razvrstavanja osjetljivih gomolja. Krumpir nakon berbe prolazi kroz razdoblje u kojem mu je metabolizam znatno aktivan, uslijed čega i zbog njegove visoke vlažnosti dolazi do gubitka mase i kvalitete (Pinhero, 2009). Gubitak kvalitete krumpira tijekom skladištenja ovisi o tome kako je skladište prethodno pripremljeno i kako se njime upravlja kada se krumpir pohrani na čuvanje. Gubitak se može minimalizirati i uz to se gomolji mogu uspješno skladištiti pravilnim upravljanjem i dizajnom skladišta i uvjeta (Booth i Shaw, 1981). Neki od uzroka što utječu na gubitke su klijanje što je odgovor rasta, promjene kvalitete zbog raznih štetoina i bolesti i uz to biokemijske promjene. Još na gubitke mogu utjecati temperatura, voda, atmosfera, svjetlo i mehanički stres. Izbor načina skladištenja ovisi o proizvodnom sustavu (učestalost berbe, potražnja i krajnja upotreba). Do ubrzanog gubitka vlage dolazi zbog oštećenja na površini periderma pa je zbog toga unutrašnjost izložena patogenim mikroorganizmima koji mogu uzrokovati truljenje krumpira (Pinhero, 2009). Potrebno je održavati niski intenzitet respiracije skladištenjem pri nižoj temperaturi (5 °C), jer ono dovodi do gubitka težine zato što se hidrolizom škroba gubi suha tvar (Booth i Shaw, 1981). Također, nastaju reducirajući šećeri koji su nepoželjni prilikom prženja, stoga se sorte osjetljivije na niske temperature, ne bi se smjele skladištiti na temperaturama nižim od 9 °C (Burton, 1978). Zbog toga je temperaturu skladištenja potrebno prilagoditi ovisno o sorti i namjeni pa se temperaturni interval kreće od 3 do 10 °C. Uslijed disanja oslobađa se toplina pa je potrebno osigurati dobar ventilacijski sustav kako bi se spriječilo pregrijavanje krumpira. Također, time se skladište opskrbljuje svježim zrakom čime se spriječava nakupljanje CO<sub>2</sub> oslobođenim tijekom disanja i osigurava O<sub>2</sub> potreban za disanje. Gubitak vode tijekom skladištenja ovisi o proizvodnji topline u krumpiru, temperaturi, relativnoj vlažnosti, kvaliteti kože krumpira, sorti, rastu klica i trajanju ventilacije (Booth i Shaw, 1981). Relativnu vlažnost treba održavati oko 90-92 % kako bi se smanjilo isušivanje krumpira ili klijanje pri višoj relativnoj vlažnosti.

### 2.2. Minimalno procesirano voće i povrće (MPVP)

Voće i povrće važni su izvori velike raznolikosti mikronutrijenata, fitokemikalija i vlakna koje su od velike važnosti sa stajališta ljudske prehrane (Tomás-Barberán i Gil, 2008), pa se zbog praktičnosti podvrgavaju minimalnom procesiranju (MP). Minimalno procesirano voće i povrće se definira kao bilo koje voće i povrće koje je podvrgnuto različitim mehaničkim procesima obrade (guljenje, obrezivanje, rezanje, pranje, dezinfekcija, ispiranje...) za

dobivanje potpuno jestivog proizvoda koji je praktičan i siguran za potrošača. Pakiraju se u polimerne filmove i čuvaju u hladnjaku do potrošnje (Artés i Allende, 2014). Rok trajanja za MPVP bi trebao biti najmanje 4-7 dana, ali ovisno o tržištu, težnja je do 21 dan (Ahvenainen, 2000). Pošto se MPVP ne tretira toplinskom obradom, bez obzira na to što se dodaju aditivi u svrhu produženja roka trajnosti ili što se pakira u vakuum ili MAP, potrebno ih je skladištiti na niskim temperaturama (5 °C ili niže) kako bi se osigurao adekvatan rok trajnosti i mikrobiološka sigurnost (Laurila i Ahvenainen, 2002). MPVP je lako pokvarljiv proizvod zato što se tijekom obrade uklanjaju prirodni zaštitni slojevi pa dolazi do fizičkih i fizioloških promjena koje ubrzavaju fiziološko starenje, biokemijske promjene i lakši pristup štetnim mikroorganizmima (Allende i sur., 2004) koji rezultiraju promjenama u disanju, emisije etilena, transpiracije i enzimske aktivnosti živog tkiva nakon obrade (Nguyen i Carlin, 1994). Te promjene utječu na trajni gubitak kvalitete senzorskih svojstava i nutritivne vrijednosti MPVP kao što su obezbojenje, neugodni okusi, omekšanje i gubitak vode u odnosu na netretirano sirovo voće i povrće (Artés i Allende, 2014). Na brzinu disanja utječe vrsta i zrelost ploda, vrsta obrade i uvjeti skladištenja (Fonseca i sur., 2002). Prilikom rezanja voća i povrća dolazi do promjene u disanju i emisija etilena se povećava što dovodi do nepoželjnih enzimskih reakcija koje uzrokuju posmeđivanje ploda (Brecht, 1995). Polimerna ambalaža u kojoj je zapakiran proizvod je važna zato što smanjuje dostupnost O<sub>2</sub> proizvodu čime se ustvari usporava ukupna aktivnost metabolizma tog proizvoda. Zbog toga modificirana atmosfera ovisi o interakciji između brzine disanja proizvoda i propusnosti karakterističnog polimernog filma (Artés i sur., 2006).

### **2.2.1. Minimalno procesiran krumpir (MPK)**

Minimalna obrada i proizvodnja svježe rezanog krumpira („fresh cut potato“) ovisi i o odabiru adekvatne sorte i o proizvodnom procesu (Rocculi i sur., 2009). Dobru sortu karakterizira niska osjetljivost na fiziološke promjene i prisutnost mikroba, mehanička osjetljivost tkiva i otpornost na koncentraciju plinova (visok CO<sub>2</sub> i/ili nizak O<sub>2</sub> ili općenito niska respiracija) (Varoquaux i sur., 1996). Proizvodni proces čine razni postupci obrade poput pranja, guljenja i rezanja, predobrade, sušenja, vaganja i pakiranja (Rocculi i sur., 2009). Kod MPK je potrebno zadovoljiti pojedine parametre kvalitete poput kemijskih obilježja (suha tvar, reducirajući šećeri i sadržaj škroba), morfoloških obilježja (oblik i veličinu) i senzorske karakteristike (teksturu, okus, boju, aromu). Odabir prikladnog krumpira je povezana s pojavom enzimskog posmeđivanja (EP) do kojeg može doći prilikom oštećenja ploda prilikom branja, skladištenja ili tijekom prerade (guljenje i rezanje). Zbog EP dolazi do bržeg kvarenja i smanjenje kvalitete (Limbo i Piergiovanni, 2006) koja rezultira negativnom promjenom okusa, boje i prehrambene kvalitete (Friedman, 1997). Zbog toga je najveći naglasak na odabir sorte za MPK zato što različiti kultivari imaju različit kemijski sastav (Laurila i sur., 1998). Prerada krumpira prvotno započinje namakanjem u bazenu ili finim pranjem prskanjem da bi se maknule vanjske nečistoće (Laurila i Ahvenainen, 2002) pa ga je potrebno ponovno oprati nakon guljenja i rezanja za uklanjanje potencijalnih štetnih mikroorganizama pošto im je dostupna veća površina za razmnožavanje (Wiley, 1994). Guljenje se provodi mehanički (ručno nožem ili uz primjenu abrazivnog materijala, odnosno karborunduma), kemijski ili parno guljenje pod visokim tlakom (Wiley, 1994). Nakon toga je proizvod potrebno tretirati sa sredstvima protiv posmeđivanja u svrhu očuvanja boje. Najperspektivnije tehnike za očuvanje svježe rezanog krumpira su upotreba dezinfekcije

ozonom ( $O_3$ ), prirodne predobrade poput jestivih filmova obogaćenim askorbinskom i limunskog kiselinom i pakiranje u modificirane atmosfere s visokom razinom  $O_2$  (Rocculi i sur., 2009). Nakon toga se proizvod procijedi i prosuši, pakira (vakuum ili MAP), skladišti (4-5 °C na tamnom) i distribuira na tržište (Laurila i Ahvenainen, 2002).

### **2.2.2. Enzimsko posmeđivanje i njegova inhibicija**

Enzimsko posmeđivanje je proces u kojemu oksidativnim putem različiti fenolni spojevi prelaze u kinone, a ovi dalje u visokomolekularne, smeđe obojene spojeve poznate pod nazivom melanoidi (Lelas, 2008). Enzimi koji sudjeluju u enzimskom posmeđivanju su polifenol oksidaza (PPO) i peroksidaza (POD), supstrat su fenolni spojevi i koenzimi  $O_2$  i vodikov peroksid. Prilikom prerade kada se oštećuje tkivo ploda i narušava integritet stanice omogućen je kontakt supstrata i enzima uz prisustvo kisika što rezultira posmeđivanjem tkiva. Zbog toga je posvećeno dosta istraživanja da se inhibira aktivnost PPO (Artés i sur., 1998) odnosno da se spriječi posmeđivanje. Na rok trajanja proizvoda jako utječe EP zato što smanjuje i ograničava kvalitetu samog proizvoda (Cantos i sur., 2002).

Osim već navedenih enzima PPO i POD, kod krumpira u procesu EP sudjeluje i fenilalanin amonijak-liaza (PAL) koji je prvi enzim u metabolizmu fenil propanoida (Jones, 1984), a čija je aktivnost povećana prilikom MP proizvoda (Saltveit, 1997). Povećanje aktivnosti PAL-a povećava se koncentracija fenolnih spojeva koji su glavni supstrati za oksidacijske enzime (PPO i POD) (Cantos i sur., 2002). Glavni oksidacijski enzim u enzimskom posmeđivanju je PPO koji sadrži kao prostetsku skupinu bakar (Prota, 1988), a katalizira dvije različite reakcije: hidroksilaciju monofenola u o-difenole i oksidaciju o-difenola u o-kinone. O-kinoni su visoko reaktivni spojevi koji omogućuju nastanak smeđeg, crnog ili crvenog pigmenta (melanina) kod krumpira (Cantos i sur., 2002). Oksidacijski enzim POD je drugi enzim koji dovodi do EP, a sadrži hem kao prostetsku skupinu i provodi reakciju oksidacije elektrona fenolnih spojeva uz prisutnost vodikovog peroksida (Dunford i Stillman, 1976). No uloga POD-a je upitna kod posmeđivanja krumpira zbog toga što se u tkivu krumpira nalazi niska koncentracija vodikovog peroksida. Može se ukazati na sinergističku povezanost između PPO i POD enzima zbog oksidacije nekih fenolnih spojeva koje katalizira PPO pa uključuju i POD u proces posmeđivanja (Cantos i sur., 2002). U svom radu Cantos i sur. (2002) pokazali su da je jako važno odabrati adekvatnu sortu krumpira za minimalno procesiranje.

Enzimsko posmeđivanje se može spriječiti primjenom fizikalnih i kemijskih metoda, djelovanje na jedan od tri osnovna čimbenika (enzime, supstrate i kisik) odgovorna za posmeđivanje. Najčešći i najefikasniji način je djelovanje na enzim, a može se provoditi zagrijavanjem sirovine uronjene u vruću vodu (blanširanje) ili promjenom pH sredine, tj. zakiseljavanjem (snižanjem za dvije ili više jedinica) s obzirom na to da je optimalni pH za djelovanje oksidaza između 5 i 7 (Lelas, 2008). Whitaker i Lee (1995) su za inhibiciju PPO uklonili još jedan ili oba supstrata (fenole i  $O_2$ ) i dodali spojeve koji inhibiraju PPO i uz to sprečavaju stvaranje melanina. Može se djelovati i na  $O_2$  tako što se uklanja iz blizine supstrata, uranjanjem/potapanjem sirovine u vodu, otopinu soli ili neke kiseline (octena, limunska). Na supstrat se djeluje tako da se drži u reduciranom obliku i time se sprečava njegova polimerizacija. U praksi se dodaje tvar koja se lakše oksidira od supstrata, a za to se najčešće koristi askorbinska kiselina koja oksidira u dehidroaskorbinsku, a ona u

diketogulonsku kiselinu. Dehidroaskorbinska kiselina nema više sposobnost vezanja  $O_2$ . Ako je sustav izoliran od okolne atmosfere i ako se u njemu utroši sav  $O_2$ , a preostane askorbinska kiselina, u potpunosti je ostvareno sprečavanje EP (Lelas, 2008). Oguljenom krumpiru se produljuje rok trajanja na oko dva tjedna kada se uroni u vruću otopinu askorbinske ili limunske kiseline (Laurila i Ahvenainen, 2002), ali visoka koncentracija askorbinske kiseline može proizvesti neugodan okus krumpira (Luo i Barbosa-Cánovas, 1995). Izomer askorbinske kiseline eritorbinska kiselina u kombinaciji s askorbinskom ili limunskom kiselinom sprečava EP kod kriški krumpira (Dennis, 1993) i kod cijelog oguljenog krumpira (Santerre i sur., 1991). Askorbinska kiselina se koristi kao alternativa za sulfite zato što smetaju astmatičarima (Laurila i Ahvenainen, 2002). Neki od učinkovitih fizikalnih postupaka osim primjenom temperature ili uklanjanjem  $O_2$  su blanširanje (u vodi, vodenom paru ili mikrovalnom energijom), smrzavanje i modificirana atmosfera (Ioannou i Ghoul, 2013). Već je spomenuto da je blanširanje najefikasniji način za inaktivaciju enzima, ali može dati negativne rezultate kod inaktivacije POD (Shivhare i sur., 2009). Alternativne metode se sve više koriste zbog destruktivnih promjena pod utjecajem toplinskih metoda te se nastoje pronaći ne-toplinske metode od kojih svaka sprečava enzimsko posmeđivanje na specifičan način. Neke od novijih alternativnih metoda su korištenje visokog hidrostatskog tlaka, ozračivanje, pulsirajuće električno polje, ultrazvuk (Ioannou i Ghoul, 2013) i primjena ozona ( $O_3$ ) (Rocculi i sur., 2009).

### 2.3. Tretman ozoniranom vodom

Ozon se sastoji od tri atoma kisika. Nastao djelovanjem velike količine energije Sunca koja razdvaja molekularni kisik na dva slobodna radikala kisika i svaki od njih se spaja s molekulom kisika. Ta tri atoma kisika su raspoređena u molekuli ozona pod tupim kutom od približno  $116^\circ$  (Prabha i sur., 2015). Svojstva ozona pokazuju da se lako razgrađuje (Manley i Niegowski, 1967). Njegov polu-životni vijek je kraći dok je otopljen u vodi, nego kad je u plinovitom stanju (Rice, 1986) pa se prema tome može zaključiti da je nestabilniji u vodi, a pokazuje relativno stabilna svojstva u zraku. Pošto se lako raspada, potrebno ga je neprestano regenerirati zato što se ne može pohraniti. Jedini produkt koji nastaje prilikom raspadanja ozona je molekularni kisik zbog tog svojstva ozon se smatra kao dobro dezinfekcijsko sredstvo u prehrambenoj industriji jer nema ostataka, a to se može lako detektirati prema očitanoj koncentraciji koja se proteže od 0,01 do 0,05 ppm. Ima karakterističan miris sličan svježem zraku nakon olujnog nevremena. On je plin plave boje kada se stvara pri suhom zraku, a bezbojan kada se stvara iz visoke količine čistog kisika. Ozon je snažan oksidans i ima dobro djelovanje u suzbijanju rasta i razvoja raznih mikroorganizmima na plodovima voća, povrća, mesa, žitaricama i njihovim proizvodima. U prehrambenoj industriji se primjenjuje zbog toga što inaktivira patogene i uklanja toksične kontaminante, manji su gubici u samoj kvaliteti proizvoda i osigurava svježinu, a još je ekonomski prihvatljiv i neškodljiv za okoliš. Njegovo baktericidno djelovanje je utvrđeno na gram-pozitivne i gram-negativne bakterije i uz njih na spore i vegetativne stanice. Uz to se u industriji koristi u higijeni kod površina koje su u doticaju s hranom, u sanaciji opreme postrojenja, moguća je ponovna uporaba otpadnih voda, prilikom obrade smanjuje biološku potrošnju i potražnju kisika kod biljne hrane (Prabha i sur., 2015).

Victorin (1992) ističe dva glavna mehanizma djelovanja ozona na ciljane organe mikroorganizama, a to je da oksidira sulfhidrilne skupine i amino kiseline enzima, peptida i

proteina i da oksidira višestruko nezasićene masne kiseline u kiselinski peroksid. Svaki mikroorganizam ima svoju razinu osjetljivosti na ozon pa tako su bakterije više osjetljivije od kvasaca i gljivica, dok su kod bakterija osjetljivije gram-pozitivne bakterije u odnosu na gram-negativne i spore su otpornije, od vegetativnih stanica, ali objašnjenje razvoja otpornosti na ozon nije pronađeno.

Topljivost ozona u vodi temelji se na Henryevom zakonu koji glasi da je topljivost plina u tekućini izravno proporcionalna tlaku plina iznad tekućine, a obrnuto proporcionalna temperaturi. Kako je navedeno da je polu-životni vijek ozona u vodi manji od polu-životnog vijeka plinovitog ozona, tako je raspadanje ozona još brže u nečistoj vodi (Prabha i sur., 2015).

Postoje parametri koji utječu na djelotvornost ozona tijekom primjene, a dijele se na vanjske i unutarnje. Vanjski su protok samog plina, koncentracija i temperatura (Prabha i sur., 2015). Kako je ozon djelomično topljiv u vodi, njegov učinkovit prijenos u otopinu zahtijeva disperziju plinovitog ozona u obliku malih mjehurića. (Prabha i sur., 2015). Pokazalo se da na brzinu protoka plina utječe veličina mjehurića i uz to djeluje i na samu efikasnost ozona kao dezinfekcijskog sredstava. Ahmad i Farooq (1985) su zamijetili da je plin učinkovitiji kada se poveća broj mjehurića i s time i njihova površina što rezultira bržim protokom plina i boljom učinkovitosti.

Pri nastajanju mjehurića može se primijeniti tehnika s pozitivnim ili negativnim tlakom (Prabha i sur., 2015). U ovom završnom radu se primjenjivala tehnika s pozitivnim tlakom, tako što se generator ozona stavio pod vodu i pod visokim tlakom je kroz male otvore ispuštao ozon.

Nadalje, potrebno je odrediti točnu određenu koncentraciju plina da bi se dobio traženi rezultat. Topljivost ozona raste kako se smanjuje temperatura vode (Bablon i sur., 1991). S porastom temperature postaje manje topljiv i stabilan, a povećava se brzina raspadanja (Rice i sur., 1981). Unutarnji faktori su pH i organske tvari.

Parametar pH ima veliki utjecaj na djelovanje ozona, a Patil i sur. (2010) su uočili da je ozon brže inaktivirao *Escherichia coli* pri nižem pH. Smanjuje se baktericidno djelovanje ozona prilikom primjene otopljenih organskih tvari (npr. askorbinske kiseline) kod dezinfekcije proizvoda.

Heleno i sur. (2016) su istražili utjecaj vodenih otopina ozona pri različitim pH-vrijednostima (4, 7 i 9) na uklanjanje pesticida (ovdje klortalonil) iz krumpira pri čemu se pokazala veća učinkovitost ozonirane vode (70-76% uklonjenog prisutnog klortalonila u krumpiru), dok je u uzorcima koji su tretirani čistom vodom uklonjeno tek 36% pesticida. Parametri kvalitete krumpira (kiselost, pH-vrijednost i ukupna razlika u boji) se nisu značajno promijenili kod uzoraka tretiranih ozonom u usporedbi s netretiranim uzorcima tijekom skladištenja 24 dana.

Beltrán i sur. (2005) su istraživali parametre kvalitete tijekom skladištenja tretiranog krumpira ozonom narezanog na kriške i pohranjenog u vakuum ambalažu. Rezultati su pokazali da nakon 14 dana skladištenja nije dovelo do enzimskog posmeđenja kod tretiranih

uzoraka, a uz to su zadržali početnu teksturu i aromu, međutim ozonirana voda nije bila učinkovita kod smanjenja mikroba u krumpira.

Osim već navedenih prednosti, Ölmez i Kretschmar (2009) su još iznijeli prednosti korištenja ozona kao što su mali troškovi održavanja, nema potrebe za dodatnim kemikalijama za dezinfekciju, smanjeni troškovi skladištenja plina i što je ekološki prihvatljiv. Ali unatoč pozitivnim učincima, postoje i ograničenja koja se pojavljuju u tretmanu ozonom. Neka od njih su da je otrovan u velikim količinama i da nadražuje grlo i nos, uz to može dovesti do napada astme, vrlo je nestabilan plin i potrebno je kontrolirati njegovu primjenu. Uz to javljaju se problemi s rekontaminacijom i još mnoga druga ograničenja.

Poznato je da se tradicionalno za inhibiranje patogena koristi termička obrada hrane, ali se u zadnje vrijeme za MPVP poseže za alternativnim načinima obrade zbog zahtjeva potrošača da proizvod ima svježinu. Ne-termička obrada čuva izvorni okus, boje, općenito izgled, nutritivne kvalitete i ostala važna obilježja hrane, tj. trude se održati kvalitetu i osigurati svježinu hrane. Tako je ozon postao ekološki prihvatljiv i odobren od strane potrošača (Prabha i sur., 2015) i od strane GRAS (Generally Recognised as Safe) za upotrebu u sustavu obrade hrane (Graham, 1997). Uz to pokazao je obećavajuće rezultate prilikom rješavanja problema u prehrambenoj industriji što se tiče mikroorganizama, štetočina, ostataka mikotoksina i pesticida.

### **3. Eksperimentalni dio**

#### **3.1. Materijali**

##### **3.1.1. Uzorci**

Za istraživanje je korišten krumpir sorte Birgit koji je neposredno prije istraživanja nabavljen iz tvornice Adria Snack Company d. o. o. iz Hercegovca nakon jednomjesečnog skladištenja pri +8 °C.

##### **3.1.2. Priprema uzoraka minimalno procesiranog krumpira (MPK)**

Krumpir je prvotno opran te narezan na ploške pomoću kuhinjskog uređaja (Bosch). Narezane ploške su uronjene u posudu s hladnom destiliranom vodom (od 4 °C) u omjeru 1:4 [masa uzorka (900 g) : volumen vode (3600 mL)] i tretirane uređajem za ozoniranje (TIENS DiCHO) 5, 7 i 10 minuta.

Po 300 g ocijeđenih tretiranih ploški krumpira su zapakirane u poliamidne/polietilenske vrećice i zatvorene pomoću aparata za zavarivanje uz vakuumiranje (FoodSaver). Kontrolni uzorci (0 min) su narezani i isprani u destiliranoj vodi bez tretmana ozonom te su zapakirani u vakuumu.

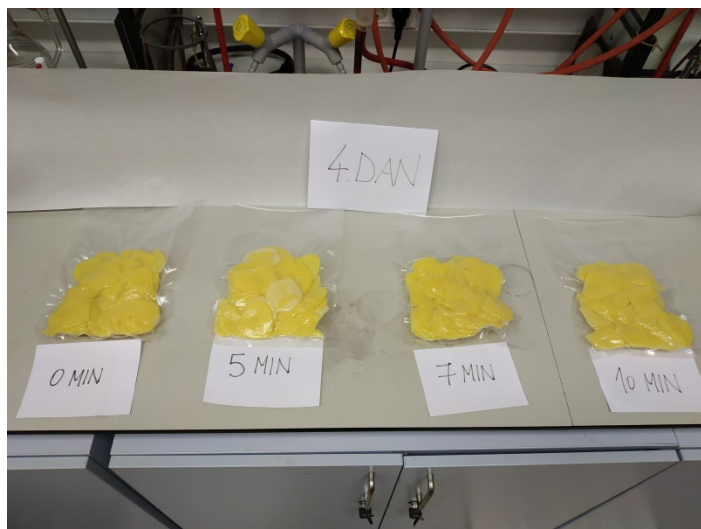


Nakon pakiranja krumpiri su skladišteni 8 dana u hladnjaku pri temperaturi od 10 °C. Tijekom skladištenja, uzorci MPK analizirani su 1., 4., i 8. dan skladištenja, pri čemu su ispitani fizikalno-kemijski sastav, boja, teksturalna i senzorska svojstva MPK sirovog te fizikalno-kemijski sastav i senzorska svojstva kuhanog krumpira.

Na slikama 2, 3 i 4 prikazani su pripremljeni minimalno procesirani uzorci krumpira (MPK).



**Slika 2.** Uzorci MPK (0, 5, 7 i 10 min) za 1. dan (vlastita fotografija)



**Slika 3.** Uzorci MPK (0, 5, 7 i 10 min) za 4. dan (vlastita fotografija)



**Slika 4.** Uzorci MPK (0, 5, 7 i 10 min) za 8. dan (vlastita fotografija)

Kuhani uzorci pripremljeni su kuhanjem ploški krumpira u svježoj destiliranoj vodi u omjeru 1 : 5 [(masa uzorka (150 g) : volumen vode (750 mL)]. Uzorci MPK su stavljeni u vodu zagrijanu na temperaturu vrelišta i kuhani 15 min. Nakon kuhanja, uzorci su ocijeđeni i stavljeni na tanjur da se ohlade.

U tablici 2 naveden je popis uzoraka s pripadajućim oznakama koje su se koristile prilikom pisanja završnog rada. Oznaka S označava sirovi, a oznaka K kuhani krumpir.

**Tablica 2.** Popis uzoraka s pripadajućim oznakama

Oznaka uzoraka	O <sub>3</sub> tretman (min)	Dan skladištenja
S0-1 K0-1	0	1
S0-4 K0-4	0	4
S0-8 K0-8	0	8
S5-1 K5-1	5	1
S5-4 K5-4	5	4
S5-8	5	8

K5-8		
S7-1 K7-1	7	1
S7-4 K7-4	7	4
S7-8 K7-8	7	8
S10-1 K10-1	10	1
S10-4 K10-4	10	4
S10-8 K10-8	10	8

### 3.2. Aparatura i pribor

#### 3.2.1. Aparatura:

- Uređaj za ozoniranje (TQ-Z08, TIENS DiCHO, Kina)
- Kompaktni kuhinjski aparat (MCM62020, Bosch, Slovenija)
- Kuhinjska vaga (KS19berry, Beurer GmbH, Njemačka)
- Analitička vaga (AX224, OHAUS, Švicarska)
- Uređaj za vakuumiranje (FoodSaver, V1020, UK)
- Analizator plinova Oxybaby (WITT-GASETECHNIK GmbH & Co KG, Njemačka)
- 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, Mettler-Toledo, Švicarska)
- Štapni mikser (PHILIPS ProMix, 650 W)
- Eksikator

#### 3.2.2. Pribor

- Vrećice za pakiranje u vakuumu (FoodSaver, FSB4802 – I/UK, UK)
- Nož za guljenje krumpira

- Plastične posude
- Cjediljka
- Aluminijske posude
- Stakleni štapić
- Plastična žličica
- Staničevina
- Staklena čaša od 150 ml

### 3.3. Metode rada

Tijekom istraživanja korištene su sljedeće metode za analizu uzoraka:

- Metoda za određivanje udjela O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> u pakovini MPK
- Metoda za određivanje udjela ukupne suhe tvari
- Metoda za određivanje pH vrijednosti
- Metoda CIELAB za mjerenje boje
- Metoda za mjerenje teksture
- Metoda za određivanje senzorskih svojstava

#### 3.3.1. Metoda za određivanje udjela O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> u pakovini MPK

##### Princip određivanja:

Princip određivanja udjela O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> pomoću Oxybaby uređaja temelji se na integriranoj pumpi za usisavanje plina iz ambalaže i njegovo usmjeravanje na O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> mjernu ćeliju. Udio plinova se izražava u volumnim postocima.

##### Postupak određivanja:

Potrebno je kalibrirati uređaj pri okolnom zraku prije svakog mjerenja. Prije mjerenja površina pakovanja je zaštićena samoljepljivom plastificiranom trakom kako ne bi došlo do propuštanja plinova. Mjerenje se provodi ubodom igle uređaja u pakiranje čim se izuzima uzorak plina. Na zaslonu uređaja se prikazuju informacije o volumnom udjelu O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> nakon mjerenja plinova. Za svaki uzorak su se provodila tri mjerenja.

#### 3.3.2. Metoda za određivanje udjela ukupne suhe tvari

### Princip određivanja:

U istraživanju se provela indirektna fizikalna metoda određivanja udjela suhe tvari koja se zasniva na eliminaciji vode sušenjem pri povišenim temperaturama kao kod zračne sušnice pri 105 °C do konstantne mase (Marković i sur., 2017).

### Postupak određivanja:

U prethodno osušenu aluminijsku posudicu stavi se kvarcni pijesak u količini da prekrije dno posudice. Još se u posudicu stavi stakleni štapić i zajedno sa skinutim poklopcem stavi se sušiti 60 minuta na 105 °C. Nakon 30 minuta hlađenja u eksikatoru, posudica se zajedno sa staklenim štapićem i poklopcem izvaže na analitičkoj vagi. Da bi se što točnije odredila suha tvar u analiziranom uzorku, potrebno ga je dobro usitniti i homogenizirati. Kada se MPK usitni i homogenizira, izvaže se  $1 \pm 0,0001$  g uzorka i sa staklenim štapićem dobro izmiješa sa kvarcnim pijeskom u svrhu učinkovitijeg i ravnomjernog sušenja. Nakon toga posudica s uzorkom stavi se na sušenje 3 sata na 105 °C, a potom se stave 30 minuta u eksikator na hlađenje. Poslije hlađenja slijedi ponovno vaganje posudice s uzorkom, štapićem, pijeskom i poklopcem u analitičkoj vagi. Za svaki uzorak provela su se dva mjerenja. Udio suhe tvari u uzorku se dobio prema slijedećoj jednadžbi:

$$\% \text{ suhe tvari} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \quad (1)$$

gdje je:

$m_0$  – masa posudice i kvarcnog pijeska

$m_1$  – masa posudice s uzorkom prije sušenja (posudica + kvarcni pijesak + sirovi uzorak + stakleni štapić + poklopac)

$m_2$  - masa posudice s uzorkom poslije sušenja (posudica + kvarcni pijesak + osušeni uzorak + stakleni štapić + poklopac)

### **3.3.3. Metoda za određivanje pH vrijednosti**

#### Princip određivanja:

Koncentracijom vodikovih iona u nekoj otopini određena je pH vrijednost korištenjem pH-metra, a dobiveni rezultati su dobiveni uranjanjem kombinirane elektrode u uzorak.

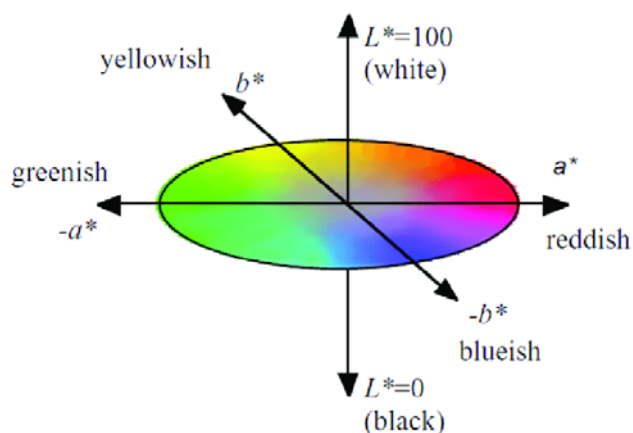
#### Postupak određivanja:

Prije svakog mjerenje potrebno je kalibrirati elektrodu tako da se lagano ispere deioniziranom vodom i osuši staničevinom pošto je pH-elektroda uronjena u posebnu kondicioniranu otopinu za elektrodu kako bi se spriječilo sušenje njezine membrane. Inače se za kalibraciju uzimaju otopine najbližih pufera ispitivanog uzorka, ali ovdje je bilo dovoljno elektrodu isprati deioniziranom vodom. Nakon što se elektroda kalibrira, uranja se u čašu gdje se nalazi homogenizirani uzorak. Lagano se promiješa sadržaj u čaši i pričeka se dok se ne ustabili pH-vrijednost na zaslonu uređaja. Za svaki je uzorak bilo potrebno napraviti dva mjerenja. Elektroda je bila isprana destiliranom vodom nakon svakog mjerenja.

### **3.3.4. Metoda CIELAB za mjerenje boje**

#### Princip određivanja:

U ovom istraživanju boja je izmjerena na kolorimetru CIELAB metodom. CIELAB metoda je sustav za prikaz boja u trodimenzionalnom prostoru koji je temeljen na objektivnom vrednovanju te je najbliži vizualnoj percepciji. Za ovo mjerenje su potrebne tri koordinate trodimenzionalnog spektra boja ( $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ ). Kolorimetar radi na principu mjerenja stupnja reflektirane svjetlosti od mjerne površine. Prema tome te tri koordinate međusobno zatvaraju sferičnu površinu (Slika 5.). Koordinata  $L^*$  je mjera svjetlosti u rasponu od 0 do 100 (0=crno, 100=bijelo). Koordinata  $a^*$  ukazuje na zastupljenost boja od zelene (negativne vrijednosti) do crvene (pozitivne vrijednosti) boje, dok koordinata  $b^*$  ukazuje na zastupljenost boja od plave (negativna vrijednost) do žute (pozitivna vrijednost) boje (McGuire, 1992). Vrijednost  $H^\circ$  (predstavlja ton boje) i vrijednost  $C^*$  (označava intenzitet ili zasićenost boje) se mogu odrediti pomoću koordinata  $a^*$  i  $b^*$ .



**Slika 5.** CIELAB spektar boja (Anonymus 1, 2019)

Postupak određivanja:

Pripremljenim uzorcima MPK određivale su se  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $H^\circ$ ,  $C^*$  i  $\Delta E^*$  vrijednosti CIELAB metode. Prije samog mjerenje bilo je potrebno odabrati ploču promjera 30 mm za MPK. Uređaj je povezan s računalom na kojem se nalazi program Spectramagix NX kojim se mogu odrediti svi traženi parametri. Još je prije mjerenja potrebno kalibrirati uređaj s crnim valjkom i bijelim standardom. Potom se postavljaju ploške krumpira na otvor ploče tako da ploške prekriju cijelu površinu otvora i pokrivaju se crnim valjkom. Time započinje mjerenje uzorka i provode se tri mjerenja za svaki uzorak. Iz izmjerenih  $a^*$  i  $b^*$  vrijednosti izračunate su  $H^\circ$  i  $C^*$  prema sljedećim formulama:

$$H^\circ = \arctg(b^*/a^*) \quad (2)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3)$$

### 3.3.5. Metoda za mjerenje teksture

Princip određivanja:

Svojstva teksture uzorka se određuju pomoću analizatora teksture čiji se rad temelji na tlačenju ili rastezanju uzorka ovisno o testu koji se provodi. Otpor uzorka prati mjerni senzor koji se javlja u materijalu kada alat prodire kroz uzorak dok povratnom vezom ukazuje na parametre (brzinu, dubinu i silu prodiranja) koji se prikazuju u grafički preko računala. Za potrebe ovog istraživanja korišten je TA HDPlus (Stable Micro Systems) analizator teksture.

#### Postupak određivanja:

Za analizu teksture MPK upotrijebljene su 3 ploške za svaki uzorak da bi se analizirala tekstura. Za probijanje uzorka korištena je cilindrična čelična sonda s ravnim dnom promjera 2 mm i masom mjerne ćelije od 5 kg. Brzina sonde prije probijanja MPK je  $1 \text{ mm s}^{-1}$ , a  $0,5 \text{ mm s}^{-1}$  tijekom analize. Dubina prodiranja sonde je 5 mm. Uređaj je spojen na računalo gdje se prikazuju rezultate analize i preračunavaju preko odabranog softwera koji ih može prikazati na više načina. Za ovo istraživanje upotrijebljena su tri parametra: tvrdoća (N), elastičnost (mm) i rad potreban za zagriz (mJ).

### **3.3.6. Metoda za određivanje senzorskih svojstava**

#### Princip određivanja:

Za određivanje pojedinih senzorskih svojstava pripremljenih MPK provedena je kvantitativna deskriptivna analiza (QDA) koja se temelji na određivanju senzorskih svojstava. Na temelju senzorskih svojstava, obučeni panelisti identificiraju i kvantitativno određuju osjetilna svojstva proizvoda i sastojaka te donose odluku o kakvoći samog proizvoda i da pokažu sposobnost uočavanja razlika unutar ponuđenih proizvoda. U QDA metodologiji se preporučuje deset do dvanaest sudionika (Marković i sur., 2017).

#### Postupak određivanja:

U ovom istraživanju je sudjelovala grupa od 10 panelista (8 žena i 2 muškarca) pri čemu se ocjenjivao sirovi i kuhani MPK. Koristila se skala od 1 do 5 pri čemu 1 označava neizraženo svojstvo dok 5 označava jako izraženo svojstvo, a moglo se ocjenjivati i na pola ocijene. Uzorci su bili ponuđeni na označenim plastičnim tanjurima jedan pored drugog po vremenu tretmana ozonom (od 0 do 10 minuta). Kod sirovih i kuhanih uzoraka ocjenjivana je opća prihvatljivost. Rezultati su prikazani tablično i izraženi su kao srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija.

## **4. Rezultati i rasprava**

Obrađeni podaci iz eksperimentalnog dijela rada prikazani su kao srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija u tablicama za sva mjerenja. Zadatak u ovom istraživanju je bio odrediti utjecaj tretmana ozoniranom vodom na svojstva MPK kroz vremenski period od 8



dana skladištenja pri temperaturi od 10 °C. Za uzorke sirovog krumpira određivao se volumni udio O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> u pakovinama, boja, tekstura, ukupna suha tvar, pH i senzorska svojstva, dok je za uzorke kuhanog krumpira određena ukupna suha tvar, pH i senzorska svojstva.

#### 4.1. Volumni udio O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> u zapakiranim uzorcima MPK

U tablici 3 prikazani su dobiveni rezultati mjerenja volumnog udjela O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> u zapakiranim uzorcima. Prema rezultatima je vidljivo da je prisutan visok udio O<sub>2</sub> i nizak udio CO<sub>2</sub> pošto se u vakuum ambalaži ne mijenja bitno sastav plinova, nego tlak.

U svom istraživanju Beltrán i sur. (2005) su ispitivali kvalitetu MPK u modificiranoj atmosferi i vakuumu. Zaključili su da kod uzoraka tretiranih ozonom nije bilo moguće izmjeriti atmosferu pošto je višeslojni film vakuum ambalaže bio potpuno fiksiran oko uzoraka krumpira bez slobodnog prostora. Zbog toga moglo bi se pretpostaviti nije došlo do promjene u respiratornom disanju u vakuum ambalaži pošto po drugim parametrima ispitivanja nije došlo do posmeđivanja i da je u takvim uvjetima disanje vrlo usporeno.

U ovom istraživanju je bilo poteškoća pri mjerenju udjela plinova u zapakiranim uzorcima. Rezultati su pokazali da se u prva četiri dana smanjuje udio O<sub>2</sub> i blago raste udio CO<sub>2</sub> dok u kasnijim mjerenjima nije došlo do velikih promjena prema čemu se može zaključiti da sastav plinova ostaje nepromijenjen do kraja skladištenja. Razlog tomu može biti što utjecaj tretmana ozoniranom vodom usporava proces respiracije tijekom skladištenja (Toivonen i Stan, 2004), ali i pakiranje u vakuumu (Beltran i sur., 2005).

**Tablica 3.** Volumni udio O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> u zapakiranim uzorcima MPK

Oznaka uzoraka	Volumni udio plinova u atmosferi/%	
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
S0-1	20,95 ± 0,00	0,04 ± 0,00
S5-1	20,95 ± 0,00	0,04 ± 0,00
S7-1	20,95 ± 0,00	0,04 ± 0,00
S10-1	20,95 ± 0,00	0,04 ± 0,00
S0-4	18,53 ± 0,06	1,00 ± 0,00
S5-4	18,40 ± 0,10	0,93 ± 0,06
S7-4	18,27 ± 0,06	0,90 ± 0,00
S10-4	18,23 ± 0,06	0,90 ± 0,00
S0-8	18,30 ± 0,00	0,83 ± 0,06

S5-8	18,13 ± 0,06	0,73 ± 0,06
S7-8	18,03 ± 0,06	0,80 ± 0,00
S10-8	18,13 ± 0,06	0,77 ± 0,06

#### 4.2. Ukupna suha tvar (UST) i pH vrijednost

U tablici 4 prikazani su rezultati za sirove (S) i kuhane (K) uzorke MPK dobiveni za UST i pH vrijednost.

##### 4.2.1. Ukupna suha tvar (UST)

Svi S uzorci tretirani ozoniranom vodom imali su manju UST od kontrolnog uzorka. Tijekom skladištenja u kontrolnom S uzorku i onom tretiranom 10 minuta dolazi do smanjenja UST, dok u onim tretiranim 5 i 7 minuta UST se povećava s vremenom skladištenja. Svi K uzorci imaju nižu UST od S uzoraka, ali je UST viša u uzorcima duže skladištenim, U prosijeku su najvišu UST imali K uzorci netretiranog krumpira i onog tretiranog 5 minuta. Niže vrijednosti UST u K u odnosu na S uzorke posljedica su otapanja određene količine topljive suhe tvari kao što su jednostavni šećeri tijekom kuhanja (Augustin i sur.,1978),

Prema istraživanju Rocha i sur. (2003) pakiranje krumpira u vakuumu smanjuje razinu respiracije, pa se manje koristi supstrata za taj proces i takvo pakiranje onda ne uzrokuje smanjenje suhe tvari krumpira što se uglavnom pokazalo i u našem istraživanju.

##### 4.2.2. pH vrijednost

Svi S uzorci tretirani ozoniranom vodom imali su manji pH od kontrolnog uzorka i 1. dan najniži je bio u S5 uzorku. Mjerenja za prvi i četvrti dan pokazala su da su vrijednosti S tretiranih uzoraka niže u odnosu na njihove kontrolne uzorke dok su rezultati za 8. dan mjerenja pokazala mali rast pH vrijednosti S tretiranih uzoraka (iznimka uzorak S10-8) u odnosu na kontrolni uzorak tog dana. pH vrijednosti svih S i K uzoraka opadaju s danima skladištenja, ali svi K uzorci imaju nešto viši pH od S uzoraka. Kuhanje utječe na porast pH vrijednosti. Trend kod K tretiranih uzoraka za prvi dan mjerenja je isti kao i kod S tretiranih uzoraka u odnosu na K kontrolni uzorak. Za četvrti dan mjerenja vrijednosti K tretiranih uzoraka su neznatno više (iznimka uzorak K10-4) u usporedbi s njihovim kontrolnim uzorcima. Dok su rezultati osmog dana mjerenja K tretiranih uzoraka (iznimka K10-8) isto pokazala mali rast pH vrijednosti kao i kod S uzoraka u odnosu na kontrolne uzorke.

U radu Rocha i sur. (2003) došlo je do sniženja pH vrijednosti tijekom 7 dana skladištenja pri 6 °C krumpira koji nije bio tretiran ozoniranom vodom. Nizak pH je povezan s povećanjem kiselosti, što se negativno odražava na okus.

**Tablica 4.** UST i pH vrijednosti za sirove i kuhane uzorke MPK

Oznaka uzoraka	UST (%)	pH vrijednost
S0-1	18,17 ± 1,00	6,02 ± 0,00
K0-1	14,60 ± 0,33	6,82 ± 0,00
S5-1	16,73 ± 2,78	5,80 ± 0,00
K5-1	14,13 ± 0,44	6,52 ± 0,00
S7-1	14,08 ± 1,30	5,91 ± 0,00
K7-1	12,25 ± 1,28	6,13 ± 0,00
S10-1	17,41 ± 1,52	5,83 ± 0,00
K10-1	11,44 ± 2,73	6,07 ± 0,00
S0-4	17,42 ± 0,47	5,63 ± 0,00
K0-4	16,12 ± 0,75	5,80 ± 0,00
S5-4	16,94 ± 0,52	5,61 ± 0,00
K5-4	15,29 ± 1,46	5,89 ± 0,00
S7-4	18,13 ± 0,66	5,58 ± 0,00
K7-4	16,44 ± 0,42	5,85 ± 0,00
S10-4	16,39 ± 0,09	5,53 ± 0,00
K10-4	13,96 ± 0,10	5,70 ± 0,00
S0-8	17,46 ± 0,80	5,42 ± 0,00
K0-8	15,32 ± 0,16	5,56 ± 0,00
S5-8	18,34 ± 0,25	5,55 ± 0,00
K5-8	16,27 ± 0,06	5,63 ± 0,00
S7-8	18,68 ± 0,26	5,60 ± 0,00
K7-8	15,54 ± 0,52	5,60 ± 0,00
S10-8	15,77 ± 0,27	5,39 ± 0,00
K10-8	15,53 ± 0,04	5,43 ± 0,00

#### 4.3. Parametri boje MPK

U tablici 5 prikazani su rezultati boje za sirove uzorke dobiveni kolorimetrijskim mjerenjem (CIELAB metodom). U prosijeku najviše  $L^*$  vrijednosti izmjerene su u uzorku tretiranom ozoniranom vodom 5 minuta što je pozitivno, jer ukazuje da su ti uzorci bili za nijansu svjetliji od ostalih. Uzorak S5-1 je najsvjetlije obojen, dok je uzorak S7-1 najtamnije obojen.

Vrijednost parametra  $a^*$  kod svih tretiranih uzoraka je niža u odnosu na vrijednost kontrolnog uzorka što ukazuje na vrlo mali udio crvene boje, a u uzorku S10-1 vrijednost prelazi u negativnu vrijednost što ukazuje čak na veoma malu prisutnost zelene boje. Duljinom tretiranja  $a^*$  vrijednost se smanjuje, a tijekom skladištenja smanjuje se samo u S0, u S5 je gotovo nepromijenjena, a blago raste u S7 i S10 uzorcima. Ovako male promjene  $a^*$  vrijednosti ukazuju da posmeđivanje nije prisutno.

Vrijednost parametra  $b^*$  kod svih uzoraka (iznimka uzorak S5-4 u zanemarivim vrijednostima) je niža u odnosu na vrijednost kontrolnog uzorka što ukazuje na smanjenje zastupljenosti žute boje iako je po vrijednostima jasno da su svi uzorci ostali u području žute boje. Uzorak S7-1 ima najnižu dok uzorak S0-1 ima najveću  $b^*$  vrijednost. Duljinom tretmana uglavnom  $b^*$  vrijednost ima trend smanjenja, a tijekom skladištenja vrlo blagog porasta osim za kontrolni uzorak.

Iste promjene uočene za  $b^*$  vrijednost uočene su i za zasićenost boje  $C^*$  obzirom da su vrijednosti parametra  $a^*$  vrlo niske te nisu utjecale na veću promjenu parametra  $C^*$ .

Ton boje  $H^\circ$  je u većine tretiranih uzoraka viši (iznimka uzorak S5-8) u odnosu na kontrolni. Vrijednosti tona boje ( $H^\circ$ ) kreću se od  $87,88^\circ$  (uzorak S0-4) do  $90,23^\circ$  (uzorak S10-1) koje pripadaju području žutog tona boje oko  $90^\circ$  (McGuire, 1992). Prema rezultatima svih parametara moglo bi se zaključiti da tretman ozonom može u određenoj mjeri utjecati na sprečavanje posmeđivanja.

Calder i sur. (2011) su u svojoj studiji istraživali uzorke krumpira i tretiranih kiselinom u kombinaciji s ozonom. Također, ispitali su tretiranje deioniziranom vodom i ozonom. Ti uzorci su pokazali rast parametra  $a^*$ , a smanjenje  $L^*$  i  $b^*$  vrijednosti što je ukazalo da slabije djeluju na smanjenje posmeđivanja u odnosu na uzorke koji su tretirani kiselinama (npr. askorbinska ili limunska). U istraživanju kojeg su proveli Rocha i sur. (2003) nisu uočene značajne promjene boje krumpira sorte Désirée kojeg su vakuumirali i skladištili 7 dana pri temperaturi od  $6^\circ\text{C}$ . U dobivenim rezultatima bilo je neznatno smanjenje  $L^*$  vrijednosti, dok nema značajnih promjena u vrijednostima  $a^*$  i  $b^*$  parametara. S rezultatima boje poklapa se

mala aktivnost enzima PPO u krumpiru. U istraživanju Rocha i sur. (2003) nije primjenjivan tretman ozona na uzorke krumpira.

**Tablica 5.** Vrijednost parametara boje MPK

Oznaka uzoraka	Parametri boje				
	L*	a*	b*	C*	H°
S0-1	69,55±0,74	1,47±0,18	40,60±0,34	4,63±0,33	87,93±0,27
S5-1	70,46±1,76	1,07±0,46	36,74±1,33	36,76±1,34	88,34±0,68
S7-1	64,28±2,88	0,00±0,37	33,30±2,71	33,30±2,71	89,96±0,62
S10-1	67,36±1,95	-0,13±0,12	34,27±2,98	34,27±2,98	90,23±0,22
S0-4	68,74±0,68	1,38±0,08	37,21±0,20	37,24±0,20	87,88±0,11
S5-4	69,66±1,45	1,07±0,19	37,26±0,71	37,27±0,71	88,36±0,28
S7-4	69,67±1,92	0,58±0,25	35,97±3,04	35,98±3,03	89,08±0,33
S10-4	68,84±3,42	0,19±0,34	34,30±0,98	34,30±0,98	89,67±0,58
S0-8	68,26±0,60	0,83±0,60	37,36±1,51	37,37±1,52	88,75±0,89
S5-8	69,49±2,61	1,04±0,65	35,94±1,14	35,95±1,16	88,36±0,96
S7-8	68,50±1,25	0,77±0,50	36,69±2,72	36,70±2,73	88,83±0,71
S10-8	67,48±1,60	0,28±0,52	35,54±1,80	35,54±1,80	89,55±0,86

#### 4.4. Tekstura MPK

U tablici 6 prikazani su rezultati za parametre teksture za sirove uzorke MPK. Tretman ozoniranom vodom 5 minuta nije bitno utjecao na porast tvrdoće dok je kod uzoraka tretiranih 7 i 10 minuta (uzorci S7-1 i S10-1) je. Tijekom skladištenja tvrdoća raste u kontrolnom uzorku, a u tretiranim općenito pokazuje trend smanjenja, iako uz određene oscilacije 4. dan, te je tvrdoća tretiranih uzoraka manja od tvrdoće kontrolnog uzorka. Važno je napomenuti da su sve vrijednosti tvrdoće nešto veće od početnog netretiranog uzorka (iznimka je S10-8).

Prema prikazanim rezultatima za elastičnost može se zaključiti da se elastičnost povećava u odnosu na kontrolni uzorak obrnuto proporcionalno s vremenom tretmana. Tijekom skladištenja elastičnost se različito mijenja ovisno o duljini tretmana. Općenito se može primjetiti da elastičnost svih uzoraka sa skladištenjem raste osim za uzorak tretiran 5 minuta, ali sve su vrijednosti veće od početnog netretiranog uzorka. Jansky (2010) je uvidio da je veća elastičnost krumpira poželjno svojstvo sa senzorskog stajališta, zato što se krumpiri s većom elastičnošću ne raspadaju tijekom kuhanja.

Tretman ozoniranom vodom utječe na porast vrijednosti parametra rada potrebnog za zagriz, odnosno žilavosti u odnosu na kontrolni uzorak bez jasne povezanosti s duljinom tretmana pri čemu je najniža vrijednost izmjerena za uzorak S5. Bez obzira na određene promjene uočene 4. dan, na kraju skladištenja sve su vrijednosti za rad niže od onih 1. dan osim za kontrolni uzorak, ali sve su vrijednosti veće od početnog netretiranog uzorka.

Mnogi su istraživači naveli da je temeljni problem gubitak teksture u produženju roka trajnosti minimalno procesiranog voća i povrća tijekom skladištenja i distribucije. Rocha i Morais (2001) su zaključili da je to rezultat djelovanja endogenog enzima na staničnoj stijenci i rast mikroorganizama.

U istraživanju Rocha i sur. (2003) nakon prvog dana bilo je uočeno 25 % gubitka teksture sorte Désirée krumpira zbog povećane enzimske aktivnosti nakon mehaničkog oštećenja uzrokovanih postupcima obrade. Tijekom ostalih dana skladištenja tekstura je ostala konstantna. Plastična ambalaža u koju je zapakiran krumpir smanjuje gubitak težine, a to je isto pokazatelj da takva vrsta ambalaže zadržava čvrstoću gomolja (Shetty i sur., 1989). Zadržavanje čvrstoće tijekom skladištenja sorte krumpira Désirée u vakuum pakiranju povezano je sa svojstvima ambalaže koja se koristila kako bi se smanjio gubitak vlage i time održali uvjeti nepromijenjene fiziologije tkiva krumpira. Chassery i Gormley (1994) su došli do zaključka da zadržavanje teksture u krumpiru tijekom skladištenja je daljnji pokazatelj za odsutnost mikrobnog kvarenja proizvoda.

**Tablica 6.** Rezultati mjerenja parametara teksture MPK

Oznaka uzoraka	Parametri teksture i njihove vrijednosti		
	Tvrdoća (N)	Elastičnost (mm)	Rad (mJ)
S0-1	5,94 ± 0,58	2,07 ± 0,20	6,87 ± 0,33
S5-1	5,90 ± 0,48	3,49 ± 0,15	8,03 ± 0,54
S7-1	6,85 ± 1,14	3,18 ± 0,36	9,84 ± 1,57
S10-1	6,61 ± 0,50	2,81 ± 0,86	9,08 ± 1,52
S0-4	6,02 ± 0,77	4,13 ± 0,49	9,42 ± 1,23
S5-4	6,82 ± 0,28	3,24 ± 1,17	9,50 ± 2,04
S7-4	5,97 ± 0,69	4,58 ± 0,45	8,89 ± 1,23
S10-4	6,72 ± 0,50	3,69 ± 0,95	9,63 ± 1,92
S0-8	6,89 ± 0,85	2,57 ± 0,75	9,13 ± 0,45
S5-8	6,05 ± 0,12	2,70 ± 0,56	7,52 ± 0,82
S7-8	6,15 ± 0,66	3,36 ± 0,35	9,12 ± 0,55
S10-8	5,41 ± 0,98	3,89 ± 0,10	8,53 ± 1,41

#### 4.5. Senzorska svojstva

U tablici 7 prikazani su rezultati za opću prihvatljivost u senzorskoj analizi. Iz dobivenih rezultata je vidljivo da je tretman ozoniranom vodom 7 i 10 minuta imao negativan utjecaj na opću prihvatljivost, a od 5 minuta pozitivan. Za sve uzorke se opća prihvatljivost smanjuje tijekom skladištenja. Može se primijetiti da su kontrolni uzorak i onaj tretirani 5 minuta (S i K) bili najbolje prihvaćeni od strane ispitanika u odnosu na druge uzorke. Skladištenje je najviše utjecalo na uzorke tretirane 7 i 10 minuta osmog dana.

U istraživanju Beltrán i sur. (2005) promatrali su na početku istraživanja organoleptička svojstva, teksturu, aromu i posmeđivanje MPK. Tijekom 14 dana skladištenja pri 4 °C nije došlo do posmeđivanja uzoraka tretiranih ozonom i uz to su uzorci zadržali tipičnu aromu i čvrstu konzistenciju, što bi moglo navesti na zaključak da su uzorci bili zadovoljavajući.

**Tablica 7.** Rezultati za opću prihvatljivost sirovih i kuhanih uzoraka MPK

Oznaka uzoraka	Opća prihvatljivost
S0-1	4,0 ± 0,9
K0-1	4,3 ± 0,8
S5-1	4,1 ± 0,8
K5-1	4,4 ± 0,7
S7-1	4,1 ± 0,7
K7-1	4,2 ± 0,9
S10-1	4,3 ± 0,8
K10-1	3,7 ± 0,8
S0-4	2,5 ± 0,8
K0-4	3,5 ± 0,7
S5-4	3,9 ± 0,7
K5-4	3,5 ± 0,7
S7-4	3,0 ± 0,8
K7-4	3,4 ± 1,2
S10-4	4,0 ± 0,9
K10-4	3,4 ± 1,2
S0-8	3,5 ± 0,7
K0-8	3,6 ± 0,5

S5-8	3,4 ± 0,7
K5-8	3,6 ± 0,5
S7-8	2,4 ± 0,7
K7-8	2,7 ± 0,8
S10-8	2,3 ± 0,7
K10-8	2,7 ± 0,9

## 5. Zaključci

1. Udio O<sub>2</sub> se smanjuje do 4. dana, a udio CO<sub>2</sub> blago raste te do kraja skladištenja sastav plinova ostaje gotovo nepromijenjen, a najveći udio O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> tijekom skladištenja je izmjeren u netretiranim uzorcima.
2. Svi uzorci tretirani ozoniranom vodom su imali manju UST od kontrolnog uzorka. Tijekom skladištenja u uzorcima tretiranim 5 i 7 minuta UST se povećava s vremenom skladištenja. Kuhanjem se smanjuje UST, ali je viša u uzorcima duže skladištenim. U prosjeku su najviše vrijednosti UST imali kuhani uzorci netretiranog krumpira i onog tretiranog 5 min.
3. Tretman ozoniranom vodom i vrijeme skladištenja utječu na smanjenje pH vrijednosti, a kuhanje na blagi porast.
4. Tretman ozoniranom vodom djeluje pozitivno na očuvanje boje prema izmjerenim vrijednostima parametara boje.
5. Tretman ozoniranom vodom i vrijeme skladištenja utječu na porast svih parametara teksture, s tim da uzorak tretiran 5 minuta ima vrijednosti na kraju skladištenja najbližnje početnom netretiranom uzorku.
6. Senzorski ocijenjena opća prihvatljivost se smanjuje za sve uzorke s duljinom tretiranja i vremenom skladištenja tako da su uzorci tretirani 0 i 5 minuta bili najbolje prihvaćeni u odnosu na ostale uzorke.
7. Općenito, tretman ozoniranom vodom od 5 minuta imao je najbolju učinkovitost prilikom održavanja kvalitete MPK.



## 6. Popis literature

1. Abbas, T., Ali, S., Hussain, A., Fatima, I., Hussain, B., Alam, R., Hasnain, Z. (2017) Impact of packaging materials on the quality attributes of potato (*Solanum tuberosum L.*) during storage. *Pure Applied Biology* **63**: 21-34.
2. Ahmad, M., Farooq, S., (1985) Influence of bubble sizes on ozone solubility utilization and disinfection. *Water Science and Technology* **17**: 1081-1090.
3. Ahvenainen, R. (2000) Ready to use Fruit and Vegetables: This Technical Manual was Prepared for Flair-Flow Europe by. Teagasc, The National Food Centre, Dublin. str. 13.
4. Allende, A., Aguayo, E., Artés, F. (2004) Quality of commercial fresh processed red lettuce throughout the production chain and shelf life. *International Journal of Food Microbiology* **91**: 109-117.
5. Angós, I., Virseda, P., Fernández, T. (2008) Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by means of low and high O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> atmospheres. *Postharvest Biology and Technology* **48**: 422–430.
6. Artés, F., Castaner, M., Gil, M. I. (1998) Enzymatic browning in minimally processed fruit and vegetables. *Food Science and Technology International* **4**: 377-389.
7. Artés, F., Allende, A. (2014) Minimal Fresh Processing of Vegetables, Fruits and Juices: U: Emerging Technologies for Food Processing, 2. izd., Sun D-W., ur., Academic Press, Dublin. str. 583–597.
8. Artés, F., Gómez, P. A., Artés-Hernandez, F. (2006) Modified atmosphere packing of fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review* **5**: 1-13.
9. Augustin, J., Johnson, S. R., Teitzel, C., True, R. H., Hogan, J. M., Toma, R. B., ... Deutsch, R. M. (1978) Changes in the nutrient composition of potatoes during home preparation: II. Vitamins. *American Potato Journal* **55**: 653–662.
10. Bablon, G., Bellamy, W. D., Bourbigot, M-M., Daniel, F. B., Dore, M., Erb, F., Gordon, G., Langlais, B., Laplanche, A., Legube, B., Martin, G., Masschelein, W.J., Pacey, G., Reckhow, D. A. and Ventresque, C. (1991) Fundamental aspects. U: Ozone in water treatment, application and engineering, Langlais G., Reckhow D.A., Brink D. R., ur., Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI. str. 11–132.
11. Beltrán, D., Selma, M. V., Tudela, J. A., Gil, M. I. (2005) Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biology and Technology* **37**: 37–46.

12. Booth, R. H., Shaw, R. L. (1981) Principles of Potato Storage, International Potato Centre, Lima. str. 80.
13. Bradshaw, J. E., Ramsay, G. (2009) Potato Origin and Production. U: Advances in Potato Chemistry and Technology, 2. izd., Singh J., Kaur L., ur., Academic Press, London. str. 1–26.
14. Brecht, J. K. (1995) Psysiology of lightly processed fruits and vegeables. *HortScience* **30**: 18-21.
15. Burton, W. G. (1978) The physics and physiology of storage. U: The potato crop, 2. izd., Harris P. M., ur., Springer, Boston MA. str. 545–606.
16. Burton, W. G. (1989) The Potato, 3. izd., Longman Scientific and Technical, Harlow.
17. Calder, B. L., Skonberg, D. I., Davis-Dentici, K., Hughes, B. H., Bolton, J. C. (2011) The Effectiveness of Ozone and Acidulant Treatments in Extending the Refrigerated Shelf Life of Fresh-Cut Potatoes. *Journal of Food Science* **76**: S492–S498.
18. Camire, M. E. (2016) Potatoes and Human Health. U: Advances in Potato Chemistry and Technology, 2. izd., Singh J., Kaur L., ur., Academic Press., London. str. 685–704.
19. Camire, M. E., Kubow, S., & Donnelly, D. J. (2009) Potatoes and Human Health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **49**: 823–840.
20. 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.
21. CFIA (2015), <  
<http://www.inspection.gc.ca/plants/potatoes/eng/1299171929218/1299172039964> >, Pristupljeno: 28. 4. 2019.
22. Chassery S., Gormley T. R. (1994) Quality and shelf life of pre-peeled vacuum packed potatoes, *Farm and Food* **4**: 30–32.
23. Dennis, J. E. B. (1993) The effects of selected antibrowning agents, selected packing methods, and storage times on some characteristics of sliced raw potatoes. Doktorska dizertacija, Oklahoma State University, Stillwater.
24. Dunford, H. B., Stillman, J. S. (1976) On the function and mechanism of action of peroxidases. *Coordination chemistry reviews* **19**: 187-251.

25. Fonseca, S. C., Oliveira, F. A. R., Brecht, J. K. (2002) Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering* **52**: 99-119.
26. Foster-Powell, K., Holt, S. H. A., Brand-Miller, J. C. (2002) International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *The American Journal of Clinical Nutrition* **76**: 5–56.
27. Friedman, M. (1997) Chemistry, biochemistry and dietary role of potato polyphenols. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **45**: 1523-1540.
28. FSW (2016) First Source Worldwide, <<http://www.fsw.cc/color-spaces/>>, Pristupljeno: 5. 4. 2019.
29. Govindakrishan, P. M., Haverkort, A. J. (2006) Ecophysiology and Agronomic Management. U: Handbook of Potato Production, Improvement, and Postharvest Management, Gopal, J., Khurana S. M. P., ur., Food Products Press, New York. str. 179-229.
30. Graham, D.M. (1997) Use of ozone for food processing, *Food Technology* **51**: 72–75.
31. HANNA instruments office (2017) <<http://hannainst.hr/5-savjeta-za-kalibraciju-vaseg-ph-mjeraca/>>, Pristupljeno: 5. 4. 2019.
32. Heleno, F. F., de Queiroz, M. E. L., Faroni, L. R., Neves, A. A., de Oliveira, A. F., Costa, L. P., Pimenta, G. G. (2016) Aqueous ozone solutions for pesticide removal from potatoes. *Food Science and Technology International* **22**: 752-758.
33. Ioannou, I., Ghoul, M. (2013) Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. *European Scientific Journal* **9**: 310-341.
34. Jansky, S. H. (2010). Potato Flavour. U: Handbook of Fruit and Vegetable Flavours, Hui, Y. H., ur., John Wiley and Sons, Inc., New Jersey, str. 935-946.
35. Jones, D. H. (1984) Phenylalanine ammonia-lyase: regulation of its induction, and its role in plant development. *Phytochemistry* **23**: 1349-1359.
36. Laurila, E., Ahvenainen, R. (2002) Minimal processing in practice: fresh fruits and vegetables. U: Minimal Processing Technologies in the Food Industries, Ohlsson T., Bengtsson N., ur., Woodhead Publishing, Cambridge. str. 219-244.
37. Lelas, V. (2008). *Procesi pripreme hrane*. Golden marketing-Tehnička knjiga.
38. 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.

39. Luo, Y., Barbosa-Canovas, G. V. (1995) Inhibition of apple-slice browning by 4-hexylresorcinol. U: Enzymatic Browning and Its Prevention, Lee, C. Y., Whitaker, J. R., ur., American Chemical Society, Washington, DC. str. 240-250.
40. Manley T. C., Niegowski S. J. (1967) Ozone. U: Encyclopedia of chemical technology, 14. svezak, 2. izd., Othmer K., ur., Wiley, New York. str. 410–432.
41. Marković, K., Vahčić, N., Hruškar, M. (2017) Analitika prehrambenih proizvoda, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
42. Marković, K., Vahčić, N., Hruškar, M. (2017) Senzorske analize hrane, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
43. McGregor, I. (2007) The Fresh Potato Market. U: Potato Biology and Biotechnology Advances and Perspectives, 1. izd., Vreugdenhil D., ur., Elsevier, Oxford. str. 3–26.
44. McGuire R. G. (1992) Reporting of objective colour measurements. *Horticultura Science* **27**: 1254–1255.
45. Nguyen-the, C., Carlin, F. (1994) The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *CRC Critical Reviewa in Food Science and Nutrition* **34**: 371-401.
46. Ölmez, H., Kretzschmar, U. (2009) Potential alternative disinfection methods for organicfresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. *LWT Food Science and Technology* **42**: 686–693.
47. Patil, S., Valdramidis, V. P., Cullen, P. J., Frias, J., Bourke, P. (2010) Inactivation of Escherichia coli by ozone treatment of apple juice at different pH levels. *Food microbiology* **27**: 835-840.
48. Pinhero, R. G., Coffin, R., Yada, R. Y. (2009) Post-harvest Storage of Potatoes. U: Advances in Potato Chemistry and Technology, 2. izd., Singh J., Kaur L., ur., Academic Press, London. str. 339–370.
49. Prabha, V. I. T. H. U., Barma, R. D., Singh, R. A. N. J. I. T., Madan, A. D. I. T. Y. A. (2015) Ozone technology in food processing: A review. *Trends in Biosciences* **8**: 4031-4047.
50. Priestley, H. (2006) How to think like consumers... and win! U: Potatodevelopments in a changing Europe, Haase, N.U., Haverkort, A.J. ur., Wageningen Academic Publisher, Wageningen. str. 189–198.
51. Prota, G. (1988). Progress in the chemistry of melanins and related metabolites. *Medicinal research reviews* **8**: 525-556.

52. Raatz, S. K., Idso, L., Johnson, L. K., Jackson, M. I., Combs, G. F. (2016) Resistant starch analysis of commonly consumed potatoes: Content varies by cooking method and service temperature but not by variety. *Food Chemistry* **208**: 297–300.
53. Radić, D. "Web sjedište BUZDO" Split Hrvatska <<https://informatika.buzdo.com/s944-ph-metar.htm>>, Pristupljeno: 5. 4. 2019.
54. Rice, R.G., (1986) Application of ozone in water and waste water treatment. U: Analytical Aspects of Ozone Treatment of Water and Waste Water, Rice, R.G., Browning, M.J., ur., Syracuse The institute, New York, str. 726.
55. Rice, R. G., Robson, C. M., Miller, G. W., Hill, A. G., (1981) Uses of ozone in drinking water treatment. *Journal American Water Works Association* **73**: 4457.
56. Rocculi, P., Romani, S., Gómez Galindo, F., & Dalla Rosa, M. (2009) Effect of minimal processing on physiology and quality of fresh-cut potatoes: a review. *Food* **3**: 18-30.
57. Rocha, A. M. C. N., Coulon, E. C., Morais, A. M. M. B. (2003) Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food Service Technology* **3**: 81–88.
58. Saltveit, M.E. (1997) Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. U: Phytochemistry of fruit and vegetables. Tomás-Barberán, F.A., Robins, R.J., ur., Oxford University Press, New York. str. 205-220.
59. Santerre, C. R., Leach, T. F., Cash J. N. (1991) Bisulfite alteratives in processing abrasion-peeled Russet Burbank potatoes. *Journal of Food Science* **56**: 257-259.
60. Senser F., Scherz H. (1991) Der kleine „Souci-Fachmann-Kraut“. Lebensmittelabelle für die Praxis. 2.izdanje. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH.
61. Shetty K. K., Kochan W. J., Dwelle R. B. (1989) Use of heat-shrinkable plastic film to extend shelf life of 'Russet Burbank' potatoes. *Hortscience* **24**: 643–646.
62. Shivhare, U. S., Gupta, M., Basu, S., & Raghavan, G. S. V. (2009) Optimization of Blanching Process for Carrots. *Journal of Food Process Engineering* **32**: 587-605.
63. Storey, M. (2007) The Harvested Crop. U: Potato Biology and Biotechnology Advances and Perspectives, Vreugdenhil D., ur., Elsevier, Oxford. str. 441–470.
64. Toivonen, P. M. A., Stan, S., (2004) The effect of washing on physicochemical changes in packaged, sliced green peppers. *International Journal Food Science and Technology* **39**: 43–51.

65. Tomás-Barberán, F. A., Gil, M. I. (2008) Improving the Health-Promoting Properties of Fruit and Vegetables Products. Woodhead Publishing, Cambridge, UK. str. 249.
66. Toth, N. (2018) Proizvodnja povrća, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
67. van Es, A., Hartmans, K. J. (1987) Water balance of the potato tuber. U: Storage of potatoes, Rastovski, A., van Es A., ur., PUDOC, Wageningen. str. 141–147.
68. Varoquaux P., Mazollier J., Albagnac G. (1996) The influence of raw material characteristics on the storage life of fresh-cut butterhead lettuce. *Postharvest Biology and Technology* **9**: 127-139.
69. Whitaker, J. R., Lee, C. Y. (1995) Recent advances in chemistry of enzymatic browning. *Enzymatic browning and its prevention* **600**: 2-7.
70. Victorin, K. (1992) Review of the genotoxicity of ozone. *Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology*, **277**: 221-238.
71. Wiley, R. C. (1994) Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables, Chapman and Hall, New York. Str. 15-65.

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

## Izjava o izvornosti

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

Marina Dagićević

ime i prezime studenta