

# Održivost vakuum impregniranog krumpira pakiranog u modificiranoj atmosferi

---

Mikičević, Mirela

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:079163>

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

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

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

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



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

**MIRELA MIKIČEVIĆ**

**ODRŽIVOST VAKUUM IMPREGNIRANOG KRUMPIRA PAKIRANOG U  
MODIFICIRANOJ ATMOSFERI**

**DIPLOMSKI RAD**

**Osijek, srpanj, 2017.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

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

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti  
**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija  
**Nastavni predmet:** Tehnologija prerade sirovina biljnog podrijetla II  
**Tema rada** je prihvaćena na III. izvanrednoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2016./2017. održanoj 3. srpnja 2017.).  
**Mentor:** prof. dr. sc. Nela Nedić Tiban

### **ODRŽIVOST VAKUUM IMPREGNIRANOG KRUMPIRA PAKIRANOG U MODIFICIRANOJ ATMOSFERI** *Mirela Mikićević, 395-DI*

#### **Sažetak:**

Krumpir je vrlo važna sirovina u prerađivačkoj industriji. Mehaničke operacije (guljenje, rezanje i dr.) koje se provode kod minimalnog procesiranja imaju za posljedicu povećanje intenziteta respiracije sirovine, transpiracije, enzimske aktivnosti i mikrobiološke proliferacije, što skraćuje rok trajanja pakiranog proizvoda na nekoliko dana. Razvojem novih metoda obrade i pakiranja te se nepoželjne promjene nastoje usporiti ili spriječiti. Cilj ovog rada bio je istražiti održivost vakuum impregniranog krumpira obrađenog sa zamjenom za sol, askorbinskom kiselinom, kalcijevim kloridom i kalcijevim askorbatom. Pakiranje je provedeno u PA/PE vrećicama od 90 i 130 µm u uvjetima niske koncentracije kisika (3 tipa modificirane atmosfere). Tijekom 12 dana čuvanja pri 4 °C praćena je koncentracija kisika i ugljičnog dioksida u pakiranjima, te boja i čvrstoća minimalno procesiranog krumpira. Analize nekih parametara kemijskog sastava (ukupna i topljiva suha tvar, udio natrijevog klorida, fenolnih tvari) kao i mikrobiološke analize (aerobne mezofilne bakterije, aerobne psihrofilne bakterije, kvasci i plijesni) provedene su nultog dana, te 6. i 12. dan skladištenja pri 4 °C. Najbolju održivost tijekom 12 dana, posebno u pogledu boje i čvrstoće minimalno procesiranog krumpira pokazali su uzorci obrađeni kombinacijom 3% zamjenske soli, 2% askorbinske kiseline i 0,2% kalcijevog klorida.

**Ključne riječi:** Krumpir, minimalno procesiranje, modificirana atmosfera, vakuum impregnacija

**Rad sadrži:** stranica  
34 slike  
11 tablica  
28 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** Hrvatski

#### **Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:**

- |                                     |               |
|-------------------------------------|---------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. Anita Pichler | Predsjednik   |
| 2. prof. dr. sc. Nela Nedić Tiban   | Član – mentor |
| 3. doc. dr. sc. Ante Lončarić       | Član          |
| 4. prof. dr. sc. Jurislav Babić     | Zamjena člana |

**Datum obrane:** 14. srpnja 2017.

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

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Food Technology Osijek  
Department of Food Technologies  
Subdepartment of Technology of Fruits and Vegetables  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

**Scientific area:** Biotechnical sciences  
**Scientific field:** Food technology  
**Course title:** Technology of processing of raw materials of plant origin II  
**Thesis subject** was approved by the Faculty Council of the Faculty of Food Technology Osijek at its session no. III held on July 03, 2017  
**Mentor:** *Nela Nedić Tiban*, PhD, full prof.

### ***SUSTAINABILITY OF VACUUM IMPREGNATED POTATOES IN MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING***

*Mirela Mikičević, 395-DI*

#### **Summary:**

Potato is an extremely important raw material in the processing industry. Mechanical operations (stripping, cutting etc.), which are carried out during the minimally processing causes an increase in respiration intensity, transpiration, enzyme activity and microbiological proliferation in raw material, which shortens expiration date for a few days. Due to the development of new methods of processing and packaging, those undesirable changes could be decreased, or even prevent. The purpose of this thesis was to investigate the sustainability of vacuumed impregnated new potato treated with the salt substitute, ascorbic acid, calcium chloride and calcium ascorbate. The packaging was carried out in 90 µm and 130 µm PA/PE bags under the condition of low oxygen concentration (3 types of modified atmosphere). During 12 days of storage at 4 °C, the concentration of oxygen and carbon dioxide in packaging was monitored, as well as the colour and firmness of the minimally processed potato. Analysis of some chemical composition parameters (total and soluble dry matter, content of sodium chloride, phenolic compounds), as well as microbiological analyses (aerobic mesophilic bacteria, aerobic psychrophilic bacteria, yeast and moulds) were carried out on day 0, and on day 6 and 12 of the storage on the temperature of 4 °C. The best sustainability during 12 days, regarding the colour and firmness of the minimally processed potato, had samples treated with the combination of 3% salt substitute, 2% of ascorbic acid, and 0.2% of calcium chloride.

**Key words:** Potato, minimally processing, modified atmosphere, vacuum impregnation

**Thesis contains:** pages  
34 figures  
11 tables  
28 references

**Original in:** Croatian

#### **Defense committee:**

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. <i>Anita Pichler</i> , PhD, associate prof. | chair person |
| 2. <i>Nela Nedić Tiban</i> , PhD, full prof.   | supervisor   |
| 3. <i>Ante Lončarić</i> , PhD, assistant prof. | member       |
| 4. <i>Jurislav Babić</i> , PhD, full prof.     | stand-in     |

**Defense date:** July 14, 2017

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

Zahvaljujem se mentorici, prof. dr. sc. Neli Nedić Tiban, na predloženoj temi, velikoj pomoći, susretljivosti, pristupačnosti i savjetima tijekom izvršavanja eksperimentalnog dijela diplomskog rada kao i pisanja diplomskog rada.

Posebno se zahvaljujem svojoj majci koja mi je bila omogućila studiranje i sestri koja mi je bila potpora tijekom studiranja.

## Sadržaj

1.	UVOD.....	1
2.	TEORIJSKI DIO .....	3
2.1.	Morfološke karakteristike krumpira.....	4
2.2.	Kemijski sastav krumpira .....	6
2.3.	Proizvodnja krumpira .....	10
2.4.	Minimalno procesiranje hrane .....	18
2.5.	Vakuum impregnacija.....	22
2.6.	Modificirana atmosfera .....	24
2.7.	Mikrobiološko kvarenje povrća .....	26
3.	EKSPERIMENTALNI DIO .....	28
3.1.	ZADATAK.....	29
3.2.	MATERIJAL I METODE.....	30
3.2.1.	Materijal .....	30
3.2.2.	Metode .....	30
4.	REZULTATI I RASPRAVA .....	39
4.1.	Rezultati mjerenja boje .....	40
4.2.	Rezultati određivanja parametara kemijskog sastava i pH vrijednosti uzoraka.....	50
4.3.	Rezultati mjerenja čvrstoće uzoraka .....	52
4.4.	Rezultati određivanja koncentracije O <sub>2</sub> i CO <sub>2</sub> u uzorcima krumpira .....	54
4.5.	Rezultati mikrobiološke analize uzoraka .....	58
4.6.	RASPRAVA.....	59
5.	ZAKLJUČCI .....	62
6.	LITERATURA.....	64

## 1. UVOD

Krumpir pripada porodici *Solanaceae*, roda *Solanum*, od kojih je *Solanum tuberosum* najrašireniji.

Prvo korištenje krumpira se spominje prije više od 8000 godina i to na zapadnom dijelu Južne Amerike. Tako se država Peru smatra pradomovinom krumpira. Na europskom tlu se pojavljuje krajem 16. stoljeća, gdje tek u 18. i 19. stoljeću dobiva veći značaj kao osnovna prehrambena namirnica.

Krumpir ima dobru nutritivnu vrijednost te je odličan izvor ugljikohidrata odnosno škroba. Bogat je izvor vitamina C, niacina, vitamina B6, pantotenske kiseline, tiamina, folata te minerala kalija, magnezija, fosfora, željeza, mangana, kalcija te prehrambenih vlakana.

Stabilna je i otporna biljka koja se konzumira tijekom cijele godine zbog mogućnosti skladištenja kao i različitih uvjeta procesiranja. Prerada krumpira i zamjena potrošnje svježeg krumpira različitim oblicima konzerviranog, i u većoj ili manjoj mjeri prerađenog, proteklih je desetljeća neprekidno rasla. Tu značajno mjesto zauzima minimalno procesirani krumpir, posebice mladi krumpir. Iako se minimalnim procesiranjem osiguravaju pogodnosti u smislu lake pripreme i uštede vremena, s druge strane, ono ima za posljedicu povećanje intenziteta respiracije sirovine, transpiracije, enzimske aktivnosti i mikrobiološke proliferacije, reducirajući rok trajanja pakiranog proizvoda na nekoliko dana. Razvojem novih metoda obrade i pakiranja te se nepoželjne promjene nastoje usporiti ili spriječiti.

Cilj ovog rada je produžiti vijek trajanja mladom krumpiru obradom vakuum impregnacijom u otopinama inhibitora posmeđivanja i pakiranjem u modificiranoj atmosferi. Vakuum impregnacija ima zadnjih godina značajnu primjenu kao metoda predobrade, ponajprije u cilju obogaćivanja krumpira askorbinskom kiselinom, kao i mineralima, npr. cinkom, željezom, itd.

Ključna operacija u proizvodnji minimalnog procesiranja je pakiranje. U radu su primijenjene niske koncentracije kisika kako bi se izbjegli anaerobni uvjeti koji nastaju tijekom skladištenja krumpira pakiranog u vakuumu. Tijekom 12 dana čuvanja pri 4 °C praćena je koncentracija kisika i ugljičnog dioksida u pakiranjima različite debljine folija, te boja i čvrstoća minimalno procesiranog krumpira. Analize nekih parametara kemijskog sastava (ukupna i topljiva suha tvar, udio natrijevog klorida, fenolnih tvari) kao i mikrobiološke analize (aerobne mezofilne bakterije, aerobne psihrofilne bakterije, kvasci i plijesni) provedene su nulti, 3., 6. i 12. dan u odabranim uzorcima.



## 2. TEORIJSKI DIO

## 2.1. MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE KRUMPIRA

Krumpir (*Solanum Tuberosum L.*) je višegodišnja zeljasta biljka koja se sastoji od stabljike s listovima, korijena i gomolja. Krumpir sadrži alkaloid solanin koji je otrovan zbog čega je cijela biljka krumpira otrovna, osim gomolja. Ovisno o uvjetima uzgoja krumpir doseže od 30 do 150 cm. (Lešić i sur., 2002.).

### Listovi

Listovi su neparno perasti i smješteni na stabljici na različitim visinama. U njima se odvija proces staničnog disanja i fotosinteze. Tijekom fotosinteze nastaju ugljikohidrati, koji se sladište u gomolju i glavni su sastojak suhe tvari gomolja (Butorac i Bolf, 2000.).

### Stabljika

Stabljika krumpira se razvija iz klice gomolja, te postoje dvije vrste stabljika. Glavne stabljike rastu direktno iz majčinskog gomolja, dok sekundarne stabljike rastu iz bočnih ogranaka primarnih stabljika. Krumpir se razvija u više razina, glavna stabljika sa složenim listovima je prva razina dok su prve dvije bočne stabljike s provodnicom druga razina (Butorac i Bolf, 2000; Lešić i sur., 2002).

### Cvjetovi

Cvjetovi se sastoje od bijelih, ljubičastih ili ružičastih latica. Na cvjetovima se razvijaju bobice u kojima se formira 100-200 sjemenki koje su sitne, plosnate i ovalne. Sjemenke služe oplemenjivanju i nazivaju se pravim ili botaničkim sjemenom. U proizvodnji cvjetovi nemaju važnost za formiranje gomolja (Butorac i Bolf, 2000; Lešić i sur., 2002).

### Stoloni

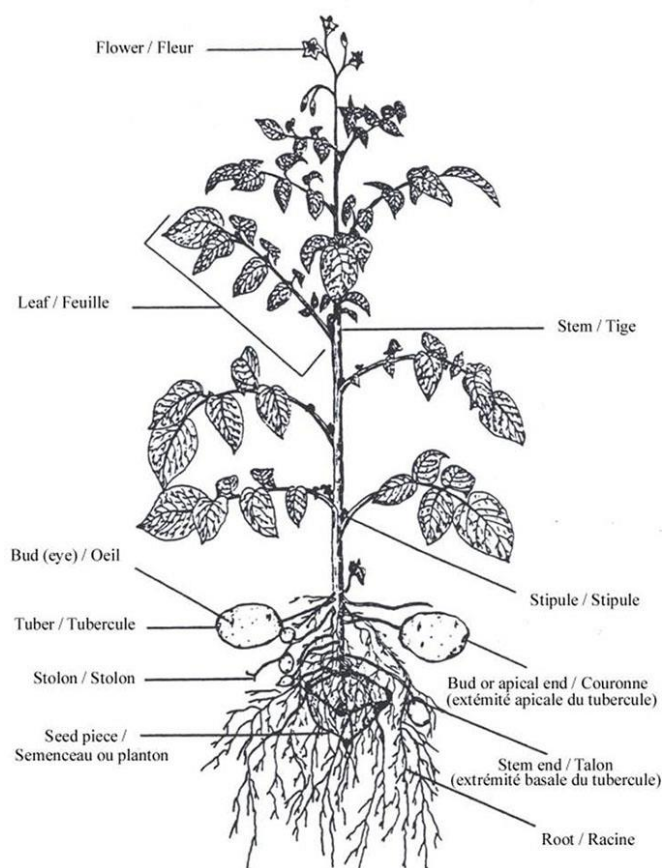
Stoloni su podzemne stabljike na kojima se formiraju gomolji. Na glavnoj stabljici se može razviti nekoliko stolona zbog čega svaka glavna stabljika može formirati i po nekoliko gomolja (Butorac i Bolf, 2000.).

### Gomolj

Gomolj je dio biljke gdje se skladište rezervne tvari (škrob) i koje služe za reprodukciju i preživljavanje zime. Na presjeku gomolja razlikujemo, izvana prema unutrašnjosti, pokožicu, koru, provodni prsten, rezervni parenhim i srčiku. Nepropusna pokožica na površini štiti zreli gomolj od isušivanja i biljnih bolesti (Butorac i Bolf, 2000; Lešić i sur., 2002).

### Korijen

Korijen krumpira je plitak i nalazi se na dubini tla od 40-50 cm, a u propusnim tlima na 80-100 cm. Korijen se razvija najviše u fazi cvatnje dok dozrijevanjem polagano odumire (Lešić i sur., 2002.).



**Slika 1** Dijelovi biljke krumpir (Butorac i Bolf, 2000.)

## 2.2. KEMIJSKI SASTAV KRUMPIRA

Mnogi čimbenici utječu na sastav krumpira. Veliku ulogu ima vrsta, sorta, karakteristike tla, gnojenje te primjenjene agrotehničke mjere tijekom uzgoja.

**Tablica 1 i 2** Kemijski sastav krumpira

Sastojci	%
Voda	74,9-77,8
Sirove bjelančevine	1,2-2,5
Ugljikohidrati	17,0-20,9
Škrob	9,0-21,4
Ukupni pektini	0,2- 0,8
Sirova vlakna	0,4-1,0
Limunska kiselina	do 1,0
Jabučna kiselina	do 1,0
Oksalna kiselina	do 1,0

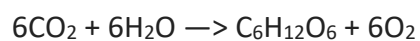
Sastojci	mg/100g
Mineralne tvari	1100
Natrij	6,0-30
Kalij	339,0-600
Magnezij	15,9-39
Kalcij	2,9-17
Mangan	0,05-0,28
Željezo	0,70-1,1
Bakar	0,10-0,17
Cink	0,02-0,4
Fosfor	31,00-86,00
Fluorid	0,021-0,077
Jodid	0,003-0,007

**Tablica 3** Udio vitamina u krumpiru (Talbert, 1987.)

Sastojci	mg/100g
Karoten	0,002-0,06
Vitamin B1	0,054-0,18
Vitamin B2	0,038-0,11
Nikotinamid	1,00-2,36
Pantotenska kiselina	0,24- 0,70
Vitamin B6	0,098-0,23
Biotin	do 0,0006
Vitamin C	3,0-30,0

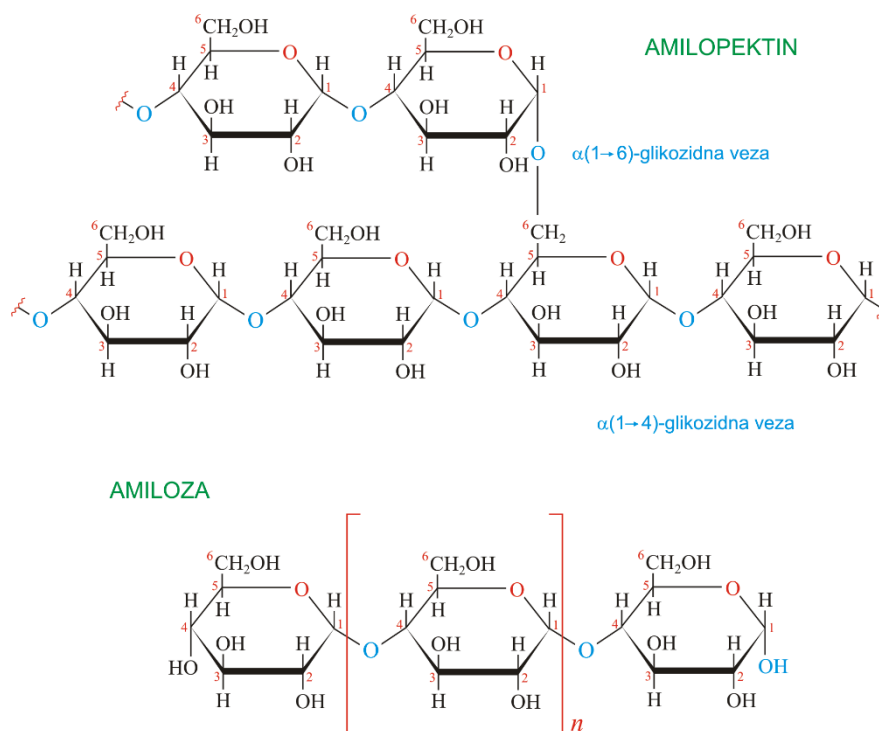
### Škrob

Škrob je najvažniji sastojak krumpira i on čini 68-90% ukupne količine suhe tvari krumpira. To je složeni ugljikohidrat, polisaharid. Nastaje kao produkt asimilacije u lišću zelenih biljaka.



Nagomilava se u gomoljima, plodovima, sjemenkama biljaka u obliku granula koje ga koriste kao hranu za vrijeme mirovanja, klijanja i rasta. Škrob krumpira se sastoji od oko 80%

amilopektina i oko 20% amiloze. Amiloza je linearne građe i njene su molekule povezane  $\alpha$ -1,4 glikozidnim vezama. Amilopektin je razgranate građe i njegove molekule su povezane  $\alpha$ -1,4 vezama i  $\alpha$ -1,6 vezama na mjestima grananja (Talbert, 1987.).



**Slika 2** Amiloza i amilopektin

### Šećer

Udio šećera u krumpiru je do 10%. Najčešće zastupljeni šećeri su saharoza, glukoza i fruktoza. Ovisno o uvjetima i vremenu skladištenja udio može varirati (Talbert, 1987.).

### Sirova vlakna

Sirova vlakna su sastavni dio staničnih stijenki krumpira. Udio im je od 0,4-1%. To su pretežno celuloza i lignin (Talbert, 1987.).

### Pektin

Sadržaj pektina u krumpiru je oko 0,25-1%. Udio značajno ovisi o promjenama tijekom kuhanja (Talbert, 1987.).

## Lipidi

Udio lipida je oko 0,2% i to uglavnom u kloroplastima. Tijekom skladištenja dolazi do povećanja višestruko nezasićenih masnih kiselina, naročito linolenske (Talbert, 1987.).

## Bjelančevine i enzimi

Udio bjelančevina je oko 2-3%, a udio slobodnih masnih kiselina u krumpiru 0,8-1,5%. Krumpir je bogat mnogim enzimima, a naročito su značajni oni koji sudjeluju u sintezi i pretvaranju škroba i šećera (Talbert, 1987.).

## Vitamini

Konsumacijom 350 grama krumpira dnevno može se pokriti dnevna potreba za vitaminom C do 60%. Tijekom skladištenja smanjuje se udio askorbinske kiseline za 50%. Kuhanjem u ljusci se gubi 10% vitamina C, a kuhanjem oguljenog krumpira čak 30%. Krumpir sadrži male količine masti, zbog čega je udio vitamina topljivih u masti mali. Udio vitamina topljivih u vodi je znatno veći i to naročito vitamina C, vitamina B kompleksa: tiamin (B1), riboflavin (B2) i nijacin.

Minerali i elementi u tragovima prisutni u krumpiru su također dovoljni za zadovoljavanje dnevnih potreba u ljudskoj prehrani (Talbert, 1987.).

## Fenolni spojevi i karotenoidi

Fenoli spojevi i karotenoidi su važni za boju krumpira, ali i odgovorni za nepoželjne promjene boje nakon oštećenja ili kuhanja (Talbert, 1987.). Najzastupljeniji fenolni spojevi u krumpiru su klorogenska kiselina, kava kiselina, katehol, DOPA (3,4-dihidroksi fenilalanin), te p-hidroksifenil propionska kiselina i p-hidroksifenil pirogroždana kiselina (web 1).

## 2.3. PROIZVODNJA KRUMPIRA

Kod proizvodnje krumpira važno je obratiti pozornost na nekoliko čimbenika: temperaturu, svjetlost, duljinu dana, oborine i zemljište. Rast i razvoj krumpira su najbolji u umjerenim temperaturama ili na nešto nižim temperaturama. Razvoj gomolja je najpovoljniji na temperaturama između 15-20 °C, iako su mnoga istraživanja pokazala da gomolji najbolje rastu kod tzv. alternirajućih temperatura gdje je temperatura po danu oko 20 °C, a noću 14-



15 °C. Ako temperature prijeđu 29 °C, prestaje nakupljanje asimilata u gomolju jer proces disanja postaje intenzivniji od procesa asimilacije. Visoke temperature mogu izazvati sekundarni rast, proklijavanje gomolja u tlu, otežano čuvanje i skladištenje. Intenzitet svjetla utječe na urod i skladištenje šećera u gomolju. Slabija osvjetljenost rezultira neprimjerenim produljenjem stabljike i manjim listovima u odnosu na normalne. Duljina dana utječe na prinos i tvorbu gomolja, povećava efekt asimilacije, produžuje rast gomolja i sadržaj suhe tvari. Oborine (dovoljna količina vlage) su nužne za formiranje gomolja. Ukoliko nedostaje vode listovi su zatvoreni ili poluzatvoreni, što utječe na smanjenje procesa fotosinteze i stvaranje suhe tvari. Za normalan rast i razvoj potrebno je 90-150 mm/m<sup>2</sup>/mjesec oborina. Tlo treba imati dovoljnu količinu hranjiva i vode. Nužno je osigurati i dobru prozračnost tla. Nepovoljno je za proizvodnju koristiti jako laka tla koja imaju slabi vodni kapacitat, kao i ekstremno teška tla (Butorac i Bolf, 2000.).



**Slika 3** Plod biljke krumpir

## **ORGANOLEPTIČKA SVOJSTVA KRUMPIRA**

Za očuvanje organoleptičkih osobina vrlo su važni uvjeti skladištenja. Vlažnost zraka mora biti 85%, jer u protivnom dolazi do pjegavosti krumpira i gubitka težine. Temperatura ne smije biti ispod 4 °C jer dolazi do hidrolize škroba i krumpir postaje sladak.

Boja

Boja je glavna karakteristika sirovine. Potječe od biljnih pigmenata koji su sastavni dio sirovine i njih je potrebno očuvati. Na stabilnost pigmenata utječe svjetlost, kisik, teški metali, oksidansi, reducensi, temperatura, aktivitet vode i pH. Boja može biti i rezultat djelovanja degradativnih procesa, što utječe na nutritivnu vrijednost hrane, stabilnost, ali i na samu tehnologiju. Pri preradi krumpira može doći do promjene boje za što mogu biti odgovorne sljedeće reakcije:

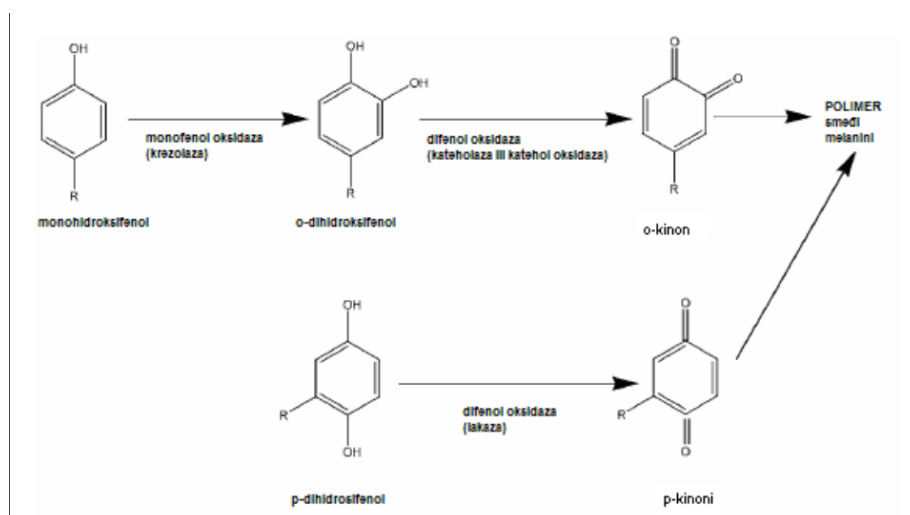
1. Enzimsko posmeđivanje svježe sirovine
2. Neenzimsko posmeđivanje (Maillardove reakcije)

Sirovi krumpir je podložan enzimskom posmeđivanju već tijekom pripreme. Rezanjem i guljenjem krumpira se oštećuju stanice i one postaju podložne djelovanju kisika iz zraka.



**Slika 4** Enzimsko posmeđivanje krumpira

Zbog djelovanja enzima polifenol oksidaze (koja se još naziva i fenolaza, fenoloksidaza, monofenol oksidaza, difenol oksidaza i tirozinaza) dolazi do oksidacije polifenola u kinone. Daljnjim polimerizacijom nastaju smeđe ili crno obojeni spojevi melanini koji rezultiraju nepoželjnim tamnim obojenjem krumpira.



**Slika 5** Shema enzimskog posmeđivanja (web 2)

Sprječavanje enzimskog posmeđivanja se uglavnom bazira na inhibiranju i prevenciji djelovanja polifenol oksidaze, ali i uklanjanjem komponenata koji su važni za odvijanje reakcija (kisika, enzima, supstrata).

Inhibicija se može podijeliti na tri vrste:

1. Inhibicija koja je usmjerena prema enzimima
2. Inhibicija usmjerena prema supstratima
3. Inhibicija usmjerena prema produktima

Općenito, inhibicija usmjerena prema enzimima uključuje:

- a) Zagrijavanje sirovine- blanširanje parom i vodom, pasterizaciju
- b) Hlađenje i zamrzavanje
- c) fizikalne (liofilizacija, sušenje na suncu, sušenje mikrovalovima) i kemijske metode (NaCl i druge soli, saharoza i drugi šećeri)
- d) Iradijacija- gamma zrake, x-zrake, elektronske zrake, kombinacija iradijacije i topline
- e) Visoki tlak
- f) Superkritični CO<sub>2</sub>

- g) Ultrafiltracija
- h) Ultrazvuk
- i) Primjena jestivih filmova
- j) Aromatske karboksilne kiseline- benzojeva kiselina
- k) Peptidi i aminokiseline
- l) Rezorcinol
- m) Proteaze
- n) Limunska kiselina...

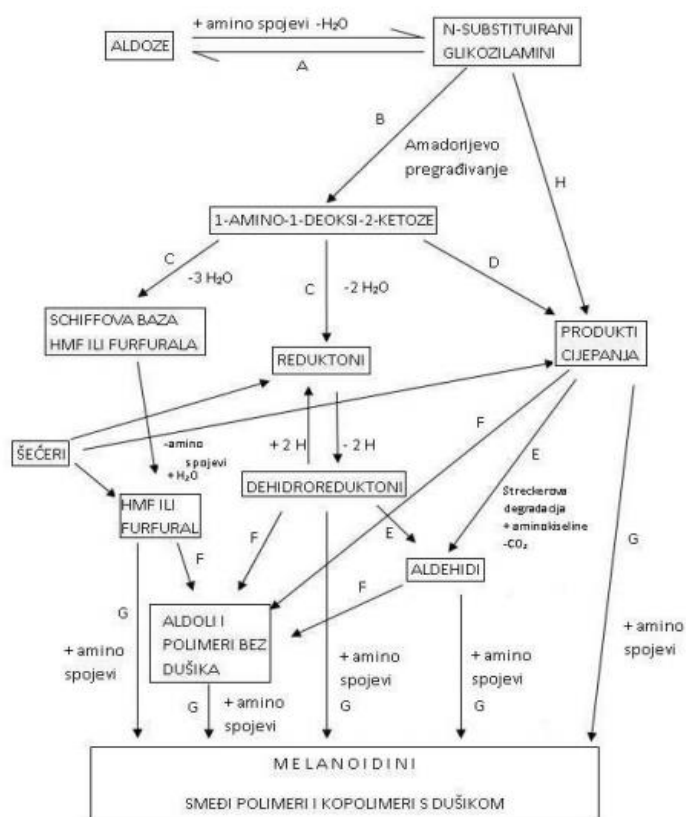
Inhibicija usmjerena prema supstratima i reakcijskim produktima uključuje:

- a) Uklanjanje kisika: obrada vakuumom, potapanjem u vodu, sirupe, otopine soli...)
- b) Uklanjanje fenola: stvaranje kompleksa (hitosan, ciklodekstrini, polisaharidi sa sumporom)
- c) Enzimska modifikacija (metiltransferaze..)
- d) Reducirajuća sredstva: sulfiti, askorbinska kiselina i derivati, cistein i drugi tiolni spojevi
- e) Amino kiseline, peptidi, proteini

Neenzimsko posmeđivanje je mnogo kompleksnije zbog različitih komponenata koje sudjeluju u reakcijama. Tri su tipa neenzimskog posmeđivanja: Maillard-ove reakcije, karamelizacija i neenzimsko posmeđivanje uzrokovano degradacijom askorbinske kiseline.

Među glavne reakcije koje dovode do degradacije proteina tijekom procesiranja i skladištenja spadaju Maillard-ove reakcije. One nastaju između slobodnih amino skupina amino kiselina, peptida ili proteina s karbonilnim skupinama reducirajućih šećera. Na Maillard-ove reakcije utječu aktivitet vode, pH, kemijski sastav hrane i temperatura. Bitan je i tip reducirajućih šećera, pentoze reagiraju brže od heksoza, monosaharidi brže od disaharida. Posljedice ovih

reakcija su nastanak melanoidina, promjene arome, gubitak esencijalnih amino kiselina (lizina, arginina, cisteina, metionina), nastanak tvari za koje je dokazano da imaju mutagena svojstva.



**Slika 6** Shema neenzimskog posmeđivanja

Sprječavanje neenzimskog posmeđivanja primjenjuje se u slučajevima kada je stvaranje boje ili arome nepoželjno. Namirnice je potrebno skladištiti pri niskim temperaturama jer povećanjem temperature za 10 °C brzina reakcije se povećava za 3-6 puta. Skladištenjem ispod -10 °C kod mnogih proizvoda neće doći do posmeđivanja čak i ako se skladište godinu dana. Sniženje pH se pokazalo korisno za usporavanje ovih reakcija, ali samo do određene točke jer pH može uzorkovati druge nepoželjne reakcije. Askorbinsku kiselinu potrebno je očuvati u što većoj mjeri jer ona utječe na sprječavanje neenzimskog posmeđivanja u njegovom početku. Smanjenjem udjela vode u namirnici postupcima dehidratacije se može smanjiti utjecaj neenzimskog posmeđivanja, aktivitet vode ( $a_w$ ) ima značajan utjecaj, stoga treba voditi računa i o udjelu slobodne vode u namirnicama. Uklanjanjem jednog od reaktanata izbjegavaju se Maillard-ove reakcije. Karbonilni spojevi se mogu ukloniti fermentacijom, pomoću enzima itd. Proteini se mogu ukloniti pomoću topline, adsorpcijskih sredstava, itd.

Karamelizacija se događa u namirnicama sa visokim udjelom ugljikohidrata (bez prisustva amina), odnosno tijekom prženja, pečenja, kuhanja sirovina sa visokim udjelom šećera. Ona može biti poželjna ukoliko se želi postići aroma karamela ili smeđa boja proizvoda, no može biti i nepoželjna ukoliko dolazi do stvaranja mutagenih tvari i narušavanja senzorske kvalitete.

Neenzimskom posmeđivanju uzrokovanom degradacijom askorbinske kiseline podliježu mnoge sirovine. Do posmeđivanja dolazi zbog termičke degradacije askorbinske kiseline u aerobnim i anaerobnim uvjetima, oksidativnim ili neoksidativnim mehanizmom, sa prisustvom ili bez prisustva amino kiselina. Na samu degradaciju utječe temperatura, sadržaj soli i šećera, pH, kisik, enzimi, metali (naročito bakar i željezo jer uzrokuju gubitak vitamina C). Zagrijavanjem iznad 98 °C askorbinska kiselina će posmeđiti te će nastati furfural i CO<sub>2</sub>. Glukoza i fruktoza smanjuju brzinu posmeđivanja, kao i amino kiseline, ali samo u početku - kasnije dolazi do ubrzanja reakcija (web 2).

### Aroma

Aroma namirnica potječe od sastojaka koji su specifični za određenu vrstu hrane. To su aldehidi, ketoni, karboksilne kiseline, esteri, eteri, alkoholi, eterična ulja itd. Miris "zemlje" sirovog krumpira potječe od 2-metoksi-3-alkil piracina, dok kuhani krumpir ima ugodan miris koji potječe od slobodnih amino kiselina, naročito glutaminske (Talbert, 1987.).

## SKLADIŠTENJE KRUMPIRA

Uvjeti skladištenja (prije svega temperatura i vlažnost zraka) krumpira su najvažniji za očuvanje organoleptičkih i kulinarskih svojstava gomolja. Potrebno je spriječiti gubitak težine, razvoj bolesti, smanjiti klijavost, spriječiti nakupljanje šećera i drugih sastojaka koji mogu dovesti do posmeđivanja krumpira. Povišena temperatura i vlaga utječu na razvoj mikroorganizama i bolesti. Kontroliranjem ovih parametara potrebno je spriječiti nepoželjne promjene. Najpogodnije temperature čuvanja krumpira su 4-6 °C, uz relativnu vlažnost zraka od 90-95% (Lovrić i Piližota, 1994.).

Bez obzira na kvalitetu skladišta pri čuvanju dolazi do određenih gubitaka. To ovisi o kvaliteti čuvanja, zdravstvenom stanju namirnice, pojavi bolesti, te zbog klijanja. U početku su gubici nastali transpiracijom najveći, te iznose 1-3%. Kasniji uzrok gubitaka je pojava suhe ili mokre

truleži i eventualna pojava klice, te iznose 0,5-0,6% mjesečno. Na samom kraju čuvanja krumpir gubi oko 7-10% od težine početno uskladištenog krumpira (Butorac i Bulf, 2000.).

Prije ulaska u skladište sirovina prolazi niz postupaka. Uklanjaju se ostatci zemlje, kamenja, korijenja i sve druge grube i krupne nečistoće koje potječu s usjeva. Zatim slijedi sortiranje po veličini ili nekom drugom kriteriju ovisno za što je krumpir namijenjen. Sortiranjem se dobiva krumpir koji je pogodan za daljnju preradu dok se neprikladni krumpiri (sitni) uklanjaju. Izdvojeni krumpir se pomoću uređaja za transport unosi u skladište uz što je manje moguće oštećenje gomolja (Voss i sur., 2015.).

Za kvalitetno čuvanje potrebna su skladišta s aktivnom ventilacijom gdje se hlađenje vrši ovisno o temperaturi vanjskog zraka. Aktivna ventilacija je važna budući da se u krumpiru nastavlja proces respiracije u kojem se kisik iz zraka koristi za proces oksidacije šećera, a produkti su ugljikov dioksid, voda i toplina. Zbog toga može doći do povećanja temperature u unutrašnjosti hrpe uskladištenog krumpira te strujanja toplog zraka prema gornjem sloju i kondenzacije na površini zbog niže temperature krumpira pri vrhu.



**Slika 7** Kondenzacija uzrokovana respiracijom krumpira

Protok zraka može biti prirodan ili umjetan - pomoću ventilatora i slično. Krumpir se ohladi i čuva na 5-7 °C pomoću ventiliranog vanjskog hladnog zraka sve dok to vanjske temperature dozvoljavaju. Ako se želi izbjeći pretvorba škroba u šećer i zaslađivanje krumpira potrebno je čuvati krumpir na 7 °C i više. Na 4 °C krumpir je moguće čuvati 10 mjeseci uz uvjet da se vrši ventilacija, na 10 °C 5 mjeseci bez inhibitora klijanja, a 8 mjeseci s inhibitorima klijanja. Proizvođači uglavnom koriste podne kanale i dimnjake od letvi te ventilatore (Bishop i sur., 2000.; Butorac i Bolf, 2000.).



**Slika 8** Skladište krumpira s aktivnom ventilacijom

## 2.4. MINIMALNO PROCESIRANJE HRANE

Primjenom tehnika minimalnog procesiranja nastoji se usporiti rast mikroorganizama i enzimska aktivnost. U idealnim uvjetima, minimalno procesiranje se može definirati i kao „nevidljivo procesiranje“. Minimalno procesirano voće i povrće se dobiva primjenom određenog broja operacija kojima se svojstva i kakvoća sirovine minimalno promijene, tj. proizvod ima vrlo slična svojstva izvornoj sirovini (Rocha i Morais, 2003.). Međutim, operacije poput guljenja i usitnjavanja oštećuju tkivo što pokreće niz reakcija koje u konačnici vode do gubitka kakvoće i značajno skraćuju rok trajanja.

Intenzitet respiracije minimalno procesiranog krumpira povećava se 1,2 do čak 7 puta, ovisno o sirovini, stupnju obrade, dezintegraciji tkiva i temperaturi.

temperatura (°C)	krumpir ( $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ )			
	cijeli-oguljeni	polovice	kriške (2 mm)	štapići (0.95 x 0.95 cm)
2	6,0 – 8,0	8,0	10,0 – 12,0	12,2
5	7,8	7,8 - 9,8	11,7 - 15,6	-
10	17,1 – 19,0	21,0 - 22,8	38,0	-



23	54,0 – 63,0	81,0	-	117-126
----	-------------	------	---	---------

## PRIPREMA KRUMPIRA ZA PRERADU

Krumpir koji se koristi za preradu mora biti zdrav i svjež, u stadiju tehnološke zrelosti, bez stranog mirisa, okusa, primjesa i ostataka sredstava za zaštitu bilja. Početne faze pripreme krumpira su uglavnom slične za sve proizvode od krumpira. Sastoje se od prijema sirovine, pranja, guljenja, inspekcije i rezanja krumpira. Daljnji koraci su specifični za svaki proizvod.

Prva faza je prijem sirovine. Potreban je prostor u kojem će se preuzeti krumpir i skladištiti do same prerade. Kod samog primitka utvrđuje se kvaliteta sirovine različitim metodama. Krumpir uglavnom u tvornice dolazi neopran te ga je potrebno očistiti od zemlje, prašine i stranih tvari. To se provodi „suhim“ i „mokrim“ čišćenjem. Za suho čišćenje se koriste separatori sa strujom zraka, detektori za uklanjanje metala te druga fizička čišćenja. Mokra čišćenje podrazumijeva potapanje, tuširanje, hidrotransport i ultrazvučno čišćenje. Mokra čišćenje je puno učinkovitije za uklanjanje zemlje i pesticida s korjenastog povrća, stoga se češće koristi za preradu krumpira. Zemlja se s gomolja uklanja pomoću mlaza vode pod tlakom u kombinaciji s četkama, dok se kamenčići i otpad uklanjaju pomoću uređaja koji su uklopljeni u sustave za pranje ili na samom početku, u sklopu prijema krumpira. U vodu mogu biti dodani deterdženti ili druga kemijska sredstva kako bi se uklonili mikroorganizmi.



**Slika 9** Mokro pranje krumpira

Zbog ekonomičnosti samog postupka pranja, gdje se troše velike količine vode, u velikim postrojenjima se koriste žljebovi s vodom u kojima se nalazi krumpir. Nečistoće s krumpira već za nekoliko minuta omekšaju i budu oprane, a voda dalje recirkulira i na taj način se osigurava ušteda. Prilikom recirkulacije voda prelazi preko filtera za uklanjanje kamenja i mulja te se odvodi na početak procesa. Voda se prije ispuštanja u okoliš mora pročišćavati kako ne bi došlo do zagađenja okoliša. Sustav ponekad sadrži četke i valjke s izbočenjima za učinkovitije uklanjanje nečistoća dok se krumpir provodi kroz žlijeb i namače u vodi. Nakon procesa pranja krumpiri se cijede i transportiraju do uređaja za guljenje.

Kod određenih vrsta proizvoda potrebno je provesti kalibriranje ili sortiranje. To je postupak gdje se plodovi odvajaju u pojedine kategorije ne osnove fizičkih svojstava (parametara). Osnovni parametri za sortiranje su: veličina, oblik, masa i boja. Postupak se može provoditi ručno ili strojno. Krumpiri se najčešće sortiraju po veličini budući da određene prerađevine zahtijevaju utvrđene dimenzije (npr. pommes frites). Na osnovi dimenzija gomolja vrši se sortiranje na vibrirajućim ili sortirajućim trakama ili sitima koji sadrže otvore odgovarajućih dimenzija. Plodovi koji su manjih dimenzija propadaju kroz sita ili otvore rotirajućih bubnjeva, a plodovi većih dimenzija od otvora se zadržavaju na trakama ili sitima.

Prije samog guljenja krumpir treba dodatno oprati od blata, pijeska i prljavštine jer bi te nečistoće mogle dovesti do oštećenja opreme i strojeva te u konačnici biti rezultatom velikih gubitaka i troškova.

Guljenje je vrlo važan korak u procesiranju budući da njegova učinkovitost direktno utječe na prinos gotovog proizvoda, kvalitetu, na količinu otpada i trošak njegovog uklanjanja. Potrebno je ukloniti tanak površinski sloj krumpirove kore sa što manje otpada. Zbog samog oblika krumpira često je potrebno i ručno obrađivanje kako bi se dobila sirovina zadovoljavajućih karakteristika za daljnju preradu. Krumpiri se gule pomoću topline odnosno pregrijanom vodenom parom, kemijskim ili abrazivnim postupcima. Način na koji će se sirovina guliti ovisi o konačnom proizvodu, kapacitetu postrojenja i djelotvornosti postupka. Na djelotvornost postupka utječu gubici pri guljenju, ne samo zbog iskorištenja već i zbog troškova zbrinjavanja nastalog otpada.

Abrazivno guljenje se koristi kada je potrebno ukloniti jako tanak površinski sloj odnosno da guljenje bude minimalno. Uređaji se sastoje od abrazivnih cilindara, diskova ili valjaka koji su u doticaju s cjelokupnom površinom gomolja i na taj način uklanjaju koru. Ovakvo guljenje se koristi u proizvodnji čipsa i manjim industrijskim postrojenjima. Ukoliko su krumpiri neujednačene i nepravilne površine ovaj postupak guljenja uzrokuje velike gubitke i upravo to mu je i najveći nedostatak. Tijekom procesa guljenja oguljena kora se transportira pomoću mlazova vode.

Guljenje pomoću pregrijane vode pare se vrši tako da se krumpir izlaže vrućoj pari zbog čega dolazi do omekšavanja kore i tkiva ispod nje što omogućava guljenje. Površina krumpira se površinski skuha, bez prodiranja topline u unutrašnjost. Kora se zatim uklanja pomoću uređaja za pranje ili pomoću valjaka s gumenim izbočinama.

Kemijski način guljenja se sastoji od upotrebe kemikalija odnosno lužina i termičke obrade. Dolazi do omekšavanja i odvajanja kore krumpira. Nakon pranja, mokri krumpir se uranja u vruću otopinu lužine, te nakon određenog vremena ispire mlazom vode pod tlakom kako bi se uklonila omekšana kora, ili se ona ukloni mehanički. Potrebno je oguliti krumpir što preciznije i čišće uz što manje gubitke i prodiranje topline u unutrašnjost krumpira. Moguća je primjena raznih varijacija, promjene temperature otopine, vremena izlaganja i koncentracije otopine lužine, ovisno o željenom proizvodu.

Nakon guljenja slijedi postupak uklanjanja dijelova krumpira koji su neprikladni za daljnju preradu. To su ostaci kore, crne mrlje, bolesna ili oštećena područja od insekata, dijelovi s diskoloracijom... Ovaj postupak se provodi ručno i ovisi o kvaliteti sirovine i učinkovitosti guljenja. Budući da je uklonjena kora krumpira koja štiti sirovinu od djelovanja kisika, krumpir postaje podložan oksidacijskim promjenama i pojavi tamnog obojenja. To se sprječava uranjanjem ili prskanjem površine krumpira sa otopinama antioksidanasa.

Daljni postupci prerade ovise o proizvodu koji se želi dobiti.

### **AMBALAŽA I PAKIRANJE**

Pakiranje je najznačajniji postupak za održavanje kvalitete namirnice tijekom transporta, skladištenja, pa sve do krajnje uporabe. Osnovna funkcija je očuvanje kvalitete i sigurnosti

namirnice do trenutka konzumacije. U novije vrijeme sve se više pažnje posvećuje razvoju ambalaže. Nastoji se smanjiti količina ambalažnog materijala u pakiranju, poboljšati dizajn, ali je potrebno i voditi brigu o okolišu. Sve se više koristi aktivno pakiranje, jestivi filmovi i omotači, inteligentno pakiranje, te modificirana atmosfera. Popularnost ovih načina pakiranja je u porastu budući da su potrošači sve više educirani te zahtijevaju sve veću sigurnost, prikladnost, više informacija o proizvodu itd. Nakon ubiranja živi organizam (voće i povrće) nastavlja živjeti te obavljati respiraciju i transpiraciju. Respiracija može biti aerobna i anaerobna. Kod aerobne respiracije dolazi do oksidacije molekula (šećer, škrob) pri čemu nastaju jednostavne molekule (ugljičkov dioksid, voda) uz stvaranje energije (toplina). Anaerobna respiracija se odvija bez prisustva kisika pri čemu dolazi do nepotpune oksidacije, stvaranja etanola i ugljičnog dioksida. Na respiraciju utječe temperatura, količina etilena, koncentracija kisika i ugljikovog dioksida. Povišenjem temperature i količine etilena ubrzava se respiracija (web 3.).



**Slika 10** Linija pakiranja krumpira

## 2.5. VAKUUM IMPREGNACIJA

Vakuum impregnacija je proces kod kojeg se u pore proizvoda impregnira tekućina ili otopina kojom se proizvod obrađuje. Voće i povrće, zbog svoje porozne strukture su idealne sirovine za ovaj postupak. Najčešće primjene vakuum impregnacije u tehnologiji voća i povrća su priprema za skladištenje svježih ubranih plodova, predobrada prije termičke obrade,

predobrada prije zamrzavanja, sušenje osmotskom dehidracijom, vlaženje osušenih proizvoda (npr. žitarica), predobrada prije omskog zagrijavanja i sprječavanje enzimskog posmeđivanja. U tekućini koja se koristi prilikom impregnacije mogu biti otopljeni konzervansi, aditivi, sredstva za poboljšavanje okusa, voda, sol, šećer, alkohol, itd. Vakuum impregnacija se može primjeniti prilikom sušenja, soljenja, fermentacije, hlađenja, zamrzavanja, pakiranja, kandiranja, odnosno gdje voće i povrće dolazi u kontakt s plinovitom ili tekućom fazom. Prilikom konzerviranja (npr. pasterizacija) bez vakuuma također može doći do impregnacije. Takva impregnacija se naziva pasivna impregnacija i odvija se pri atmosferskom tlaku. Primjenom vakuuma proces impregnacije je puno uspješniji i brži budući da tekućina ravnomjernije i potpunije prodire u pore proizvoda.

Glavni čimbenik za uspješnost same vakuum impregnacije je poroznost proizvoda. Što je poroznost veća, to je proces vakuum impregnacije uspješniji. Ovisno o poroznosti voća i povrća, koja može varirati s obzirom na vrstu i sortu, takva je i uspješnost procesa. Pore su međustanični prostori ispunjeni plinom ili međustaničnom tekućinom. Krumpir ima znatan udio međustaničnog prostora koji je ispunjen prirodno prisutnom tekućom fazom. Kada je proizvod izložen atmosferskom tlaku tada je i plin smješten u međustaničnim prostorima također pri atmosferskom tlaku. Ovisno o vanjskom tlaku toliki će biti i volumen plina unutar pora. Ukoliko je vanjski tlak jedna atmosferskom, volumen plina u porama je isti kao i volumen pora. Ako se tlak smanji dolazi do povećanja volumena plina u porama. Plin se širi te napušta pore, a na njegovo umjesto dolazi tekućina u kojoj je proizvod potopljen. Do prodiranja tekućine u pore dolazi kada se zaustavi djelovanje vakuuma, a proizvod se ponovno izloži atmosferskom tlaku. U tom trenutku se postiže ravnoteža između vanjskog i unutarnjeg tlaka. Proces vakuum impregnacije se odvija u dvije faze. Prva faza je izlaganje proizvoda vakuumu, a druga je izlaganje proizvoda atmosferskom tlaku i uspostavljanje ravnoteže. Bilo koji tlak koji je manji od atmosferskog smatra se podtlakom ili vakuomom, iako se obično primjenjuju tlakovi manji od 600 mbara. Prilikom provođenja vakuum impregnacije dolazi do povećanja mase proizvoda, ovisno o poroznosti proizvoda i tekućini kojom se proizvod obrađuje. Budući da su to proporcionalne veličine, što je poroznost veća, veći je i porast mase impregniranog materijala. Također, što je veća razlika u tlakovima između vakuuma i atmosferskog tlaka to je veći prodor tekućine u proizvod (web 8).

## 2.6. MODIFICIRANA ATMOSFERA

Modificirana atmosfera se postiže promjenom koncentracije plinova unutar pakiranja. Neki od primjera su vakuum pakiranje, propuhivanje s dušikom, inertnim plinom ili ugljičnim dioksidom. Modificirana atmosfera u vakuumu podrazumijeva pakiranje sirovina pri sniženom tlaku i sladištenje pri temperaturama hladnjaka, ovisno o proizvodu. Snižavanjem udjela kisika kvaliteta sirovine se stabilizira jer se usporava metabolizam, rast i razmnožavanje mikroorganizama koji uzrokuju kvarenje.



**Slika 11** Pakiranje krumpira u vakuumu

Za svaku namirnicu je potrebno pronaći optimalnu koncentraciju kisika. Potpunim uklanjanjem kisika se stvaraju nepovoljni anaerobni uvjeti te nastaju neželjeni nusproizvodi (prevođenje šećera u alkohol, stvaranje mliječne kiseline), a prevelikim koncentracijama kisika se intenziviraju aerobni procesi i respiracija. Povećanjem koncentracije ugljičnog dioksida može se kontrolirati proizvodnja etilena, no ukoliko se udio  $\text{CO}_2$  poveća iznad 20% to može negativno utjecati na namirnicu jer se povećava anaerobna respiracija. Kako bi se produžio vijek trajanja namirnica potrebno je sniziti temperaturu skladištenja, usporiti proizvodnju etilena i prilagoditi koncentraciju kisika i ugljičnog dioksida. Pakiranje osim što treba spriječiti moguća oštećenja, mora imati i određenu propusnost na plinove ovisno o vrsti proizvoda, a mora smanjiti i gubitke težine zbog ekonomičnosti. Snižanjem temperature za  $10\text{ }^\circ\text{C}$  smanjuje se respiracija za 2-3 puta. Također se usporavaju fiziološke funkcije i količina proizvedene energije. Za svaku namirnicu je potrebno odrediti optimalnu temperaturu skladištenja. Ukoliko se ne odredi optimalna temperatura može doći do negativnih promjena kao što su nejednolika kopigmentacija, stvaranje mjehuraste kore, gubitak arome i teksture. Temperatura tijekom skladištenja treba biti konstantna i omogućiti migraciju vlage s površine. Temperaturne promjene mogu dovesti do kondenzacije vodene pare na površini ambalažnog

filma, stoga je potrebno koristiti ambalažu s velikom propusnošću na vodenu paru ili perforirane materijale. Relativna vlažnost unutar pakiranja treba biti povećana jer tijekom skladištenja svježja sirovina gubi vodu. Primjenom modificirane atmosfere mijenja se koncentracija kisika, ugljikovog dioksida, dušika i vodene pare u odnosu na uobičajeni sastav atmosfere. Modificirana atmosfera se uspostavlja ovisno o brzini respiracije i propusnosti polimernog materijala a koristi se za kratkotrajno skladištenje hrane, transport ili u marketinškim lancima. Modifikacijom kisika dolazi i do redukcije procesa respiracije, usporeno je dozrijevanje i produžuje se trajnost proizvoda. Kontroliranjem količine vodene pare sprječava se omekšavanje proizvoda. Za ovu metodu pakiranja najčešće se koristi smjesa  $\text{CO}_2$  i  $\text{N}_2$ , jer ukoliko se koristi samo  $\text{CO}_2$  može doći do kisele reakcije i nastanka  $\text{H}_2\text{CO}_3$  zbog topljivosti  $\text{CO}_2$  u vodi i mastima. Plinovi koji se koriste u modificiranoj atmosferi ne smiju biti zapaljivi, toksični, imati fungicidno djelovanje, ne smiju utjecati na senzorska svojstva, a moraju biti i jeftini zbog isplativosti postupka. Potrebno je odabrati adekvatan plastični film za pakiranje koji će zadržavati optimalnu količinu kisika ovisno o okolnoj temperaturi, brzini respiracije i njegovoj propusnosti na kisik (web 6, 7).

## **MATERIJALI ZA AMBALAŽU**

Od materijala za ambalažu najčešće se koristi višeslojna ambalaža zbog dobre kvalitete, relativno niske cijene i ekološke prihvatljivosti. Cilj ambalaže je stvoriti optimalnu koncentraciju plinova unutar pakiranja i svesti stupanj respiracije na što nižu razinu. Primjenom višeslojne ambalaže namirnice se mogu pakirati u atmosferi zraka, pod vakuumom, u atmosferi zaštitnih plinova. Nakon upakiravanja mogu se konzervirati pasterizacijom, sterilizacijom, hlađenjem ili zamrzavanjem. Budući da su polimeri makromolekularne strukture oni ne stupaju u interakciju s upakiranim sadržajem. Voće i povrće se najčešće pakira u plastične polimerne filmove. Stavlja se na podloške koji se obavijaju sa polimernim filmom ili vrećastom ambalažom. Vrećice mogu biti papirnate ili od plastičnih filmova. Ambalaža može biti i individualna hermetički zatvorena gdje se polimerni film stisne prelaskom toplog zraka preko njega (web 5).

Za pakiranje minimalno procesiranog povrća u modificiranoj atmosferi koriste se tzv. koekstrudirane folije ili laminati sastavljeni od dviju ili više vrsta plastičnog materijala različite propusnosti za plinove i vodenu paru. Za pakiranje povrća čvršće teksture kao što je krumpir i

slično povrće, koristi se najčešće kombinacija s PE s vanjske strane zbog zavarivanja, i to s PA, PP, zatim PP/EVOH/PE, PVC/EVOH/OVC i dr.



Slika 12 Krumpir pakiran u ambalažu

## 2.7. MIKROBIOLOŠKO KVARENJE POVRĆA

Gubitak zaštitne epiderme, visoka vlažnost, reakcije oštećenog tkiva, dostupnost nutrijenata i dr. čine minimalno procesirano povrće pogodnom podlogom za razvoj različitih mikroorganizama. Mikroflora takvih proizvoda se može bitno razlikovati ovisno o pH, dostupnosti nutrijenata, aktivitetu vode i drugim čimbenicima (Kalia i Gupta, 2006.). Izvor kontaminacije su uglavnom sirovina i kontakt sa procesnom opremom.

Budući da dolazi iz zemlje, sirovina kao što je krumpir kontaminirana je sa bakterijama i plijesnima. Zbog izloženosti zraku tijekom mehaničkih operacija pripreme, površina krumpira se kontaminira sa bakterijama, plijesnima i kvascima (Ahvenainen, 1996.; Rocculi i sur., 2008.). Pakiranje svježeg izrezanog krumpira u vakuumu i skladištenje pri sobnoj temperaturi može pogodovati stvaranju anaerobnih uvjeta a kojih je posljedica razvitak i vrlo opasnih mikroorganizama kao što je na primjer *Clostridium botulinum*.



**Tablica 4** Ukupna mikrobnja populacija i dominantni mikroorganizmi prisutni u svježe izrezanom (engl. "fresh-cut") krumpiru

krumpir	mikrobna populacija (log cfu g <sup>-1</sup> )			
	ukupne bakterije (mezofilne)	koliformne bakterije	bakterije mliječne kiseline	plijesni i kvasci
štapići	2,00	-	-	-
kriške	2,01 - 2,6	< 0,7	< 0,7	-
kockice	5,00	-	-	-

### **3.EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

1. Provesti preliminarnu vakuum obradu kockica krumpira pomoću otopina odabranih koncentracija pri tlaku od 50, 100 i 150 mbar-a i različitom trajanju obrade, te utvrditi njihov utjecaj na boju i čvrstoću kockica
2. Provesti obradu kockica krumpira pri odabranim uvjetima (vakuumu i vremena obrade) u vodi (kontrolni uzorak), otopini zamjene za sol, zatim otopinama zamjene za sol, askorbinske kiseline i kalcijevog klorida, te otopinama zamjene za sol i kalcijevog askorbata
3. Provesti mjerenje boje i čvrstoće prije, a zatim neposredno nakon obrade (nulti dan- „0“). Pakirati uzorke u vakuum vrećice PA/PE od 90 µm i 130 µm i pri različitim uvjetima modificirane atmosfere (MA), pratiti koncentraciju kisika i ugljičnog dioksida u pakiranjima te promjene boje i čvrstoće 3., 6. i 12. dan čuvanja uzoraka u hladnjaku pri 4 °C
4. Odabrati najbolje uvjete pakiranja i u uzorcima analizirati neke parametre kemijskog sastava (ukupna i topljiva suha tvar, udio natrijevog klorida, fenolnih tvari) nultog dana, te 6. i 12. dan skladištenja pri 4 °C
5. Ispitati antimikrobni učinak odabranih otopina na aerobne mezofilne bakterije, aerobne psihrofilne bakterije, kvasce i plijesni, te pratiti njihov broj u obrađenim uzorcima i kontrolnom uzorku (obrađen vodom), 6. i 12. dan čuvanja uzoraka u hladnjaku pri 4 °C.
6. Utvrditi u kojoj su mjeri odabrane otopine utjecale na održivost uzoraka odnosno ispitivane parametre tijekom 12 dana skladištenja pri 4 °C.

## 3.2. MATERIJAL I METODE

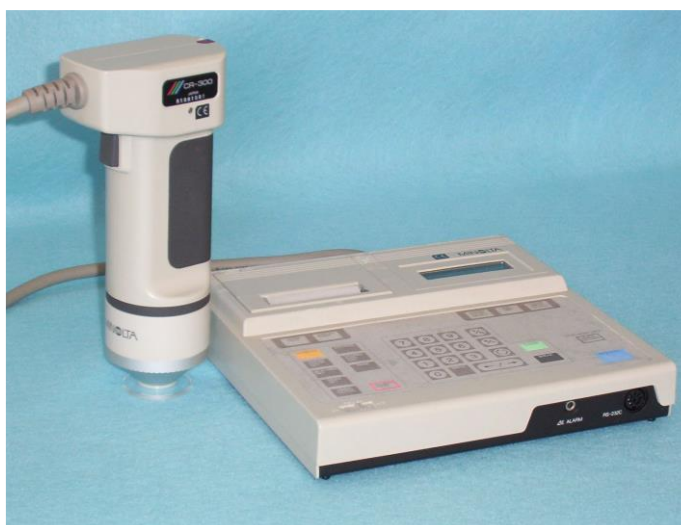
### 3.2.1. Materijal

Za ispitivanje provedeno u ovom diplomskom radu korišten je mladi krumpir sorte Cleopatra. Sirovina je nabavljena od poznatog proizvođača iz okolice Osijeka, u više navrata tijekom lipnja 2017. god. Gomolji su izvađeni iz zemlje dan prije i skladišteni na tamnom i hladnom mjestu oko 12 sati. Za pokuse su birani su gomolji duljine 8-10 cm, a prosječne mase oko 190-200 g.

### 3.2.2. Metode

#### Mjerenje boje krumpira L,a,b i L,C,h° metodama

Boja je važan pokazatelj kakvoće nekog proizvoda. Uz okus i miris najznačajniji je čimbenik prihvatljivosti prehrambenog proizvoda. Tijekom prerade dolazi do promjene boje, koja je uglavnom nepoželjna. To se pokušava spriječiti primjenom različitih metoda i sredstava za sprječavanje posmeđivanja. U ovom istraživanju za mjerenje boje uzoraka korišten je kromametar (kolorimetar).

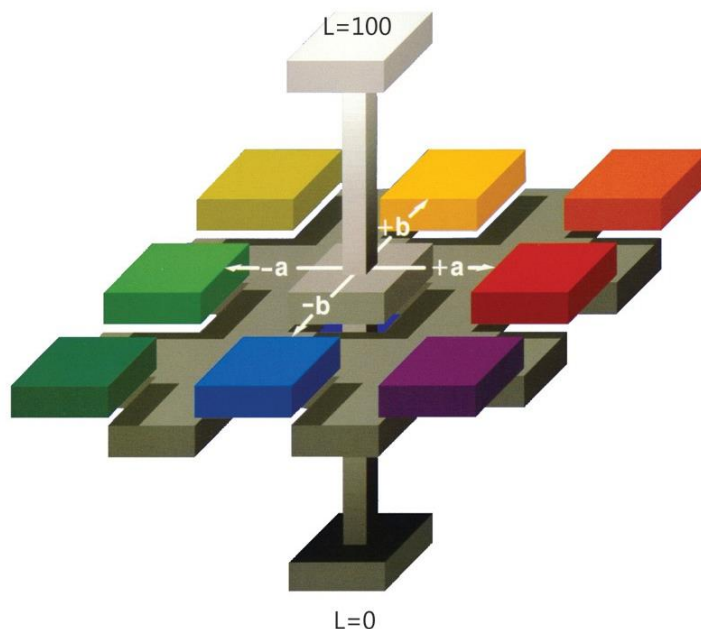


Slika 13 Kolorimetar Minolta CR-300 Chroma Meters

Uzorak se prisanja na otvor na mjernoj glavi. Pulsiranjem ksenonske svjetiljke koja se nalazi unutar otvora svjetlost pada okomito na površinu predmeta. Svjetlost se reflektira, a podaci se zapisuju na računalo i izražavaju u pet različitih sustava (X,Y,Z; Yxy; Lab, Hunter Lab; LC°h).

Lab sustav daje vrijednosti najbliže ljudskom oku. Vrijednosti „L“ parametra (engl. „lightness“) daje podatke o tome koliko je uzorak taman ili svijetao. Ukoliko je vrijednost parametra „L“ 0, tada je predmet potpuno crn, a ukoliko je vrijednost parametra „L“ 100, tada je predmet bijel.

Uređaj očitava i vrijednosti „a“ i „b“. „a“ i „b“ vrijednosti mogu biti pozitivne i negativne. Ako je vrijednost parametra „a“ pozitivna tada je rezultat nijansa crvene boje, a ako je negativna rezultat je bliže zelenoj boji. Ako je „b“ vrijednost pozitivna, rezultat je nijansa žute boje, a ako je negativna, rezultat je bliže plavoj boji.



**Slika 14** Prikaz načina očitavanja boje u Lab sustavu

LCh sustav ima jednaki parametar „L“ kao i Lab sustav, ali još sadrži i parametar „C“ (engl. *chroma*) koji predstavlja intenzitet boje i parametar „h°“ (engl. *hue*) koji se odnosi na nijansu boje. Ukoliko je vrijednost parametra „C“ pozitivna boja je neutralna, a ukoliko je negativna znači da je boja potpuno zasićena. Kut promjene boje „*hue angle*“ ima vrijednosti od 0 do 360°. Kada je vrijednost 0°, tada je boja crveno-purpurna, 90° je žuta nijansa, 180° je zelena, a 270° plava.

Mjerenje i praćenje boje se radilo na obrađenim i neobrađenim uzorcima te se uzimala srednja vrijednost od pet mjerenja. Svaka obrada je imala 3 ponavljanja.

Na temelju izmjerenih vrijednosti izračunata je ukupna promjena boje ( $\Delta E$ ):

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

### Određivanje parametara teksture

Čvrstoća teksture plodova je važan kriterij za kakvoću samog proizvoda jer ukoliko je tekstura ploda čvrsta on se može konzumirati u svježem stanju ili se prerađivati. Za određivanje

teksture korišten je Texture analyser TA.Xtplus (Stable Mycro System, Velika Britanija). Mjeren je parametar čvrstoće (engl. *flesh firmness*) kockica krumpira. Dobiveni rezultati analizirani su s Texture Expert Version 1.22 Software.

### Parametri mjerenja

Test: kompresija

Brzina prije mjerenja: 1,50 mm/s

Brzina tijekom mjerenja: 1,50 mm/s

Brzina nakon mjerenja: 10 mm/s

Dubina prodiranja cilindra: 5 mm

Sila reagiranja: 25 g



**Slika 15** Teksturometar TA.XT (Stable Micro System, Velika Britanija)

## Mjerenje koncentracije plinova u pakiranjima



**Slika 16** Uređaj za mjerenje koncentracije O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> (Checkpoint, Dansensor, Danska)

Za mjerenje koncentracije O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> u pakiranjima korišten je uređaj Checkpoint (Dansensor, Danska), prikazan na **Slici 16**. Nakon što se zalijepi septum na vrećicu, iglom se vrećica probuši i pomoću instrumenta na monitoru očita vrijednost O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> u postocima. Za svako pakiranje su napravljena dva mjerenja. Svaka obrada je imala 3 ponavljanja.

### Određivanje broja mikroorganizama

Za svaki uzorak je pripremljeno osnovno decimalno razrjeđenje ( $10^{-1}$ ) na način da je odvagano 10 g uzorka i u svaki je dodano po 90 ml 0,1 % pepton otopine (PO). Nakon homogenizacije uzorka od 2 minute pripremljena su daljnja decimalna razrjeđenja.

Iz osnovnog razrjeđenja ( $10^{-1}$ ) su pripremana daljnja decimalna razrjeđenja na način da se iz osnovnog decimalnog razrjeđenja otpipetirao 1ml i prenio u epruvetu s 9 ml PO ( $10^{-2}$ ). Iz te epruvete na isti način se pripremi slijedeće razrjeđenje  $10^{-3}$ . Postupak se ponavlja dok se ne dobije željeno razrjeđenje na kojima je moguće brojenje bakterija ( $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ , ....itd).

Za aerobne mezofilne (AMB) i aerobne psihrofilne bakterije (APB) kao hranjiva podloga je korištena Tryptic Glucose Yeast Agar (TGYA- Biolife). Petrijevke za AMB su inkubirane na  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  3 dana, a za APB na  $7 \pm 1^\circ\text{C}$  7 dana. Nacjepljivanje je rađeno prema akreditiranoj metodi HRN EN ISO 4833-1.

Za kvasce i plijesni korištena je hranjiva podloga Diclorane Rose-Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC agar-Biolife). Petrijevke za kvasce i plijesni su inkubirane na  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  5 dana. Nacjepljivanje kvasaca i plijesni je rađeno prema akreditiranoj metodi HRN ISO 21527-1.

Nakon inkubacije sve bakterije, kvasci i plijesni su izbrojane uz pomoć brojača kolonija. Iz izbrojenog broja kolonija, poraslih na hranjivoj podlozi, a prema donjem izrazu, izračunata je cfu vrijednost (colony forming units/broj živih stanica):

$\text{cfu} = \text{broj poraslih kolonija} / \text{volumen uzorka} \times \text{recipročna vrijednost decimalnog razrjeđenja}$

### **Metode za određivanje kemijskog sastava krumpira**

Metode koje su korištene za određivanje nekih parametara kemijskog sastava krumpira su:

- Određivanje ukupne suhe tvari (sušenjem u vakuumu)
- Određivanje topljive suhe tvari (refraktometrijski)
- Određivanje ukupnih fenola (modificirana Folin – Ciocalteu metoda)
- Određivanje klorida (Mohr-ova metoda)

Osim toga, u ispitivanim uzorcima je izmjeren aktivitet vode (HygroLab 3, Rotronic, USA). Također je u svim korištenim otopinama i uzorcima izmjerena pH vrijednost (pH metar MP 225, Mettler Toledo).

### **Priprema uzoraka krumpira**

Prije obrade su sve površine koje bi mogle doći u dodir s krumpirom dezinficirane 3%-tnom otopinom vodikovog peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Korišteni su neoštećeni i zdravi gomolji duljine 8-10 cm, a prosječne mase oko 190-200 g. Plodovi su prije obrade oprani tekućom vodom, zatim potopljeni 2 minute u otopinu natrijevog hipoklorita ( $\text{Cl}_2$  koncentracije 1000 mg/L),



zakiseljenog na pH 6,5. Nakon toga krumpir je ispran vodom i osušen na zraku. Neposredno prije obrade krumpir je oguljen i narezan na kockice dimenzija 15x15x15 mm.

### Obrada uzoraka otopinama inhibitora i pakiranje

Ispitivanje utjecaja obrade na sprječavanje posmeđivanja provedeno je najprije primjenom zamjene za sol (udio natrijevog klorida iznosi maksimalno 67%, pri čemu je natrija maksimalno 27g/100g; udio kalijevog klorida je minimalno 33%, pri čemu je udio kalija minimalno 16g/100g). Nakon preliminarnog ispitivanja učinkovitosti različitih koncentracija na očuvanje boje, odabrana je 3%-tna otopina, koja se kombinirala sa ostalim inhibitorima posmeđivanja (Tablica 5).

**Tablica 5** Koncentracije otopina korištenih u obradi kockica krumpira

Obrada	3% ZS	0,2% CaCl <sub>2</sub>	2% AK	2% CaA
1. NU	-	-	-	-
2. UV	-	-	-	-
3.	+	-	-	-
4.	+	+	+	-
5.	+	-	-	+

\*NU - neobrađeni uzorak; UV - uzorak obrađen vodom; ZS - zamjena za sol; CaCl<sub>2</sub> - kalcijev klorid; AK - askorbinska kiselina; CaA - kalcijev askorbat

**Tablica 6** pH vrijednosti otopina

otopina	pH
vodovodna voda	7,4
3% ZS	7,4

3% ZS+2% AK+0,2% CaCl <sub>2</sub>	2,9
3% ZS+2% CaA	7,3

Nakon pranja, guljenja i rezanja na kockice, krumpir je obrađen sa odabranim sredstvima kako bi se spriječilo posmeđivanje. Obrada se provodila u vakuumu (50 mbar) tijekom 2 minute. Nakon toga, krumpir je još stajao u otopini 2 minute, ali pri atmosferskom tlaku. Za svaku obradu korištena je svježe pripravljena otopina. Ocijedeći od viška otopine pomoću plastičnog cjedila, uzorci su zatim prebačeni na četverostruki papirnati ubrus za upijanje suviška otopine. Kockice su zatim stavljene u PA/PE vakuum vrećice (90 µm i 130 µm), pakirane u uvjetima modificirane atmosfere, te su označene čuvane u hladnjaku 12 dana pri +4 °C. Kontrolni uzorci (neobrađeni i uzorak obrađen sa vodom), pakirani su na isti način.

Za pakiranje kockica krumpira korišten je stroj za vakuumiranje tvrtke Electrolux, prikazan na **Slici 17**.



**Slika 17** Stroj za vakuumiranje EVP 45 (Electrolux, Italija)

Uvjeti pakiranja:

- MA1: 5% zraka + 30% plina (95% N<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub>)
- MA2: 10% zraka + 30% plina (95% N<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub>)

- MA3: bez zraka + 30% plina (95% N<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub>)

### ZAMJENA ZA SOL (REDUCIRANI NATRIJ)

Danas se sve više ističe problem konzumiranja "skrivenih soli u prehrani", koja čini 70% dnevnog unosa soli putem namirnica gotove ili polugotove hrane. Potrošač nema utjecaja na to (osim da je prestane uzimati), stoga je neophodno postići smanjenje sadržaja soli upravo u tim proizvodima. S druge strane, na tržištu postoje alternativni proizvodi sa smanjenom količinom natrijevog klorida, koji se sve više promoviraju u prehrani, ali koji bi se trebali više rabiti u proizvodnji namirnica sa manjim sadržajem soli.

U radu je korištena zamjena za sol koja sadrži manji udio natrija, a povećan udio kalija. Udio natrijevog klorida iznosi maksimalno 67%, pri čemu je natrija maksimalno 27g/100g. Udio kalijevog klorida je minimalno 33%, pri čemu je udio kalija minimalno 16g/100g.

### KALCIJEV KLORID

Kalcijev klorid je kalcijeva sol koja ima izrazito slan okus. Topljiv je u vodi i alkoholima te izrazito higroskopian. Kalcij klorid ima važnu primjenu u prehrambenoj industriji (E509) u cilju sprječavanja posmeđivanja. Osim toga, primjena kalcijevih soli utječe i na održavanje čvrstoće tkiva uslijed interakcije sa pektinskim tvarima (Šubarić, 1999.). Koristi se kao sredstvo za učvršćivanje ili za održavanje čvrstoće konzerviranog povrća (Hrvatska enciklopedija, 2003.). Kao učinkovit inhibitor, najčešće se koristi u kombinaciji s askorbinskom kiselinom, limunskom kiselinom i cinkovim kloridom (Piližota i Šubarić, 1998.). Sapers i Miller (1998.) su uočili da kod slabo dozrelih krušaka, uranjanjem u otopinu inhibitora sa 0,2% CaCl<sub>2</sub>, uzorci zadržavaju teksturu, te ne pokazuju degradaciju boje i teksture ni kroz 14 dana čuvanja pri 4 °C. Isto tako, obrada otopinama CaCl<sub>2</sub>, 4-heksirezorcinolom i natrij eritorbatom u uvjetima modificirane atmosfere usporila je posmeđivanje i degradaciju teksture kod narezanih krušaka tijekom 14 dana čuvanja pri 4 °C.

### ASKORBINSKA KISELINA

Askorbinska kiselina se prirodno nalazi u voću i povrću. Vrlo je važna za ljudsko zdravlje. Topiva je u vodi te uzorkuje blagi pad pH vrijednosti. Jedna je od komponenti vitamina C. Usporava posmeđivanje voća i povrća tako što reducira o-kinone u bezbojne o-difenole (Clayden i sur.,

2001.).



Slika 18 Djelovanje askorbinske kiseline (web 2)

### KALCIJEV ASKORBAT

Kalcij askorbat je kalcijeva sol askorbinske kiseline gdje je udio kalcija oko 10% u masi. Bijeli je do blijedo žuti kristalni prah, bez mirisa, topiv u vodi. U prehrambenoj industriji se koristi kao antioksidans (E302). Kalcij askorbat je vrlo učinkovit u očuvanju boje, teksture i smanjenju rasta mikroorganizama, neovisno o pH (Gomes i sur., 2010.). Fallahi i sur. (1997.) navode da uz usporevanje reakcija posmeđivanja kalcij askorbat utječe na sporije omekšavanje teksture, te da to može biti povezano s povećanjem razine kalcija u tkivu jabuka. Kalcij askorbat djeluje tako da odgađa polimerizaciju oksidiranih molekula supstrata u smeđe pigmente i može ih dovesti u izvorno stanje, ali ne reagira izravno s polifenol oksidazom (Arias i sur., 2007.). Djeluje na način da reducira o-kinone nazad do difenola (Gomes i sur., 2010.). Budući da je kalcij askorbat učinkovito sredstvo za očuvanje boje postao je vrlo važan u svakodnevnoj industrijskoj proizvodnji. Svi ti pozitivni učinci mogu se još više istaknuti upotrebom modificirane atmosfere u procesu proizvodnje tj. pakiranja (Aguayo i sur., 2010.).

## **4. REZULTATI I RASPRAVA**

## 4.1. REZULTATI MJERENJA BOJE

U Tablicama 7a, 7b, 7c, 7d i 7e prikazani su parametri boje krumpira prije i nakon obrade (nulti, 3., 6., 12. dan) sa vodom, otopinama zamjenske soli, askorbinske kiseline, kalcijevog klorida i kalcijevog askorbata i pakiranja u vrećice debljine 90 i 130  $\mu\text{m}$  u različitim uvjetima (MA1 - 5% zraka, MA2 - 10% zraka i MA3 - bez zraka).

Tablica 7a Parametri boje krumpira u neobrađenom uzorku tijekom 8 dana čuvanja pri 4 °C

	L	a	b	C	°h	L	a	b	C	°h
Nulti dan	76,27 ±0,89	-4,02 ±0,66	20,10 ±0,99	26,41 ±1,20	98,12 ±0,59	76,27 ±0,89	-4,02 ±0,66	20,10 ±0,99	26,41 ±1,20	98,12 ±0,59
3.dan	<b>MA1 (90)</b>					<b>MA1 (130)</b>				
	69,72 ±0,90	-1,69 ±0,53	21,87 ±2,68	23,27 ±1,60	93,70 ±1,04	71,80 ±1,05	-1,91 ±0,54	21,97 ±1,00	24,52 ±1,03	92,90 ±1,33
	<b>MA2 (90)</b>					<b>MA2 (130)</b>				
	72,16 ±2,27	-1,80 ±1,02	23,32 ±3,20	26,49 ±2,29	96,02 ±1,13	72,36 ±1,41	-1,21 ±1,12	23,67 ±1,23	26,92 ±2,42	92,36 ±2,69
	<b>MA3 (90)</b>					<b>MA3 (130)</b>				
	72,65 ±2,32	-2,44 ±1,07	23,09 ±1,42	23,22 ±1,19	95,16 ±2,77	71,44 ±2,13	-2,09 ±0,53	21,95 ±1,78	21,68 ±1,27	94,78 ±0,79
6.dan	<b>MA1 (90)</b>					<b>MA1 (130)</b>				
	69,51 ±1,08	-1,05 ±0,98	25,77 ±2,01	26,93 ±2,47	94,46 ±0,56	69,26 ±1,14	-1,26 ±0,79	22,14 ±1,43	24,78 ±3,24	94,24 ±1,30
	<b>MA2</b>					<b>MA2</b>				

	<b>(90)</b>					<b>(130)</b>				
	69,11	-1,25	24,77	25,93	94,46	69,62	-1,01	23,67	26,18	90,70
	±1,46	±0,51	±1,34	±2,07	±0,56	±1,41	±1,12	±1,10	±1,34	±0,99
	<b>MA3 (90)</b>					<b>MA3 (130)</b>				
	68,19	-1,03	26,38	25,48	96,92	69,58	-1,94	23,07	22,79	93,90
	±2,39	±0,30	±1,89	±1,70	±0,67	±1,36	±0,83	±1,54	±2,27	±1,35
12. dan	Uzorak je bačen 12. dan.									

- srednja vrijednost ± standardna devijacija

**Tablica 7b** Parametri boje krumpira u uzorku obrađenom vodom tijekom 8 dana pri 4 °C

	L	a	b	C	°h	L	a	b	C	°h
Nulti dan	74,97 ±0,83	-3,82 ±0,61	23,17 ±0,87	29,41 ±2,80	98,26 ±0,50	74,97 ±0,83	-3,82 ±0,61	23,17 ±0,87	29,41 ±2,80	98,26 ±0,50
3.dan	<b>MA1 (90)</b>					<b>MA1 (130)</b>				
	73,64 ±1,04	-2,65 ±1,00	25,34 ±2,12	27,02 ±1,49	97,68 ±1,78	73,90 ±1,28	-2,69 ±0,67	24,37 ±1,06	25,48 ±1,07	96,78 ±1,36
	<b>MA2 (90)</b>					<b>MA2 (130)</b>				
	72,56 ±1,04	-3,09 ±0,33	23,65 ±1,24	24,70 ±0,70	97,72 ±0,57	72,68 ±1,76	-2,33 ±1,09	23,40 ±0,85	25,63 ±1,64	96,32 ±0,90
	<b>MA3 (90)</b>					<b>MA3 (130)</b>				
	72,35 ±1,07	-3,06 ±0,78	24,33 ±1,79	25,16 ±3,03	97,22 ±1,44	72,93 ±1,33	-2,99 ±0,84	24,21 ±1,63	25,74 ±1,57	97,30 ±1,96
6.dan	<b>MA1 (90)</b>					<b>MA1 (130)</b>				
	71,26 ±1,01	-2,06 ±0,52	26,06 ±0,97	26,41 ±1,14	97,06 ±1,54	71,72 ±0,39	-2,15 ±0,12	24,43 ±1,18	26,11 ±1,29	95,70 ±1,35
	<b>MA2 (90)</b>					<b>MA2 (130)</b>				
	71,13 ±2,02	-2,38 ±0,32	26,75 ±1,87	26,64 ±1,91	97,14 ±0,83	71,23 ±1,32	-2,16 ±0,72	26,15 ±1,16	26,29 ±1,23	97,34 ±1,34



MA3 (90)					MA3 (130)				
71,19	-2,03	26,38	25,48	96,92	71,08	-1,94	26,07	27,79	93,90
±1,39	±0,30	±1,89	±1,70	±0,67	±1,36	±0,83	±1,54	±1,27	±1,35
12.dan									
Uzorak je bačen 12. dan									

- srednja vrijednost ± standardna devijacija

**Tablica 7c** Parametri boje krumpira u uzorku obrađenom s 3%-tnom otopinom zamjenske soli tijekom 12 dana čuvanja pri 4 °C

	L	a	b	C	°h	L	a	b	C	°h
Multi dan	76,00 ±1,23	-4,88 ±0,23	32,28 ±2,14	32,07 ±2,34	98,68 ±0,93	76,00 ±1,23	-4,88 ±0,23	32,28 ±2,14	32,07 ±2,34	98,68 ±0,93
3.dan	<b>MA1 (90)</b>					<b>MA1 (130)</b>				
	74,89 ±1,00	-3,99 ±0,81	32,20 ±0,88	32,50 ±2,01	97,66 ±0,65	75,88 ±1,00	-4,79 ±0,38	32,39 ±1,09	32,73 ±1,31	97,99 ±1,23
	<b>MA2 (90)</b>					<b>MA2 (130)</b>				
	74,77 ±1,07	-3,74 ±0,79	33,17 ±1,11	32,59 ±1,00	97,68 ±0,89	75,67 ±1,01	-4,34 ±0,78	32,51 ±1,05	32,11 ±1,03	97,44 ±0,82
	<b>MA3 (90)</b>					<b>MA3 (130)</b>				
	73,50 ±0,44	-3,57 ±0,87	32,99 ±1,09	32,60 ±1,11	97,22 ±1,91	73,88 ±1,22	-3,59 ±0,78	33,01 ±1,05	33,51 ±2,10	95,18 ±0,99
6.dan	<b>MA1 (90)</b>					<b>MA1 (130)</b>				
	72,84 ±1,27	-2,79 ±0,74	33,29 ±0,90	32,90 ±2,06	96,38 ±0,75	73,81 ±1,03	-3,73 ±0,25	33,33 ±1,17	33,93 ±1,26	96,50 ±1,07
	<b>MA2 (90)</b>					<b>MA2 (130)</b>				
	73,29 ±0,94	-2,58 ±0,75	33,87 ±1,18	34,07 ±1,31	96,38 ±1,00	73,00 ±1,22	-3,54 ±0,44	32,90 ±1,60	32,41 ±1,33	96,42 ±0,99
	<b>MA3 (90)</b>					<b>MA3 (130)</b>				

	73,56 ±0,45	-3,47 ±0,60	32,91 ±1,08	32,73 ±1,16	97,12 ±1,41	72,48 ±1,42	-3,15 ±0,50	32,67 ±1,59	35,01 ±3,90	94,58 ±0,69
12.dan	<b>MA1 (90)</b>					<b>MA1 (130)</b>				
	72,42 ±3,97	-3,10 ±0,39	33,06 ±1,37	32,21 ±2,19	95,60 ±0,89	73,72 ±1,03	-3,49 ±0,16	33,30 ±1,11	33,91 ±1,61	97,22 ±0,57
	<b>MA2 (90)</b>					<b>MA2 (130)</b>				
	72,25 ±1,08	-2,04 ±0,55	33,72 ±1,08	32,69 ±1,27	96,64 ±0,85	71,84 ±1,25	-2,47 ±0,32	33,02 ±1,26	33,14 ±1,58	94,34 ±0,76
	<b>MA3 (90)</b>					<b>MA3 (130)</b>				
	72,00 ±1,33	-2,29 ±0,45	32,24 ±1,09	34,02 ±3,50	96,24 ±0,91	72,24 ±1,55	-2,32 ±0,63	32,84 ±1,51	32,36 ±1,13	94,86 ±0,92

• srednja vrijednost ± standardna devijacija

**Tablica 7d** Parametri boje krumpira u uzorku obrađenom s 3% zamjenske soli, 2% askorbinske kiseline i 0,2% kalcijevog klorida tijekom 12 dana čuvanja pri 4 °C

	L	a	b	C	°h	L	a	b	C	°h
Nulti dan	74,97 ±0,83	-3,82 ±0,60	24,35 ±1,07	27,41 ±1,06	98,26 ±0,50	74,97 ±0,83	-3,82 ±0,60	24,35 ±1,07	27,41 ±1,06	98,26 ±0,50
3.dan	<b>MA1 (90)</b>					<b>MA1 (130)</b>				
	74,00 ±1,05	-3,33 ±0,43	25,15 ±1,61	27,87 ±3,59	96,8 ±0,60	74,32 ±1,71	-3,73 ±0,81	25,29 ±1,08	26,65 ±1,22	98,06 ±1,27
	<b>MA2 (90)</b>					<b>MA2 (130)</b>				
	73,42 ±1,41	-3,26 ±1,00	25,05 ±1,20	28,15 ±4,63	97,42 ±1,33	73,70 ±1,41	-3,55 ±0,26	25,21 ±1,73	25,89 ±1,21	98,26 ±1,28

	<b>MA3 (90)</b>					<b>MA3 (130)</b>				
	73,19 ±1,03	-3,36 ±0,86	25,42 ±1,03	28,02 ±1,51	98,60 ±0,74	73,45 ±1,01	-3,53 ±0,96	26,52 ±1,02	26,52 ±1,01	98,88 ±1,32
6.dan	<b>MA1 (90)</b>					<b>MA1 (130)</b>				
	73,72 ±1,86	-3,18 ±1,10	25,46 ±1,09	25,89 ±1,20	98,18 ±0,88	74,13 ±1,03	-3,00 ±0,14	25,24 ±1,07	26,92 ±1,05	96,04 ±0,51
	<b>MA2 (90)</b>					<b>MA2 (130)</b>				
	72,74 ±0,60	-3,44 ±0,51	25,35 ±1,83	24,75 ±1,73	97,66 ±0,86	72,77 ±1,02	-3,45 ±1,06	25,44 ±1,39	25,97 ±1,03	96,70 ±0,86
	<b>MA3 (90)</b>					<b>MA3 (130)</b>				
	71,53 ±1,03	-3,36 ±0,71	25,39 ±1,39	25,37 ±2,63	97,64 ±1,54	72,01 ±1,52	-3,22 ±0,52	25,56 ±1,27	24,95 ±2,28	96,68 ±0,55
12.dan	<b>MA1 (90)</b>					<b>MA1 (130)</b>				
	72,61 ±1,04	-3,18 ±0,56	25,85 ±1,45	26,23 ±1,27	97,34 ±1,12	72,93 ±1,04	-2,74 ±0,35	25,61 ±1,75	25,92 ±1,65	96,00 ±0,47
	<b>MA2 (90)</b>					<b>MA2 (130)</b>				
	72,54 ±0,99	-3,03 ±0,66	26,49 ±1,33	23,76 ±2,90	97,98 ±1,08	72,72 ±0,80	-3,23 ±0,37	26,66 ±3,36	25,48 ±1,45	97,50 ±0,54
	<b>MA3 (90)</b>					<b>MA3 (130)</b>				
	71,32 ±0,94	-3,07 ±0,51	26,19 ±1,72	25,52 ±1,84	97,18 ±1,17	72,31 ±1,66	-3,06 ±0,40	26,74 ±1,65	26,69 ±1,30	97,16 ±1,07

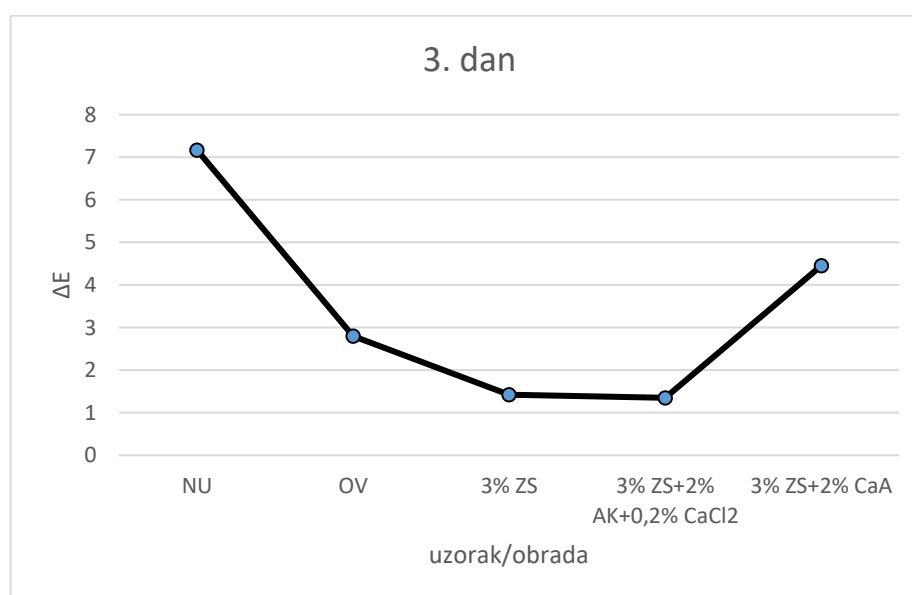
• srednja vrijednost ± standardna devijacija

**Tablica 7e** Parametri boje krumpira u uzorku obrađenom s 3% zamjenske soli i 2% Ca-askorbata tijekom 12 dana čuvanja pri 4 °C

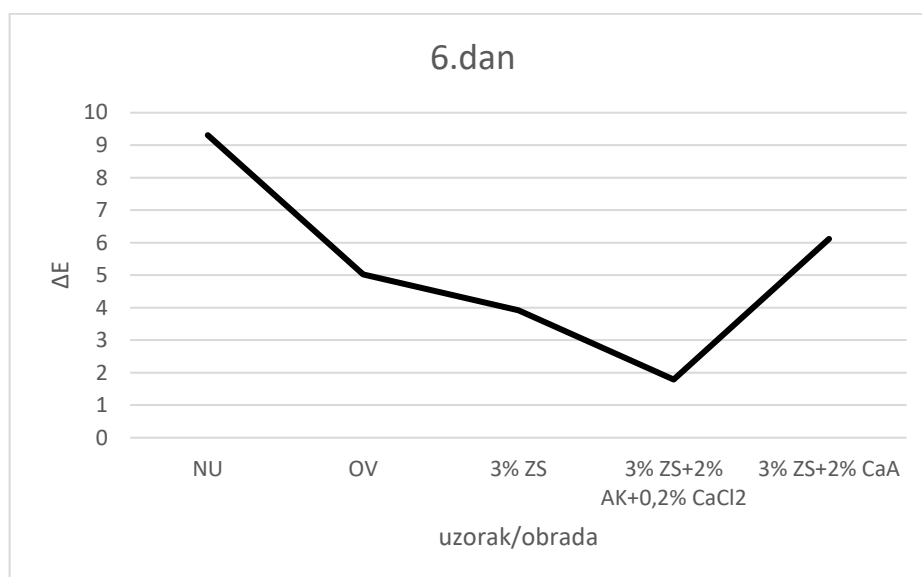
	L	a	b	C	°h	L	a	b	C	°h
Nulti dan	74,29 ±0,62	-4,55 ±0,65	22,23 ±3,27	26,61 ±1,56	98,49 ±1,50	74,29 ±0,62	-4,55 ±0,65	22,23 ±3,27	26,61 ±1,56	98,49 ±1,50
3.dan	<b>MA1 (90)</b>					<b>MA1 (130)</b>				
	73,82 ±1,06	-3,97 ±0,90	26,62 ±1,22	29,51 ±4,76	98,18 ±1,22	74,23 ±1,08	-3,26 ±0,65	26,38 ±1,16	30,44 ±1,86	97,20 ±0,99
	<b>MA2 (90)</b>					<b>MA2 (130)</b>				
	73,51 ±1,30	-2,15 ±0,71	27,09 ±1,82	26,66 ±1,12	95,50 ±0,70	73,47 ±1,22	-3,94 ±0,72	27,03 ±1,02	27,55 ±1,90	99,12 ±0,95
	<b>MA3 (90)</b>					<b>MA3 (130)</b>				
	73,16 ±1,46	-3,37 ±0,51	27,42 ±1,51	29,44 ±1,92	98,46 ±0,27	74,02 ±1,78	-3,55 ±0,29	27,92 ±1,02	31,11 ±0,78	97,72 ±1,39
6.dan	<b>MA1 (90)</b>					<b>MA1 (130)</b>				
	73,45 ±0,47	-2,88 ±1,51	28,06 ±1,50	29,35 ±2,07	98,04 ±0,91	73,44 ±1,17	-2,93 ±0,99	27,54 ±1,15	27,85 ±1,55	99,14 ±0,45
	<b>MA2 (90)</b>					<b>MA2 (130)</b>				
	73,24 ±1,04	-2,10 ±0,43	27,10 ±1,01	26,18 ±2,01	96,23 ±1,36	73,42 ±1,70	-3,52 ±0,44	27,60 ±0,82	25,69 ±2,33	98,06 ±0,66
	<b>MA3 (90)</b>					<b>MA3 (130)</b>				

	73,03	-3,24	28,62	30,13	97,74	74,03	-3,52	28,09	26,79	97,66
	±1,04	±0,78	±1,09	±1,48	±1,11	±1,44	±0,18	±1,17	±2,05	±0,78
12.dan	<b>MA1</b> <b>(90)</b>					<b>MA1</b> <b>(130)</b>				
	73,34	-2,64	28,34	30,02	97,68	73,90	-2,69	28,37	25,48	96,78
	±1,04	±1,00	±1,12	±3,49	±1,78	±1,28	±0,67	±1,06	±1,07	±1,36
	<b>MA2</b> <b>(90)</b>					<b>MA2</b> <b>(130)</b>				
	72,56	-2,09	28,65	26,70	97,72	72,68	-2,13	28,40	25,63	96,32
	±1,80	±0,33	±1,24	±0,70	±0,57	±1,06	±1,09	±0,85	±3,64	±0,90
	<b>MA3</b> <b>(90)</b>					<b>MA3</b> <b>(130)</b>				
	73,05	-3,06	28,73	25,16	97,22	73,53	-2,99	28,21	27,74	97,30
	±1,07	±0,78	±1,79	±3,03	±1,44	±1,33	±0,84	±1,63	±2,57	±1,96

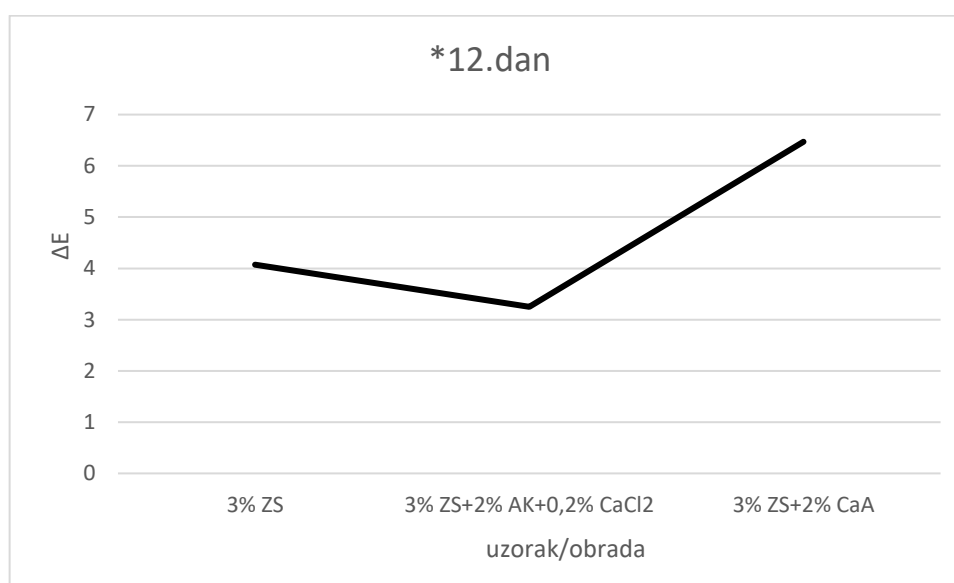
- srednja vrijednost ± standardna devijacija



Slika 19 Ukupna promjena boje uzoraka ( $\Delta E$ ) nakon 3 dana čuvanja pri 4 °C



Slika 20 Ukupna promjena boje uzoraka ( $\Delta E$ ) nakon 6 dana čuvanja pri 4 °C



Slika 21 Ukupna promjena boje uzoraka ( $\Delta E$ ) nakon 12 dana čuvanja pri 4 °C

(\*neobrađeni uzorak i uzorak obrađen vodom su bačeni 12. dan)

## 4.2. REZULTATI ODREĐIVANJA PARAMETARA KEMIJSKOG SASTAVA I pH VRIJEDNOSTI UZORAKA

**Tablica 8** Rezultati određivanja ukupne i topljive suhe tvari u ispitivanim uzorcima tijekom 12 dana skladištenja pri 4 °C

Parametar	*Uzorak/obrada	„0“ dan	6. dan	12. dan
Ukupna suha tvar (%)	NU	21,12± 0,01	20,99± 0,20	21,95± 0,11
	UV	20,55± 0,08	20,61± 0,09	20,57± 0,06
	3% ZS	21,56±0,21	21,03± 0,47	21,01± 0,25
	3% ZS+2% AK+0,2% CaCl <sub>2</sub>	21,51± 0,14	21,65± 0,29	21,20± 0,07
	3% ZS+2% CaA	22,57± 0,10	22,15± 0,13	21,54± 0,06
Topljiva suha tvar (%)	NU	6,7± 0,07	6,9± 0	6,9± 0
	UV	7,0± 0	7,0± 0	6,5± 0
	3% ZS	7,5± 0,07	7,0± 0	6,6± 0
	3% ZS+2% AK+0,2% CaCl <sub>2</sub>	7,2±0,07	6,5± 0	6,0± 0
	3% ZS+2% CaA	7,3± 0	6,9± 0	6,3± 0

\*NU - neobrađeni uzorak; UV - uzorak obrađen vodom; 3% ZS - uzorak obrađen s 3%-tnom otopinom zamjenske soli; 3% ZS+2% AK+0,2% CaCl<sub>2</sub> - uzorak obrađen s otopinom 3% zamjenske soli; 2% askorbinske kiseline i 0,2% kalcijevog klorida; 3% ZS+2% CaA - uzorak obrađen s otopinom 3% zamjenske soli i 2% kalcijevog askorbata

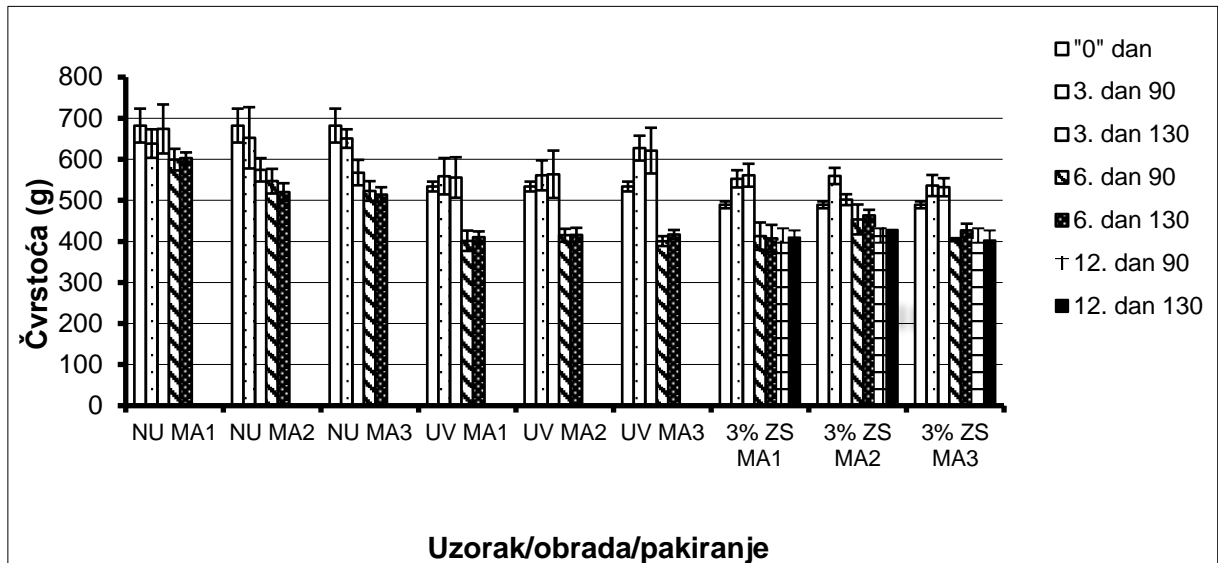


**Tablica 9** Rezultati određivanja fenolnih tvari, natrijevog klorida i pH vrijednosti u ispitivanim uzorcima tijekom 12 dana skladištenja pri 4 °C

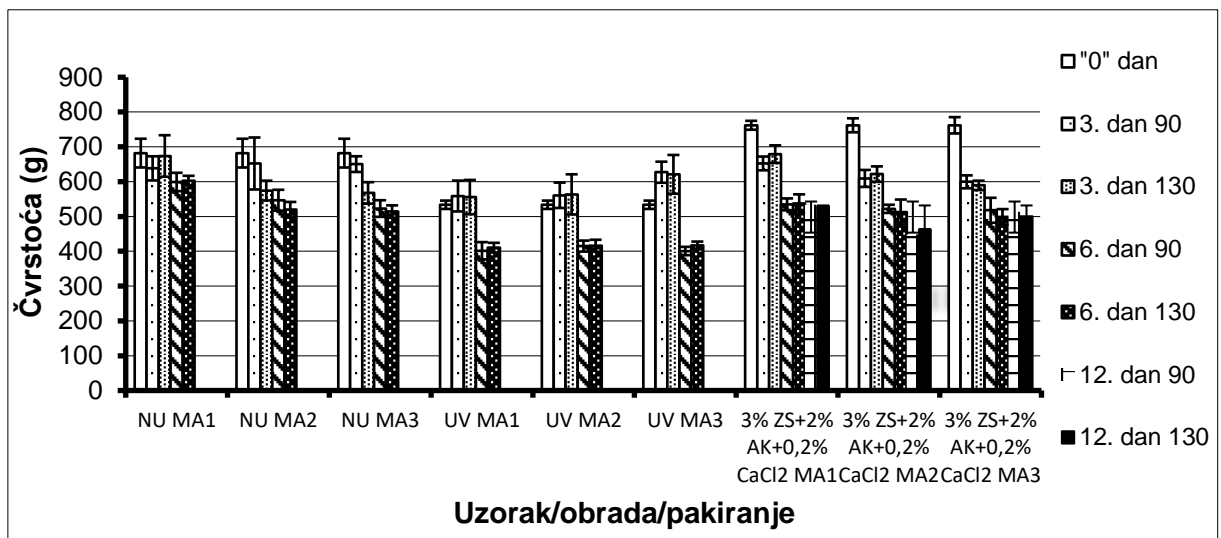
Parametar	*Uzorak/obrada	„0“ dan	6. dan	12. dan
Fenolne tvari (g/L)	NU	0,793± 0,003	0,533± 0,01	0,371± 0,001
	UV	0,771± 0,02	0,635± 0,001	0,402± 0,007
	3% ZS	0,865± 0,02	0,501± 0,001	0,380± 0,009
	3% ZS+2% AK+0,2% CaCl <sub>2</sub>	1,561± 0,008	0,719± 0,007	0,486± 0,001
	3% ZS+2% CaA	1,319± 0,02	0,655± 0,007	0,483± 0,03
pH	NU	6,0± 0,07	5,8± 0,07	5,7± 0
	UV	6,1± 0	6,1± 0,07	6,1± 0
	3% ZS	6,2± 0	6,1± 0	6,1± 0
	3% ZS+2% AK+0,2% CaCl <sub>2</sub>	5,7± 0	5,7± 0,07	5,8± 0,07
	3% ZS+2% CaA	6,2± 0	6,0± 0,07	6,0± 0,07
Natrijev klorid (%)	NU	0,26± 0	0,27± 0	0,27± 0
	UV	0,17± 0	0,17± 0	0,18± 0
	3% ZS	0,53± 0,07	0,38± 0	0,47± 0
	3% ZS+2% AK+0,2% CaCl <sub>2</sub>	0,50± 0	0,50± 0	0,50± 0
	3% ZS+2% CaA	0,44± 0	0,43± 0	0,43± 0

\*NU - neobrađeni uzorak; UV - uzorak obrađen vodom; 3% ZS - uzorak obrađen s 3%-tnom otopinom zamjenske soli; 3% ZS+2% AK+0,2% CaCl<sub>2</sub> - uzorak obrađen s otopinom 3% zamjenske soli; 2% askorbinske kiseline i 0,2% kalcijevog klorida; 3% ZS+2% CaA - uzorak obrađen s otopinom 3% zamjenske soli i 2% kalcijevog askorbata

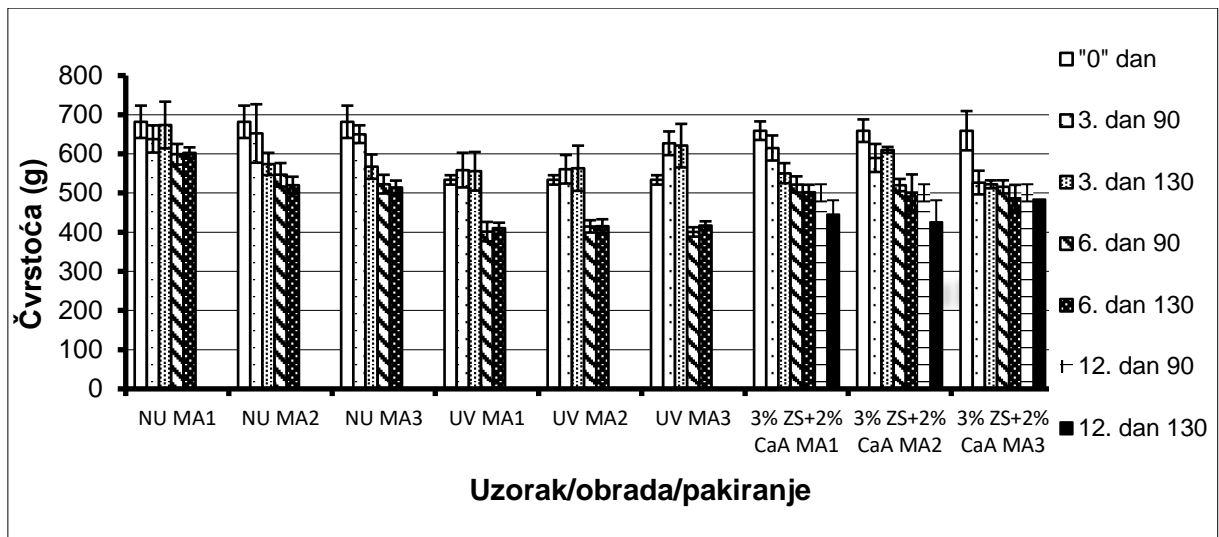
## 4.3. REZULTATI MJERENJA ČVRSTOĆE UZORAKA



Slika 22 Utjecaj obrade i pakiranja na čvrstoću kockica krumpira tijekom 12 dana pri 4 °C

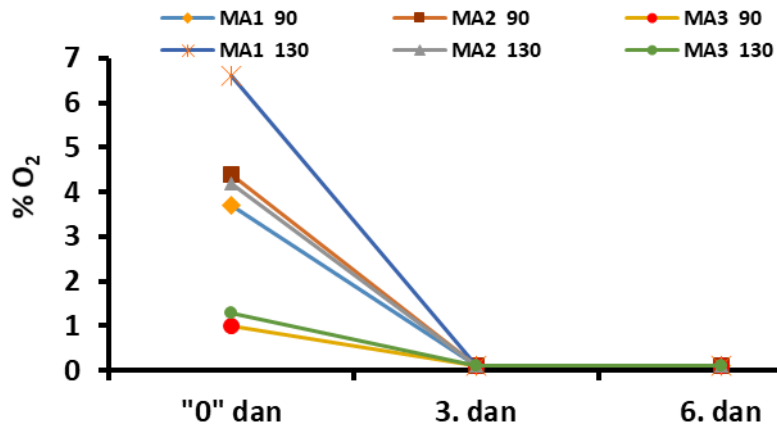


Slika 23 Utjecaj obrade i pakiranja na čvrstoću kockica krumpira tijekom 12 dana pri 4 °C

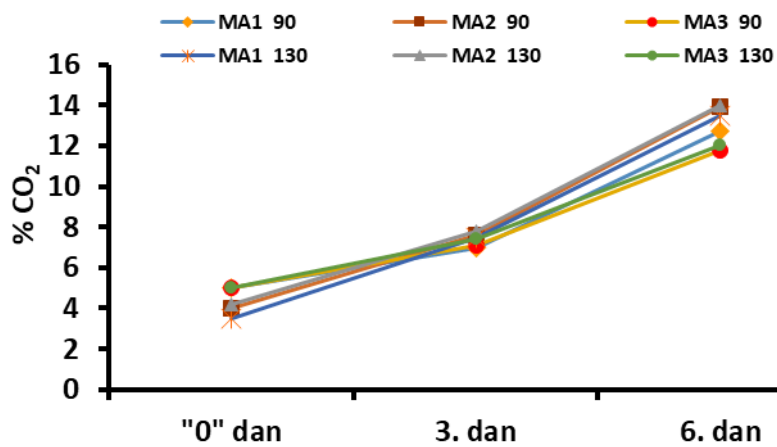


Slika 24 Utjecaj obrade i pakiranja na čvrstoću kockica krumpira tijekom 12 dana pri 4 °C

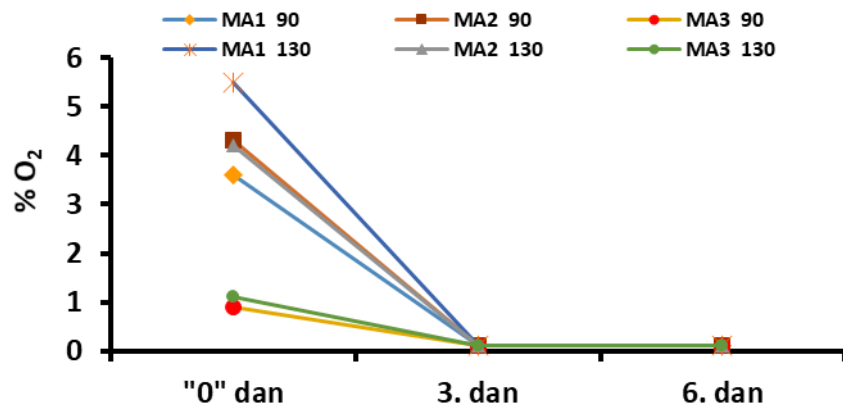
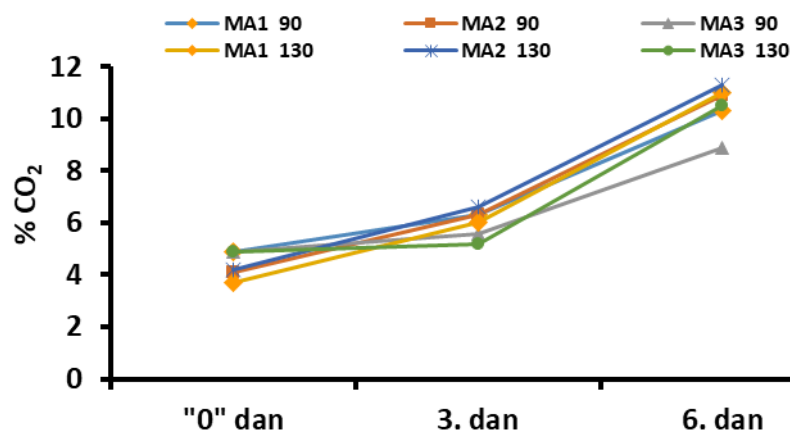
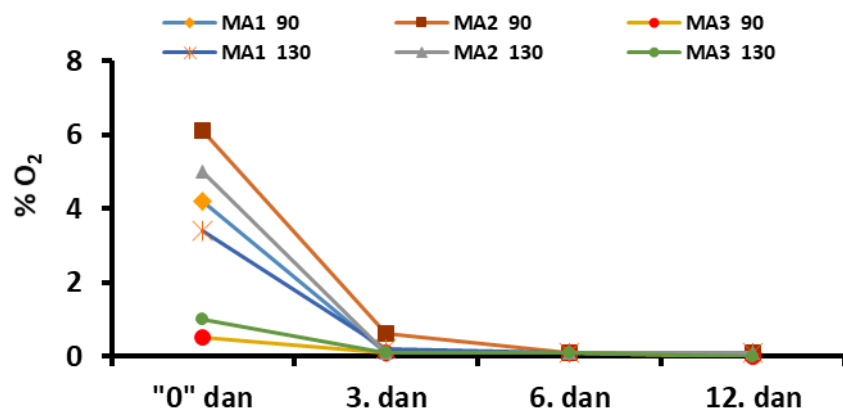
#### 4.4. REZULTATI ODREĐIVANJA KONCENTRACIJE O<sub>2</sub> I CO<sub>2</sub> U UZORCIMA KRUMPIRA

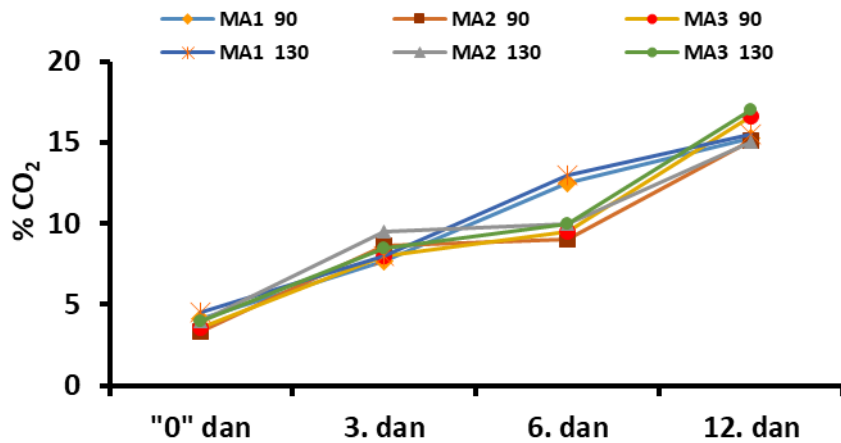


Slika 25 Udio O<sub>2</sub> u neobrađenom uzorku tijekom 6 dana čuvanja pri 4 °C

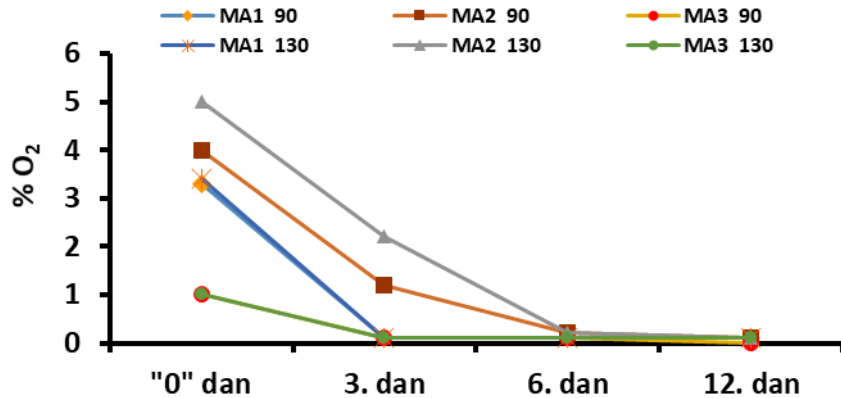


Slika 26 Udio CO<sub>2</sub> u neobrađenom uzorku tijekom 6 dana čuvanja pri 4 °C

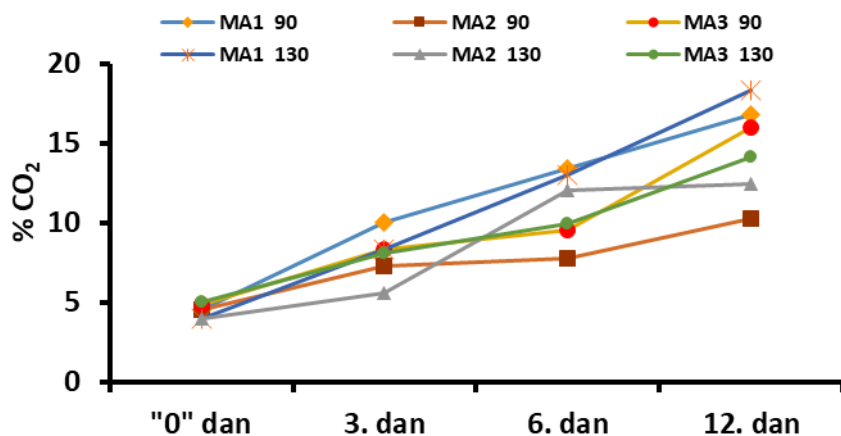
Slika 27 Udio O<sub>2</sub> u uzorku obrađenom vodom tijekom 6 dana čuvanja pri 4 °CSlika 28 Udio CO<sub>2</sub> u uzorku obrađenom vodom tijekom 6 dana čuvanja pri 4 °CSlika 29 Udio O<sub>2</sub> u uzorku obrađenom s 3% zamjenske soli tijekom 12 dana čuvanja pri 4 °C



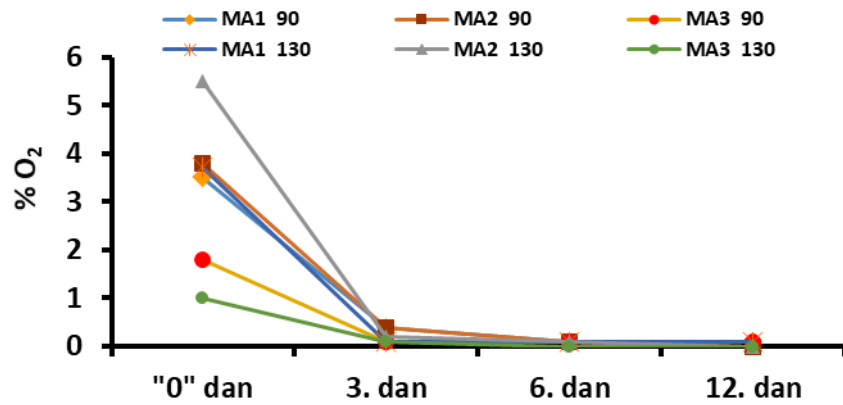
Slika 30 Udio CO<sub>2</sub> u uzorku obrađenom s 3% zamjenske soli tijekom 12 dana čuvanja pri 4 °C



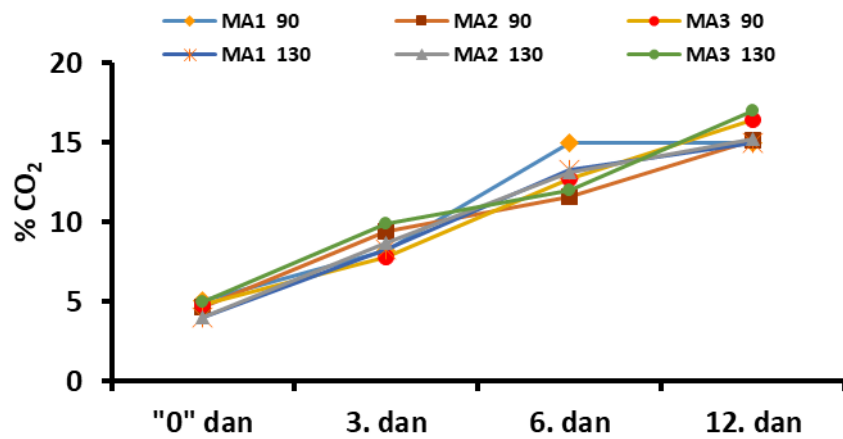
Slika 31 Udio O<sub>2</sub> u uzorku obrađenom s 3% zamjenske soli, 2% askorbinske kiseline i 0,2% kalcijevog klorida tijekom 12 dana čuvanja pri 4 °C



Slika 32 Udio CO<sub>2</sub> u uzorku obrađenom s 3% zamjenske soli, 2% askorbinske kiseline i 0,2% kalcijevog klorida tijekom 12 dana čuvanja pri 4 °C



**Slika 33** Udio  $O_2$  u uzorku obrađenom s 3% zamjenske soli i 2% kalcijevog askorbata tijekom 12 dana čuvanja pri 4 °C



**Slika 34** Udio  $CO_2$  u uzorku obrađenom s 3% zamjenske soli i 2% kalcijevog askorbata tijekom 12 dana čuvanja pri 4 °C

#### 4.5. REZULTATI MIKROBIOLOŠKE ANALIZE UZORAKA KRUMPIRA

**Tablica 10** Utjecaj obrade na mikrobiološku stabilnost (aerobne mezofilne-AMB i aerobne psihrofilne-APB bakterije) kockica krumpira tijekom 12 dana skladištenja pri 4 °C (cfu/g uzorka)

*Uzorak/ obrada	„0“ dan		6. dan		12. dan	
	AMB	APB	AMB	APB	AMB	APB
UV	$3,6 \times 10^2$	<10	$8 \times 10^5$	$6,3 \times 10^5$	$1,1 \times 10^7$	$3,8 \times 10^6$
3% ZS	$8 \times 10^3$	<10	$>3 \times 10^5$	$9 \times 10^6$	$9,4 \times 10^7$	$2 \times 10^7$
3% ZS+2% AK+0,2% CaCl <sub>2</sub>	<10	<10	$2,9 \times 10^2$	<10	$9 \times 10^2$	<10
3% ZS+2% CaA	$1,6 \times 10^2$	<10	$3 \times 10^4$	20	$3,7 \times 10^7$	$1,8 \times 10^7$

**Tablica 11** Utjecaj obrade na mikrobiološku stabilnost (kvasci i plijesni) kockica krumpira tijekom 12 dana skladištenja pri 4 °C (cfu/g uzorka)

*Uzorak/ obrada	„0“ dan	6. dan	12. dan
UV	<10	<10	<10
3% ZS	<10	<10	<10
3% ZS+2% AK+0,2% CaCl <sub>2</sub>	<10	<10	<10
3% ZS+2% CaA	<10	<10	<10

\*UV - uzorak obrađen vodom; 3% ZS - uzorak obrađen s 3%-tnom otopinom zamjenske soli; 3% ZS+2% AK+0,2% CaCl<sub>2</sub> - uzorak obrađen otopinom s 3% zamjenske soli, 2% askorbinske kiseline i 0,2% kalcijevog klorida; 3% ZS+2% CaA - uzorak obrađen otopinom s 3% zamjenske soli i 2% kalcijevog askorbata.



#### 4.6. RASPRAVA

Ovim radom ubuhvaćeno je istraživanje utjecaja obrade svježih izrezanih kockica krumpira sorte *Cleopatra* otopinama zamjene za sol, askorbinske kiseline, kalcijevog klorida i kalcijevog askorbata. Praćen je utjecaj navedenih otopina na boju, teksturu i mikrobiološku stabilnost minimalno procesiranog krumpira tijekom 12 dana čuvanja pri 4 °C.

Boja je vrlo važan parametar koji opisuje kakvoću minimalno procesiranog povrća. Mjerenje i praćenje promjene boje provedeno je pomoću kromametra korištenjem L,a,b i L,C,°h sustava mjerenja boje. Pomoću dobivenih vrijednosti izračunata je ukupna promjena boje ( $\Delta E$ ). U **Tablicama 7a, 7b, 7c, 7d i 7e** prikazani su parametri boje krumpira prije i nakon obrade, te tijekom 12 dana čuvanja pri 4 °C. Iz rezultata je vidljivo da s vremenom čuvanja dolazi do opadanja vrijednosti parametra „L“. To upućuje da površina uzorka s vremenom čuvanja postaje tamnija. Vrijednosti parametra „a“ (koji prikazuje prijelaz iz zelene u crvenu boju) i „b“ (koji prikazuje žutu boju), su se povećavale tijekom skladištenja u svim uzorcima. Vrijednosti parametra „C“ (intenzitet boje) kao i vrijednosti parametra „°h“ neznatno su se mijenjale tijekom skladištenja. Budući da su tijekom 12 dana mjerenja i praćenja boje svi obrađeni uzorci imali značajno manju ukupnu promjenu boje ( $\Delta E$ ) od neobrađenih uzoraka i uzoraka obrađenih vodom, može se zaključiti da su sva korištena sredstva imala pozitivan utjecaj na sprječavanje promjene boje narezanih kockica krumpira (**Slike 19-21**). Najmanje varijacije u promjeni boje su vidljive kod uzoraka obrađenih s 3% ZS+ 2% AA+ 0,2% CaCl<sub>2</sub> i to pakirana u MA1: 5% zraka + 30% plina (95% N<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub>), što znači da se upravo ta kombinacija pokazala najboljom za očuvanje boje kockica krumpira. Neobrađeni uzorak je nakon 3 dana imao ukupnu promjenu boje 7,2, što znači veliku vidljivost razlike u boji. Zbog izrazito lošeg izgleda (posmeđivanja), neobrađenom i uzorku obrađenom s vodom 12. dan nije mjerena boja. Veza između izračunate promjene boje,  $\Delta E$ , i ljudske percepcije boje može se prikazati:

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

Zadovoljavajući rezultati su postignuti i u uzorcima obrađenim s 3% ZS i 2% CaA, također pri pakiranju u MA1.

Omekšavanje tkiva može znatno skratiti rok upotrebe minimalno procesiranog povrća. Čvrstoća je vrlo bitno svojstvo kvalitete. Ona može biti narušena zbog djelovanja enzima prisutnih u tkivu ili zbog gubitka vode (Beaulieu i Gorny, 2004.). Mjerenje i praćenje parametara teksture kockica krumpira tijekom skladištenja provedeno je na teksturometru (TA.XT 2), a rezultati su obrađeni u pripadajućem programu. Utjecaj obrade i pakiranja na čvrstoću kockica krumpira tijekom 12 dana pri 4 °C prikazan je na **Slikama 22-24**. Vrijednosti parametra teksture uzoraka opadaju tijekom vremena što znači da dolazi do smanjenja čvrstoće plodova tijekom skladištenja. Najmanju promjenu čvrstoće tijekom 12 dana skladištenja imali su uzorci obrađeni s 3% ZS+ 2% AA+ 0,2% CaCl<sub>2</sub>, ali je i obrada s 3% ZS i 2% CaA dala vrlo dobre rezultate. Iz literature je poznato da se kalcijeve soli, posebno kalcijev klorid i kalcijev askorbat primjenjuju kod „fresh-cut“ proizvoda, budući da su vrlo dobri u očuvanju čvrstoće, inhibiciji posmeđivanja i produljenju trajnosti proizvoda (Wang i sur., 2007.; Aguayo, 2010.; Mola, 2016.). Kod uzoraka obrađenih vodom je vidljiv značajan pad čvrstoće tijekom 6 dana skladištenja, dok su neobrađeni uzorci pokazali manji pad čvrstoće (uzorci su bili relativno suhi te nije došlo do kondenzacije i nakupljanja vode u pakiranju).

Rezultati analize ukupne i topljive suhe tvari dani su u **Tablici 8**. Vidljivo je da su vrijednosti ukupne suhe tvari i topljive suhe tvari za sve uzorke (obrade) postepeno opadali, osim za neobrađeni uzorak, za koji se može pretpostaviti da je pokvaren (12. dan). Određene fluktuacije vidljive su u dobivenim rezultatima topljive i ukupne suhe tvari ispitivanih uzoraka tijekom 12 dana čuvanja pri 4 °C, a razlog tome je vjerojatno različiti udio apsorbiranih otopina i kondenzirane vode u pakiranjima.

U **Tablici 9** prikazane su vrijednosti određivanja fenolnih tvari, natrijevog klorida i pH vrijednosti ispitivanih uzoraka nulti, šesti i dvanaesti dan čuvanja pri 4 °C. Tijekom 12 dana skladištenja nije došlo do značajnijih promjena pH vrijednosti uzoraka. Kod svih uzoraka dolazi do smanjivanja udjela ukupnih fenola, što je očekivano, budući da dolazi do njihove degradacije. Najstabilnijim uzorcima pokazali su se uzorci obrađeni sa 3% ZS+2% AK +0,2% CaCl<sub>2</sub> i 3% ZS +2% CaA. Najveću koncentraciju polifenola 12. dan imao je uzorak obrađen s 3%

ZS +2% AK+ 0,2% CaCl<sub>2</sub>. Najmanju koncentraciju 12. dan imao je neobrađeni uzorak. Tijekom 12 dana skladištenja nije došlo do značajnijih promjena u udjelu natrijevog klorida u uzorcima.

**Slike 25-34** prikazuju udio kisika i ugljikovog dioksida u pakiranjima tijekom 12 dana skladištenja. U gotovo svim uzorcima dolazi do pada koncentracije kisika već 3. dan na 0,1%. Udio ugljikovog dioksida se povećava s vremenom skladištenja. Koncentracija ugljikovog dioksida u niti jednom uzorku nije prelazila vrijednosti od 20% iznad kojih dolazi do povećanja anaerobne respiracije te mogućnosti razvoja anaerobnih bakterija.

**Tablice 10 i 11** prikazuju broj aerobnih mezofilnih i psihrofilnih bakterija, te broj kvasaca i plijesni u uzorcima tijekom 12 dana skladištenja pri 4 °C.

Prema važećim propisima za mikrobiološku ispravnost svježeg rezanog povrća, pa tako i krumpira, nema točno propisanih granica mikrobiološke kontaminacije za ukupan broj mezofilnih i psihrofilnih bakterija (Uredba Komisije (EZ) br. 2073/2005 od 15. studenoga 2005. o mikrobiološkim kriterijima za hranu, čiju provedbu uređuje Zakon o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima za hranu (NN 81/2013) i Vodič za mikrobiološke kriterije za hranu, (2011.), čija je provedba osigurana Zakonom o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima za hranu (NN 81/2013). Vodič za mikrobiološke kriterije za hranu (2011) definira samo zahtjeve u pogledu ukupnog broja aerobnih mezofilnih bakterija u svježem povrću ( $10^4$  cfu/g).

Niti u jednom uzorku nije zabilježena prisutnost kvasaca i plijesni tijekom 12 dana skladištenja, i s obzirom na taj mikrobiološki parametar uzorci zadovoljavaju kriterije 7.2. koji su propisani u Vodiču za mikrobiološke kriterije za hranu:  $m=10^2$  cfu/g (2011.).

Kombinacijama ispitivanih sredstava sa askorbinskom kiselinom (3% ZS+2% AK +0,2% CaCl<sub>2</sub>) dodatno se pospješuje inhibicija mikrobnog rasta i ti su uzorci i 12. dan zadržali broj mikroorganizma ispod kritičnih granica propisanih za svježe povrće ( $10^4$  cfu/g).

## **5. ZAKLJUČCI**

Na osnovi provedenog istraživanja mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- najbolju održivost i mikrobiološku stabilnost tijekom 12 dana čuvanja uzoraka pri 4 °C pokazale su kockice krumpira obrađene kombinacijom s 3% ZS+2% AK+0,2% CaCl<sub>2</sub>, koji su 12. dan zadržali broj mikroorganizma ispod kritičnih granica propisanih za svježe povrće (10<sup>4</sup> cfu/g)
- niti u jednom uzorku nije zabilježena prisutnost kvasaca i plijesni, i s obzirom na taj mikrobiološki parametar uzorci zadovoljavaju važeće kriterije (m=10<sup>2</sup> cfu/g)
- uzorci obrađeni kombinacijom s 3% ZS+2% AK+0,2% CaCl<sub>2</sub> imali su najbolju stabilnost boje i čvrstoću tijekom 12 dana skladištenja pri 4 °C
- najbolji rezultati u očuvanju boje postignuti su obradom sa 3% ZS+2% AK+0,2% CaCl<sub>2</sub> pakiranim u PA/PE vrećicama debljine 130 μm i tipu modificirane atmosfere MA1: 5% zraka + 30% plina (95% N<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub>); spomenuti uzorci su pokazali najmanju ukupnu promjenu boje (ΔE) u odnosu na ostale uzorke;
- u pogledu ispitivanih komponenti kemijskog sastava najstabilnijim su se pokazali uzorci obrađeni sa 3% ZS+2% AK+0,2% CaCl<sub>2</sub> i uzorci obrađeni sa 3% ZS+2% CaA.

## 6. LITERATURA

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

Ahvenainen R: New approach in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology* 7: 179-186, 1996.

Arias E, González J, Oria R, López-Buesa P: Ascorbic acid and 4-hexylresorcinol effects on pear PPO and PPO catalyzed browning reaction. *Journal of Food Science* 72: 422-429, 2007.

Beaulieu JC, Gorny JR: Fresh-cut Fruits. U *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks*, ur. Gross KC, Saltveit M, Wang CY. USDA Handbook 66, Washington, 1-49, 2004.

Bishop CFH, Thorogood AJ, Duran T, Devres YO: Reduction of potato damage by radiant heating. *Potato Research* 43: 413-426, 2000.

Butorac I, Bolf M: *Proizvodnja krumpira*, Biblioteka Zadružni poduzetnički savjetnik, Zagreb, 2000.

Clayden G, Warren W: *Organic Chemistry*, Oxford University Press, 2001.

Fallahi E, Conway WS, Hickey KD, Sams CE: The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience* 32: 831-835, 1997.

Gomes H, Fundoa J, Santosb S, Amaroa A, Almeidaa D: Hydrogen ion concentration affects quality retention and modifies the effect of calcium additives on fresh-cut 'Rocha' pear. *Postharvest Biology and Technology* 58: 239-246, 2010.

Hrvatska enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, broj 5, str. 718., Zagreb, 2003.

Kalia A, Gupta RP: Fruit Microbiology. U *Handbook of Fruits and Fruit Processing*, ur. Huy YH, Barta J, Cano MP, Gusek T, Sidhu JS, Sinha NK. Oxford, Blackwell Publishing, 3-28, 2006.

Lešić R, Borošić J, Buturac I, Ćustić M, Poljak M, Romić D: *Povrcarstvo*. Zrinski d.d., Čakovec, 2002.

- Lovrić T, Piližota V: *Konzerviranje i prerada voća i povrća*. Nakladni zavod Globus, Zagreb, 1994.
- Mola S, Uthairatanakij A, Srilaong V, Aiamlar S, Jitareerat P: Impacts of sodium chlorite combined with calcium chloride, and calcium ascorbate on microbial population, browning, and quality of fresh-cut rose apple. *Agriculture and Natural Resources* 50: 331-337, 2016.
- Piližota V, Šubarić D: Control of enzymatic browning of foods. *Food Technology and Biotechnology* 36(3): 219-227, 1998.
- Rocculi P, Romani S, Galindo FG, Rosa MD: Effect of minimal processing on physiology and quality of fresh-cut potatoes: a Review. *Food 3 (Special Issue 1)*: 18-30, Global Science Books, 2008.
- Rocha AMNC, Morais AMMB: Shelf life of minimally processed apple (cv. *Jonagored*) determined by colour changes. *Food Control* 14(1): 13-20, 2003.
- Sapers GM, Miller RL: Browning inhibition in fresh-cut pears. *Journal of Food Science* 63: 342-346, 1998.
- Šubarić D: Inhibicija polifenol oksidaze u svrhu sprečavanja enzimskog posmeđivanja. *Doktorski rad*, Zagreb: 2-4, 22-50, 1999.
- Talburt WF, Smith O, *Potato Processing*. Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York, 1987.
- Vodič za mikrobiološke kriterije za hranu. Ministarstvo poljoprivrede, 3. izmijenjeno izdanje, ožujak, 2011.
- Voss RE, Baghott D, Timm H: *Proper Environment for Potato*, The University of California, Vegetable Research and Information Center, 1-3, 2015.
- Wang H, Feng H, Luo Y: Control of browning and microbial growth on fresh-cut apples by sequential treatment of sanitizers and calcium ascorbate. *Journal of Food Science* 72: M1-M7, 2007.
- web 1: Nedić Tiban N: Enzimsko posmeđivanje. Tehnologija prerade sirovina biljnog podrijetla II, 2016.



[http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski studij/Tehnologija prerade sirovina biljnog podrije tla II/VO%C4%86E%20I%20POVR%C4%86E/TPSBP%20II EP%202016.17.pdf](http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski_studij/Tehnologija_prerade_sirovina_biljnog_podrije_tla_II/VO%C4%86E%20I%20POVR%C4%86E/TPSBP%20II_EP%202016.17.pdf) [01.06. 2017.]

web 2: Kopjar M: Posmeđivanje. Kemija hrane, 2016.

[http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski studij/Kemija hrane/predavanja-2016-2017/parcijalni%20ispit%20III/posmedivanje.pdf](http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski_studij/Kemija_hrane/predavanja-2016-2017/parcijalni%20ispit%20III/posmedivanje.pdf) [10.06. 2017.]

web 3: Jakobek Barron L: Ambalažni materijali i ambalaža, 2016.

[http://studenti.ptfos.hr/Diplomski studij/Ambalazni materijali i ambalaza/prvi%20parcijalni%20ispit/1.%20znacaj%20i%20uloga%20ambalaze.pptx.pdf](http://studenti.ptfos.hr/Diplomski_studij/Ambalazni_materijali_i_ambalaza/prvi%20parcijalni%20ispit/1.%20znacaj%20i%20uloga%20ambalaze.pptx.pdf) [11.06. 2017.]

web 4-7: Jakobek Barron L.: Ambalaža i pakiranje hrane, 2016.

[http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski studij/Ambalaza i pakiranje hrane/nastavni%20materijali%20-%20do%20prvog%20kolokvija/6%20Vi%C5%A1eslojni%20materijali.pdf](http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski_studij/Ambalaza_i_pakiranje_hrane/nastavni%20materijali%20-%20do%20prvog%20kolokvija/6%20Vi%C5%A1eslojni%20materijali.pdf) [01.06. 2017.]

[http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski studij/Ambalaza i pakiranje hrane/nastavni%20%20materijali%20-%20drugi%20kolokvij/10%20Vo%C4%87e%20i%20povr%C4%87e.pdf](http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski_studij/Ambalaza_i_pakiranje_hrane/nastavni%20%20materijali%20-%20drugi%20kolokvij/10%20Vo%C4%87e%20i%20povr%C4%87e.pdf) [16.06. 2017.]

[http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski studij/Ambalaza i pakiranje hrane/nastavni%20materijali%20-%20do%20prvog%20kolokvija/6%20Vi%C5%A1eslojni%20materijali.pdf](http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski_studij/Ambalaza_i_pakiranje_hrane/nastavni%20materijali%20-%20do%20prvog%20kolokvija/6%20Vi%C5%A1eslojni%20materijali.pdf) [05.06. 2017.]

[http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski studij/Ambalaza i pakiranje hrane/nastavni%20%20materijali%20-%20drugi%20kolokvij/10%20Vo%C4%87e%20i%20povr%C4%87e.pdf](http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski_studij/Ambalaza_i_pakiranje_hrane/nastavni%20%20materijali%20-%20drugi%20kolokvij/10%20Vo%C4%87e%20i%20povr%C4%87e.pdf) [15.06. 2017.]

web 8: Piližota V Vakuum impregnacija 2010.

[http://studenti.ptfos.hr/Diplomski studij/Minimalno procesiranje hrane/](http://studenti.ptfos.hr/Diplomski_studij/Minimalno_procesiranje_hrane/) [01.06. 2017.]

Zakon o higijeni hrane i mikrobiološkim kriterijima za hranu, Narodne novine 81, 2013.