

Utjecaj starosti krumpira i tehnoloških parametara na kvalitetu minimalno procesiranih krumpira

Pranjić, Tanja

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:159:501718>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-05**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2017.

Tanja Pranjić

834/USH

**UTJECAJ STAROSTI KRUMPIRA
I TEHNOLOŠKIH PARAMETARA
NA KVALITETU MINIMALNO
PROCESIRANIH KRUMPIRA**

Rad je izrađen u Laboratoriju za procese konzerviranja i preradu voća i povrća i Laboratoriju za pakiranje hrane, na Zavodu za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom prof.dr.sc. Branke Levaj, Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Ovaj rad izrađen je u okviru projekta „Inovativne tehnike u minimalnoj preradi krumpira (*Solanum tuberosum*) i njegova zdravstvena ispravnost nakon pripreme“ (IMPROvePOTATO, IP-06-2016) financiranog sredstvima Hrvatske zaklade za znanost.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za procese konzerviranja i preradu voća i povrća

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

UTJECAJ STAROSTI KRUMPIRA I TEHNOLOŠKIH PARAMETARA NA KVALITETU MINIMALNO PROCESIRANIH KRUMPIRA

Tanja Pranjić, 834/USH

Sažetak: Svrha ovog istraživanja bila je ispitati utjecaj vremena skladištenja gomolja i tehnoloških parametara na kvalitetu minimalno procesiranih krumpira (MPK) tijekom 8 dana skladištenja. Istraživanje se provelo u dva termina skladištenja gomolja, prvi termin proizvodnje minimalno procesiranih krumpira je bio tijekom prvog mjeseca skladištenja gomolja, dok je drugi termin bio nakon pet mjeseci skladištenja gomolja. U oba termina MPK su proizvedeni na isti način. Tijekom skladištenja MPK, 2., 4., i 8. dan pratila su se fizikalno-kemijska svojstva krumpira (sirovog i kuhanog), boja, tekstura, mikrobiološka ispravnost, promjena mase i sastav atmosfere unutar pakovine. Starenje gomolja krumpira je najviše utjecalo na smanjenje ukupne suhe tvari, povećanje topljive suhe tvari i povećanje žilavosti MPK. Na ukupnu suhu tvar i topljivu suhu tvar MPK je u najvećoj mjeri utjecalo kuhanje i odabir način pakiranja. Vakuumsko pakiranje je utjecalo na smanjenje pH vrijednosti MPK, te se pokazalo kao bolja opcija za sprječavanje gubitka mase tijekom skladištenja i očuvanje elastičnosti MPK. Udio plinova u pakovinama najviše je ovisio o načinu pakiranja. Tretiranje otopinom natrijeva askorbata, rezultira povećanjem L^* vrijednosti MPK, a uz to povećanje C^* vrijednosti sorte Birgit, i povećanje h vrijednosti sorte Lady Claire. Tijekom prvog termina proizvodnje, sorta Birgit je imala veću elastičnost, no skladištenjem gomolja krumpira 5 mjeseci sorta Lady Claire je postala tvrđa i elastičnija.

Gljučne riječi: krumpir, minimalno procesiranje, skladištenje gomolja, skladištenje minimalno procesiranih krumpira, boja

Rad sadrži: 59 stranica, 6 slika, 21 tablica, 56 literaturna navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u: Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: prof.dr.sc. Branka Levaj

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. Izv.prof.dr.sc. Sandra Balbino
2. Prof.dr.sc. Branka Levaj
3. Prof.dr.sc. Kata Galić
4. Doc.dr.sc. Mario Ščetar (zamjena)

Datum obrane: 27. rujna 2017.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Food Engineering
Laboratory for Process Preservation and Processing Fruits and Vegetables

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Food Technology

EFFECTS OF POTATO AGE AND PROCESSING PARAMETERS ON QUALITY OF MINIMALLY PROCESSED POTATOES

Tanja Pranjić, 834/USH

Abstract: *The purpose of this study was to evaluate the impact of potato tuber storage time and processing parameters on the quality of minimally processed potatoes (MPP) during 8 days of storage. The study was carried out in two periods during storage of potatoes, the first period of production of MPP was during the first month of potato tuber storage, while the second period was after five month of storage. In both periods MPP are produced in the same way. During the storage of the MPP, quality was monitored on the 2nd, 4th and 8th day. The physical-chemical properties of potatoes (raw and cooked), colour, texture, microbiological safety, weight loss and changes of the composition in the atmosphere within the package were monitored. Aging of potato tubers had the greatest effect on reducing of total dry matter, increasing of total soluble solid and increasing the MPP toughness. Cooking and selected packaging method mostly affected total dry matter and total soluble solid. Vacuum packaging has affected the pH reduction of MPP and proved to be a better choice for preventing weight loss during storage and for preservation of MPP elasticity. The share of gases in the package depends mostly on the packaging method. Treating MPP with solution of sodium ascorbate, causes an increase in L* values, with the increase of C* value of Birgit variety and an increase in the h value of Lady Claire's variety. During the first period of production, the Birgit variety had greater elasticity but with time of 5 months storage of potato tubers, Lady Claire variety became more elastic and harder.*

Keywords: *potato, minimally processing, potato tuber storage, storage of minimally processed potatoes, colour*

Thesis contains: 59 pages, 6 figures, 21 tables, 56 references

Original in: Croatian

Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) version is deposited in: Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb.

Mentor: *PhD. Branka Levaj, Full Professor*

Reviewers:

1. PhD. *Sandra Balbino*, Associate professor
2. PhD. *Branka Levaj*, Full professor
3. PhD. *Kata Galić*, Full professor
4. PhD. *Mario Ščetar*, Assistant professor (substitute)

Thesis defended: September 27, 2017

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. KRUMPIR	2
2.1.1. UVOD.....	2
2.1.2. KEMIJSKI SASTAV GOMOLJA KRUMPIRA.....	3
2.1.3. UTJECAJ SKLADIŠTENJA NA SVOJSTVA GOMOLJA.....	5
2.2. MINIMALNO PROCESIRANI KRUMPIR	9
2.2.1. ENZIMSKO POSMEĐIVANJE MINIMALNO PROCESIRANOG KRUMPIRA.....	11
2.1.1.1. SPRIJEČAVANJE ENZIMSKOG POSMEĐIVANJA MPK.....	12
2.2.2. PAKIRANJE MPK	15
2.2.2.1. PAKIRANJE MPK U MODIFIRANOJ ATMOSFERI	15
2.2.2.2. PAKIRANJE MPK U VAKUUMU.....	17
2.3. UTJECAJ SKLADIŠTENJA NA KVALITETU MPK	18
3. EKSPERIMENTALNI DIO	20
3.1. MATERIJALI.....	20
3.2. APARATURA I PRIBOR	21
3.3. KEMIKALIJE.....	22
3.4. METODE RADA.....	22
3.4.1. PROIZVODNJA MPK	22
3.4.2. ODREĐIVANJE UDJELA O ₂ I CO ₂ U PAKOVINI	23
3.4.3. ODREĐIVANJE BOJE MPK NA KOLORIMETRU	24
3.4.4. ODREĐIVANJE TEKSTURE MPK.....	25
3.4.5. MIKROBIOLOŠKA ANALIZA MPK.....	26
3.4.6. ODREĐIVANJE pH VRIJEDNOSTI.....	27
3.4.7. ODREĐIVANJE UKUPNE SUHE TVARI	27
3.4.8. ODREĐIVANJE TOPLJIVE SUHE TVARI	28
3.4.9. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	29
4. REZULTATI I RASPRAVA	30
4.1. FIZIKALNO-KEMIJSKI PARAMETRI MPK	30
4.2. UDJELI O ₂ I CO ₂ U PAKOVINAMA MPK	37
4.3. MIKROBIOLOŠKA ISPRAVNOST MPK	40
4.4. PROMJENA MASE PAKOVINA MPK	41
4.5. PARAMETRI BOJE MPK	44
4.6. PARAMETRI TEKSTURE MPK.....	51
5. ZAKLJUČCI	54
6. LITERATURA	55

1. UVOD

Minimalno procesirano voće i povrće (MPViP) je proizvod koji olakšava daljnju obradu sirovine ili konzumaciju. To je voće ili povrće koje je oprano, oguljeno i zapakirano u odgovarajuću atmosferu i prikladnu ambalažu. Nije termički tretirano, stoga sirovina zadržava svježija svojstva. Iako MPViP u odnosu na svježe voće i povrće ističe njegova praktičnost, glavni nedostaci minimalnog procesiranja su posmeđivanje sirovine i skraćeni rok trajanja zbog fiziološkog oštećenja tkiva. Tijekom skladištenja, MPViP bi trebalo održati senzorsku i nutritivnu kvalitetu barem 4-7 dana uz odgovarajuće uvjete skladištenja.

Krumpir se zbog visoke prehrambene vrijednosti i mogućnosti dugotrajnog skladištenja konzumira tijekom cijele godine, te je stoga prikladna sirovina za minimalno procesiranje. Za kvalitetan proizvod potrebno je odabrati sortu koja je aromatična, s visokim udjelom škroba i koja nije sklona posmeđivanju. Minimalno procesiranje krumpira olakšava i ubrzava daljnje postupke termičke obrade poput prženja, pečenja i kuhanja. No postupci minimalne obrade uzrokuju povećanu enzimsku aktivnost i respiraciju sirovine, degradirajući time kvalitetu MPK. Također, uvjeti skladištenja utječu na kemijski sastav i fiziologiju gomolja krumpira, što u konačnici i utječe na kvalitetu MPK, proizvedenog nakon višemjesečnog skladištenja. Konzervirajući učinak na MPK može se postići odabirom prikladnog načina pakiranja u kombinaciji sa sredstvom protiv posmeđivanja. Vakuumsko pakiranje i pakiranje u modificiranoj atmosferi su dva različita, ali učinkovita načina pakiranja s istim ciljem, kontroliranje odnosno sprječavanje respiracije MPK. No ipak, različiti uvjeti unutar pakiranja, tijekom skladištenja utječu na senzorske promjene MPK i mikrobiološku kvalitetu proizvoda.

Cilj ovog istraživanja bio je odrediti utjecaj starosti dviju sorti krumpira i tehnoloških parametara, odnosno različitog načina pakiranja i različitih tretmana protiv posmeđivanja na kvalitetu minimalno procesiranih krumpira (MPK). Tijekom 8 dana skladištenja MPK na 10°C pratili su se fizikalno-kemijski parametri (sirovih i kuhanih uzoraka), boja, tekstura, promjene sastava atmosfere unutar pakovina i mikrobiološka ispravnost.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. KRUMPIR

2.1.1. UVOD

Krumpir, kao rod *Solanaceae* obitelji, uključuje preko 2000 vrsta od kojih se njih osam koristi za uzgoj. Vrsta *S. tuberosum* je najčešće uzgajana, posebice u umjerenoj klimatskoj zoni (Lisińska i Leszczyński, 1989).

Jedna od uobičajenih podjela sorti krumpira, temelji se na broju dana od sadnje sjemena pa do zrelosti gomolja. Tako se sorte mogu podijeliti na (Camire i sur., 2009):

- vrlo rane: 65-70 dana
- rane: 70-90 dana
- srednje: 90-100 dana
- kasne: 110-130 dana
- vrlo kasne: > 130 dana

Rane sorte se općenito proizvode za potrošnju u svježem stanju, zbog niskog sadržaja suhe tvari i škroba. S druge strane kasne sorte, bogate škrobom, su namijenjene industrijskoj preradi (Lisińska i Leszczyński, 1989).

Botanički gledano, krumpir se smatra trajnicom, jer se klonovi biljke majke mogu razviti preko gomolja kćeri koji su ostali neubrani (slika 1.). Ovisno o sorti i okolišu, gomolji kćeri se mogu razvijati i dok je biljka majka živa, međutim gomolji kćeri obično prolaze fazu mirovanja prije započinjanja novog rasta. Faza mirovanja je obično duža od prirodnog tijeka života majke biljke. Krumpir je godišnji usjev, jer pri sadnji krumpira za komercijalnu upotrebu, biljka majka stari prirodnim putem ili odlazi branjem gomolja kćeri (Wohleb i sur., 2014).

Površina zrelijeg gomolja prekrivena je vanjskim zaštitnim tkivom zvanim nativni periderm, koji sadrži puno malih pora i lenticela, za razmjenu plina. Neposredno ispod periderma nalazi se skladište stanica parenhima zvan korteks, te ga slijedi prsten vaskularnog tkiva i unutrašnje područje koje se uglavnom sastoji od parenhimskog tkiva i interksilarnog floema (Wohleb i sur., 2014).



Slika 1. Poprečni prikaz biljke krumpira (Anonymous 1., 2015)

Kemijski sastav gomolja krumpira je vrlo različit. Može se razlikovati unutar iste vrste, čak i gomolji unutar jedne biljke mogu sadržavati različite količine pojedinih komponenti. Na kemijski sastav utječu starost, odnosno zrelost gomolja, okolišni uvjeti, poput klimatskih i uvjeti tla, uvjeti rasta kao što su fertilizacija, upotreba pesticida, te eventualna bolest. Skladištenje gomolja također mijenja njihov kemijski sastav (Lisińska i Leszczyński, 1989).

2.1.2. KEMIJSKI SASTAV GOMOLJA KRUMPIRA

Gomolj krumpira čini 20% suha tvar, a ostatak voda. Glavna komponenta suhe tvari je škrob, oko 70%. Najveći dio svježeg krumpira čini skladište parenhima u kojemu su škrobne granule pohranjene kao pričuvni materijal. Krumpiri su dobar izvor visoko vrijednih proteina, esencijalnih vitamina, minerala i elemenata u tragovima. Prosječni raspon koncentracije pojedinih komponenata u gomolju krumpira iznosi: škrob (10-18%), od čega 22-30% amiloza, ukupni šećeri (1-7%), proteini (1-2%), vlakna (0.5%), lipidi (0.1-0.5%), vitamin A (u tragovima/100 g mase), vitamin C (30 mg/100 g mase) i glikoalkaloidi (1-3 mg/100 g mase). Karotenoidi i fenolni spojevi su također bitne komponente gomolja. Sadržaj karotenoida u

krumpirima iznosi od 50 do 100 $\mu\text{g}/100$ g mase u bijelim sortama, dok u žutim i narančastim sortama krumpira iznosi do 2000 $\mu\text{g}/100$ g mase. Od fenolnih spojeva, dominantna je klorogenska kiselina, do 30 $\mu\text{g}/100$ g mase u bijelim sortama, a u crvenim i ljubičastim sortama do 60 $\mu\text{g}/100$ g mase (Pedreschi i sur., 2016).

Glikoalkaloidi (GA) su prirodni toksini prisutni u krumpiru. Imaju važnu ulogu u obrambenom mehanizmu protiv organizama kao što su gljive, insekti, virusi i biljojedi. Više od 95% ukupnih GA prisutnih u krumpiru čine α -solanin i α -hakonin (Şengül i sur., 2004). Solanin i hakonin su kemijski vrlo slične građe (Sotelo i Serrano, 2000), oba spoja sadrže istu alkaloidnu, aglikonsku solanidinsku bazu (Bejarano i sur., 2000), a razlikuju se jedino u sastavu ugljikohidratnog dijela. U α -solaninu ugljikohidratni dio je sastavljen od galaktoze, glukoze i ramnoze, dok kod α -hakonina ugljikohidratni dio sadrži glukoze i dvije molekule ramnoze. Oba spoja su termostabilni, ali se razgrađuju tek pri temperaturama između 230 i 280°C, što znači da se ne mogu uništiti uobičajenim postupcima kuhanja i prženja (Sotelo i Serrano, 2000). Koncentracija GA u gomoljima se povećava kao posljedica brojnih čimbenika, kao što fizičke ozljede, nepovoljni uvjeti rasta, klimatski uvjeti i uvjeti skladištenja. Izlaganje gomolja svjetlu može uzrokovati znatno povećanje koncentracije GA (Kodamatani i sur., 2005). Gomolji sadrže između 4-12 mg ukupnih GA/100 g mase. Pri tim koncentracijama, GA poboljšavaju okus krumpira. Međutim, pri koncentraciji iznad 20 mg/100 g mase, uzrokuju gorki okus i simptome gastroenteritisa. Koncentracija između 2-5 mg/kg tjelesne mase smatra se toksičnom (Sotelo i Serrano, 2000). GA se u najvećoj mjeri nalaze u kori gomolja, međutim prilikom ozljede ili utjecaja okolišnih uvjeta, spojevi GA se nakupljaju u tkivo ispod kože, do iste količine koja se nalazi u kori ili čak i veće. Nakupljanje spojeva je ograničeno na 1-2 mm sloja tkiva. Tako da guljenjem krumpira s niskim sadržajem GA se uklanja 60-90% GA, dok u gomoljima s visokim sadržajem GA, guljenjem se uklanja 35% (Bejarano i sur., 2000).

Važan korak pri preradi krumpira je odabir prikladne sorte. Udio ugljikohidrata (škroba i šećera) u gomoljima krumpira je važan kriterij pri odabiru. Sorte namijenjene preradi moraju imati visoki udio škroba, a niski udio reducirajućih šećera (glukoze/fruktoze). Sadržaj škroba je direktno povezan s udjelom suhe tvari u gomoljima. Škrob ima utjecaj na teksturu krumpira i apsorbiranje ulja tijekom procesiranja. Tijekom prženja voda se zamjenjuje uljem. Stoga, gomolji krumpira s niskim udjelom suhe tvari, odnosno visokim udjelom vode apsorbiraju više ulja, što u konačnici utječe na senzorske karakteristike (Anonymous 2, 2014).

Yang i suradnici (2015) su u istraživanju fizikalnih i kemijskih svojstava krumpira, podijelili 8 sorti u 3 grupe prema prikladnosti sorte za različite procese. Grupa sorti (Cherie, Kennebec, Agria, Caesar i Red Pontiac) i grupa koju čini sorta Spirit, za razliku od prve grupe ima bolja svojstva elastičnosti, žvakavosti i kohezivnosti, zbog veće čvrstoće i većeg sadržaja suhe tvari, a niskog sadržaja reducirajućih šećera su prikladne za prženje. Grupa sorti (Agata i Monalisa) se pokazala prikladna za kuhanje i pečenje zbog dobre elastičnosti, kohezivnosti i žvakavosti, te ako se nisu gulile tijekom obrade, imale su dobra antioksidacijska svojstva (Yang i sur., 2015).

2.1.3. UTJECAJ SKLADIŠTENJA NA SVOJSTVA GOMOLJA

Uvjeti skladištenja gomolja krumpira utječu na njihov gubitak mase, te smanjenje kvalitete. Glavni čimbenici koji utječu na te gubitke su (Wustman i Struik, 2008):

- isparavanje vode iz gomolja i prokljalih dijelova
- respiracija
- prokljavanje
- promjene u kemijskom sastavu
- oštećenja uzrokovana pre niskim ili previsokim temperaturama
- širenje bolesti

Na ove čimbenike utječu uvjeti skladištenja, među kojima su najvažniji čimbenici temperatura, vlažnost, CO₂ i zrak (Eltawil i sur., 2006) i ventilacija (Heltoft i sur., 2016). Međutim prikladnost gomolja za skladištenja je određena i prije samog skladištenja, s čimbenicima poput: sorte, korištenim tehnikama rasta, tipu tla, vremenskim uvjetima tijekom rasta, bolestima prije branja, zrelosti gomolja tijekom vremena berbe, ozlijedi gomolja prilikom rukovanja i transporta (Eltawil i sur., 2006).

Rastovsky (1987) je istaknuo da atmosferska vlažnost tijekom skladištenja mora biti što je moguće viša, u rasponu od 85 do 90%. Ako se gomolji skladište na temperaturama iznad 4°C, obavezna je upotreba sredstava koje inhibiraju klijanje (Eltawil i sur., 2006). Najčešća kemijska sredstva koja se koriste za sprječavanje klijanja su maleinski hidrazid, karvon i klorprofam (CIPC, izopropil 3-klorfenilkarbammat). Međutim, ova sredstva se smatraju ekološki nesigurnima, jer opstaju u okolišu i mogu ući u prehrambeni lanac (Owolabi i sur., 2012). Nourian i suradnici (2003) su prilikom istraživanja utjecaja različitih temperatura skladištenja na promjene fizikalno-

kemijskih parametara krumpira, ustvrdili da povišene temperature negativno utječu na njihovu kvalitetu, posebice tijekom dugog skladištenja. S vremenom uz povišene temperature, gomolji su prokljavali, postajali su mekši i tamniji. Temperature su narušile i nutritivnu vrijednost, posebice je negativno djelovalo na gubitak askorbinske kiseline. Stoga skladištenje pri nižim temperaturama predstavlja bolji izbor, međutim treba se uzeti u obzir da niže temperature uzrokuju pretvorbu škroba u reducirajuće šećere, što se povezuje sa stvaranjem neželjenih boja prilikom prženja krumpira (Nourian i sur., 2002).

U tablici 1. je prikazana očekivana duljina skladištenja gomolja pri određenim temperaturama, dok je u tablici 2. prikazana preporuka temperatura skladištenja za različite daljnje procese obrade (Eltawil i sur., 2006).

Tablica 1. Duljina skladištenja krumpira pri određenim temperaturama (Eltawil i sur., 2006)

Prosječna temperatura skladištenja, °C	Duljina skladištenja, mjeseci
5	6
10	3-4
15	2-3
20	2-3
25	2
30	1

Tablica 2. Preporučene temperature skladištenja gomolja za različitu upotrebu (Eltawil i sur., 2006)

Svrha	Temperatura skladištenja, °C
Svježa konzumacija	2-4
Čips	4-5
Prženi krumpirići	7-10
Granulacija (pire od krumpira)	5-7

Skladištenje gomolja krumpira u kontroliranoj atmosferi se pokazalo neprikladno za očuvanje kvalitete gomolja. Skladištenje gomolja pri koncentracijama $\leq 5\%$ kisika inhibira formiranje periderma, dok skladištenje pri koncentracijama $\leq 1\%$ uzrokuje stvaranje stranih

okusa, te uzrokuje znatno propadanje tkiva gomolja i pojavu površinske plijesni i crne boje tijekom tjedan dana skladištenja na umjerenim temperaturama od 15-20°C. Uvjeti od 12% CO₂ (8% i više) i niske koncentracije O₂ tijekom 6 mjeseci su rezultirale ukupnim propadanjem gomolja. Kombinacija visoke koncentracije CO₂ (8% i više), niske koncentracije O₂ (5% i niže) i niske temperature skladištenja (0°C) je imala najveći negativni utjecaj (Jadhav i Kadam, 1998).

Tijekom skladištenja krumpiri kontinuirano gube na kvaliteti zato što su živi organizmi s aktivnim metabolizmom (Wustman i Struik, 2008).

Utjecaj skladištenja na klijanje gomolja

Tijekom dugotrajnog skladištenja, a nakon završetka razdoblja mirovanja klice, gomolji prokljavaju. Razdoblje mirovanja je fiziološko stanje, u kojemu gomolji reagiraju na novonastali stres ulazeći u stanje suspenzije rasta. Klijanje utječe na masu gomolja, promjenu teksture, skupljanje i mekšanje gomolja, nutritivni sastav i na stvaranje toksičnih alkaloida (Owolabi i sur., 2012).

Na prekid razdoblja mirovanja tijekom skladištenja utječu temperatura, vlažnost i sastav atmosfere skladišnog prostora. Skladištenjem gomolja na temperaturu od 4-6° usporava se klijanje, a ubrzava se povećanjem temperature do 25°C. Gomolji koji su skladišteni u uvjetima visoke vlažnosti, prokljavaju ranije nego gomolji skladišteni pri niskoj vlažnosti. Visoka vlažnost rezultira razgranatim klicama s velikim brojem bočnih korijena. Najveći učinak vlažnosti na intenzitet klijanja je opažen na temperaturama od 18-22°C, dok pri niskim temperaturama (4°C) i visokim (do 30°C) nema značajan učinak, odnosno ne ubrzava klijanje. Niske koncentracije kisika u atmosferi, ubrzavaju klijanje. Koncentracija kisika od 2-10% je idealna za klijanje gomolja. Stoga je dobra ventilacija prilikom skladištenja gomolja neophodna. Ventilacija omogućuje novi prtok kisika, ali i uklanja CO₂, koji je teži od zraka, te se onda akumulira u donjim dijelovima uskladištenih krumpira. Koncentracije CO₂ do 8% ubrzavaju klijanje, dok više koncentracije CO₂ odgađaju klijanje (Lisińska i Leszczyński, 1989).

Utjecaj skladištenja na promjenu mase gomolja

Kako procesi održavanja i metabolički procesi zahtijevaju energiju, gomolji krumpira koriste dio suhe tvari, uglavnom škrob, za opskrbu energijom što rezultira smanjenjem ukupne suhe tvari (Wustman i Struik, 2008). Iako je ovaj proces neophodan za daljnji razvoj nakon berbe, ima neželjene učinke na kvalitetu krumpira. Aerobna respiracija (pretvara šećere u CO₂ i H₂O) uzrokuje da gomolji postaju kvarljivi, dok anaerobna respiracija (pretvara šećere heksoze u alkohol i CO₂) vodi do proizvodnje neželjenih mirisa i okusa (Nourian i sur., 2003). Gubitak mase je fizički proces, koji se odvija zbog procesa transpiracije (gubitak vode) i respiracije (smanjenje suhe tvari) (Wustman i Struik, 2008). Gubitak mase zbog transpiracije je značajniji, pa tako tijekom perioda skladištenja od 6-8 mjeseci, gubitak 10% mase je uzrokovano respiracijom, a dok 90% gubitka mase je uzrokovano gubitkom vode (Bročić i sur., 2016). Niži tlak vodene pare u skladišnim uvjetima dovest će do gubitka vode u gomoljima, te oni s većim gubitkom vode su osjetljiviji tijekom rukovanja i imaju veće gubitke tijekom guljenja (Wustman i Struik, 2008).

Ventilacija tijekom skladištenja je bitan čimbenik koji utječe na kvalitetu gomolja, te u provedenom istraživanju Heltofta i suradnika (2016), gomolji skladišteni na prirodnoj ventilaciji su značajno izgubili na masi, za razliku od gomolja skladištenih na mehaničkoj ventilaciji. Dok na suhu tvar gomolja, nije imala značajan utjecaj (Heltoft i sur., 2016).

Utjecaj skladištenja na kemijski sastav gomolja

Pod utjecajem skladišnih uvjeta mijenja se kemijski sastav gomolja, čimbenik koji utječe na smanjenje kvalitete gomolja krumpira (Nourian i sur., 2002). U najvećoj mjeri to se odnosi na pretvorbu škroba u reducirajuće šećere i obrnuto (Wustman i Struik, 2008) kao posljedica respiracije (Kumar i sur., 2004). Na nakupljanje reducirajućih šećera tijekom skladištenja utječu sljedeći procesi: skladištenje pri temperaturi nižoj od 10 °C, prekid mirovanja i prokljavanje, starenje gomolja uslijed dugotrajnog skladištenja i atmosfera skladištenja (Kumar i sur., 2004).

Prilikom skladištenja krumpira na niskim temperaturama, dolazi do nakupljanja šećera, primarno glukoze, fruktoze i saharoze u procesu poznatom kao zaslađivanje pri niskim temperaturama (Kumar i sur., 2004). Niske temperature uzrokuju povećanu propusnost membrane i razgradnju škroba. Zaslađivanje pri niskim temperaturama uključuje nakupljanje

saharoze u gomoljima, zahvaljujući inaktivaciji termolabilnih glikolitičkih enzima fosfofruktokinaze i fruktoza-6-fosfat fosfotransferaze. Pretvorba saharoze u glukozu i fruktozu preko invertaze u hladnim uvjetima skladištenja je omogućena inaktivacijom inhibitora invertaze (Tamaki i sur., 2003).

2.2. MINIMALNO PROCESIRANI KRUMPIR

Minimalno procesirano voće i povrće (MPViP) je svježe voće i povrće obrađeno na način kako bi se povećala njihova funkcionalnost, a da se pri tome značajno ne mijenjaju svježa svojstva. Minimalna obrada je važna za pripremu voća ili povrća prikladnim za konzumaciju, te uz što manji gubitak nutritivne vrijednosti (Siddiqui i sur., 2011).

Proizvod bi trebao imati rok trajanja dovoljan za distribuciju, izvedivu unutar područja potrošnje. Mikrobiološka, senzorska i nutritivna vrijednost MPViP bi trebala biti odgovarajuća najmanje 4-7 dana, ali poželjnije je što duže. Procesi koji se koriste za pripremu svježeg narezanog voća i povrća izazivaju mehaničke ozljede u tkivu mijenjajući time njihovu fiziologiju, ubrzavajući kvarenje tijekom transporta i maloprodaje, te time skraćuju rok trajanja. Stanice MPViP su fiziološki aktivne, što rezultira stalnim promjenama u staničnoj strukturi u svrhu zaštite i/ili degradacije, kao i u promjenama sastava okoline unutar pakovine. Minimalna obrada ubrzava propadanje tkiva, a ne uzrokuje stabilnost voća i povrća. Ostale vrste kvarenja uključuju kemijske i enzimске promjene, te mikrobiološko kvarenje. Rok trajanja MPViP je zapravo ograničen senzorskim promjenama plodova, a ne rastom mikroba (Siddiqui i sur., 2011). Minimalno procesiranje voća i povrća uključuje operacije poput pranja, guljenja, rezanja ili usitnjavanja prije pakiranja, te skladištenje na niske temperature (Kilic-Akyilmaz i Gulsunoglu, 2016). Poželjno je da temperatura skladištenja MPViP bude između 0-5 °C kako bi se produljila kvaliteta i sigurnost (Siddiqui i sur., 2011).

Krumpir (*Solanum Tuberosum L.*) je vrlo prikladan za minimalno procesiranje, bez obzira na fiziološke i mikrobiološke promjene koje se odvijaju tijekom skladištenja (slika 2). Postupci koji se koriste pri proizvodnji svježeg rezanog („fresh-cut“) krumpira uključuju selekciju sirovih krumpira, pranje, guljenje i rezanje, predtretmane, sušenje, vaganje i pakiranje. Važan čimbenik pri određivanju kvalitete svježeg rezanog krumpira je kvaliteta sirovih krumpira, pri tom najvažniji je izbor sorte. Najprikladnija je ona sorta s niskom osjetljivošću na fiziološke i mikrobiološke promjene, visokom mehaničkom otpornošću tkiva, otpornošću na

povišene koncentracije CO₂ i/ili niske koncentracije O₂ i nisku razinu respiracije. Krumpiri također moraju zadovoljiti i kriterije kvalitete poput suhe tvari, količine reducirajućih šećera i škroba, morfološke kriterije poput oblika i veličine i organoleptičke kriterije teksture, okusa, mirisa i boje. Gomolji moraju imati pravilan oblik, bez defekata, dobrih organoleptičkih svojstava, nisku sklonost posmeđivanju i moraju biti prikladni za dugotrajno skladištenje (Rocculi i sur., 2009)



Slika 2. Minimalno procesirani krumpir (Anonymous 3, 2012)

Za potrebe ovog istraživanja koristile su se dvije sorte, Birgit i Lady Claire. U tablici 3. prikazane su neke njihove karakteristike (Anonymous 4, 2017, Anonymous 5, 2017).

Tablica 3. Karakteristike sorti Lady Claire i Birgit (Anonymous 4, 2017, Anonymous 5, 2017):

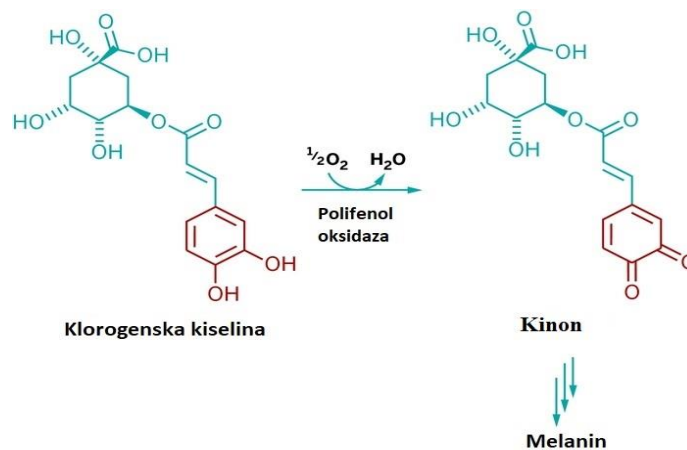
SORTA	OBLIK	BOJA MESA	SUHA TVAR	SKLADIŠTENJE	NAMJENA	
Lady Claire		ovalni	svijetlo žuta	visoka do vrlo visoka	prikladna za dugotrajno skladištenje	prikladna za proizvodnju hrskavih proizvoda
Birgit		ovalni	tamno žuta	srednja	prikladna za dugotrajno skladištenje	prikladna za kuhanje

2.2.1. ENZIMSKO POSMEĐIVANJE MINIMALNO PROCESIRANOG KRUMPIRA

Rok trajanja MPK ograničen je enzimskim posmeđivanjem. Enzimsko posmeđivanje uzrokuje smanjenje kvalitete proizvoda, jer ono zapravo podrazumijeva kvarenje (Arvanitoyannis i sur., 2008) i utječe na odluku potrošača o kupnji samog proizvoda (Hou i sur., 2014).

Fenilalanin amonij liaza (PAL) je enzim čija se aktivnost povećava uslijed ozljeda stanica tkiva prilikom minimalnog procesiranja. Tako povećanje aktivnosti PAL enzima utječe na povećanje koncentracije fenolnih spojeva, koji su supstrati oksidacijskim enzimima poput polifenol oksidaze (PPO) i peroksidaze (POD) (Arvanitoyannis i sur., 2008). Fenolni spojevi predstavljaju veliku grupu spojeva, različite kemijske građe i reaktivnosti, odgovornu za organoleptička svojstva krumpira (Barba i sur., 2008). Glavni fenolni spojevi u krumpiru, odgovorni za enzimsko posmeđivanje, su klorogenska kiselina, zatim kavaska, galna i protokatehinska kiselina (Hou i sur., 2014).

Reakcije posmeđivanja uključuju oksidaciju fenolnih spojeva, ključni enzim u tim reakcijama je PPO (Limbo i Piergiovanni, 2006). Aktivira se pri kontaktu narezane površine krumpira s kisikom (Wang i sur., 2014), a katalizira dvije različite reakcije: hidroksilaciju monofenola u o-difenole i oksidaciju o-difenola u o-kinone (slika 3). O-kinoni su visoko reaktivni spojevi daju smeđe, crne ili crvene pigmente zvane melanini (Limbo i Piergiovanni, 2006).



Slika 3. PPO katalizirana reakcija (Anonymous 6, 2017)

POD provodi oksidaciju elektrona fenolnih spojeva u prisutnosti vodikova peroksida. S obzirom na nisku razinu vodikova peroksida u tkivu krumpira, upitna je sama uloga POD enzima u formiranju melanina. Međutim, oksidacijom nekih fenolnih spojeva katalizirane PPO enzimom, stvara se vodikov peroksid, što može ukazati na sinergističku povezanost između PPO i POD enzima, odnosno uključenost POD u proces posmeđivanja (Cantos i sur., 2002).

Cantos i sur. (2002) su istraživali povezanost učinka minimalnog procesiranja na aktivnost PPO, POD i PAL i fenolnih spojeva na 5 sorti krumpira (Agria, Cara, Liseta, Monalisa i Spunta). Minimalno procesiranje je povećalo učinak aktivnosti enzima, ali povezanost procesa posmeđivanja i aktivnosti PAL enzima je zabilježena jedino tijekom prva 4 dana nakon postupaka minimalnog procesiranja. Stabilnost membrane je važan faktor pri kontroli razine posmeđivanja (Cantos i sur., 2002).

2.1.1.1. *SPRIJEČAVANJE ENZIMSKOG POSMEĐIVANJA MPK*

Za razliku od voća i povrća s niskim sadržajem fenolnih spojeva, kod kojih je moguće smanjiti enzimatsko posmeđivanje inaktivacijom PAL, za minimalno procesirane krumpire koji su bogati fenolima neophodno je inhibirati PPO kako bi se spriječila oksidacija već postojećih fenola i njihova pretvorba u melanine (Tsouvaltzis i sur., 2011). PPO ima najveću aktivnost pri pH vrijednosti između 5 i 7, te je relativno toplinski labilan enzim (Sapers i sur., 2005). Može se inaktivirati povišenom temperaturom, uklanjanjem jednog ili oba supstrata (O_2 i fenoli), snižavanjem pH vrijednosti za 2 jedinice ispod optimalne vrijednosti ili dodatkom sredstava

koje imaju inhibirajuće djelovanje na PPO ili preventivno djelovanje na formiranje melanina (Laurila i sur., 1998).

Za kontrolu posmeđivanja MPViP koriste se različite kemijske i fizikalne metode, pojedinačno ili u kombinaciji, koji su prikazani u tablici 4 (Pareek, 2017).

Tablica 4. Kemijske i fizikalne metode protiv posmeđivanja MPViP (Pareek, 2017):

KEMIJSKE METODE	FIZIKALNE METODE
<u>Sredstva za zakiseljavanje</u>	<u>Smanjenje dostupnosti kisika</u>
Limunska kiselina	Pakiranje u MAP
<u>Redukcijska sredstva</u>	Jestivi premazi
Askorbinska kiselina	<u>Smanjenjem temperature</u>
Cistein	<u>Gama zračenje</u>
<u>Kelatizirajuća sredstva</u>	<u>Upotreba netermalnih tehnologija</u>
Etilendiamintetraoctena kiselina (EDTA)	Tehnologija visokog tlaka
Sporix	Pulsirajuća elektronska polja
<u>Sredstva za stvaranje kompleksa</u>	Ultrazvučni tretmani
β -ciklodekstrin	Hladna plazma
<u>Enzimski inhibitori</u>	
4-heksilresorcinol	
<u>Druga sredstva protiv posmeđivanja</u>	
Natrijev klorid	
Med	
Proteaze	
Benzojeva kiselina	
Cimetna kiselina	

Uobičajen način sprječavanja enzimskog posmeđivanja oguljenog i narezanog krumpira je uranjanje u vodenu otopinu sredstva protiv posmeđivanja (Limbo i Piergiovanni, 2006). Uranjanjem se uklanjaju oslobođeni enzimi i supstrati iz oštećenih stanica nastalih tijekom operacije rezanja. Preporučeno vrijeme umakanja je od 1 do 5 minuta (Soliva-Foortuny, 2003). Najčešće korištena kemijska sredstva su limunska kiselina (CA), askorbinska kiselina (AA) i L-cistein (LC) u koncentracijama od 0.5 do 2% (Rocculi i sur., 2007). U prošlosti, kao

najučinkovitije sredstvo protiv posmeđivanja bili su sulfiti. Međutim zbog njihovog lošeg utjecaja na ljudsko zdravlje, zabranjena je njihova upotreba (Tsouvaltzis i sur., 2011) od strane FDA, te više nemaju „Generally Recognized as Safe“ (GRAS) status (Pareek, 2017).

Askorbinska kiselina

Askorbinska kiselina je najčešće korištena alternativa sulfitima. Najučinkovitija je kao inhibitor enzimskog posmeđivanja, zbog mogućnosti redukcije kinona u fenolne spojeve prije nego li se daljnjim reakcijama pretvore u melanine (Laurila i sur., 1998). Askorbinska kiselina je umjereno reducirajuće sredstvo. U prirodi je kisela, formira neutralne soli s bazama, te je topljiva u vodi. Glavnim nedostatkom upotrebe askorbinske kiseline smatra se njezina kratkotrajna zaštita, osim ako se koristi u visokim koncentracijama (Ayala-Zavala i González-Aguilar, 2010), zbog brze oksidacije u dehidroaskorbinsku kiselinu (DHAA), pri čemu dolazi do nakupljanja kinona te u konačnici njihova pretvorba u melanine (Laurila i sur., 1998).

Kao jeftinija alternativna verzija askorbinske kiseline, s istim antioksidacijskim svojstvima, ističe se eritorbinska kiselina, D izomer askorbinske kiseline bez aktivnosti vitamina C (Ayala-Zavala i González-Aguilar, 2010).

Limunska kiselina

Limunska kiselina je jeftino i relativno učinkovito sredstvo protiv posmeđivanja koje se koristi zasebno ili u kombinaciji s drugim spojevima u minimalno procesiranim krumpirima. Kao inhibitor aktivnosti PPO enzima, ima dvostruku ulogu, ponaša se kao kelatizirajuće sredstvo i sredstvo za zakiseljavanje (Tsouvaltzis i Brecht, 2015).

Limunska kiselina kelatira bakar na aktivnoj strani enzima. Pri pH vrijednostima ispod 4, slabija veza bakra s aktivnim enzimom uzrokuje opadanje aktivnosti PPO, te pri takvim uvjetima limunska kiselini ukloni bakar (Limbo i Piergiovanni, 2006). Koristi se u koncentraciji između 0,5 % i 2 % (w/v). Može se koristiti u kombinaciji s drugim sredstvima protiv posmeđivanja poput askorbinske ili eritorbinske kiseline, te njihovih soli za kelaciju prooksidansa i za inaktivaciju PPO. Za sredstva za zakiseljavanje, poput limunske kiseline, je poželjno da se koriste u kombinaciji s drugim tretmanima, jer sprječavanje posmeđivanja jedino putem kontrole pH vrijednosti je teško (Ayala-Zavala i González-Aguilar, 2010). Za MPK su

se pokazali pouzdani rezultati za kombinaciju limunske-askorbinske kiseline i benzojeve-sorbinske kiseline (Laurila i sur., 1998).

Cistein

Reakcijom cisteina s međuproduktima kinona, dobiveni oksidacijom polifenola, nastaju stabilni, bezbojni spojevi čime se blokira stvaranje pigmenata melanina. Prema nekim istraživanjima, u određenim uvjetima krumpiri tretirani cisteinom pokazuju roza obojenje (Sapers i sur., 2005). Cistein također može izazvati sumporni miris krumpira nakon tretiranja u koncentracijama koje su potrebne za sprječavanje posmeđivanja, što ograničava upotrebu (Kilic-Akyilmaz i Gulsunoglu, 2016).

Prema istraživanju Gunes i Lee (1997), mješavina L-cisteina (0.5%) i limunske kiseline (2%) učinkovito sprječava posmeđivanje krumpira (Laurila i sur., 1998).

Natrij klorid

Natrij klorid je jako oksidirajuće sredstvo koje u kiselim uvjetima može stvoriti klorov dioksid. Ispod pH vrijednosti 5, inaktivira aktivnost PPO. Stupanj inhibicije se povećava s povećanjem kiselosti okoline (Queiroz i sur., 2008).

2.2.2. PAKIRANJE MPK

Pakiranje je ključni element za očuvanje kvalitete, produljenje roka valjanosti (trajnost) i za očuvanje mikrobiološke sigurnosti MPViP (Jung i Zhao, 2016). Prostorije za pakiranje MPViP moraju biti čiste, a temperatura prostorije bi trebala iznositi 1-2 °C, te odvojena od prostorije u kojoj se provodi pranje (Artés i Allende, 2005). Dobri primjeri pakiranja MPViP u industriji su aktivno i inteligentno pakiranje, korištenje antimikrobnih materijala i premaza, te modificirana atmosfera (Jung i Zhao, 2016).

2.2.2.1. *PAKIRANJE MPK U MODIFIRANOJ ATMOSFERI*

Pakiranje u modificiranoj atmosferi (MA) je sustav pakiranja kod kojeg je izmijenjen sastav normalnog zraka (78% dušik, 21% kisik, 0.03% ugljikov dioksid), kako bi se osigurala atmosfera koja bi produžila rok trajanja i održala kvalitetu svježih proizvoda u takvim uvjetima

(Silva i sur., 2012). MA se može postići pasivnim ili aktivnim putem. Aktivna MA uključuje stvaranje slabog vakuuma unutar pakovine, koji se zatim zamjenjuje sa smjesom plinova kako bi se što prije stvorila željena atmosfera. Pasivna MA se stvara unutar pakovine kao rezultat respiracije tkiva i karakteristika materijala za pakiranje (Rocculi i sur., 2009). Materijal za pakiranje u MA se odabire prema sljedećim čimbenicima: respiratornoj aktivnosti voća ili povrća, temperaturi skladištenja, propusnosti materijala za plinove, debljini materijala, te masi voća ili povrća. Unutar određenog temperaturnog raspona, sastav atmosfere bi trebao biti uravnotežen (Silva i sur., 2012).

Kod pasivne ili aktivne modificirane atmosfere, smanjenjem parcijalnog tlaka O_2 smanjuje se respiracija i proizvodnja etilena. Unutar pakovine se akumulira CO_2 , te se ponaša kao inhibitor respiracije i aktivnosti etilena. Stoga istodobno djeluje na smanjenje respiracije i proizvodnju etilena, te zajedno sa smanjenjem aktivnosti hormona, značajno se povećava rok trajanja minimalno procesiranih proizvoda bez ubrzanog gubitka kvalitete. Atmosfera s 5-15% CO_2 i 2-8% O_2 su se pokazale kao učinkovite u održavanju kvalitete minimalno procesiranih proizvoda, međutim svaki svježiji proizvod zahtjeva specifičnu atmosferu koja će maksimalno produžiti rok trajanja (Silva i sur., 2012).

Proces respiracije se odvija u mitohondriju, a kisik dopire do mitohondrija prolazeći kroz kožu, međustanične prostore i membrane. Guljenje i rezanje povećava razinu respiracije zbog uklanjanje kože, smanjenju puta difuzije plinova i povećanje permeabilnosti membrane. Enzimska degradacija membrane lipida dovodi do proizvodnje slobodnih masnih kiselina, a njihova oksidacija rezultira oslobađanjem CO_2 nakon rezanja krumpira (Gunes i Lee, 1997). Pri 2 °C neprocesirani krumpiri imaju razinu respiracije od 1.22 mL CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$, dok oguljeni i izrezani krumpiri 2.55 do 6.1 mL CO_2 $kg^{-1}h^{-1}$ (Rocculi i sur., 2009). Iako se pretpostavlja, da posljedica respiracije procesiranog tkiva je povišena proizvodnja etilena, ploške krumpira proizvode vrlo niske koncentracije etilena, 1-8 $\mu Lkg^{-1}h^{-1}$ pri 7.2 °C i 2.5% O_2 (Gunes i Lee, 1997).

Povećana respiratorna aktivnost uzrokuje povećanu PAL aktivnost, povećanje koncentracije cimetine kiseline i njenih derivata u stanici. Ove komponente, metabolizirane do topljivih fenolnih spojeva, su supstrati PPO enzimu za proizvodnju smeđih pigmenata. MA je učinkoviti način inhibicije reakcija kataliziranih PPO enzimima u tkivima poput gomolja krumpira. Međutim, konvencionalni način pristupa MA, smanjujući razinu kisika i povećavajući razinu ugljičnog dioksida, temeljenu na slabom djelovanju PPO i drugih enzima,

nije dovoljan za kontrolu enzimskog posmeđivanja za tkiva poput MPK (Angós i sur., 2008). Dobre senzorske karakteristike se mogu postići u kombinaciji MA s tretmanima limunske i askorbinske kiseline i nakon 7 dana skladištenja (Sivertsvik i sur., 2002).

Skladištenje u MA može negativno utjecati na teksturu i sadržaj vode u voću i povrću. Tekstura je jedan od glavnih parametara kvalitete izrezanih i oguljenih krumpira, te može ograničiti iskoristivost proizvoda, tijekom perioda od 5 do 7 dana. Iako nije poznat mehanizam reakcije, postoje dokazi o utjecaju mješavine plinova, korištene za održavanje teksture i respiraciju, na povećanje pH vrijednosti (Angós i sur., 2008). Također, zbog fluktuacije temperature tijekom transporta, postoji mogućnost kondenziranja vode unutar pakovine (Artés i Allende, 2005).

2.2.2.2. *PAKIRANJE MPK U VAKUUMU*

Pakiranje u vakuumu uključuje smještanje, ručno ili automatski, hrane unutar ambalaže od plastičnog materijala uz uklanjanje zraka, fizičkim ili mehaničkim putem, tako da materijal bude u bliskom kontaktu s površinom proizvoda nakon zatvaranja. Pakiranje na ovaj način, ovisno o tipu voća ili povrća, može znatno usporiti kemijske i/ili mikrobiološke degradativne promjene proizvoda. Kvaliteta proizvoda pakiranog u vakuumu ovisi i o količini uklonjenog kisika i temperaturi skladištenja. U većini slučajeva, pakiranje u vakuumu znatno povećava rok trajanja (Perdue, 2009).

Minimalno procesirano povrće se pakira u poliolefinske vrećice, odnosno filmove modificirane permeabilnosti. Vrećice se vakuumiraju ispuštanjem zraka uz pomoć pritiska, kako bi se uklonio zaostali zrak iz ambalaže prije hermetičkog zatvaranja. Za različite skupine povrća koriste se poliolefinski materijali različite permeabilnosti kako bi se postigla željena propusnost za O₂ i CO₂. Poliolefinski materijali predstavljaju adekvatne barijere za sprječavanje gubitka vlage. Uklanjanje zraka iz pakovanja omogućuje brzo uspostavljanje modificirane atmosfere. Unutar adekvatnih uvjeta hladnog skladištenja, koncentracija O₂ treba biti ispod 5%, a CO₂ u rasponu od 8 do 12%. Takvi uvjeti usporavaju respiraciju, te produžuju rok trajanja minimalno procesiranog povrća. Pakiranje u vakuumu, odnosno pakiranje negativnog tlaka pruža vizualno dobru kvalitetu proizvoda (Perdue, 2009).

Prema istraživanju utjecaja vakuumnog pakiranja na fizikalne karakteristike MPK, Rocha i suradnici (2003) su zaključili da parametri kvalitete MPK sorte „Desirée“ tijekom

skladištenja se nisu značajno promijenili. Vakuumsko pakiranje se pokazalo kao učinkoviti način pakiranja MPK produžujući rok trajanja za tjedan dana u uvjetima hladnog skladištenja. Gubitak mase „Desirée“ krumpira je nakon tjedana skladištenja je iznosio 3%, što vjerojatno rezultiralo zbog uvjeta pakiranja, odnosno gubitak vode nije značajan jer u pakovanju nije bilo zraka koji bi apsorbirao vlagu iz krumpira (Rocha i sur., 2003).

Čvrstoća krumpira je bila konstantna tijekom skladištenja, što se može povezati sa sposobnošću materijala da spriječi gubitak vlage i time održi cjelovitost unutarnjeg tkiva, uključujući membrane. Zadržavanje čvrstoće je i pokazatelj odsutnosti mikrobiološkog kvarenja. Odsutnost kisika u vakuumskom pakiranju inhibira rast i razvoj aerobnih mikroorganizama, no može pogodovati razvoju anaerobnih patogena, poput *Clostridium botulinum* (Rocha i sur., 2003).

2.3. UTJECAJ SKLADIŠTENJA NA KVALITETU MPK

Najvažnije promjene MPViP tijekom skladištenja odvijaju se zbog fiziološkog starenja, biokemijskih promjena i mikrobioloških kvarenja, koje su rezultat promjene respiracije, transpiracije i enzimatske aktivnosti živog tkiva nakon procesiranja. Mnoge od tih promjena utječu na promjenu boje, pojavu stranih okusa i mirisa, mekšanje tkiva, odnosno gubitak hrskavosti i sočnosti, te gubitak vode. Tijekom skladištenja kvaliteta senzorskih karakteristika se ne može poboljšati, promjene se jedino mogu usporiti ili zaustaviti. Prilikom same proizvodnje važni su higijenski uvjeti prilikom rukovanja, kvaliteta vode za ispiranje, metode pakiranja i vrsta ambalažnog materijala, transport, uvjeti skladištenja i distribucije, te temperature skladištenja distributivnih centara (Artés i sur., 2007).

Temperatura skladištenja ima značajan utjecaj na razinu respiracije, te povećanjem temperature sa 2°C na 10°C uzrokuje povećanje razine respiracije MPK za tri puta. Cacace i suradnici (2002) su zaključili da učinkovitost različitih sredstava protiv posmeđivanja MPK ovisi o temperaturi skladištenja. U svom istraživanju su ustanovili da senzorske kvalitete MPK skladištenih na 1°C se neznatno razlikuju od svježe pripremljenih krumpira poslije 14 dana skladištenja. Iako, primjetne promjene su se pokazale poslije 7 dana skladištenja pri 6°C (Rocculi i sur., 2008).

Mekšanje tkiva i povezani gubitak integriteta, te isticanje soka iz MPK su važni faktori gubitka kvalitete tijekom skladištenja. U nekim slučajevima, mehanička ozljeda može

uzrokovati da MPK očvrstne, zahvaljujući umrežavanju komponenti stanične stijenke i taloženja suberina. Prilikom guljenja i rezanja krumpira, enzimi odgovorni za mekšanje (pektinesteraza, poligalakturonaza i β -galaktozidaza) dolaze u kontakt sa supstratima, uzrokujući brže mekšanje. Jedan od uzroka gubitka teksture je i gubitak vode, iz razloga jer je direktno povezan s turgorskim tlakom (Rocculi i sur., 2008).

Operacije minimalnog procesiranja uzrokuju različite učinke na nutritivne vrijednosti MPK. Prema nekim istraživanjima, u pojedinim sortama se nakon oštećenja tkiva postupcima minimalne obrade povećala količina klorogenske kiseline. Povećanje klorogenske kiseline i ostalih fenolnih spojeva su se uočili u kriškama krumpira skladištenim 9 dana i izloženim svjetlosti (Rocculi i sur., 2008).

Tudela i suradnici (2003) su pokazali da su ploške krumpira zadržale razinu vitamina C tijekom 6 dana hladnog skladištenja pri 4°C. Također su preporučili skladištenje vakuumski pakiranih proizvoda kako bi se održala razina vitamina C i boja krumpira (Rocculi i sur., 2008).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. MATERIJALI

Istraživanje je provedeno na dvije sorte krumpira (*Solanum tuberosum L.*), Lady Claire i Birgit. Krumpiri su ubrani na području Slavonije tijekom rujna i listopada 2016. godine, te nakon berbe uskladišteni u tvornici Adria Snack Company d.o.o. u Hercegovcu. Krumpiri su čuvani u drvenim sanducima, u uvjetima pri 8°C, relativnoj vlažnosti zraka od 100% i u mraku. Od navedenih sorti provedena je proizvodnja MPK, nakon čega su proizvodi stavljeni na skladištenje, te se pratila njihova kvaliteta i stabilnost. Kako bi se istražio utjecaj starosti krumpira na kvalitetu MPK, istraživanje se provelo u dva termina. Prvi dio istraživanja je proveden tijekom prvog mjeseca skladištenja, a drugi dio nakon pet mjeseci skladištenja pri navedenim uvjetima. U oba navrata krumpiri su transportirani u mrežastim (rašel, leno) vrećama u laboratorij.

U oba termina istraživanja, MPK su proizvedeni na isti način. Kako bi se ispitaio utjecaj tehnoloških parametara na kvalitetu MPK, korištena su dva sredstva protiv posmeđivanja, 1%-tna otopina natrijeva klorida (NaCl) i 2%-tna otopina natrijeva askorbata, te su se tretirani krumpiri pakirali u modificiranoj atmosferi i u vakuumu. Od dvije sorte krumpira, ukupno je proizvedeno 8 različitih pakovina MPK, s 2 različita tretmana i 2 načina pakiranja (slika 4).



Slika 4. Sorte Birgit i Lady Claire u kombinaciji s različitim otopinama i pakiranjima

Uzorci su analizirani 2., 4. i 8. dan skladištenja.

Provedene su sljedeće analize:

- udjela O₂ i CO₂ u uzorcima pakiranim u modificiranoj atmosferi i u vakuumu
- boje (kolorimetrijski)
- teksture na analizatoru teksture
- promjene mase
- fizikalno-kemijskih parametara kao što su ukupna suha tvar, topljiva suha tvar i pH
- mikrobiološke ispravnosti

Fizikalno kemijski parametri određivali su se na sirovim i kuhanim uzorcima MPK. U 0,5 L destilirane vode kuhalo se 15 ploški krumpira 15 minuta. Prije određivanja ukupne suhe tvari, topljive suhe tvari i pH, kuhani i sirovi uzorci su se usitnili i homogenizirali štapnim mikserom.

MPK su pakirani u uvjetima modificirane atmosfere (10% CO₂, 3% O₂, 87% N₂) i u uvjetima vakuuma. Za pakiranje su se koristile poliamid/polietilen (PA/PE) vrećice. Vrećice za pakiranje u vakuumu bile su debljine filma 90 μm (propusnost pri 23°C i RH 0% za O₂ iznosi 8,21 cm³ m⁻² d⁻¹bar⁻¹, za CO₂ 45,1 cm³ m⁻² d⁻¹bar⁻¹, a za N₂ 23 cm³ m⁻² d⁻¹bar⁻¹), a vrećice za pakiranje u modificiranoj atmosferi bile su debljine 75 μm (propusnost za O₂ iznosi 22,3 cm³ m⁻² d⁻¹bar⁻¹).

3.2. APARATURA I PRIBOR

- Kompaktni kuhinjski aparat (MCM62020, Bosch, Slovenija)
- Mehanička vaga (Libela Maxima, Slovenija)
- Kuhinjska vaga (KS19berry, Beurer GmbH, Njemačka)
- Analitička vaga (AX224, OHAUS, Švicarska)
- Vrećice za pakiranje u vakuumu (VB28/300, Gorenje, Slovenija)
- Vrećice za pakiranje u modificiranoj atmosferi
- Aparat za vakumiranje-zavarivač folije (VS110W, Gorenje, Slovenija)
- Aparat za pakiranje u modificiranu atmosferu (BESSER VACUUM SRL, Italija)
- Boca s mješavinom plina (Messer, Njemačka)
- 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)
- Sanibact otisne pločice (Komed d.o.o., Hrvatska)
- Laboratorijski sušionik (ST-01/02, INSTRUMENTARIA, Hrvatska)
- pH metar (SevenEasy, Mettler-Toledo)
- Digitalni refraktometar (ATAGO, PAL-3, Japan)
- Štapni mikser (PHILIPS ProMix, 650 W)
- Pećnica (Končar, DK 2500, 220V~2500 W, Hrvatska)
- Nož
- Plastične posude
- Cjediljka
- Aluminijske posudice
- Stakleni štapići
- Eksikator

3.3. KEMIČALIJE

- 1%-tna otopina natrijeva klorida (Solana Tuzla, Bosna i Hercegovina)
Priprema: Odvažuje se 10 grama natrijeva klorida u papirnatu lađicu i otopi se u 1 litri destilirane vode.
- 2%-tna otopina natrijeva askorbata (Sallant, Kina)
Priprema: Odvažuje se 12 grama natrijeva askorbata u papirnatu lađicu i otopi se u 1 litri destilirane vode.
- Kvarcni pijesak, sitno zrnat-opran i užaren (GRAM-MOL d.o.o., Hrvatska)
- Destilirana voda

3.4. METODE RADA

3.4.1. PROIZVODNJA MPK

Krumpiri su ručno guljeni nožem, a potom oprani u vodi. Nakon toga u kompaktnom kuhinjskom aparatu su izrezani na ploške debljine 5 mm. Ploške su potom potopane u 1%-tnu

otopinu natrijeva klorida ili u 2%-tnu otopinu natrijeva askorbata na 3 minute pri sobnoj temperaturi. Tako pripremljene ploške krumpira, u količini od 300 grama su pakirane u vrećice za pakiranje u vakuumu pomoću aparata za vakuumiranje i u vrećice za pakiranje u modificiranu atmosferu (slika 5.). Za svaku sortu, tretiranu s oba sredstva napravljeni su kontrolni uzorci, koji se nisu pakirali, nego su se isti dan analizirali. Uzorci su skladišteni 8 dana pri 10°C.

U Laboratoriju za pakiranje hrane provedena je analiza propusnosti vrećica za pakiranje. Mjerenja su provedena u uvjetima pri 23°C, relativnoj vlažnosti 0% i vremenom evakuacije 30 minuta. Propusnost plinova vrećica za pakiranje u vakuumu ispitana je na ravnoj (glatkoj) strani filma, dok propusnost na reljefnoj (hrapavoj) strani filma nije bilo moguće analizirati.



Slika 5. Shema proizvodnje minimalno procesiranih krumpira (MPK)

3.4.2. ODREĐIVANJE UDJELA O₂ I CO₂ U PAKOVINI

Princip metode:

Princip određivanja udjela O₂ i CO₂ pomoću Oxybaby uređaja temelji se integriranoj pumpi za usisavanje plina iz ambalaže i njegovo usmjeravanje na O₂ i CO₂ mjernu ćeliju. O₂ iz plinske mješavine, stvara slabi električni napon u mjernoj ćeliji, koji je proporcionalan njegovoj količini. Napon se mjeri i pretvara u vrijednost koncentracije, koja se prikazuje na zaslonu

uređaja. Mjerna ćelija CO₂ temelji se na principu infracrvene apsorpcije. Udio plinova se izražava u volumnim postocima.

Postupak određivanja:

Prije svakog mjerenja, Oxybaby uređaj se kalibrira pri okolnom zraku. Nakon kalibracije provodi se mjerenje. Na mjestu uboda igle instrumenta na pakovini, dio površine vrećice se zaštiti samoljepljivom plastificiranom trakom, kako ne bi došlo do propuštanja plinova prilikom mjerenja. Uzorak plina iz pojedinog pakovanja se izuzima pomoću igle instrumenta. Nakon provedenog mjerenja na zaslonu Oxybaby uređaja dobije se informacija o koncentraciji kisika i ugljikova dioksida u pakovinama u modificiranoj atmosferi i vakuumu. Mjerenje je provedeno na dvije paralele uzorka svih 8 različitih pakovina.

3.4.3. ODREĐIVANJE BOJE MPK NA KOLORIMETRU

Princip određivanja:

Objektivno mjerenje boje na kolorimetru temelji se na parametrima trodimenzionalnog sustava boja, koji se izražavaju u L* a* b* vrijednostima. Kolorimetar radi na principu mjerenja stupnja reflektirane svjetlosti od mjerne površine (Konica-Minolta, 1998).

Postupak određivanja:

Prilikom određivanja boje na kolorimetru CM-3500d odabire se ploča otvora koja odgovara veličini uzorka. Za potrebe ovog istraživanja koristila se ploča od 30 mm. Kao izvor svjetlosti koristi se pulsirajuća ksenon lampa, dizajnirana da daje standardni difuzni izvor svjetla D₆₅. Neovisno o valnoj duljini svjetlo reflektirano od uzorka sakuplja se u integrirajućoj sferi te se normalizira prema svjetlu izvora refleksije. Zbog toga se prije svakog seta mjerenja uređaj kalibrira s čisto bijelim standardom (100%-tna refleksija) te crnim valjkom (0% refleksije), čime se dobiju L, a i b vrijednosti. U programu Spectramagic NX se prilagode sve potrebe postavke. Sva mjerenja vrše se u SCE (Specular Component Excluded) modu.

CIE Lab sustav opisivanja boja čini trodimenzionalni prostor boja, definiran s koordinatama L*, a* i b* koje međusobno zatvaraju sferičnu površinu (slika 6.). Koordinata L*

je mjera svjetlosti, iskazuje se vrijednostima od 0 (crno) do 100 (bijelo). Koordinata a^* ukazuje na zastupljenost boja između crvene i zelene boje, koordinata b^* ukazuje na zastupljenost boja između plave i žute boje. Pomoću koordinata a^* i b^* , odnosno omjera zelene, crvene, žute i plave boje, mogu se izračunati vrijednosti za ton boje (h). Vrijednost C označava intenzitet ili zasićenost boje, te se također može izračunati iz a^* i b^* koordinata.

Ploška krumpira postavila se tako da prekrije cijeli otvor te se poklopila s valjkom potpuno crne boje. Mjerenje se provelo na tri ploške svakog uzroka.



Slika 6. CIE Lab sustav (Anonymous 7, 2000)

3.4.4. ODREĐIVANJE TEKSTURE MPK

Princip određivanja:

Teksturalna svojstva uzorka se određuju pomoću analizatora teksture, čiji se rad temelji na tlačenju ili rastezanju uzorka ovisno o konkretnom testu. Istovremeno mjerni senzor prati otpor koji se javlja u materijalu uzorka uslijed prodiranja alata kroz uzorak i povratnom vezom javlja upravljačkoj jedinici radne parametre, odnosno brzinu, dubinu i silu prodiranja. Svi ti parametri se prikazuju u odabranom grafu.

Postupak određivanja:

Za potrebe analize teksture MPK, korišten je TA HDPlus (Stable Micro Systems) analizator teksture. Tekstura je analizirana na 3 ploške svakog uzorka. Za probijanje uzroka korištena je cilindrična čelična sonda s ravnim dnom promjera 2 mm, s masom mjerne ćelije od 5 kg.

3.4.5. MIKROBIOLOŠKA ANALIZA MPK

Princip određivanja:

Mikrobiološka analiza ploški krumpira provela se pomoću Sanibact otisnih pločica. Pomoću njih, metodom otiska, bakterije se odvajaju od materijala na posebne podloge za njihovo umnažanje i dokazivanje. Sila pritiska mora biti manja od granice mrvljenja gela i mora trajati minimalno oko 15 sekundi.

Na jednoj strani pločice, nalazi se modro-zelena podloga za umnažanje aerobnih mezofilnih bakterija. Kao bazna podloga koristi se hranilište za kontrolu urinarnog i genitalnog trakta uz obilan dodatak hranjivih faktora rasta (sojin pepton, goveđi ekstrakt, ekstrakt kvasca), što omogućuje porast svih mezofilnih bakterija u roku od 14-16 sati na 37°C. Na drugoj strani pločice nalazi se podloga za umnažanje bakterija iz porodice *Enterobacteriaceae*. Koristi se standardna mikrobiološka podloga VRBG (Violet Red Bile Glucose agar). Žučne soli dodane u podlogu inhibiraju rast Gram+ bakterija. Svi rodovi bakterija u u navedenoj porodici fermentiraju glukozu što ima za posljedicu promjenu pH podloge i promjenu boje indikatora u svjetlo crveno do crvenog. Obje podloge sadrže neutralizator dezinficijensa i to Polysorbate 80 (Tween 80) i lecitin.

Postupak određivanja:

Mikrobiološka analiza provodila se na ploškama krumpira svakog pakiranja. Nakon potiska pločice s površine ploške krumpira, pločica se dobro zatvori u tubi te se inkubira u termostatu na temperaturi od 32°C na 16 sati. Rezultati se izražavaju kao CFU/cm² (CFU-broj kolonija bakterija, površina podloge je 10 cm²).

3.4.6. ODREĐIVANJE pH VRIJEDNOSTI

Princip određivanja:

Metoda za određivanje pH vrijednosti je definirana protokolom. pH vrijednost određena je koncentracijom vodikovih iona u nekoj otopini C_H^+ .

Postupak određivanja:

Određivanje pH vrijednosti se provelo mjerenjem na pH-metru „SevenEasy“ Mettler Toledo, uranjanjem kombinirane elektrode u homogenizirani uzorak i očitavanjem vrijednosti na ekranu uređaja. Poslije svakog mjerenje, elektroda se ispirala s destiliranom vodom, te pobrisala sa staničevinom. Mjerenje pH vrijednosti se provelo u dva ponavljanja.

3.4.7. ODREĐIVANJE UKUPNE SUHE TVARI

Princip određivanja:

Ukupnu suhu tvar čini cjelokupna količina tvari iz sastava proizvoda, koja ne isparava pod definiranim uvjetima. Svaka sirovina se sastoji od dijela vode i suhe tvari. Određivanjem ukupne suhe tvari proizvoda sušenjem na 105°C određuje se ostatak nakon sušenja na 105°C do konstantne mase.

Postupak određivanja:

U osušenu aluminijsku posudicu stavi se kvarcni pijesak u količini da prekrije dno posudice. U posudicu se stavi stakleni štapić, te se skupa sa skinutim poklopcem suši u sušioniku na 105°C u trajanju od 60 minuta. Nakon sušenja, posudica se s polupoklopljenim poklopcem hladi u eksikatoru na 30 minuta. Nakon tog vremena, posudica se skupa sa staklenim štapićem i poklopcem izvaže na analitičkoj vagi s točnošću od $\pm 0,0002$ g. Potom se izvaže 1 g usitnjenog i homogeniziranog krumpira s točnošću $\pm 0,0002$ g i pomoću staklenog štapića dobro se izmiješa s kvarcnim pijeskom. Posudica s uzorkom se stavi na sušenje u sušionik na 105°C $\pm 0,5^\circ\text{C}$ na 3 sata, zatim se posudice s uzorkom stavljaju na hlađenje u eksikator na 30 minuta. Nakon hlađenja, posudice se važu s točnošću od 0,0002 g. Mjerenja su se provodila na dvije paralelke svakog uzorka.

Izračun:

Ukupna suha tvar se računa pomoću sljedeće formule:

$$\text{suha tvar (\%)} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

- m_0 - masa posudice i kvarcnog pijeska
- m_1 – masa iste posudice s ispitivanim uzorkom prije sušenja
- m_2 – masa iste posudice s ostatkom nakon sušenja

3.4.8. ODREĐIVANJE TOPLJIVE SUHE TVARI

Princip određivanja:

Topljiva suha tvar se određuje refraktometrom i izražava se u stupnjevima Brixa ($^{\circ}\text{Bx}$) što je težinski %. Refraktometar je baždaren prema destiliranoj vodi na 20°C , prema kojoj mu je utvrđena nula na skali za očitovanje te prema otopini šećera (saharoze), prema kojoj mu je određen raspon skale za očitovanje. Razdjeljci na skali odgovaraju postotku šećera te su i označeni kao postotak i Brixovi stupnjevi. Refraktometrija se temelji na zakonu loma (refrakcije) svjetla, prema kojem se zraka svjetla, prelazeći iz jedne prozirne tvari u drugu, lomi pod određenim kutom na razdjelnoj graničnoj ravnini, u kojoj se te dvije tvari dodiruju. Taj kut, zvan indeks loma, je konstante veličine, a mjeri se u kutnim stupnjevima.

Postupak određivanja:

Prije početka mjerenja refraktometar se baždari s destiliranom vodom na vrijednost nula. Zatim se usitnjeni i homogenizirani uzorak krumpira nanese na optičku leću refraktometra, te se pritiskom na tipku „start“ izravno očita vrijednost topljive suhe tvari. Određivanje topljive suhe se provodi u dva ponavljanja.

3.4.9. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Eksperimentalno dobiveni podaci svih analiza su obrađeni u MS Excel programskom paketu u svrhu dobivanja srednje vrijednosti i standardne devijacije. U sklopu statističke obrade rezultata provedena je analiza varijance (ANOVA main effects) kojom je izražena signifikantnost varijabli na rezultate istraživanja. Za *post-hoc* analizu koristio se Tukey HSD test. Značajnost razlika između prosječnih vrijednosti izračunata je na razini $p \leq 0,05$. Statistička obrada rezultata provedena je u programu STATISTICA (ver. 10).

4. REZULTATI I RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja bila je proizvodnja i praćenje kvalitete MPK tijekom 8 dana skladištenja u dva termina proizvodnje, tijekom prvog mjeseca skladištenja i nakon pet mjeseci skladištenja gomolja, kako bi se odredio utjecaj starosti gomolja na kvalitetu MPK. Na dvije sorte krumpira određivan je utjecaj dvije vrste različitih metoda pakiranja MPK, odnosno utjecaj pakiranja u modificiranoj atmosferi i vakuumu i utjecaj dviju različitih otopina protiv posmeđivanja na kvalitetu MPK. Određivanje suhe tvari i pH vrijednosti provedeno je na svježem i kuhanom MPK.

4.1. FIZIKALNO-KEMIJSKI PARAMETRI MPK

Tablica 5 pokazuje rezultate provedene analize varijance (ANOVA), koja je pokazala da statistički značajan utjecaj na količinu ukupne suhe tvari MPK, proizvedenih tijekom 1. mjeseca skladištenja ima sorta krumpira i obrada MPK, odnosno da li je krumpir kuhan ili je analiziran sirov. Iz tablice 6 vidljiv je veći postotak suhe tvari sorte Lady Claire, u odnosu na sortu Birgit, što je u skladu s karakteristikama napisanim u tablici 3 (Anonymous 4, 2017, Anonymous 5, 2017). Kuhani krumpiri svih vrsta uzoraka pokazali su manju količinu suhe tvari u odnosu na sirove krumpire, što se može povezati s otapanjem topljive suhe tvari krumpira u vodi za vrijeme kuhanja. Rezultati su u skladu s navodima istraživanja Toma i suradnika (1978). Osim toga, autori navode da kuhanjem neoguljenih krumpira nije došlo do takvih gubitaka, odnosno da se kora gomolja ponaša kao barijera koja sprječava gubitak suhe tvari u vodu tijekom kuhanja (Toma i sur., 1978). Uvjeti unutar različitih pakovina MPK, nisu značajno utjecali na količinu suhe tvari, kao ni korištenje otopine natrijeva klorida i natrijeva askorbata.

Na ukupnu suhu tvar MPK, proizvedenih u drugom terminu, statistički značajan utjecaj je osim sorte i kuhanja, imalo i pakiranje. Količina ukupne suhe tvari je u pakovinama s modificiranom atmosferom, značajno niža u usporedbi s količinom ukupne suhe tvari u vakuumskom pakovanju. Prema Rochai i suradnicima (2003) pakiranje krumpira u vakuumu smanjuje razinu respiracije, te se stoga manje supstrata koristi za taj proces, te takvo pakiranje onda ne uzrokuje smanjenje suhe tvari krumpira (Rocha i sur., 2003). Rezultati istraživanja McConnella i suradnika (2005) pokazuju gubitak suhe stvari slatkog krumpira pakiranog unutar modificirane atmosfere tijekom skladištenja, zahvaljujući respiraciji tkiva krumpira i

metabolizmu ugljikohidrata što se slaže s rezultatima prikazanim u tablici 5., gdje se vidi da je količine ukupne suhe tvari tijekom skladištenja MPK u modificiranoj atmosferi niža od onih skladištenih u vakuumu.

Tijekom skladištenja krumpira, dolazi do smanjenja ukupne suhe tvari jer gomolji koriste škrob za opskrbu energijom (Wustman i Struik, 2008), što se i vidi prema rezultatima ukupne suhe tvari MPK u tablici 6. U usporedbi s MPK proizvedenim tijekom prvog mjeseca skladištenja gomolja, MPK proizvedeni nakon 5 mjeseci skladištenja, imaju značajno nižu ukupnu suhu tvar.

Prema tablici 5, statistički značajan utjecaj na topljivu suhu tvar MPK proizvedenih u prvom mjesecu skladištenja gomolja, imaju sorte krumpira i obrada. U tablici 7. prikazane su vrijednosti topljive suhe tvari, gdje se može uočiti da kuhani krumpiri imaju značajno nižu topljivu suhu tvar od sirovih krumpira, iz istog razloga koji utječe i na ukupnu suhu tvar. Način pakiranja je također utjecao na topljivu suhu tvar, vakuumsko pakiranje nije uzrokovalo značajnu promjenu što je u skladu s literaturnim navodima (Rocha i sur., 2003). Dok MPK pakirani u modificiranoj atmosferi imaju različite količine topljive suhe tvari, što može ovisiti o metaboličkim procesima unutar pakiranja, odnosno povećanoj razgradnji šećera. Na topljivu suhu tvar MPK proizvedenih u drugom terminu, statistički značajan utjecaj je osim sorte i tretiranja, odnosno da li je analiziran sirov ili kuhan MPK, imalo i vrijeme skladištenja MPK.

U odnosu na rezultate MPK proizvedenih u prvom terminu, nakon pet mjeseci skladištenja gomolja, topljiva suha tvar se povećala. Abbas i suradnici (2017) su utvrdili da se topljiva suha tvar tijekom skladištenja gomolja povećava zbog izravne povezanosti hidrolitičke pretvorbe netopljivih polimera škroba u topljive šećere tijekom skladištenja (Abbas i sur., 2017).

Tablica 5. Rezultati analize varijanci ukupne suhe tvari i topljive suhe tvari za oba termina skladištenja gomolja

UKUPNA SUHA TVAR			TOPLJIVA SUHA TVAR		
1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
VARIJABLE	F	p	VARIJABLE	F	p
sorta	162,64	0	sorta	7,4117	0,0076
otopina	1,8728	0,174098	otopina	2,3204	0,13073
sirovi/obrađeni	38,7587	0	sirovi/obrađeni	695,999	0
vrsta pakiranja	0,9372	0,33525	vrsta pakiranja	5,8345	0,01746
vrijeme skladištenja MPK	1,1724	0,313674	vrijeme skladištenja MPK	0,0334	0,96717
5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
VARIJABLE	F	p	VARIJABLE	F	p
sorta	410,478	0	sorta	6,379	0,01306
otopina	2,9125	0,090881	otopina	0,012	0,91149
sirovi/obrađeni	41,4443	0	sirovi/obrađeni	1252,92	0
vrsta pakiranja	42,0378	0	vrsta pakiranja	0,272	0,6031
vrijeme skladištenja MPK	1,6964	0,188368	vrijeme skladištenja MPK	6,903	0,00153

Tablica 6. Rezultati ukupne suhe tvari sirovih i kuhanih uzoraka MPK za oba termina skladištenja gomolja

SORTA:	VRSTA PAKIRANJA:	OTOPINA:	SIROVI/OBRAĐENI:	UKUPNA SUHA TVAR (%)							
				1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA				5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			
				VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)				VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)			
				kontrolni uzorak	2.	4.	8.	kontrolni uzorak	2.	4.	8.
Birgit	vakuum	NaCl	sirovi	19,47 ± 1,56 ^{a,B}	18,83 ± 1,56 ^{a,B}	19,20 ± 0,20 ^{a,B}	19,63 ± 2,83 ^{a,B}	19,47 ± 1,56 ^{a,C,y}	17,32 ± 0,72 ^{a,B,y}	18,50 ± 0,24 ^{a,B,y}	18,10 ± 0,04 ^{a,B,y}
			kuhani	18,62 ± 0,01 ^{a,A}	18,60 ± 0,20 ^{a,A}	19,48 ± 0,19 ^{a,A}	17,25 ± 0,43 ^{a,A}	18,62 ± 0,01 ^{a,C,x}	15,36 ± 0,98 ^{a,B,x}	16,62 ± 0,08 ^{a,B,x}	16,05 ± 0,53 ^{a,B,x}
		Na-askorbat	sirovi	22,23 ± 0,64 ^{a,B}	19,32 ± 1,07 ^{a,B}	19,65 ± 0,45 ^{a,B}	18,89 ± 0,35 ^{a,B}	22,23 ± 0,64 ^{a,C,y}	17,78 ± 0,19 ^{a,B,y}	16,49 ± 1,46 ^{a,B,y}	19,88 ± 0,40 ^{a,B,y}
			kuhani	18,70 ± 0,08 ^{a,A}	20,35 ± 0,48 ^{a,A}	18,31 ± 0,02 ^{a,A}	19,05 ± 0,28 ^{a,A}	18,70 ± 0,08 ^{a,C,x}	18,30 ± 0,28 ^{a,B,x}	16,54 ± 0,44 ^{a,B,x}	18,73 ± 0,20 ^{a,B,x}
	MAP	NaCl	sirovi	19,47 ± 1,56 ^{a,B}	19,71 ± 0,22 ^{a,B}	17,85 ± 0,06 ^{a,B}	19,57 ± 0,83 ^{a,B}	19,47 ± 1,56 ^{a,C,y}	17,10 ± 1,19 ^{a,A,y}	15,85 ± 0,56 ^{a,A,y}	15,74 ± 0,43 ^{a,A,y}
			kuhani	18,62 ± 0,01 ^{a,A}	20,07 ± 0,20 ^{a,A}	17,36 ± 0,24 ^{a,A}	18,91 ± 0,01 ^{a,A}	18,62 ± 0,01 ^{a,C,x}	15,94 ± 0,32 ^{a,A,x}	16,60 ± 0,20 ^{a,A,x}	16,22 ± 0,40 ^{a,A,x}
		Na-askorbat	sirovi	22,23 ± 0,64 ^{a,B}	16,50 ± 0,04 ^{a,B}	19,72 ± 0,06 ^{a,B}	20,04 ± 0,49 ^{a,B}	22,23 ± 0,64 ^{a,C,y}	15,94 ± 0,28 ^{a,A,y}	15,97 ± 0,59 ^{a,A,y}	16,01 ± 0,34 ^{a,A,y}
			kuhani	18,70 ± 0,08 ^{a,A}	21,41 ± 0,30 ^{a,A}	16,43 ± 0,47 ^{a,A}	16,66 ± 0,47 ^{a,A}	18,70 ± 0,08 ^{a,C,x}	15,69 ± 0,33 ^{a,A,x}	17,07 ± 0,02 ^{a,A,x}	15,35 ± 0,44 ^{a,A,x}
Lady Claire	vakuum	NaCl	sirovi	24,04 ± 0,08 ^{b,B}	26,83 ± 0,32 ^{b,B}	20,48 ± 0,69 ^{b,B}	21,14 ± 0,14 ^{b,B}	24,04 ± 0,08 ^{b,C,y}	24,27 ± 2,16 ^{b,B,y}	24,64 ± 0,27 ^{b,B,y}	23,50 ± 0,13 ^{b,B,y}
			kuhani	21,89 ± 0,13 ^{b,A}	21,58 ± 0,09 ^{b,A}	21,60 ± 0,08 ^{b,A}	24,08 ± 0,31 ^{b,A}	21,89 ± 0,13 ^{b,C,x}	21,96 ± 0,03 ^{b,B,x}	20,82 ± 0,42 ^{b,B,x}	22,09 ± 0,09 ^{b,B,x}
		Na-askorbat	sirovi	26,38 ± 0,71 ^{b,B}	25,53 ± 0,60 ^{b,B}	25,69 ± 0,46 ^{b,B}	24,84 ± 1,09 ^{b,B}	26,38 ± 0,71 ^{b,C,y}	26,46 ± 0,21 ^{b,B,y}	23,84 ± 0,19 ^{b,B,y}	25,88 ± 0,35 ^{b,B,y}
			kuhani	23,65 ± 0,02 ^{b,A}	22,25 ± 0,25 ^{b,A}	22,74 ± 2,36 ^{b,A}	21,24 ± 0,31 ^{b,A}	23,65 ± 0,02 ^{b,C,x}	21,90 ± 0,81 ^{b,B,x}	21,37 ± 0,21 ^{b,B,x}	20,36 ± 0,16 ^{b,B,x}
	MAP	NaCl	sirovi	24,04 ± 0,08 ^{b,B}	23,25 ± 0,80 ^{b,B}	24,93 ± 1,16 ^{b,B}	26,31 ± 0,82 ^{b,B}	24,04 ± 0,08 ^{b,C,y}	18,31 ± 0,38 ^{b,A,y}	23,08 ± 0,30 ^{b,A,y}	23,44 ± 0,26 ^{b,A,y}
			kuhani	21,89 ± 0,13 ^{b,A}	22,43 ± 0,11 ^{b,A}	19,63 ± 0,32 ^{b,A}	19,70 ± 0,39 ^{b,A}	21,89 ± 0,13 ^{b,C,x}	18,99 ± 0,95 ^{b,A,x}	22,37 ± 0,13 ^{b,A,x}	20,34 ± 0,20 ^{b,A,x}
		Na-askorbat	sirovi	26,38 ± 0,71 ^{b,B}	24,34 ± 1,11 ^{b,B}	25,87 ± 0,13 ^{b,B}	26,05 ± 0,83 ^{b,B}	26,38 ± 0,71 ^{b,C,y}	20,02 ± 0,57 ^{b,A,y}	23,10 ± 0,06 ^{b,A,y}	22,42 ± 0,01 ^{b,A,y}
			kuhani	23,65 ± 0,02 ^{b,A}	18,36 ± 0,18 ^{b,A}	21,64 ± 0,05 ^{b,A}	20,42 ± 0,08 ^{b,A}	23,65 ± 0,02 ^{b,C,x}	19,51 ± 0,03 ^{b,A,x}	20,12 ± 0,21 ^{b,A,x}	19,48 ± 0,53 ^{b,A,x}

Prikazane su srednje vrijednosti (n=2) ± SD

Srednje vrijednosti označene različitim slovima međusobno se statistički razlikuju na $p \leq 0,05$. Rezultati 1. mjeseca skladištenja gomolja označeni malim slovima označavaju razliku između sorti, a velikim slovima je označena razlika između kuhanog i sirovog MPK. Rezultati 5. mjeseca skladištenja gomolja označeni malim slovima označavaju razliku između sorti, rezultati označeni velikim slovima označavaju razliku unutar dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka (uzorci nisu pakirani, nego su se isti dan analizirali), a rezultati označeni slovima x i y označavaju razliku između kuhanih i sirovih MPK.

Tablica 7. Rezultati topljive suhe tvari sirovih i kuhanih uzoraka MPK za oba termina skladištenja gomolja

SORTA:	VRSTA PAKIRANJA:	OTOPINA:	SIROVI/OBRAĐENI:	TOPLJIVA SUHA TVAR (°Bx)							
				1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA				5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			
				VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)				VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)			
				kontrolni uzorak	2.	4.	8.	kontrolni uzorak	2.	4.	8.
Birgit	vakuum	NaCl	sirovi	4,70 ± 0,28 ^{a,AB,y}	5,30 ± 0,57 ^{a,A,y}	5,10 ± 0 ^{a,A,y}	5,30 ± 0 ^{a,A,y}	4,70 ± 0,28 ^{a,y,A}	5,65 ± 0,35 ^{a,y,AB}	5,95 ± 0,21 ^{a,y,BC}	6,65 ± 0,49 ^{a,y,C}
			kuhani	2,30 ± 0 ^{a,AB,x}	2,45 ± 0,07 ^{a,A,x}	2,30 ± 0,14 ^{a,A,x}	2,00 ± 0,28 ^{a,A,x}	2,30 ± 0 ^{a,x,A}	2,55 ± 0,35 ^{a,x,AB}	2,45 ± 0,21 ^{a,x,BC}	2,90 ± 0 ^{a,x,C}
		Na-askorbat	sirovi	5,80 ± 0 ^{a,AB,y}	6,05 ± 0,07 ^{a,A,y}	5,60 ± 0 ^{a,A,y}	5,05 ± 0,07 ^{a,A,y}	5,80 ± 0 ^{a,y,A}	5,45 ± 0,21 ^{a,y,AB}	6,05 ± 0,35 ^{a,y,BC}	5,80 ± 0,28 ^{a,y,C}
			kuhani	2,70 ± 0,14 ^{a,AB,x}	3,00 ± 0 ^{a,A,x}	2,30 ± 0 ^{a,A,x}	2,60 ± 0,14 ^{a,A,x}	2,70 ± 0,14 ^{a,x,A}	2,50 ± 0 ^{a,x,AB}	2,20 ± 0,28 ^{a,x,BC}	2,80 ± 0,42 ^{a,x,C}
	MAP	NaCl	sirovi	4,70 ± 0,28 ^{a,AB,y}	4,35 ± 1,91 ^{a,B,y}	5,05 ± 0,07 ^{a,B,y}	5,55 ± 0,07 ^{a,B,y}	4,70 ± 0,28 ^{a,y,A}	5,15 ± 0,78 ^{a,y,AB}	6,15 ± 0,78 ^{a,y,BC}	6,05 ± 0,64 ^{a,y,C}
			kuhani	2,30 ± 0 ^{a,AB,x}	3,40 ± 0,14 ^{a,B,x}	2,55 ± 0,21 ^{a,B,x}	2,40 ± 0,28 ^{a,B,x}	2,30 ± 0 ^{a,x,A}	2,50 ± 0,28 ^{a,x,AB}	3,00 ± 0,28 ^{a,x,BC}	3,35 ± 0,35 ^{a,x,C}
		Na-askorbat	sirovi	5,80 ± 0 ^{a,AB,y}	3,90 ± 2,12 ^{a,B,y}	5,95 ± 0,07 ^{a,B,y}	5,75 ± 0,21 ^{a,B,y}	5,80 ± 0 ^{a,y,A}	5,75 ± 0,78 ^{a,y,AB}	3,15 ± 0,21 ^{a,y,BC}	6,10 ± 0,28 ^{a,y,C}
			kuhani	2,70 ± 0,14 ^{a,AB,x}	3,55 ± 0,35 ^{a,B,x}	2,45 ± 0,07 ^{a,B,x}	2,65 ± 0,07 ^{a,B,x}	2,70 ± 0,14 ^{a,x,A}	2,70 ± 0,14 ^{a,x,AB}	2,85 ± 0,07 ^{a,x,BC}	2,30 ± 0,28 ^{a,x,C}
Lady Claire	vakuum	NaCl	sirovi	5,65 ± 0,21 ^{b,AB,y}	5,65 ± 0,07 ^{b,A,y}	5,65 ± 0,07 ^{b,A,y}	5,00 ± 0,14 ^{b,A,y}	5,65 ± 0,21 ^{b,y,A}	6,00 ± 0 ^{b,y,AB}	6,95 ± 0,07 ^{b,y,BC}	6,25 ± 0,07 ^{b,y,C}
			kuhani	2,25 ± 0,07 ^{b,AB,x}	2,55 ± 0,07 ^{b,A,x}	2,50 ± 0,28 ^{b,A,x}	2,20 ± 0,28 ^{b,A,x}	2,25 ± 0,07 ^{b,x,A}	2,35 ± 0,49 ^{b,x,AB}	2,20 ± 0,28 ^{b,x,BC}	3,50 ± 0,28 ^{b,x,C}
		Na-askorbat	sirovi	5,70 ± 0,42 ^{b,AB,y}	5,70 ± 0 ^{b,A,y}	5,75 ± 0,07 ^{b,A,y}	5,90 ± 0,14 ^{b,A,y}	5,70 ± 0,42 ^{b,y,A}	6,85 ± 0,35 ^{b,y,AB}	6,10 ± 0,14 ^{b,y,BC}	6,45 ± 0,07 ^{b,y,C}
			kuhani	2,60 ± 0 ^{b,AB,x}	2,10 ± 0,14 ^{b,A,x}	2,35 ± 0,07 ^{b,A,x}	2,60 ± 0,14 ^{b,A,x}	2,60 ± 0 ^{b,x,A}	3,05 ± 0,07 ^{b,x,AB}	1,70 ± 0,14 ^{b,x,BC}	3,05 ± 0,64 ^{b,x,C}
	MAP	NaCl	sirovi	5,65 ± 0,21 ^{b,AB,y}	5,35 ± 0,49 ^{b,B,y}	6,10 ± 0,28 ^{b,B,y}	6,90 ± 0,99 ^{b,B,y}	5,65 ± 0,21 ^{b,y,A}	4,80 ± 0,28 ^{b,y,AB}	7,20 ± 0,28 ^{b,y,BC}	6,60 ± 0,14 ^{b,y,C}
			kuhani	2,25 ± 0,07 ^{b,AB,x}	3,50 ± 0,42 ^{b,B,x}	3,35 ± 0,49 ^{b,B,x}	2,55 ± 0,07 ^{b,B,x}	2,25 ± 0,07 ^{b,x,A}	2,70 ± 0 ^{b,x,AB}	2,80 ± 0,42 ^{b,x,BC}	3,45 ± 0,07 ^{b,x,C}
		Na-askorbat	sirovi	5,70 ± 0,42 ^{b,AB,y}	6,15 ± 0,21 ^{b,B,y}	5,80 ± 0,71 ^{b,B,y}	6,25 ± 0,21 ^{b,B,y}	5,70 ± 0,42 ^{b,y,A}	6,55 ± 0,92 ^{b,y,AB}	6,60 ± 0,14 ^{b,y,BC}	6,45 ± 0,07 ^{b,y,C}
			kuhani	2,60 ± 0 ^{b,AB,x}	2,95 ± 0,21 ^{b,B,x}	2,80 ± 0,14 ^{b,B,x}	2,65 ± 0,21 ^{b,B,x}	2,60 ± 0 ^{b,x,A}	2,50 ± 0,14 ^{b,x,AB}	2,10 ± 0 ^{b,x,BC}	2,90 ± 0 ^{b,x,C}

Prikazane su srednje vrijednosti (n=2) ± SD

Srednje vrijednosti označene različitim slovima međusobno se statistički razlikuju na $p \leq 0,05$. Rezultati 1.mjeseca skladištenja gomolja označeni malim slovima označavaju razliku između sorti, velikim slovima je označena razlika unutar dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka, a rezultati označeni slovima x i y označavaju razliku između kuhanih i sirovih MPK. Rezultati 5.mjeseca skladištenja gomolja označeni malim slovima označavaju razliku između sorti, rezultati označeni slovima x i y označavaju razliku između kuhanih i sirovih MPK, a rezultati označeni velikim slovima označavaju razliku između vremena skladištenja MPK.

Analiza varijance MPK proizvedenih u oba termina skladištenja gomolja, pokazala je statistički značaj istih varijabli na pH vrijednost MPK, što se može vidjeti u tablici 8. Otopina, vrsta pakiranja i vrijeme skladištenja pokazali su statistički značajan utjecaj na pH vrijednosti MPK.

U tablici 9. se može uočiti da tijekom skladištenja MPK u oba termina skladištenja gomolja, pH vrijednost vakuum pakiranja sorte Birgit i Lady Claire je opadala tijekom 8 dana skladištenja, dok promjene u pH vrijednosti uzoraka pakiranih u modificiranoj atmosferi su bile različite. Pad pH vrijednosti MPK u vakuum pakiranju se primijetio i na sorti Desirée, što se povezalos povećanjem ukupne kiselosti krumpira. Ovakva promjena smatra se poželjnom sa senzorskog stajališta, za razliku od rezultata pH vrijednosti u pakiranjima modificirane atmosfere, jer promjene pH vrijednosti tijekom skladištenja mogu ukazati na negativne promjene u okusu (Rocha i sur., 2003).

pH vrijednosti MPK proizvedenih u drugom terminu skladištenja gomolja se nisu značajno promijenile od prvog termina, tako da se može zaključiti da uvjeti i duljina skladištenja gomolja nije utjecala na pH MPK.

Tablica 8. Rezultati analize varijanci pH MPK za oba termina skladištenja gomolja

1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
VARIJABLE	F	p
sorta	2,24817	0,136802
otopina	5,2313	0,024209
sirovi/obrađeni	0,00581	0,939375
vrsta pakiranja	25,0956	0,000002
vrijeme skladištenja MPK	3,84859	0,024408

5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
VARIJABLE	F	p
sorta	0,23773	0,626874
otopina	5,90377	0,016822
sirovi/obrađeni	3,22531	0,075412
vrsta pakiranja	30,33622	0
vrijeme skladištenja MPK	4,10886	0,019166

Tablica 9. Rezultati pH vrijednosti sirovih i kuhanih uzoraka MPK u oba termina skladištenja gomolja

SORTA:	VRSTA PAKIRANJA:	OTOPINA:	SIROVI/OBRAĐENI:	pH							
				1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA				5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			
				VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)				VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)			
				kontrolni uzorak	2.	4.	8.	kontrolni uzorak	2.	4.	8.
Birgit	vakuum	NaCl	sirovi	5,92 ± 0,01 ^{ab,x,AB}	5,94 ± 0,03 ^{a,x,B}	5,87 ± 0,02 ^{a,x,AB}	5,73 ± 0 ^{a,x,A}	5,92 ± 0,01 ^{ab,x,A}	5,97 ± 0,01 ^{a,x,A}	5,82 ± 0,06 ^{a,x,A}	5,54 ± 0,02 ^{a,x,A}
			kuhani	6,11 ± 0,03 ^{ab,x,AB}	5,84 ± 0,25 ^{a,x,B}	5,83 ± 0,01 ^{a,x,AB}	5,67 ± 0,07 ^{a,x,A}	6,11 ± 0,03 ^{ab,x,A}	5,98 ± 0,01 ^{a,x,A}	5,71 ± 0,99 ^{a,x,A}	5,56 ± 0,01 ^{a,x,A}
		Na-askorbat	sirovi	6,09 ± 0,16 ^{ab,y,AB}	6,23 ± 0,36 ^{a,y,B}	5,88 ± 0,01 ^{a,y,AB}	5,70 ± 0,01 ^{a,y,A}	6,09 ± 0,16 ^{ab,y,A}	6,17 ± 0,01 ^{a,y,A}	5,93 ± 0,09 ^{a,y,A}	5,49 ± 0,02 ^{a,y,A}
			kuhani	6,07 ± 0,04 ^{ab,y,AB}	5,96 ± 0,01 ^{a,y,B}	5,95 ± 0,02 ^{a,y,AB}	5,64 ± 0,01 ^{a,y,A}	6,07 ± 0,04 ^{ab,y,A}	5,97 ± 0,03 ^{a,y,A}	6,20 ± 0,04 ^{a,y,A}	5,59 ± 0,02 ^{a,y,A}
	MAP	NaCl	sirovi	5,92 ± 0,01 ^{ab,x,AB}	6,06 ± 0,04 ^{b,x,B}	5,91 ± 0,01 ^{b,x,AB}	5,98 ± 0,01 ^{b,x,A}	5,92 ± 0,01 ^{ab,x,A}	6,08 ± 0,01 ^{b,x,A}	6,02 ± 0,01 ^{b,x,A}	6,25 ± 0,06 ^{b,x,A}
			kuhani	6,11 ± 0,03 ^{ab,x,AB}	6,01 ± 0,01 ^{b,x,B}	6,04 ± 0,01 ^{b,x,AB}	6,19 ± 0,01 ^{b,x,A}	6,11 ± 0,03 ^{ab,x,A}	5,84 ± 0,14 ^{b,x,A}	6,14 ± 0,01 ^{b,x,A}	6,02 ± 0,02 ^{b,x,A}
		Na-askorbat	sirovi	6,09 ± 0,16 ^{ab,y,AB}	5,99 ± 0,01 ^{b,y,B}	6,09 ± 0,03 ^{b,y,AB}	6,08 ± 0 ^{b,y,A}	6,09 ± 0,16 ^{ab,y,A}	6,16 ± 0,02 ^{b,y,A}	6,19 ± 0,04 ^{b,y,A}	6,14 ± 0,01 ^{b,y,A}
			kuhani	6,07 ± 0,04 ^{ab,y,AB}	6,28 ± 0,02 ^{b,y,B}	6,15 ± 0,01 ^{b,y,AB}	6,12 ± 0,03 ^{b,y,A}	6,07 ± 0,04 ^{ab,y,A}	6,15 ± 0,23 ^{b,y,A}	6,12 ± 0,01 ^{b,y,A}	6,07 ± 0,02 ^{b,y,A}
Lady Claire	vakuum	NaCl	sirovi	6,20 ± 0,06 ^{ab,x,AB}	6,03 ± 0 ^{a,x,B}	5,94 ± 0,08 ^{a,x,AB}	5,76 ± 0 ^{a,x,A}	6,20 ± 0,06 ^{ab,x,A}	5,93 ± 0,01 ^{a,x,A}	5,90 ± 0 ^{a,x,A}	5,60 ± 0,01 ^{a,x,A}
			kuhani	5,13 ± 1,44 ^{ab,x,AB}	6,16 ± 0,01 ^{a,x,B}	5,80 ± 0,01 ^{a,x,AB}	5,77 ± 0,01 ^{a,x,A}	5,13 ± 1,44 ^{ab,x,A}	5,91 ± 0,01 ^{a,x,A}	5,82 ± 0,03 ^{a,x,A}	5,59 ± 0,02 ^{a,x,A}
		Na-askorbat	sirovi	6,22 ± 0,01 ^{ab,y,AB}	6,09 ± 0,01 ^{a,y,B}	5,96 ± 0,03 ^{a,y,AB}	5,72 ± 0,03 ^{a,y,A}	6,22 ± 0,01 ^{ab,y,A}	6,04 ± 0,01 ^{a,y,A}	6,11 ± 0,03 ^{a,y,A}	5,60 ± 0,01 ^{a,y,A}
			kuhani	6,13 ± 0,21 ^{ab,y,AB}	6,17 ± 0,01 ^{a,y,B}	5,99 ± 0,01 ^{a,y,AB}	5,91 ± 0,01 ^{a,y,A}	6,13 ± 0,21 ^{ab,y,A}	5,89 ± 0,12 ^{a,y,A}	5,85 ± 0,02 ^{a,y,A}	5,76 ± 0 ^{a,y,A}
	MAP	NaCl	sirovi	6,20 ± 0,06 ^{ab,x,AB}	6,15 ± 0,01 ^{b,x,B}	6,02 ± 0,01 ^{b,x,AB}	6,05 ± 0 ^{b,x,A}	6,20 ± 0,06 ^{ab,x,A}	6,01 ± 0,02 ^{b,x,A}	6,01 ± 0,02 ^{b,x,A}	6,10 ± 0,10 ^{b,x,A}
			kuhani	5,13 ± 4,44 ^{ab,x,AB}	6,27 ± 0,01 ^{b,x,B}	6,21 ± 0,01 ^{b,x,AB}	6,26 ± 0,01 ^{b,x,A}	5,13 ± 4,44 ^{ab,x,A}	6,04 ± 0,11 ^{b,x,A}	6,17 ± 0,04 ^{b,x,A}	6,13 ± 0,02 ^{b,x,A}
		Na-askorbat	sirovi	6,22 ± 0,01 ^{ab,y,AB}	6,24 ± 0 ^{b,y,B}	6,20 ± 0,01 ^{b,y,AB}	6,16 ± 0 ^{b,y,A}	6,22 ± 0,01 ^{ab,y,A}	6,19 ± 0,02 ^{b,y,A}	6,11 ± 0,02 ^{b,y,A}	6,31 ± 0,03 ^{b,y,A}
			kuhani	6,13 ± 0,21 ^{ab,y,AB}	6,04 ± 0 ^{b,y,B}	6,29 ± 0,01 ^{b,y,AB}	6,26 ± 0,01 ^{b,y,A}	6,13 ± 0,21 ^{ab,y,A}	5,93 ± 0,07 ^{b,y,A}	5,93 ± 0,03 ^{b,y,A}	6,09 ± 0,02 ^{b,y,A}

Prikazane su srednje vrijednosti (n=2) ± SD

Srednje vrijednosti označene različitim slovima međusobno se statistički razlikuju na $p \leq 0,05$. Rezultati 1.mjeseca skladištenja gomolja označeni malim slovima označavaju razliku unutar dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka, rezultati označeni slovima x i y označavaju razliku između otopina, a rezultati označeni velikim slovima označavaju razliku između vremena skladištenja MPK. Rezultati 5. mjeseca skladištenja gomolja označeni malim slovima označavaju razliku unutar dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka, rezultati označeni slovima x i y označavaju razliku između otopina, a rezultati označeni velikim slovima označavaju razliku između vremena skladištenja MPK.

4.2. UDJELI O₂ I CO₂ U PAKOVINAMA MPK

Statistički značajan utjecaj na koncentraciju O₂ unutar pakovina MPK proizvedenih tijekom prvog mjeseca skladištenja gomolja imale su otopine i način pakiranja, dok na koncentraciju CO₂ nije značajno utjecala ni jedna varijabla, što se može vidjeti iz podataka u tablici 10.

U tablici 11, može se uočiti da u određenom volumenu zraka koji je zaostao prilikom pakiranja u vakuumu, značajno je veći udio O₂ nego u pakiranju u modificiranoj atmosferi (MAP). Nadalje, koncentracije CO₂ u vakuumiranim pakovinama su manje nego u MAP-u, što je i za očekivati s obzirom da je početna količina CO₂ u pakovinama s modificiranom atmosferom bila veća. Pakovine MPK obje sorte, tretirane 2%-tnom otopinom natrijeva askorbata u vakuumu pokazuju značajno veće koncentracije O₂, nego u vakuumiranim pakovinama MPK tretiranim 1%-tnim natrijevim kloridom. MPK tretirani 2%-tnom otopinom natrijeva askorbata u MAP-u imaju nižu koncentraciju O₂, u odnosu na MPK tretirane 1%-tnom otopinom natrijeva klorida. U vakuumiranim pakovinama, natrijev askorbat je vjerojatno inaktivirao aktivnost PPO i enzime metaboličkog puta oksidacijske fosforilacije, te posljedično smanjio razinu respiracije (Limbo i Piergiovanni, 2006), u čijem se procesu uz šećere troši i kisik. Stoga je koncentracija kisika bila veća, u odnosu na MPK tretirane natrijevim kloridom.

Analiza varijanci je pokazala u tablici 10, da je na koncentraciju O₂ unutar pakovine MPK proizvedenih nakon pet mjeseci skladištenja gomolja, statistički značajno utjecao način pakiranja, dok je na koncentraciju CO₂ utjecalo vrijeme skladištenja MPK. Iako sorta nije imala statistički značajan utjecaj, u tablici 11 može se uočiti da sastav atmosfere u vakuumiranim pakovinama sorte Birgit se razlikuje od sastava atmosfere vakuumiranih pakovina sorte Lady Claire. Koncentracija CO₂ u vakuumiranim pakovinama i pakovinama u modificiranoj atmosferi MPK sorte Birgit se povećavala do 8.dana. Kod MPK sorte Lady Claire, u vakuumiranim pakovinama koncentracija CO₂ naglo je pala tijekom drugog dana skladištenja, te naglo narasla do 8. dana skladištenja. Rezultati u uzorcima pakiranih u modificiranoj atmosferi za obje sorte su pokazali isti trend porasta.

U tablici 11 se može uočiti da skladištenje gomolja pet mjeseci nije značajno utjecalo na razinu respiracije unutar oba načina pakiranja.

Tablica 10. Rezultati analize varijanci koncentracije plinova unutar pakiranja MPK za oba termina analize

O ₂			CO ₂		
1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
VARIJABLE	F	p	VARIJABLE	F	p
sorta	0,00934	0,923458	sorta	1,056325	0,309938
otopina	7,94085	0,007338	otopina	1,142857	0,291155
vrsta pakiranja	53,63656	0	vrsta pakiranja	1,096487	0,301027
vrijeme skladištenja MPK	1,37925	0,262936	vrijeme skladištenja MPK	0,929922	0,402556
5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
VARIJABLE	F	p	VARIJABLE	F	p
sorta	0,23036	0,633745	sorta	0,0354	0,851572
otopina	0,00777	0,930172	otopina	0,3004	0,586542
vrsta pakiranja	36,82158	0	vrsta pakiranja	0,9667	0,331146
vrijeme skladištenja MPK	0,01171	0,98836	vrijeme skladištenja MPK	16,4751	0,000005

Tablica 11. Rezultati koncentracije plinova unutar 8 vrsta pakiranja MPK tijekom oba termina analize

				KONCENTRACIJE PLINOVA UNUTAR PAKIRANJA (%)					
				1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
				VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)			VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)		
SORTA:	VRSTA PAKIRANJA:	OTOPINA:	PLINOVI:	2.	4.	8.	2.	4.	8.
Birgit	vakuum	NaCl	O ₂	10,45 ± 14,92 ^{b,A}	0,55 ± 0,07 ^{b,A}	16,40 ± 0,71 ^{b,A}	20,25 ± 0,07 ^b	0,90 ± 1,41 ^b	4,55 ± 0,79 ^b
			CO ₂	8,20 ± 9,90	18,75 ± 1,34	7,70 ± 0,85	1,45 ± 0,07 ^a	12,40 ± 1,27 ^a	13,60 ± 5,66 ^b
		Na-askorbat	O ₂	18,80 ± 0,14 ^{b,B}	19,30 ± 0,14 ^{b,B}	18,85 ± 2,05 ^{b,B}	20,10 ± 0,57 ^b	4,80 ± 1,98 ^b	8,00 ± 1,98 ^b
			CO ₂	6,05 ± 0,35	2,35 ± 0,64	3,45 ± 2,62	1,65 ± 0,07 ^a	9,95 ± 0,49 ^a	17,05 ± 0,78 ^b
	MAP	NaCl	O ₂	0,14 ± 0 ^{a,A}	4,80 ± 6,93 ^{a,A}	4,70 ± 5,94 ^{a,A}	0,40 ± 0,14 ^a	0,35 ± 0,35 ^a	4,35 ± 2,05 ^a
			CO ₂	10,70 ± 1,84	9,10 ± 0,99	10,20 ± 1,84	7,90 ± 0,14 ^a	8,85 ± 0,21 ^a	9,75 ± 0,07 ^b
		Na-askorbat	O ₂	0,30 ± 0 ^{a,B}	1,65 ± 2,05 ^{a,B}	0,20 ± 0,14 ^{a,B}	0,35 ± 0,07 ^a	0,25 ± 0,07 ^a	-0,05 ± 0,07 ^a
			CO ₂	9,05 ± 0,21	11,45 ± 1,77	12,20 ± 2,26	7,10 ± 0,14 ^a	8,45 ± 0,07 ^a	11,10 ± 0,71 ^b
Lady Claire	vakuum	NaCl	O ₂	2,25 ± 0,92 ^{b,A}	5,35 ± 1,63 ^{b,A}	20,65 ± 0,21 ^{b,A}	0,45 ± 0,50 ^b	20,15 ± 0,21 ^b	17,35 ± 1,20 ^b
			CO ₂	13,10 ± 1,13	15,70 ± 0,85	1,05 ± 0,21	9,55 ± 1,77 ^a	1,30 ± 0,14 ^a	8,05 ± 0,21 ^b
		Na-askorbat	O ₂	19,50 ± 0,42 ^{b,B}	19,90 ± 0,14 ^{b,B}	16,90 ± 5,37 ^{b,B}	4,75 ± 0,92 ^b	19,55 ± 1,77 ^b	10,25 ± 0,50 ^b
			CO ₂	5,00 ± 0	2,75 ± 0,07	3,70 ± 3,82	9,40 ± 0,71 ^a	2,95 ± 2,76 ^a	14,90 ± 0,71 ^b
	MAP	NaCl	O ₂	0,20 ± 0,42 ^{a,A}	0,60 ± 0 ^{a,A}	0,65 ± 0,07 ^{a,A}	0,85 ± 0,07 ^a	0,45 ± 0,07 ^a	0 ± 0,14 ^a
			CO ₂	9,80 ± 0	8,40 ± 0,28	7,80 ± 0,14	6,60 ± 0,28 ^a	10,25 ± 0,07 ^a	15,15 ± 0,21 ^b
		Na-askorbat	O ₂	7,40 ± 9,90 ^{a,B}	0,30 ± 0,14 ^{a,B}	0,35 ± 0,35 ^{a,B}	-0,10 ± 0 ^a	0,15 ± 0,35 ^a	0,20 ± 0,14 ^a
			CO ₂	6,60 ± 3,25	10,35 ± 0,92	8,85 ± 1,63	6,40 ± 0 ^a	8,45 ± 0,07 ^a	14,00 ± 1,70 ^b

Prikazane su srednje vrijednosti (n=2) ± SD

Srednje vrijednosti označene različitim slovima međusobno se statistički razlikuju na $p \leq 0,05$. Rezultati koncentracije O₂ unutar pakiranja MPK proizvedenih tijekom 1.mjeseca skladištenja označeni malim slovom označavaju razliku između pakiranja, a rezultati označeni velikim slovom označavaju razliku između otopina. Na koncentracije CO₂ ni jedna varijabla nije imala statistički značajan utjecaj. Rezultati koncentracije O₂ unutar pakiranja MPK proizvedenih tijekom 5.mjeseca skladištenja označeni različitim slovima označavaju razliku između pakiranja, a rezultati koncentracije CO₂ označeni različitim slovima označavaju razliku unutar vremena skladištenja.

4.3. MIKROBIOLOŠKA ISPRAVNOST MPK

Na MPK analizirala se prisutnost aerobnih mezofilnih bakterija i *Enterobacteriaceae*. Kod MPK proizvedenih tijekom prvog mjeseca skladištenja gomolja, u usporedbi s provedenom analizom na kontrolnim uzorcima, primijećen je porast aerobnih mezofilnih bakterija tijekom drugog dana analize u pakovinama s modificiranom atmosferom obje sorte, dok je u vakuumiranim pakovinama primijećen nakon četvrtog dana. Nakon tih naglih porasta broja bakterija, uslijedio je kontinuirani pad do 8 dana skladištenja. Tijekom prvih dana skladištenja u modificiranoj atmosferi, mikroorganizmi se mogu brzo razviti zbog dostupnosti nutrijenata u prvim danima skladištenja (Ragaert i sur., 2007). Iako aerobne mezofilne bakterije za svoj rast koriste kisik, za očekivati je prema rezultatima u tablici 12., da u pakovinama s najmanjom prisutnosti kisika bude prisutna i najmanja količina aerobnih mezofilnih bakterija (CFU/cm²), no rezultati nisu dosljedni.

U MPK proizvedenim nakon 5 mjeseci skladištenja uočen je manji broj (CFU/cm²) bakterija na MPK.

Tablica 12. Broj bakterija (CFU/cm²) na uzorcima MPK tijekom oba termina skladištenja gomolja

SORTA:	VRSTA PAKIRANJA:	OTOPINA:	BAKTERIJE:	PRISUTNE BAKTERIJE (CFU/cm ²)						
				kontrolni uzorak	1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
					VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)			VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)		
				2.	4.	8.	2.	4.	8.	
Birgit	vakuum	NaCl	Aerobne mezofilne	9	15,6	4,7	2	12,1	0,4	2,1
			Enterobac.	7,2	4,8	2,3	0,3	7,5	0,3	0,5
		Na-askorbat	Aerobne mezofilne	3,6	1,9	17,6	6,5	5,6	0	4,9
			Enterobac.	7,8	4,2	7,9	3	1,9	2	0
	modificirana atmosfera	NaCl	Aerobne mezofilne	9	11	4,8	7,3	3,2	2,7	0,3
			Enterobac.	7,2	12,8	15,6	5,5	1,7	15,2	0,2
		Na-askorbat	Aerobne mezofilne	3,6	17,8	2,1	1,1	0,3	17,4	9,3
			Enterobac.	7,8	16,8	0	6	0,7	3,8	0,4
Lady Claire	vakuum	NaCl	Aerobne mezofilne	6	5,2	26,8	6,5	11,2	0,7	0,5
			Enterobac.	4,1	2,3	13,3	1,9	16,6	3,1	2,4
		Na-askorbat	Aerobne mezofilne	6	4,6	8,6	1	0,5	5,7	2,7
			Enterobac.	4,7	2,4	2,2	0	2,6	4,5	0
	modificirana atmosfera	NaCl	Aerobne mezofilne	6	18,4	0,5	3,6	18,5	0	0,1
			Enterobac.	4,1	15	8,6	1,7	19,3	16,9	1,6
		Na-askorbat	Aerobne mezofilne	6	15,6	9,4	7,4	2,4	5,3	0
			Enterobac.	4,7	13,4	18,4	1,8	0,4	3,4	0

4.4.PROMJENA MASE PAKOVINA MPK

Rezultati provedene analize varijance u tablici 13, pokazuju da je na masu svih pakovina MPK proizvedenih tijekom 1. mjeseca skladištenja gomolja utjecalo vrijeme skladištenja, dok je na masu MPK proizvedenih nakon 5 mjeseci skladištenja gomolja statistički značajan utjecaj imala vrsta pakiranja.

U tablici 14. rezultati pokazuju da tijekom 8 dana skladištenja MPK proizvedenih tijekom 1. mjeseca skladištenja gomolja, masa pakovina svih uzoraka se povećava, nakon inicijalnog smanjenja mase do 2. dana skladištenja. Bez obzira na povećanje mase tijekom 8 dana skladištenja, u usporedbi s početnom masom pakiranja, može se uočiti gubitak. Rocha i suradnici (2003) su također u svojem istraživanju minimalno procesiranih krumpira sorte Désirée, uočili gubitak mase otprilike 3% nakon 7 dana skladištenja. U tablici 14, rezultati mase MPK proizvedenih nakon 5 mjeseci skladištenja, pakiranih u vakuumu imaju veću masu od MPK pakiranih u modificiranu atmosferu, što vjerojatno proizlazi iz samih uvjeta prisutnih u pakiranju. U vakuumiranim pakovinama je prisutno vrlo malo zraka, koji bi apsorbirao vlagu s površine MPK (Rocha i sur., 2003). Dok se u pakovinama s modificiranom atmosferom, površina MPK isuši zbog prisutnosti veće količine zraka, te je stoga i veći gubitak mase.

Također se može uočiti u tablici 14, da pakovine MPK nakon 5 mjeseci skladištenja imaju veću masu u odnosu na pakovine proizvedene tijekom prvog mjeseca skladištenja.

Tablica 13. Rezultati analize varijanci za promjenu mase pakiranja MPK za oba termina skladištenja gomolja

1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
VARIJABLE	F	p
sorta	1,7	0,205518
otopina	0,5	0,478934
vrsta pakiranja	3,2	0,079001
vrijeme skladištenja MPK	7,1	0,002253

5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
VARIJABLE	F	p
sorta	2,48	0,122799
otopina	1,12	0,296519
vrsta pakiranja	11,18	0,001747
vrijeme skladištenja MPK	1,8	0,177565

Tablica 14. Rezultati promjene mase uzoraka MPK u oba termina skladištenja gomolja

			PROMJENA MASE PAKIRANJA MPK (g)					
			1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
			VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)			VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)		
SORTA:	VRSTA PAKIRANJA:	OTOPINA:	2.	4.	8.	2.	4.	8.
Birgit	vakuum	NaCl	284,5 ± 3,5 ^a	293,5 ± 2,1 ^b	281 ± 3,5 ^b	301 ± 4,2 ^b	309 ± 0,7 ^b	306 ± 1,4 ^b
		Na-askorbat	287,5 ± 0,7 ^a	294 ± 4,2 ^b	298 ± 4,2 ^b	306,5 ± 10,6 ^b	298 ± 7,1 ^b	297,5 ± 6,4 ^b
	MAP	NaCl	287,5 ± 4,9 ^a	291,5 ± 3,5 ^b	297 ± 1,4 ^b	300 ± 8,5 ^a	292 ± 1,4 ^a	297 ± 4,2 ^a
		Na-askorbat	285 ± 4,2 ^a	293 ± 2,8 ^b	296 ± 4,2 ^b	285,5 ± 3,5 ^a	289,5 ± 2,1 ^a	295,5 ± 2,1 ^a
Lady Claire	vakuum	NaCl	287,5 ± 0,7 ^a	286,5 ± 4,9 ^b	295 ± 2,8 ^b	292 ± 11,3 ^b	289,5 ± 4,9 ^b	304 ± 1,4 ^b
		Na-askorbat	289 ± 4,4 ^a	291 ± 1,4 ^b	296,5 ± 3,5 ^b	301,5 ± 4,9 ^b	295,5 ± 2,1 ^b	297,5 ± 0,7 ^b
	MAP	NaCl	289,5 ± 4,9 ^a	300,5 ± 0,7 ^b	299,5 ± 3,5 ^b	286 ± 4,2 ^a	298 ± 2,8 ^a	297 ± 7,1 ^a
		Na-askorbat	292 ± 7,1 ^a	298 ± 1,4 ^b	286,5 ± 4,9 ^b	285,5 ± 12,0 ^a	296,5 ± 2,1 ^a	298,5 ± 2,1 ^a

Prikazane su srednje vrijednosti (n=2) ± SD

Srednje vrijednosti označene različitim slovima međusobno se statistički razlikuju na $p \leq 0,05$. Rezultati 1. mjeseca skladištenja gomolja označeni različitim slovima označavaju razliku unutar vremena skladištenja, a rezultati 5. mjeseca skladištenja označeni različitim slovima označavaju razlike između pakiranja.

4.5. PARAMETRI BOJE MPK

Tablica 15 pokazuje statistički značajan učinak otopine, vrste pakiranja i vremena skladištenja MPK na varijablu L^* , a sorta, vrsta pakiranja i vrijeme skladištenja MPK su utjecali na varijable C^* i h na MPK proizvedene tijekom 1. mjeseca skladištenja gomolja.

U tablici 16 i 17 je vidljivo da MPK tretirani natrijevim askorbatom imaju veću L^* vrijednost u usporedbi s MPK tretiranim natrijevim kloridom. MPK obje sorte pakirani u modificiranoj atmosferi imaju veću L^* vrijednost do 4. dana skladištenja, no međutim 8. dana skladištenja MPK pakirani u vakuumu pokazuju veće vrijednosti. Izuzetak je pakovina++ MPK sorte Lady Claire tretirane natrijevim askorbatom, gdje je L^* vrijednost veća u vakuumiranim pakovinama tijekom cijelog vremena skladištenja u tablici 17. Unatoč tome što postoji statistički utjecaj vremena skladištenja na L^* vrijednosti svih pakiranja, izrazito je uočljiv jedino u pakiranjima sorte Lady Claire tretirane natrijevim askorbatom u modificiranoj atmosferi u tablici 17 i pakiranju sorte Birgit tretirane natrijevim kloridom u modificiranoj atmosferi gdje je u zadnjem danu skladištenja uočen veliki pad L^* vrijednosti u tablici 16.

Očekivano, sorta Birgit ima značajno veće C^* vrijednosti od sorte Lady Claire, što je vidljivo u tablici 3, da je intenzitet boje sorte Birgit izraženiji od sorte Lady Claire. Vakuumirane pakovine obje sorte imaju veću C^* vrijednost od pakiranja u modificiranoj atmosferi, uspoređujući rezultate u tablici 16 i 17. Intenzitet boje se s vremenom smanji kod svih uzoraka tijekom vremena skladištenja. Vrijednost h je značajno veća kod sorte Lady Claire u tablici 17 u usporedbi sa sortom Birgit iz tablice 16. Iako postoji statistički značajan utjecaj vrste pakiranja na vrijednost h , on međutim nije uočen u tablicama 16 i 17. Vrijednosti u vakuumiranim pakovinama se nalaze u rasponu od 87,880 do 92,040, a u modificiranoj atmosferi od 84,480 do 91,257, što ne predstavlja veliku promjenu.

U tablici 15 je također vidljivo da na MPK proizvedene u drugom terminu, statistički značajan učinak na L^* vrijednosti je imala vrsta pakiranja, na C^* vrijednost sorta, a na h sorta i vrsta pakiranja. U tablici 18 i 19 može se uočiti da nakon 5 mjeseci skladištenja, vrijednosti L^* su veće u vakuumiranim pakovinama obje sorte, za razliku od L^* vrijednosti MPK u tablici 17 i 18. U tablici 18 je vidljivo da sorta Birgit tijekom skladištenja nije izgubila intenzitet obojenja, te su u skladu s tim, vrijednosti C^* veće kod sorte Birgit. Kao i u prvom terminu proizvodnje MPK, vrijednost h je također veća kod sorte Lady Claire u tablici 19, nego kod

sorte Birgit u tablici 18, te se ne može uočiti statistički značaj utjecaj vrste pakiranja na vrijednost h po rezultatima.

Tablica 15. Rezultati analize varijanci za parametre boje (L*, C* i h) MPK za oba termina analize

L*			C*			h		
1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
VARIJABLE	F	p	VARIJABLE	F	p	VARIJABLE	F	p
sorta	0,11045	0,740539	sorta	186,649	0	sorta	64,2727	0
otopina	6,13924	0,01541	otopina	1,9992	0,161416	otopina	1,97382	0,164065
vrsta pakiranja	8,70368	0,00421	vrsta pakiranja	27,2132	0,000001	vrsta pakiranja	29,2643	0,000001
vrijeme skladištenja MPK	16,5756	0,000001	vrijeme skladištenja MPK	17,5651	0,000001	vrijeme skladištenja MPK	7,48762	0,00107
5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
VARIJABLE	F	p	VARIJABLE	F	p	VARIJABLE	F	p
sorta	1,131796	0,290718	sorta	334,15	0	sorta	112,57	0
otopina	2,998107	0,087367	otopina	0	1	otopina	1,4038	0,239725
vrsta pakiranja	9,74787	0,00253	vrsta pakiranja	1,5076	0,223244	vrsta pakiranja	10,163	0,00207
vrijeme skladištenja MPK	0,981963	0,379216	vrijeme skladištenja MPK	0,5	0,608471	vrijeme skladištenja MPK	3,0038	0,055447

Tablica 16. Rezultati koordinata boje (L*, C* i h) MPK sorte Birgit, proizvedenih tijekom 1.mjeseca skladištenja gomolja

				BOJA			
				1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			
				VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)			
SORTA:	VRSTA PAKIRANJA:	OTOPINA:	KOORDINATE:	kontrolni uzorak	2.	4.	8.
Birgit	vakuum	NaCl	L*	72,073 ± 0,469 ^{b,A,y}	69,287 ± 0,284 ^{b,A,y}	69,227 ± 2,297 ^{b,A,y}	69,640 ± 1,266 ^{b,A,x}
			C*	45,793 ± 1,794 ^{b,C,z}	41,737 ± 2,577 ^{b,B,y}	41,760 ± 1,280 ^{b,B,y}	39,193 ± 1,577 ^{b,B,x}
			h	87,880 ± 0,495 ^{a,B,y}	88,757 ± 0,273 ^{a,B,y}	88,570 ± 0,255 ^{a,B,x}	88,957 ± 0,087 ^{a,B,y}
		Na-askorbat	L*	72,756 ± 1,740 ^{b,B,y}	71,360 ± 3,477 ^{b,B,y}	69,440 ± 0,354 ^{b,B,y}	71,760 ± 1,383 ^{b,B,x}
			C*	44,397 ± 0,739 ^{b,C,z}	41,547 ± 3,753 ^{b,B,y}	40,707 ± 2,622 ^{b,B,y}	42,110 ± 2,831 ^{b,B,x}
			h	89,570 ± 0,503 ^{a,B,y}	89,153 ± 1,259 ^{a,B,y}	88,697 ± 0,802 ^{a,B,x}	88,170 ± 1,291 ^{a,B,y}
	MAP	NaCl	L*	72,073 ± 0,469 ^{b,A,y}	70,607 ± 1,125 ^{a,A,y}	71,353 ± 2,879 ^{a,A,y}	61,110 ± 4,460 ^{a,A,x}
			C*	45,793 ± 1,794 ^{b,C,z}	41,967 ± 2,786 ^{b,A,y}	38,030 ± 0,951 ^{b,A,y}	29,743 ± 1,367 ^{b,A,x}
			h	87,880 ± 0,495 ^{a,B,y}	87,130 ± 1,256 ^{a,A,y}	84,480 ± 1,117 ^{a,A,x}	88,897 ± 0,896 ^{a,A,y}
		Na-askorbat	L*	72,757 ± 1,740 ^{b,B,y}	73,880 ± 2,426 ^{a,B,y}	69,417 ± 1,954 ^{a,B,y}	67,530 ± 3,080 ^{a,B,x}
			C*	44,397 ± 0,739 ^{b,C,z}	44,807 ± 4,436 ^{b,A,y}	38,167 ± 1,126 ^{b,A,y}	32,500 ± 5,748 ^{b,A,x}
			h	89,570 ± 0,503 ^{a,B,y}	87,193 ± 0,690 ^{a,A,y}	86,347 ± 0,947 ^{a,A,x}	88,973 ± 0,492 ^{a,A,y}

Prikazane su srednje vrijednosti (n=3) ± SD

Srednje vrijednosti označene različitim slovima međusobno se statistički razlikuju na $p \leq 0,05$. Rezultati L vrijednosti 1.mjeseca skladištenja gomolja označeni malim slovima označavaju razlike unutar dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka, rezultati označeni s velikim slovima označavaju razlike između otopina, a rezultati označeni s x i y označavaju razlike unutar vremena skladištenja. Rezultati C vrijednosti označeni malim slovima označavaju razlike između dvije sorte (tablica 16 i tablica 17), rezultati označeni velikim slovima označavaju razlike unutar dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka, a rezultati označeni y,x i z slovima označavaju razliku unutar vremena skladištenja MPK. Rezultati h vrijednosti označeni malim slovima označavaju razlike između dvije sorte, rezultati označeni velikim slovima označavaju razliku između dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka i rezultati označeni slovima x i y označavaju razliku unutar vremena skladištenja MPK.

Tablica 17. Rezultati koordinata boje (L*, C* i h) MPK sorte Lady Claire, proizvedenih tijekom 1.mjeseca skladištenja gomolja

				BOJA			
				1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			
				VRJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)			
SORTA:	VRSTA PAKIRANJA:	OTOPINA:	KOORDINATE:	kontrolni uzorak	2.	4.	8.
Lady Claire	vakuum	NaCl	L*	70,380 ± 1,510 ^{b,A,Y}	69,547 ± 1,383 ^{b,A,Y}	69,817 ± 1,567 ^{b,A,Y}	70,330 ± 2,538 ^{b,A,X}
			C*	32,427 ± 2,115 ^{a,C,Z}	28,457 ± 1,620 ^{a,B,Y}	33,507 ± 1,809 ^{a,B,Y}	28,973 ± 1,099 ^{a,B,X}
			h	90,890 ± 0,062 ^{b,B,Y}	91,350 ± 1,680 ^{b,B,Y}	90,800 ± 0,989 ^{b,B,X}	92,040 ± 0,334 ^{b,B,Y}
		Na-askorbat	L*	72,117 ± 0,193 ^{b,B,Y}	73,620 ± 2,085 ^{b,B,Y}	71,883 ± 0,633 ^{b,B,Y}	70,430 ± 2,155 ^{b,B,X}
			C*	32,210 ± 2,338 ^{a,C,Z}	32,840 ± 1,848 ^{a,B,Y}	34,303 ± 3,187 ^{a,B,Y}	33,587 ± 1,156 ^{a,B,X}
			h	91,120 ± 0,217 ^{b,B,Y}	91,563 ± 0,571 ^{b,B,Y}	91,007 ± 1,531 ^{b,B,X}	90,187 ± 1,398 ^{b,B,Y}
	MAP	NaCl	L*	70,380 ± 1,510 ^{b,A,Y}	71,253 ± 0,161 ^{a,A,Y}	70,387 ± 0,938 ^{a,A,Y}	62,057 ± 1,185 ^{a,A,X}
			C*	32,427 ± 2,115 ^{a,C,Z}	29,933 ± 1,404 ^{a,A,Y}	31,883 ± 3,440 ^{a,A,Y}	22,547 ± 3,530 ^{a,A,X}
			h	90,890 ± 0,062 ^{b,B,Y}	90,750 ± 1,025 ^{b,A,Y}	87,490 ± 1,525 ^{b,A,X}	88,087 ± 0,591 ^{b,A,Y}
		Na-askorbat	L*	72,117 ± 0,193 ^{b,B,Y}	71,463 ± 0,793 ^{a,B,Y}	71,523 ± 1,978 ^{a,B,Y}	61,707 ± 4,925 ^{a,B,X}
			C*	35,210 ± 2,338 ^{a,C,Z}	28,840 ± 1,171 ^{a,A,Y}	30,033 ± 1,449 ^{a,A,Y}	21,257 ± 2,462 ^{a,A,X}
			h	91,120 ± 0,217 ^{b,B,Y}	91,257 ± 1,150 ^{b,A,Y}	88,700 ± 1,453 ^{b,A,X}	89,793 ± 3,396 ^{b,A,Y}

Prikazane su srednje vrijednosti (n=3) ± SD

Srednje vrijednosti označene različitim slovima međusobno se statistički razlikuju na $p \leq 0,05$. Rezultati L vrijednosti 1.mjeseca skladištenja gomolja označeni malim slovima označavaju razlike unutar dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka, rezultati označeni s velikim slovima označavaju razlike između otopina, a rezultati označeni s x i y označavaju razlike unutar vremena skladištenja. Rezultati C vrijednosti označeni malim slovima označavaju razlike između dvije sorte (tablica 16 i tablica 17), rezultati označeni velikim slovima označavaju razlike unutar dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka, a rezultati označeni y, x i z slovima označavaju razliku unutar vremena skladištenja MPK. Rezultati h vrijednosti označeni malim slovima označavaju razlike između dvije sorte, rezultati označeni velikim slovima označavaju razliku između dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka i rezultati označeni slovima x i y označavaju razliku unutar vremena skladištenja MPK:

Tablica 18. Rezultati koordinata boje (L*, C* i h) MPK sorte Birgit, proizvedenih tijekom 5.mjeseca skladištenja gomolja

				BOJA			
				5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			
				VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)			
SORTA:	VRSTA PAKIRANJA:	OTOPINA:	KOORDINATE:	kontrolni uzorak	2.	4.	8.
Birgit	vakuum	NaCl	L*	72,073 ± 0,469 ^c	70,137 ± 1,703 ^b	69,223 ± 0,694 ^b	70,803 ± 1,586 ^b
			C*	45,793 ± 1,794 ^b	41,287 ± 2,069 ^b	42,333 ± 1,995 ^b	42,710 ± 2,265 ^b
			h	87,880 ± 0,495 ^{a,B}	87,883 ± 0,283 ^{a,B}	88,013 ± 0,509 ^{a,B}	87,317 ± 1,100 ^{a,B}
		Na-askorbat	L*	72,756 ± 1,740 ^c	70,180 ± 0,316 ^b	71,380 ± 2,825 ^b	71,333 ± 1,875 ^b
			C*	44,397 ± 0,739 ^b	41,967 ± 0,397 ^b	40,817 ± 0,361 ^b	42,613 ± 2,206 ^b
			h	89,570 ± 0,503 ^{a,B}	88,637 ± 0,959 ^{a,B}	87,573 ± 0,734 ^{a,B}	87,197 ± 0,507 ^{a,B}
	MAP	NaCl	L*	72,073 ± 0,469 ^c	67,733 ± 2,023 ^a	69,467 ± 0,712 ^a	68,740 ± 1,416 ^a
			C*	45,793 ± 1,794 ^b	39,093 ± 2,677 ^b	42,403 ± 3,395 ^b	42,147 ± 3,175 ^b
			h	87,880 ± 0,495 ^{a,B}	88,803 ± 1,099 ^{a,A}	87,517 ± 0,410 ^{a,A}	87,187 ± 0,432 ^{a,A}
		Na-askorbat	L*	72,757 ± 1,740 ^c	70,113 ± 1,855 ^a	69,300 ± 2,184 ^a	67,160 ± 2,535 ^a
			C*	44,397 ± 0,739 ^b	42,127 ± 2,665 ^b	40,383 ± 2,760 ^b	40,060 ± 5,505 ^b
			h	89,570 ± 0,503 ^{a,B}	87,403 ± 0,787 ^{a,A}	88,503 ± 1,341 ^{a,A}	87,653 ± 1,176 ^{a,A}

Prikazane su srednje vrijednosti (n=3) ± SD

Srednje vrijednosti označene različitim slovima međusobno se statistički razlikuju na $p \leq 0,05$. Rezultati L vrijednosti 1.mjeseca skladištenja gomolja označeni različitim slovima označavaju razlike unutar dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka. Rezultati C vrijednosti označeni različitim slovima označavaju razlike između dvije sorte (tablica 18 i tablica 19). Rezultati h vrijednosti označeni malim slovima označavaju razlike između dvije sorte, rezultati označeni velikim slovima označavaju razliku između dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka MPK.

Tablica 19. Rezultati koordinata boje (L*, C* i h) MPK sorte Lady Claire, proizvedenih tijekom 5.mjeseca skladištenja gomolja

				BOJA			
				5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			
				VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)			
SORTA:	VRSTA PAKIRANJA:	OTOPINA:	KOORDINATE:	kontrolni uzorak	2.	4.	8.
Lady Claire	vakuum	NaCl	L*	70,380 ± 1,510 ^c	70,587 ± 0,531 ^b	70,060 ± 0,921 ^b	70,600 ± 0,751 ^b
			C*	32,427 ± 2,115 ^a	32,650 ± 1,035 ^a	30,273 ± 1,639 ^a	28,897 ± 0,458 ^a
			h	90,890 ± 0,062 ^{b,B}	89,747 ± 1,056 ^{b,B}	91,703 ± 0,780 ^{b,B}	92,603 ± 0,672 ^{b,B}
		Na-askorbat	L*	72,117 ± 0,193 ^c	68,617 ± 2,125 ^b	70,083 ± 0,603 ^b	68,467 ± 0,162 ^b
			C*	32,210 ± 2,338 ^a	29,813 ± 1,061 ^a	27,893 ± 2,119 ^a	29,080 ± 1,263 ^a
			h	91,120 ± 0,217 ^{b,B}	91,073 ± 0,703 ^{b,B}	92,510 ± 0,802 ^{b,B}	91,587 ± 0,949 ^{b,B}
	MAP	NaCl	L*	70,380 ± 1,510 ^c	68,700 ± 2,652 ^a	67,913 ± 2,166 ^a	66,740 ± 1,916 ^a
			C*	32,427 ± 2,115 ^a	31,803 ± 1,576 ^a	31,327 ± 1,721 ^a	30,740 ± 1,200 ^a
			h	90,890 ± 0,062 ^{b,B}	90,060 ± 0,625 ^{b,A}	90,560 ± 1,199 ^{b,A}	87,957 ± 0,925 ^{b,A}
		Na-askorbat	L*	72,117 ± 0,193 ^c	71,250 ± 1,129 ^a	70,387 ± 1,625 ^a	68,987 ± 0,592 ^a
			C*	35,210 ± 2,338 ^a	29,797 ± 0,407 ^a	38,063 ± 3,305 ^a	31,627 ± 1,242 ^a
			h	91,120 ± 0,217 ^{b,B}	91,830 ± 0,176 ^{b,A}	89,400 ± 1,097 ^{b,A}	88,333 ± 1,178 ^{b,A}

Prikazane su srednje vrijednosti (n=3) ± SD

Srednje vrijednosti označene različitim slovima međusobno se statistički razlikuju na $p \leq 0,05$. Rezultati L vrijednosti 1.mjeseca skladištenja gomolja označeni različitim slovima označavaju razlike unutar dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka. Rezultati C vrijednosti označeni različitim slovima označavaju razlike između dvije sorte (tablica 18 i tablica 19). Rezultati h vrijednosti označeni malim slovima označavaju razlike između dvije sorte, rezultati označeni velikim slovima označavaju razliku između dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka MPK.

4.6.PARAMETRI TEKSTURE MPK

Na MPK, proizvedene tijekom prvog mjeseca skladištenja gomolja, varijable sorta, otopine, vrste pakiranja i vrijeme skladištenja nisu statistički značajno utjecali na tvrdoću MPK. Dok je na elastičnost utjecala sorta, vrsta pakiranja i vrijeme skladištenja, a na žilavost je utjecala vrsta pakiranja što se može vidjeti u tablici 20. Prema rezultatima u tablici 21, sorta Birgit u vakuumiranim pakovinama tretirana natrijevim kloridom pokazuje veću elastičnost u usporedbi s istim uvjetima sorte Lady Claire. Sorta Lady Claire pokazala je bolje rezultate elastičnosti u pakovinama s modificiranom atmosferom s oba tretiranja, tj u kombinaciji s tretmanom natrijeva klorida i natrijeva askorbata, u usporedbi s istim tretmanima sorte Birgit pakirane u modificiranu atmosferu. Elastičnost je bolje očuvana u vakuumiranim pakovinama, nego u pakovinama u modificiranoj atmosferi, što je najviše izraženo kod sorte Birgit. Tijekom skladištenja MPK sorte Birgit, elastičnost se povećavala tijekom 8 dana skladištenja, što je više izraženo u vakuumiranim pakovinama. Na rad, odnosno žilavost MPK značajan utjecaj je imala vrsta pakiranja. Prema rezultatima se može vidjeti da MPK pakirani u modificiranu atmosferu imaju značajno veću žilavost, što se može povezati s većim gubitkom vode. U pakovinama s modificiranom atmosferom je prisutna veća količina zraka koja apsorbira vlagu s krumpira, te ga onda čine više žilavijim.

Rezultati analize varijanci u tablici 20 pokazuju da je na MPK, proizvedene nakon 5. mjeseci skladištenja gomolja, sorta statistički značajno utjecala na tvrdoću i elastičnost MPK, dok je vrsta pakiranja imala značajan utjecaj na tvrdoću i rad, odnosno žilavost. U tablici 21, može se uočiti da Sorta Lady Claire u usporedbi sa sortom Birgit nakon 5 mjeseci skladištenja gomolja pokazuje značajno veću tvrdoću, ali i veće vrijednosti elastičnosti. Iako bi prema Jansky-u (2010) tijekom skladištenja gomolja, trebalo doći do smanjenja elastičnosti, zbog gubitka vode. Veća elastičnost krumpira je poželjno svojstvo sa senzoričkog stajališta, jer krumpiri s većom elastičnošću se ne raspadaju tijekom kuhanja (Jansky, 2010). Kao i kod MPK proizvedenih tijekom 1.mjeseca skladištenja gomolja, veću žilavost pokazuju MPK pakirani u modificiranoj atmosferi. Utjecaj skladištenja gomolja je najviše utjecao na žilavost MPK. MPK proizvedeni nakon 5 mjeseci imaju značajno veću žilavost od MPK proizvedenih tijekom prvog mjeseca skladištenja, na što je u najvećoj mjeri uzrokovao gubitak vode u gomoljima tijekom skladištenja.

Tablica 20. Rezultati analize varijanci za parametre teksture (tvrdoća, elastičnost i rad) za oba termina analize

TVRDOĆA			ELASTIČNOST			RAD		
1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
VARIJABLE	F	p	VARIJABLE	F	p	VARIJABLE	F	p
sorta	1,534656	0,219178	sorta	4,22764	0,04316	sorta	0,00331	0,95425
otopina	0,125385	0,724234	otopina	2,54257	0,114911	otopina	2,2194	0,140371
vrsta pakiranja	0,802781	0,373056	vrsta pakiranja	12,54314	0,000679	vrsta pakiranja	10,56768	0,001708
vrijeme skladištenja MPK	2,296104	0,107502	vrijeme skladištenja MPK	5,00448	0,009051	vrijeme skladištenja MPK	2,76193	0,069435
5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA		
VARIJABLE	F	p	VARIJABLE	F	p	VARIJABLE	F	p
sorta	5,280903	0,024276	sorta	7,916362	0,006215	sorta	0,038673	0,844638
otopina	0,809161	0,371173	otopina	0,94727	0,333463	otopina	2,203192	0,141973
vrsta pakiranja	5,244024	0,024761	vrsta pakiranja	0,276411	0,600574	vrsta pakiranja	4,939155	0,02931
vrijeme skladištenja MPK	1,3748	0,259027	vrijeme skladištenja MPK	2,923791	0,05972	vrijeme skladištenja MPK	2,759228	0,069865

Tablica 21. Rezultati parametara teksture uzoraka MPK tijekom oba termina skladištenja gomolja

SORTA:	VRSTA PAKIRANJA:	OTOPINA:	PARAMETRI:	PARAMETRI TEKSTURE							
				1. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA				5. MJESEC SKLADIŠTENJA GOMOLJA			
				VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)				VRIJEME SKLADIŠTENJA MPK (DAN)			
kontrolni uzorak	2.	4.	8.	kontrolni uzorak	2.	4.	8.				
Birgit	vakuum	NaCl	Tvrdoća (N)	6,965 ± 1,417	5,023 ± 2,096	7,727 ± 0,762	7,5573 ± 1,5851	6,965 ± 1,417 ^a	8,129 ± 0,584 ^a	8,060 ± 0,923 ^a	7,849 ± 1,084 ^a
			Elastičnost (mm)	1,964 ± 0,034 ^{a,AB,xy}	1,998 ± 0,003 ^{a,B,x}	1,931 ± 0,119 ^{a,B,xy}	2 ± 0 ^{a,B,y}	1,964 ± 0,034 ^a	2,412 ± 0,630 ^a	2,556 ± 0,219 ^a	2,048 ± 0,433 ^a
			Rad (mJ)	1482,172 ± 380,272 ^b	748,438 ± 584,222 ^a	1639,470 ± 193,628 ^b	1293,800 ± 466,00 ^a	1482,172 ± 380,272 ^a	4173,080 ± 166,877 ^b	4379,000 ± 502,691 ^b	4330,940 ± 109,451 ^b
		Na-askorbat	Tvrdoća (N)	7,286 ± 0,677	7,017 ± 1,241	7,558 ± 0,579	5,600 ± 1,122	7,286 ± 0,677 ^a	7,079 ± 0,802 ^a	7,684 ± 0,791 ^a	8,030 ± 1,179 ^a
			Elastičnost (mm)	1,567 ± 0,069 ^{a,AB,xy}	1,830 ± 0,143 ^{a,B,x}	1,914 ± 0,075 ^{a,B,xy}	1,992 ± 0,009 ^{a,B,y}	1,567 ± 0,069 ^a	2,554 ± 0,380 ^a	2,127 ± 0,734 ^a	2,226 ± 0,539 ^a
			Rad (mJ)	2041,230 ± 201,868 ^b	1485,160 ± 687,618 ^b	1595,210 ± 283,009 ^b	870,020 ± 350,680 ^a	2041,230 ± 201,868 ^b	3801,136 ± 958,572 ^b	4113,640 ± 239,184 ^b	4582,240 ± 455,689 ^b
	MAP	NaCl	Tvrdoća (N)	6,965 ± 1,417	7,352 ± 0,808	7,789 ± 0,557	6,913 ± 0,311	6,965 ± 1,417 ^a	6,227 ± 1,444 ^a	7,958 ± 0,497 ^a	7,382 ± 0,378 ^a
			Elastičnost (mm)	1,964 ± 0,034 ^{a,AB,xy}	1,590 ± 0,151 ^{a,A,x}	1,612 ± 0,165 ^{a,A,xy}	1,881 ± 0,158 ^{a,A,y}	1,964 ± 0,034 ^a	2,672 ± 0,029 ^a	1,994 ± 0,659 ^a	2,354 ± 0,358 ^a
			Rad (mJ)	1482,172 ± 380,272 ^b	1998,130 ± 370,208 ^b	2126,570 ± 172,953 ^b	1403,100 ± 471,210 ^b	1482,172 ± 380,272 ^a	2660,688 ± 754,415 ^b	4123,720 ± 225,630 ^b	3910,070 ± 127,809 ^b
		Na-askorbat	Tvrdoća (N)	7,286 ± 0,677	6,875 ± 1,297	7,379 ± 0,359	7,178 ± 0,749	7,286 ± 0,677 ^a	7,647 ± 0,758 ^a	7,467 ± 1,191 ^a	7,357 ± 1,941 ^a
			Elastičnost (mm)	1,567 ± 0,069 ^{a,AB,xy}	1,574 ± 0,421 ^{a,A,x}	1,689 ± 0,195 ^{a,A,xy}	1,808 ± 0,170 ^{a,A,y}	1,567 ± 0,069 ^a	2,163 ± 0,603 ^a	2,394 ± 0,724 ^a	2,534 ± 0,075 ^a
			Rad (mJ)	2041,230 ± 201,868 ^b	1764,030 ± 748,947 ^b	1864,660 ± 202,178 ^b	1731,800 ± 533,530 ^b	2041,230 ± 201,868 ^b	3924,569 ± 489,857 ^b	3686,570 ± 647,034 ^b	3056,410 ± 1075,130 ^b
Lady Claire	vakuum	NaCl	Tvrdoća (N)	7,522 ± 0,361	7,273 ± 0,231	6,700 ± 2,863	7,072 ± 0,365	7,522 ± 0,361 ^b	8,783 ± 1,044 ^b	7,988 ± 0,583 ^b	8,765 ± 0,412 ^b
			Elastičnost (mm)	1,860 ± 0,034 ^{b,AB,xy}	1,816 ± 0,233 ^{b,B,x}	2 ± 0 ^{b,B,xy}	2 ± 0 ^{b,B,y}	1,860 ± 0,034 ^b	3,013 ± 0,469 ^b	2,173 ± 0,466 ^b	2,491 ± 0,590 ^b
			Rad (mJ)	1771,461 ± 41,838 ^b	1741,591 ± 114,323 ^b	882,771 ± 406,381 ^a	1216,200 ± 63,732 ^a	1771,461 ± 41,838 ^b	3883,798 ± 490,762 ^b	3890,130 ± 356,751 ^b	4079,390 ± 206,266 ^b
		Na-askorbat	Tvrdoća (N)	8,400 ± 1,026	7,213 ± 1,147	7,807 ± 0,269	7,464 ± 1,423	8,400 ± 1,026 ^b	7,358 ± 0,355 ^b	7,982 ± 0,789 ^b	8,315 ± 0,781 ^b
			Elastičnost (mm)	1,932 ± 0,063 ^{b,AB,xy}	1,815 ± 0,165 ^{b,B,x}	1,749 ± 0,232 ^{b,B,xy}	2 ± 0 ^{b,B,y}	1,932 ± 0,063 ^b	3,160 ± 0,881 ^b	2,091 ± 0,108 ^b	2,834 ± 0,286 ^b
			Rad (mJ)	1895,381 ± 402,562 ^b	1616,420 ± 692,634 ^b	1827,72 ± 281,199 ^a	1401,800 ± 504,960 ^a	1895,381 ± 402,562 ^b	3469,902 ± 356,343 ^b	3758,350 ± 462,311 ^b	3767,620 ± 11,483 ^b
	MAP	NaCl	Tvrdoća (N)	7,522 ± 0,361	6,400 ± 0,858	7,550 ± 1,097	7,915 ± 1,546	7,522 ± 0,361 ^b	7,759 ± 0,559 ^b	8,091 ± 1,408 ^b	7,857 ± 0,815 ^b
			Elastičnost (mm)	1,860 ± 0,034 ^{b,AB,xy}	1,781 ± 0,379 ^{b,A,x}	1,859 ± 0,125 ^{b,A,xy}	1,986 ± 0,025 ^{b,A,y}	1,860 ± 0,034 ^b	2,603 ± 0,253 ^b	2,564 ± 0,555 ^b	2,271 ± 0,231 ^b
			Rad (mJ)	1711,461 ± 41,838 ^b	1279,840 ± 568,407 ^b	1708,770 ± 523,934 ^b	1721,800 ± 304,240 ^b	1711,461 ± 41,838 ^b	3905,477 ± 1289,186 ^b	4073,350 ± 426,753 ^b	4016,780 ± 70,542 ^b
		Na-askorbat	Tvrdoća (N)	8,400 ± 1,026	7,173 ± 1,256	7,422 ± 0,552	4,952 ± 1,640	8,400 ± 1,026 ^b	7,290 ± 0,562 ^b	7,584 ± 0,617 ^b	7,816 ± 0,535 ^b
			Elastičnost (mm)	1,932 ± 0,063 ^{b,AB,xy}	1,916 ± 0,074 ^{b,A,x}	1,859 ± 0,095 ^{b,A,xy}	1,823 ± 0,158 ^{b,A,y}	1,932 ± 0,063 ^b	2,833 ± 0,822 ^b	2,173 ± 0,726 ^b	3,337 ± 0,860 ^b
			Rad (mJ)	1895,381 ± 402,562 ^b	1460,510 ± 483,332 ^b	1985,510 ± 139,338 ^b	1513,100 ± 792,470 ^b	1895,381 ± 402,562 ^b	3331,200 ± 305,893 ^b	3964,960 ± 893,700 ^b	3496,960 ± 681,790 ^b

Prikazane su srednje vrijednosti (n=3) ± SD

Srednje vrijednosti označene različitim slovima međusobno se statistički razlikuju na $p \leq 0,05$. Rezultati elastičnosti MPK proizvedenih tijekom 1.mjeseca skladištenja, označeni malim slovima označuju razliku između sorti, velikim slovima se označeni rezultati označuju razliku između dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka, a slovima x i y označene su razlike unutar vremena skladištenja. Rezultati rada označeni različitim slovima označuju razliku između dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka. Rezultati tvrdoće i elastičnosti MPK proizvedenih nakon 5 mjeseci skladištenja, označeni različitim slovima označuju razliku između sorti, a rezultati rada označeni različitim slovima označuju razlike unutar dvije vrste pakiranja i kontrolnih uzoraka MPK.

5. ZAKLJUČCI

1. Količine ukupne suhe tvari, topljive suhe tvari, C* i h vrijednosti boje, te elastičnost krumpira unutar pakiranja MPK ovise o odabiru sorte za minimalno procesiranje.
2. Različiti uvjeti unutar pakiranja MPK u vakuumu ili modificiranoj atmosferi su utjecali na promjenu pH vrijednosti krumpira, koncentraciju O₂ unutar pakiranja, promjenu mase MPK proizvedenih u drugom terminu skladištenja gomolja, L*, C* i h vrijednosti boje i na žilavost krumpira.
3. Otopine natrijeva askorbata i natrijeva klorida promijenile su pH MPK i utjecale na L* vrijednost boje MPK proizvedenih tijekom prvog termina skladištenja gomolja. MPK tretirani otopinom natrijeva askorbata bili su neznatno svjetliji od MPK tretiranih otopinom natrijeva klorida.
4. Skladištenje MPK 8 dana utjecalo je na pad pH vrijednosti krumpira, porast koncentracije CO₂ u obje vrste pakiranja MPK proizvedenih u drugom terminu, te relativan porast mase pakiranja, od 2 do 8 dana.
5. Skladištenje gomolja krumpira 5 mjeseci je imalo značajan utjecaj na smanjenje ukupne suhe tvari, ali i povećanje topljive suhe tvari MPK. Starost krumpira nije utjecala na značajnu promjenu pH vrijednosti MPK i razinu respiracije unutar pakiranja. Pakiranja MPK proizvedena u drugom terminu imala su veću masu tijekom skladištenja i manji broj bakterija u odnosu na MPK proizvedene u prvom terminu. Skladištenje gomolja 5 mjeseci, nije značajno utjecalo na tamnjenje MPK, no žilavost MPK je bila značajno veća.

6. LITERATURA

- 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 Appl. Biol.*, **63**, 21-34.
- Angós, I., Vírveda, P., Fernández, T. (2008) Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by means of low and high O₂/CO₂ atmospheres. *Postharvest Biol. Tec.*, **48**, 422-430.
- Anonymous 1. (2015) Plant tips, <<https://www.edmontonpotatogrowers.com/planting-tips>>. Pristupljeno 31. kolovoza, 2017.
- Anonymous 2. (2014) Potato Variety Selection, <<http://cropandsoil.oregonstate.edu/content/potato-variety-selection>>. Pristupljeno 12. kolovoza, 2017.
- Anonymous 3. (2012) Peeled Vacuum-Packed Potatoes, <<http://www.fritpom.net/en/produkt/peeled-vacuum-packed-potatoes>>. Pristupljeno 2. kolovoza, 2017.
- Anonymous 4. (2017) Lady Claire, <<http://varieties.ahdb.org.uk/varieties/view/Lady%20Claire>>. Pristupljeno 4. rujna, 2017.
- Anonymous 5. Norika, <<http://contao.p211230.webspaceconfig.de/index.php/Sorten-Detail-english/KennNr/3746.html>>. Pristupljeno 4. rujna, 2017.
- Anonymous 6. (2017) Engineered Apples Near Approval, <<http://cen.acs.org/articles/91/i14/Engineered-Apples-Near-Approval.html>>. Pristupljeno 2. kolovoza, 2017.
- Anonymous 7. (2000) Technical Guides, <http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/cielab.html>. Pristupljeno 7. rujna, 2017.
- Artés, F., Allende, A. (2005) Minimal Fresh Processing of Vegetables, Fruits and Juices. U: Emerging technologies for food processing (Sun, D. W., ured.), Elsevier Ltd., Oxford, str. 583-593.
- Arvanitoyannis, I. S., Vaitisi, O., Mavromatis, A. (2008) Potato: a comparative study of the effect of cultivars and cultivation conditions and genetic modification on the

physico-chemical properties of potato tubers in conjunction with multivariate analysis towards authenticity. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **48**, 799-823.

- Ayala-Zavala, J. F., Gonzáles-Aguilar, G. A. (2010) Use of Additives to Preserve the Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables. U: *Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing* (Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R., ured.), Taylor & Francis Group, Boca Raton, str. 231-255.
- Barba, A. A., Calabretti, A., d'Amore, M., Piccinelli, A. L., Rastrelli, L. (2008) Phenolic constituents levels in cv. Agria potato under microwave processing. *LWT-Food Sci. Technol.*, **41**, 1919-1926.
- Bejarano, L., Mignolet, E., Devaux, A., Espinola, N., Carrasco, E., Larondelle, Y. (2000) Glycoalkaloids in potato tubers: the effect of variety and drought stress on the α -solanine and α -chaconine contents of potatoes. *J. Sci. Food Agr.*, **80**, 2096-2100.
- Bročić, Z., Dolijanović, Ž., Poštić, D., Milošević, D., Savić, J. (2016) Yield, Tuber Quality and Weight Losses During Storage of Ten Potato Cultivars Grown at Three Sites in Serbia. *Potato Res.*, **59**, 21-34.
- Camire, M. E., Kubow, S., Donnelly, D. J. (2009) Potatoes and human health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **49**, 823-840.
- Cantos, E., Tudela, J. A., Gil, M. I., Espín, J. C. (2002) Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. *J. Agric. Food Chem.*, **50**, 3015-3023.
- Eltawil, M. A., Samuel, D. K., Singhal, O. P. (2006) Potato storage technology and store design aspects. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*.
- Erturk, E., Picha, D. H. (2007) Effect of temperature and packaging film on nutritional quality of fresh-cut sweet potatoes. *J. Food Quality*, **30**, 450-465.
- Gunes, G., Lee, C. Y. (1997) Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents. *J. Food Sci.*, **62**, 572-575.
- Heltoft, P., Wold, A. B., Molteberg, E. L. (2016) Effect of ventilation strategy on storage quality indicators of processing potatoes with different maturity levels at harvest. *Postharvest Biol. Tec.*, **117**, 21-29.
- Hou, Z., Feng, Y., Wei, S., Wang, Q. (2014) Effects of Curing Treatment on the Browning of Fresh-cut Potatoes. *Am. J. Potato Res.*, **91**, 655-662.
- Jadhav, S. J., Kadam, S. S. (1998) Potato. U: *Handbook of Vegetable Science and Technology: production, composition, storage and processing* (Salunkhe, D. K., Kadam, S. S., ured.), Marcel Dekker, Inc., New York, str. 11-69.

- Jansky, S. H. (2010) Potato Flavour. U: Handbook of Fruit and Vegetable Flavours (Hui, Y. H., ured.), John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, str. 935-946.
- Jung, J., Zhao, Y. (2016) Antimicrobial Packaging for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables. U: Antimicrobial Food Packaging (Barros-Velázquez, J., ured.), Elsevier Inc., Oxford, str. 243-257.
- Kilic-Akyilmaz, M., Gulsunoglu, Z. (2016) Additives and Preservatives. U: Handbook of Vegetable Preservation and Processing, 2.izd. (Hui, Y.H., Özgül-Evranuz, E., ured.), Taylor & Francis Group, Boca Raton, str. 301-314.
- Kodamatani, H., Saito, K., Niina, N., Yamazaki, S., Tanaka, Y. (2005) Simple and sensitive method for determination of glycoalkaloids in potato tubers by high-performance liquid chromatography with chemiluminescence detection. *J. Chromatogr. A*, **1100**, 26-31.
- Kumar, D., Singh, B. P., Kumar, P. (2004) An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. *Ann. Appl. Biol.*, **145**, 247-256.
- Laurila, E., Kervinen, R., Ahvenainen, R. (1998) The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharvest news and information*, **9**, 53-66.
- 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 Biol. Tec.*, **39**, 254-264.
- Lisińska, G., Leszczyński, W. (1989) *Potato science and technology*. Springer Science & Business Media.
- McConnell, R. Y., Truong, V. D., Walter, W. M., McFeeters, R. F. (2005). Physical, chemical and microbial changes in shredded sweet potatoes. *J. Food Process. Pres.*, **29**, 246-267.
- Nourian, F., Ramaswamy, H. S., Kushalappa, A. C. (2003) Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. *LWT-Food Sci. Technol.*, **36**, 49-65.
- Owolabi, M. S., Olowu, R. A., Lajide, L., Oladimeji, M. O., Padilla-Camberos, E., Flores-Fernández, J. M. (2013) Inhibition of potato tuber sprouting during storage by the controlled release of essential oil using a wick application method. *Ind. Crops Prod.*, **45**, 83-87.

- Queiroz, C., Mendes Lopes, M. L., Fialho, E., Valente-Mesquita, V. L. (2008) Polyphenol oxidase: characteristics and mechanisms of browning control. *Food Rev. Int.*, **24**, 361-375.
- Pareek, S. (2017). Fresh-cut Fruits and Vegetables: Technology, Physiology, and Safety. Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Pedreschi, F., Mariotti, M. S., Cortés, P. (2016) Fried and Dehydrated Potato Products. U: *Advances in Potato Chemistry and Technology*, 2.izd. (Singh, J., Kaur, L., ured.), Elsevier Inc., Oxford, str. 459-475.
- Perdue, R., Marcondes, J. (2009) Vacuum Packaging. U: *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology*, 3.izd. (Yam, K. L., ured.), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken/New York.
- Rocculi, P., Galindo, F. G., Mendoza, F., Wadsö, L., Romani, S., Dalla Rosa, M., Sjöholm, I. (2007) Effects of the application of anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes. *Postharvest Biol. Tec.*, **43**, 151-157.
- 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.
- Sapers, G. M., Hicks, K. B., Miller, R. L. (2005) Antibrowning Agents. U: *Food Additives*, 2. izd., (Branen, A. L., Davidson, P. M., Salminen, S., Thorngate III, J. H., ured.), Marcel Dekker, Inc., New York/Basel, str. 57-59.
- Sasaki-Tamaki, D., Himoto, J. I., Itoh, K. (2003) Effects of low temperature storage on the quality of different processing cultivars of potato tubers. *Food Preserv. Sci.*, **29**, 275-280.
- Şengül, M., Keleş, F., Keleş, M. S. (2004) The effect of storage conditions (temperature, light, time) and variety on the glycoalkaloid content of potato tubers and sprouts. *Food control*, **15**, 281-286.
- Siddiqui, M. W., Chakraborty, I., Ayala-Zavala, J. F., Dhua, R. S. (2011) Advances in minimal processing of fruits and vegetables: a review.
- Silva, E. O., Bastos, M. S. R., Wurlitzer, N. J., Barros, Z. J., Mangan, F. (2012) Minimal Processing Fruits and Vegetables. U: *Advances in Fruit Processing Technologies*, (Rodrigues, S., Fernandes, F. A. N., ured.), Taylor & Francis Group, New York, str. 217-235.

- Sivertsvik, M., Rosnes, J. T., Bergslien, H. (2002) Modified atmosphere packaging. U: Minimal processing technologies in the food industry, (Ohlsson, T., Bengtsson, N., ured.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, str. 61-87.
- Soliva-Fortuny, R. C., Martín-Belloso, O. (2003) New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci. Tech.*, **14**, 341-353.
- Sotelo, A., Serrano, B. (2000) High-performance liquid chromatographic determination of the glycoalkaloids α -solanine and α -chaconine in 12 commercial varieties of Mexican potato. *J. Agr. Food Chem.*, **48**, 2472-2475.
- Toma, R. B., Augustin, J., Orr, P. H., True, R. H., Hogan, J. M., Shaw, R. L. (1978). Changes in the nutrient composition of potatoes during home preparation: I. Proximate composition. *Am. J. Potato Res.*, **55**, 639-645.
- Tsouvaltzis, P., Brecht, J. K. (2017) Inhibition of Enzymatic Browning of Fresh-Cut Potato by Immersion in Citric Acid is Not Solely Due to pH Reduction of the Solution. *J. Food Process Pres.*, **41**.
- Tsouvaltzis, P., Deltsidis, A., Brecht, J. K. (2011) Hot water treatment and pre-processing storage reduce browning development in fresh-cut potato slices. *HortScience*, **46**, 1282-1286.
- Wang, Q., Cao, Y., Zhou, L., Jiang, C. Z., Feng, Y., Wei, S. (2015) Effects of postharvest curing treatment on flesh colour and phenolic metabolism in fresh-cut potato products. *Food Chem.*, **169**, 246-254.
- Watada, A. E., Qi, L. (1999) Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biol. Tec.*, **15**, 201-205.
- Wohleb, C. H., Knowles, N. R., Pavek, M. J. (2014) Plant Growth and Development. U: The Potato: botany, production and uses, (Navarre, R., Pavek, M., ured.), CAB International, Boston, str. 64-83.
- Wustman, R., Struik, P. C. (2007) The canon of potato science: 35. Seed and ware potato storage. *Potato Res.*, **50**, 351-355.
- Yang, Y., Achaerandio, I., Pujolà, M. (2016) Classification of potato cultivars to establish their processing aptitude. *J. Sci. Food Agr.*, **96**, 413-421.