

Odabir i utjecaj aktivnih jestivih filmova na stabilnost minimalno procesiranog krumpira

Marić, Martina

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:468070>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-21**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2019

Martina Marić

1087/PI

**ODABIR I UTJECAJ AKTIVNIH
JESTIVIH FILMOVA NA
STABILNOST MINIMALNO
PROCESIRANOG KRUMPIRA**

Rad je izrađen u Laboratoriju za pakiranje hrane na Zavodu za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom doc.dr.sc. Mije Kurek, Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te uz pomoć doc.dr.sc. Maje Repajić, 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-06-2016-5343) financiranog sredstvima Hrvatske zaklade za znanost.

Zahvaljujem mentorici, doc.dr.sc. Miji Kurek, na predloženoj temi, pomoći, pristupačnosti i savjetima tijekom izvršavanja eksperimentalnog dijela te pisanja ovog diplomskog rada. Zahvaljujem i doc.dr.sc. Maji Repajić na ukazanoj pomoći i susretljivosti. Posebno zahvaljujem svojoj majci koja mi je bila najveća potpora tijekom studiranja.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za pakiranje hrane

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

ODABIR I UTJECAJ AKTIVNIH JESTIVIH FILMOVA NA STABILNOST MINIMALNO PROCESIRANOG KRUMPIRA

Martina Marić, 1087/PI

Sažetak: *Minimalnim procesiranjem krumpira skraćuje se rok trajnosti upakiranog proizvoda. Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj jestivih premaza sa ili bez ekstrakta lista masline na trajnost minimalno procesiranog krumpira te na smanjenje udjela masti tijekom prženja. Uzorci krumpira skladišteni su 7 dana na temperaturi od 10 ± 1 °C, a pratila se promjena boje, pH vrijednost, udio vode, gubitak mase krumpira uronjenog u otopine kitozana, karboksimetil celuloze, pektina i gume arabike te udio masti u prženom krumpiru. Uranjanje narezanog krumpira u jestive filmove rezultira svjetlijom bojom u odnosu na kontrolni uzorak bez premaza. Dodatkom ekstrakta lista masline dolazi do povećanja indeksa bjeline (WI), parametara boje L^* , a^* i ΔE^* , dok pH vrijednost opada. Udio masti kod svih uzoraka prženih krumpira s premazom i s dodatkom antioksidansa se značajno smanjuje u odnosu na prženi krumpir bez premaza, a povećanjem vremena skladištenja razlike su značajnije.*

Ključne riječi: boja, ekstrakt lista masline, jestivi filmovi, minimalno procesirani krumpir, udio vode, udio masti

Rad sadrži: 64 stranica, 15 slika, 12 tablica, 76 literaturna navoda, 1 prilog

Jezik izvornika: Hrvatski

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

Mentor: *doc.dr.sc. Mia Kurek*

Pomoć pri izradi: *doc.dr.sc. Maja Repajić*

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. Prof.dr.sc. *Kata Galić*
2. Doc.dr.sc. *Mia Kurek*
3. Doc.dr.sc. *Maja Repajić*
4. Doc.dr.sc. *Nives Marušić Radovčić* (zamjena)

Datum obrane: 25. rujna 2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Food Engineering
Laboratory for Food Packaging

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Food Technology

SCREENING AND INFLUENCE OF ACTIVE EDIBLE FILMS ON THE STABILITY OF MINIMALLY PROCESSED POTATO

Martina Marić, 1087/PI

Abstract: *Minimally processed potato products have shorter shelf-life. The aim of this study was to investigate the influence of edible films with or without olive leaf extract on the shelf-life of minimally processed potato and on the decrease of fat uptake during deep fat frying. Potato samples were stored during 7 days at $10\pm 1^\circ\text{C}$, and colour changes, pH value, water content, changes in weight of potato samples coated with chitosan, carboxymethyl cellulose, pectin and Arabic gum were determined, as well as fat content in fried potatoes. Coating with edible films resulted in brighter films compared to control sample without coating. The addition of olive leaf extract led to increase of whiteness index (WI), colour parameters L^* , a^* and ΔE^* , while pH value decreased. The fat content in all fried samples with coating and with antioxidants significantly decreased in comparison to fried potato without coating, and it was intensified during storage.*

Keywords: colour, olive leaf extract, edible films, minimally processed potato, water content, fat content

Thesis contains: 64 pages, 15 figures, 12 tables, 76 references, 1 supplements

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. *Mia Kurek*, Assistant professor

Technical support and assistance: PhD. *Maja Repajić*, Assistant professor

Reviewers:

1. PhD. *Kata Galić*, Full professor
2. PhD. *Mia Kurek*, Assistant professor
3. PhD. *Maja Repajić*, Assistant professor
4. PhD. *Nives Marušić Radovčić*, Assistant professor (substitute)

Thesis defended: September 25, 2019

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	
2.1. KRUMPIR	
2.1.1. Uvod.....	3
2.1.2. Kemijski sastav i nutritivna vrijednost krumpira.....	4
2.2. MINIMALNO PROCESIRANO VOĆE I POVRĆE.....	5
2.2.1. Minimalno procesirani krumpir.....	6
2.3. ENZIMATSKO POSMEĐIVANJE.....	6
2.4. METODE OBRADE MINIMALNO PROCESIRANOG VOĆA I POVRĆA.....	7
2.5. PAKIRANJE MINIMALNO PROCESIRANOG VOĆA I POVRĆA.....	8
2.5.1. Pakiranje u modificiranoj atmosferi (MAP).....	8
2.5.2. Vakuumsko pakiranje.....	9
2.5.3. Jestiva ambalaža.....	10
2.6. PRŽENJE KRUMPIRA I NJEGOVA SVOJSTVA.....	12
2.7. NAČINI SMANJENJA UDJELA MASTI U PRŽENOM KRUMPIRU.....	13
2.7.1. Prženi krumpir s jestivim premazom.....	14
2.8. UTJECAJ ANTIOKSIDANASA NA SMANJENJE OKSIDACIJE MASTI TIJEKOM PRŽENJA.....	15
2.8.1. Mogućnost ugradnje antioksidansa u jestive filmove.....	16
2.8.2. Uporaba prirodnih supstanci izoliranih iz lista masline.....	17
2.9. ZELENE METODE EKSTRAKCIJE.....	18
2.9.1. Ultrazvučna ekstrakcija.....	18
3. EKSPERIMENTALNI DIO	
3.1. MATERIJALI.....	20
3.2. METODE RADA	
3.2.1. Priprema otopina jestivih premaza	20
3.2.2. Priprema uzoraka.....	21
3.2.3. Određivanje pH vrijednosti.....	22
3.2.4. Mjerenje boje.....	23
3.2.5. Određivanje udjela vode standardnom metodom sušenja.....	24
3.2.6. Određivanje gubitka mase krumpira tijekom skladištenja.....	24
3.2.7. Priprema ekstrakta lista masline kao aktivnih sastojaka za obogaćivanje filmova.....	25
3.2.8. Liofilizacija.....	26
3.2.9. Spektrometrijsko određivanje ukupnih fenola.....	27
3.2.10. Prženje krumpira.....	28
3.2.11. Određivanje udjela masti metodom po Soxhletu.....	28
3.3. STATISTIČKA ANALIZA PODATAKA.....	29
4. REZULTATI I RASPRAVA	30

4.1.	KARAKTERIZACIJA MINIMALNO PROCESIRANOG KRUMPIRA TRETIRANOG JESTIVIM PREMAZOM TIJEKOM SKLADIŠTENJA.....	31
4.1.1.	Boja krumpira s jestivim premazom.....	31
4.1.2.	pH krumpira s jestivim premazom.....	36
4.1.3.	Udio vode i gubitak mase.....	38
4.2.	KARAKTERIZACIJA MINIMALNO PROCESIRANOG KRUMPIRA TRETIRANOG JESTIVIM PREMAZOM S ANTIOKSIDANSIMA TIJEKOM SKLADIŠTENJA.....	41
4.2.1.	Boja krumpira s aktivnim jestivim premazom.....	41
4.2.2.	pH krumpira s aktivnim jestivim premazom.....	48
4.2.3.	Udio vode i gubitak mase.....	49
4.3.	PRŽENJE KRUMPIRA I NJEGOVA KARAKTERIZACIJA	
4.3.1.	Boja prženog krumpira.....	51
4.3.2.	Udio vode u prženom krumpiru.....	53
4.3.3.	Udio masti u prženom krumpiru.....	54
5.	ZAKLJUČCI	56
6.	LITERATURA	58
7.	PRILOZI	

1. UVOD

Krumpir (*Solanum tuberosum* L.) je nakon pšenice, riže i kukuruza, četvrta najvažnija i najčešća namirnica u svijetu zbog velikog prinosa proizvodnje te visoke nutritivne vrijednosti. Iako su prerađevine krumpira često poznate kao visokokalorični proizvodi (škrob, masti), krumpir je izvor ključnih makronutrijenata, mikronutrijenata te fitokemikalija.

Minimalno procesirano voće i povrće, često zvano *ready-to-eat* ili *ready-to-cook*, odnosi se na minimalno obrađeno i pakirano voće i povrće. Cilj ovih proizvoda je olakšati distribuciju i potrošaču omogućiti direktnu konzumaciju, čime se skraćuje vrijeme pripreme hrane. Glavni izazov i problem u proizvodnji predstavlja relativno brzo propadanje sirovine i pogoršanje kvalitete, zbog čega su u zadnje vrijeme znanstvenici u stalnoj potrazi za prikladnim metodama obrade koje bi takve proizvode održale svježima te kako bi im se produžio rok trajnosti.

Tehnologije obrade (razne kemijske, fizikalne, netermičke metode, uporaba jestivih filmova) najviše su usmjerene na sprječavanje posmeđivanja minimalno procesiranog voća i povrća koje se javlja kao rezultat mehaničkog stresa izazvanog rukovanjem sirovinom nakon berbe, odnosno posredstvom djelovanja enzima polifenoloksidaze. Osim prikladne metode, mora se odabrati i adekvatan način pakiranja. Minimalno procesirano voće i povrće najčešće se pakira u modificiranoj i kontroliranoj atmosferi, u vakuumu te primjenom jestive ambalaže.

U industriji je sve popularnija primjena jestivih filmova, tankih slojeva jestivog materijala koji se nanose na površinu minimalno procesiranog voća i povrća te se mogu direktno konzumirati. Nanošenjem jestivog premaza odgovarajućih svojstava na svježe narezani krumpir, mogu se odgoditi promjene koje uzrokuju neprihvatljivost krumpira za daljnju obradu i uporabu. Najčešće se koriste filmovi od polisaharidnih polimernih materijala, koji osiguravaju izvrsna mehanička i strukturna svojstva, barijeru na plinove i masti, ali hidrofилne su prirode pa se ne mogu smatrati dobrom barijerom za vlagu.

Prženje je jedna od najstarijih metoda pripreme hrane kojom se kao rezultat složenih interakcija između hrane i ulja mijenjaju senzorska i nutritivna svojstva proizvoda. Zbog količine kalorija koju sadrži, pržena hrana izaziva veliku zabrinutost među potrošačima, stoga istraživači pokušavaju razviti nove učinkovite metode smanjenja sadržaja masti u gotovom proizvodu, bez utjecaja na njegova poželjna organoleptička svojstva .

Nanošenjem jestivog filma na površinu krumpira smanjuje se isparavanje vode, što rezultira smanjenim unosom ulja u proizvod. Nadalje, moguće je i smanjiti nastanak

akrilamida tijekom prženja. S ciljem poboljšanja antioksidativnih i antimikrobnih svojstava, kao i zaštite od posmeđivanja, moguća je ugradnja biljnih ekstrakata bogatih polifenolima u jestive premaze. Pojavio se značajan interes za primjenu sirovina koje su nastale kao nusprodukt prehrambene industrije, poput listova masline, koji se smatraju jeftinom sirovinom, a odličnim izvorom visoko vrijednih spojeva.

Bioaktivni spojevi ili njihovi prekursori ekstrahiraju se konvencionalnim metodama ili suvremenim tehnologijama, a najnoviji trendovi usmjereni su na primjenu jeftinih, brzih i ekološki sigurnih postupaka koji su u skladu s načelima zelene kemije. Ekstrakcija potpomognuta ultrazvukom smatra se jednostavnom, učinkovitom i jeftinom alternativom konvencionalnim postupcima kojom se intenzivira izolacija vrijednih spojeva iz biljnih materijala.

Cilj ovog istraživanja bio je odrediti utjecaj aktivnih jestivih premaza s ekstraktom lista masline na trajnost minimalno procesiranog krumpira te na smanjenje udjela masti tijekom prženja. Tijekom 7 dana skladištenja minimalno procesiranog krumpira na temperaturi od $10\pm 1^\circ\text{C}$, pratila se promjena boje, pH vrijednost, udio vode, gubitak mase krumpira uronjenog u otopine jestivih filmova (kitozana, karboksimetil celuloze, pektina i gume arabike) te u konačnici smanjenje udjela masti u prženom krumpiru.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. KRUMPIR

2.1.1. Uvod

Krumpir (*Solanum tuberosum* L.) (Slika 1) je višegodišnja zeljasta biljka koja pripada porodici pomoćnica *Solanaceae*, a podrijetlo vuče iz Južne Amerike i to većinom iz planinskih predjela Anda, iz Perua i Bolivije, te Čilea (Zaheer i Akhtar, 2014). Na tim se područjima krumpir koristi kao hrana već 10 000 godina (Camire i sur., 2009). Postoje dvije glavne podvrste krumpira: *andigena* ili andski i *tuberosum* ili čileanski krumpir. Ukupna svjetska proizvodnja krumpira premašuje 300 milijuna tona. Nakon pšenice, riže i kukuruza, četvrta je najvažnija i najčešća namirnica u svijetu, a razlog tome je veliki prinos proizvodnje te visoka nutritivna vrijednost (Zaheer i Akhtar, 2014). Najveći svjetski proizvođač je Kina, a slijede je Indija, SAD, Rusija i Ukrajina (Zaheer i Akhtar, 2014).



Slika 1. Krumpir (Anonymous 1, 2019)

Podjela sorti krumpira vrši se najčešće prema dospijeću, broju dana od sadnje do fiziološke zrelosti, na: vrlo rane (65 do 70 dana), rane (70 do 90 dana), srednje (90 do 100 dana), kasne (110 do 130 dana) i vrlo kasne (više od 130 dana). Česta je i podjela na temelju svojstava prikladnih za specifične tehnološke operacije (pečenje, prženje, dehidratiranje, smržavanje) te podjela na temelju prikladnosti za skladištenje (sorte za konzumaciju ubrzo nakon berbe, sorte koje zadržavaju poželjna svojstva tijekom skladištenja) (Camire i sur., 2009).

Biljka krumpira (Slika 2) sastoji se od stabljike sa složenim neparno perastim listovima, cvjetova i plodova sa sjemenkama, stolona (podzemna stabljika), gomolja i korijena (Pospišil, 2010). Za ljudsku prehranu koristi se gomolj, a može se konzumirati svjež ili skladištiti do prerade i pripreme (Camire i sur., 2009; Pospišil, 2010). Za industrijsku preradu poželjni su

zdravi gomolji, bez pukotina i crnih ili smeđih mrlja, glatke kore, izduženog i ovalnog oblika. Kao stočna hrana ponekad se mogu iskoristiti i drugi dijelovi biljke. Plod krumpira je zelena višesjemena bobica koja ima visok sadržaj solanina pa je nepogodna za prehranu (Pospišil, 2010).



Slika 2. Biljka krumpira (Anonymous 2, 2015)

2.1.2. Kemijski sastav i nutritivna vrijednost krumpira

Kemijski sastav krumpira uvelike ovisi o sorti, ali može varirati i unutar iste vrste te čak postoji mogućnost i da gomolji unutar jedne biljke sadrže različite količine pojedinih komponenti. Na kemijski sastav utječu brojni čimbenici kao što su starost, odnosno zrelost gomolja, klimatski uvjeti i uvjeti tla, uvjeti rasta, upotreba pesticida te eventualna bolest. Skladištenjem gomolja se također mijenja njihov kemijski sastav (Lisińska i Leszczyński, 1989).

Prerađevine krumpira često su poznate kao visokokalorični proizvodi (škrob, masti), dok je manje poznata činjenica da krumpir sam po sebi ima visoku nutritivnu vrijednost. Naime, izvor je ključnih makronutrijenata, mikronutrijenata te fitokemikalija koje imaju potencijalno pozitivan utjecaj na zdravlje (Furrer i sur., 2016). Gomolj krumpira sadrži 18 – 26 % suhe tvari, od čega 65 – 75 % čini škrob. Stoga je sastav gomolja slijedeći: 14 – 22 % škroba, 1,7 – 2,1 % proteina, 2,3 % sirovih vlakana, 0,2 – 0,3 % masti te 1,1 % mineralnih tvari, a ostatak čini voda (Storey, 2007). Od minerala najviše ima kalija, a sadrži još i fosfor, željezo, cink, magnezij, kalcij i jod. Selen je prisutan u vrlo maloj količini, ali doprinosi antioksidacijskom potencijalu krumpira (Storey, 2007). Iz skupine vitamina najzastupljeniji je vitamin C (10 – 25 g u 100 g), a slijede vitamin B₂ i neki drugi. Krumpir je dobar izvor energije (390 kJ u 100 g očišćenog pečenog krumpira) koja potječe najvećim dijelom od ugljikohidrata i to škroba (Zaheer i Akhtar, 2014). Ukoliko se tijekom skladištenja škrob

razgradi i povećá udio jednostavnih šećera, govorimo o pojavi zaslađivanja krumpira (Storey, 2007).

Krumpir je namirnica koja sadrži antioksidanse koji imaju pozitivan učinak na zdravlje (protuupalna, antialergijska i antikancerogena djelovanja). Najbrojniji antioksidansi s pozitivnim učinkom na zdravlje su fenolni spojevi, karotenoidi, tokoferoli i, već spomenuti, vitamin C (Storey, 2007). Polifenoli i fenolne kiseline pokazuju protuupalna, antialergijska i antikancerogena djelovanja. Dominantna je klorogenska kiselina, a slijede je katehin, kofeinska, ferulinska, galna kiselina i malvidin (Camire i sur., 2009). Karotenoidi su pigmenti koji krumpiru daju lagano žučkasto obojenje, a najzastupljeniji je lutein (0,6 mg na 100 g kuhanog krumpira) (Buturac, 2008) te zeaksantin, violaksantin, neoksantin, dok je karoten prisutan tek u tragovima (Jaren i sur., 2009). Kod obojenih sorti krumpira, u kori ili mesu mogu biti prisutni i pigmenti antocijani, nositelji plavih, ljubičastih i crvenih tonova (Buturac, 2008).

2.2. Minimalno procesirano voće i povrće

Minimalno procesirano voće i povrće odnosi se na bilo koju vrstu voća i povrća koje je fizički promijenjeno u odnosu na prvobitno stanje (oguljeno, oljušteno, oprano, rezano), a koje pritom ostaje u svježem "neobrađenom" stanju (Olivas i Barbosa-Cánovas, 2005). Takvi proizvodi često se nazivaju *ready-to-eat* ili *ready-to-cook* (Abdul Khalil i sur., 2017), upravo iz razloga što je voće i povrće minimalno obrađeno i pakirano na način da se potrošaču olakša distribucija i omogući direktna konzumacija, bez prethodnih radnji, čime se skraćuje vrijeme pripreme te zadržava svježina u duljim vremenskim razdobljima. Asortiman proizvoda uključuje voćne salate u čašicama, razne povrtné salate u vrećicama, prethodno izrezano povrće namijenjeno uporabi u restoranima, prodaji u supermarketima, zračnim lukama i sl. (Ansah i sur., 2018).

Konzumacija i prodaja minimalno procesiranog voća i povrća u posljednjem je desetljeću u konstantnom porastu, ponajprije zbog promjene životnog stila potrošača i porasta svijesti o zdravoj prehrani i benefitima koje ona donosi (prevencija raznih bolesti, usporavanje procesa starenja) (Hussein i sur., 2015). Na kvalitetu sirovina, a u konačnici i proizvoda, mogu utjecati različiti čimbenici poput faze zrelosti, načina berbe, rukovanja, transporta, skladištenja i dr. (Ansah i sur., 2018). Glavni izazov i problem u proizvodnji predstavlja brzo pogoršanje kvalitete (mekšanje tkiva, enzimatsko posmeđivanje, opadanje nutritivne

vrijednosti, aktivnost mikroorganizama, gubitak vode, stvaranje nepoželjnih okusa i mirisa) i smanjeni rok trajanja, kao posljedica metaboličkih procesa disanja i zrenja koji se u voću i povrću nastavljaju i nakon berbe te prisutnost mehaničkih ozljeda nastalih guljenjem, rezanjem, ljuštenjem i ostalim pripremnim radnjama (Hussein i sur., 2015).

Kako bi se smanjio gubitak kvalitete, nutritivne vrijednosti te predužio rok trajanja ovakvih proizvoda, nakon berbe i "minimalne" prerade voća i povrća, neophodno je preventivno djelovanje prikladnim tehnologijama obrade (Hussein i sur., 2015).

2.2.1. Minimalno procesirani krumpir

Sirovi oguljeni i narezani krumpir osnovni je minimalno procesirani proizvod od krumpira (Slika 3). Na tržištu je dostupan u mnogo oblika, uključujući kockice, ploškice ili prutiće. Sirovi krumpir sadrži visok udio rezistentnog škroba koji sadrži kombinaciju škroba i produkata degradacije škroba koji se ne apsorbiraju u tankom crijevu. Takva struktura onemogućuje razgradnju u probavnom traktu pa je krumpir potrebno toplinski obraditi prije konzumacije. Na taj način škrob postaje želatinozan, gubi kristalnu strukturu te postaje probavljiv (Camire i sur., 2009).



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

2.3. ENZIMATSKO POSMEĐIVANJE

Posmeđivanje minimalno procesiranog voća i povrća javlja se kao rezultat mehaničkog stresa izazvanog rukovanjem sirovinom nakon berbe (četkanje, rezanje, sjeckanje) (Olivas i Barbosa-Cánovas, 2005). Budući da je boja parametar koji znatno utječe na izbor hrane, ta pojava predstavlja velik izazov za proizvođače (Lante i sur., 2016).

Reakcije posmeđivanja odvijaju se u prisutnosti kisika kada su polifenolni spojevi koji su prirodno prisutni u biljnim tkivima, izloženi djelovanju enzima polifenoloksidaze, oksidoreduktaze koja sadrži bakar. Produkti reakcije su kinoni koji daljnjim reakcijama dovode do nakupljanja melanina i razvoja smeđih i crno obojenih spojeva (Lante i sur., 2016). Kod krumpira, polifenoloksidaza reagira sa supstratom (tirozin, klorogenska kiselina) i narušava boju narezanih komada. Enzimsko posmeđivanje može dovesti do znatnog gubitka aminokiselina što se može smanjiti kuhanjem u vodi i uranjanjem u vodu (Camire i sur., 2009).

Većina metoda koje se primjenjuju kako bi se spriječilo posmeđivanje temelji se na kemijskim i fizikalnim metodama za inhibiciju djelovanja polifenoloksidaze eliminiranjem kisika, iona bakra, enzima ili samog supstrata (Lante i sur., 2016).

2.4. METODE OBRADJE MINIMALNO PROCESIRANOG VOĆA I POVRĆA

Glavni problemi koji ograničavaju rok trajanja minimalno procesiranog voća i povrća su disanje, koje se nastavlja i nakon berbe, zakiseljavanje, posmeđivanje, gubitak čvrstoće, proizvodnja etilena te kvarenje uzrokovano aktivnošću mikroorganizama (Pasha i sur., 2014). Produljeni rok trajnosti kao i sprječavanje posmeđivanja svježih rezanih proizvoda postiže se raznim kemijskim i fizikalnim metodama, uporabom jestivih filmova ili kombinacijom nekoliko tehnika koje se temelje većinom na inaktivaciji enzima polifenoloksidaze (Lante i sur., 2016; Ma i sur., 2017).

Kemijske metode baziraju se na sprječavanju oksidacije u voću i povrću primjenom organskih kiselina (askorbinska, limunska, mliječna), antioksidativnih sredstava, tretmanom ozonom, dodatkom kalcijeva laktata, kalcijeva klorida, sintetskih aditiva, kelatizirajućih agensa, primjenom nanotehnologije i dr. (Rico i sur., 2007; Ma i sur., 2017; Hussein i sur., 2018). Iako se tradicionalno najviše koristi metoda uranjanja voća i povrća u limunsku ili askorbinsku kiselinu koje vrlo učinkovito inhibiraju djelovanje polifenoloksidaze, tretman ozonom prihvaćen je kao vrlo zanimljiv jer ne ostavlja tragove nakon tretmana, a produžuje vijek trajanja. Međutim, prilikom dužeg izlaganja koncentraciji iznad 4 ppm, može biti štetan za zdravlje ljudi pa je njegovo korištenje još u razmatranju (Ansah, 2018).

Fizikalnim metodama se posmeđivanje i gubitak na kvaliteti nastoji spriječiti promjenom temperature, vlažnosti, tlaka zraka ili sastava plinova (Ma i sur., 2017). U industriji se primjenjuju različite metode hlađenja (hlađenje vodom, vakuum hlađenje,

prisilno hlađenje zrakom i sl.), ali kao najučinkovitija metoda ističe se hlađenje tj. skladištenje u hladnjačama. Glavni problem do kojeg može doći je oštećenje uzrokovano niskim temperaturama jer se u takvim prostorijama često čuva različito voće i povrće kojima je različita i optimalna temperatura skladištenja (Ma i sur., 2017; Ansah i sur., 2018). Termička obrada uključuje blanširanje, ispiranje vrućom vodom, vruće četkanje, uranjanje u toplu vodu i dr. Ti tretmani dovode do nepoželjnih promjena kao što su gubitak vitamina i minerala, gubitak svježeg izgleda, okusa i teksture. Kako bi se prevladale ili barem minimizirale nepoželjne promjene kvalitete pri termičkoj obradi, proizvod se izlaže visokoj temperaturi kratko vrijeme (HTST). Visoka temperatura uzrokuje brzu inaktivaciju mikroorganizama i enzima (pasterizacija ili sterilizacija), a kratko vrijeme će dati manje neželjenih promjena kvalitete. Uspješnom se pokazala i metoda blanširanja koja se u novije vrijeme provodi u kombinaciji s mikrovalovima, radiofrekvencijom i infracrvenim zračenjem (Rico i sur., 2007).

Sve učestalije je i korištenje alternativnih tj. netermičkih metoda poput pulsirajućeg električnog polja, UV zračenja, hladne plazme, visokog hidrostatskog tlaka, ohmskog zagrijavanja i dr.

Jestivi premazi nude brojne mogućnosti produženja trajnosti svježeg ili minimalno prerađenog voća i povrća. Generalno, oni osiguravaju polupropusnu barijeru plinovima i vodenoj pari te mogu smanjiti gubitak vode i usporiti disanje. Također su interesantni kao nositelji prirodnih konzervansa i antioksidansa. Jestivi premazi su detaljnije objašnjeni u poglavlju 2.5.3. Važno je spomenuti da je osim navedenih metoda, moguća i uporaba biokonzervansa poput bakteriofaga, bakteriocina i bioprotektivnih mikroorganizama (Ma i sur., 2017).

2.5. PAKIRANJE MINIMALNO PROCESIRANOG VOĆA I POVRĆA

Pakiranje je najznačajniji postupak za održavanje kvalitete namirnice tijekom transporta, skladištenja pa sve do krajnje uporabe. Osnovna funkcija je očuvanje kvalitete i sigurnosti namirnice do trenutka konzumacije. Minimalno procesirano voće i povrće najčešće se pakira u modificiranoj i kontroliranoj atmosferi, u vakuumu te primjenom jestive ambalaže.

2.5.1. Pakiranje u modificiranoj atmosferi (MAP)

Pakiranje u modificiranoj atmosferi (MAP) koristi se već gotovo 90 godina i jedna je od najefikasnijih tehnika kojom se povećava kvaliteta i sigurnost minimalno procesiranog voća i

povrća na što prirodniji način. Odnosi se na modifikaciju sastava plina ili zamjenu neaktivnim plinom prije zatvaranja u pakiranje. Proizvod se pakira se u takav ambalažni materijal koji će omogućiti da proizvod aktivno diše (izmjena O₂ i CO₂ u pakiranju) (Ma i sur., 2017). Pri tome se stvara atmosfera sa smanjenom koncentracijom O₂, a povećanom koncentracijom CO₂. Prisustvo MAP plinova ometa mehanizme kvarenja, usporava procese disanja, smanjuje proizvodnju etilena, usporava dozrijevanje (starenje), omekšavanje teksture, smanjuje razgradnju klorofila i ublažava fiziološke poremećaje, što u konačnici rezultira povećanom trajnošću takvog proizvoda (Pasha i sur., 2014).

2.5.2. Vakuumsko pakiranje

Budući da se pakiranje u vakuumu koristi za proizvode kod kojih kisik može izazvati kemijske ili biokemijske promjene, pokazalo se posebno prikladno za minimalno procesirano voće i povrće kod kojeg je kisik jedan od supstrata u reakciji posmeđivanja (Denoya i sur., 2014). Vakuumsko pakiranje je postupak kojim se zrak izvlači iz ambalaže prije zatvaranja, ali bez uvođenja drugih plinova, kao što je slučaj kod MAP-a (Muhamedbegović i sur., 2015). Za ovakav tip pakiranja potrebne su posebne vakuumske vrećice, nepropusne za kisik, kojima se sprječavaju oksidativne reakcije i inhibira se rast anaerobnih organizama, što produljuje rok trajanja i održava kvalitetu proizvoda (Rocha i sur., 2003). Za vakuumsko pakiranje koriste se uglavnom laminati dobrih barijernih svojstava kao što su regenerirana celuloza/PE, PS/PE, PA/HDPE te PVDC (Muhamedbegović i sur., 2015).

Rocha i sur. (2003) su istraživali utjecaj vakuuskog pakiranja na fizikalne karakteristike minimalno procesiranog krumpira sorte "Desirée" tijekom skladištenja. Pritom su došli do zaključka da pakiranje u vakuumu nije dovelo do značajnih promjena te se pokazalo kao učinkovit način pakiranja produžujući rok trajanja za tjedan dana u uvjetima hladnog skladištenja. Gubitak mase „Desirée“ krumpira je nakon tjedana dana skladištenja iznosio svega 3 %, odnosno gubitak vode nije bio značajan jer u pakiranju nije bilo zraka koji bi apsorbirao vlagu iz krumpira. Čvrstoća krumpira tijekom skladištenja se nije promijenila, što se može povezati sa sposobnošću materijala da spriječi gubitak vlage i time održi cjelovitost unutarnjeg tkiva. Zadržavanje čvrstoće je i pokazatelj odsutnosti mikrobiološkog kvarenja. Odsutnost kisika u vakuuskom pakiranju inhibira rast i razvoj aerobnih mikroorganizama, no može pogodovati razvoju anaerobnih patogena, poput *Clostridium botulinum* (Rocha i sur., 2003).

2.5.3. Jestiva ambalaža

Jestivi filmovi definiraju se kao tanki slojevi jestivih polimernih materijala koji se nanose na površinu hrane kao dodatak ili kao zaštita, a potrošač ih može konzumirati direktno s hranom kao cjeloviti prehrambeni proizvod (Saha i sur., 2014). Nanose se izravno na površinu hrane potapanjem, prskanjem i premazivanjem četkama, nakon čega se uzorci moraju prosušiti (Otoni i sur., 2017). Mogu se koristiti kao zasebna pakiranja ili kao funkcionalni premaz. U industriji minimalno procesiranog voća i povrća česta je primjena jestivih premaza kao strategije za smanjenje štetnih učinaka koje minimalna obrada uzrokuje na biljnom tkivu s ciljem poboljšanja kakvoće i produžetka roka trajanja (Galgano i sur., 2015). Nanošenjem jestivog premaza odgovarajućih svojstava na svježe narezani krumpir, mogu se odgoditi promjene koje uzrokuju neprihvatljivost krumpira za daljnju obradu i uporabu. Princip ove metode temelji se na kreiranju modificirane atmosfere oko površine krumpira, razmjenom plinova kroz vanjski sloj. Polisaharidni premazi mogu reducirati količinu O_2 i povećati razinu CO_2 u atmosferi premazanog proizvoda, čime se smanjuje disanje i posljedično produljuje rok trajanja (Spanou i Giannouli, 2013). Visoka koncentracija CO_2 u voćnim tkivima također odlaže zrenje smanjivanjem sinteze etilena, hormona neophodnog za sazrijevanje (Galgano i sur., 2015). Uz to, važne prednosti su i smanjenje gubitka vlage i arome, odgađanje promjene boje te poboljšanje općeg izgleda (Tamer i Copur, 2010). Mora se ipak paziti da razina O_2 ne bude preniska da ne bi došlo do stvaranja anaerobnih uvjeta pogodnih za proizvodnju etanola i razvoja neugodnih mirisa (Otoni i sur., 2017). Što se tiče prženja u dubokoj masti, najvažnija funkcija jestivih filmova je otpornost na apsorpciju ulja i migraciju vode na i iz pržene hrane (Kurek i sur., 2017).

Funkcionalne komponente u premazu doprinose dodanoj nutritivnoj vrijednosti proizvoda i služe za zaštitu difuzije vlage i masti u prženoj hrani. U tvorbi filma važni su i plastifikatori jer poboljšavaju fleksibilnost i rukovanje, održavanje integriteta i smanjenje broja pora i pukotina u polimeru koji se može formirati tijekom procesa premazivanja i prženja (Kurek i sur., 2017).

Jestivi filmovi klasificiraju se najčešće prema molekularnoj strukturi tvari koje stvaraju umreženi matriks na polisaharide, proteine, gume, lipide i kompozite. Od polisaharida najčešći su kitozan, škrob, derivati celuloze, alginati, karagenan i pektin, proteini uključuju kolagen, želatinu, proteine sirutke, kazein, sojine proteine i neke druge, gume kao guma arabika, guar guma i ksantan, dok lipidi uključuju voskove, acilglicerole i masne kiseline.

Kompoziti sadrže hidrokolooidne komponente i lipide, kao i neke dodatke poput plastifikatora, emulzifikatora, adheziva i dr. (Gennadios i Sumner, 1999; Galgano i sur., 2015).

Polisaharidi su uz proteine najčešće istraživani biopolimeri u ovom području. Topivi su u vodi ili kiselom mediju. Neki od njih kao pektin, u reakciji s multivalentnim kationima (Ca^{2+} iz CaCl_2), postaju netopljivi u vodi i osiguravaju izvrsna mehanička strukturalna svojstva, barijeru na zrak i difuziju masnoće (Kurek i sur., 2017). Međutim, hidrofilne su prirode pa se ne mogu smatrati dobrim preprekama za vlagu (Pasha i sur., 2014). Svi sastojci moraju zadovoljavati GRAS (eng. *Generally Recognised As Safe*) status i imati dobra mehanička i adhezivna svojstva, uglavnom bez boje, mirisa i okusa, moraju biti ugodni za konzumaciju, mikrobiološki stabilni te relativno ekonomični (Olivas i Barbosa-Cánovas, 2005).

Kitozan (CH) je polimer koji se dobiva deacetilacijom kitina izoliranog iz ljuštura rakova i školjkaša u prisutstvu lužine. Sastoji se od β -(1-4)-2-acetamido-D-glukoze i β -(1-4)-2-amino-D-glukoze (Arvanitoyannis i sur., 1998). Prisutnost aaminskih skupina (u deacetiliranom obliku) u kitozanu omogućuje topljivost u kiselom mediju (6,2–6,5) (Pillai i sur., 2009). Zbog dobrih filmogenih svojstava i poželjnih mehaničkih karakteristika, izvrsna je komponenta jestivih filmova koji mogu naći svoju primjenu u širokoj paleti prehrambenih proizvoda.

Karboksimetilceluloza (CMC) jedan je od najvažnijih etera celuloze. Polimer je topljiv u vodi, a sastoji se od linearnih β - (1→4) vezanih glikana. Amfifilnog je karaktera zbog puno hidrofilnih karboksilnih skupina. CMC je biokompatibilan, biorazgradljiv, hidrofilan i ima dobra filmogena svojstva. Često se koristi u komercijalne svrhe. CMC i njegovi derivati odlikuju se izvrsnim termogelirajućim svojstvima. Nanešen u tankom jednoličnom sloju, gel koji nastaje zagrijavanjem iznad 60 °C se otapa kada uzorak dostigne temperaturu okoline jer je termogelacija reverzibilni proces. Zbog navedenog se primjenjuje za formiranje uljne barijere (Spanou i Giannouli, 2013).

Pektin (PEC) je polimer koji se sastoji od D-galakturonske kiseline. Većinom se dobiva iz kore citrusnog voća, jer se ona sastoji od oko 30 % pektina. U prisutstvu kalcijevih kationa (Ca^{2+}) lako formira filmogene strukture. Stoga se mehanizam formiranja pektinskih premaza temelji na reakciji između pektina i kalcija te značajno razlikuje od termogelirajućeg mehanizma opisanog kod derivata CMC (Hua i sur., 2015). Literaturni podaci ukazuju na različitost rezultata redukcije sadržaja masti i promjene senzorskih svojstva kada su pektinski premazi nanešeni na pržene krumpire. Objašnjenje leži u različitim izvorima sirovine što se reflektira kao promjenjiva fizikalno kemijska svojstva polimera (Hua i sur., 2015).

Guma arabika (GA) je prirodni polisaharid koji se dobiva iz eksudata stabala *Acacia senegal* i *Acacia seya*. Ovu gumu karakteriziraju jedinstvena svojstva visoke topljivosti, komercijalne dostupnosti, najmanje viskoznosti među gumama, dobrog stvaranja filma, emulzifikacije, netoksičnost i biokompatibilnost (Paladugu i Gunasekaran, 2017; Mousa, 2018). Osim toga literaturni podaci kazuju da bi GA mogla imati antioksidativna svojstva zbog prisutnosti aminokiselina u osnovnom polimernom lancu. Bouziz i sur. (2016) su pokazali da su premazi od gume arabike na čips rezultirali boljom teksturom, okusom i izgledom u odnosu na kontrolni čips bez premaza.

2.6. PRŽENJE KRUMPIRA I NJEGOVA SVOJSTVA

Prženje je jedna od najstarijih metoda pripreme hrane koju karakterizira, prije svega, jednostavnost i brzina. To je složen proces istovremenog prijenosa topline i mase između medija za zagrijavanje (ulja za prženje) i proizvoda. Kao rezultat složenih interakcija između hrane i ulja mijenjaju se senzorska i nutritivna svojstva proizvoda (Oke i sur., 2017). Što se tiče prženih proizvoda od krumpira, najpopularniji su pomfrit i čips (Kita, 2014).

Promjene u prženom krumpiru i ulju ovise o svojstvima sirovine, vrsti ulja, omjeru površine hrane i volumena ulja, brzini ugradnje zraka u ulje, temperaturi, procesu zagrijavanja, duljini uranjanja i materijalu od kojeg je izrađen spremnik za prženje. Kako bi se mogla postići optimizacija procesa, izuzetno je važno razumjeti procese koji se odvijaju tijekom prženja. Produženo izlaganje ulja visokim temperaturama i zraku može generirati visoko oksidirane, potencijalno toksične proizvode, potaknuti hidrolizu, polimerizaciju, nastanak akrilamida i sl. (Miranda i Aguilera, 2007). Akrilamid i njegov metabolit glicilamid su genotoksični i kancerogeni spojevi. Njegovo formiranje je barem djelomično posljedica Maillardovih reakcija između slobodnih asparagina i reducirajućih šećera (Al-Asmar i sur., 2018).

Tijekom prženja odvijaju se mnoge fizikalno-kemijske promjene poput želatinizacije škroba, bubrenja škrobnih granula, denaturacije proteina, posmeđivanja uzrokovanog Maillardovim reakcijama, formiranja kore koja se razvija kao rezultat isušivanja površine prženog proizvoda, stvaranja okusnih komponenti koje karakteriziraju prženu hranu, skupljanja i bubrenja (Oke i sur., 2017). Među senzorskim svojstvima prženih proizvoda od krumpira, najvažnijom se smatra njihova karakteristična hrskava tekstura. Na teksturu utječu

promjene u samom tkivu kao i parametri tehnološkog procesa prženja, vrsta i kvaliteta masti za prženje (Kita, 2014).

Pržena hrana, zbog količine kalorija koju sadrži, izaziva veliku zabrinutost među potrošačima, osobito u posljednjih nekoliko desetljeća kada je trend konzumiranja zdravije hrane sve više u porastu (Oke i sur., 2017). Prosječni sadržaj ulja u čipsu je 34,6 g u 100 g jestivih porcija, a za pomfrit 14,8 g u 100 g jestivih porcija (Miranda i Aguilera, 2007). Apsorpcija masti tijekom prženja kompleksan je proces na koji utječe niz čimbenika poput vremena i temperature prženja, početni sadržaj vlage proizvoda, kvaliteta ulja, oblik proizvoda, površinska napetost, obrade nakon pečenja i površina hrane. Nadalje, neka istraživanja pokazuju da se ulje ne apsorbira tijekom procesa prženja, već nakon prženja, u procesu hlađenja (Oke i sur., 2017). Osim toga, neki lipidi nisu bili prisutni u hrani prije prženja (Kurek i sur, 2017).

Upijanje masti važan je parametar kakvoće pržene hrane i trenutno glavni problem za industriju prerade krumpira. Zasićene masti i *trans* masti u prženoj hrani su ključni razlog visoke učestalosti kardiovaskularnih bolesti (visoki kolesterol i srčane bolesti) i velikog rizika za određene vrste raka i pretilost (Hu i sur., 2017). Iz tog razloga istraživači pokušavaju razviti nove učinkovite metode smanjenja sadržaja masti u gotovom proizvodu, bez mijenjanja njihovih preostalih poželjnih svojstava (Kita, 2014).

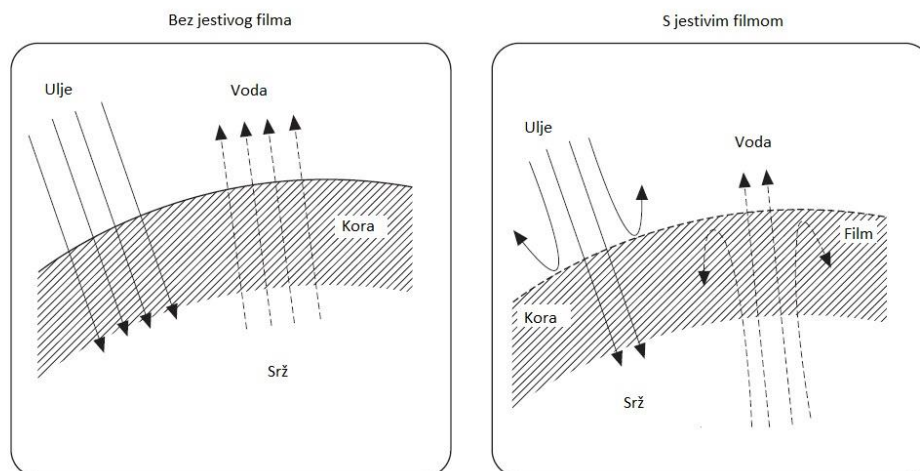
2.7. NAČINI SMANJENJA UDJELA MASTI U PRŽENOM KRUMPIRU

Literaturni podaci navode da se apsorpcija masti može reducirati optimizacijom uvjeta prženja, uporabom jestivih filmova i procesom predušenja krumpira. Predsušenje može reducirati početnu količinu vode u krumpiru te samim time reducirati i unos ulja. Međutim, predušenje krumpira može dovesti do velike potrošnje energije i visokih troškova zbog moguće pojave deformacija i kemijskih promjena u tretiranoj sirovini (Jia i sur., 2017). Pored navedenih metoda, uspješnim su se pokazali i tretmani poput namakanja krumpira u otopinu NaCl-a (3, 5 i 7 %) ili u mješavinu NaCl-a (5 %), vode (75 %) i saharoze (20 %), blanširanje i dehidratacija zraka prije prženja (Arslan i sur., 2018). Nadalje, optimiranjem uvjeta prženja, praćenjem temperature i vremena prženja te kontrolom viskoznosti i razgradnje ulja za prženje, također se može utjecati na apsorpciju masti (Oke i sur., 2017). Kao noviju, inovativnu metodu spominjemo primjenu jestivih premaza.

2.7.1. Prženi krumpir s jestivim premazom

Većina komercijalnih biopolimernih filmova za koje se tvrdi da reduciraju unos ulja su polisaharidni filmovi (Ajo, 2017; Ananey-Obiri, 2018).

Budući da površinska svojstva hrane utječu na apsorpciju ulja tijekom prženja, premazi čine površinu jačom, kompaktnijom i manje poroznom. Površinska modifikacija nanošenjem jestivog filma smanjuje isparavanje vode, što rezultira smanjenim unosom ulja u krumpir (Jia i sur., 2017). Ovo je posljedica termičkog geliranja i umrežavanja polimernih lanaca kojima se popunjavaju takozvani prazni prostori na površini. Jestivi premaz na površini proizvoda stvara zaštitni film kao prepreku kretanju vode i masti tijekom prženja (Slika 4). Kako prženje napreduje, gubitak vode je neizbježan, ali nastali film smanjuje veličinu i broj pora, čime se smanjuje gubitak vode s površine, a time i prodiranje masti u hranu (Ananey-Obiri, 2018). Abdul Khalil i sur. (2017) u svom su istraživanju došli do zaključka da oblaganjem krumpira natrijevim alginatom ili kombinacijom pektina i CaCl_2 može nastati umrežena struktura koja pomaže učvršćivanju stanica te zatvara vanjske površine tkiva i time sprječava ulazak ulja u krumpir.



Slika 4. Učinak jestivog filma na transport ulja i vode prilikom prženja u dubokom ulju (Mallikarjunan i sur., 1997)

Osim nutritivnih i senzorskih prednosti jestivih filmova koji se primjenjuju na prženu hranu, bitnu ulogu mogu imati i u sprečavanju nastanka akrilamida tijekom prženja. Autori navode da je moguće da hidrokoloidni omotač ometa molekularne interakcije koje nastaju tijekom stvaranja akrilamida, dok toplinska obrada daje kinetičku energiju za stvaranje glukoze i asparagina, kao i njihovih produkata razgradnje (Kurek i sur., 2017). Al-Asmar i sur. (2018) navode primjer redukcije nastanka akrilamida uporabom kitozana kao jestivog

filma. Amino grupe kitozana se natječu sa slobodnim amino grupama asparagina za vezanje na reducirajuće šećere, što predstavlja prvi korak u reakciji sinteze akrilamida.

Ukratko, pregled literature upućuje na to da je upotreba jestivih premaza u tretmanima prije prženja obećavajući proces za smanjenje unosa masti i dodatno za smanjenje sadržaja akrilamida u proizvodima prženim u dubokim mastima (Kurek i sur., 2017).

2.8. UTJECAJ ANTIOKSIDANSA NA SMANJENJE OKSIDACIJE MASTI TIJEKOM PRŽENJA

Oksidacija biljnog ulja velik je izazov u prehrambenoj industriji jer rezultira velikim ekonomskim gubicima i opadanjem prehrambene vrijednosti hrane koja sadrži lipide. Otpornost jestivog ulja i masti prisutne u hrani oksidativnim procesima, uvjetovana je kvalitetom ulja i primijenjenim uvjetima prženja. Općenito, nezasićena ulja lakše oksidiraju nego manje nezasićena pa se modifikacijom sastava masnih kiselina može dobiti ulje sa smanjenim sadržajem polinezasićenih masnih kiselina. Nadalje, obogaćivanje ulja antioksidansima može također poboljšati prehrambenu i funkcionalnu kvalitetu ulja (Patel i sur., 2014). Ipak, važno je napomenuti da, s obzirom na složenost procesa prženja, antioksidativni učinak ovisi o stupnju zasićenosti ulja te općenito o kemijskom sastavu ulja i o sastavu hrane koja se prži (Peri i Saguy, 2015).

Antioksidansi su kemijski spojevi koji poboljšavaju oksidacijsku stabilnost masti i ulja prekidanjem mehanizma autoksidacije slobodnih radikala (Aydeniz i Yilmaz, 2016). Primjeri sintetskih antioksidansa su butilirani hidroksitoluen (BHT) i butilirani hidroksianisol (BHA), koji se lako razgrađuju pa na višim temperaturama mogu izgubiti antioksidacijsku aktivnost i ne pružaju dovoljnu zaštitu. Njihovo viđenje od strane potrošača je negativno zbog uočenog štetnog učinka na ljudsko zdravlje (Patel i sur., 2014). Stoga su, temeljeni na znanstvenim istraživanjima, posljednjih godina biljni ekstrakti bogati fenolima dobiveni od jestivih biljaka i začina, stekli popularnost kao prirodni antioksidativni dodaci (Aydeniz i Yilmaz, 2016; Maskan i Horuz, 2017). Rezultati istraživanja koje su proveli Aydeniz i Yilmaz (2016), pokazali su da ulja za prženje u koje se dodaju ekstrakti imaju viši ukupni sadržaj fenola, višu antioksidacijsku aktivnost te niže razine *trans* masnih kiselina od onih ulja koja ih ne sadrže.

Antioksidansi su također istraživani zbog učinkovite inhibicije stvaranja akrilamida. Iako sam mehanizam djelovanja antioksidansa na akrilamid nije u potpunosti razjašnjen, pretpostavlja se da reagiraju s prekursorima akrilamida, s međuproduktima Maillardove

reakcije ili sa samim akrilamidom, što dovodi do smanjenja učinka akrilamida (Jin i sur., 2013). Stupanj redukcije nastajanja akrilamida može se pripisati sinergističkim učincima različitih komponenti prisutnih u ekstraktima, ali jedna ili nekoliko komponenti mogu igrati dominantnu ulogu u određivanju konačnog ishoda. Na primjer, Zhu i sur. (2009) ističu da je dodavanje prirodnih biljnih ekstrakata iz lišća bambusa i zelenog čaja tj. njihovih glavnih sastojaka (homoorientin i epigalokatehin galat) učinkovito ublažilo stvaranje akrilamida u škrobnoj hrani. Međutim, iako dodavanje biljnih ekstrakata obično smanjuje akrilamid, neka istraživanja pokazuju da se može potaknuti i povećanje njegove koncentracije, što dovodi u pitanje sigurnost hrane (Zhu i sur., 2009).

Budući da se krumpir masovno konzumira diljem cijelog svijeta, istraživanja se uglavnom usmjeravaju na redukciju akrilamida upravo u krumpiru. Rezultati pokazuju da je smanjenje udjela akrilamida moguće, bez da se pritom utječe na senzorska svojstva gotovog proizvoda, a sam proces je vrlo jednostavan i ekonomičan te se može primijeniti i u kućanstvu bez komplicirane opreme i pripreme (Morales i sur., 2014).

2.8.1. Mogućnost ugradnje antioksidansa u jestive filmove

Istraživanja su pokazala da je s ciljem poboljšanja antioksidativnih, antimikrobnih svojstava kao i zaštite od posmeđivanja, moguća ugradnja biljnih ekstrakata s polifenolima (Galić, 2009). Kemijske ili fizikalne interakcije između biopolimera od kojih su građeni filmovi i ekstrakata s bioaktivnih komponentama mogu utjecati na njihovu strukturu, a time i na njihovu funkcionalnost te antioksidacijsko djelovanje. Ovisi o prirodi, kemijskim svojstvima, koncentraciji i pH otopine biopolimera, kao i o strukturnim parametrima aktivnih spojeva (stereokemija, konformacijska fleksibilnost i molekulska masa) (Silva-Weiss i sur., 2013).

Korištenjem vanjskog sloja premaza s visokom koncentracijom antioksidansa moguće je održati izvornu kvalitetu hrane kroz duži vremenski period ili se, kao alternativa, koristi manja količina aditiva u odnosu na ukupnu masu proizvoda (Galić, 2009). Naime, mora se paziti na dodanu koncentraciju, jer prevelika količina može dovesti do neželjenih promjena ponajprije senzorskih svojstava (Silva-Weiss i sur., 2013). U specifičnim slučajevima, antioksidansi kontroliraju difuziju kisika kroz membrane ili filmove smanjenjem njihove propusnosti, antioksidativni flavonoidi, kada su ugrađeni u jestive filmove ili prevlake, mogu odgađati kontakt kisika s enzimom polifenoloksidazom (Silva-Weiss i sur., 2013).

Bouaziz i sur. (2016) su pokazali da modificirani premaz od gume arabike s ekstraktima iz začina (crni papar, čili, kurkumin, korijandar i kumin) utječu na smanjenje apsorpcije masti u pomfritu za 45,8 % kao i formiranje akrilamida za 20 %. Prema Spanou i Giannouli (2013), askorbinska kiselina i ekstrakt zelenog čaja u premazu od alginata i karboksimetil celuloze, osim antioksidativnih svojstva smanjuju i dehidraciju krumpira produžujući trajnost svježeg narezanog proizvoda.

2.8.2. Upotreba prirodnih supstanci izoliranih iz lista masline

U kontekstu cirkularne ekonomije o kojoj se posljednjih godina sve više raspravlja, primjena sirovina koje su nastale kao nusprodukt prehrambene industrije poprima značajni interes. Naime, mnoge namirnice nakon proizvodnje se odbacuju kao otpad iako sadrže nutritivno vrijedne komponente. Sukladno tome, moderni trendovi u industriji pakiranja hrane koriste jestive premaze od prirodnih polimera izoliranih iz otpada prerade s ugrađenim prirodnim aditivima dobivenim također od otpada iz prerade hrane (Khalifa i sur., 2015).

Maslina (*Olea europea* L.) je jedna od najstarijih poljoprivrednih drvenastih kultura koja se uzgaja diljem svijeta, a 98 % usjeva raste na području Mediterana (Talhaoui i sur., 2015). Iako se maslina uglavnom uzgaja zbog plodova i ulja, u novije vrijeme se sve više pažnje posvećuje proučavanju lista masline koji se u procesu prerade i proizvodnje smatra otpadom (Abaza i sur., 2015). Listovi masline mogu se upotrebljavati u mnoge svrhe. Naime, smatraju se jeftinom sirovinom koja je odličan izvor visoko vrijednih spojeva pa se zbog toga ekstrakt lista masline u posljednjih nekoliko godina sve više koristi u medicini, u prehrambenoj industriji, farmaceutskoj industriji, kozmetičkim proizvodima i sl. Osim toga ekstrakt se može dodavati u ulja za prženje kako bi se poboljšala stabilnost ulja i antioksidacijska svojstva (Talhaoui i sur., 2015).

List masline sadrži visok udio fenolnih spojeva različite strukture koji sudjeluju u mnogim biokemijskim procesima važnim za život biljke. Najzastupljeniji i najaktivniji spoj sa snažnim antioksidacijskim djelovanjem je oleuropein, spoj iz skupine sekoiridoida (Talhaoui i sur., 2015). Dokazani su brojni pozitivni učinci oleuropeina poput antivirusnih svojstava, zaštita enzima i sprječavanje hipertenzivne smrti stanica kod pacijenata oboljelih od raka, sprječavanje srčanih bolesti i poboljšanje metabolizma lipida kako bi se izbjegli problemi pretilosti (Khemakhem i sur., 2016). Prema rezultatima istraživanja, u vodenom ekstraktu lista

masline, oleuropein je činio čak oko 73 % od ukupnog broja identificiranih spojeva (Pereira i sur., 2009).

2.9. ZELENE METODE EKSTRAKCIJE

Bioaktivni spojevi ili njihovi prekursori (antibiotici, kemoterapijska sredstva, alkaloidi, itd.) ekstrahiraju se bilo konvencionalnim metodama ili suvremenim tehnologijama. Konvencionalna ekstrakcija organskim otapalima pokazala je brojne nedostatke poput nepotpunog iskorištenja ekstrakta, uporabe iznimno velike količine organskih otapala te velike potrošnje energije uzrokovane dugim vremenom ekstrakcije, intenzivnim zagrijavanjem i miješanjem tijekom ekstrakcije čime se i degradiraju aktivne termolabilne komponente (Chemat i sur., 2012).

Najnoviji trendovi usmjereni su na primjenu jeftinih, brzih i ekološki sigurnih postupaka u skladu s načelima zelene kemije, čiji je važan ogranak i zelena ekstrakcija (Chemat i sur., 2012). Ekstrakcija provedena prema principima zelene kemije, trebala bi zaštititi okoliš i potrošače, smanjiti potrošnju energije i vode, omogućiti recikliranje nusproizvoda i osigurati siguran i visokokvalitetan proizvod (Chemat i sur., 2016). Suvremene metode koje se koriste kao alternativa konvencionalnim su ekstrakcija superkritičnim CO₂, subkritična ekstrakcija, ekstrakcija kruto-tekuće, mikrovalna te ultrazvukom potpomognuta ekstrakcija (Sahin i Samli, 2013; Khemakhem i sur., 2016).

2.9.1. Ultrazvučna ekstrakcija

Ekstrakcija potpomognuta ultrazvukom smatra se jednostavnom, učinkovitom i jeftinom alternativom konvencionalnim postupcima kojom se intenzivira izolacija vrijednih spojeva iz biljnih materijala (Ahmad-Qasem i sur., 2013). Istraživanje ultrazvučne ekstrakcije oleuropeina i srodnih biofenola iz lista masline, otkriva da je ekstrakcija uz pomoć ultrazvuka brža i učinkovitija od maceracije. Primjena ultrazvuka visokog intenziteta potiče rast mjehurića u tekućinama uzrokujući pojavu fenomena kavitacije (Khemakhem i sur., 2016). Iako visoke temperature mogu povećati difuziju i topljivost polifenola, što rezultira povećanjem brzine ekstrakcije, temperatura može utjecati na sastav ekstrakta lista masline jer može doći do razgradnje termolabilnih spojeva (Khemakhem i sur., 2016). Budući da je sastav polifenola različit te ovisi o strukturi biljaka, kultivaru i vremenu berbe, univerzalni

protokol za ekstrakciju ne postoji. Metode ekstrakcije za svaki prirodni polifenolni izvor moraju biti posebno dizajnirane i optimizirane (Sahin i Samli, 2013).

Ultrazvučna ekstrakcija može biti provedena pomoću ultrazvučne sonde i ultrazvučne kupelji. Iako se ultrazvučne kupelji češće koriste, ultrazvučne sonde imaju sposobnost usredotočiti svoju energiju na lokaliziranu zonu pa je kavitacija učinkovitija (Khemakhem i sur., 2016). Učinkovitost primjene ultrazvuka je u izravnoj vezi sa sposobnošću ultrazvučne sonde da uvede energiju u medij za otapanje. Ostali parametri procesa, kao što su električna amplituda, vrijeme, temperatura, sastav otapala ili broj koraka ekstrakcije također može utjecati na ultrazvučnu ekstrakciju (Ahmad-Qasem i sur., 2013).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. MATERIJALI

Istraživanje je provedeno na gomolju krumpira (*Solanum tuberosum L.*) sorte Lady Claire uzgojenom u Hrvatskoj. Krumpir je skladišten 8 mjeseci u drvenim sanducima u kontroliranim uvjetima (8 °C, 100 % RH) bez prisutnosti svjetla. U ovom radu kao materijali za proizvodnju filmova korišteni su prirodni biopolimeri: kitozan (CH) (France Chitin, Francuska, tip 652, molekulske mase od 165 kDa, stupanj deacetiliranja > 85%), pektin (PEC) (citrus – 121 grade, CAS 9000-69-5, Fisher Scientific, Velika Britanija), karboksimetil celuloza (CMC) (CAS 9004-32-4, Acros organics, Francuska) te guma arabika (GA) (Enologica Vason S.p.A., Italija). Kao izvor bioaktivnih sastojaka za obogaćivanje filmova korišten je prirodni ekstrakt lista masline (*Olea europaea L.*) i natrijev askorbat u prahu (2 %-tna (m/v) otopina) (Sallant, Kina). Listovi masline su svježe ubrani, sušeni te čuvani na sobnoj temperaturi pri normalnim atmosferskim uvjetima prije ekstrakcije. Za pripremu filmova korišten je glicerol (Fluka Chemical, 98 % čistoća, Njemačka) kao plastifikator te octena kiselina (ledena 100 %, Merck, Darmstadt, Njemačka) i destilirana voda za pripremu otapala. Kalcijev klorid (E509, CAS 10043-52-4) je korišten za umrežavanje lanaca pektina. Folin-Ciocalteu reagens (Kemika, Zagreb, Hrvatska) i natrijev karbonat (Mr 105.99, GRAM-MOL d.o.o., Zagreb, Hrvatska) korišteni su za određivanje ukupnih fenola, a za određivanje udjela masti u krumpiru petroleter (CARLO ERBA Reagents S.A.S., Francuska). Kvarcni pijesak (GRAM-MOL d.o.o., Zagreb, Hrvatska) je upotrebljen za određivanje udjela suhe tvari. Krumpir je pržen u suncokretovom ulju (Zvijezda d.o.o., Zagreb, Hrvatska).

3.2. METODE RADA

3.2.1. Priprema otopina jestivih premaza

Otopina jestivih premaza dobivene su otapanjem 1 g praha kitozana (CH), karboksimetilceluloze (CMC), pektina (PEC) ili gume arabike (GA) u 1 %-tnoj (v/v) vodenoj otopini octene kiseline za CH, odnosno destilirane vode za CMC, GA i PEC, kako bi se pripremila 1 %-tna (m/v) otopina za formiranje filmova. Kako bi se postigla potpuna disperzija polimera, otopina se miješa 2 h pri sobnoj temperaturi (23±1°C) na magnetskoj mješalici (Rotamix SHP-10, Tehnica, Slovenija). Za pripremu antioksidativnih premaza, u filmogene polimerne otopine (PEC, GA i CMC) dodani su ekstrakt lista masline ili natrijev askorbat 1 % (m/v) koji su homogenizirani tijekom 10 min.

Nakon što su se pripremile otopine biopolimernih materijala, odvagano je 5 g pripremljenog praha (ekstrakta) lista masline, čija priprema će biti opisana u jednom od idućih poglavlja, ili natrijevog askorbata te otopljeno u 500 mL otopine biopolimernog materijala. Otopina se miješala na magnetskoj miješalici 30 min kako bi se dobro homogenizirala.

3.2.2. Priprema uzoraka

Za potrebe ovog diplomskog rada, provedenog u tri dijela, krumpir je oguljen i narezan na komade dimenzija 1 cm x 1 cm x 3 cm pomoću kuhinjske rezalice (MCM62020, Bosch, Slovenija) te opran u vodovodnoj vodi. Za svaku seriju uzoraka, koristio se svježe oguljeni i narezani krumpir.

Prutići krumpira uranjali su se u otopinu biopolimernog materijala (Slika 5). U prvom dijelu istraživanja prutići su se uranjali tijekom 0,5 min, 2 min i 10 min u 1 %-tnu (m/v) otopinu jestivih filmova (CH, PEC, CMC i GA) pripremljenih prema opisu u 3.2.1. Nakon uranjanja postavljali su se na mrežicu za sušenje (Slika 6) te sušeni u klima komori (HPP 110, Memmert, Njemačka) tijekom 1 h. Kod nanošenja pektinskih premaza, nakon uranjanja u otopinu pektina, krumpiri su se uronili 30 s u 0,1 %-tnu (m/v) otopinu CaCl_2 kako bi se omogućila polimerizacija pektinskih lanaca te tvorba filma na površini krumpira. Nakon sušenja, izvagani (laboratorijska vaga, AX224, OHAUS, Švicarska) uzorci (6 prutića) su pakirani u vakuumu (uređaj za vakuumiranje Junior Digit, Besser Vacuum, Italija) u vrećice za pakiranje (PE/PA, VB28/300, Gorenje, Slovenija). Netom nakon pakiranja krumpir je stavljen na skladištenje u hladnjak pri temperaturi od 10 ± 1 °C. Kontrolni uzorci krumpira uronjeni su u destiliranu vodu te pakirani i skladišteni na isti način.

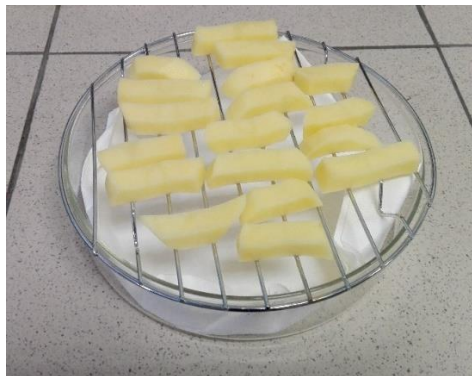
U drugom dijelu istraživanja, uzorci su tretirani otopinama PEC, GA i CMC s antioksidansima (1 %-tna otopina s aktivnim ekstraktom ili natrijevim askorbatom). Postupak pripreme i uranjanja u otopinu biopolimernog premaza s ekstraktom lista masline ili natrijevim askorbatom je isti kao kod otopina bez aktivne komponente. Uzorci su označeni obzirom na vrstu polimera i sadržaj aktivne komponente, odnosno filmovi od pektina s ekstraktom PEC+EX (vidi Prilog 1). U ovom dijelu istraživanja izostavljen je CH budući uzorci iz prvog dijela istraživanja nisu pokazali zadovoljavajuće rezultate.

Kako bi se odredilo koji će premaz najbolje očuvati svojstva krumpira tijekom sedmodnevnog skladištenja, analize su provedene uzorkovanjem 1., 5. i 7. dan.

U trećem dijelu istraživanja uzorci su prženi prema opisu u 3.2.10.



Slika 5. Sustav za uranjanje krumpira (Vlastita fotografija)



Slika 6. Sustav za sušenje krumpira (Vlastita fotografija)

3.2.3. Određivanje pH vrijednosti

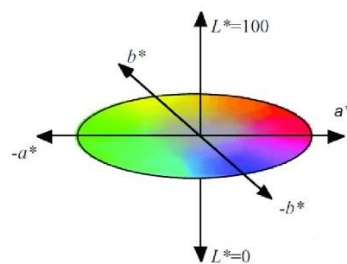
Određivanje pH vrijednosti temelji se na određivanju koncentracije vodikovih iona C_{H^+} u uzorku pomoću digitalnog pH-metra (Expandable IonAnalyzer EA 940 Millivolt/pH Meter, Orion, SAD). pH vrijednost očitana s instrumenta određena je koncentracijom vodikovih iona. Uzorci su pakirani u vrećice (Slika 7) te dobro usitnjeni. Određivanje pH provelo se uranjanjem kombinirane elektrode pH-metra u homogenizirani uzorak i očitavanjem vrijednosti na ekranu uređaja nakon stabilizacije prikazane vrijednosti. Prije i poslije svakog mjerenja elektroda se isprala destiliranom vodom te osušila staničevinom. Mjerenje pH vrijednosti provedeno je u dvije paralele za svaki uzorak.



Slika 7. Priprema uzoraka za mjerenje pH vrijednosti (Vlastita fotografija)

3.2.4. Mjerenje boje

Boja uzorka određena je kolorimetrom (CHROMA METER CR-5, Konica-Minolta, Japan). Kolorimetar je uređaj za određivanje intenziteta boje određenih tvari koji ne ovisi o vizualnom prosuđivanju obojenosti, a radi na principu mjerenja stupnja reflektirane svjetlosti od mjerne površine. Objektivno mjerenje boje temelji se na parametrima trodimenzionalnog spektra boja (L^* , a^* i b^*). CIE Lab sustav opisivanja boja čini trodimenzionalni prostor boja, definiran s koordinatama L^* , a^* i b^* koje međusobno zatvaraju sferičnu površinu (Slika 8). Koordinata L^* je mjera svjetlosti, daje skalu neutralne vrijednosti, odnosno iskazuje se vrijednostima od 0 (crno) do 100 (bijelo). Raspon boja je crveno-zeleno za os a , raspon boja žuto-plavo za os b te akromatska os L sa vrijednosti u rasponu od 0 % (crna) do 100 % (bijela).



Slika 8. CIE Lab sustav (Anonymous 4, 2018)

Ukupna razlika obojenosti (ΔE^*) je mjera odstupanja i ukupne razlike obojenosti, bilo da se radi o razlici u tonalnosti i zasićenosti ili razlici u svjetlini. Ona se računa ukoliko se želi pratiti razlika boje u odnosu na neku ishodišnu točku i to iz razlika svih triju dimenzija neke točke u odnosu na referentnu točku. Izračun prema formuli:

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

gdje su:

$$\Delta L^* = L^*_{1} - L^*_{2} \quad (2)$$

$$\Delta a^* = a^*_{1} - a^*_{2} \quad (3)$$

$$\Delta b^* = b^*_{1} - b^*_{2} \quad (4)$$

Indeks bjeline (WI) definira stupanj bjeline tj. indeks koji govori o udaljenosti od savršeno bijele boje, a računa se prema formuli:

$$WI = \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (5)$$

Uređaj se kalibrira za izabranu masku otvora 8 mm. Sva mjerenja vršila su se u SCE (*Specular Component Excluded*) modu, a sve potrebne postavke se prilagode u programu SpectraMagic NX. Mjerenje boje provedeno je u tri paralele za svaki uzorak.

3.2.5. Određivanje udjela vode standardnom metodom sušenja

Udio vode u uzorcima krumpira odredio se indirektno, sušenjem. Ovim fizikalnim postupkom mjeri se ostatak koji zaostaje nakon sušenja, a iz razlike u masi prije i nakon sušenja namirnice izračunava se udio vode. Uzorci krumpira (približno 1 g, m_p) osušeni su pri temperaturi 105 °C (UFE 500, Memmert, Njemačka) do postizanja konstantne mase, ohlađeni te odvagani (m_n). Iz gubitka mase izračuna se udio vode prema formuli:

$$\% \text{ vode} = (m_p - m_n) * 100 / m_u \quad (6)$$

gdje je:

m_p – masa posudice s uzorkom prije sušenja [g],

m_n – masa posudice s uzorkom nakon sušenja [g],

m_u – masa uzorka [g] (Vahčić i sur., 2008).

Sva mjerenja provedena su u dvije paralele.

3.2.6. Određivanje gubitka mase krumpira tijekom skladištenja

Određivanje gubitka mase temelji se na razlici mase uzorka prije pakiranja i mase nakon određenog vremena skladištenja. Uzorci krumpira pripremljeni su na način opisan u poglavlju 3.2.2. Prije pakiranja u vakuum vrećice, uzorci su izvagani na laboratorijskoj vagi te skladišteni 7 dana. Uzorci su uzorkovani 1., 5. i 7. dan. Na dan uzorkovanja, odmah nakon otvaranja vrećice, uzorci se ponovno izvažu, a gubitak mase, izražen u postocima, izračuna se prema formuli:

$$\% \text{ gubitka mase} = (m_p - m_n) * 100 \quad (7)$$

gdje je:

m_p – masa uzorka prije pakiranja 1. dan [g],

m_n – masa uzorka nakon 5. ili 7. dana skladištenja [g] (Saha i sur., 2014).

3.2.7. Priprema ekstrakta lista masline kao aktivnih sastojaka za obogaćivanje filmova

Ekstrakt lista masline dobiven je postupkom ultrazvučne ekstrakcije u kojem se topljive polifenolne komponente difuzijom odvajaju iz lista masline (čvrsta faza) upotrebom otapala (tekuća faza).

Oprani i na staničevini osušeni listići masline, usitnjeni su pomoću kuhinjske rezalice (MCM62020, Bosch, Slovenija). U laboratorijsku čašu od 500 mL odvagne se 25 g uzorka te se menzurom nadoda 250 mL destilirane vode u čašu. Čaša s uzorkom i otapalom postavi se na predviđeni prostor na postolju u ultrazvučnom ekstraktoru (UP200Ht, Hielscher - Ultrasound Technology, Njemačka). Ekstrakcija se provodi snagom od 200 W s uronjenom sondom promjera 14 mm do polovice čaše. Na procesoru uređaja postavi se određena amplituda (100 %) i ciklus ultrazvuka te vrijeme ekstrakcije od 10 min.



Slika 9. Filtriranje ekstrakta lista masline (Vlastita fotografija)

Nakon postupka ekstrakcije, sadržaj se profiltera (Slika 9) kako bi se odvojila tekuća od krute faze tj. kvantitativno se preko lijevka i dvostrukog filter papira prelije u odmjernu tikvicu od 100 mL i nadopuni destiliranom vodom do oznake (Khemakhem i sur., 2016). Tako pripremljeni ekstrakti odliju su se u plastične spremnike (70 mL) te čuvaju 48 h u zamrzivaču na temperaturi od $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ prije postupka liofilizacije i određivanja fenolnih spojeva spektrofotometrijskom metodom.

3.2.8. Liofilizacija

Uzorci ekstrakta lista masline liofilizirani su u liofilizatoru (Alpha 1-4 LSCplus, Martin Christ Freeze Dryers, Njemačka) (Slika 10). Prethodno zamrznuti na $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, uzorci su postavljeni na plitice i liofilizirani tijekom 48 h. Po završetku se dobiveni prah (Slika 11) pakira u vakuumu (Junior Digit, Besser Vacuum, Italija; u vrećice za pakiranje PE/PA, VB28/300, Gorenje, Slovenija) i skladišti u mraku kako bi se očuvao do buduće primjene (Morales i sur., 2014).

Liofilizacija je proces sušenja namirnica u zamrznutom stanju, koji se sastoji od tri koraka. Prvi korak odnosi se na smrzavanje uzorka, a drugi korak je primarno sušenje zamrznutog uzorka koje se temelji na sublimaciji pri uvjetima sniženog tlaka i temperature. Naime, u komori za sušenje se snizi tlak skoro do vakuuma i dovede se tek toliko topline koliko je potrebno za sublimaciju leda. Zatim slijedi treći korak - sekundarno sušenje, tj. desorpcija zaostale vode koja tijekom smrzavanja nije prešla u led. Sekundarno sušenje

provodi se pri sobnoj ili povišenim temperaturama, dok se ne dobije produkt s prihvatljivim sadržajem zaostale vlage (Muzzio i Dini, 2011).



Slika 10. Liofilizacija ekstrakta lista masline (Vlastita fotografija)



Slika 11. Prah ekstrakta lista masline dobiven liofilizacijom (Vlastita fotografija)

3.2.9. Spektrofotometrijsko određivanje ukupnih fenola

Ukupni fenolni (UF) sadržaj ekstrakta lista masline utvrđen je korištenjem Folin-Ciocalteu metode s malim modifikacijama (Shortle i sur, 2014). Ova metoda se temelji na kolornoj reakciji fenola s Folin-Ciocalteu reagensom. Mjeri se intenzitet nastalog obojenja pri 765 nm. Ekstrakt se pripremi na način opisan u poglavlju 3.2.7. U staklenu epruvetu, pomoću mikropipete otpipetira se 100 μL ekstrakta, 200 μL Folin-Ciocalteu reagensa i 2 mL destilirane vode. Nakon 3 min doda se 1 mL zasićene (20 %-tne) otopine natrijeva karbonata i sve se dobro promiješa pomoću Vortex mješalice (ZX3 Advanced Vortex Mixer, Velp Scientifica, Italija). Uzorci se 25 min termostatiraju u vodenoj kupelji (BÜCHI Heating Bath B-490, Švicarska) pri temperaturi od 50 °C. Nakon termostatiranja, spektrofotometrijski se određuje apsorbancija pri 765 nm (UV UNICAMHELIOS β , Thermo Electron Corporation,

SAD). Za svaki uzorak, mjerenje se provelo u dvije paralele. Koncentracija fenola izračuna se pomoću unaprijed izrađenog baždarnog pravca čija jednadžba glasi:

$$Y = 0,0035 \times X \quad (8)$$

gdje je:

Y – apsorbancija pri 765 nm,

X – koncentracija fenola izražena kao ekvivalent galne kiseline [mg/L] (Shortle i sur., 2014).

3.2.10. Prženje krumpira

Pripremljeni uzorci krumpira (s premazom ili bez) su se pržili u fritezi tijekom 10 min pri 180 °C (F21-RCS1, TEFAL, Francuska). Uzorak bez premaza koristio se kao kontrolni. Krumpiri su se pržili u suncokretovom ulju, a za svaku seriju uzoraka koristilo se novo ulje.

3.2.11. Određivanje udjela masti metodom po Soxhletu

Udio masti u krumpiru odredio se višekratnom kontinuiranom ekstrakcijom organskim otapalom (petroleterom) po Soxhletu. Oko 10 g uzorka usitnjenog prženog krumpira (prženog sa ili bez premaza jestivog filma) te uzorak svježe narezanog krumpira odvaže se u odmašćenu, papirnatu čahuru te suši 1 h u zračnoj sušnici pri 100-105 °C. Čahura se pokrije slojem odmašćene suhe vate i stavi u srednji dio Soxhletove aparature (ekstraktor) koji se zatim spoji s hladilom i tikvicom, koja je s nekoliko staklenih kuglica za vrenje prethodno osušena pri 105 °C, ohlađena i izvagana. Kroz hladilo se zatim pomoću lijevka ulijeva toliko otapala da se ekstraktor napuni i pomoću kapilarne cjevčice isprazni u tikvicu. Zatim se doda još toliko otapala da se napuni do otprilike polovice ekstraktora. Tada se kroz hladilo pusti vrlo jaki mlaz vode te se počne sa zagrijavanjem. Zagrijavanje tikvice s otapalom izvodi se u pješčanoj kupelji tijekom 8 h. Nakon završene ekstrakcije, uzorak se osuši do konstante mase (103±2 °C), ohladi u eksikatoru do sobne temperature i važe. Udio ulja izračuna se prema formuli:

$$\% \text{ masti} = \frac{b-a}{m} \times 100 \quad (9)$$

gdje je:

a – masa prazne tikvice [g],

b – masa tikvice i ekstrahirane masti [g],

m – masa uzorka [g] (Vahčić i sur., 2008).

Mjerenje udjela masti za svaki uzorak je provedeno u dvije paralele.

3.3. STATISTIČKA ANALIZA PODATAKA

Statistička analiza podataka provedena je analizom varijance (ANOVA) pomoću Xlstat-Pro (win) 7.5.3. (Addinsoft, New York). Podaci su rangirani i statističke razlike su ocijenjene u redovima s jednosmjernom analizom varijance (ANOVA) i Tukey-ovim višestrukim usporednim testovima. U svim slučajevima vrijednost $p < 0,05$ se smatra statistički značajnom.

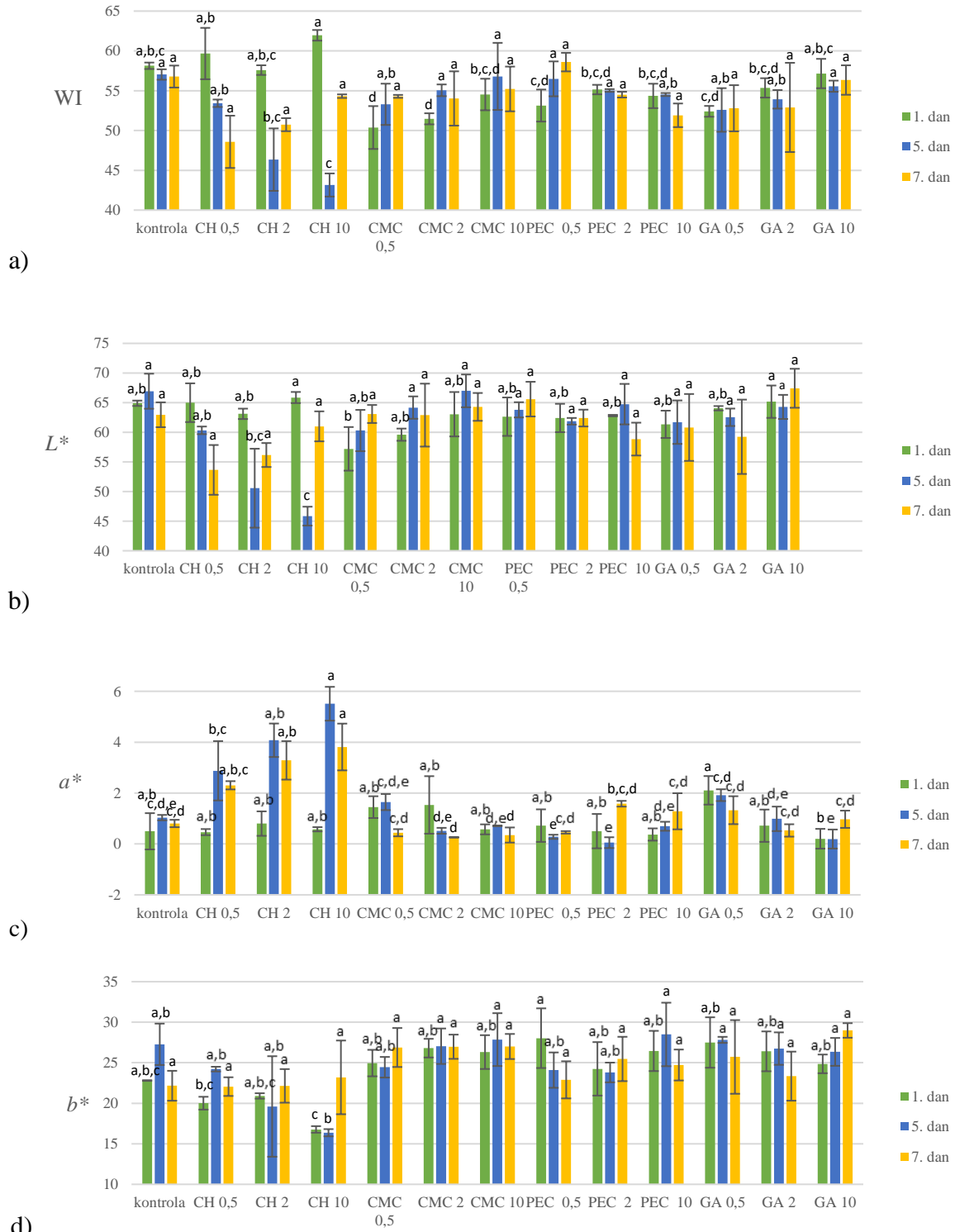
4. REZULTATI I RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja bio je odrediti utjecaj jestivih premaza s aktivnim antioksidativnim ekstraktom lista masline na trajnost minimalno procesiranog krumpira i na smanjenje udjela masti tijekom prženja.

Istraživanje je podijeljeno u tri dijela pa su na taj način grupirani i prikazani rezultati. U prvom dijelu, prikazani su rezultati mjerenja boje, pH vrijednosti, udjela vode te gubitak mase uzoraka krumpira uranjanih 0,5, 2 i 10 min (vrijeme potapanja) u otopine jestivih filmova od biopolimernih materijala, mjereni 1., 5. i 7. dan skladištenja (vrijeme skladištenja). Korišteni biopolimerni materijali su CH, PEC, CMC i GA. Iz ovih podataka određeno je da se nastavi istraživanje s otopinama PEC, CMC i GA u koje se dodao ekstrakt lista masline i natrijev askorbat kao komercijalni proizvod. Mjerenje se također provodilo 1., 5. i 7. dan skladištenja. U trećem dijelu, analizirao se krumpir uronjen 10 min u biopolimerni film s dodatkom antioksidansa nakon prženja. Provele su se analize udjela masti metodom po Soxhletu, određivanje udjela vode te se mjerila boja 1. i 7. dan skladištenja.

4.1. KARAKTERIZACIJA MINIMALNO PROCESIRANOG KRUMPIRA TRETIRANOG JESTIVIM PREMAZOM TIJEKOM SKLADIŠTENJA

4.1.1. Boja krumpira s jestivim premazom



Slika 12. Parametri boje a) WI, b) L^* , c) a^* , d) b^* uzoraka s premazom od kitozana (CH), karboksimetil celuloze (CMC), pektina (PEC) i gume arabike (GA).

Na Slici 12a prikazani su rezultati indeksa bjeline (WI). U kontrolnim uzorcima, bez jestivog premaza, nema značajne razlike u WI tijekom skladištenja u vremenu od 7 dana. Značajne razlike u odnosu na kontrolni uzorak uočene su već prvi dan samo kod uzoraka CH2 i CH10, gdje se WI povećava. 5. dan skladištenja se uočava tendencija pada sa statistički značajnom razlikom u uzorcima premazanim CH. Produživanjem vremena potapanja uzoraka s 0,5 min na 10 min, razlika u WI se još više naglašava. Ista tendencija vidljiva je i 5. i 7. dan skladištenja. Suprotno i iznenađujuće, uzorci CMC10, PEC0,5, PEC2 te GA10 ne slijede isti trend već kod njih dolazi do promjena u WI.

Iz gore navedenog može se zaključiti da za uzorke krumpira uronjene u otopine CMC, PEC i GA (za isto vrijeme potapanja), nema statistički značajne razlike unutar uzoraka tijekom skladištenja. Suprotno tome produžujući vrijeme potapanja, dolazi do značajnih razlika. Statistički značajne razlike u odnosu na kontrolni uzorak uočene su za sve otopine kitozana.







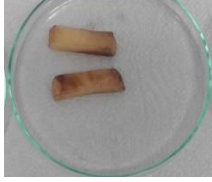












Parametar L^* se povećava kod uzoraka s istim otopinama produljenjem vremena potapanja (Slika 12b). Duže uranjanje uzoraka u otopinu jestivog filma rezultira svijetlijom bojom krumpira. Iznimka su uzorci s otopinom CH, gdje dolazi do pada L^* već 5. dan skladištenja što vizualno rezultira posmeđivanjem uzoraka. Također L^* se smanjuje kod uzoraka s pektinom 7. dan te uzorka s GA potapanih 10 min.

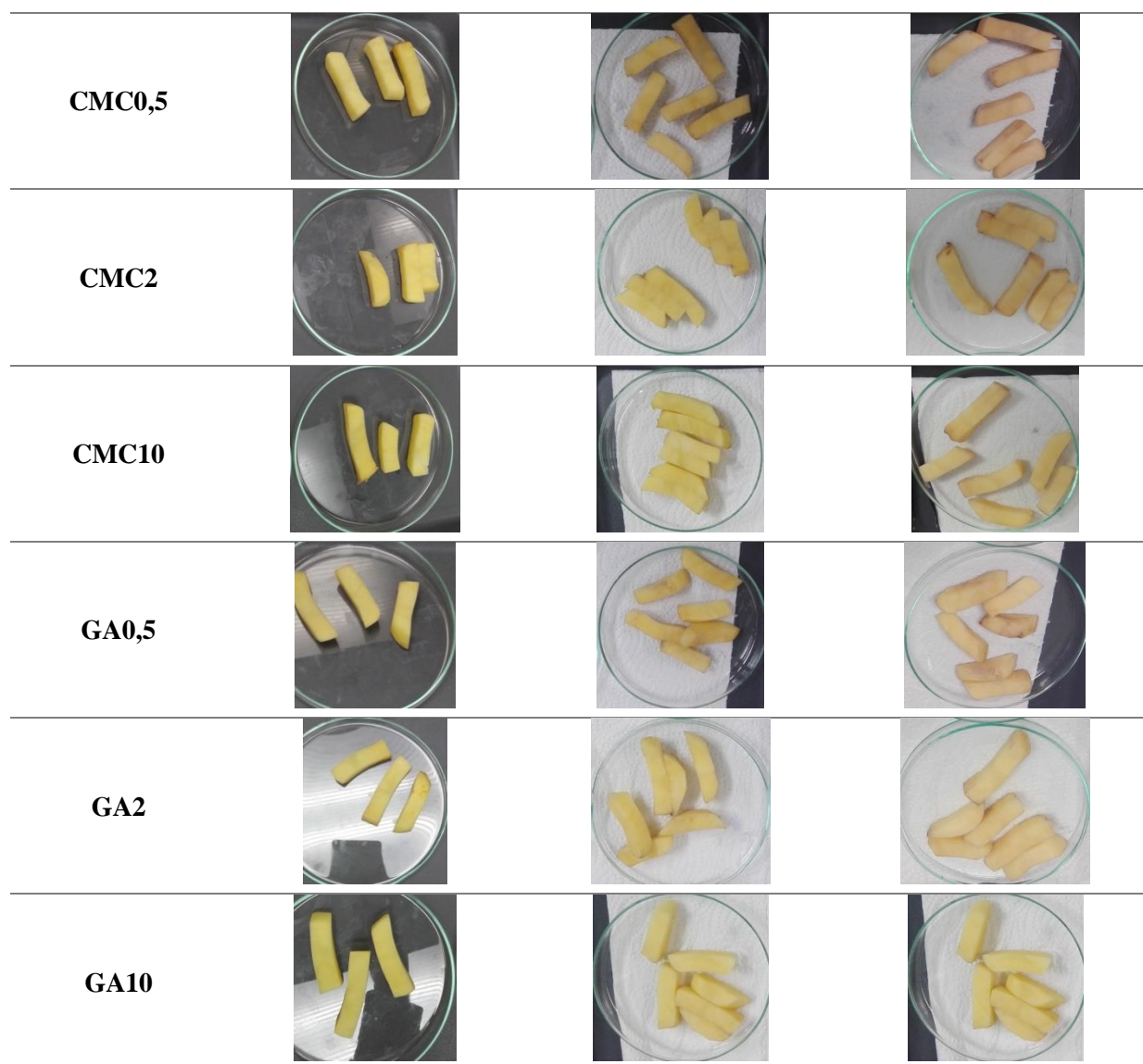
Pozitivne vrijednosti parametra a^* ukazuju na pojavu crvenog tona, stoga povišenje a^* u uzorcima krumpira ukazuje na posmeđivanje uzoraka (Tablica 1). Prvi dan ne dolazi do promjena vrijednosti parametra a^* u odnosu na kontrolni uzorak (Slika 12c). Međutim, 5. dan skladištenja kod uzoraka premazanih kitozanom, a^* se značajno povisuje od $1,04 \pm 0,11$ u kontrolnom uzorku do $2,88 \pm 1,17$ u CH0,5, $4,08 \pm 0,66$ u CH2 te $5,51 \pm 0,66$ u CH10. Kod ostalih uzoraka nema statistički značajne razlike. Na 7. dan skladištenja, razlika u odnosu na kontrolu također je značajna samo kod uzoraka s kitozanom, gdje se a^* značajno povećava za 3, 4,1 i 4,8 puta za CH0,5, CH2 te CH10. Može se također primjetiti da se kod CH, PEC, GA (1. dan) te GA (5. dan) s dužim vremenom potapanja smanjuje a^* , no ne može se definirati kao trend.

1. dan i nakon 5 dana skladištenja parametar b^* se značajno smanjuje kod CH10. Iznenađujuće je da se nakon 7 dana ta razlika izjednačava s kontrolom. Kod svih drugih uzoraka, ne postoji značajna razlika u odnosu na kontrolu. Vrijeme potapanja također ne pokazuje utjecaj na promjenu parametra b^* .

Waimaleongora-Ek i sur. (2008) u svom su 17-dnevnom istraživanju koristili kitozansku otopinu kao premaz uzorka slatkog krumpira. Autori su došli do zaključka suprotnog rezultatima ovog istraživanja, koja kazuju da je kitozan efikasan u očuvanju boje. Uočen je porast parametra L^* , nakon 3. dana došlo je do pada a^* vrijednosti, a nakon 7. dana značajni pad se primjetio i kod parametra b^* . Autori navode kako promjene boje nisu bile ni vizualno uočljive.

Tablica 1. Fotografije uzoraka krumpira tijekom provedbe istraživanja (Vlastite fotografije)

Uzorak	1. dan	5. dan	7. dan
kontrola			
CH0,5			
CH2			
CH10			
PEC0,5			
PEC2			
PEC10			



Na temelju izmjerenih vrijednosti parametara L^* , a^* i b^* , izračunata je ukupna razlika obojenosti ΔE^* za svaki uzorak u odnosu na početne vrijednosti kontrole, izmjerene 1. dan (Tablica 2). U kontrolnom uzorku, ΔE^* je viši nakon 5. nego nakon 7. dana skladištenja. Isto ponašanje uočava se i kod CH2, CH10 i CMC10. Jedino se kod uzoraka uronjenih u otopine GA te PEC10 uočava pravilnost porasta ΔE^* s vremenom skladištenja. U odnosu na kontrolu 1. dana, statistički značajno razlikuju se samo uzorci CH2 i CH10, a u odnosu na kontrolu 7. dana uzorci CH0,5. Ostali uzorci statistički se značajno ne razlikuju od kontrole. Vrijeme potapanja ne utječe značajno na ΔE^* .

Tablica 2. Razlika obojenosti ΔE^* krumpira s premazom u odnosu na kontrolu 1. dana bez premaza

Uzorak	ΔE^*		
	1. dan	5. dan	7. dan
kontrola	/	4,9±3,38 ^{c,d}	2,1±2,21 ^{c,d}
CH0,5	3,6±0,69 ^{c,d}	5,4±1,00 ^{c,d}	11,5±4,18 ^{a,b,c}
CH2	2,7±0,88 ^{c,d}	15,5±7,58 ^{a,b}	9,3±1,81 ^{b,c,d}
CH10	6,2±0,29 ^{b,c,d}	20,7±1,76 ^a	6,3±0,80 ^{b,c,d}
CMC0,5	8,3±3,36 ^{b,c,d}	5,4±2,75 ^{c,d}	4,8±1,47 ^{c,d}
CMC2	6,9±0,76 ^{b,c,d}	4,7±1,48 ^{c,d}	6,0±0,73 ^{c,d}
CMC10	5,3±0,56 ^{c,d}	6,1±1,74 ^{b,c,d}	4,5±1,75 ^{c,d}
PEC0,5	6,7±2,17 ^{b,c,d}	2,2±1,88 ^{c,d}	2,7±0,84 ^{c,d}
PEC2	4,3±1,52 ^{c,d}	3,4±0,17 ^{c,d}	4,3±0,88 ^{c,d}
PEC10	4,3±2,18 ^{c,d}	6,3±3,45 ^{b,c,d}	6,8±2,01 ^{b,c,d}
GA0,5	6,8±1,55 ^{b,c,d}	6,8±1,01 ^{b,c,d}	7,3±3,30 ^{b,c,d}
GA2	3,8±2,31 ^{c,d}	4,9±1,43 ^{c,d}	5,6±8,40 ^{b,c,d}
GA10	2,9±1,66 ^{c,d}	4,2±0,67 ^{c,d}	7,0±2,01 ^{b,c,d}

Prikazane su srednje vrijednosti ($n=3$) \pm SD. ^{a-d} – uzorci se međusobno statistički razlikuju na $p \leq 0,05$. Statistička analiza varijance za sve uzorke rađena je u odnosu na kontrolu 1. dan.

Iz rezultata mjerenja parametara boje, može se zaključiti da otopina kitozana, najmanje odgovara očuvanju izvornih svojstava krumpira skladištenog na 10 ± 1 °C tijekom 5 i 7 dana. Iz tog razloga u drugom eksperimentalnom setu korištene su otopine karboksimetil celuloze, pektina i gume arabike.

4.1.2. pH krumpira s jestivim premazom

Vrijednosti pH uzoraka krumpira dani su u Tablici 3. pH kontrolnog uzorka krumpira izmjerena je $6,65 \pm 0,07$, što se slaže s podatkom Rocha i sur. (2003) kod kojih je pH krumpira iznosio 6,60. Nakon 5 dana skladištenja pH krumpira se snižava na $6,26 \pm 0,06$, a nakon 7 dana na $5,83 \pm 0,06$. Ti rezultati su u skladu s literaturnim navodima da se nakon 7 dana pH snižava na 5,63 (Saha i sur., 2014). Iz Tablice 3 vidljivo je da odmah poslije uranjanja u različite otopine dolazi do pada pH koji je najviše naglašen kod kitozanskih otopina gdje iznosi 5,69, 5,94 te 5,99 pri vremenu potapanja 0,5, 2 i 10 min. Nakon 5 dana skladištenja primjećuje se trend smanjenja pH kod svih uzoraka, a nakon 7 dana skladištenja taj pH je još uvijek niži nego na početku, ali se lagano povisuje u odnosu na 1. dan. Pad pH vrijednosti u odnosu na kontrolu ukazuje da uzorci postaju kiseliji tijekom skladištenja, što je najvjerojatnije uzrokovano disanjem i porastom koncentracije CO₂ u pakiranju (Soliva-Fortuny i sur., 2002). Također, smanjenje pH kod kitozanskih otopina može se pripisati i tome što se kitozanske otopine pripremaju u 1 %-tnoj otopini octene kiseline koja ima nizak pH pa samim time i krumpir obložen kitozanskom otopinom ima niži pH. Budući da je masa samog krumpira značajno veća od volumena premaza, premaz ne može značajnije utjecati na drastično sniženje pH. Stoga su razlike u odnosu na druge otopine minimalne.

Vrijeme potapanja također utječe na pH. Kod vremena potapanja 0,5 min, najstabilniju pH vrijednost ima uzorak CMC0,5, dok se najznačajnije promjene mogu zamijetiti u uzorcima CH10, PEC10 i GA10.

Tablica 3. Rezultati mjerenja pH u uzorcima krumpira bez ili s jestivim premazom

Uzorak	pH		
	1.dan	5.dan	7.dan
kontrola	6,65±0,07 ^a	6,26±0,06 ^a	5,83±0,06 ^{d,e,f,g}
CH0,5	5,69±0,06 ^g	5,61±0,06 ^{c,d}	5,64±0,06 ^g
CH2	5,94±0,06 ^f	5,43±0,05 ^d	5,99±0,06 ^{c,d}
CH10	5,99±0,06 ^{e,f}	5,62±0,06 ^c	5,68±0,06 ^{f,g}
PEC0,5	5,99±0,06 ^{e,f}	5,66±0,06 ^c	5,73±0,06 ^{e,f,g}
PEC2	6,04±0,06 ^{d,e,f}	5,85±0,06 ^b	6,64±0,07 ^a
PEC10	6,04±0,06 ^{d,e,f}	5,63±0,06 ^c	6,57±0,07 ^a
CMC0,5	6,16±0,06 ^{c,d,e}	6,08±0,06 ^a	6,21±0,06 ^b
CMC2	6,37±0,06 ^b	5,65±0,06 ^c	6,11±0,06 ^{b,c}
CMC10	6,2±0,06 ^{b,c,d}	5,75±0,06 ^{b,c}	5,91±0,06 ^{d,e}
GA0,5	6,37±0,06 ^b	5,63±0,06 ^c	5,62±0,06 ^g
GA2	6,3±0,06 ^{b,c}	5,73±0,06 ^{b,c}	5,85±0,06 ^{d,e,f}
GA10	6,36±0,06 ^{b,c}	5,78±0,06 ^{b,c}	5,86±0,06 ^{d,e,f}

Prikazane su srednje vrijednosti (n=2) ± SD. ^{a-g} – uzorci se međusobno statistički razlikuju na $p \leq 0,05$.

4.1.3. Udio vode i gubitak mase

Prema dobivenim rezultatima, prikazanim u Tablici 4, u kontrolnim uzorcima može se uočiti trend smanjivanja udjela vode od 1. do 7. dana skladištenja, što je u skladu s očekivanim. Kod većine uzoraka također se uočava trend smanjenja udjela vode kao što je slučaj i kod kontrolnog uzorka, međutim, nijedan uzorak se ne razlikuje statistički značajno od kontrole.

Tablica 4. Rezultati mjerenja udjela vode (%) u krumpiru bez ili s jestivim premazom

Uzorak	Udio vode (%)		
	1. dan	5. dan	7. dan
kontrola	75,68±0,00 ^a	73,91±0,00 ^a	72,59±0,00 ^{a,b}
CH0,5	75,20±2,29 ^a	69,77±0,00 ^a	70,74±0,00 ^{a,b}
CH2	75,89±0,00 ^a	73,53±0,00 ^a	70,23±0,00 ^{a,b}
CH10	74,23±0,00 ^a	75,18±0,78 ^a	67,67±2,31 ^b
PEC0,5	76,84±0,00 ^a	73,23±0,00 ^a	71,80±0,00 ^{a,b}
PEC2	77,86±0,00 ^a	73,65±3,44 ^a	73,61±0,00 ^a
PEC10	77,72±0,00 ^a	74,97±0,00 ^a	78,59±0,60 ^a
CMC0,5	77,46±0,66 ^a	76,05±0,44 ^a	75,91±2,00 ^a
CMC2	77,21±3,64 ^a	76,74±1,61 ^a	75,85±0,31 ^a
CMC10	74,98±1,07 ^a	75,29±0,74 ^a	71,89±0,56 ^{a,b}
GA0,5	72,61±0,57 ^a	76,02±0,52 ^a	72,00±0,31 ^{a,b}
GA2	74,15±2,59 ^a	74,96±0,93 ^a	74,50±2,11 ^{a,b}
GA10	73,87±0,69 ^a	74,72±0,77 ^a	71,99±0,03 ^{a,b}

Prikazane su srednje vrijednosti (n=3) ± SD. ^{a-b} – uzorci se međusobno statistički razlikuju na $p \leq 0,05$.

Budući da se rezultati udjela vode u uzorcima ne razlikuju značajno, to bi se očekivalo i kod gubitka mase, čiji su rezultati prikazani u Tablici 5. Međutim, neki rezultati od toga odstupaju, što možemo pripisati mogućim gubicima nastalim provedbom eksperimentalne

metode koja se pokazala neefikasna pa su ti rezultati prikazani, ali se ne uzimaju u obzir jer su se pokazali nekoherentnim.

U kontrolnim uzorcima nakon 5 dana skladištenja ne dolazi do značajnog gubitka na masi, samo 0,05 %, dok nakon 7 dana taj gubitak ima lagani trend povećanja na 0,17 %. U većini uzoraka gubitak na masi u odnosu na prvi dan je manji od 1 % osim kod uzoraka obloženih kitozonom, gdje su ti gubici malo veći, posebno nakon 7 dana skladištenja u uzorku CH10 (11,65 %), zatim u uzorku GA 0,5 (15,66 %) skladištenom 5 dana te CMC 0,5 (4,91 %) skladištenom 7 dana. Kod kitozana također možemo konstatirati da se povećanjem vremena potapanja također značajno povećava gubitak na masi. Sukladno tomu, Baldwin i sur. (1996) u svom istraživanju došli su do zaključka da premaz CMC, korišten na uzorcima jabuke i krumpira, ima slabu barijeru na vlagu te nije efikasan u reduciranju gubitka mase. Također su naglasili da vrijeme potapanja uzoraka (u njihovom slučaju 5 – 120 s) ne utječe značajno na gubitak mase, što se pokazalo i u našem istraživanju. Neki autori poput Waimaleongora i sur. (2008) te Saha i sur. (2014), suprotno, navode da kitozanski premaz formira zaštitnu barijeru na površini krumpira (reducira respiraciju, gubitak vlage, oksidaciju) te tako reducira gubitak mase tijekom skladištenja.

Gubitak na masi manji je od 1 %, što je u skladu s literaturnim navodima gdje Saha i sur. (2014) navode da je gubitak mase tijekom 7 dana skladištenja manji od 3 % te da se značajniji postotak gubitka mase zamjećuje tek nakon 45 dana skladištenja.

Tablica 5. Gubitak mase u uzorcima krumpira (%) 5. i 7. dan skladištenja

Uzorak	Gubitak mase (%)	
	5. dan	7. dan
kontrola	0,05	0,17
CH0,5	2,2	1
CH2	0,73	1,55
CH10	1,44	11,65
PEC0,5	0,37	0,29
PEC2	0,39	0,89
PEC10	2,03	0,78
CMC0,5	4,91	0,39
CMC2	0,78	0,36
CMC10	0,99	0,25
GA0,5	0,7	15,66
GA2	0,67	0,13
GA10	0,67	0,17

4.2. KARAKTERIZACIJA MINIMALNO PROCESIRANOG KRUMPIRA TRETIRANOG JESTIVIM PREMAZOM S ANTIOKSIDANSIMA TIJEKOM SKLADIŠTENJA

Uzevši u obzir rezultate iz prvog dijela istraživanja, drugi dio istraživanja proveden je s tri biopolimera (CMC, GA i PEC) te jednim vremenom potapanja od 10 min.

U drugom eksperimentalnom dijelu krumpir se uranjao u otopine s ekstraktom lista masline ili s natrijevim askorbatom. Analiziran je polifenolni sastav ekstrakta lista masline (EX), pri čemu je izmjerena koncentracija polifenola od $895,71 \pm 90,91 \text{ mg L}^{-1}$. Otopine ekstrakta pripremljene su kao 1 %-tna otopina polimera. Za usporedbu smo koristili i natrijev askorbat (NA) kao antioksidans koji se inače koristi za sprječavanje posmeđivanja krumpira.

4.2.1. Boja krumpira s aktivnim jestivim premazom

U Tablici 6 dani su rezultati mjerenja parametra WI. U uzorcima s dodatkom ekstrakta (PEC+EX, GA+EX, CMC+EX) te u uzorku PEC+NA uočena je statistički značajna razlika u odnosu na kontrolni uzorak bez premaza. 5. dan skladištenja samo u uzorku PEC+EX postoji statistički značajna razlika tj. dolazi do smanjenja parametra WI ($47,77 \pm 2,36$) u odnosu na kontrolni uzorak ($58,34 \pm 1,27$, 5. dan skladištenja). Suprotno tome, s dodatkom natrijevog askorbata ne dolazi do promjena. Kod 7. dana skladištenja nijedan uzorak se ne razlikuje statistički značajno od kontrole. Općenito možemo zaključiti da dodatak natrijeva askorbata ne utječe značajno na uzorke, dok se dodatkom ekstrakta lista masline parametar WI smanjuje u odnosu na kontrolni uzorak te uzorak s premazom bez dodatka. Premazi s ekstraktom lista masline su učinkoviti u sprječavanju posmeđivanja. S obzirom na vrijeme skladištenja, promjene nema.

Mousa (2018) je u istraživanju, u kojem je korištena guma arabika u kombinaciji s nekoliko začinskih biljaka kao izvor antioksidansa, došao do rezultata sličnim ovom istraživanju. Najsvjetlijima su se pokazali uzorci krumpira s dodatkom antioksidansa.

Tablica 6. Rezultati indeksa bjeline (WI) u uzorcima krumpira s premazom s dodatkom antioksidansa

Uzorak	WI		
	1. dan	5. dan	7. dan
kontrola	55,18±4,18 ^a	57,74±0,87 ^a	52,77±0,71 ^{a,b}
PEC10	54,34±1,53 ^{a,b,c}	54,52±0,19 ^{a,b}	51,91±1,48 ^{a,b}
PEC+EX	48,52±0,10 ^c	47,77±2,36 ^b	48,65±0,75 ^{a,b}
PEC+NA	52,52±1,83 ^{a,b,c}	55,60±1,50 ^{a,b}	54,90±2,83 ^{a,b}
CMC10	54,52±1,98 ^{a,b}	56,80±4,21 ^a	55,22±2,81 ^a
CMC+EX	49,10±0,91 ^{b,c}	51,47±1,52 ^{a,b}	53,76±0,64 ^{a,b}
CMC+NA	54,18±0,20 ^{a,b,c}	54,07±1,80 ^{a,b}	53,43±1,34 ^{a,b}
GA10	57,16±1,84 ^a	55,56±0,70 ^{a,b}	56,34±1,85 ^a
GA+EX	49,74±1,64 ^{b,c}	52,10±0,93 ^{a,b}	47,25±1,38 ^b
GA+NA	55,02±0,02 ^{a,b}	55,50±2,08 ^{a,b}	55,31±1,47 ^a

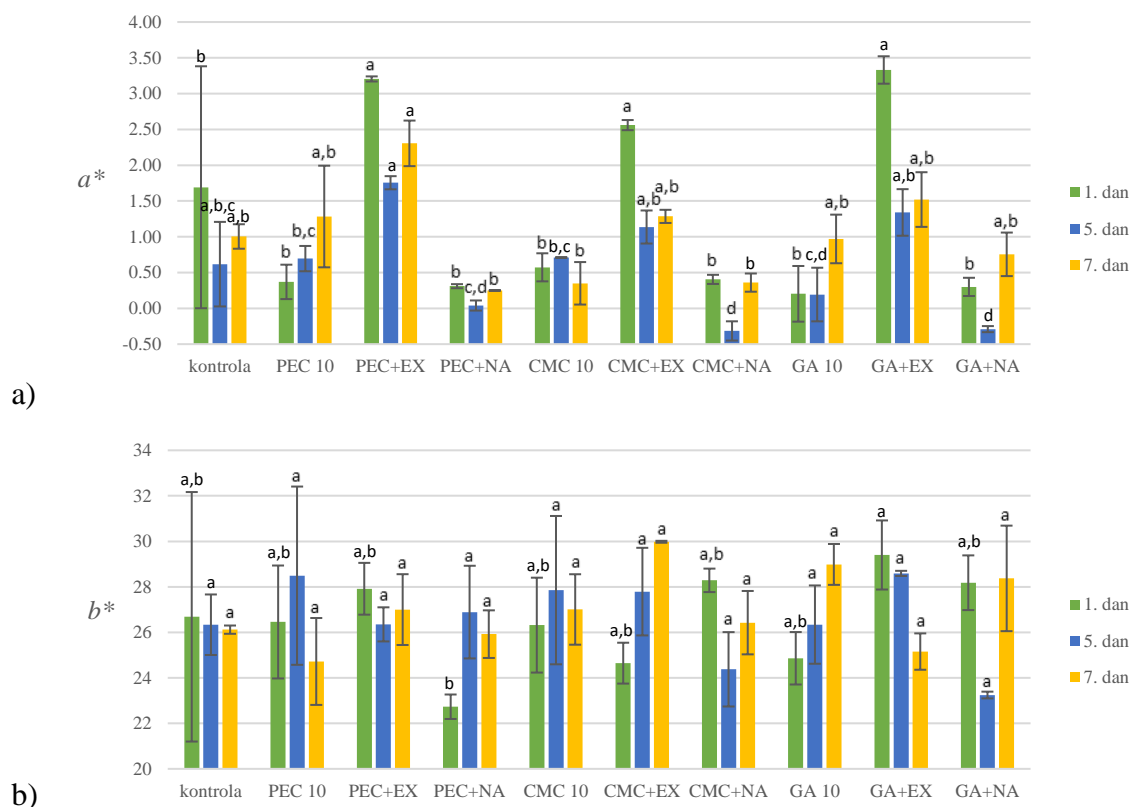
Prikazane su srednje vrijednosti (n=3) ± SD. ^{a-c} – uzorci se međusobno statistički razlikuju na $p \leq 0,05$.

Što se tiče parametra L^* (Tablica 7), statistički značajna razlika od kontrolnih uzoraka uočava se jedino kod uzorka PEC+EX ($54,97 \pm 3,19$), skladištenog 5 dana, gdje se L^* smanjuje značajno u odnosu na kontrolu 5. dan ($66,99 \pm 1,71$). Navedene vrijednosti ukazuju na tamnije tonove samog krumpira, a to se jasno moglo i vizualno zamijetiti (Tablica 1). Svi ostali uzorci ne razlikuju se značajno od kontrole. Vrijeme skladištenja ne utječe značajno na parametar L^* .

Tablica 7. Rezultati mjerenja parametra boje L^* u uzorcima krumpira bez i s aktivnim premazom

Uzorak	L^*		
	1. dan	5. dan	7. dan
kontrola	$64,15 \pm 1,06^{a,b}$	$66,96 \pm 0,04^{a,b}$	$60,66 \pm 0,91^{a,b}$
PEC10	$62,82 \pm 0,12^{a,b}$	$64,75 \pm 3,42^{a,b}$	$58,85 \pm 2,77^{a,b}$
PEC+EX	$56,88 \pm 0,62^{a,b}$	$54,97 \pm 3,19^b$	$56,42 \pm 1,83^{a,b}$
PEC+NA	$58,34 \pm 2,38^{a,b}$	$64,77 \pm 3,45^{a,b}$	$63,16 \pm 4,20^{a,b}$
CMC10	$63,04 \pm 3,75^{a,b}$	$66,99 \pm 2,76^a$	$64,28 \pm 2,35^{a,b}$
CMC+EX	$55,55 \pm 1,54^b$	$60,32 \pm 3,13^{a,b}$	$64,82 \pm 0,80^{a,b}$
CMC+NA	$63,97 \pm 0,66^{a,b}$	$61,13 \pm 3,15^{a,b}$	$61,66 \pm 0,67^{a,b}$
GA10	$65,16 \pm 2,73^a$	$64,28 \pm 2,04^{a,b}$	$67,43 \pm 3,29^a$
GA+EX	$59,44 \pm 3,09^{a,b}$	$61,59 \pm 1,09^{a,b}$	$53,68 \pm 2,02^b$
GA+NA	$64,96 \pm 1,00^{a,b}$	$62,07 \pm 2,53^{a,b}$	$65,61 \pm 3,83^{a,b}$

Prikazane su srednje vrijednosti ($n=3$) \pm SD. ^{a-b} – uzorci se međusobno statistički razlikuju na $p \leq 0,05$.



Slika 13. Parametri boje a) a^* i b) b^* u uzorcima krumpira bez i s aktivnim jestivim premazima




















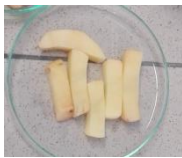

Kod kontrolnih uzoraka dolazi do pada vrijednosti parametra a^* (Slika 13a). Isto ponašanje zamijećeno je kod uzoraka tretiranih CMC s najvećim promjenama kod uzorka CMC+NA ($-0,32 \pm 0,13$). Tretiranjem otopinom PEC također se smanjuje parametar a^* u odnosu na kontrolu bez premaza, ali s dodatkom ekstrakta lista masline te razlike se smanjuju ($3,21 \pm 0,04$, u odnosu na $1,69 \pm 1,69$). Ovo ponašanje uočeno je samo direktno nakon potapanja. Tijekom skladištenja dolazi do opadanja parametra a^* u gotovo svim uzorcima, uključujući i kontrolni uzorak. Ipak nema značajne razlike vezano za tretman potapanja u odnosu na kontrolni uzorak u točno određeno vrijeme skladištenja. Suprotno ponašanje uočeno je samo kod uzoraka uronjenih u otopinu pektina bez dodatka i s dodatkom ekstrakta, kod kojih se a^* povećava, što ukazuje na smeđe tonove (Tablica 8).

Baldwin i sur. (1996) navode značajnije razlike u vrijednosti parametra a^* kod uzorka CMC-a bez antioksidansa nego onog s antioksidansima. Navedeno je suprotno od rezultata dobivenih u ovom istraživanju za premaze s dodatkom ekstrakta lista masline. Navedeno se pripisuje činjenici da je ekstrakt sam po sebi tamnije boje pa je moguće da je i to utjecalo na

tamnije tonove (Tablica 8). Statistički značajna razlika u odnosu na kontrolu, odmah nakon uranjanja, uočava se kod uzoraka s ekstraktom (PEK+EX, CMC+EX, GA+EX), a 5. dan i kod uzoraka s natrijevim askorbatom (PEK+NA, CMC+NA, GA+NA), dok 7. dan nema odstupanja od kontrole.

Promatrajući parametar b^* , može se zaključiti da nema značajne razlike među uzorcima ni u odnosu na kontrolu ni u odnosu na uzorke s premazom bez dodataka.

Tablica 8. Fotografije uzoraka krumpira s aktivnim premazom tijekom skladištenja 7 dana
(Vlastite fotografije)

Uzorak	1. dan	5. dan	7. dan
Kontrola			
PEC+EX			
PEC+NA			
GA+EX			
GA+NA			
CMC+EX			
CMC+NA			

Iz rezultata dobivenih za parametre L^* , a^* i b^* izračunata je ukupna razlika obojenosti ΔE^* te je prikazana u Tablici 9. ΔE^* za sve uzorke izračunat je u odnosu na kontrolu 1. dana. Kod kontrolnih uzoraka uočava se trend porasta razlike obojenosti 5. i 7. dan u odnosu na prvi dan. Također se može vidjeti da se dodatkom ekstrakta ΔE^* povećava u odnosu na kontrolni uzorak te na uzorak s premazom bez dodataka. Statistički značajna razlika uočava se kod uzoraka uronjenih u biopolimerne otopine s dodatkom ekstrakta lista masline, a najvišu vrijednost doseže GA+EX 7. dan ($10,67 \pm 2,15$). Dodatak natrijevog askorbata statistički značajno ne utječe na ΔE^* , osim u uzorku PEC+NA 1. dan. Općenito, kod uzoraka uronjenih u pektinske otopine, uočena je viša vrijednost ΔE^* .

Tablica 9. Razlika obojenosti ΔE^* u uzorcima krumpira bez i s aktivnim premazom u odnosu na kontrolu 1. dana

Uzorak	ΔE^*		
	1. dan	5. dan	7. dan
kontrola	/	$3,76 \pm 0,51^{b,c,d}$	$4,02 \pm 0,76^a$
PEC10	$3,36 \pm 0,06^{c,d}$	$4,48 \pm 1,95^{b,c,d}$	$5,99 \pm 3,13^{b,c,d}$
PEC+EX	$7,43 \pm 0,41^{b,c,d}$	$9,26 \pm 3,19^{b,c}$	$7,85 \pm 1,72^{b,c,d}$
PEC+NA	$7,53 \pm 2,13^{b,c,d}$	$4,05 \pm 0,59^{b,c,d}$	$4,14 \pm 1,19^{b,c,d}$
CMC10	$4,01 \pm 1,84^{b,c,d}$	$4,79 \pm 0,84^{b,c,d}$	$3,25 \pm 0,18^{c,d}$
CMC+EX	$8,85 \pm 1,70^{b,c,d}$	$4,88 \pm 2,50^{b,c,d}$	$3,77 \pm 0,14^{b,c,d}$
CMC+NA	$3,01 \pm 0,29^{c,d}$	$5,30 \pm 2,43^{b,c,d}$	$3,71 \pm 0,44^{b,c,d}$
GA10	$4,18 \pm 0,22^{b,c,d}$	$3,41 \pm 0,92^{c,d}$	$4,72 \pm 2,59^{b,c,d}$
GA+EX	$5,95 \pm 1,81^{b,c,d}$	$3,57 \pm 0,98^{b,c,d}$	$10,67 \pm 2,15^b$
GA+NA	$3,25 \pm 0,70^{c,d}$	$5,37 \pm 1,05^{b,c,d}$	$4,16 \pm 2,13^{b,c,d}$

Prikazane su srednje vrijednosti ($n=3$) \pm SD. ^{a-d} – uzorci se međusobno statistički razlikuju na $p \leq 0,05$.

Svi premazi s dodatkom ekstrakta su se pokazali prihvatljivim za čuvanje svježe narezanog krumpira tijekom 5 dana, a nakon 7 dana jedino GA+EX pokazuje negativna odstupanja.

4.2.2. pH krumpira s aktivnim jestivim premazom

Iz Tablice 10 može se primjetiti da u svim uzorcima i s ekstraktom i s natrijevim askorbatom pH vrijednost slijedi opadajući trend tijekom skladištenja kao i kontrolni uzorak. Među uzorcima nema statistički značajne razlike u odnosu na kontrolu.

Tablica 10. Rezultati mjerenja pH vrijednosti u uzorcima krumpira s aktivnim premazom

Uzorak	pH		
	1. dan	5. dan	7. dan
kontrola	6,31±0,00 ^b	5,73±0,00 ^c	5,63±0,00 ^{c,d}
PEC+EX	6,24±0,00 ^c	5,67±0,01 ^d	5,61±0,00 ^{d,e}
PEC+NA	6,25±0,01 ^{b,c}	5,71±0,00 ^c	5,65±0,01 ^c
CMC+EX	6,23±0,01 ^{c,d}	5,87±0,00 ^a	5,59±0,00 ^e
CMC+NA	6,39±0,00 ^a	5,78±0,01 ^b	5,77±0,00 ^a
GA+EX	6,18±0,00 ^d	5,72±0,01 ^c	5,65±0,01 ^c
GA+NA	6,30±0,02 ^b	5,86±0,00 ^a	5,70±0,01 ^b

Prikazane su srednje vrijednosti (n=2) ± SD. ^{a-d} – uzorci se međusobno statistički razlikuju na $p \leq 0,05$.

4.2.3. Udio vode i gubitak mase krumpira s aktivnim jestivim premazom

Iz rezultata prikazanih u Tablici 11, može se primjetiti da kod uzoraka s ekstraktom i s natrijevim askorbatom dolazi do povišenog udjela vode u uzorku u odnosu na kontrolu. Ipak te razlike nisu statistički značajne, uz izuzetak uzorka GA+NA 1. dana ($79,65 \pm 1,53$) i skladištenog 7 dana ($77,15 \pm 2,88$) koji se značajno razlikuje od kontrole ($70,34 \pm 0,71$). Tijekom skladištenja u većini uzoraka dolazi do blagog opadanja udjela vode u odnosu na 1. dan.

Tablica 11. Rezultati mjerenja udjela vode (%) u krumpiru

Uzorak	Udio vode (%)		
	1.dan	5.dan	7.dan
kontrola	$72,08 \pm 1,52^a$	$72,08 \pm 1,53^a$	$70,34 \pm 0,71^a$
PEC+EX	$74,86 \pm 1,43^a$	$69,39 \pm 7,29^a$	$71,87 \pm 2,56^a$
PEC+NA	$76,43 \pm 0,04^a$	$79,01 \pm 0,33^a$	$74,82 \pm 0,78^a$
CMC+EX	$76,71 \pm 2,25^a$	$75,83 \pm 3,27^a$	$75,57 \pm 0,12^a$
CMC+NA	$70,67 \pm 5,26^a$	$75,42 \pm 5,25^a$	$76,31 \pm 0,13^a$
GA+EX	$74,51 \pm 0,47^a$	$76,20 \pm 0,06^a$	$76,33 \pm 1,12^a$
GA+NA	$79,65 \pm 1,53^b$	$77,48 \pm 2,11^a$	$77,15 \pm 2,88^b$

Prikazane su srednje vrijednosti ($n=2$) \pm SD. ^{a-b} – uzorci se međusobno statistički razlikuju na $p \leq 0,05$.

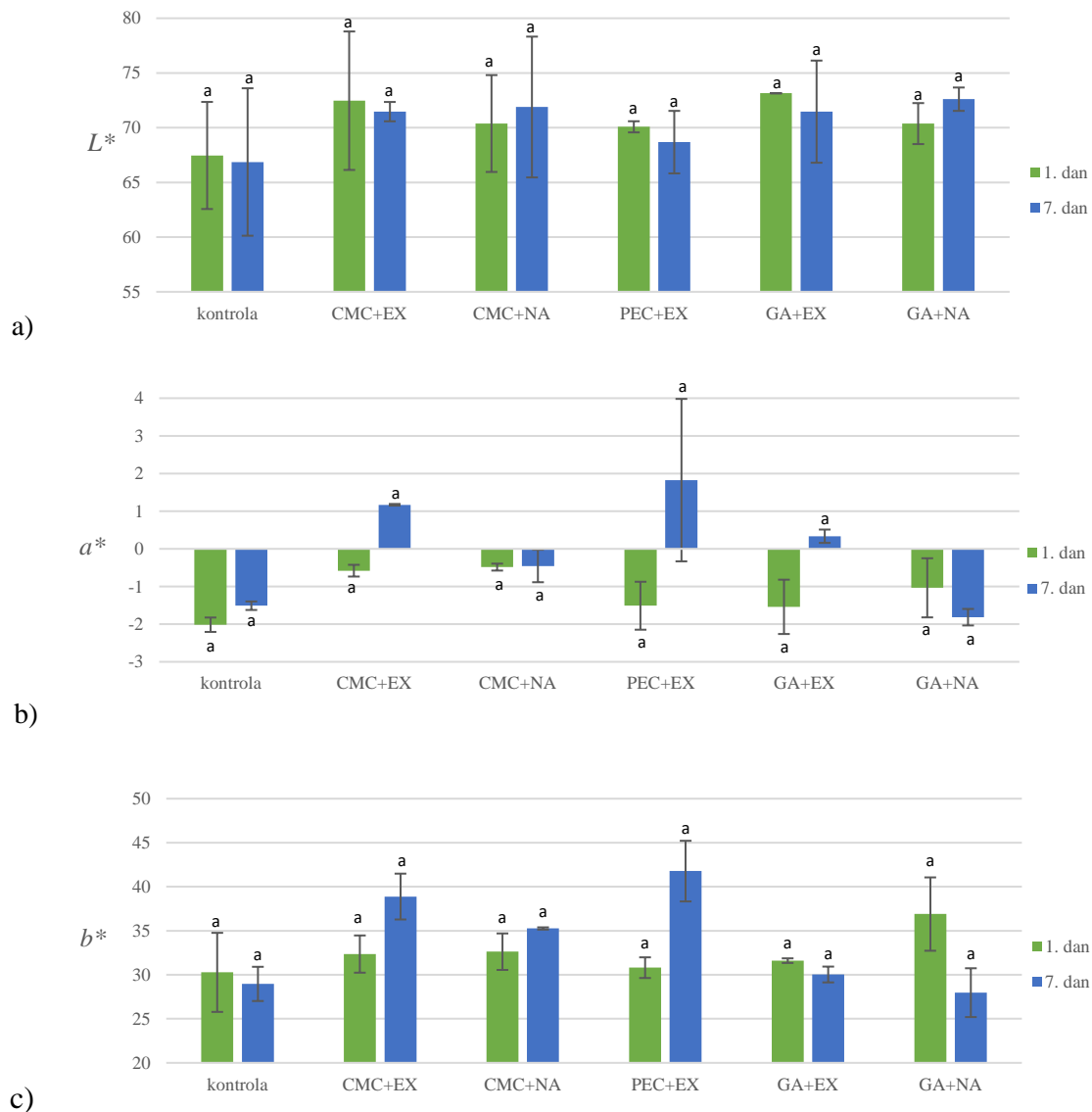
U Tablici 12, prikazani su rezultati gubitka mase 5. i 7. dana skladištenja u odnosu na 1. dan nakon uranjanja uzoraka krumpira u otopine biopolimera. Također, može se zamijetiti da je gubitak manji od 1 %, osim kod uzorka PEC+NA gdje je taj gubitak 1,22 %. Dakle, gubitak na masi krumpira uronjenih u otopine biopolimernih premaza s dodatkom antioksidanasa je zanemariv.

Tablica 12. Gubitak mase (%) u uzorcima krumpira s aktivnim jestivim premazima nakon 5. i 7. dana skladištenja

Uzorak	Gubitak mase (%)	
	5. dan	7. dan
kontrola	0,43	0,36
PEC+EX	0,42	0,34
PEC+NA	0,12	1,22
CMC+EX	0,32	0,55
CMC+NA	0,37	0,31
GA+EX	0,2	0,2
GA+NA	0,25	0,26

4.3. PRŽENJE KRUMPIRA I NJEGOVA KARAKTERIZACIJA

4.3.1. Boja prženog krumpira



Slika 14. Parametri boje a) L^* , b) a^* i c) b^* prženog krumpira s aktivnim premazom.

Nakon prženja krumpira, nema statistički značajne razlike među uzorcima u vrijednostima parametra L^* (Slika 14a), bez obzira na upotrijebljeni polimerni premaz s ekstraktom i natrijevim askorbatom.

Kod kontrolnog uzorka vrijednosti parametra a^* (Slika 14b) nakon prženja su negativne i 1. dan i nakon 7 dana skladištenja. Isti trend vidljiv je kod svih uzoraka prženih odmah 1. dan, dok su pozitivne vrijednosti parametra a^* uočene kod uzoraka tretiranih biopolimernim premazom s ekstraktom, skladištenih 7 dana. Niti jedan uzorak ne pokazuje statistički značajnu razliku u odnosu na kontrolu.

U gotovo svim uzorcima prženog krumpira vrijednost parametra b^* veća je od 30 (Slika 14c), ukazujući na žuti karakter prženog krumpira. Vrijeme skladištenja krumpira prije prženja nije utjecalo na promjenu parametra b^* nakon prženja, osim kod CMC+EX i PEC+EX, gdje je b^* parametar pokazao još više vrijednosti nakon 7 dana. Od kontrole 1. dan ($30,28 \pm 4,49$) statistički značajno se razlikuje samo uzorak GA+NA ($36,90 \pm 4,16$), a od kontrole 7. dan ($28,97 \pm 1,94$) značajna razlika uočava se kod uzorka PEC+EX ($41,78 \pm 3,44$). Općenito se može reći da premaz ne utječe značajno na promjene vrijednosti parametra b^* u prženom krumpiru. Do istog zaključka u svom istraživanju došli su i Kizito i sur. (2017).

Izračunate ΔE^* vrijednosti u uzorcima krumpira nakon prženja prikazani su u Tablici 13. ΔE^* svakog uzorka izračunat je u odnosu na kontrolu 1. dana, bez premaza i bez dodataka. Zamjećuje se lagano povećanje ΔE^* kod uzoraka prženih nakon 7 dana skladištenja u odnosu na iste uzorke pržene odmah nakon tretmana. Ne postoje statistički značajne razlike između uzoraka prženog krumpira uronjenog u biopolimerne otopine s dodatkom ekstrakta i natrijeva askorbata u odnosu na kontrolni uzorak, što je također u skladu s rezultatima Kizito i sur. (2017).

Tablica 13. ΔE^* u odnosu na kontrolu 1. dana u uzorcima prženog krumpira s aktivnim premazom

Uzorak	ΔE^* nakon prženja	
	1. dan	7. dan
kontrola	/	$5,11 \pm 1,29^a$
PEC+EX	$2,72 \pm 0,80^a$	$12,43 \pm 3,57^a$
CMC+EX	$5,14 \pm 4,40^a$	$9,97 \pm 1,62^a$
CMC+NA	$4,57 \pm 3,86^a$	$7,86 \pm 3,46^a$
GA+EX	$5,86 \pm 0,01^a$	$4,71 \pm 0,95^a$
GA+NA	$7,30 \pm 2,75^a$	$7,48 \pm 4,52^a$

Prikazane su srednje vrijednosti ($n=3$) \pm SD. ^a – uzorci se međusobno statistički razlikuju na $p \leq 0,05$.

4.3.2. Udio vode u prženom krumpiru

Budući da tijekom procesa prženja ulje zamjenjuje vodu prisutnu u krumpiru, udio vode u prženom krumpiru manji je za 20 do 30 % od udjela vode u svježem krumpiru. Promatrajući rezultate prikazane u Tablici 14, može se uočiti naglo smanjenje udjela vode kod uzoraka uronjenih u biopolimernu otopinu s dodatkom ekstrakta u odnosu na kontrolni uzorak, pogotovo 1. dan, dok se nakon prženja u istim uzorcima skladištenim 7 dana udio vode ponovno povećava. Al-Asmar i sur. (2018) također su zaključili da je kod prženog krumpira udio vode u uzorcima s premazom manji nego u kontrolnim uzorcima. Nijedan uzorak ne pokazuje statistički značajnu razliku u odnosu na kontrolu.

Zeng i sur. (2010) ispitivali su utjecaj hidrokoloidnih premaza, među kojima je i pektin, na tvorbu akrilamida u prženom krumpiru. Autori su zaključili da pektin ne utječe značajno na udio vode u prženom krumpiru, odnosno da se uzorci krumpira premazani pektinskim otopinama ne razlikuju značajno od kontrole.

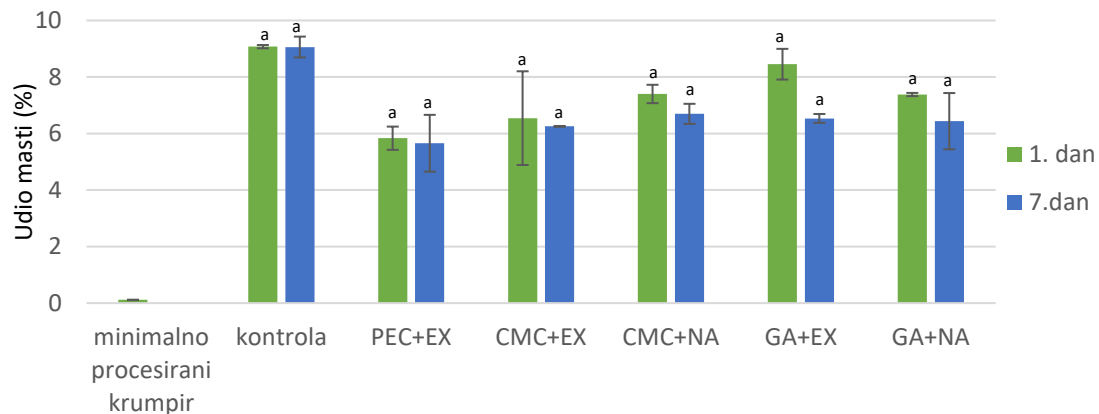
Najveći udio vode izmjeren je u uzorku CMC+NA, a jednaki rezultati zamijećeni su u radu Kizito i sur. (2017). Autori navode da je izmjeren najveći udio vode u uzorcima prženog krumpira premazanog otopinom CMC-a, što se može objasniti boljim mehaničkim svojstvima samog premaza.

Tablica 14. Rezultati mjerenja udjela vode (%) u prženom krumpiru s aktivnim premazom

Uzorak	Udio vode (%) nakon prženja	
	1. dan	7. dan
kontrola	54,91±6,01 ^{a,b}	58,44±4,06 ^a
PEC+EX	40,47±3,29 ^{a,b}	46,68±2,28 ^a
CMC+NA	63,75±3,05 ^a	59,54±8,38 ^a
CMC+EX	41,2±0,42 ^{a,b}	58,67±3,17 ^a
GA+NA	57,36±1,64 ^{a,b}	54±4,90 ^a
GA+EKS	28,24±13,12 ^b	51,21±4,41 ^a

Prikazane su srednje vrijednosti (n=2) ± SD. ^{a-b} – uzorci se međusobno statistički razlikuju na $p \leq 0,05$.

4.3.3. Udio masti u prženom krumpiru



Slika 15. Udio masti (%) u prženom krumpiru

Udio masti (Slika 15) u prženom kontrolnom uzorku krumpira iznosi $9,07 \pm 0,06$ %. Kod svih uzoraka tretiranih biopolimernim otopinama s dodatkom ekstrakta i natrijeva askorbata primjećuje se smanjenje udjela masti. 1. dan mjerenja najefikasniji se pokazao uzorak PEC+EX, gdje je udio masti za $35,71 \pm 4,53$ % manji u odnosu na kontrolni uzorak. Kod uzoraka skladištenih 7 dana smanjenje u odnosu na kontrolu je veće. Može se zamijetiti i da je udio masti u svim uzorcima tretiranim različitim otopinama čak i značajno manji u odnosu na uzorke pržene 1. dan. Najveće smanjenje udjela masti (Tablica 15), kao i kod 1. dana, zamijećeno je kod uzorka PEC+EX u vrijednosti od $37,58 \pm 11,09$ %.

Dobiveni rezultati u skladu su s literaturnim navodima Al-Asmar i sur., (2018) te Hua i sur. (2015) koji također navode da je u redukciji masti u prženom krumpiru najučinkovitiji pektin s 29,4 % odnosno oko 30 %.

Tablica 15. Smanjenje udjela masti u uzorcima prženog krumpira s premazom u odnosu na kontrolu bez premaza

Uzorak	Smanjenje udjela masti (%)	
	1. dan	7. dan
kontrola	/	/
PEC+EX	35,71±4,53 ^c	37,58±11,09 ^a
CMC+EX	27,88±18,27 ^{a,b}	30,99±0,16 ^a
CMC+NA	18,45±3,58 ^b	26,09±3,91 ^a
GA+EX	6,85±5,99 ^a	27,88±1,74 ^a
GA+NA	18,67±0,63 ^b	28,95±10,98 ^a

Prikazane su srednje vrijednosti (n=2) ± SD. ^{a-c} – uzorci se međusobno statistički razlikuju na $p \leq 0,05$.

5. ZAKLJUČCI

1. Kod uzoraka krumpira uronjenih u otopine biopolimernih premaza indeks bjeline (WI) se ne mijenja tijekom skladištenja. Dodatak natrijevog askorbata također nema utjecaj na WI, dok se dodatkom ekstrakta lista masline WI smanjuje u odnosu na kontrolni uzorak bez premaza te uzorak s premazom bez dodatka antioksidansa. Produžujući vrijeme potapanja, dolazi do značajnih razlika.
2. Vrijeme skladištenja ne utječe na parametar L^* , dok se produljenjem vremena potapanja L^* povećava, odnosno duže uranjanje uzoraka u otopinu s jestivim filmom rezultira svjetlijim uzorcima krumpira. Nakon prženja, također ne dolazi do značajnih promjena parametra L^* .
3. Tijekom skladištenja dolazi do opadanja vrijednosti parametra a^* u gotovo svim uzorcima uronjenim u otopine jestivih biopolimernih premaza te biopolimernih premaza s dodatkom antioksidansa.. Slično ponašanje pokazuju i prženi krumpiri, s izuzetkom uzoraka tretiranih biopolimernim premazom s ekstraktom, skladišteni 7 dana, gdje se parametar a^* povećava.
4. Parametar b^* ne mijenja se značajno u odnosu na kontrolu niti kod uzoraka s biopolimernim premazima niti kod uzoraka s biopolimernim premazima s antioksidansima. Vrijednosti parametra b^* ukazuju na žuti karakter prženih krumpira.
5. Porast ΔE^* tijekom vremena skladištenja, u odnosu na kontrolni uzorak bez i s premazom, javlja se u uzorcima krumpira uronjenih u otopine biopolimernih premaza s dodatkom ekstrakta lista masline. Vrijeme potapanja ne utječe značajno na ΔE^* . Porast ΔE^* uočen je i nakon prženja krumpirića skladištenih 7 dana u odnosu na iste uzorke pržene odmah nakon tretmana.
6. pH vrijednost uzoraka uronjenih u otopine jestivih biopolimernih premaza te biopolimernih premaza s dodatkom antioksidansa slijedi opadajući trend tj. uzorci postaju kiseliji tijekom sedmodnevnog skladištenja, što je u skladu s kontrolnim uzorkom bez premaza. Produljenje vremena potapanja intenzivira promjene pH vrijednosti.
7. U kontrolnim uzorcima se smanjuje udio vode od 1. do 7. dana skladištenja, a takav trend smanjenja se uočava kod većine uzoraka obloženih biopolimernim premazom te biopolimernim premazom s dodatkom antioksidansa. Kod uzoraka uronjenih u otopine

biopolimernih premaza s dodatkom antioksidansa udio vode je u laganom porastu u odnosu na kontrolu.

- 8.** Udio vode prženih krumpira skladištenih 1 dan se naglo smanjuje kod uzoraka obloženih biopolimernim otopinama s dodatkom ekstrakta lista masline u odnosu na kontrolu, dok se nakon prženja u istim uzorcima skladištenim 7 dana uočava ponovni porast udjela vode.
- 9.** Gubitak na masi krumpira s biopolimernim premazom te biopolimernim premazom s dodatkom antioksidansa u odnosu na 1. dan je zanemariv (manji od 1 %). Izuzetak su uzorci uronjeni u otopinu kitozana, kod kojih je taj gubitak znatno veći (oko 11 %). Produljenjem vremena potapanja kod nekih uzoraka također se značajno povećava gubitak na masi.
- 10.** Kod svih uzoraka prženih krumpira prethodno tretiranih biopolimernih otopinama s dodatkom antioksidansa udio masti se značajno smanjuje u odnosu na pržene krumpire bez premaza, a povećanjem vremena skladištenja razlike su još veće. Najveće smanjenje udjela masti pokazali su uzorci obloženi pektinskom otopinom s dodatkom ekstrakta.

6. LITERATURA

Abaza, L., Taamalli, A., Nsir, H., Zarrouk, M. (2015) Olive tree (*Olea europaea* L.) leaves: Importance and advances in the analysis of phenolic compounds. *Antioxidants* **4**, 682-698.

Abdul Khalil, H. P. S., Banerjee, A., Saurabh, C. K., Tye, Y. Y., Suriani, A. B., Mohamed, A., Karim, A.A., Rizal, S., Paridah, M. T. (2017) Biodegradable films for fruits and vegetables packaging application: preparation and properties. *Food Eng. Rev.* **10**, 139-153.

Ahmad-Qasem, M. H., Cánovas, J., Barrajon-Catalán, E., Micol, V., Cárcel, J. A., García-Pérez, J. V. (2013) Kinetic and compositional study of phenolic extraction from olive leaves (var. Serrana) by using power ultrasound. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.* **17**, 120-129.

Ajo, R. Y. (2017) Application of hydrocolloids as coating films to reduce oil absorption in fried potato chip-based pellets. *Pak. J. Nutr.* **16**, 805-812.

Al-Asmar, A., Naviglio, D., Giosafatto, C. V. L., Mariniello, L. (2018) Hydrocolloid-based coatings are effective at reducing acrylamide and oil content of french fries. *Coatings* **8**, 1-13.

Amaral, R. D. A., Achaerandio, I., Benedetti, B. C., Pujola, M. (2017) The influence of edible coatings, blanching and ultrasound treatments on quality attributes and shelf-life of vacuum packaged potato strips. *LWT Food Sci. Technol.* **85**, 1-7.

Ananey-Obiri, D., Matthews, L., Azahrani, M. H., Ibrahim, S. A., Galanakis, C. M., Tahergorabi, R. (2018) Application of protein-based edible coatings for fat uptake reduction in deep-fat fried foods with an emphasis on muscle food proteins. *Trends in Food Sci. Technol.* **80**, 167-174.

Anonymous 1 (2019)
<<https://www.woolworths.com.au/shop/productdetails/208895/potato-white-washed>>.
Pristupljeno 2. lipnja 2019.

Anonymous 2 (2015) Krumpir (*Solanum tuberosum* L.),
<http://www.bilje.hr/POLJOPRIVREDA/AgBase_4/HTML/Krumpir.html>. Pristupljeno 2. lipnja 2019.

Anonymous 3 (2012) <<http://www.fritpom.net/en/produkt/peeled-vacuum-packed-potatoes>>. Pristupljeno 2. lipnja 2019.

Anonymous 4 (2018) <<https://photo.stackexchange.com/questions/98476/is-it-possible-to-pre-calculate-white-balance-gains-from-a-sample-image>>. Pristupljeno 14. rujna 2019.

Ansah, F. A., Amodio, M. L., Colelli, G. (2018) Quality of fresh-cut products as affected by harvest and postharvest operations. *J. Sci. Food Agric.* **98**, 3614-3626.

Arslan, M., Xiaobo, Z., Shia, J., Rakhab, A., Hua, X., Zareefa, M., Basheera, X. Z. S. (2018) Oil uptake by potato chips or French fries: A review. *Eur. J. Lipid Sci. Tech* **120**, 1-37.

Aydeniz, B., Yilmaz, E. (2016) Performance of different natural antioxidant compounds in frying oil. *Food Technol. Biotechnol.* **54**, 21–30.

Baldwin, E. A., Nisperos, M. O., Chen, X., Hagenmaier, R. D. (1996) Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biol. Technol.* **9**, 151-163.

Barrett, D. M., Beaulieu, J. C., Shewfelt, R. (2010) Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Crit. Rev. Food Sci.* **50**, 369-389.

Bouaziz, F., Koubaa, M., Neifar, M., Zouari-Ellouzi, S., Besbes, S., Chaari, F. (2016). Feasibility of using almond gum as coating agent to improve the quality of fried potato chips: Evaluation of sensorial properties. *LWT - Food Sci. Techn.* **65**, 800-807.

Buturac, I. (2008) Neiskorištena raznolikost krumpira, krumpir obojenog mesa i važnost antoksidansa u krumpiru. *Glasnik zaštite bilja* **3**, 7-16.

Camire, M. E., Kubow, S., Donnelly, D. J. (2009) Potatoes and human health. *Crit. Rev. Food Sci.* **49**, 823-840.

Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A., Abert-Vian, M. (2016) Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications A Review. *Ultrason. Sonochem.* **34**, 540-560.

Chemat, F., Vian, M. A., Cravotto, G. (2012) Green extraction of natural products: concept and principles. *Int. J. Mol. Sci.* **13**, 8615-8627.

Cvjetko Bubalo, M., Vidović, S., Radojčić Redovniković, I., Jokić, S. (2015) Green solvents for green technologies. *J. Chem. Technol. Biot.* **90**, 1631-1639.

Denoya, G. I., Vaudagna, S. R., Polenta G. (2014) Effect of high pressure processing and vacuum packaging on the preservation of fresh-cut peaches. *Food Sci. Tech.* **62**, 801-806.

Furrer, A. N., Chegeni, M., Ferruzzi, M. G. (2016) Impact of potato processing on nutrients, phytochemicals and human health. *Crit. Rev. Food Sci.* **58**, 146-168.

Galgano, F., Condelli, N., Favati, F., di Bianco, V., Perretti, G., Caruso, C. (2015) Biodegradable packaging and edible coating for fresh-cut fruits and vegetables. *Ital. J. Food Sci.* **27**, 1-20.

Galić, K. (2009) Edible films in the food industry. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition* **4**, 23-31.

Gennadios, A., Sumner, S. S. (1999) Application of edible coatings on meats. *Reciprocal Meat Conference Proceedings* **52**, 57-58.

Guerrero, P., Arana, P., O'Grady, M. N., Kerry, J. P., de la Caba, K. (2015) Valorization of industrial by-products: development of active coatings to reduce food losses. *J. Clean Prod.* **100**, 179-184.

Hu, F. B., Manson, J. E., Willett, W. C. (2001) Types of dietary fat and risk of coronary heart disease: A critical review. *J. Am. Coll. Nutr.* **20**, 5-19.

Hua, X., Wang, K., Yang, R., Kang, J., & Yang, H. (2015) Edible coatings from sunflower head pectin to reduce lipid uptake in fried potato chips. *Food Sci. Tech.* **62**, 1220-1225.

Hussein, Z., Caleb, O. J., Opara, U. L. (2015) Perforation-mediated modified atmosphere packaging of fresh and minimally processed produce - A review. *Food Packaging and Shelf Life* **6**, 7-20.

Jarén, C., López, A., Arazuri, S. (2009) Advanced Analytical Techniques for Quality Evaluation of Potato and Its Products. U: *Advances in Potato Chemistry and Technology*, 2. izd. (Jaspreet, S., Lovedeep, K.) Academic Press, Burlington, str. 563-602.

Jaspreet, S., Lovedeep, K. (2009) *Advances in potato chemistry and technology*, Academic press, Burlington.

Jia, B., Fan, D., Li, J., Duan, Z., Fan, L. (2017) Effect of guar gum with sorbitol coating on the properties and oil absorption of french fries. *Int. J. Mol. Sci.* **18**, 1-13.

Jin, C., Wu, X., Zhang Y. (2013) Relationship between antioxidants and acrylamide formation: A review. *Food Res. Int.* **51**, 611–620.

Khemakhem, I., Ahmad-Qasem, M. H., Catalán, E. B., Micol, V., García-Pérez, J. V., Ayadi, M. A., Bouaziz, M. (2016) Kinetic improvement of olive leaves bioactive compounds extraction by using power ultrasound in a wide temperature range. *Ultrason. Sonochem.* **34**, 466-473.

Kita, A. (2014) The effect of frying on fat uptake and texture of fried potato products. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **116**, 735-740.

Kizito, K. F., Abdel-Aal, M. H., Ragab, M. H., Youssef, M. M. (2017) Quality attributes of French fries as affected by different coatings, frozen storage and frying conditions. *J. Agric. Sci. Bot.* **1**, 18-24.

Kurek, M., Ščetar, M., Galić, K. (2017) Edible coatings minimize fat uptake in deep fat fried products: A review. *Food Hydrocol.* **71**, 225-235.

Lante, A., Tinello, F., Nicoletto, M. (2016) UV-A light treatment for controlling enzymatic browning of fresh-cut fruits. *Inn. Food Sci. Emerg.* **24**, 141-147.

Lisinska, G., i Leszczynski, W. (1989) *Potato science and technology* [online], The Universities Press Ltd., Belfast, <
[https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=WYT1S7qhn4sC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Lisi%20C5%84ska,+G.,+Leszczy%C5%84ski,+W.+\(1989\)+Potato+science+and+technology.+Springer+Science+%26+Business+Media.&ots=AXwH7gE4o4&sig=KQAaCxMZgyuomtWry3yBpR0HWc0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=WYT1S7qhn4sC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Lisi%20C5%84ska,+G.,+Leszczy%C5%84ski,+W.+(1989)+Potato+science+and+technology.+Springer+Science+%26+Business+Media.&ots=AXwH7gE4o4&sig=KQAaCxMZgyuomtWry3yBpR0HWc0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)>. Pristupljeno 18. travnja 2019.

Ma, L., Zhang, M., Bhandari, B., Gao, Z. (2017) Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. *Trends Food Sci. Tech.* **64**, 23-38.

Mallikarjunan, P., Chinnan, M. S., Balasubramaniam, M. S., Phillips, R. D. (1997) Edible coatings for deep-fat frying of starchy products. *LWT-Food Sci. Tech.* **30**, 709–714.

Maskan, M., Horuz, E. (2017) Evaluation of antioxidant properties of Za'atar (*Thymbra spicata*) essential oils as natural antioxidant for stability of palm olein during deep-fat frying process. *J. Food Sci. Tech.* **54**, 1794-1801.

Miranda, M. L., Aguilera, J. M. (2007) Structure and texture properties of fried potato products. *Food Rev. Int.* **22**, 173-201.

Morales, G., Jimenez, M., Garcia, O., Mendoza, M. R., Beristain, C. I. (2014) Effect of natural extracts on the formation of acrylamide in fried potatoes. *Food Sci. Tech.* **58**, 587-593.

Mousa, R. M. A. (2018) Simultaneous inhibition of acrylamide and oil uptake in deep fat fried potato strips using gum Arabic-based coating incorporated with antioxidants extracted from spices. *Food Hydrocol.* **83**, 265-274.

Muhamedbegović, B., Juul, N. V., Jašić, M. (2015) *Ambalaža i pakiranje hrane*, Offset, Tuzla, str. 191-193.

Muzzio, C. R., Dini, G. D. (2011) Simulation of freezing step in vial lyophilization using finite element method. *Comp. Chem. Eng.* **35**, 2274-2283.

Oke, E. K., Idowu, M. A., Sobukola, O. P., Adeyeye, S. A. O., Akinsola, A. O. (2017) Frying of food: a critical review. *Journal of Culinary Science & Technology* **16**, 107-127.

Olivas, G. I., Barbosa-Cánovas, G. V. (2005) Edible Coatings for Fresh-Cut Fruits. *Crit. Rev. Food Sci.* **45**, 657-670.

Otoni, C. G., Avena-Bustillos, R. J., Azeredo, H. M. C., Lorevice, M. V., Moura, M. R., Mattoso, L. H. C., McHugh, T. H. (2017) Recent advances on edible films based on fruits and vegetables - a review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **16**, 1151-1169.

Paladugu, K., Gunasekaran, K. (2017) Development of gum arabic edible coating formulation through nanotechnological approaches and their effect on physico-chemical change in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit during storage. *Int. J. Agric. Sci.* **9**, 3866–3870.

Patel, S., Shende, S., Arora, S., Singh, R. R. B., Rastogi, S., Kumar, A. (2014) Singh rawat Antioxidant potential of herbs and spices during deepfrying of ghee. *Int. J. Dairy Technol.* **67**, 365-372.

Pasha, I., Saeed, F., Sultan, M. T., Khan, M. R., Rohi, M. (2014) Recent developments in minimal processing: a tool to retain nutritional quality of food. *Crit. Rev. Food Sci.* **54**, 340-351.

Peri, I., Saguy, I. S. (2015) Continuous injection of water and antioxidants possible roles on oil quality during frying. *Food Sci. Tech.* **64**, 919-925.

Pereira, D. M., Valentão, P., Andrade, P. (2009) Phenolics: from chemistry to biology. *Molecules* **14**, 2202-2211.

Pillai, C.K.S., Paul, W., Sharma, C.P. (2009) Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation. *Prog. Polym. Sci.* **34**, 641-678.

Pospišil, A. (2010) *Ratarstvo*, Zrinski d.d., Čakovec, str. 190-206.

Rico, D., Martín-Diana, A. B., Barat, J. M., Barry-Ryan, C. (2007) Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends Food Sci. Tech.* **18**, 373-386.

Rocha, A. M. C. N., Coulon, E. C., Morais, A. M. B. (2003) Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food Serv. Tech.* **3**, 81-88.

Saha, A., Gupta, R. K., Tyagi, J. K. (2014) Effects of edible coatings on the shelf life and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers during storage. *J. Chem. Pharm. Res.* **6**, 802-809.

Sahin, S., Samli, R. (2013) Optimization of olive leaf extract obtained by ultrasound-assisted extraction with response surface methodology. *Ultrason. Sonochem.* **20**, 595–602.

Shortle, E., O Grady, M.N., Gilroy, D., Furey, A., Quinn, N., Kerry, J.P., (2014) Influence of extraction technique on the anti-oxidative potential of hawthorn (*Crataegus monogyna*) extracts in bovine muscle homogenates. *Meat Sci.* **98**, 828-834.

Silva-Weiss, A., Ihl, M., Sobral, P. J. A., Gomez-Guillen, M. C., Bifani, V. (2013) Natural additives in bioactive edible films and coatings: functionality and applications in foods. *Food Eng. Rev.* **5**, 200-216.

Soliva-Fortuny, R. C., Grigelmo-Miguel, N., Hernando, I., Lluch, M. Á., Martín-Belloso, O. (2002) Effect of minimal processing on the textural and structural properties of fresh-cut pears. *J. Sci. Food Agric.* **82**, 1682-1688

Spanou, A., Giannouli, P. (2013) Extend of self-life of potato round slices with edible coating, green tea and ascorbic acid. *International Journal of Nutrition and Food Engineering* **7**, 591-595.

Storey, M. (2007) *The Harvested Crop, U: Potato Biology and Biotechnology Advances and Perspectives* (Vreugdenhil, D., Bradshaw, J., Gebhardt C., Govers, F., MacKerron, D. K. L., Taylor, M. A., Ross, H. A., ured.), Elsevier Ltd., Oxford, str. 441-466.

Talhaoui, N., Taamalli, A., Gómez-Caravaca, A.M., Fernández-Gutiérrez, A., Segura-Carretero, A. (2015) Phenolic compounds in olive leaves: Analytical determination, biotic and abiotic influence, and health benefits. *Food Research Int.* **77**, 92-108.

Tamer, C. E., Çopur, Ö.U. (2010) Chitosan: an edible coating for fresh-cut fruits and vegetables. *Acta hortic.* **877**, 619-624.

Vahčić, N., Hruškar, M., Marković, K. (2008) Analitičke metode za određivanje osnovnih sastojaka hrane, Praktikum, Prehrambeno-biotehnološki fakultet.

Waimaleongora-Ek, P., Corredor, A. J. H., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., King, J. M., Janes, M. E., Sathivel, S. (2008) Selected quality characteristics of fresh-cut sweet potatoes coated with chitosan during 17-day refrigerated storage. *J. Food Sci.* **73**, 418-423.

Zaheer, K., Akhtar, M. H. (2014) Potato production, usage, and nutrition—a review. *Crit. Rev. Food. Sci.* **56**, 711-721.

Zeng, X., Cheng, K., Du, Y., Kong, R., Lo, C., Chu, I. K., Chen, F., Wang, M. (2010) Activities of hydrocolloids as inhibitors of acrylamide formation in model systems and fried potato strips. *Food Chem.* **121**, 424-428.

Zhang, M., Menga, X., Bhandarib, B., Fangc, Z., Chena, H. (2014) Recent application of modified atmosphere packaging (map) in fresh and fresh-cut foods. *Food Rev. Int.* **31**, 172-193.

Zhu, F., Cai, Y., Keb, J., Corke, H. (2009) Evaluation of the effect of plant extracts and phenolic compounds on reduction of acrylamide in an asparagine/glucose model system by RP-HPLC-DAD. *J. Sci. Food Agr.* **89**, 1674-1681.

7. PRILOZI

Prilog 1. Popis kratica:

MAP – pakiranje u modificiranoj atmosferi

RH – relativna vlažnost

CH – kitozan

PEC – pektin

CMC – karboksimetil celuloza

GA – guma arabika

CH0,5 – otopina kitozana, uranjanje 0,5 min

CH2 – otopina kitozana, uranjanje 2 min

CH10 – otopina kitozana, uranjanje 10 min

PEC0,5 – otopina pektina, uranjanje 0,5 min

PEC2 – otopina pektina, uranjanje 2 min

PEC10 – otopina pektina, uranjanje 10 min

CMC0,5 – otopina karboksimetil celuloze, uranjanje 0,5 min

CMC2 – otopina karboksimetil celuloze, uranjanje 2 min

CMC10 – otopina karboksimetil celuloze, uranjanje 10 min

GA0,5 – otopina gume arabike, uranjanje 0,5 min

GA2 – otopina gume arabike, uranjanje 2 min

GA10 – otopina gume arabike, uranjanje 10 min

PEC+EX – otopina pektina s dodatkom ekstrakta lista masline

PEC+NA – otopina pektina s dodatkom natrijevog askorbata

CMC+EX – otopina karboksimetil celuloze s dodatkom ekstrakta lista masline

CMC+NA – otopina karboksimetil celuloze s dodatkom natrijeva askorbata

GA+EX – otopina gume arabike s dodatkom ekstrakta lista masline

GA+NA – otopina gume arabike s dodatkom natrijeva asorbata

IZJAVA O IZVORNOSTI

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

Ime i prezime studentice

IZJAVA O IZVORNOSTI

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

Martina Planić

Ime i prezime studentice