

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2020.

Lea Radošević

1203/N

**PRIMJENA JESTIVIH FILMOVA
OBOGAĆENIH EKSTRAKTIMA
LIŠĆA MASLINE I KOPRIVE ZA
PRŽENJE 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) financiranog sredstvima Hrvatske zaklade za znanost.

Prije svega se želim zahvaliti mentorici doc.dr.sc. Miji Kurek na neizmjernej pomoći u svakom trenutku izvođenja i pisanja ovog rada. Hvala na pristupačnosti, savjetima i vremenu koje ste odvojila za mene. Hvala i doc.dr.sc. Maji Repajić i ostalim kolegama na svojoj dodatnoj pomoći i podršci.

Posebno i veliko hvala mojim prijateljima koji su uvijek tu za mene. Bez vas ne bi sve uvijek bilo lako i zabavno kao što je bilo, najbolji ste.

Na kraju, najviše hvala mojoj obitelji, posebice roditeljima i sestri: mama, tata, Matea - volim vas.

Još jednom, hvala svima od srca!

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: Nutricionizam

Primjena jestivih filmova obogaćenih ekstraktima lišća masline i koprive za prženje krumpira

Lea Radošević, 1203/N

Sažetak:

Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj jestivih filmova od karboksimetil celuloze ili gume arabike obogaćenih s ekstraktima lišća masline ili koprive [u koncentracijama od 0,5 i 1,5 % (m/v)] na senzorska svojstva (prije i nakon prženja), te smanjenje udjela masti u prženom krumpiru. Vrsta polimera značajano je utjecala na boju sirovih krumpira, dok primjenom ekstrakata dolazi do značajnijeg posmeđivanja i sirovog i prženog krumpira. Korištenjem premaza neovisno o sastavu dolazi do promjene mirisa i okusa, dok se pri višim koncentracijama ekstrakta primjećuje niža razina zauljenosti. Udio ukupnih fenola viši je u uzorcima s ekstraktom lista masline u odnosu na uzorke s ekstraktom lista koprive. Iako se udio masti smanjio u premazanim uzorcima, značajnije razlike obzirom na vrstu ekstrakta nije bilo, ukazujući da ekstrakti lista koprive ili masline u primjenjenim koncentracijama nemaju ulogu u redukciji masti u odnosu na premaze bez ekstrakta. Ovo istraživanje ukazuje kako korištenje premaza može biti djelotvoran način smanjenja apsorpcije masti u krumpirima prženim u ulju.

Ključne riječi: krumpir, prženje, masti, jestivi filmovi, list masline, list koprive

Rad sadrži: 47 stranica, 18 slika, 8 tablica, 73 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 2020.

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: Nutrition

Application of edible coatings enriched with extracts from olive and nettle leaves for potato frying

Lea Radošević, 1203/N

Abstract:

The aim of this work was to investigate application of edible coatings made from carboxymethyl cellulose or gum arabic enriched with extract of olive or nettle leaves [in concentrations of 0,5 and 1,5 % (w/v)] on sensory properties (before and after frying) and oil content in fried potatoes. Type of polymers significantly influenced colour of raw samples, while used extracts had a significant impact on the browning of raw and fried potatoes. Independently of the formulations, coatings had an impact on odour and taste, while oiliness was reduced in samples with extracts. Total phenolic content was higher in olive leaves extract samples when compared to samples with nettle leaves extract. Even though the content of oil was reduced in coated samples, there was no significant difference between extracts used, indicating that olive or nettle leaves extracts used in applied concentrations did not have a significant impact on oil reduction in comparison with samples without extracts. This work shows that using edible coatings might be a useful and alternative way in fat reduction in deep fat fried potatoes.

Keywords: potato, frying, oils, edible coatings, olive leaf, nettle leaf

Thesis contains: 47 pages, 18 figures, 8 tables, 73 references, 1 supplement

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, 2020

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. KRUMPIR	3
2.1.1. Kemijski sastav i nutritivna vrijednost krumpira	3
2.2. MINIMALNO PROCESIRANO VOĆE I POVRĆE	5
2.2.1. Minimalno procesirani krumpir (ekonomska i prehrambena važnost) i njegova termička obrada	5
2.3. PRŽENJE KRUMPIRA I SVOJSTVA PRŽENOG PROIZVODA	7
2.4. METODE ZA SMANJENJE UDJELA MASTI U PRŽENOM KRUMPIRU ...	9
2.4.1. Prženi krumpir s jestivim premazom	9
2.5. PRIRODNI ANTIOKSIDANSI I UTJECAJ NA SMANJENJE MASTI U PRŽENIM PROIZVODIMA	13
2.5.1. Primjena prirodnih antioksidansa pri prženju	14
2.5.2. List masline	15
2.5.3. Kopriva.....	16
3. EKSPERIMENTALNI DIO	18
3.1. MATERIJALI	18
3.2. METODE RADA	18
3.2.1. PRIPREMA I ANALIZA EKSTRAKATA LISTOVA MASLINE I KOPRIVE	18
3.2.1.1. Priprema ekstrakata	18
3.2.1.2. Liofilizacija	19
3.2.1.3. Spektrofotometrijsko određivanje ukupnih fenola.....	20
3.2.2. PRIPREMA OTOPINA JESTIVIH FILMOVA I TRETIRANJE UZORAKA KRUMPIRA	21
3.2.2.1. Priprema otopina jestivih filmova	21
3.2.2.2. Nanošanje jestivih premaza i prženje krumpira	22
3.2.3. ANALIZA FIZIKALNO-KEMIJSKIH SVOJSTAVA SVJEŽIH I PRŽENIH KRUMPIRA	23
3.2.3.1. Mjerenje boje.....	23

3.2.3.2. Određivanje udjela vode i suhe tvari u uzorcima prženog krumpira	24
3.2.3.3. Određivanje udjela masti metodom po Soxhlet-u	24
3.2.3.4. Senzorska analiza	25
3.2.4. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	26
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	27
4.1. ODREĐIVANJE UDJELA UKUPNIH FENOLA	27
4.2. MJERENJE BOJE.....	28
4.2.1. Karakteristike boje u sirovom i prženom krumpiru	28
4.3. ODREĐIVANJE UDJELA SUHE TVARI I MASTI U KRUMPIRU.....	30
4.4. SENZORSKA ANALIZA.....	31
5. ZAKLJUČCI	38
6. POPIS LITERATURE.....	40
7. PRILOZI	

1. UVOD

Posljednjih je godina svijest o pravilnoj prehrani sa smanjenim udjelom masti i višim unosom antioksidansa postala sve veća te su ljudi počeli više pažnje pridavati nutritivno kvalitetnijim i hranjivijim namirnicama. Krumpir (*Solanum tuberosum* L.) je kao namirnica izvor vrlo važnih mikronutrijenata, makronutrijenata i fitokemikalija. Jedan je od 4 najvažnije i najčešće konzumirane namirnice u svijetu, nakon pšenice, riže i kukuruza. Često se, ali pogrešno, misli da nije zdrav ponajviše zbog visokokaloričnih proizvoda koji se od njega proizvode. Ipak, navedena tvrdnja nije ispravna i zbog toga ga se ne bi trebalo izbjegavati kao namirnicu u pravilnoj i uravnoteženoj prehrani.

Zbog današnjeg ubrzanog načina života, sve se više koristi minimalno procesirano voće i povrće, poznatije i kao *ready-to-eat* (spremna za konzumaciju) ili *ready-to-cook* (spremna za kuhanje/pripravu) hrana. To su proizvodi koji su minimalno obrađeni i pakirani te kao takvi spremni za konzumaciju ili daljnu termičku obradu u domaćinstvima. Na taj način olakšava se distribucija, a potrošaču se smanjuje vrijeme pripreme i omogućuje brza konzumacija. Međutim, kod ovakvih se proizvoda javlja problem brzog propadanja izvorne sirovine što direktno utječe na kvalitetu proizvoda u vidu posmeđivanja, mehaničkih oštećenja i sl. To je potaklo znanstvenu zajednicu da nastoji pronaći prikladan način ili metodu obrade takvih proizvoda kako bi se dulje održali svježima te im se produljio rok valjanosti. S tim ciljem primjenjuju se različite kemijske, fizikalne ili netermičke metode. Jedna od sve popularnijih netermičkih metoda je nanošenje jestivih filmova. Primjenom jestivih filmova, odnosno tankih slojeva jestivih hidrokoloida, štiti se proizvod od mehaničkog stresa i propadanja, poboljšava nutritivni profil tretiranog i procesiranog proizvoda te služi kao aktivni omotač za dostavu nutritivno bogatih sastojaka poput antioksidansa. Jestivi filmovi razlikuju se karakterističnom strukturom i drugim svojstvima, a odabirom odgovarajućeg filma te njegovim nanošenjem na svjež narezani krumpir mogu se odgoditi promjene koje kod krumpira ne bi bile prihvatljive te on ne bi bio pogodan za daljnju obradu i uporabu. Danas su u tu svrhu najčešće korišteni filmovi od polisaharidnih materijala.

Jedna od vrlo često korištenih metoda pripreme hrane, a ponajviše krumpira jest prženje. Tijekom navedenog procesa dolazi do interakcija između ulja za prženje te hrane koja se u njega uranja pri čemu se mijenjaju nutritivna i senzorska svojstva proizvoda. Hrana pržena u vrućem ulju uglavnom ima visok udio masti, kalorijski je vrlo bogata te često sadrži

potencijalno kancerogene spojeve (npr. akrilamid). Navedeno predstavlja razlog za zabrinutost među potrošačima jer može izazvati različite zdravstvene smetnje i probleme prilikom preučestale konzumacije. Europska komisija (*European Commission* – EC) je 2013. godine preporučila količinu akrilamida ispod 500 mg/kg u prženom krumpiru. Iz tog se razloga znanstvenici danas sve više koncentriraju na razvijanje učinkovitih metoda za smanjenje sadržaja masti i akrilamida u gotovim prženim proizvodima s ciljem što manjeg utjecaja na poželjna organoleptička svojstva.

Često korištena metoda kojom je moguće smanjiti udio masti i poboljšati nutritivni profil jest i nanošenje jestivog filma na površinu krumpira čime se smanjuje isparavanje vode i posljedično utječe na smanjeni unos ulja u sam proizvod. Osim toga, moguće je i smanjeni nastanak akrilamida tijekom prženja. Povoljno je i to što je moguća ugradnja biljnih ekstrakata koji su bogati polifenolima koji povećavaju nutritivna svojstva jestivih premaza. Suvremena znanstvena istraživanja usmjerena su u revalorizaciju otpada u prehrambenoj industriji i poljoprivredi. Sukladno tome, list zelene masline smatra se jeftinom sirovinom, često tretiranom kao otpad, a odličan je izvor visoko vrijednih spojeva, ponajviše antioksidansa. Upravo zbog svog bogatog fitokemijskog sastava list masline i koprive mogu poslužiti kao osnovna sirovina za pripremu ekstrakata s antioksidativnim svojstvima koji se ugrađuju u jestive filmove za premazivanje i obogaćivanje krumpira.

Ekstrakti bioaktivnih spojeva ili njihovih prekursora dobivaju se jednostavnom ekstrakcijom konvencionalnim ili suvremenim tehnologijama, a najnoviji trendovi usmjereni su upravo na primjenu jeftinih, brzih i ekološki sigurnih postupaka koji su u skladu s načelima zelene kemije. Ekstrakcija ultrazvukom jednostavna je, učinkovita i jeftinija alternativa konvencionalnim postupcima te se njome izoliraju vrijedni spojevi iz biljnih materijala poput lista masline i koprive.

Cilj ovog istraživanja bio je odrediti utjecaj aktivnih jestivih premaza obogaćenih različitim koncentracijama ekstrakta lista masline i koprive na smanjenje udjela masti prilikom prženja krumpira. Karboksimetil celuloza i guma arabika korišteni su kao polimeri za ugradnju aktivnih sastojaka. U istraživanju se određivala boja, udio vode, gubitak mase krumpira te udio masti u prženom krumpiru. Provedena je i sezorska analiza krumpira prije i nakon prženja, gdje se senzorski pratila promjena boje, okusa i teksture uzrokovana primjenom jestivih filmova različite formulacije.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. KRUMPIR

Krumpir (*Solanum tuberosum* L.), gomolj iz obitelji *Solanaceae*, podrijetlom je iz područja Anda (Južna Amerika). Procjenjuje se da u svijetu postoji oko 5000 vrsta krumpira (Zaheer i Akhtar, 2014) od kojih se čak 3000 nalazi u navedenom području Južne Amerike i to većinom u Peruu, Boliviji, Ekvadoru, Čileu i Kolumbiji. Dvije su glavne podvrste krumpira: *andigena* (iz područja Anda) i *tuberosum* (iz Čilea). Krumpiri se razlikuju u veličini, obliku, boji, udjelu škroba te okusu, a trenutno su zbog lakog načina uzgoja i velike nutritivne vrijednosti na četvrtom mjestu najviše korištenih namirnica u svijetu, iza pšenice, riže te kukuruza. Do danas se uzgoj krumpira proširio na sve kontinente, u različite regije s različitim okolišnim uvjetima, a najviši porast uzgoja bilježi se u toplim i vlažnim tropskim dijelovima Azije, posebice tijekom sušnije sezone. Količina proizvedenog krumpira u 2010. godini iznosila je 324 milijuna tona, a najveći svjetski proizvođač postala je Kina, potom Indija, Rusija te SAD.

Zanimljivo je da se količina konzumiranog krumpira u razvijenim zemljama svijeta tijekom vremena povećavala, te je ona u periodu od 1960. do 2010. godine narasla s 10 kg na 11 kg po stanovniku (Avendano, 2012). Način na koji se krumpir danas konzumira također se promijenio pa ga tako možemo pronaći u obliku čipsa, krumpirića, pečenog, u obliku pirea i slično, ovisno o tradiciji i kulturi u kojoj se konzumira. Nadalje, Europska komisija je dozvolila korištenje *Amflore*, genetički modificiranog krumpira za proizvodnju industrijskog škroba.

2.1.1. Kemijski sastav i nutritivna vrijednost krumpira

Krumpiri se sastoje od 77 % vode, te 20 % probavljivih ugljikohidrata, bogat su izvor esencijalnih nutrijenata, ugljikohidrata, proteina, vitamina C, vitamina B6, magnezija, kalija i vlakana. Pečeni krumpir s korom sadrži 93 kcal (390 kJ)/100 g, koje većinom potječu od ugljikohidrata, a vrlo mali udio iz proteina (Zaheer i Akhtar, 2014). Također, konzumacijom krumpira djelomično se zadovoljavaju količine dnevnih potreba nekih esencijalnih nutrijenata: kalij (ima ulogu u održavanju kiselobazne ravnoteže, potiče eliminaciju natrija, (26 % DRI – *Dietary reference intake*, prehrambeni referentni unos), vitamin C (potreban za rast i popravak tkiva u svim dijelovima tijela, antioksidans, 28 % DRI), vitamin B6 (sudjeluje u gotovo svakoj enzimskoj reakciji u tijelu, 27 % DRI), prehrambena vlakna (15 % DRI), magnezij (dio nekoliko metaloenzima s ulogama u staničnoj funkciji, 12 % DRI), željezo (kofaktor metabolizma nekih enzima, 10 % DRI) i ostali (Tablica 1) (Zaheer i Akhtar, 2014).

Tablica 1. Nutritivni profil krumpira (USDA, 2011)

POVRĆE	KOLIČINA	ENERGIJA	VITAMINI	MINERALI
Krumpiri	Jedan, Srednje veličine, Pečen bez soli	161 kcal Proteini 4,33 g Vlakna 3,8 g	Vitamin C 16,6 mg Niacin 2,439 mg Tiamin 0,1111 mg Riboflavin 0,083 mg	Kalij 926 mg Fosfor 121 mg Magnezij 43 mg Kalcij 26 mg Natrij 17 mg Željezo 1,87 mg Cink 0,62 mg

Količina i mineralni sastav krumpira značajno se razlikuje od sorte do sorte i ovisi o regiji u kojoj je krumpir uzgajan. Međutim u svakoj je vrsti najznačajniji udio ugljikohidrata, kalija te askorbinske kiseline (vitamin C) (Zaheer i Akhtar, 2014.). Tako je primjerice udio kalija u krumpiru uzgojenom na području Kanarskih otoka (Španjolska) varirao od 373 mg do 602 mg/100 g krumpira (Luis i sur., 2011). Osim askorbinske kiseline, nove pigmentirane vrste krumpira sadrže viši udio fitokemikalija koje djeluju kao antioksidansi. Antioksidansi su komponente koje sudjeluju u oksidativnim reakcijama na način da ih sprječavaju ili odgađaju i na taj način sprječavaju nastanak oksidativnog stresa koji ima brojne negativne utjecaje na zdravlje. Navedene fitokemikalije su uglavnom polifenoli, antocijanini, karotenoidi, flavonoidi, tokoferoli, te alfa-linolenska kiselina. Studije ukazuju da visoko pigmentirani kultivari (npr. ljubičasti) imaju više antocijanina i karotenoida od ostalih vrsta (Brown, 2005). Ukupna antioksidativna aktivnost te ukupni fenoli i antocijani rastu od bijelog, preko žutog, crvenog, a najviše ih ima u ljubičastom krumpiru (Zaheer i Akhtar, 2014).

Nedavno istraživanje pokazalo je da bi konzumacija bijelog krumpira (pečenog i prženog) mogla biti jedan od glavnih izvora važnih nutrijenata (vlakna, kalij, magnezij, kalcij i vitamin E) u djece i adolescenata. Upravo te skupine u prosjeku konzumiraju manje povrća i voća, ali značajno više proizvode od krumpira (Freedman i Keast, 2011)

Zaključno, neupitna je važnost konzumacije krumpira u svakodnevnom životu, no potrebno je razviti kvalitetnije tehnike procesiranja kako bi se izbjegli negativni učinci čestog konzumiranja pržene hrane (krumpirići i sl.) zbog povećanog unosa masti i akrilamida.

2.2. MINIMALNO PROCESIRANO VOĆE I POVRĆE

U posljednje je vrijeme zbog ubrzanog načina života porasao interes za minimalno procesiranim voćem i povrćem koje zbog svog načina pripreme i uvjeta u kojima se prodaje značajno skraćuje vrijeme potrebno za pripremu jela prije konzumacije. Osim toga, potrošačima je porasla svijest o načinu prehrane i prednostima koje pravilna prehrana donosi, od prevencije raznih bolesti do usporavanja procesa starenja i slično (Hussein i sur., 2015).

Pod pojam minimalno procesiranog voća i povrća spada bilo koja vrsta voća ili povrća koje je fizički promijenjeno u odnosu na njegovo prvobitno stanje, npr. oprano, oljušteno, oguljeno ili narezano, međutim ono pritom ostaje u svojem svježem i toplinski neobrađenom stanju. Iz tog razloga takve proizvode često nazivamo i *ready-to-eat* ili *ready-to-cook*, budući da je potrošaču olakšana distribucija i konzumacija proizvoda (Marić, 2019). Primjer minimalno procesiranog voća i povrća su svježe voćne salate u čašicama, razne obročne povrtno salate, prethodno narezano povrće namijenjeno konzumaciji uz umak i slično (Ansah i sur., 2018).

Naravno, svaka sirovina nije ista te na njenu kvalitetu mogu utjecati razni faktori. Glavni je problem kod minimalno procesiranog voća što brzo dolazi do pogoršanja kvalitete proizvoda tijekom proizvodnje i skladištenja u smislu promjene boje (enzimatsko posmeđivanje), teksture (sirovina omekšava), a dolazi i do smanjenja nutritivne vrijednosti, gubitka vode te stvaranja nepoželjnih mirisa i okusa. Sve je to posljedica metaboličkih procesa koji se u voću i povrću nastavljaju čak i nakon berbe, a uz to dolazi i do raznih mehaničkih oštećenja tkiva rezanjem, guljenjem i sličnim radnjama. Kako bi se navedeni procesi usporili ili spriječili te tako produžio rok valjanosti prehrambenih proizvoda, nužno je preventivno djelovati na voće i povrće odgovarajućim tehnologijama obrade (Hussein i sur., 2015).

2.2.1. Minimalno procesirani krumpir (ekonomska i prehrambena važnost) i njegova termička obrada

Minimalno procesirani proizvod od krumpira je sirovi, oguljeni i narezani krumpir (Slika 1). Moguće ga je naći u različitim oblicima kao što su prutići, ploškice ili kockice. Dok je sirov, krumpir sadrži veliki udio rezistentnog škroba koji je sačinjen od škroba i produkata njegove degradacije koje ljudsko tijelo ne može apsorbirati, odnosno apsorpcija u tankom crijevu nije moguća. Njihova struktura onemogućuje razgradnju u probavnom traktu stoga je krumpir

potrebno prije konzumacije termički obraditi. Termička obrada škrob čini želatinoznim, on gubi svoju kristalnu strukturu te postaje probavljiv (Marić, 2019).



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

Količina konverzije rezistentnog škroba u probavljivi nakon termičke obrade ovisi o procesu termičke obrade. Primjerice, kuhani krumpira ima manje od 2 % rezistentnog škroba u usporedbi s 10 % u krumpirovom brašnu (Garcia-Alonso i Goti, 2000). Jedno je istraživanje promatralo utjecaj kuhanja ili termičke obrade u mikrovalnoj pećnici na udio fenolnih kiselina (neoklorogena i protokatekujnska kiselina) u oguljenom i neoguljenom krumpiru. Primjećeno je da je veći gubitak bio u oguljenim krumpirima neovisno o kojem načinu termičke obrade je bila riječ. Manji gubitak fenolnih kiselina može se postići smanjivanjem vremena kuhanja ili kuhanjem u mikrovalnoj pećnici (Barba i sur., 2008).

Osim škroba, i drugim se nutrijentima prisutnim u krumpiru povećava biodostupnost nakon termičke obrade. Nutritivna vrijednost krumpira, njegov okus i prikladnost spremanja čine ga jednim od najpopularnijih namirnica za proizvodnju snackova i grickalica. Krumpiri su hranjivi, jeftini i dobar izvor nutrijenata spomenutih u Tablici 1. Stanovnici slabije razvijenih država koji si ne mogu priuštiti visokoenergetske proizvode, poput mesa i mliječnih proizvoda, koriste krumpire kao primarni izvor energije.

Krumpiri proizvode više energije po jedinici obradive površine i vremena (216 MJ/ha na dan) u usporedbi s kukuruzom (159 MJ/ha na dan) ili pšenicom (121 MJ/ha na dan) (Zaheer i Akhtar, 2014). Drugim riječima, polja gdje se uzgajaju krumpiri daju brže prinose više nutritivno bogate hrane na manjim površinama te u težim okolišnim uvjetima u usporedbi s drugim važnim namirnicama poput kukuruza i pšenice. Nadalje, čak do 85 % biljke je jestivo dok je kod žitarica taj iznos oko 50 % (Lutaladio i Castaldi, 2010). Trenutno je oko 2 % unosa

energije u svijetu unešeno konzumacijom krumpira. Iz tog je razloga potrebno promovirati krumpir kao dobar prehrambeni izvor nutrijenata, ali istražiti i razviti nove metode i tehnologije obrade krumpira za grickalice budući da je to najčešći oblik konzumacije krumpira u potrošača diljem svijeta.

Budući da se krumpir koristi i kao prehrambeni proizvod u prehrani razvijenih zemalja, porasla je i potreba za razvojem organski uzgojenog krumpira koji nije tretiran različitim pesticidima i kemikalijama tijekom proizvodnje. Organski uzgojeni krumpiri za sada se uglavnom mogu pronaći u bolje opremljenim i često skupljim dućanima. Jedna je studija pokazala kako organski uzgojeni krumpiri imaju statistički značajno više magnezija i bakra, a manje željeza i natrija dok je količina kalcija, kalija i cinka bila slična u usporedbi s konvencionalno uzgojenim krumpirima (Griffiths i sur., 2012).

2.3. PRŽENJE KRUMPIRA I SVOJSTVA PRŽENOG PROIZVODA

U naravi krumpir ne utječe previše na unos masti u prehrani, međutim kao takav je relativno bezukusan. Budući da je okus hrane vrlo važan te se potrošači na temelju okusa odlučuju konzumirati određene proizvode, proizvodi od krumpira zahtijevaju dodatak masti i soli kako bi oni bili ukusniji i poželjniji među potrošačima. Nažalost, takvi proizvodi mogu uzrokovati ozbiljne zdravstvene probleme, posebice povećati vjerojatnost nastanka pretilosti, ali i ostalih zdravstvenih stanja (hipertenzija i ostale kardiovaskularne bolesti). Kako je upotreba topline u pripremi jela od krumpira esencijalna, prilikom topinske obrade dolazi do kemijskih reakcija između endogenih spojeva kao što su šećeri i aminokiseline. Najčešća i vrlo poželjna reakcija za razvijanje ugodnih aroma i okusa je Maillard-ova reakcija. To je reakcija između šećera i aminokiselina, međutim tijekom same reakcije i krajnji produkti ovise o prirodi i prisutnosti različitih konstituenata tijekom procesa. Posljedica može biti nastanak nepoželjnih toksičnih spojeva – akrilamida koji nastaju pri prženju ili pečenju krumpira pri visokim temperaturama. Pokazalo se da većina proizvoda od krumpira sadrži više razine akrilamida pri procesiranju pri povišenim temperaturama (Zaheer i Akhtar, 2014).

Prženje kao metoda pripreme hrane koristi se kroz čitavu povijest, vjerojatno zbog svoje jednostavnosti i brzine. To je složen proces u kojem dolazi do prijenosa topline između proizvoda i medija za zagrijavanje (ulje za prženje) (Oke i sur, 2017). Nadalje, zbog složenih interakcija koje nastaju između ulja i hrane, mijenjaju se nutritivna i senzorska svojstva

proizvoda, što se najčešće odnosi na poboljšavanje senzorskih, ali pogoršavanje nutritivnih svojstava.

Poznato je da postoje faktori o kojima ovisi do kojih će promjena u prženom krumpiru doći, to su osim svojstava same sirovine i: vrsta ulja, brzina ugradnje zraka u ulje, temperatura, omjer volumena ulja i površine hrane, duljina uranjanja, proces zagrijavanja i materijal od kojeg je napravljena posuda u kojoj se prži (Miranda i Aguilera, 2007). Na većinu navedenih faktora se može utjecati te je od izuzetne važnosti razumijevanje procesa koji se odvijaju tijekom prženja kako bi se optimizirali i razvili noviji i kvalitetniji procesi prženja s ciljem minimiziranja lošeg utjecaja na nutritivni sastav namirnice.

Osim okusa, mirisa i boje, jedno od važnijih senzorskih svojstava prženih krumpira je njihova karakteristična hrskava tekstura. Na nju utječu promjene u samom krumpiru, udio škroba i neškrobnih polisaharida, ali i način na koji se prženje odvija te vrsta i kvaliteta masti za prženje (Kita, 2002).

Proizvodi od prženog krumpira u širokoj su primjeni u cijelom svijetu među populacijama svih godina i to najčešće u obliku grickalica i snackova. U 100 g čipsa u prosjeku ima 34,6 g ulja, dok je to za pomfrit oko 14,8 g/100 g jestivih porcija (Miranda i Aguilera, 2007). Apsorpcija masti tijekom prženja je proces na koji utječe mnoštvo faktora i to: početni udio vlage proizvoda, vrijeme i temperatura prženja, oblik proizvoda, kvaliteta ulja, obrada namirnice nakon prženja i drugi. Nadalje, pokazalo se kako neki lipidi nisu bili prisutni u hrani prije njenog prženja (Kurek i sur., 2017), ali i da se ulje ne apsorbira u namirnicu tijekom samog procesa prženja već u procesu hlađenja (Oke i sur., 2017). Količina masti u proizvodu važan je parametar koji ukazuje na njegovu kvalitetu, a trenutno predstavlja i glavni problem i fokus istraživanja u prehrambenoj industriji. Razlog tomu su zasićene i *trans* masne kiseline koje prevladavaju u prženim proizvodima, a mogu biti uzrok nastanka kardiovaskularnih bolesti, pretilosti i pojave određene vrste raka. Iz tog se razloga danas sve veća pažnja pridodaje upravo razvoju novih tehnologija i metoda smanjenja udjela masti u gotovom proizvodu bez da se mijenjaju ostala poželjna senzorska i nutritivna svojstva.

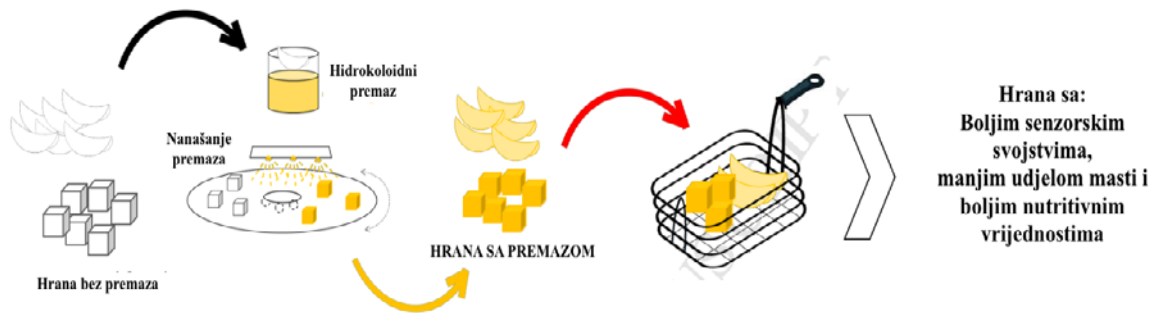
2.4. METODE ZA SMANJENJE UDJELA MASTI U PRŽENOM KRUMPIRU

Važnost krumpira kao namirnice i izvora nutrijenata je neupitna, no potrebno je razviti nove tehnologije obrade budući da su prženi proizvodi s visokim udjelom masti kao što su čips i prženi krumpirići učestalo konzumirani proizvodi u prehrani. Pokazalo se da prženi proizvodi sadrže do 45 % više masti u odnosu na sirovu namirnicu ili pripremljenu na neki drugi način (Rimac-Brnčić i sur., 2004). Do sada je otkriveno da se na apsorpciju masti može utjecati (smanjiti) promjenom uvjeta prženja, procesom predušenja krumpira te korištenjem jestivih filmova. Promjena uvjeta prženja, praćenje temperature i vremena prženja te kontrola razgradnje i viskoznosti ulja za prženje primarni su načini smanjenja apsorpcije masti (Oke i sur., 2017). Nadalje, predušenjem se reducira početna količina vode u krumpiru i samim time dolazi do redukcije apsorpcije masti. Uspješnim su se pokazali i tretmani namakanja krumpira u različite otopine, primjerice u vodenu otopinu koja sadrži 5% (*m/v*) NaCl i 20% (*m/v*) saharoze ili vodenu otopinu koja sadrži samo NaCl u različitim koncentracijama (3, 5 i 7 % *m/v*) (Arslan i sur., 2018). Jedna od najnovijih metoda koja se istražuje je korištenje jestivih premaza u prženju krumpira s ciljem smanjenja udjela masti.

2.4.1. Prženi krumpir s jestivim premazom

U prehrambenim se tehnologijama sve više koriste jestivi premazi kako bi se postigli razni ciljevi. Naime, moguće je utjecati na hrskavost, sočnost i smanjenje udjela masti u prženoj hrani s premazima, a bez djelovanja na ostale poželjne karakteristike proizvoda. Kako bi se zadovoljili takvi uvjeti te postigle poželjne modifikacije, potrebno je razviti kvalitetne formulacije premaza, ali i optimizirati uvjete prženja (Kilincceker i Hepsag, 2011).

Prema definiciji, jestivi premazi predstavljaju tanak sloj materijala koji je siguran za konzumaciju, a na proizvodu djeluje kao barijera prema vanjskim utjecajima (plinovi, mikroorganizmi, fizička oštećenja). Oni čine polupropusnu membranu kojoj je cilj produljenje roka valjanosti proizvoda, očuvanje kvalitete te poboljšanje nutritivnih svojstava gotovog proizvoda (Raghav i sur., 2016). Djeluju, dakle kao prepreka za kretanje vode i masti na način da film na površini proizvoda smanjuje veličinu i broj pora čime se smanjuje i gubitak vode s površine te prodiranje masti u hranu (Marić, 2019). Slika 2 prikazuje shemu djelovanja i korištenja jestivih premaza u prženoj hrani.



Slika 2. Shema djelovanja i korištenja jestivih premaza u prženoj hrani (prilagođeno iz: Kurek i sur., 2017)

Jestivi premazi se često koriste na hrani koja je suha te se ona uranja u pripremljene otopine premaza. Kvaliteta premazanih prženih proizvoda i dalje ovisi o faktorima kao što je vrijeme prženja, način nanašanja premaza, tvari koje čine premaz (polisaharidi, proteini i slični) te njegova fizikalno-kemijska svojstva. Najčešće korišteni spojevi za pripremu jestivih premaza su polisaharidi, lipidi i proteini (Tablica 2) od kojih je svaki specifičan i njegova upotreba ovisi o svojstvima koja se žele postići u krajnjem proizvodu (Kilincceker i Hepsag, 2011). Nadalje, hidrokoloidi su pokazali poželjna djelovanja i uspješnost u smanjenju apsorpcije masti i to uglavnom derivati celuloze kao što su: metil-celuloza, hidroksipropil celuloza, hidroksipropilmetil celuloza i drugi (Rimac-Brnčić i sur., 2003). Navedeni hidrokoloidi su topljivi u vodi te stvaraju filmove poželjnih karakteristika. Pokazalo se da dodatak sorbitola u određenim koncentracijama može popraviti svojstva premaza kao barijere te na taj način utjecati na smanjenje udjela masti u odnosu na uzorke bez premaza (García i sur., 2008).

Tablica 2. Korištenje jestivih premaza u svrhu reduciranja udjela masti u prženim proizvodima (Kurek i sur., 2017)

VRSTA PREMAZA	PROIZVOD	SMANJENJE UDJELA MASTI (%)	LITERATURNI REFERENCA
Hidroksipropil-metilceluloza (HPMC)	Okruglice od krumpira	61,4	Mallikarjunan i sur., 1997
	Piletina	5	Holownia i sur., 2000
Hidroksipropil celuloza (HPC)	Pekarski proizvodi	51	Williams i Mittal, 1999
Karboksimetilceluloza (CMC)	Krumpiri	21,2	Daraei Garmakhany i sur., 2008
	Kozice	8,5-17,3	Izadi i sur., 2015
	Tikvice	98	Abtahi i sur., 2016
CMC + pektin + guar + ksantan	Kriške krumpira	70-76	Daraei Garmakhany i sur., 2014
Kukuruzni škrob	Čips od krumpira	44,3	Angor i sur., 2013
Okra	Čips od krumpira	45	Archana i sur., 2016
Okra + karagenan	Čips od krumpira	45	Archana i sur., 2016
Pektin	Proizvodi od žitarica	17	Albert i Mittal, 2002
	Kriške krumpira	47-63	Daraei Garmakhany i sur., 2014
Guma iz drva slatkog badema	Čips od krumpira	34	Bouaziz i sur., 2016
Gelan guma	Pekarski proizvodi	59,4	Williams i Mittal, 1999
	Komadi krumpira	12,2	Kim i sur., 2011
Guar guma	Krumpir	22,4	Daraei Garmakhany i sur., 2008
	Kozice	12,4-16,5	Izadi i sur., 2015
	Komadi mrkve	53	Akdeniz i sur., 2006
Ksantan	Krumpir	21,7	Daraei Garmakhany i sur., 2008
	Čips od banane	17	Sothornvit, 2011
	Čips od krumpira	66,4	Daraei Garmakhany i sur., 2014

Guma arabika (GA) je prirodni polisaharid koji se dobiva iz eksudata debla i grana biljke *Acacia senegal*, kao i ostalih vrsta akacije u obliku suhog i gumastog ekstrakta (Slika 3). Ima jedinstvena svojstva zbog kojih je često korištena: visoki stupanj topljivosti, komercijalna

dostupnost, manja viskoznost u odnosu na druge gume, emulzifikacija, dobro stvaranje filmova te netoksičnost (Mousa, 2018).



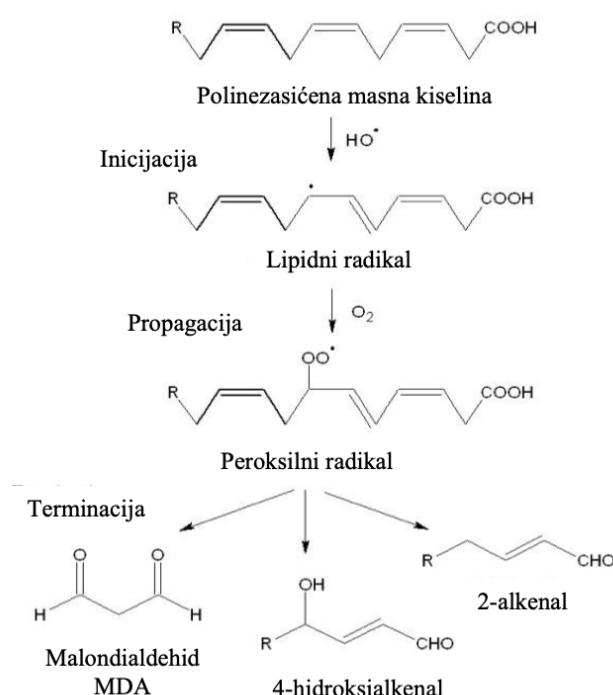
Slika 3. Sirovina iz stabla akacije za dobivanje gume arabike (Silva i sur., 2018)

Nadalje, GA je građena od 3 različite gradivne jedinice: arabinogalaktan protein (10,4 %), arabinogalaktan (88,4 %) i glikoprotein (1,24 %). Zahvaljujući prisutnosti aminokiselina u njenom sastavu, sama po sebi može imati antioksidativno djelovanje (Montenegro i sur., 2012). Molekule arabinogalaktana su odgovorne za svojstva stvaranja filmova dok ostale proteinske frakcije (glikoproteini) sudjeluju u procesima emulzifikacije. Navedena antioksidativna svojstva se mogu povećati naknadnim dodatkom prirodnih antioksidativnih ekstrakata.

Karboksimetil celuloza (CMC) ima svojstvo dobrog uspostavljanja polimernih interakcija. Filmovi od karboksimetil celuloze uglavnom su karakterizirani dobrim mehaničkim svojstvima i visokom topljivošću, što im daje prednost pri primjeni na prehrambenim proizvodima. Također, CMC čini jako dobru barijeru za kisik, arome i ulje, te osigurava čvrstoću i integritet premazanog proizvoda. Ima vrlo čvrstu mrežu usko povezanih vodikovih veza te nizak stupanj topljivosti, zbog čega je poželjan u korištenju na proizvodima u kojima se nastoji napraviti barijera za kisik. Istraživanja su pokazala da upotreba ovog polimera na svježoj rajčici odgađa pojavu enzimskog posmeđivanja te time produljuje rok valjanosti svježeg povrća (Baraiya i sur., 2012).

2.5. PRIRODNI ANTIOKSIDANSI I UTJECAJ NA SMANJENJE MASTI U PRŽENIM PROIZVODIMA

Oksidacija je proces zbog kojeg dolazi do pojave užeglog okusa i mirisa u ulju čime se smanjuje i njegova nutritivna kvaliteta. Postoji nekoliko vrsta oksidacijskih reakcija ovisno o uzroku nastajanja: fotooksidacija, termooksidacija, enzimska oksidacija te autooksidacija. Autooksidacija je reakcija između kisika i nezasićene masne kiseline gdje kao produkt nastaje slobodni radikal te se pokreće lančana reakcija u 3 koraka: inicijacija, propagacija i terminacija (Slika 4) (Taghvaei i Jafari, 2013).



Slika 4. Prikaz lančane reakcije izazvane djelovanjem slobodnih radikala (Eraković, 2019)

Antioksidansi su komponente koje sprječavaju autooksidaciju ulja i masti tako što doniraju atom vodika slobodnim radikalima koji nastaju tijekom inicijacije i propagacije. Postoje mnogi faktori koji utječu na autooksidaciju te način na koji će se ona odvijati, a neki od njih su: temperatura, prisutnost kisika, svjetlost, vlaga te prisutnost teških metala. Djelovanjem antioksidansa smanjuje se utjecaj oksidacije budući da je prisutan manji broj slobodnih radikala koji mogu uzrokovati oštećenje stanice. Općenito se antioksidanse može podijeliti u dvije skupine: prirodni i sintetski. Od sintetskih su najpoznatiji butilirani hidroksi anisol (BHA), butilirani hidroksi toluen (BHT) te tertbutil hidrokinon (TBHQ). U većini država postoje regulative koje propisuju dozvoljene količine sintetskih antioksidansa u proizvodima te njihovu sigurnost temeljeno na dugoročnim toksikološkim ispitivanjima. Također, sintetski

antioksidansi gube svoja pozitivna svojstva te se raspadaju pri višim temperaturama kao što je slučaj kod prženja (Aladedunye i Przybylski, 2009). Upravo zbog sve većeg straha od korištenja sintetskih antioksidansa, u posljednje se vrijeme potiče upotreba prirodnih antioksidanasa u svrhu stabilizacije ulja (Taghvaei i Jafari, 2013).

2.5.1. Primjena prirodnih antioksidansa pri prženju

Fenolne komponente prirodnog podrijetla sve se više koriste u prehrambenoj industriji budući da su nutritivno vrlo korisne te pozitivno djeluju kao antioksidansi (Bubonja-Sonje i sur., 2011). Antioksidansi mogu biti prisutni u bilo kojem dijelu biljke, od korijena, stabljike, lista do plodova i sjemenki. Osim antioksidanasa iz listova koprive i masline koji će detaljnije biti opisani u sljedećim poglavljima, često se koriste i antioksidansi sezama. Naime, sezamovo ulje sadrži spoj sezamol za koji je poznato da ima jaka antioksidativna svojstva te pozitivno djeluje kao stabilizator suncokretovog ulja pri visokim temperaturama na način da odgađa pojavu oksidacije (Mohamed i Awatif, 1997). Nadalje, često se spominje i korištenje antioksidanasa dobivenih iz zelenog čaja, ali i ostalih biljaka. Tablica 3 prikazuje najčešće analizirane biljne antioksidanse korištene za stabilizaciju ulja (Taghvaei i Jafari, 2013).

Tablica 3. Najčešće analizirani biljni antioksidansi korišteni za stabilizaciju ulja (Taghvaei i Jafari, 2013).

IZVOR ANTIOKSIDANSA	KORIŠTENO JESTIVO ULJE	GLAVNA ANTIOKSIDATIVNA KOMPONENTA	LITERATURNI REFERENCA
Otpadna voda nakon ekstrakcije maslina	Suncokretovo ulje	Nije definirano	Abd-El Ghany i sur., 2010
Ekstrakt ružmarina	Zrno riže	Alfa-tokoferol	Jennings i Akoh, 2009
Sezamovo ulje	Suncokretovo ulje	Sezamol	Suja i sur., 2004
Ružmarin, brokula i citrusi	Mikroinkapsulirano visoko oleinsko suncokretovo ulje	Nije definirano	Ahn i sur., 2008
Češnjak	Suncokretovo ulje	Nije definirano	Iqbal i Bhangar, 2007
Karotenoidi	Suncokretovo ulje u vodenoj emulziji	Beta karoten, likopen	Kiokias i sur., 2009
Bijeli jasen	Ulje kikirikija	Nije definirano	Pan i sur., 2007

Osim ekstrakata biljaka, u nekim su se istraživanjima koristili i antioksidativni spojevi individualno i to najčešće miricetin i katehin kao flavanoli, genistein kao izoflavon, te kafeinska kiselina (Michotte i sur., 2011). Katehin, miricetin i kafeinska kiselina su pokazali jača antioksidativna djelovanja od sintetskog BHA (Michotte i sur., 2011). Di Mattia i sur. (2009) su istraživali utjecaj galne kiseline, katehina i kvercetina na stabilnost maslinova ulje te se pokazalo da galna kiselina nije imala zadovoljavajuće učinke na sprječavanje pojave oksidacije u ulju. Važno je napomenuti kako se korištenje antioksidanasa individualno ne primjenjuje često u prehrambenoj industriji budući da odvajanje i pročišćavanje željenih komponenti nije ekonomično.

2.5.2. List masline

Drvo masline ima simboličan karakter još od davnih dana. Naime, označava mir i snagu, a od antičkih vremena se u svrhu pozitivnog utjecaja na zdravlje konzumiraju njegovi plodovi i proizvodi (masline, listovi, ulje). List masline (Slika 5), dostupan kroz cijelu godinu, jedan je od glavnih nusprodukta u uzgajanju i preradi maslina (Abaza i sur., 2015) te se može upotrebljavati u mnoge svrhe. Zbog svog bogatog kemijskog sastava list masline je često istraživan i korišten u raznim industrijama (medicina, prehrambena i farmaceutska industrija, kozmetički proizvodi), a kao nusprodukt se smatra jeftinom sirovinom. U posljednje se vrijeme sve više istraživanja osvrće na djelovanje ekstrakta lista masline na stabilnost ulja i njegova antioksidativna svojstva (Marić, 2019).



Slika 5. Dijelovi biljke masline (Krnić, 2016)

Budući da je list prvo mjesto odvijanja metabolizma u biljci, on sadrži i primarne i sekundarne produkte biljke pa se smatra da je potencijalni izvor raznih bioaktivnih komponenti (Tsimidou i Papoti, 2010). Brojne studije fokusirane su na identifikaciju fenolnih komponenti kako bi se odredili potencijalni pozitivni učinci na zdravlje. Ekstrakti listova masline imaju antimikrobno, antiviralno i protuupalno djelovanje. U biljci se ovi spojevi sintetiziraju za obranu od mikroorganizama i UV zračenja pokazujući visok antioksidativni kapacitet. Nadalje, imaju brojne pozitivne učinke na zdravlje, od redukcije hipertenzije, prevencije kardiovaskularnih bolesti do smanjenja različitih oblika raka (Sahin i Bilgin, 2017).

Kemijski sastav ekstrakta lista masline je vrlo bogat te on sadrži različite biofenole kao što su fenolne kiseline, fenolni alkoholi (tirozol i hidroksitirozol), flavonoidi (luteolin 7-*O*-glukozid, rutin) i sekoiridoidi (oleuropein) (Bouaziz i Sayadi, 2005). Oleuropein je spoj kojeg ima najviše te se njemu pripisuju antioksidativna, antimikrobna, antiviralna, kardioprotektivna (štiti membrane od lipidne oksidacije) te antiupalna svojstva (Silva i sur., 2006). Nadalje, djeluje i na poboljšanje metabolizma lipida u pretilih osoba (Sahin i Bilgin, 2017).

2.5.3. Kopriva

Kopriva (*Urtica dioica* L.) (Slika 6) je samonikla jestiva biljka koja raste kao korov na zapuštenim mjestima. Ima listove srcolikog oblika koji se nalaze na kratkim peteljka i imaju kratke dlačice, a pokriveni su žarnicama zbog kojih je biljku neugodno dodirnuti (Orlić, 2015). Koristila se još i prije 4000 godina u obliku tkanina s koprivom, a tada su u Danskoj pronađeni i pokrovi za grobnice napravljeni od takvih tkanina. Osim odjeće, koristila se i za proizvodnju konopa, brodskih jedara i ribarskih mreža, a Hipokrat ju je već u 4. st. pr. Kr. spominjao kao hranu i lijek (Barilar, 2018).

Kopriva ima brojna ljekovita svojstva koja se pripisuju visokom udjelu bioaktivnih tvari kao što su: kalcij, fosfor, kalij, željezo, vitamin A, vitamin C i organske kiseline. Osim toga, sadrži i flavonoide koji djeluju povoljno na rad cijelog organizma. Za liječenje se mogu koristiti svi dijelovi biljke (listovi i korijen). Uglavnom je korištena za čišćenje krvi, a kod slabokrvnih osoba jača imunitet, zaustavlja krvarenja, liječi bolesti mokraćnih kanala, olakšava probavu, a može i sniziti razinu šećera u krvi (Orlić, 2015). Spominje se korištenje korijena za ublažavanje simptoma benigne hiperplazije prostate. (Barilar, 2018). Do danas su se razvile razne

formulacije s koprivom, međutim i dalje se najviše primjenjuju čaj, sok, macerat i tekući ekstrakt. Osim u medicinske svrhe, često je korištena i u kozmetici.



E.B. 1750. Urtica dioica. Common Nettle. *E.B. 1236. Urtica Urens. Small Nettle*

Slika 6. Dijelovi biljke koprive (Anonymous 2, 2019)

Gülçin i sur. (2004) su u svom istraživanju pokazali da vodeni ekstrakt koprive ima vrlo snažna antioksidativna djelovanja pa je tako količina od 250 µg ekstrakta pokazala 98 %-tnu inhibiciju peroksidacije emulzije linolenske kiseline. Za usporedbu, 60 µg/mL alfa-tokoferola za rezultat je imalo samo 30 %-tnu inhibiciju. Nadalje, vodeni ekstrakt koprive pokazao je i dobra djelovanja u hvatanju slobodnih radikala (superoksidni anion, vidokov peroksid) i kelirajućih agenasa.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. MATERIJALI

Istraživanje je provedeno na gomolju krumpira (*Solanum tuberosum* L. cv. Lady Claire) uzgojenom tijekom 2019. godine u Hrvatskoj (45°40'N, 17°1'E) te ustupljen od tvrtke Intersnack Adria d.o.o., Hrvatska. Nakon berbe, krumpir je skladišten 8 mjeseci u drvenim sanducima u kontroliranim uvjetima (8 °C, 100 % RH) bez prisutnosti svjetla. Sorta Lady Claire je poznata nizozemska sorta industrijskog krumpira korištenog u prehrambenoj industriji (za proizvodnju grickalica – *snack*). Tri dana prije početka procesiranja, krumpiri su bili skladišteni pri 16 °C. Kao materijali za proizvodnju jestivih filmova korišteni su biopolimeri: karboksimetil celuloza (CMC) (CAS 9004-32-4, Acros organics, Francuska) i guma arabika (GA) (Enologica Vason S.p.A., Italija). Za obogaćivanje filmova bioaktivnim sastojcima korišten je vodeni ekstrakt lista masline (*Olea europea* L.). Listovi masline su prikupljeni iz južnog dijela Hrvatske, te vodeni ekstrakt lista koprive (*Urtica dioica* L.), biljke ubrane u zapadnom dijelu Hrvatske. Obje vrste listova su nakon branja osušeni i čuvani pri sobnoj temperaturi i normalnim atmosferskim uvjetima. Suncokretovo ulje (Zvijezda d.o.o., Zagreb, Hrvatska) je korišteno za prženje. Za ekstrakciju po Soxhletu korišten je petrol eter (Carlo Erba Reagents S.A.S., Francuska), dok je za određivanje ukupnih fenola korišten Folin-Ciocalteu reagens (Kemika, Zagreb, Hrvatska). Kvarcni pijesak (GRAM-MOL d.o.o., Zagreb, Hrvatska) je upotrebljen za određivanje udjela suhe tvari.

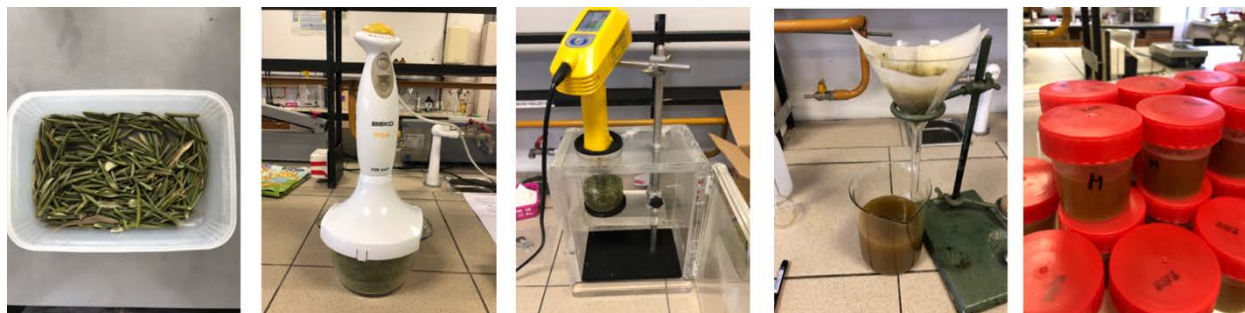
3.2. METODE RADA

3.2.1. PRIPREMA I ANALIZA EKSTRAKATA LISTOVA MASLINE I KOPRIVE

3.2.1.1. Priprema ekstrakata

Ekstrakti listova masline i koprive dobiveni su ekstrakcijom potpomognutom ultrazvukom kako bi se topljive polifenolne komponente difuzijom odvojile iz listova (Marić, 2019) koji predstavljaju krutu fazu dok je otapalo (u ovom slučaju destilirana voda) tekuća faza. Prije ekstrakcije, osušeni listovi masline i koprive su usitnjeni na manje komadiće kuhinjskom rezalicom (Beko, BKK2155, Turska). Potom se u laboratorijsku čašu od 500 mL odvagane 25 g pripremljenog uzorka te se menzutom nadoda 250 mL destilirane vode. Ekstrakcija se provodi koristeći 14 mm ultrazvučnu sondu (UP200Ht, Hielscher-Ultrasound Technology, Njemačka) uronjenu do pola volumena čaše tijekom 10 minuta pri 200 W i amplitudi od 100 %.

Ekstrakti se potom filtriraju pomoću dvostrukog filter papira. Dobiveni filtrati se preliju u odmjernu tikvicu od 100 mL, nadopune destiliranom vodom do oznake te spremaju u plastične spremnike od 70 mL i čuvaju u zamrzivaču tijekom 48 h pri temperaturi od $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ prije postupka liofilizacije (Slika 7).



Slika 7. Prikaz procesa pripreme biljnog ekstrakta (s lijeva na desno: osušeni listovi, usitnjavanje, ultrazvučna ekstrakcija, filtriranje ekstrakta, tekući ekstrakt prije zamrzavanja) (vlastite fotografije)

3.2.1.2. Liofilizacija

Liofilizacija predstavlja proces kojim se uzorak u zamrznutom stanju suši, a sastoji se od tri koraka. Prvi je korak zamrzavanje namirnice ili uzorka. Nadalje, slijedi primarno sušenje zamrznutog uzorka. Ovaj se korak temelji na sublimaciji pri uvjetima sniženog tlaka i temperature na način da se u komori u koju su postavljeni uzorci snizi tlak skoro do vakuuma, a topline se dovede tek onoliko koliko je dovoljno za sublimaciju leda. Treći i posljednji korak je sekundarno sušenje, odnosno desorpcija zaostale vode koja tijekom procesa zamrzavanja nije prešla u led. Ovaj se korak provodi pri sobnoj ili čak povišenim temperaturama sve dok se ne dobije produkt s prihvatljivim udjelom zaostale vlage (manje od 3%) (Muzzio i Dini, 2011).

Uzorci ekstrakata lista masline i koprive nakon čuvanja u zamrzivaču bili su liofilizirani liofilizatorom Alpha 1-4 LSCplus (Martin Christ Freeze Dryers, Njemačka) (Slika 8). Zamrznuti se uzorci stavljaju na plitice, postavljaju u liofilizator te liofiliziraju pri $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ tijekom 72 h. Kao krajnji produkt dobiven je liofilizirani prah koji je pakiran u vakuumu (Junior Digit, Besser Vacuum, Italija; u vrećice za vakuumsko pakiranje, (sastava polietilen/poliamid (PE/PA), VB28/300, Gorenje, Slovenija) te skladišten u mraku do korištenja.



Slika 8. Proces liofilizacije (vlastita fotografija)

3.2.1.3. Spektrofotometrijsko određivanje ukupnih fenola

Za spektrofotometrijsko određivanje ukupnih fenola u liofiliziranim prahovima ekstrakata lista masline i koprive pripreme se vodene otopine liofiliziranih prahova ekstrakata u koncentracijama od 0,75 i 1,5 % (*m/v*). Spektrofotometrijsko određivanje ukupnih fenola provedeno je primjenom Folin-Ciocalteu metoda (Shortle i sur., 2014) uz minimalne modifikacije. Ova metoda se temelji na kolornoj reakciji fenola s Folin-Ciocalteu reagensom. Postupak određivanja je slijedeći: 100 μ L ekstrakta pomiješa se s 200 μ L Folin-Ciocalteu reagensa i 2 mL destilirane vode. Potom se doda 1 mL 20 %-tne otopine natrijeva karbonata i sve se dobro promiješa pomoću Vortex mješalice (ZX3 Advanced Vortex Mixer, Velp Scientifica, Italija). Smjesa se inkubira pri 50 °C/25 min u vodenoj kupelji (BÜCHI Heating Bath B-490, Švicarska). Apsorbanca se mjeri pri 765 nm spektrofotometrom (UV-1600PC, VWR International, Leuven, Belgija). Slijepu probu predstavlja 100 μ L otapala korištenog za ekstrakciju (destilirana voda) umjesto samog ekstrakta. Koncentracija fenola izračuna se pomoću prethodno izrađenog baždarnog pravca prema jednadžbi:

$$Y = 0,0035 \times X \quad (1)$$

gdje je:

Y – apsorbancija pri 765 nm,

X – koncentracija fenola izražena kao ekvivalent galne kiseline [mg/L]

Udio ukupnih fenola izražen je kao mg ekvivalenta galne kiseline (GAE)/100 g liofiliziranog ekstrakta. Sva su mjerenja bila ponovljena 3 puta.

3.2.2. PRIPREMA OTOPINA JESTIVIH FILMOVA I TRETIRANJE UZORAKA KRUMPIRA

3.2.2.1. Priprema otopina jestivih filmova

Krumpiri su ručno oguljeni, oprani u vodovodnoj vodi te narezani na komade veličine otprilike 1 cm x 1 cm x 3 cm pomoću kuhinjske rezalice (MCM62020, Bosch, Slovenija). Krumpir nije dodatno tretiran kemijskim agensima. Prutići krumpira su potom slučajnim odabirom podijeljeni u grupe kako bi se nanijeli jestivi premazi.

Otopine karboksimetil celuloze (CMC) i gume arabike (GA) su pripravljene otapanjem 1 g polimera u 100 mL destilirane vode. Otopine su potom miješane 30 minuta pri sobnoj temperaturi (23 ± 2 °C) na magnetskoj mješalici pri 1200 rpm (Rotamix SHP-10, Tehnica, Slovenija) (Slika 9) tijekom 30 minuta, odnosno dok se prah nije u potpunosti otopio. Kako bi se filmovi obogatili antioksidansima, dodani su liofilizirani prahovi listova masline i koprive i to u dvije koncentracije: 0,75 i 1,5 % (*m/v*) nakon čega se smjesa nastavila miješati pri sobnoj temperaturi (23 ± 2 °C) na magnetskoj mješalici pri 1200 rpm (Rotamix SHP-10, Tehnica, Slovenija) tijekom 10 minuta, odnosno do postizanja vizualno potpunog otapanja praha ekstrakta. Tako pripravljene otopine su se koristile za uranjanje narezanih prutića krumpira.



Slika 9. Miješanje otopina za pripremu jestivih filmove (vlastita fotografija)

3.2.2.2. Nanošanje jestivih premaza i prženje krumpira

Za potrebe ovog istraživanja pripremljeno je osam različitih formulacija premaza koji su korišteni za uranjanje krumpira (CMC, GA te CMC i GA s 0,75 i 1,5 % praha ekstrakta listova masline ili koprive). Tablica 4 prikazuje način označavanja polimera korištenih u istraživanju sukladno sa prisutnošću ekstrakta te njegovom koncentracijom analiziranih premaza.

Tablica 4. Popis pripremljenih premaza s odgovarajućim koncentracijama ekstrakata

KRATICA*	POLIMER	EKSTRAKT	KONCENTRACIJA PRAHA EKSTRAKTA (%)
CMC	Karboksimetil celuloza (CMC)	Bez ekstrakta	0
CMC 0,75 OLE		List masline	0,75
CMC 0,75 NLE		List koprive	0,75
CMC 1,5 OLE		List masline	1,5
CMC 1,5 NLE		List koprive	1,5
GA	Guma arabika (GA)	Bez ekstrakta	0
GA 0,75 OLE		List masline	0,75
GA 0,75 NLE		List koprive	0,75
GA 1,5 OLE		List masline	1,5
GA 1,5 NLE		List koprive	1,5

*OLE= ekstrakt lista masline (*olive leaf extract*) ; NLE = ekstrakt koprive (*nettle leaf extract*)

Kao kontrolna grupa za prženje koristili su se krumpiri uronjeni u destiliranu vodu. Uzorci su bili uronjeni 10 minuta nakon čega su se sušili 10 minuta na mrežici za sušenje i u konačnici pržili (Slika 10). Premazani i nepremazani krumpiri su se pržili u električnoj fritezi (F21-RCS1, TEFAL, Francuska) u suncokretovom ulju (Zvijezda, Zagreb) pri 180 ± 2 °C tijekom 10 minuta. Svaka serija uzoraka je zasebno pržena u svježe promijenjenom i zagrijanom ulju do definirane temperature. Nakon prženja višak ulja s prženih krumpira je ocijeđen potresivanjem posude za prženje te stajanjem uzoraka na papirnatim ručnicima 2 min pri sobnoj temperaturi (23 ± 2 °C). Tako pripremljeni uzorci uzeti su za daljnju analizu fizikalno-kemijskih parametara (promjena boje, udio vode, udio masti) te senzorsku analizu.



Slika 10. Postupak pripreme krumpira za analizu (s lijeva na desno: pripremljene formulacije premaza, namakanje krumpira u vodi (kontrolna grupa), sušenje krumpira nakon namakanja, prženje krumpira) (vlastita fotografija)

3.2.3. ANALIZA FIZIKALNO-KEMIJSKIH SVOJSTAVA SVJEŽIH I PRŽENIH KRUMPIRA

3.2.3.1. Mjerenje boje

Boja se odredila kolorimetrom (CHROMA METER CR-5, Konica Minolta, Japan). Kolorimetar je uređaj kojim se određuje intenzitet boje određenih tvari i ne ovisi o vizualnom prosuđivanju obojenosti. Mjerenje se temelji na CIE Lab sustavu opisivanja boja. Takav sustav čini trodimenzionalni prostor boja definiran trima koordinatama: L^* [za svjetlost od crne (0) do bijele (100)], a^* [od zelene (-) do crvene (+)], b^* [od plave (-) do žute (+)] koje međusobno zatvaraju sferičnu površinu.

Provedeno je 8 mjerenja pri 25 °C na svakoj strani prutića krumpira te je izračunata srednja vrijednost sa standardnom devijacijom. Boja je izmjerena kod sirovih uzoraka te kod svježe prženih uzoraka. Ukupna razlika obojenosti (ΔE) te indeks bjeline (WI) su bili izračunati prema sljedećim formulama:

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

$$WI = 100 - ((100 - L^*)^2 + a^2 + b^2)^{1/2} \quad (3)$$

gdje su ΔL , Δa , Δb vrijednosti bile izračunate u odnosu na izmjerene parametre boje kontrolnog uzorka krumpira (urodnjenog u destiliranu vodu). Za uzorke sirovog krumpira uzete su

vrijednosti sirovog kontrolnog uzorka, a za uzorke prženog krumpira vrijednosti prženog kontrolnog uzorka (uronjenog u vodu i prženog).

3.2.3.2. Određivanje udjela vode i suhe tvari u uzorcima prženog krumpira

Sve sirovine se sastoje od vode i suhe tvari. Suha tvar predstavlja količinu suhe tvari koja ostaje u sirovini i ne hlapi pod određenim uvjetima (Mišetić, 2019). Njen se udio mjeri sušenjem pri 105 °C do postizanja konstantne mase.

Svježe narezani i prženi krumpiri se homogeniziraju štapnim mikserom (Beko, Type BKK 2262, Turska), a dobivena se smjesa koristi za određivanje udjela suhe tvari sušenjem u termostatu (UFE 500, Memmert, Njemačka). U čistu i posušenu aluminijsku posudicu se stavi kvarcni pijesak u količini dovoljnoj da prekrije dno posudice te se posude suše pri 105±2 °C tijekom 2 h nakon čega se hlade s poluotvorenim poklopcem u eksikatoru. Ohlađene posude se zatvaraju te važu na analitičkoj vagi (preciznost ±0,0002 g). Potom se u posudice stavljaju prethodno homogenizirani uzorci prženog krumpira (1 g ±0,0002), slijedi ponovno vaganje te konačno sušenje pri 105±2 °C do postizanja konstantne mase (A.O.A.C., 1990). Uzorci se potom hlade u eksikatoru te se mjeri njihova masa. Sva mjerenja provedena su u dvije paralele.

Ukupan udio suhe tvari računa se prema sljedećoj formuli:

$$\text{suha tvar} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} * 100 \% \quad (4)$$

gdje je:

m_0 – masa posudice i kvarcnog pijeska [g];

m_1 – masa iste posudice s uzorkom krumpira prije sušenja [g];

m_2 – masa iste posudice s ostatkom nakon sušenja [g].

3.2.3.3. Određivanje udjela masti metodom po Soxhlet-u

Udio masti u krumpiru, odnosno kapacitet apsorpcije masti jestivih filmova te postotak redukcije masti u prženim krumpirima se odredio višekratnom kontinuiranom ekstrakcijom organskim otapalom po Soxhletu. Kao organsko otapalo koristio se petroleter (A.O.A.C., 2002). Oko 10 g±0,0002 usitnjenog uzorka krumpira (prženog, s ili bez premaza) te svježe narezani uzorak krumpira se odvažu u odmašćenoj papirnatij čahuri. Potom se suši u zračnoj

sušnici 1 h pri 100-105 °C. Čahura se nakon sušenja pokrije slojem odmašćene suhe vate te se stavi u srednji dio aparature (ekstraktor) za Soxhlet metodu. Ekstraktor se potom spoji s hladilom i tikvicom, koja se prethodno osušila pri 105 °C s nekoliko staklenih kuglica za vrenje te ohladila i izvagala. Dalje se pomoću lijevka kroz hladilo ulijeva otapalo u količini da se ekstraktor napuni te da pomoću kapilarne cjevčice isprazni tikvicu. Zatim se kroz hladio pušta vrlo jaki mlaz vode i počinje se sa zagrijavanjem. Ono se izvodi u pješčanoj kupelji tijekom 8 h. Nakon završene ekstrakcije, uzorak (u tikvici s kuglicama za vrenje) se suši pri 103±2 °C do konstantne mase, potom se hladi u eksikatoru do sobne temperature te se u konačnici mjeri njegova masa. Mjerenje je za svaki uzorak provedeno dva puta. Udio ulja u uzorku računa se prema sljedećoj formuli:

$$masti = \frac{b-a}{m} * 100 \% \quad (5)$$

gdje je:

a – masa prazne tikvice [g];

b – masa tikvice i ekstrahirane masti [g];

m – masa uzorka [g].

Postotak (kapaciteta redukcije) ulja (*OR*) se računa prema formuli:

$$OR = \frac{a-b}{b} * 100 \% \quad (6)$$

gdje je:

a – udio ulja u uzorku s premazom;

b – udio ulja u uzorku bez premaza.

3.2.3.4. Senzorska analiza

Senzorska svojstva uzoraka krumpira određivala su se na temelju ljudskih osjetila pomoću kvantitativne deskriptivne metode (QDA). Analiza je provedena među devet članova panela koji su identificirali i zabilježili intenzitet 4 senzorska svojstva (boja, miris, tekstura i okus) opisanih s ukupno 5 deskriptivnih svojstava na uzorcima krumpira prije prženja: intenzitet posmeđivanja, karakterističan miris, strani miris, tvrdoća i ljepljivost; te 12 deskriptivnih svojstava u prženim uzorcima: intenzitet posmeđivanja, karakterističan miris, strani miris, zauljenost, tvrdoća, hrskavost, karakteristični okus, slatkoća, kiselost, slanost, gorki te strani

okus. Panel je evaluirao uzorke pomoću skale od 0 (nedostatak svojstva) do 5 (izrazito intenzivno svojstvo) uz mogućnost ocjenjivanja s 0,5 ocjene. Primjer evaluacijskog listića nalazi se u dodatku 1. Slika 11 prikazuje uzorke spremne za senzorsku analizu. Uzete su srednje vrijednosti svih ocjenjivača za svaki uzorak i parametar te one predstavljaju rezultat senzorske analize.



Slika 11. Uzorci prženih krumpira za provođenje senzorske analize (vlastita fotografija)

3.2.4. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

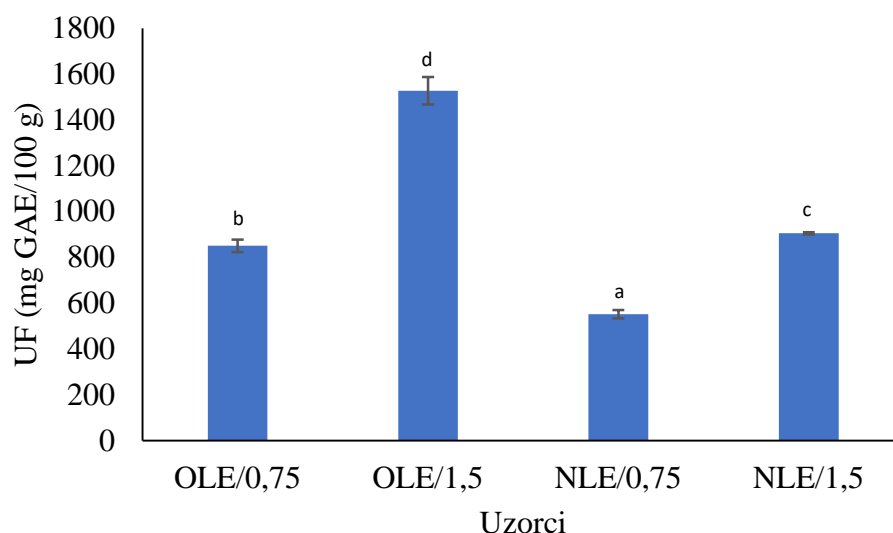
Svi su se podaci statistički analizirali koristeći Xlstat nadopunu za program Microsoft Excel. Dizajn istraživanja bio je eksperimentalni randomizirani, a osnovna analiza podataka odrađena je pomoću deskriptivne statistike. Sve kontinuirane varijable su se analizirale analizom varijance (ANOVA), te Tukey-evim višestrukim usporednim testovima. U svim se slučajevima vrijednost $p \leq 0,05$ smatrala statistički značajnom.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja bio je odrediti utjecaj jestivih premaza obogaćenih s aktivnim antioksidativnim ekstraktima lista masline i koprive na smanjenje udjela masti tijekom prženja. Istraživanje je provedeno na način da su se mjerili fizikalno-kemijski parametri u sirovim i prženim krumpirima.

4.1. ODREĐIVANJE UDJELA UKUPNIH FENOLA

Udio ukupnih fenola (UF) određen je u vodenim otopinama prahova liofiliziranih ekstrakata lista masline i lista koprive (0,75 i 1,5 %). Rezultati su prikazani na slici 12.



Slika 12. Udio ukupnih fenola (UF) u uzorcima vodenih otopina prahova liofiliziranih ekstrakata lista masline (OLE) i koprive (NLE)

Iz slike 12 je vidljivo da je udio ukupnih fenola viši u uzorcima otopina praha ekstrakta lista masline - OLE (850,71 mg GAE/100 g za 0,75 % i 1527,14 mg GAE/100 g za 1,5 %) u usporedbi s uzorcima koji su sadržavali prah ekstrakta koprive - NLE (552,86 mg GAE/100 g za 0,75 % i 905 mg GAE/100 g za 1,5 %). Nadalje, evidentno je da je udvostručavanjem koncentracije praha ekstrakta u otopinama udio ukupnih fenola gotovo dvostruko viši u odnosu na uzorke s nižom koncentracijom praha ekstrakta. Pokazalo se i da koncentracija fenola ima utjecaj na boju i druga senzorska svojstva sirovih i prženih krumpira što je opisano u narednim poglavljima.

4.2. MJERENJE BOJE

4.2.1. Karakteristike boje u sirovom i prženom krumpiru

Rezultati mjerenja parametara boje (L^* , a^* i b^*), indeksa bjeline (WI) te ukupne razlike boje (ΔE) na različitim uzorcima sirovog krumpira dani su u Tablici 5.

Svježi krumpiri bez premaza (Tablica 5) su pokazali sve parametre boje karakteristične za sirovi krumpir te su se izmjerene vrijednosti slagale s vrijednostima koje se mogu pronaći u znanstvenoj literaturi (Ojeda i sur., 2014). Rezultati ukazuju da vrsta polimera nije imala značajan utjecaj na boju sirovih krumpira s premazom prije prženja. Suprotno tomu, nakon dodatka ekstrakata došlo je do promjene svih parametara. Općenito se može reći da je primjena ekstrakta koprive utjecala na smanjenje vrijednosti L^* , a^* , b^* te WI u usporedbi s istim vrijednostima na uzorcima koji su sadržavali ekstrakt lista masline (Tablica 5). Također, obogaćivanje ekstraktima je izazvalo ljudskom oku vidljive promjene ($\Delta E > 3$). Ovakvi su rezultati u skladu sa sličnim istraživanjima gdje se pokazalo da su nakon tretiranja krumpira s ekstraktom ružmarina (Luo i sur., 2019) ili ekstraktom zelenog čaja (Spanou i Giannouli, 2013) L^* i a^* parametri imali značajno niže vrijednosti u odnosu na kontrolni uzorak (krumpir uronjen u vodu).

Tablica 5. Rezultati provedenih kolorimetrijskih mjerenja na sirovim uzorcima krumpira bez ili sa različitim jestivim filmovima

Uzorci	Parametri boje				
	L^*	a^*	b^*	WI	ΔE
Sirovi krumpir	66,02±2,14 ^{a,b}	-1,47±0,19 ^b	15,56±1,32 ^c	62,56±1,72 ^a	2,16±1,02 ^c
Kontrolni uzorak	68,18±1,62 ^a	-2,06±0,27 ^c	18,91±1,32 ^{a,b}	62,89±0,96 ^a	4,14±1,83 ^{a,b}
CMC	64,99±4,46 ^{a,b}	-1,45±0,36 ^b	16,71±3,32 ^{b,c}	60,95±3,13 ^{a,b}	4,10±3,81 ^{a,b}
GA	64,40±1,92 ^b	-1,42±0,27 ^b	15,47±1,66 ^c	61,11±1,34 ^{a,b}	2,52±1,51 ^{b,c}
CMC 0,75 OLE	63,51±1,34 ^{b,c}	-0,46±0,15 ^a	18,17±2,87 ^{b,c}	59,13±0,52 ^{b,c}	4,53±1,66 ^{a,b}
GA 0,75 OLE	65,59±0,51 ^{a,b}	-0,44±0,23 ^a	21,63±0,99 ^a	59,35±0,70 ^{b,c}	6,19±0,98 ^a
CMC 1,5 OLE	60,75±1,99 ^c	-0,58±0,45 ^a	16,02 ±1,99 ^{b,c}	57,55±1,56 ^c	5,70±1,97 ^a
GA 1,5 OLE	62,57±1,96 ^{b,c}	-0,74±0,23 ^a	17,52±1,22 ^{b,c}	58,63±1,37 ^{b,c}	4,40±1,40 ^{a,b}
CMC 0,75 NLE	61,22±2,19 ^{b,c,d}	-1,16±0,12 ^a	16,36±1,15 ^{a,b}	57,86±1,78 ^b	5,07±2,08 ^{a,b,c}
GA 0,75 NLE	61,36±1,83 ^{b,c,d}	-1,13±0,23 ^a	16,15±1,68 ^{a,b}	58,06±1,39 ^b	5,05±1,59 ^{a,b,c}
CMC 1,5 NLE	57,91±2,73 ^d	-1,22±0,30 ^a	14,25±2,27 ^b	55,45±1,95 ^b	8,44±2,93 ^a
GA 1,5 NLE	60,55±1,98 ^{c,d}	-1,75±0,18 ^{b,c}	16,53±1,99 ^{a,b}	57,12±1,07 ^b	6,03±1,32 ^{a,b}

CMC – karboksimetil celuloza, GA – guma arabika, OLE – ekstrakt lista masline, NLE – ekstrakt lista koprive
Prikazane su srednje vrijednosti (n=3)±SD. ^{a-d} uzorci se međusobno statistički razlikuju na p≤0,05. Statistička obrada odnosi se na ekstrakte zasebno (posebno za OLE a posebno za NLE u odnosu na kontrolni uzorak)

Koncentracije ekstrakta su imale značajan utjecaj na promjenu boje (Tablica 5). Detaljna analiza rezultata pokazuje da je smanjenjem koncentracije ekstrakta gotovo kod svih uzoraka došlo do povećanja vrijednosti svih parametara boje. Razlog tomu je što krumpir tijekom namakanja apsorbira obojene supstance koje ekstrakti biljaka prirodno sadrže. Luo i sur. (2019) su također došli do sličnih zaključaka gdje se pokazalo kako povećanje koncentracije eteričnog ulja ružmarina iznad 4 % značajno povećava posmeđivanje krumpira. Sukladno, u znanstvenoj literaturi je zabilježeno da se L^* vrijednost može smatrati najboljim indikatorom posmeđivanja u svježje narezanom krumpiru koji ograničava rok valjanosti i prihvatljivost za konzumiranje (Cantos i sur., 2002; Shen i sur., 2019).

U Tablicama 6 i 7 dani su rezultati mjerenja parametara boje (L^* , a^* i b^*), indeksa bjeline (WI) te ukupne razlike boje (ΔE) na različitim uzorcima prženog krumpira.

Tablica 6. Rezultati provedenih kolorimetrijskih mjerenja na uzorcima prženog krumpira bez ili s različitim jestivim filmovima i ekstraktom lista masline

Uzorci	Parametri boje				
	L^*	a^*	b^*	WI	ΔE
Kontrolni uzorak	74,68±1,36 ^a	-3,59±0,31 ^d	20,82±1,63 ^{b,c}	66,99±1,47 ^a	1,86±0,78 ^a
CMC	73,57±1,30 ^{a,b}	-3,35±0,45 ^d	25,07±3,18 ^a	63,34±2,34 ^{b,c}	4,65±3,06 ^{b,c}
GA	73,85±2,02 ^{a,b}	-3,43±0,29 ^d	23,07±2,01 ^{a,b}	64,92±2,13 ^{a,b}	3,03±2,07 ^d
CMC 0,75 OLE	65,28±1,36 ^e	-2,05±0,30 ^{b,c}	19,32±0,47 ^c	60,20±1,08 ^d	9,66±1,38 ^b
GA 0,75 OLE	70,92±3,40 ^{b,c}	-2,16±0,50 ^c	22,99±1,76 ^{a,b}	62,75±2,17 ^{b,c,d}	5,38±2,38 ^{b,c}
CMC 1,5 OLE	69,23±1,00 ^{c,d}	-1,08±0,25 ^a	24,40±1,14 ^a	60,70±0,68 ^d	7,09±0,74 ^{b,c}
GA 1,5 OLE	68,39±2,43 ^d	-1,56±0,45 ^{a,b}	23,07±2,33 ^{a,b}	60,73±1,47 ^{c,d}	7,50±1,72 ^{b,c}

CMC – karboksimetil celuloza, GA – guma arabika, OLE – ekstrakt lista masline
 Prikazane su srednje vrijednosti (n=3)±SD. ^{a-e} uzorci se međusobno statistički razlikuju na p≤0,05.

Tablica 7. Rezultati provedenih kolorimetrijskih mjerenja na uzorcima prženog krumpira bez ili s različitim jestivim filmovima i ekstraktom lista koprive

Uzorci	Parametri boje				
	L^*	a^*	b^*	WI	ΔE
Kontrolni uzorak	74,68±1,36 ^a	-3,59±0,31 ^c	20,82±1,63 ^{b,c}	66,99±1,47 ^a	1,86±0,78 ^a
CMC 0,75 NLE	66,42±2,19 ^b	-1,51±0,56 ^b	22,32±2,09 ^{a,b,c}	59,56±1,08 ^b	8,90±2,07 ^b
GA 0,75 NLE	65,04±3,26 ^b	-2,07±0,62 ^b	20,02±1,51 ^c	59,57±2,17 ^b	9,91±3,28 ^b
CMC 1,5 NLE	65,38±1,81 ^b	-0,02±0,36 ^a	23,98±1,03 ^a	57,85±0,95 ^b	10,57±1,24 ^b
GA 1,5 NLE	66,88±2,57 ^b	-0,43±0,44 ^a	22,92±1,60 ^{a,b}	59,65±1,56 ^b	8,88±2,25 ^b

CMC – karboksimetil celuloza, GA – guma arabika, NLE – ekstrakt lista koprive
 Prikazane su srednje vrijednosti (n=3)±SD. ^{a-c} uzorci se međusobno statistički razlikuju na p≤0,05.

Prženi krumpiri su imali tamiju boju (niža L^* vrijednost) u usporedbi s krumpirom bez premaza i to sa značajnim razlikama među ekstraktima, ali ne i polimerima (Tablice 6 i 7). Uzorci obogaćeni ekstraktom koprive imali su tamnije obojenje od onih bez premaza ili uronjenih samo u CMC ili GA s ekstraktom lista masline. Koncentracija ekstrakta također je imala ulogu u promjeni boje, gdje su uzorci s višom koncentracijom ekstrakta bili tamniji. Svi parametri boje (L^* , a^* , b^*) su promijenili vrijednosti u prženim krumpirima.

4.3. ODREĐIVANJE UDJELA SUHE TVARI I MASTI U KRUMPIRU

Rezultati određivanja udjela suhe tvari i masti u prženim krumpirima predočeni su u Tablici 8. Dobivene vrijednosti u skladu su s do sada poznatim podacima iz literature (Oladejo i sur., 2017). Udio suhe tvari u prženim krumpirima s premazom bio je nešto viši (od 51,49±4,00 % za GA 1,5 OLE do 59,24±8,83 % za GA) u odnosu na uzorke bez premaza (48,49±1,54 %), dok se udio masti smanjio u uzorcima s premazom (s 10,31±0,08 % za uzorak bez premaza na 9,69±0,89 % za GA 0,75 OLE do 7,90±0,84 % za GA 1,5 NLE) (Tablica 8). Nije primjećena značajna razlika (do 2%) u vrijednostima između uzoraka s različitim polimerima sa ili bez ekstrakata iz čega zaključujemo da niti jedan od ekstrakata u primjenjenim koncentracijama nema značajniju ulogu u redukciji masti u prženim krumpirima u odnosu na ostale jestive filmove bez ekstrakta (vrijednosti za sve ekstrakte se maksimalno razlikuju za 2%). Kod uzoraka s premazima dolazi do redukcije masti od maksimalno 23,32 % i to za uzorak GA s višom koncentracijom ekstrakta koprive (1,5 %).

Tablica 8. Udio suhe tvari, masti i postotka redukcije masti u uzorcima sirovog krumpira bez jestivog filma i prženog krumpira sa i bez jestivih filmova

Uzorak	Udio suhe tvari (%)	Udio masti (%)	Redukcija masti (%)
BEZ PREMAZA	48,49±1,54 ^b	10,31±0,08 ^a	0 ^e
CMC	52,86±1,88 ^{a,b}	9,24±1,48 ^{b,c}	10,4± 6,25 ^{b,c,d}
GA	59,24±8,83 ^{a,b}	8,39±0,64 ^c	18,65±5,33 ^{b,c}
GA 0,75 OLE	55,18±0,61 ^{a,b}	9,69±0,89 ^{a,b}	6,03±3,26 ^{d,e}
CMC 0,75 OLE	52,84±5,01 ^{a,b}	8,66±0,20 ^{b,c}	16,00±1,97 ^{b,c,d}
GA 1,5 OLE	51,49±4,00 ^{a,b}	9,40±0,00 ^{a,b,c}	8,8±0,07 ^{c,d,e}
CMC 1,5 OLE	54,43±3,77 ^{a,b}	8,58±0,32 ^{b,c}	16,76±3,13 ^{b,c,d}
GA 0,75 NLE	55,87±7,04 ^{a,b}	8,92±0,09 ^{a,b,c}	13,42±0,87 ^{b,c,d}
CMC 0,75 NLE	57,35±3,86 ^{a,b}	8,67±0,15 ^{b,c}	15,89±1,43 ^{b,c,d}
GA 1,5 NLE	55,47±2,58 ^{a,b}	7,90±0,84 ^c	23,32±8,21 ^b
CMC 1,5 NLE	58,34±2,72 ^{a,b}	9,06±0,11 ^{a,b,c}	12,11±1,09 ^{b,c,d}

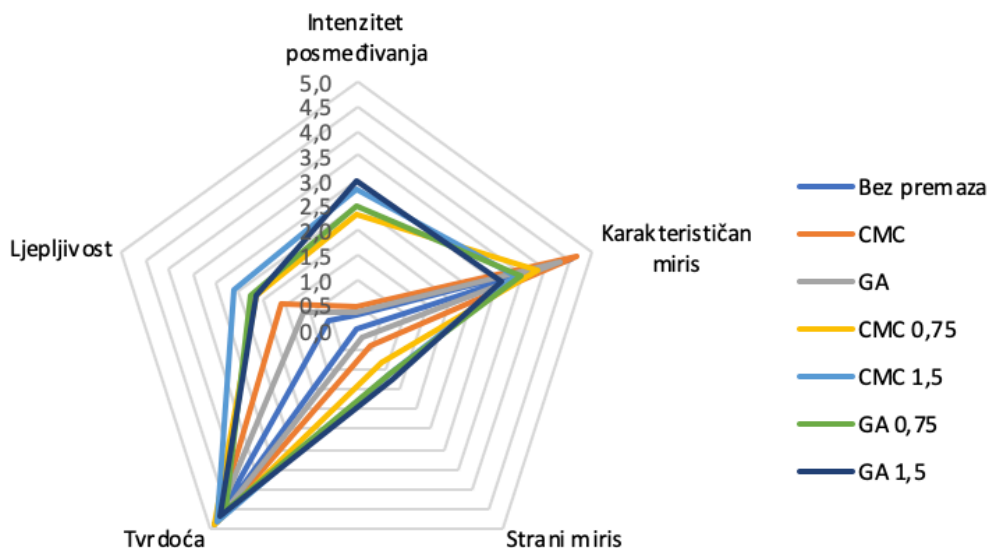
BEZ PREMAZA – prženi uzorak bez jestivog filma, kontrolni uzorak;

CMC – karboksimetil celuloza, GA – guma arabika, OLE – ekstrakt lista masline, NLE - ekstrakt lista koprive

Prikazane su srednje vrijednosti (n=3)±SD. ^{a-e} uzorci se međusobno statistički razlikuju na p≤0,05

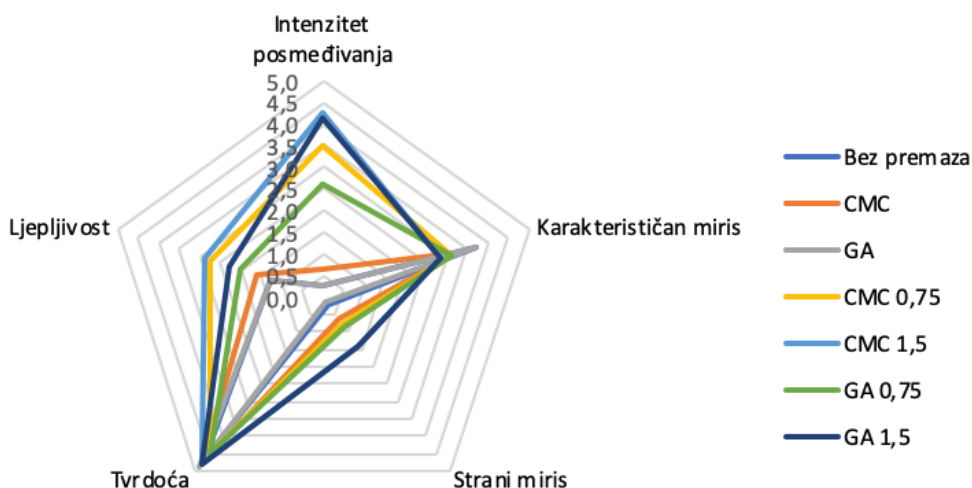
4.4. SENZORSKA ANALIZA

Senzorska analiza provedena je u dvije serije uzoraka: 1) na uzorcima svježe pripremljenog sirovog krumpira s ili bez premaza; 2) na uzorcima prženog krumpira s ili bez premaza. Rezultati su dani na slikama 13-18. Rezultati su prikazani kao srednje vrijednosti ocjenjivanja devet panelista te je provedena statistička obrada podataka koja zbog lakše čitljivosti grafova nije priložena uz graf već uzeta u obzir prilikom obrade i rasprave prikazanih rezultata.



Slika 13. Rezultati senzorskog ocjenjivanja parametara boje, mirisa i teksture u uzorcima sirovog krumpira sa jestivim premazima sa i bez dodatka ekstrakta lista masline

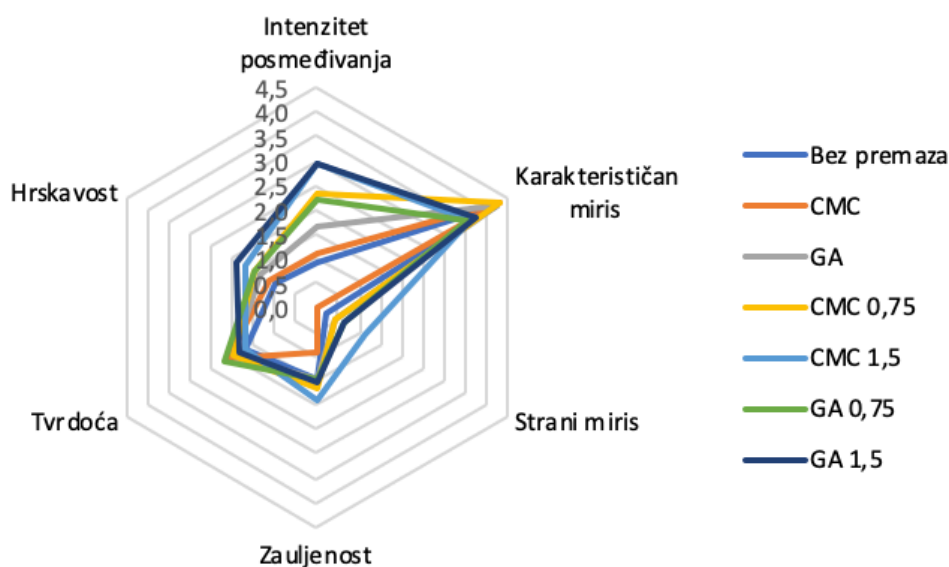
*Bez premaza = kontrolni uzorak uronjen u vodu ; CMC = karboksimetil celuloza bez ekstrakta ; GA = guma arabika bez ekstrakta ; CMC 0,75 = karboksimetil celuloza sa 0,75 % ekstrakta lista masline ; CMC 1,5 = karboksimetil celuloza sa 1,5 % ekstrakta lista masline ; GA 0,75 = guma arabika sa 0,75 % ekstrakta lista masline ; GA 1,5 = guma arabika sa 1,5 % ekstrakta lista masline



Slika 14. Rezultati senzorskog ocjenjivanja parametara boje, mirisa i teksture u uzorcima sirovog krumpira sa jestivim premazima sa i bez dodatka ekstrakta lista koprive

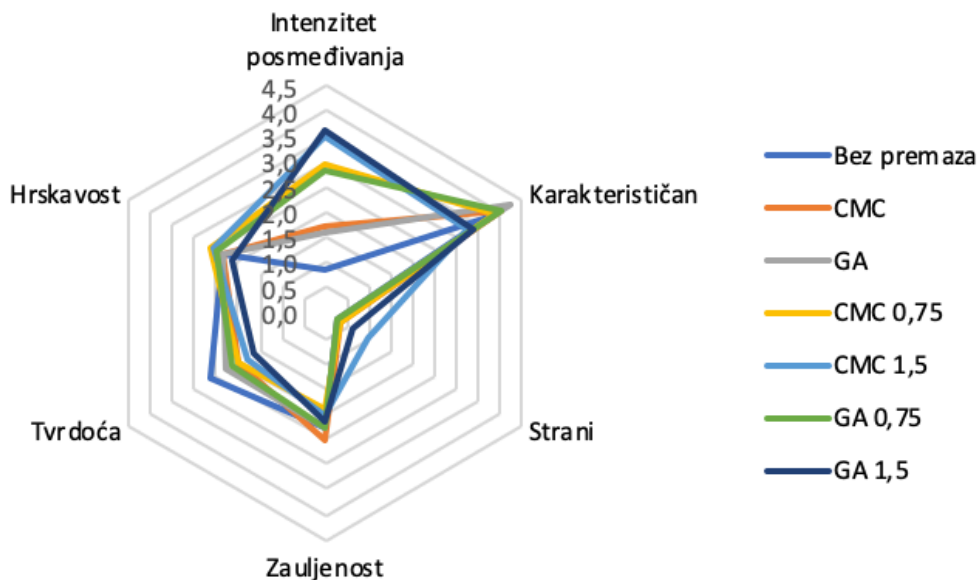
*Bez premaza = kontrolni uzorak uronjen u vodu ; CMC = karboksimetil celuloza bez ekstrakta ; GA = guma arabika bez ekstrakta ; CMC 0,75 = karboksimetil celuloza sa 0,75 % ekstrakta lista koprive ; CMC 1,5 = karboksimetil celuloza sa 1,5 % ekstrakta lista koprive ; GA 0,75 = guma arabika sa 0,75 % ekstrakta lista koprive ; GA 1,5 = guma arabika sa 1,5 % ekstrakta lista koprive

Rezultati senzorske analize za intenzitet posmeđivanja sirovih krumpira pokazuju kako uzorci koji su bili uronjeni u otopine s višom koncentracijom ekstrakata lista masline i koprive (1,5 %) imaju statistički značajno ($p \leq 0,05$) izraženiju tamniju boju u usporedbi s ostalim uzorcima sirovih krumpira (Slika 13 i 14). Sukladno navedenom, rezultat ocjenjivanja za krumpire potopljene u otopinu karboksimetil celuloze s višom koncentracijom ekstrakta lista masline (CMC 1,5 OLE) iznosi 2,8, dok je vrijednost istog parametra za krumpire potopljene u otopinu CMC bez ekstrakata bila 0,4. Slični rezultati primjećeni su i kod krumpira uronjenih u otopine s ekstraktom koprive iz čega se zaključuje da ekstrakti imaju značajan i izravan utjecaj na boju sirovih krumpira prije prženja. Također, zamijećena je dobra korelacija s rezultatima instrumentalnog određivanja boje gdje su uzorci koje su panelisti ocijenili s nižim ocjenama, imali niže L^* i WI vrijednosti. Slično dobivenim rezultatima, Luo i sur. (2019) su objavili da se impregniranjem krumpira eteričnim uljem ružmarina blago narušavaju karakteristike boje i kvaliteta krumpira. Nadalje, senzorska analiza pokazala je da su sirovi krumpiri imali karakterističan miris i tvrdoću (visoke ocjene blizu maksimalne vrijednosti 5), dok je ljepljivost kod svih uzoraka slabo izražena (niske ocjene s vrijednostima < 2).



Slika 15. Rezultati senzorskog ocjenjivanja parametara boje, mirisa i teksture u uzorcima prženog krumpira sa jestivim premazima sa i bez dodatka ekstrakta lista masline

*Bez premaza = kontrolni uzorak uronjen u vodu ; CMC = karboksimetil celuloza bez ekstrakta ; GA = guma arabika bez ekstrakta ; CMC 0,75 = karboksimetil celuloza sa 0,75 % ekstrakta lista masline ; CMC 1,5 = karboksimetil celuloza sa 1,5 % ekstrakta lista masline ; GA 0,75 = guma arabika sa 0,75 % ekstrakta lista masline ; GA 1,5 = guma arabika sa 1,5 % ekstrakta lista masline



Slika 16. Rezultati senzorskog ocjenjivanja parametara boje, mirisa i teksture u uzorcima prženog krumpira sa jestivim premazima sa i bez dodatka ekstrakta lista koprive

*Bez premaza = kontrolni uzorak uronjen u vodu ; CMC = karboksimetil celuloza bez ekstrakta ; GA = guma arabika bez ekstrakta ; CMC 0,75 = karboksimetil celuloza sa 0,75 % ekstrakta lista koprive ; CMC 1,5 = karboksimetil celuloza sa 1,5 % ekstrakta lista koprive ; GA 0,75 = guma arabika sa 0,75 % ekstrakta lista koprive ; GA 1,5 = guma arabika sa 1,5 % ekstrakta lista koprive

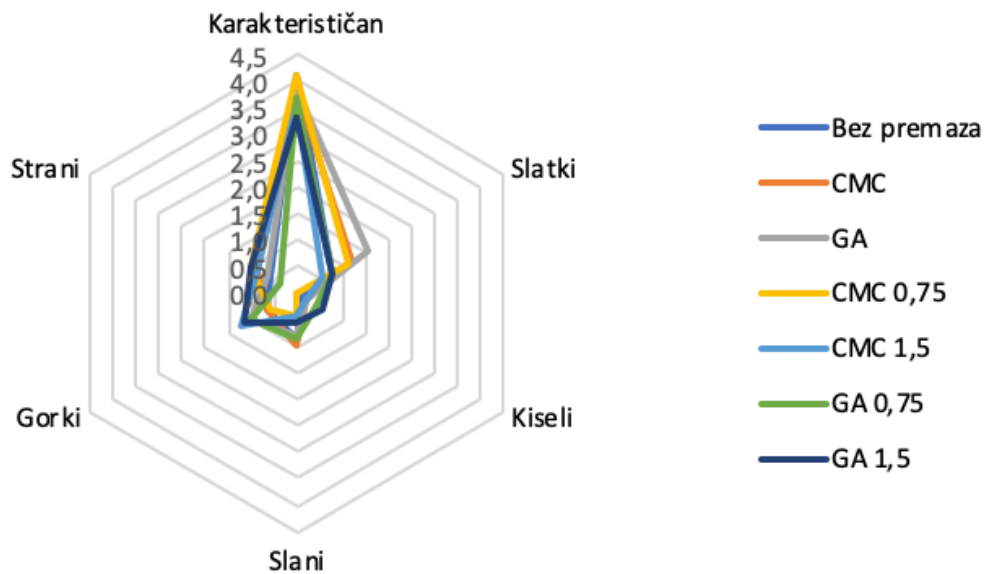
Kod prženog krumpira, rezultati senzorske analize ukazuju na to da su krumpiri bez premaza imali žuto/zlatnu boju bez naznaka posmeđivanja (prosječna vrijednost 0,9) (Slika 15 i 16). Ovaj rezultat je u skladu s instrumentalno izmjerenim parametrima boje (tablice 6 i 7). Također, uočeno je da što su vrijednosti L^* niže, to su panelisti primjetili veći intenzitet posmeđivanja (niska L^* vrijednost za GA 0,75 NLE = $65,04 \pm 3,26^b$ te ocjena panelista za isti uzorak = 2,81). Isti je trend primjećen kod parametra a^* koji pokazuje povećane vrijednosti, a koji ukazuje na primjese crvene boje karakteristične za proizvode dobivene prženjem pri visokim temperaturama.

Najviši intezitet posmeđivanja ocijenjen je u uzorcima GA 1,5 NLE (ocjena 3,63). Općenito je primjećeno da je ekstrakt lista masline imao manji utjecaj na intenzitet posmeđivanja prženog krumpira neovisno o koncentraciji ili vrsti korištenog polimera u odnosu na ekstrakt koprive.

Rezultati senzorske analize za miris prženog krumpira ukazuju na to da su vrijednosti za strani i vrijednosti za karakterističan miris prženog krumpira negativno proporcionalne što znači da su panelisti osjetili intenzivniji strani miris sukladno sa smanjenim primjećivanjem karakterističnog mirisa prženog krumpira. Intenzitet karakterističnog mirisa krumpira se smanjio korištenjem premaza neovisno o primijenjenim polimerima ili ekstraktima. Nadalje, primjećena je da se povišenjem koncentracije ekstrakta smanjivala ocjena za karakterističan miris, a povećavala za strani miris prženog krumpira (ocjene 4,33 i 3,61 za karakterističan miris prženog krumpira OLE 0,75 i 1,5 te sukladno s time ocjene 0,44 i 1,11 za strani miris kod istih uzoraka). Najviše vrijednosti za strani miris zamijećene su kod uzorka krumpira uronjenog u CMC 1,5 otopinu neovisno o vrsti ekstrakta (1,0 za NLE i 1,1 za OLE).

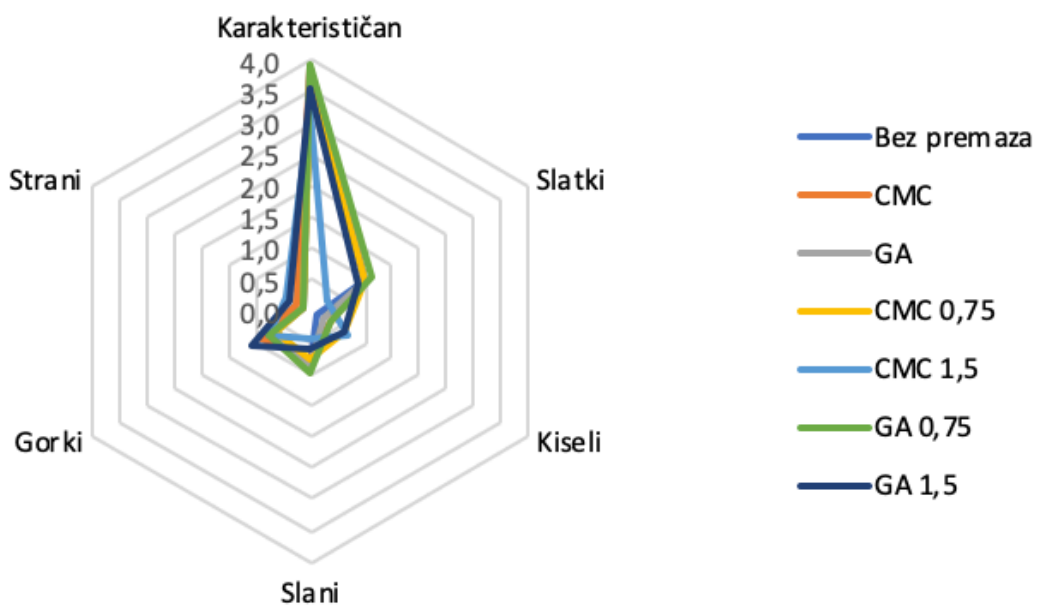
Pri primjeni viših koncentracija ekstrakta primjećena je niža razina zauljenosti u odnosu na ostale uzorke, što upućuje na to da ekstrakti imaju statistički značajan ($p \leq 0,05$) utjecaj (statistička obrada nije prikazana na grafu) na teksturu i osjećaj zauljenosti prženog krumpira neovisno o stvarnom udjelu masti u krumpiru. Također, kod uzoraka s ekstraktom lista masline zauljenost se manje osjetila u usporedbi s uzorcima u kojima je korišten ekstrakt koprive.

Iz slika 15 i 16, vidljivo je da su svi premazi imali utjecaj na hrskavost krumpira i to na način da se korištenjem premaza s ekstraktima hrskavost povećala (srednja ocjena 2,6) u odnosu na kontrolni uzorak bez premaza (srednja ocjena 1,0). Najviše ocijenjena tvrdoća primjećena je kod krumpira koji je bio uronjen u GA (srednja ocjena 2,3), a ona se povećanjem koncentracije oba korištena ekstrakta smanjivala.



Slika 17. Rezultati senzorskog ocjenjivanja parametara okusa u uzorcima prženog krumpira sa jestivim premazima sa i bez dodatka ekstrakta lista masline

*Bez premaza = kontrolni uzorak uronjen u vodu ; CMC = karboksimetil celuloza bez ekstrakta ; GA = guma arabika bez ekstrakta ; CMC 0,75 = karboksimetil celuloza sa 0,75 % ekstrakta lista masline ; CMC 1,5 = karboksimetil celuloza sa 1,5 % ekstrakta lista masline ; GA 0,75 = guma arabika sa 0,75 % ekstrakta lista masline ; GA 1,5 = guma arabika sa 1,5 % ekstrakta lista masline



Slika 18. Rezultati senzorskog ocjenjivanja parametara okusa u uzorcima prženog krumpira sa jestivim premazima sa i bez dodatka ekstrakta lista koprive

*Bez premaza = kontrolni uzorak uronjen u vodu ; CMC = karboksimetil celuloza bez ekstrakta ; GA = guma arabika bez ekstrakta ; CMC 0,75 = karboksimetil celuloza sa 0,75 % ekstrakta lista koprive ; CMC 1,5 = karboksimetil celuloza sa 1,5 % ekstrakta lista koprive ; GA 0,75 = guma arabika sa 0,75 % ekstrakta lista koprive ; GA 1,5 = guma arabika sa 1,5 % ekstrakta lista koprive

Parametri okusa ocijenjivani su kroz nekoliko značajki : karakterističan, strani, slatki, slani te kiseli i gorki (Slike 17 i 18). Ekstrakt lista masline imao je najznačajni utjecaj ($p \leq 0,05$) na promjenu okusa prženog krumpira, s najvišom ocjenom od 0,4 za CMC 1,5 OLE (slika 17). Povećanjem koncentracije ekstrakta karakterističan okus krumpira se smanjuje, odnosno do izražaja dolazi strani okus koji se može pripisati aromatičnim spojevima prisutnima u danim ekstraktima. Nisu primjećene značajne (najviša i najniža ocjena razlikovale su se za 0,56) promjene u slanosti krumpira, dok je kiseli okus bio prisutan u uzorcima s premazom.

Slatkoća prženog krumpira se smanjuje povećanjem koncentracije ekstrakta, a najvišom ocjenom za slatki okus (1,6) ocijenjeni su uzorci uronjeni u GA bez ekstrakta.

Gorak okus je najizraženiji kod uzorka CMC 1,5 OLE i to gotovo dvostruko više u odnosu na isti uzorak s nižom koncentracijom ekstrakta (0,6 i 1,2). Gorak okus je negativna karakteristika koja nije zamijećena kod kontrolnog uzorka, a pridodaje se senzorskom profilu ekstrakata (npr. oleuropein u maslini koji je poznat po svojoj karakterističnoj gorčini).

5. ZAKLJUČCI

- 1) Ekstrakti lista masline ili koprive, prirodno bogati antioksidansima i fenolima, u primjenjenim koncentracijama od 0,75 i 1,5 % (*m/v*) nisu imali statistički značajan utjecaj ($p \leq 0,05$) na udio masti u prženim krumpiru.
- 2) Udio ukupnih fenola viši je u ekstraktu lista masline ($850,71 \pm 27,27$ mg GAE/100 g) u odnosu na ekstrakt lista koprive ($552,85 \pm 18,18$ mg GAE/100 g), te je gotovo udvostručen u otopinama s višom koncentracijom ekstrakta.
- 3) Udio suhe tvari u prženim krumpirima bio je nešto viši u uzorcima s premazom (srednja vrijednost $55,31 \pm 2,51$ %) (posebice GA) u odnosu na uzorke bez premaza ($48,49 \pm 1,54$ %).
- 4) Uzorci koji su bili uronjeni u otopine s višom koncentracijom ekstrakata lista masline i koprive (1,5 %) imaju statistički značajno ($p \leq 0,05$) izraženiju tamniju boju u usporedbi s ostalim uzorcima sirovih krumpira iz čega se zaključuje da ekstrakti imaju značajan i izravan utjecaj na boju sirovih krumpira prije prženja.
- 5) Uzorci prženog krumpira s premazima obogaćenim s ekstraktima lista masline i koprive nisu pokazali statistički značajnije ($p \leq 0,05$) sniženje udjela masti u odnosu na uzorke s premazom bez dodanih ekstrakata. Stoga mehanizam redukcije masti u prženim proizvodima pripisuje se uglavnom prisutstvu polimernih premaza, a nije povezan s prisutnošću više koncentracije fenolnih spojeva, u granicama korištenim u ovom istraživanju.
- 6) Prisutnost ekstrakta lista masline ili koprive u koncentracijama od 0,75 i 1,5 % (*m/v*) u prženom krumpiru uzrokovala je promjene senzorskih karakteristika.
- 7) Rezultati senzorske analize ukazuju na to da su prženi krumpiri bez premaza imali žuto/zlatnu boju bez naznake posmeđivanja. Primjenom ekstrakata dolazi do značajnijeg posmeđivanja i sirovog i prženog krumpira u usporedbi sa kontrolnim krumpirom uronjenim u vodu. Ekstrakt lista masline općenito je imao manji utjecaj na intenzitet posmeđivanja prženog krumpira neovisno o koncentraciji ili vrsti korištenog polimera u odnosu na ekstrakt koprive.
- 8) Intenzitet karakterističnog mirisa i okusa krumpira se smanjio korištenjem premaza neovisno o polimerima ili ekstraktima koji su bili korišteni te je primjećena snažna povezanost između stranog i karakterističnog mirisa ovisno o koncentraciji ekstrakta. Ekstrakt lista masline imao je najznačajni utjecaj na promjenu okusa prženog krumpira, a izraženi strani okus i povišena gorčina se pripisuje aromatičnim spojevima prisutnima

u upotrebljenim ekstraktima. Slatkoća prženog krumpira se smanjuje s povećanjem koncentracije ekstrakta.

- 9) Navedene senzorske promjene nisu bile toliko izražene da bi vodile ka odbacivanju proizvoda budući se iz rezultata ocjenjivanja senzorskih panelista može zaključiti pozitivna ukupna prihvatljivost.
- 10) Zaključno, korištenje premaza od karboksimetil celuloze i gume arabike može biti djelotvoran, jednostavan i alternativan način smanjenja apsorpcije masti u krumpirima prženim u ulju pri temperaturi od 180 °C te pogodan za kućno ili gastro pripremanje hrane.

6. POPIS LITERATURE

Abaza, L., Taamalli, A., Nsir, H., Zarrouk, M. (2015) Olive tree (*Olea europaeae* L.) leaves: importance and advances in the analysis of phenolic compounds. *Antioxidants*, **4**(4), 682–698. doi:10.3390/antiox4040682

Abd-El Ghany, M.E., Ammar, M.S., Hegazy, A.E (2010) Use of olive waste cake extract as a natural antioxidant for improving the stability of heated sunflower oil. *World Appl. Sci. J.* **11**(1):106–113.

Abtahi, M.S., Hosseini, H., Fadavi, A., Mirzaei, H., Rahbari, M. (2016) The optimization of the deep-fat frying process of coated zucchini pieces by response surface methodology. *J. Culin. Sci. Technol.*, **14**(2), 176-189.

Ahn, J.H., Kim, Y.P., Seo, E.M., Choy, Y.K., Kim, H.S. (2008) Antioxidant effect of natural plant extracts on the microencapsulated high oleic sunflower oil. *J. Food Eng.* **84**, 327-334

Akdeniz, N., Sahin, S., Sumnu, G. (2006) Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices. *J. Food Eng.*, **75**, 522–526.

Aladedunye F.A., Przybylski R. (2009) Protection of oil during frying: a comparative study. *Eur J Lipid Sci Tech.* **111**, 893-901.

Albert, S., Mittal, G.S. (2002) Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product. *Food Res. Int.*, **35**, 445–458.

Angor, M.M., Radwan, A., Al-Rousan, W., Al-Abdullah, B. (2013) Effect of starchy coating films on the reduction of fat uptake in deep-fat fried potato pellet chips. *Ital. J. Food Sci.*, **25**, 45-50.

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.

Anonymous 1. (2012) Peeled Vacuum-Packed Potatoes, <<http://www.fritpom.net/en/produkt/peeled-vacuum-packed-potatoes>>. Pristupljeno 15.7.2020.

Anonymus 2 (2019) Plants and flower – a comprehensive plants and flowers database. <<https://www.plantsrescue.com/urtica-dioica/>>. Pristupljeno 22.7.2020.

A.O.A.C. (1990) Official Methods of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemist, Washington DC.

A.O.A.C. (2002) Official Methods of Analysis. 16th Edition, Association of Official Analytical Chemist, Washington DC.

Archana, G., Babu, P.A.S., Sudharsan, K., Sabina, K., Palpandi Raja, R., Sivarajan, M., Sukumar, M. (2016) Evaluation of fat uptake of polysaccharide coatings on deep-fat fried potato chips by confocal laser scanning microscopy. *Int. J. of Food Prop.*, **19**, 1583–1592.

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.

Avendano, M. (2012) Correlation or causation? Income inequality and infant mortality in fixed effects models in the period 1960–2008 in 34 OECD countries. *Soc. Sci. Med.* **75**, 754–760.

Baraiya, N.S., Gol, N.B., Rao, T.V.R. (2012) Influence of polysaccharide-based edible coatings on the shelf life and nutritional quality of tomato fruit. *Food* **6**(1), 22–27.

Barba, A. A., Calabretti, A., d'Amore, M., Piccinelli, A. L, Rastrelli, L. (2008) Phenolic constituents levels in cv. Agria potato under microwave processing. *LWT-Food Sci. Technol.* **41**, 1919–1926.

Barilar, J. (2018) *Kopriva U Suvremenoj Fitofarmaciji*. Sveučilište u Zagrebu, Farmaceutsko-biokemijski fakultet.

Brown, C.R. (2005) Antioxidants in potato. *Am. J. Pot. Res.* **82**, 163–172.

Bouaziz M., Sayadi S. (2005) Isolation and evaluation of antioxidants from leaves of a Tunisian cultivar olive tree. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **107**(7–8), 497–504.

Bubonja-Sonje, M., Giacometti, J., Abram, M. (2011) Antioxidant and antilisterial activity of olive oil, cocoa and rosemary extract polyphenols. *Food Chem.* **127**, 1821–1827.

Cantos, E., Tudela, J., Gil, M., Espín, J. (2002) Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. *J Agric Food Chem.*, **50**(10), 3015–3023.

Daraei Garmakhany, A., Mirzaei, H. O., Maghsudlo, Y., Kashaninejad, M., Jafari, S.M. (2014) Production of low fat french-fries with single and multi-layer hydrocolloid coatings. *J. Food Sci. Technol.* **51**(7), 1334–1341.

Daraei Garmakhany, A., Mirzaei, H.O., Nejad, M.K., Maghsudlo, Y. (2008) Study of oil uptake and some quality attributes of potato chips affected by hydrocolloids. *Eur. J. Lipid Sci. Techol.* **110**, 1045–1049.

Di Mattia. C.D., Sacchetti, G., Mastrocola, D., Pittia, P. (2009) Effect of phenolic antioxidants on the dispersion state and chemical stability of olive oil O/W emulsions. *Food Res. Int.* **42**, 1163–1170.

Eraković, K. (2019) *Parametri oksidacijskog stresa u premalignim promjenama vrata maternice*. Sveučilište u Zagrebu, farmaceutsko-biokemijski fakultet.

European Commission (EC) (2013) *Commission Recommendation of November 8, 2013 on investigations into the levels of acrylamide in food.* (Vol. 10). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2938>.

Freedman, M.R., Keast, D.R. (2011) White potatoes, including French fries, contribute shortfall nutrients to children's and adolescents' diets. *Nutr. Res.* **31**, 270–277.

Garcia-Alonso, A., Goti, I. (2000) Effect of processing on potato starch: In vitro availability and glycemic index. *Nahrung* **44**, 19–22.

García, M., Bifani, V., Campos, C., Martino, M., Sobral, P., Flores, S., Ferrero, C., Bertola, N., Zaritzky, N., Gerschenson, L., Ramírez, C., Silva Weiss, A., Ihl, M., Menegalli, F.C. (2008) edible coating as an oil barrier or active system. *Food Eng: Integrated Approaches*, 225-241.

Griffiths, A.M., Cook, D.M., Eggett, D.L., Christensen, M.J. (2012) A retail market study of organic and conventional potatoes (*Solanum tuberosum*): Mineral and nutritional implications. *Int. J. Food Sci. Nutr.* **63**, 393–401.

Gülçin, İ., Küfrevioğlu, Ö., Oktay, M. Büyükkuroğlu, M. (2004) Antioxidant, antimicrobial, antiulcer and analgesic activities of nettle (*Urtica dioica* L.). *J. Ethnopharmacol.* **90**(2-3), 205-215.

Holownia, K.I., Chinnan, M.S., Erickson, M.C., Mallikarjunan, P. (2000) Quality evaluation of edible film-coated chicken strips and frying oils. *J. Food Sci.* **65**(6), 1087-1090.

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

Iqbal, S., Bhangar, M.I. (2007) Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage. *Food Chem.* **100**, 246-254.

Izadi, S., Ojagh, M., Rahkmanifarah, K., Shabanpour, B., Sakhale, B.K. (2015) Production of low-fat shrimps by using hydrocolloid coatings. *J. Food Sci. Technol.* **52**(9), 6037-6042.

Jennings, B.H., Akoh, C.C. (2009) Effectiveness of natural versus synthetic antioxidants in a rice bran oil-based structured lipid. *Food Chem.* **114**, 1278-1284.

Kilincceker, O., Hepsag, F. (2011) Edible coating effects on fried potato balls. *Food Bioprocess Technol.* **5**(4), 1349-1354.

Kim, D.N., Lim, J., Bae, I.Y., Lee, H.G., Lee, S. (2011) Effect of hydrocolloid coatings on the heat transfer and oil uptake during frying of potato strips. *J. Food Eng.*, **102**, 317–320.

Kiokias, S., Dimakou, C., Oreopoulou, V. (2009) Activity of natural carotenoid preparations against the autoxidative deterioration of sunflower oil-in-water emulsions. *Food Chem.* **114**, 1278-1284.

Kita, A. (2002) The influence of potato chemical composition on crisp texture. *Food Chem.* **76**(2), 173–179.

Krnić, A. (2016) Morfološke karakteristike fenotipa masline (*Olea Europaea* L.) na području općine Šestanovac. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.

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

Luis, G., Rubio, C., Gonzalez-Weller, D., Gutierrez, A.J., Revert, C., Har-Disson, A. (2011) Comparative study of the mineral composition of several varieties of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) for different counties cultivated in Canary Island (Spain). *Int. J. Food Sci. Technol.* **46**, 774–780.

Luo, W., Tappi, S., Patrignani, F., Romani, S. (2019) Essential rosemary oil enrichment of minimally processed potatoes by vacuum-impregnation. *J. Food Sci. Technol.* **56**, 4404–4416.

Lutaladio, N., Castaldi, L. (2009) Potato: The hidden treasure. *J. Food Comp. Anal.* **22**(6), 491–493.

Mallikarjunan, P., Chinnan, M.S., Balasubramaniam, V .M., Phillips, R.D. (1997) Edible coatings for deep-fat frying of starchy products. *Lebensm.-Wiss. u.-Technology*, **30**, 709–714.

Marić, M. (2019) *Odabir i utjecaj aktivnih jestivih filmova na stabilnost minimalno procesiranog krumpira*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet.

Michotte, D., Rogez, H., Chirinos, R., Mignolet, E., Campos, D., Larondelle, Y. (2011) linseed oil stabilisation with pure natural phenolic compounds. *Food Chem.* **129**, 1228–1231.

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

Mišetić, S. (2019) *Utjecaj predtretmana ultrazvuka visokog intenziteta na senzorska svojstva minimalno procesiranog krumpira*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet.

Mohamed, H.M.A., Awatif, I.I. (1997) The use of sesame oil unsaponifiable matter as a natural antioxidant. *Food Chem.* **62**, 269–276.

Montenegro, M.A., Boiero, M.L., Valle, L., Borsarelli, C.D. (2012) In Dr. Johan Verbeek (Ed.), Gum Arabic: More than an edible emulsifier, products and applications of biopolymers. InTech. <https://doi.org/10.5772/33783>.

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.

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. *J. Culin. Sci. Technol.* **16**, 107-127.

Ojeda, G.A., Sgroppo, S.C., Zaritzky, N.E. (2014) Application of edible coatings in minimally processed sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L.) to prevent enzymatic browning.

Int. J. Food Sci. Technol. **49**(3), 876–883.

Oladejo, A. O., Ma, H., Qu, W., Zhou, C., Wu, B., Yang, X., Al., E. (2017) Effects of ultrasound pretreatments on the kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of sweet potato (*Ipomea batatas*). *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **43**, 7–17.

Orlić, P. (2015) *Tradicionalna primjena samoniklog ljekovitog i jestivog bilja otoka Krka*. Sveučilište u Zagrebu, Farmaceutsko-biokemijski fakultet.

Pan, Y., Zhu, J., Wang, H., Zhang, Y., He, C., Ji, X. (2007) Antioxidant activity of ethanol extract of *Cortex fraxini* and use in peanut oil. *Food Chem.* **103**, 913-918.

Raghav, P., Agarwal, N., Saini, M. (2016) Edible coating of fruits and vegetables: A review. *Int. J. Sci. Res. Modern Edu.* **1**(1), 2455-5630.

Rimac-Brnčić, S., Lelas, V., Rade, D., & Šimundić, B. (2004) Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*, **64**(2), 237–241. doi:10.1016/j.jfoodeng.2003.10.006

Şahin, S., Bilgin, M. (2017) Olive tree (*Olea europaea* L.) leaf as a waste by-product of table olive and olive oil industry: A review. *J. Sci. Food Agric.* **98**(4), 1271–1279.

Shen, X., Zhang, M., Fan, K., Guo, Z. (2019) Effects of ϵ -polylysine / chitosan composite coating and pressurized argon in combination with MAP on quality and microorganisms of fresh-cut potatoes. *Food Bioproc. Technol.* **13**(1), 145-158.

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, S., Gomes, L., Leitao, F., Coelho, A.V., Boas, L.V. (2006) Phenolic compounds and antioxidant activity of *Olea Europaea* L. fruits and leaves. *Food Sci. Technol. Int.* **12**(5), 385–395.

Silva, T., Souza, J. (2018) The influence of environmental factors on the production of gum arabic (*Acacia senegal* - *Fabaceae*) - A Meta-Analysis. *RBClimate*. **23**, 33-44.

Sothornvit, R. (2011) Edible coating and post-frying centrifuge step effect on quality of vacuum-fried banana chips. *Journal of Food Engineering*, **107**, 319–325.

Spanou, A., Giannouli, P. (2013) Extend of shelf-life of potato round slices with edible coating , green tea and ascorbic acid. *Int. J. Nutri. Food Eng.* **7**(7), 591–595.

Suja, K.P., Abraham, J.T., Thamizh, S.N., Jayalekshmy, A. Arumughan, C. (2004) Antioxidant efficacy of sesame cake extract in vegetable oil protection. *Food Chem.* **84**, 393-400.

Taghvaei, M., Jafari, S.M. (2013) Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives. *J. Food Sci. Technol.* **52**(3), 1272–1282.

Tsimidou, M.Z.; Papoti, V.T. (2010) *Bioactive Ingredients in Olive Leaves*; Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands.

USDA (2011) Nutritional Profiles of Potato. United States Department of Agriculture.

Williams, R., Mittal, G.S. (1999) Water and fat transfer properties of polysaccharide films on fried pastry mix. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* **32**, 440-445.

Zaheer, K., Akhtar, M.H. (2014) Potato production, usage, and nutrition — A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutri.* **56**(5), 711–721.

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