

Stabilnost minimalno procesiranog krumpira tretiranog eteričnim uljem komorača

Šafarić, Dunja

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:996774>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-14**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Nutricionizam

Dunja Šafarić

7503/N

**STABILNOST MINIMALNO PROCESIRANOG KRUMPIRA
TRETIRANOG ETERIČNIM ULJEM KOMORAČA**

ZAVRŠNI RAD

Naziv znanstveno-istraživačkog projekta: Ovaj rad izrađen je u okviru projekata financiranim sredstvima Hrvatske zaklade za znanost i to "Inovativne tehnike u minimalnoj preradi krumpira (*Solanum tuberosum*) i njegova zdravstvena ispravnost nakon pripreme" (IMPROVePOTATO, IP-2016-06-5343) te „Izolacija i enkapsulacija bioaktivnih molekula samonikle i kultivirane koprive i komorača i učinci na fiziologiju organizma" (PlantBioPower, IP-01-2018-4924)

Mentor: prof.dr.sc. Branka Levaj

Zagreb, 2021.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Nutricionizam

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za kemiju i tehnologiju voća i povrća

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Nutricionizam

Stabilnost minimalno procesiranog krumpira tretiranog eteričnim uljem komorača **Dunja Šafarić, 7503/N**

Sažetak: Minimalno procesirani krumpir je namirnica koja se sve češće koristi u prehrambenoj industriji. Glavni je izazov kod minimalno procesiranog povrća omogućiti siguran proizvod koji tijekom određenog vremenskog perioda zadržava ista senzorska i nutritivna svojstva kao i sirova namirnica. Cilj ovog rada bio je istražiti utjecaj tretmana eteričnim uljem komorača različite koncentracije na stabilnost minimalno procesiranog krumpira. Koristile su se koncentracije od 25, 125 i 250 mg/L. Krumpir izrezan na ploške bio je uronjen u otopinu 15 minuta te skladišten 6 dana pri 8°C. Pratila se promjena boje sirovog krumpira i provedena je mikrobiološka analiza. Za senzorsku analizu krumpir se dodatno kuhao i pržio. Broj mikroorganizama smanjivao se povećanjem koncentracije eteričnog ulja. S vremenom skladištenja svi uzorci su zadržali potrebnu kvalitetu i sigurnost. Mikrobiološki i senzorski odgovarajući te s najizraženijim mirisom i okusom komorača bio je krumpir tretiran eteričnim uljem komorača koncentracije 250 mg/L bilo sirov ili kuhan, međutim, miris i okus komorača nisu bili prisutni u prženim uzorcima.

Ključne riječi: boja, eterično ulje komorača, mikrobiološka analiza, minimalno procesirani krumpir, sensorika

Rad sadrži: 32 stranice, 13 slika, 4 tablice, 50 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentor: prof.dr.sc. Branka Levaj

Pomoć pri izradi: Ana Dobrinčić, mag. ing.

Datum obrane: 15. srpnja 2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
University undergraduate study Nutrition

Department of Food Engineering
Laboratory for Chemistry and Technology of Fruits and Vegetables

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Nutrition

Stability of Minimally Processed Potatoes Treated with Fennel Essential Oil

Dunja Šafarić, 7503/N

Abstract: Minimally processed potato is a type of food that is increasingly used in the food industry. The main challenge is to provide a safe product that contains all the properties as raw food during certain period. The aim of this study was to investigate the effect of fennel essential oil treatment with different concentration on the stability of minimally processed potatoes. Concentrations of 25, 125 and 250 mg/L were used. The sliced potato was immersed in the solution for 15 minutes and stored for 6 days at 8 °C. Determination of color CILAB parameters of raw potatoes and microbiological analysis were conducted. For sensory analysis, potatoes were additionally boiled and fried. The aerobic mesophilic count decreases with increasing concentration of essential oil. With storage time, all samples retained the required quality and safety. Microbiologically and sensory appropriate, and with the most pronounced odor and taste of fennel, was potato treated with 250 mg/L fennel essential oil, either raw or boiled, however the odor and taste were lost in fried samples.

Keywords: colour, fennel essential oil, microbiological analysis, minimally processed potatoes, sensory

Thesis contains: 32 pages, 13 figures, 4 tables, 50 references

Original in: Croatian

Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: PhD. Branka Levaj, Full Professor

Technical support and assistance: Ana Dobrinčić, mag. ing. preh. tech. aliment.

Defence date: 15th July 2021

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. Krumpir	2
2.1.1. Morfološka svojstva krumpira	3
2.1.2. Kemijski sastav krumpira	5
2.2. Minimalno procesirano voće i povrće	5
2.2.1. Minimalno procesirani krumpir	6
2.2.2. Održivost minimalno procesiranog krumpira	8
2.3. Komorač	10
2.3.1. Izgled biljke komorača	11
2.3.2. Eterično ulje komorača	11
2.3.3. Upotreba komorača	12
3. EKSPERIMENTALNI DIO	13
3.1. Materijali	13
3.1.1. Sirovina	13
3.2. Metode rada	13
3.2.1. Aparatura i pribor	13
3.2.2. Priprema uzoraka minimalno procesiranog krumpira (MPK)	14
3.2.3. Mikrobiološka analiza MPK	15
3.2.4. Metoda CIELAB za mjerenje boje	15
3.2.5. Metoda za određivanje senzorskih svojstava	17
4. REZULTATI I RASPRAVA	17
4.1. Mikrobiološka analiza	17
4.2. Parametri boje	19
4.3. Senzorska svojstva	21
5. ZAKLJUČCI	27
6. POPIS LITERATURE	28

1. UVOD

Minimalno procesirano voće i povrće definira se kao bilo koje voće i povrće koje je podvrgnuto različitim netermičkim postupcima kako bi se dobio potpuno jestiv proizvod s karakteristikama kao i izvorno voće ili povrće. Zbog suvremenog i ubrzanog načina života dolazi do sve veće potražnje minimalno procesirane hrane kako bi se omogućila jednostavna konzumacija i smanjilo vrijeme pripreme jela.

Krumpir je namirnica koja se sve češće koristi za minimalno procesiranje. Da bi minimalno procesirani krumpir bio prihvatljiv za potrošače ključno je održati svjež izgled krumpira odgovarajuće boje, teksture, oblika i kvalitete bez pojave posmeđivanja tijekom skladištenja te mikrobiološki ispravan. Faktori koji utječu na očuvanje kvalitete i senzorskih svojstava krumpira su odabir sorte krumpira, načina obrade i tretiranja, vrsta pakiranja, kao i skladištenje na optimalnoj temperaturi. Prikladna sorta bila bi ona koja ima malu osjetljivost na fiziološka oštećenja, enzimsko posmeđivanje, mikrobne bolesti te veću mehaničku otpornost tkiva, otpornost na povišenu koncentraciju CO₂ i nisku koncentraciju O₂. Enzimsko posmeđivanje je odgovor organizma na oštećenje tkiva, a doprinosi mu i pojačana sinteza fenolnih spojeva uslijed mehaničkog i fizičkog stresa. Posmeđivanje se može spriječiti inhibiranjem enzima, uklanjanjem kisika ili fenolnih spojeva različitim kemijskim sredstvima, a sve češće se koriste neki alternativni načini koji uključuju prirodne ekstrakte poput bilja, začina i čajeva koji su dobar izvor antioksidansa te pokazuju potencijal za sprečavanje posmeđivanja i antimikrobni utjecaj.

Eterično ulje komorača primjer je prirodnog ekstrakta koji se pokazao kao dobro antimikrobno sredstvo, antioksidans te prirodni konzervans hrane. Također se može koristiti s ciljem obogaćivanja i aromatiziranja hrane te za korekciju mirisa i okusa.

Cilj ovog rada bio je odrediti utjecaj različitih koncentracija eteričnog ulja komorača (0, 25, 125 i 250 mg/L) na stabilnost minimalno procesiranog krumpira tijekom 6 dana skladištenja pri 8 °C pri čemu su se pratili parametri poput broja mikroorganizama i boje te senzorska svojstva kako sirovog tako i nakon dodatnog kuhanja i prženja.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Krumpir

Krumpir (*Solanum tuberosum* L.) višegodišnja je zeljasta biljka koja pripada porodici *Solanaceae*. Jedna je od najvažnijih prehrambenih namirnica koja se koristi za ljudsku prehranu nakon pšenice, kukuruza i riže (Sampaio i sur., 2020).

Trenutno na svijetu postoji preko 5000 sorti krumpira, a čak njih 3000 potječe iz Anda u Južnoj Americi, točnije iz Perua, Bolivije, Ekvadora, Čilea i Kolumbije (Zaheer i Akhtar, 2014). Kultivirane vrste na tom području dijele se na dva ekotipa od kojih je jedan ekotip tropskih visoravni čiji gomolji nemaju razdoblje mirovanja te planinski ekotip kojeg karakteriziraju gomolji koji imaju izraženo razdoblje mirovanja (Lešić i sur. 2002). U Europi se krumpir prvi put spominje u 16. stoljeću od strane švicarskog botaničara Kaspara Bauhina pod imenom *Solanum tuberosum esculentum*. Krumpir su u Hrvatsku donijeli graničarski vojnici u 18. st. (Parađiković, 2009).

Sorte krumpira razlikuju se prema veličini, obliku, boji, sadržaju škroba i okusu. Jedna od najčešćih klasifikacija krumpira temelji se na broju dana do sazrijevanja nakon sadnje gomolja. Razlikuju se vrlo rani (65 - 70 dana), rani (70 - 90 dana), srednji (90 - 100 dana), kasni (110 - 130 dana) te vrlo kasni (>130 dana) krumpir. Sorte se dijele također prema svojstvima kvalitete za daljnju obradu, za prženje, kuhanje, sušenje, pečenje i slično. Sljedeća podjela je prema svojstvima skladištenja, a uključuje sorte koje se moraju konzumirati nakon berbe i one u kojima se izvorna svojstva škroba zadržavaju dulje vrijeme pa se mogu duže skladištiti i koristiti za preradu u industriji (Camire i sur., 2009). Sorte koje se koriste za ljudsku prehranu dijele se u četiri grupe. Sorte tipa A koriste se za pripremu salata, ne raskuhavaju se i dobro se režu. Tip B uključuje najveći broj sorti i koristi se za široku namjenu. Sorte tipa C se koriste za industrijsku preradu i raskuhavaju se. Tip D se pri kuhanju raspada i koristi se za industrijsku preradu i stočnu hranu (Lešić i sur. 2002).

Najveći proizvođači krumpira su, prema podacima FAOSTAT-a za 2019. godinu, Kina sa 91 881 397 tona, zatim Indija s 50 190 000 tona te Rusija s 22 074 874 tona. Hrvatska je 2019. proizvela 173 150 tona krumpira.

2.1.1. Morfološka svojstva krumpira

Biljka krumpira ovisno o uvjetima uzgoja i sorti može doseći visinu do 1 metra. Sastoji se od stabljike, listova, cvjetova, plodova, stolona, gomolja, klice i korijenja (slika 1).

Stabljika

Dijeli se na podzemni i nadzemni dio koji se razvija iz klice gomolja, ako se radi o vegetativnom razmnožavanju, ili iz pravog sjemena kod generativnog razmnožavanja. Nadzemni dio je šuplji dok podzemni nije. Razlikuju se bočne i glavne stabljike. Glavne stabljike rastu iz gomolja i na njima se formiraju stoloni, gomolji i korijenje, a bočne stabljike se razvijaju iz glavnih (Lešić i sur., 2002).

List

Naizmjenično su poredani na različitim visinama na stabljici, neparno su perasti i sastoje se od lisne peteljke, vršne liske i bočnih liski. Ovisno o sorti između liski, koje su cjelovitog ruba i pravilnog ovalnog oblika, mogu se razviti sekundarne i tercijarne liske (Lešić i sur., 2002).

Cvijet i plod (boba)

Cvjetovi krumpira različitih su boja poput bijele, svijetloplave, ljubičaste ili ružičaste, a karakterizira ih paštast cvat. Cvatnji pogoduju dugi dani i umjerena temperatura. Pri visokim temperaturama pojačava se cvatnja, ali ujedno dolazi do opadanja cvjetova što rezultira razvojem malog broja bobica. Jedna bobica sadrži oko 100 do 200 sjemenki i to sjeme se smatra pravim sjemenom koji se koristi za generativno razmnožavanje (Lešić i sur., 2002).

Stoloni i gomolji

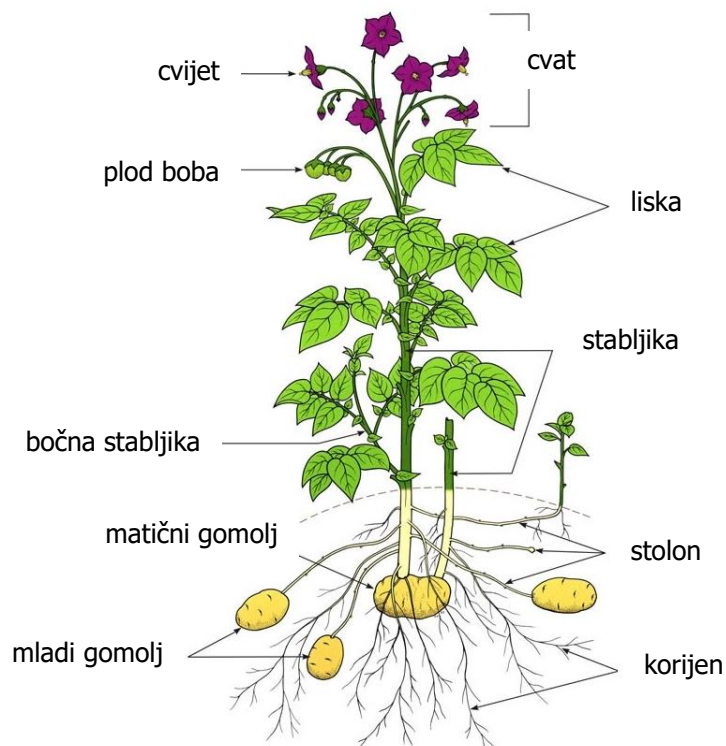
Podzemne bočne stabljike koje karakterizira horizontalni rast su stoloni, a zadebljanjem njihovih vrhova počinju se razvijati gomolji. Glavna uloga gomolja biljke je što je to rezervni organ koji služi za reprodukciju i prezimljenje. Ako se radi o divljim vrstama krumpira boja pokožice može biti žuta, crvena, smeđa i ljubičasta, a u uzgajanim sortama je to najčešće žuta te plava i crvena. Meso gomolja je bijelo-žute boje te u nekim sortama može biti ljubičasto. Gomolj se sastoji od pupčanog dijela kojim je bio povezan za stolon te krune na kojoj su koncentrirana okca iz kojih se dalje mogu razvijati glavne ili bočne stabljike te stoloni (Lešić i sur., 2002).

Klica

Sastoji se od vršnog dijela kojeg čini pup s listićima i osnovnog dijela kojeg čine bočni pupovi i izboji, začetci korijena, lenticle i dlačice (Lešić i sur., 2002).

Korijen

Razvija se na podzemnom dijelu stabljike, bočno se grana i vrlo je plitak. Prilikom cvatnje najbrže se razvija, a kako krumpir dozrijeva tako korijen odumire (Lešić i sur., 2002).



Slika 1. Dijelovi biljke krumpira (Anonymous 1, 2018.)

2.1.2. Kemijski sastav krumpira

Sastav gomolja krumpira varira ovisno o sorti, načinu uzgoja, klimatskim uvjetima načinu pripreme te nizu ostalih ekoloških i proizvodnih čimbenika. Prosječno gomolj sadrži oko 75% vode te 25% suhe tvari. Detaljan prikaz sastava gomolja krumpira prikazan je u tablici 1.

Tablica 1. Prosječni kemijski sastav u 100 g svježeg sirovog gomolja krumpira (USDA, 2019)

Voda	74,4 g
Proteini	2,63 g
Masti	0,13 g
Pepeo	1,35 g
Ugljikohidrati	21,4 g
Prehrambena vlakna	2,3 g
Šećeri	1,08
Škrob	17,4 g

2.2. Minimalno procesirano voće i povrće

Minimalno procesirano voće i povrće definira se kao bilo koje voće i povrće koje je podvrgnuto različitim postupcima obrade poput pranja, guljenja i rezanja kako bi se dobio potpuno jestiv proizvod s karakteristikama kao i izvorno voće ili povrće te im obično nije potrebna daljnja obrada. Minimalna obrada uzrokuje oštećenja biljnog tkiva čime proizvod postaje lakše kvarljiv i smanjuje mu se rok trajanja. Zbog toga je vrlo važan način skladištenja takvih proizvoda (Artes i Allende, 2005). Budući da su voće i povrće bogati izvori mnogih vitamina, minerala i vlakana mnoge zemlje imaju prehrambene preporuke koje naglašavaju važnost njihovog unosa. Minimalno procesirano voće i povrće postaje sve popularnije zbog praktičnosti, sigurnosti hrane i dostupnosti proizvoda za potrošače (Yousuf i sur., 2020).

2.2.1. Minimalno procesirani krumpir

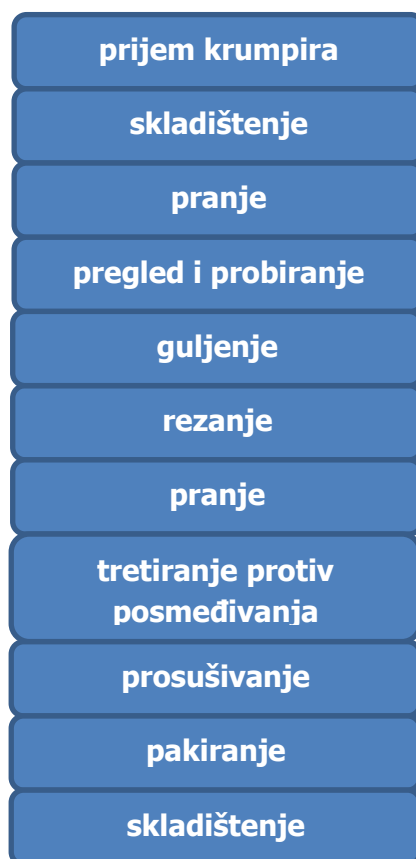
Minimalno procesirani krumpir (MPK) postaje sve popularniji zbog suvremenog načina života koji rezultira smanjenjem slobodnog vremena za pripremu obroka te većom potražnjom već narezanih krumpirića kako bi se skratilo vrijeme pripreme hrane (Wang i sur., 2015).

Proizvodni proces minimalnog procesiranja krumpira uvelike ovisi o kvaliteti sirovine s kojom sam proces započinje. Prikladna sorta bila bi ona koja ima malu osjetljivost na fiziološka oštećenja, enzimsko posmeđivanje, mikrobne bolesti te veću mehaničku otpornost tkiva, otpornost na povišenu koncentraciju CO₂ i nisku koncentraciju O₂. Kako bi krumpir bio pogodan za minimalno procesiranje, mora zadovoljiti određene kriterije poput kemijskog sastava (suha tvar, reducirajući šećeri, koncentracija škroba), morfoloških karakteristika (oblik i veličina gomolja) te senzorske karakteristike (tekstura, okus, boja). Sirovi gomolj ne smije imati vidljiva oštećenja te nepravilnosti u obliku, treba zadovoljavati senzorska svojstva, ne smije biti osjetljiv na posmeđivanje i treba biti prigodan za duže skladištenje (Rocculi i sur., 2009).

Tijekom cijelog procesa (slika 2) od uzgoja do procesiranja važno je poštovati nekoliko osnovnih pravila kako bi se smanjio rizik od mikrobne kontaminacije. Pravila se odnose na sve sudionike uključene u proces uzgoja i obrade krumpira od poljoprivrednika do radnika u pogonu. Do kontaminacije krumpira može doći već tijekom berbe kontaktom s ljudima, opremom ili transportom. Najvažnije je da se tijekom cjelokupnog procesa vodi briga o čistoći pogona, strojeva, ambalaži te higijeni radnika (Brecht i sur., 2004)

Nakon odabrane odgovarajuće sorte te uzgoja slijedi branje, prijem i skladištenje krumpira. Prije samog procesiranja potrebno je oprati krumpir i ukloniti sve nečistoće poput zemlje, pijeska i ostalih stranih tijela, kako bi se smanjila potencijalna kontaminacija u daljnjem procesu (Rocculi i sur., 2009). Nakon toga slijedi probiranje krumpira na temelju čvrstoće, čistoće, veličine, težine, boje, oblika, zrelosti, mehaničkih oštećenja, stranih tvari, bolesti i insekata. Ova radnja može se provoditi ručno ili korištenjem različitih strojeva. Guljenje se može provoditi mehanički noževima (ručno) ili korištenjem karborunduma i zatim noževa (strojno). Za rezanje se također koriste vrlo oštri noževi kako bi se smanjilo oštećenje tkiva i posmeđivanje. Krumpir se može rezati na različite oblike poput kriški, kockica, štapića, ploški i slično (Irfan i sur., 2020). Drugo pranje slijedi nakon rezanja, temperatura vode treba biti oko 4-5°C, količina vode koja se koristi na kilogram krumpira iznosi 3 L, a vrijeme pranja 1 minutu. U vodi za pranje moguće je koristiti neka sredstva koja bi spriječila posmeđivanje, omekšavanje tkiva i razvoj mikroorganizama poput limunske i askorbinske kiseline, kalcijeva klorida ili

natrijeva benzoata. Nakon pranja potrebno je krumpir osušiti, pakirati te skladištiti na temperaturi do 5°C (Barbosa-Canovas i sur., 2003). Da bi minimalno procesirani krumpir bio prihvatljiv za potrošača, veoma važno je pravilno pakiranje kako bi se sačuvao svjež izgled krumpira odgovarajuće boje, izgleda, teksture i kvalitete bez posmeđivanja te mikrobiološka ispravnost. Koriste se dva tipa pakiranja: jedno je u vakuumu, drugo korištenjem modificirane atmosfere. Oba tipa pakiranja imaju za cilj produljiti trajnost proizvoda. Vakuumskim pakiranjem uklanja se zrak iz pakiranja s krumpirom čime se usporavaju reakcije oksidacije i rasta mikroorganizama koji bi mogli dovesti do kvarenja proizvoda (Rocha i sur., 2003). Modificirana atmosfera odnosi se na pakiranja proizvoda u kojima dolazi do uravnotežene izmjene plinova O₂ i CO₂ što je posljedica prirodnih interakcija između brzine disanja proizvoda i prijenosa plinova kroz ambalažu. Glavni cilj ovakvog pakiranja je smanjiti brzinu disanja i oksidacije proizvoda (Zudaire i sur., 2019). Nakon pakiranja važno je krumpir pravilno skladištiti u tamnom i hladnom prostoru. Temperatura skladištenja razlikuje se od istraživanja do istraživanja. Irfan i sur. (2020) koriste temperaturu 4°C, Rocha i sur. (2003) 4 - 6°C, Limbo i Piergiovanni (2006), Gunes i Lee (1997) te Barbosa-Canovas i sur. (2003) 5°C.



Slika 2. Shema proizvodnje MPK (Barbosa-Canovas i sur., 2003)

2.2.2. Održivost minimalno procesiranog krumpira

Zbog mehaničkih procesa poput guljenja i rezanja koji oštećuju biljno tkivo dolazi do enzimskog i mikrobnog djelovanja koji dovodi do gubitka kvalitete krumpira. Aktivirani enzimi krumpira uz pogodan supstrat (fenolni spojevi krumpira) u prisustvu kisika kataliziraju reakcije koje u intermedijarnom stadiju rezultiraju nastankom kinona, a u finalnom stadiju nastajanjem melanoidnih pigmenata što se manifestira posmeđivanjem narezanog krumpira. Posmeđivanje je, dakle, odgovor organizma na oštećenje tkiva, a doprinosi mu i pojačana sinteza fenolnih spojeva uslijed mehaničkog i fizičkog stresa (Rashid i sur., 2021.). Postoje mnogi načini za sprječavanje oksidacije i posmeđivanja poput korištenja sredstva protiv posmeđivanja, a i mnogih drugih postupaka (Levaj i sur., 2018).

Enzimsko posmeđivanje može se spriječiti inhibiranjem enzima, uklanjanjem kisika ili fenolnih spojeva. Najčešće korišteno sredstvo protiv posmeđivanja je askorbinska kiselina koja ima sposobnost redukcije kinona. Neki od spojeva koji inhibiraju enzim su 4-heksilresorcinol, eritorbinska kiselina te N-acetil-cistein. Također se posmeđivanje može smanjiti snižavanjem pH korištenjem askorbinske, limunske, benzojeve, jabučne i ferulinske kiseline (Rashid i sur., 2021). Mogu se koristiti i neki prirodni ekstrakti poput bilja, začina, čajeva i sličnih tvari koji su dobar izvor antioksidansa te sadrže bioaktivne spojeve koji pokazuju potencijal za sprječavanje posmeđivanja (Bobo-Garcia i sur., 2019).

Luo i sur. (2019) su dokazali da korištenje eteričnog ulja ružmarina tijekom skladištenja krumpira ima nepovoljan utjecaj na posmeđivanje proporcionalno sadržaju eteričnog ulja. Razlog tome može biti pojava oksidacije. Mercimek i sur. (2015) ispitivali su učinak limuna, čili papričice te crvene repe na polifenol oksidazu kako bi se spriječilo enzimsko posmeđivanje krumpira. Dokazano je da ekstrakt čili papričice ima najbolji učinak za sprječavanje posmeđivanja budući da sadrži visoki udio askorbinske kiseline. Ekstrakt crvene repe je bogat antioksidansima, fenolima i flavonoidima, dok limun sadrži askorbinsku i limunsku kiselinu. Sva tri ekstrakta su se pokazala kao dobri alternativni inhibitori polifenol oksidaze.

Lee i sur. (2002) proučavali su inhibitorni efekt zagrijanog ekstrakta luka na polifenol oksidazu koji se također pokazao kao dobra alternativa. Theerakulkait i Saisung (2006) dokazali su da ekstrakt kore ananasa također smanjuje posmeđivanje krumpira.

Kako bi se smanjile promjene koje se događaju prilikom skladištenja te kontrolirale bolesti krumpira, koriste se i novi tretmani poput infracrvenog zračenja, hladne plazme, ultrazvuka, impulsnog električnog polja, umjerenog električnog polja te korištenje visokog hidrostatskog pritiska (Dourado i sur., 2019). Korištenjem ultrazvuka može se izbjeći posmeđivanje inaktivacijom enzima. Također dolazi do uništavanja mikroorganizama, kontrole viskoznosti te se održava čvrstoća i tekstura krumpira (Amaral i sur., 2014). U istraživanju kojeg su proveli Teoh i sur. (2016) korišteno je UV zračenje u kombinaciji s prethodnim tretmanom askorbinskom kiselinom ili kalcijevim kloridom te se pratila održivost tijekom skladištenja. Dokazano je da tretirane kriške krumpira nakon 10 dana skladištenja pri $4 \pm 1^\circ\text{C}$ pokazuju najmanju aktivnost polifenol oksidaze, peroksidaze te fenilalanin amonijak liaze.

Antimikrobna sredstva koriste se kako bi se spriječio rast i širenje mikroorganizama, a to su kemijski spojevi koji su prirodno prisutni ili su namjerno dodani hrani, pakiranju hrane ili površinama koje dolaze u kontakt s hranom (Davidson i sur., 2013). Često se koristi klor pomiješan s vodom, kao sredstvo za dezinfekciju i smanjenje broja mikroorganizama u proizvodnji minimalno procesirane hrane. Ispiranje minimalno procesiranog krumpira zakiseljenim natrijevim kloridom znatno smanjuje broj mikroorganizama poput *Escherichia coli* te inhibira enzimsko posmeđivanje (Rashid i sur., 2021). Spojevi biljnog podrijetla poput eteričnih ulja često se koriste kao prirodna antimikrobna sredstva s ciljem smanjenja ili potpunog izbjegavanja sintetičkih konzervansa.

Rizzo i sur. (2015) provodili su istraživanje u kojem su ispitivali djelovanje ružmarina na MPK. Dokazana je sinergijska upotreba eteričnog ulja ružmarina i vakuumnog pakiranja u kombinaciji sa skladištenjem u hladnjaku kao održiva strategija za očuvanje kvalitete MPK. Dodavanje eteričnog ulja ružmarina, koji ima antibakterijsko i protugljivično djelovanje, pozitivno utječe na teksturu krumpira, zadržavanje askorbinske kiseline, ukupnog sadržaja polifenola te smanjuje rast mezofilnih bakterija i *Enterobacteriaceae* tijekom skladištenja.

Luo i sur. (2019) također su provodili istraživanje s eteričnim uljem ružmarina s ciljem obogaćivanja minimalno procesiranih štapića krumpira kako bi se dobio aromatični proizvod. Korištenjem vakuumske impregnacije rezultiralo je učinkovitom metodom za aromatsko obogaćivanje krumpira iako je tijekom skladištenja došlo do gubitka aromatičnih spojeva. Mikrobiološko kvarenje smanjeno je pri većim koncentracijama eteričnog ulja što potvrđuje njegov potencijal kao antimikrobnog sredstva.

2.3. Komorač

Komorač (*Foeniculum vulgare Mill.*) je višegodišnja biljka (slika 3) iz porodice štitarka (*Apiaceae, Umbellifere*) koja se koristi u ljekovite svrhe i za ljudsku prehranu (Barros i sur., 2009).



Slika 3. Biljka komorača (Badgujar i sur., 2014)

Potječe iz zapadne Azije, točnije južnokaspijskog i kavkaskog područja, a kasnije se počeo uzgajati u Etiopiji i Maroku. U Europi se proširio zahvaljujući Francuzima te se uzgajao na području južne Engleske, Irske i kasnije Njemačke. Sredozemne zemlje smatraju se glavnim područjem za uzgoj komorača, a uz njih su još značajne sjeverna Kina, Japan i Sjeverna Amerika. U Hrvatskoj najčešće raste kao samonikla, poludivlja biljka na kamenjarima, suhim, sunčanim podlogama, padinama i livadama koje su karakteristične za Hrvatsko primorje i Dalmaciju (Kuštrak, 2014).

Postoje dvije podvrste komorača, Subsecies *piperitum*, čiji je okus ploda gorak te raste samoniklo u Sredozemnim zemljama, te Subsecies *capillaceum* koja ne raste samoniklo već se uzgaja. Uzgajana podvrsta dijeli se u tri varijeteta. Prvi je varijetet *vulgare* kojeg karakteriziraju tamniji plodovi, gorkoljutog do slatkastog okusa. Slijedi varijetet *dulce* koji se uzgaja kao začin, ima svijetle plodove i ugodnog je slatkastog okusa. Treći je varijetet *azoricum* koji se koristi kao povrće (Kuštrak, 2014).

2.3.1. Izgled biljke komorača

Korijen je velik i mesnat, prljavobijele boje te ga karakterizira dubok rast (Mihovilović, 2013). Stabljika može narasti do 2 metra visine, a karakterizira ju odrvenjelo podnožje i razgranjenje pri vrhu. Listovi su poput uskih listića koji su dvostruko ili višestruko perasti. Cvjetovi su sitni i žućkasti te raspoređeni u velikim štitovima. Biljka cvate (slika 4) u srpnju i kolovozu (Grlić, 1990). Plod komorača naziva se kalavac te se u zreloom stanju raspada na dva poluploda koji su smečkasto-sivožućkaste boje. Plodovi uzgajanih vrsta su krupniji i svjetliji (Kuštrak, 2014).



Slika 4. Cvat komorača (Badgujar i sur., 2014)

2.3.2. Eterično ulje komorača

Sjemenke komorača sadrže 1 - 4% eteričnog ulja i 20% masnih kiselina. Ukupno je pronađeno 23 različitih spojeva od kojih su najzastupljeniji trans-anetol, fenhon, metilkaviokol i limonen čiji se udio razlikuje u gorkom i slatkom komoraču (Anwar i sur., 2009). Različiti udio trans-anetola i fenhona bitan je za različit okus slatkog i gorkog komorača. Od masnih kiselina prisutnih u sjemenkama komorača ističe se petroselinska kiselina čijom oksidacijom nastaje laurinska kiselina (Coşge i sur., 2018). Kemijski sastav može varirati u različitim zemljama što je posljedica agroklimatskih uvjeta uzgoja i stupnja zrelosti biljke (Anwar i sur, 2009). U tablici 2. prikazan je različit udio pojedinih komponenata ovisno o mjestu uzgoja i vrsti komorača. Sjemenke gorkog komorača potječu iz Italije, Indije i Kine, a sjemenke slatkog komorača iz Argentine, Češke i Španjolske (Kuštrak, 2014).

Tablica 2. Razlike u kemijskom sastavu sjemenki gorkog i slatkog komorača (Kuštrak, 2014)

Sastavnice	Gorki komorač (var. <i>vulgare</i>) (%)			Slatki komorač (var. <i>dulce</i>) (%)		
fenhon	7,6	7,7	13,2	6,8	13,5	13,8
metilkavikol	3,1	3,5	4,0	11,8	11,1	12,5
trans-anetol	81,7	75,0	71,6	76,5	68,1	62,5

2.3.3. Upotreba komorača

Svježa ili sušena biljka i plodovi komorača koriste se kao sredstvo za aromatiziranje hrane u obliku začina, ulje se koristi u kuhanju za korekciju mirisa i okusa te se još može koristiti u ljekovite svrhe kao mišićni relaksant, slabi diuretik, karminativ te blagi stimulans (Figueredo i sur., 2016). Uz sjemenke, eterično ulje se pokazalo kao dobar antioksidans i uočena je aktivnost uklanjanja slobodnih radikala te antimikrobna aktivnost. Zbog takvih obilježja i biokomponenti eterično ulje se potencijalno može koristiti kao prirodni konzervans hrane (Anwar i sur., 2009). Laurinska kiselina prisutna u komoraču koristi se u industriji sapuna, kozmetičkoj, medicinskoj i parfemskoj industriji (Coşge i sur., 2018).

Roby i sur. (2013) proučavali su antimikrobni učinak metanolnog, etanolnog, dietil eternog i heksanskog ekstrakta sjemenki komorača protiv bakterija *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus cereus* i *Staphylococcus*, kvasca *Candida albicans* i plijesni *Aspergillus flavus*. Eterično ulje komorača pokazalo je značajno antifungalno djelovanje protiv sojeva patogenih gljiva poput *Aspergillus niger*, *Fusarium solani* i *Rhizopus solani*. Ukupno je plinskom kromatografijom masenih spektara identificirano 78 spojeva iz antimikrobne frakcije komorača. Kao najaktivniji spoj otporan na *Mycobacterium tuberculosis* pokazao se 2,4-dekadienal (Badgular i sur., 2014).

Orhan i sur. (2012) istraživali su različite spojeve u eteričnim uljima te njihovo antivirusno djelovanje na DNA virus HSV-1 i RNA virus PI-3. Dokazali su da najbolje antivirusno djelovanje ima ulje od potpuno zrelog komorača. Sva provedena istraživanja potvrdila su tradicionalnu upotrebu komorača protiv bolova u truhu, proljeva, vrućice, nadimanja, gastritisa, nesаницe, respiratornih poremećaja, kožnih bolesti i sličnih oboljenja (Badgular i sur., 2014).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Materijali

3.1.1. Sirovina

Krumpir sorte Birgit koji je ubran u 10. mjesecu 2020. godine koristio se u istraživanju i od njega je pripremljen minimalno procesirani krumpir uz tretiranje vodenom emulzijom eteričnog ulja gorkog komorača.

Eterično ulje gorkog komorača korišteno u istraživanju nabavljeno je u tvrtki Ireks Aroma, Zagreb.

3.2. Metode rada

3.2.1. Aparatura i pribor

- Analitička vaga (AX224, OHAUS, Švicarska)
- Tehnička vaga (PS 4500.R2, RADWAG, Poljska)
- Multipraktik (MCM3201B, BOSCH, Njemačka)
- Uređaji za vakuumiranje (V1020, FoodSaver, Ujedinjeno Kraljevstvo i FFS015-X, FoodSaver, Ujedinjeno Kraljevstvo)
- Kolorimetar (Konica-Minolta, Japan)
- Štapni mikser (Philips ProMix, 650W)
- Vrećice za pakiranje u vakuumu
- Nož za guljenje
- Nož
- Plastične posude
- Menzura volumena 1 L
- Pipete volumena 1 ml, 2 ml i 10 ml
- Cjedilo

3.2.2. Priprema uzoraka minimalno procesiranog krumpira (MPK)

Najprije je krumpir opran u vodi, oguljen nožićem za guljenje te se dodatno nožem odstranilo vidljivo oštećenje na krumpiru. Zatim se krumpir ponovno oprao u vodi te je narezan na ploške debljine 5 mm u multipraktiku.

Otopina se pripremila tako da se izvagana masa eteričnog ulja pomiješala s vrućom destiliranom vodom, miksala štapnim mikserom te dopunila hladnom destiliranom vodom do određenog volumena. Prije miješanja s krumpirom pripremljene koncentracije ohlađene su na sobnu temperaturu. Korištene koncentracije eteričnog ulja iznosile su 25 mg/L, 125 mg/L i 250 mg/L. Kontrolni uzorci tretirani su samo destiliranom vodom. Krumpir se uronio u pripremljenu otopinu u omjeru 1:1, poklopio te neprestano miješao 15 minuta. Nakon tretmana i cijedenja, krumpir je pakiran u vrećice koje su vakuumirane i zatvorene pomoću aparata za vakuumiranje i zavarivanje te je skladišten u hladnjaku pri 8 °C. Uzorci su analizirani 1. i 6. dan te se pratila mikrobiološka ispravnost, boja i senzorska svojstva sirovog, kuhanog i prženog krumpira. U tablici 3. prikazan je popis uzoraka s pripadajućim oznakama koje su se koristile u ostatku rada.

Tablica 3. Popis uzoraka s pripadajućim oznakama

Oznaka uzorka	Koncentracija eteričnog ulja komorača (mg/L)	Dani skladištenja
EO-0(1)	0*	1
EO-0(6)	0*	6
EO-25(1)	25	1
EO-25(6)	25	6
EO-125(1)	125	1
EO-125(6)	125	6
EO-250(1)	250	1
EO-250(6)	250	6

* voda

Kuhani uzorci pripremaju se na način da se u kipuću destiliranu vodu stavljaju ploške krumpira koje se kuhaju otprilike 15 minuta. Nakon kuhanja ploške se cijede i stavljaju na tanjur obložen papirnatim ubrusom da se ukloni višak vode.

Za pripremu prženih uzoraka koristilo se prethodno zagrijano suncokretovo ulje temperature 170°C u koje su se stavljale ploške krumpira. Prženje je trajalo 3 - 5 minuta nakon čega su ploške izvađene i stavljene na tanjur obložen papirnatim ubrusom da se upije višak masnoće.

U svim sirovim uzorcima provedena je mikrobiološka analiza, mjerenje boje prema CIELAB metodi te senzorska analiza. Senzorska analiza se osim na sirovim uzorcima provodila i nakon kuhanja i prženja.

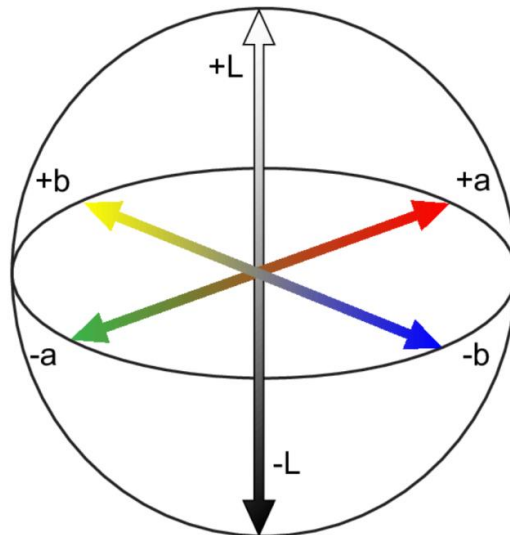
3.2.3. Mikrobiološka analiza MPK

Mikrobiološkom analizom, provedenom prema HRN EN ISO 4833-1:2013, određivao se ukupni broj aerobnih mezofilnih bakterija (AMB). Navedena norma određuje horizontalnu metodu za brojanje mikroorganizama koji su sposobni rasti i stvarati kolonije u krutom mediju nakon aerobne inkubacije na 30°C (ISO 4833-1, 2013).

Analiza se provodi na način da se 10 g uzorka pomiješa s 90 ml fiziološke otopine peptona u sterilnoj vrećici te homogenizira 1 minutu koristeći Stomacher uređaj. Zatim se koristi agar ploča za brojanje mikroorganizama (Biolife, Milan, Italija) koja je inkubirana pri $30 \pm 1^\circ\text{C}$ tijekom 72 ± 3 sati.

3.2.4. Metoda CIELAB za mjerenje boje

Za određivanje boje krumpira korištena je CIELAB metoda koja opisuje trodimenzionalni prostor s 3 osi (slika 5). Os L^* opisuje sivu ljestvicu s vrijednostima od 0 (crna) do 100 (bijela). Os a^* označava zastupljenost zelene boje za negativne vrijednosti te crvenu boju za pozitivne vrijednosti. Os b^* označava zastupljenost plave boje za negativne vrijednosti i žute za pozitivne. Os L^* predstavlja svjetlost dok a^* i b^* kromatičnost. Zasićenost boje označava se sa C^* i predstavlja udaljenost od središnje osi. Kut na osi kromatičnosti označava se s H° i predstavlja nijansu boje (Ly i sur., 2020).



Slika 5. CIELAB spektar boja (Bisulca i sur., 2012)

Kolorimetar se sastoji od izvora svjetlosti, leće, filtera i računalnog analizatora. Radi po principu da izvor svjetlosti emitira određene valne duljine koje uzorak apsorbira i odbija svjetlost. Odbijena svjetlost se filtrira kroz trikromatski filter crvene, zelene i plave krome. Daljnju obradu podataka izvodi računalni program (Ly i sur., 2020).

Postupak određivanja:

Prije samog mjerenja uzorka MPK kolorimetar je potrebno kalibrirati crnim valjkom i bijelim standardom te odrediti veličinu ploče koja odgovara veličini uzorka. Koristila se ploča od 30 mm. Uređaj koristi program Spectramagic NX na kojem se postavje sve potrebne postavke za mjerenje.

Ploška sirovog krumpira postavlja se tako da prekrije cijeli otvor ploče. Provodi se po 3 mjerenja za svaki uzorak 1. i 6. dan, uključujući i kontrolne uzorke. Iz dobivenih vrijednosti L^* , a^* i b^* mogu se izračunati H^p i C^* te na kraju ΔE^* koja kvantificira razliku između dviju boja.

Za izračun ukupne razlike obojenosti ΔE^* koristi se formula (referentni uzorak je EO-0(1)):

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^* - L^*_{ref})^2 + (a^* - a^*_{ref})^2 + (b^* - b^*_{ref})^2}$$

3.2.5. Metoda za određivanje senzorskih svojstava

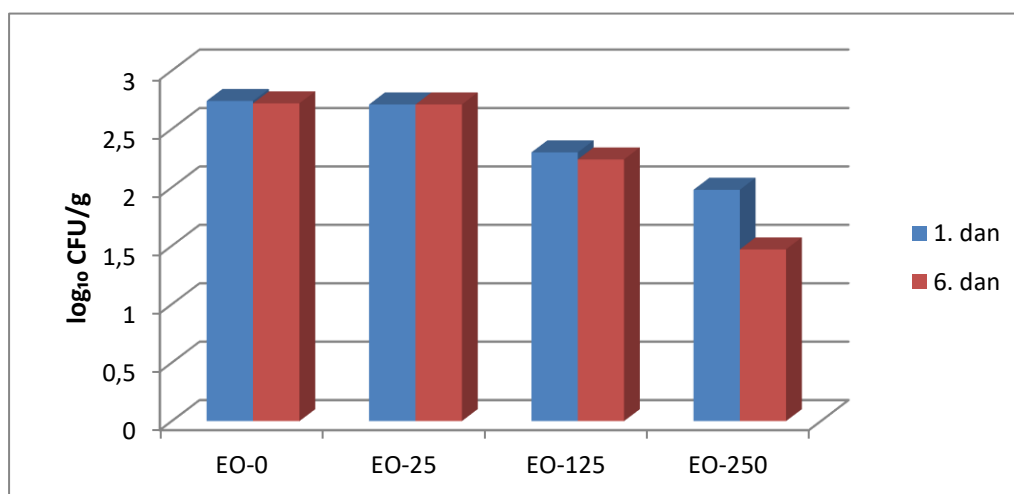
Za senzorsku analizu uzoraka koristila se deskriptivna analiza koja uključuje kvalitativne i kvantitativne elemente. Kvalitativni elementi opisuju vanjski izgled poput boje, zatim aromu, okus i teksturu. Kvantitativni elementi označavaju intenzitet pojedinog svojstva (Marković i sur., 2017).

U ovom istraživanju sudjelovalo je 6 panelista, sve su bile žene, te se ocjenjivao sirovi, kuhani i prženi krumpir. Koristila se skala od 0 do 5, gdje 0 označava neizraženo svojstvo, 1 jako slabo izraženo, 2 slabo izraženo, 3 srednje izraženo, 4 izraženo te 5 jako izraženo svojstvo. Od svojstava se promatrala boja u smislu pojave posmeđivanja u sirovom i kuhanom MPK te kao karakteristična boja prženog, miris krumpira i komorača, tvrdoća i vlažnost. U kuhanom krumpiru se dodatno ocjenjivalo svojstvo kremastosti, a u prženom krumpiru zauljenost i hrskavost. Okus komorača, krumpira te slatki, kiseli, slani, gorki i strani okus ocjenjivao se u kuhanom i prženom krumpiru.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Cilj ovog rada bio je pratiti kako različite koncentracije eteričnog ulja komorača utječu na AMB, boju i senzorska svojstva sirovog minimalno procesiranog krumpira tijekom 6 dana skladištenja te senzorska svojstva nakon kuhanja i prženja.

4.1. Mikrobiološka analiza



Slika 6. Broj aerobnih mezofilnih bakterija prisutnih na MPK

Slika 6 prikazuje ukupni broj AMB koji su prisutni u MPK 1. i 6. dan. U kontrolnom uzorku koji nije tretiran eteričnim uljem određen je najviši broj AMB, kao i u uzorku tretiranom najmanjom koncentracijom eteričnog ulja. Primjenom koncentracije 125 mg/L došlo je zamjetnijeg smanjenja broja AMB, a vidljivo je i njihovo smanjenje tijekom skladištenja. Kao najbolja koncentracija za tretiranje MPK s ciljem smanjenja mikroorganizama prije i tijekom skladištenja pokazala se koncentracija eteričnog ulja 250 mg/L jer je u tom uzorku određen najmanji broj AMB, a došlo je i do zamjetnijeg smanjenja AMB tijekom 6 dana skladištenja. Dobiveni rezultati dokazuju antimikrobni učinak eteričnog ulja koji se povećava s primijenjenom koncentracijom i djelotvoran je tijekom skladištenja. Razlika između EO-0(1) te EO-250(1) iznosi 0,76 log₁₀ CFU/g, dok se nakon 6 dana skladištenja razlika povećava na 1,25 log₁₀ CFU/g.

Rizzo i sur. (2018) dokazali su korištenjem ulja kikirikija s dodatkom 0,5% eteričnog ulja ružmarina da dodatak eteričnog ulja također značajno djeluje na kontrolu rasta mikroorganizama. Korišteno je 6 sorti krumpira čiji je prosječni ukupni broj bakterija na početku iznosio 5,32 log₁₀ CFU/g. Nakon tretmana eteričnim uljem taj se broj smanjio na 3,50 log₁₀ CFU/g, dok se skladištenjem postepeno povećavao te 11. dana iznosio 6,94 log₁₀ CFU/g. Luo i sur. (2019) dokazali su da tretiranje krumpira višim koncentracijama eteričnog ulja ružmarina (8 i 12%) smanjuje AMB 1,75 - 2,12 log₁₀ CFU/g, dok se tijekom skladištenja u svim uzorcima broj povećao. Shi i sur. (2018) u istraživanju su tretirali kriške krumpira s različitim koncentracijama eteričnog ulja kore naranče te dokazali značajnu inhibiciju rasta bakterija poput *Aspergillus niger*, *Rhizopus oryzae*, *Penicillium funiculosum* te *Mucor wutungkiao*. Najveća koncentracija ulja od 2 µL/mL_{zraka} smanjila je rast bakterija za oko 72,5%. U istraživanju u kojem je korišteno eterično ulje luka u koncentraciji od 0,5 mg/ml uočeno je smanjenje AMB za 1,27 log₁₀ CFU/g (Bobo-Garcia i sur., 2019).

4.2. Parametri boje

Rezultati određivanja parametara boje na sirovim ploškama MPK prikazani su u tablici 4.

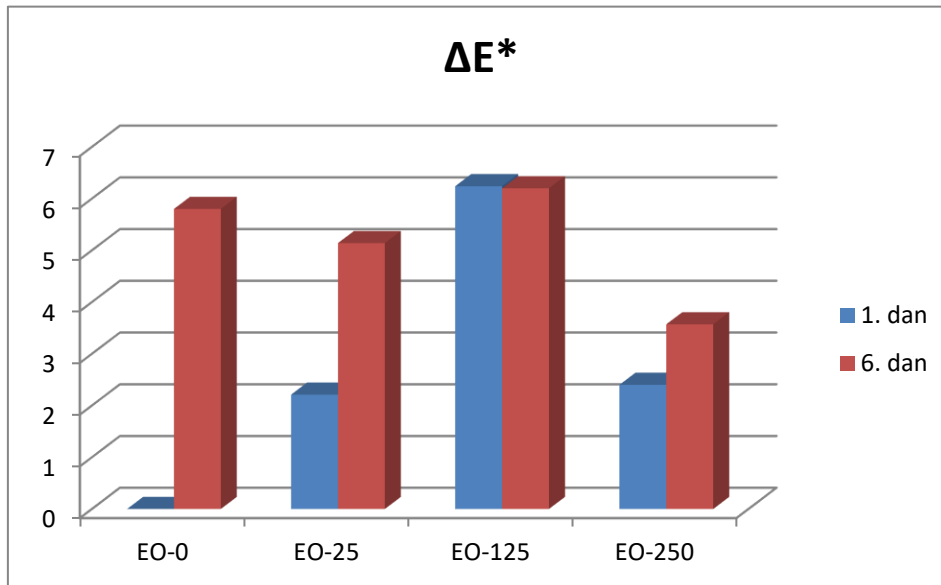
Tablica 4. Vrijednosti parametara boje MPK

UZORAK	PARAMETRI BOJE				
	L^*	a^*	b^*	C^*	H°
EO-0(1)	73,53 ± 1,44	-0,54 ± 0,17	32,74 ± 1,52	32,75 ± 1,52	90,95 ± 0,31
EO-0(6)	69,51 ± 1,30	1,15 ± 0,38	36,57 ± 0,45	36,59 ± 0,45	88,19 ± 0,59
EO-25(1)	73,42 ± 1,69	0,45 ± 0,18	34,71 ± 4,78	34,72 ± 4,77	89,28 ± 0,23
EO-25(6)	69,31 ± 2,31	1,21 ± 0,08	35,11 ± 2,45	35,13 ± 2,45	88,02 ± 0,15
EO-125(1)	70,61 ± 1,42	0,66 ± 0,36	38,12 ± 1,28	38,13 ± 1,27	89,00 ± 0,55
EO-125(6)	70,69 ± 0,52	0,98 ± 0,35	38,04 ± 1,60	38,06 ± 1,61	88,54 ± 0,48
EO-250(1)	71,66 ± 0,46	0,73 ± 0,79	33,56 ± 2,92	33,58 ± 2,93	88,82 ± 1,21
EO-250(6)	71,66 ± 0,87	0,97 ± 0,24	35,38 ± 4,25	35,40 ± 4,25	88,38 ± 0,58

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna devijacija

Iz dobivenih rezultata vidljivo je da se vrijednost parametara L^* smanjuje s povećanjem koncentracije eteričnog ulja iako EO-250 ima nešto višu vrijednost od EO-125. S vremenom skladištenja u uzorcima EO-0 i EO-25 dolazi do smanjenja vrijednosti L^* , dok u uzorcima EO-125 i EO-250 ostaje nepromijenjena. Cantos i sur. (2002) navode da je parametar L^* najbolji pokazatelj posmeđivanja minimalno procesiranog krumpira. Vrijednosti parametra a^* svih uzoraka povećavaju se s povećanjem koncentracije eteričnog ulja kao i skladištenjem, pri čemu je porast tijekom skladištenja najmanji u uzorcima EO-125 i EO-250. Pozitivne vrijednosti parametra a^* ukazuju na veoma malu prisutnost crvenih tonova do kojih dolazi uslijed tretmana i skladištenja, dok samo početni uzorak ima negativnu vrijednost. Crveni tonovi ukazuju na pojavu posmeđivanja iako je ono slabo s obzirom na to što su vrijednosti veoma niske. Sličan trend uočava se i za parametar b^* i C^* , ali samo do koncentracije 125 mg/L. Parametar b^* predstavlja udio žute boje, a C^* zasićenost. Te veće vrijednosti ukazuju na veću prisutnost žute boje veće zasićenosti što ukazuje na svojstvenu boju krumpira. U istraživanju Dite Hunjek i sur. (2020) za istu sortu dobivene su slične vrijednosti za L^* (70.05), a^* (1.56), b^* (41.08), C^* (41.12) i H^* (87.83). Najveće vrijednosti, ali i najmanje promjene tijekom skladištenja bile su u uzorku EO-125. Vrijednosti parametra H^* ukazuju također na žute tonove,

a pokazuju obrnuti trend tj. dolazi do neznatnog smanjenja vrijednosti u svim uzorcima i s porastom koncentracije i tijekom skladištenja pri čemu je najmanje smanjenje u uzorcima EO-125 i EO-250. Bez obzira na izmjerene određene promjene, te promjene su numerički veoma male. Iz parametara L^* , a^* i b^* može se izračunati ukupna razlika obojenosti ΔE^* .

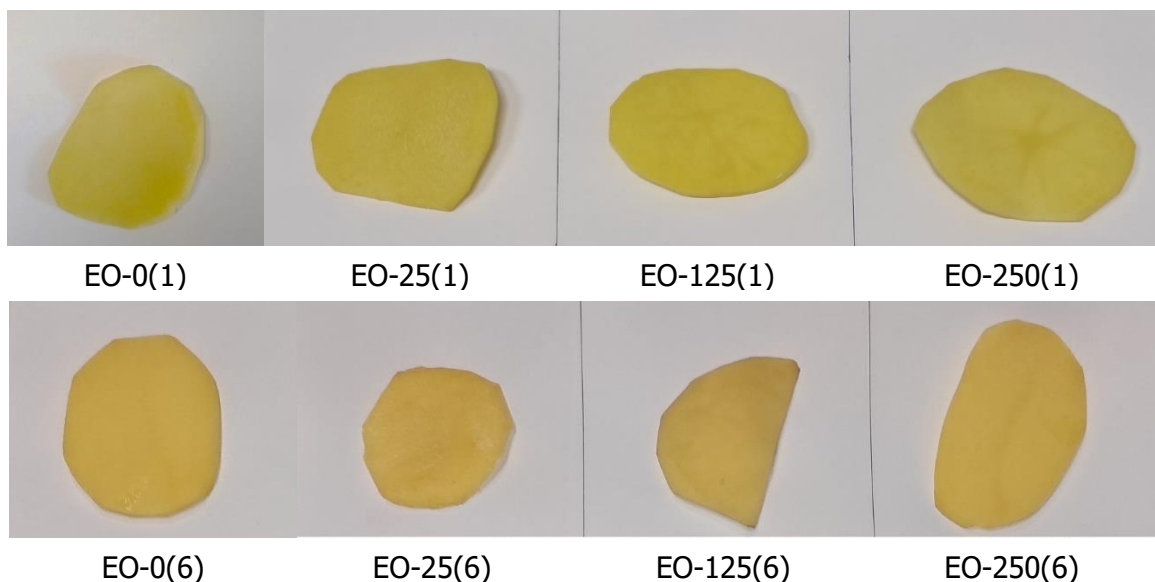


Slika 7. Grafički prikaz parametra ΔE^*

Vrijednost ΔE^* u ovom radu je izračunata prema kontrolnom uzorku EO-0(1). Iz grafa je vidljivo da je uzorak EO-125 doživio najveću promjenu u boji uslijed tretmana, ali je također ΔE^* ostao gotovo jednak i tijekom skladištenja. U ostalim uzorcima izračunata vrijednost ΔE^* tijekom skladištenja 6 dana zamjetnije raste iako je u svim uzorcima manja u odnosu na EO-125, a najmanja je za EO-250. Prema Gonnet (1998) već se $\Delta E^*=1$ može uočiti, odnosno može se slabo uočiti prema Yang i sur. (2012) koji navode da je ΔE^* 1,5-3 zamjetna, a od 3-6 još više primjetna. Prema vizualnom izgledu ploški krumpira tj. prema njihovim fotografijama prikazanim na slici 8. promjena je vidljiva, iako su to sve svojstvene boje krumpira. Prema senzorskim ocjenama boje tih uzoraka (slika 9) uzorak EO-125 najlošije je ocijenjen uglavnom zbog tamnijih rubova na ploškama, a EO-250 vrlo slično ostalim uzorcima. Uzevši u obzir sve pokazatelje čini se da je najbolji utjecaj na promjene parametara boje tj. za sprječavanje pojave tamnije boje, odnosno posmeđivanja ploški krumpira imala primjena koncentracije 250 mg/L eteričnog ulja komorača.

4.3. Senzorska svojstva

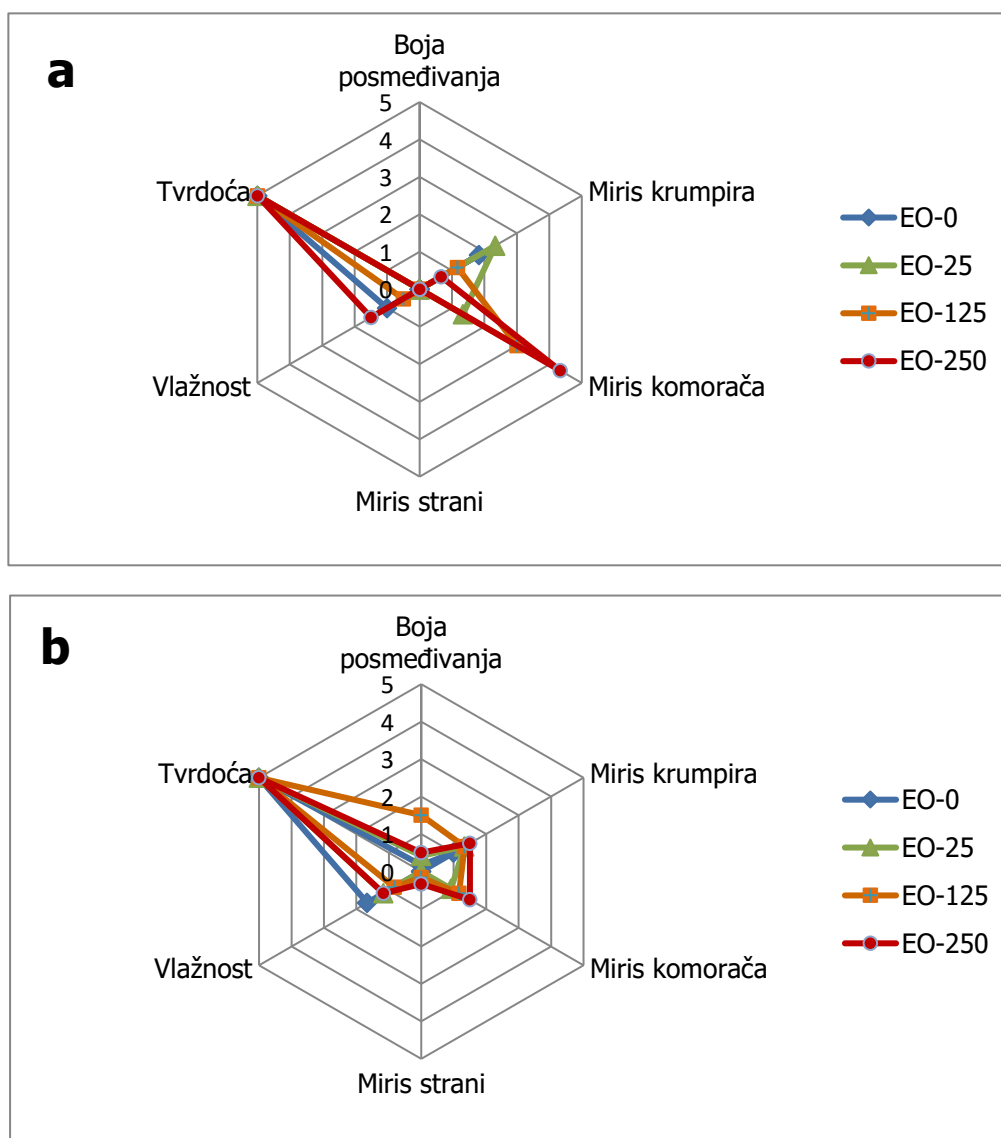
Na slici 8. prikazane su fotografije ploški prvog dana i nakon 6. dana skladištenja, a na slikama 9 a i b senzorske ocjene sirovog MPK.



Slika 8. Sirovi krumpir 1. i 6. dan skladištenja (vlastita fotografija)

Tretman eteričnim uljem, neovisno o koncentraciji, nije utjecao na senzorski ocijenjenu boju sirovih uzoraka, tj. nije uzrokovao pojavu posmeđivanja. S vremenom skladištenja došlo je do posmeđivanja, najzapaženijeg u uzorku EO-125, kako je naprijed rečeno zbog tamnijih rubova, iako je ocjena vrlo niska.

Miris krumpira smanjuje se s povećanjem koncentracije eteričnog ulja komorača čiji miris tada postaje dominantniji. Najizraženiji miris komorača imao je uzorak tretiran najvećom koncentracijom eteričnog ulja. S vremenom skladištenja miris komorača se znatno smanjio, ali u skladu s koncentracijom ulja komorača tijekom tretmana. Miris krumpira se također smanjio, ali je tvrdoća uglavnom ostala nepromijenjena. Do pojave stranog mirisa nije došlo u zamjetnoj mjeri, a vlažnost je ostala gotovo konstantna u svim uzorcima.

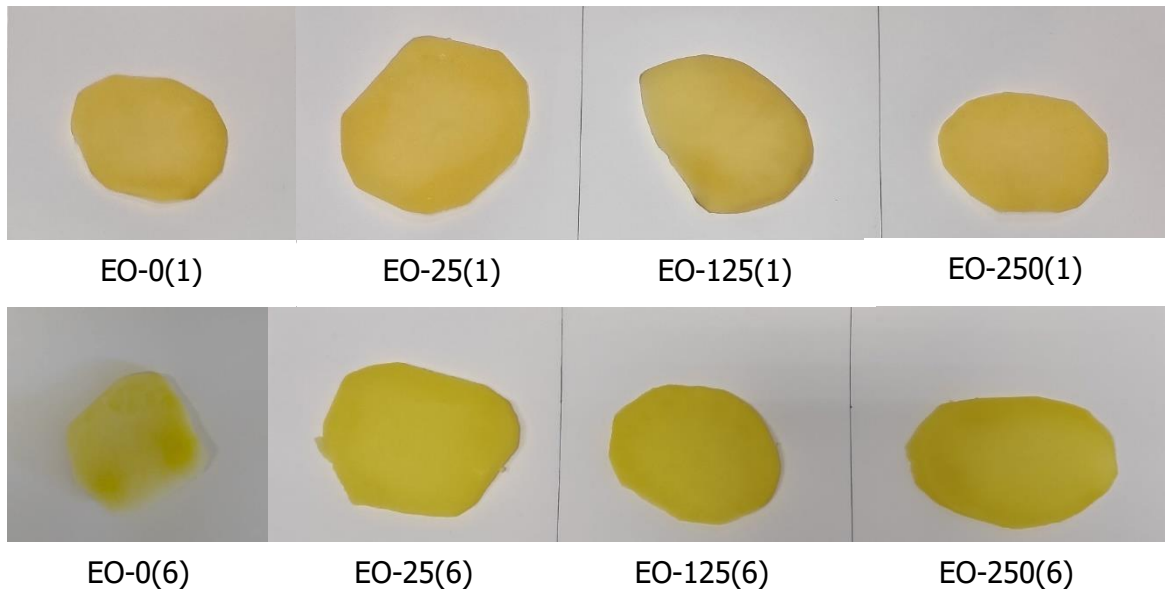


Slika 9. Grafički prikaz rezultata senzorske analize sirovog MPK 1. dan (a) i 6. dan (b)

Na slici 10 prikazane su fotografije kuhanih ploški krumpira 1. i 6. dana skladištenja, a na slikama 11 a i b senzorske ocjene kuhanog MPK.

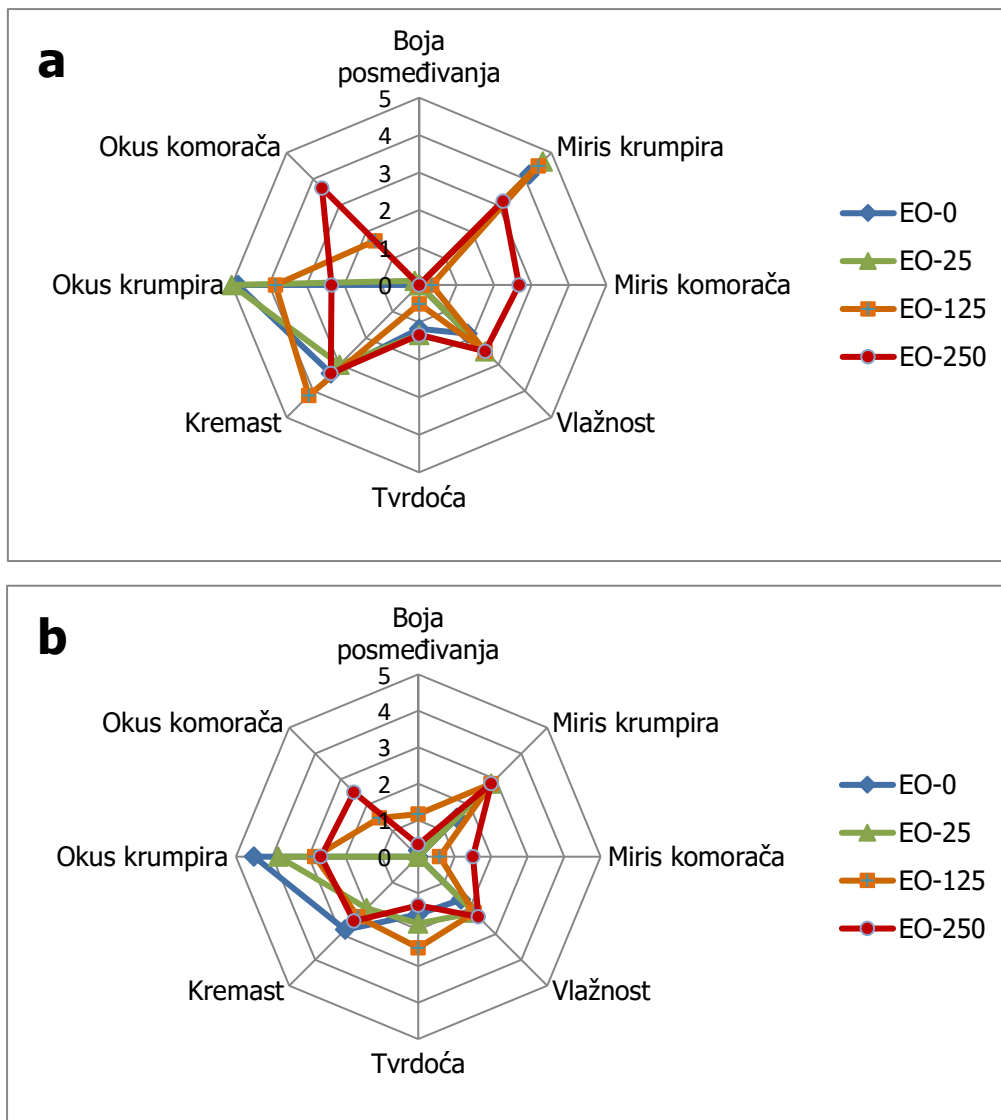
Tretman eteričnim uljem ni u kuhanom krumpiru nije utjecao na pojavu posmeđivanja, samo je s vremenom skladištenja na uzorku EO-125 uočena minimalna pojava posmeđivanja.

U kuhanom kao ni prženom krumpiru okusi poput slatkog, slanog, gorkog i kiselog nisu bili izraženi kao ni strani miris i okus, stoga nisu prikazani na slikama 11 i 13.



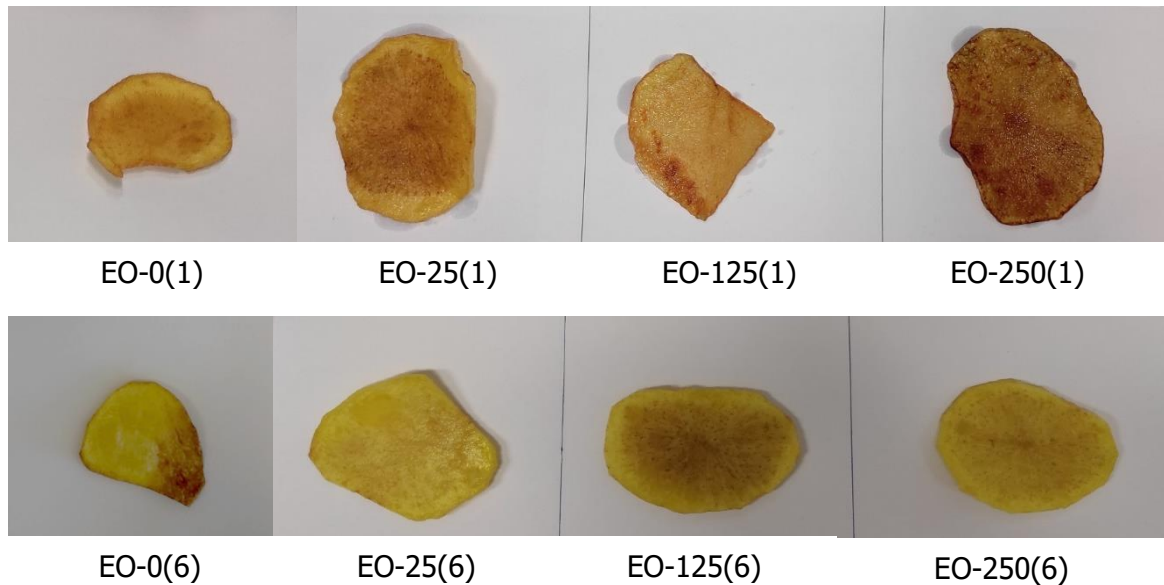
Slika 10. Kuhani krumpir 1. i 6. dan skladištenja (vlastita fotografija)

Tretman eteričnim uljem nije utjecao na veću vlažnost kuhanog MPK. Miris i okus komorača ocijenjeni su višim ocjenama u skladu s porastom koncentracija eteričnog ulja tako da je najbolji okus i miris komorača imao uzorak EO-250. Obrnuto je ocijenjen okus krumpira koji se obrnuto mijenja u odnosu na koncentraciju upotrebljenog eteričnog ulja. Tvrdoća kuhanog krumpira bila je nisko ocijenjena, a kremastost više. Utjecaj eteričnog ulja na ta svojstva ne pokazuje određenu pravilnost iako se primjećuje da je uzorak EO-250 bio tvrdi i manje kremast u odnosu na druge uzorke, a EO-125 najmanje tvrd i najkremastiji. Tijekom skladištenja dolazi do promjena većine svojstava. Kremastost i vlažnost se skladištenjem smanjuju, dok se tvrdoća i posmeđivanje povećavaju, ali uočljivije su samo za uzorak EO-125, a za druge uzorke jedva primjetno. Okus i miris komorača te miris krumpira smanjuju se, dok se okus krumpira uglavnom nije znatno promijenio pri čemu uzorak EO-0 ima najjači okus krumpira, a EO-250 najjači okus i miris komorača. Uz to uzorak EO-250 ima i najmanju tvrdoću te najveću vlažnost.



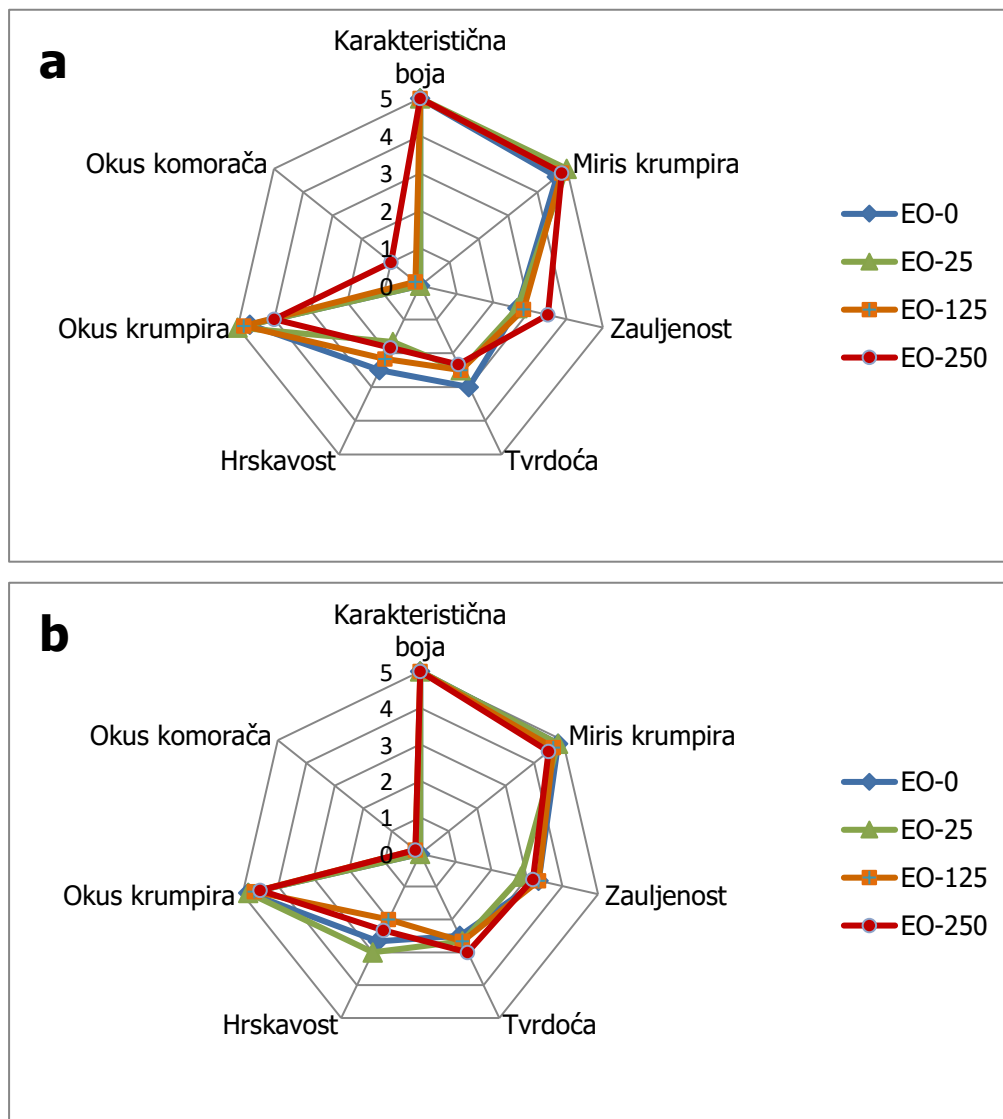
Slika 11. Grafički prikaz rezultata senzorske analize kuhanog MPK 1. dan (a) i 6. dan (b)

Boja je u prženim uzorcima ocjenjivana kao karakteristična boja za prženi krumpir i svi uzorci imaju maksimalne ocjene za boju 1. i 6. dana skladištenja. Na fotografiji se boja prženog krumpira vidno razlikuje, ali razlog tome nije utjecaj skladištenja već vjerojatno nemogućnost provedbe prženja u potpuno jednakim uvjetima.



Slika 12. Prženi krumpir 1. i 6. dan skladištenja (vlastita fotografija)

Prženjem se u gubi okus i miris komorača, stoga miris nije prikazan na slici 13, dok je okus komorača bio općenito jako slabo izražen, osim za uzorak EO-250. Prženjem krumpira stvara se karakteristična aroma koja može nadvladati druge arome prisutne u krumpiru poput komorača. Aroma prženog krumpira rezultat je toplinske razgradnje lipida, nastalih produkata Maillardovih reakcija, promjene spojeva sa sumporom te metokspirazinia (Miranda i Aguilera, 2006). U istraživanju koje su provodili Lui i sur. (2018) prženi krumpir tretiran eteričnim uljem ružmarina (4 - 12%) imao je vrlo jako izražen okus i miris ružmarina kako prvog dana tako i tijekom vremena skladištenja što se značajno razlikuje od rezultata s komoračem. Vjerojatno je to posljedica primijenjenih bitno različitih koncentracija, a vjerojatno i prirode samih biljaka. Okus krumpira kao i u kuhanim uzorcima pokazuje obrnuti trend od koncentracije eteričnog ulja primijenjenog tijekom tretmana. Hrskavost kao svojstvo ocjenjivano je samo u prženom MPK i podjednako je ocijenjeno za sve uzorke kao i tvrdoća te zauljenost. Najveća zauljenost je primijećena u uzorku EO-250, a hrskavost i tvrdoća se mijenjaju obrnutim trendom od udjela eteričnog ulja te su najmanje izražene u EO-250. Skladištenje ne dovodi do većih promjena niti jednog svojstva u prženom MPK, neovisno o koncentraciji eteričnog ulja. Uzorci tretirani eteričnim uljem ne razlikuju se značajno od kontrolnih uzoraka.



Slika 13. Grafički prikaz rezultata senzorske analize prženog MPK 1. dan (a) i 6. dan (b)

5. ZAKLJUČCI

1. Povećanjem koncentracije eteričnog ulja smanjuje se broj aerobnih mezofilnih bakterija (AMB) te se pri koncentraciji od 250 mg/L broj AMB dodatno smanjuje tijekom skladištenja čime se osigurava proizvod prikladan za 6 dana skladištenja pri 8°C.
2. Tretman uljem komorača dovodi do vrlo blage promjene parametara boje sirovih uzoraka. Uzorci tretirani eteričnim uljem komorača u koncentraciji 250 mg/L pokazali su se kao najbolji s obzirom na najmanju vrijednost ΔE^* šestog dana i održavanje parametara boje (L^* , a^* , b^* , C^* , H^p) tijekom skladištenja.
3. Ukupna promjena boje uslijed tretmana i skladištenja veoma je malena u sirovim i kuhanim uzorcima, dok je u prženom MPK uslijed skladištenja nešto veća.
4. Povećanjem koncentracije eteričnog ulja povećava se miris u sirovim te miris i okus komorača u kuhanim uzorcima čime se smanjuju miris i okus krumpira. Prženjem se gubi miris komorača, a okus se osjeća vrlo blago samo pri koncentraciji 250 mg/L eteričnog ulja. Skladištenje također dovodi do smanjenja intenziteta spomenutih svojstava.
5. U kuhanom kao ni u prženom krumpiru slatki, slani, gorki i kiseli okus nisu bili izraženi kao ni strani miris i okus niti uslijed tretmana eteričnim uljem komorača niti uslijed skladištenja 6 dana pri 8 °C.
6. Tretman eteričnim uljem komorača kao ni skladištenje ne dovodi do većih promjena nijednog svojstva u prženom MPK neovisno o koncentraciji eteričnog ulja. Uzorci tretirani eteričnim uljem zamjetno se ne razlikuju međusobno niti u odnosu na kontrolni uzorak.
7. Općenito, uzorci tretirani eteričnim uljem komorača koncentracije 250 mg/L osim s mikrobiološkog aspekta, pokazali su se najboljima i u senzorskoj analizi zbog manje pojave posmeđivanja te najintenzivnijeg mirisa odnosno okusa komorača u sirovim odnosnom kuhanim uzorcima tijekom skladištenja. Uz to kuhani uzorci EO-250 imaju i najmanju tvrdoću te najveću vlažnost.

6. POPIS LITERATURE

Amaral R. D. A., Benedetti B. C., Pujola M., Achaerandio I., Bachelli M. L. B. (2014) Effect of Ultrasound on Quality of Fresh-Cut Potatoes During Refrigerated Storage. *Food Engineering Reviews* **7**(2): 176-184.

Anonymous 1 (2018) How potato grow. CIP – International potato center, <<https://cipotato.org/potato/how-potato-grows/>> Pristupljeno 1. lipnja 2021.

Anwar F., Ali M., Hussain A. I., Shahid M. (2009) Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds from Pakistan. *Flavour and Fragrance Journal* **24**(4): 170-176.

Artes F., Allende A. (2005) Minimal fresh Processing of Vegetables, Fruits and Juices. U:Emerging Technologies for Food Processing, 1. izd., Sun D.W., ur., Elsevier, str. 677-716.

Badgujar S. B., Patel V. V., Bandivdekar A. H. (2014) *Foeniculum vulgare* Mill: A Review of Its Botany, Phytochemistry, Pharmacology, Contemporary Application, and Toxicology. *BioMed Research International* **2014**: 1-32.

Barbosa-Canovas G. V., Fernandez-Molina J. J., Alzamora S. M., Tapia M. S., Lopez-Malo A., Chanes J. W. (2003) Tehnical manual: Handling and Preservation of Fruits and Vegetables by Combined Methods for Rural Areas, FAO, str. 83-96.

Barros L., Heleno S. A., Carvalho A. M., Ferreira I. C. F. R. (2019) Systematic evaluation of the antioxidant potential of different parts of *Foeniculum vulgare* Mill. from Portugal. *Food and Chemical toxicology* **47**: 2458-2464.

Bisulca C., Nascimbene P. C., Elkin L., Grimaldi D. A. (2012) Variation in the Deterioration of Fossil Resins and Implications for the Conservation of Fossils in Amber. *American Museum Novitates* **3734**: 1-19.

Bobo-Garcia G., Arroqui C., Merino G., Virseda P. (2020) Antibrowning Compounds for Minimally Processed Potatoes: A Review. *Food Reviews International* **36**(5): 529-546.

Brecht J. K., Saltveit M., Talcott S. T., Schneider K. R., Felkey K., Bartz J. (2003) Fresh-Cut Vegetables and Fruits. U: Horticultural Reviews, 30. izd., Janick J., ur., John Wiley & Sons, str. 185-251.

- Camire M. E., Kubow S., Donnelly D. J. (2009) Potatoes and Human Health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **49**(10): 823-840.
- Cantos E., Tudela J. A., Gil M. I., Espin J. C. (2002) Phenolic Compounds and Related Enzymes Are Not Rate-Limiting in Browning Development of Fresh-Cut Potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**(10): 3015-3023.
- Coşge B., Kiralan M., Gürbüz B. (2008) Characteristics of fatty acids and essential oil from sweet fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. var. dulce) and bitter fennel fruits (*F. vulgare* Mill. var. vulgare) growing in Turkey. *Natural Product Research* **22**(12): 1011-1016.
- Davidson P. M., Critzer F. J., Taylor T. M. (2013) Naturally Occurring Antimicrobials for Minimally Processed Foods. *Annual Review of Food Science and Technology* **4**(1): 163-190.
- Dourado C., Pinto C., Barba F. J., Lorenzo J. M., Delgadillo I., Saraiva J. A. (2019) Innovative non-thermal technologies affecting potato tuber and fried potato quality. *Trends in Food Science & Technology* **88**: 274-289.
- Figueredo G., Özcan M. M., Juhaimi F. Y. A., Chalchat J. C., Özcan M. M., Chalard P. (2016) The effect of Heights on Chemical Composition of Essential Oil of Bitter Fennel (*Foeniculum vulgare* subsp. piperitum) fruits. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* **19**(5): 1273-1276.
- Gunes G., Lee C. Y. (1997) Color of Minimally Processed Potatoes as Affected by Modified Atmosphere packaging and Antibrowning Agents. *Journal of Food Science* **62**(3): 572-575.
- Gonnet J. F. (1998) Colour effects of co-pigmentation of anthocyanins revisited-1. A colorimetric definition using the CIELAB scale. *Food Chemistry* **63**(3): 409-415.
- Grić Lj. (1990) Enciklopedija samoniklog jestivog bilja, 2. izd., August Cesarec Zagreb, str. 225-226.
- Dite Hunjek D., Pranjić T., Repajić M., Levaj B. (2020) Fresh-cut potato quality and sensory: Effect of cultivar, age, processing, and cooking during storage. *Journal of Food Science* **85**(8): 2296-2309
- Irfan M., Inam-Ur-Raheem M., Aadil R. M., Nadeem R., Shabbir U., Javed A. (2020) Impact of different cut types on the quality of fresh-cut potatoes during storage. *Brazilian Journal of Food technology* **23**.

- Kuštrak D. (2014) Morfološka i mikroskopska analiza začina, 1. izd., Golden marketing-Tehnička knjiga, str. 118-124.
- Lee M.-K., Kim Y.-M., Kim N.-Y., Kim G.-N., Kim S.-H., Bang K.-S., Park I. (2002) Prevention of Browning in Potato with a Heat-treated Onion extract. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* **66**(4): 856-858.
- Levaj B., Repajić M., Galić K., Dite D. (2018) Proizvodnja i čimbenici kvalitete minimalno prerađenog krumpira (*Solanum Tuberosum*). *Glasnik zaštite bilja* **41**(6): 23-31.
- Lešić R., Borošić J., Buturac I., Ćustić M., Poljak M., Romić D. (2002) Povrčarstvo, 2. izd., Zrinski d.d. Čakovec, str. 333-367.
- Limbo S., Piergiovanni L. (2006) Shelf life of minimally processed potatoes Part 1. Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acids on enzymatic browning. *Postharvest Biology and Technology* **39**(3): 254-264.
- Luo W., Tappi S., Patrignani F., Romani S., Lanciotti R., Rocculi P. (2019) Essential rosemary oil enrichment of minimally processed potatoes by vacuum-impregnation. *Journal of Food Science and Technology* **56**(10): 4404-4416.
- Ly B. C. K., Dyer E. B., Feig J. L., Chien A. L., Del Bino S. (2020) Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement. *Journal of Investigative Dermatology* **140**(1): 3-12.
- Marković K., Vahčić N., Hruškar M. (2017) Senzorske analize hrane
- Mercimek H. A., Guzeldag G., Ucan F., Guler K. C., Karaman M., Karayilan R. (2015) Inhibition of Polyphenol Oxidase Purified from Potato (*Solanum tuberosum*). *Romanian Biotechnological Letters* **20**(6): 10961-10968.
- Mihovilović I. (2013) Proizvodnja i prerada ljekovitog i aromatičnog bilja, 1.izd., str. 12-13.
- Miranda M. L. i Aguilera J. M. (2006) Structure and Texture Properties of Fried Potato Products. *Food Reviews International* **22**(2): 173-201.
- Mushtaq M. S., Rajput N. A., Atiq M., Lodhi A. M., Khan B., Hameed A., Sarfraz S., Muhammad N., Kachelo G. A., Firdous H. (2019) Activation of potato defense system against late blight disease through plant activators. *Fresenius Environmental Bulletin* **28**(12): 9716-9723.

- Orhan I. E., Özcelik B., Kartal M., Kan Y. (2012) Antimicrobial and antiviral effects of essential oils from selected Umbelliferae and Labiatae plants and individual essential oil components. *Turkish Journal of Biology* **36**: 239-246.
- Parađiković N. (2009) Opće i specijalno povrćarstvo, 1. izd., Poljoprivredni fakultet Osijek, str. 277-286.
- Rashid M. H., Khan M. R., Roobab U., Rajoka M. S. R., Inam-ur-Raheem M., Anwar R., Ahmed W., Jahan M., Ijaz M. R. A., Asghar M. M., Shabbir M. A., Aadil R. M. (2021) Enhancing the self stability of fresh-cut potatoes via chemical and nonthermal treatments. *Journal of Food Processing and Preservation*.
- Rizzo V., Amoroso L., Licciardello F., Mazzaglia A., Muratore G., Restuccia C., Lombardo S., Pandino G., Strano M. G., Mauromicale G. (2018) The effect of *sous vide* packaging with rosemary essential oil on storage quality of fresh-cut potato. *LWT – Food Science and Technology* **94**: 111-118.
- Roby M. H. H., Sarhan M. A., Selim K. A.-H., Khalel K. I. (2013) Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Industrial Crops and Products* **44**: 437-445.
- Rocculi P., Romani S., Galindo F. G., Rosa M. D. (2009) Effect of Minimal Processing on Physiology and Quality of Fresh-Cut Potatoes: a Review. *Foods* **3**: 18-30.
- Rocha A. M. C. N., Coulon E. C., morais A. M. M. B. (2003) Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food Service Technology* **3**(2): 81-88.
- Sampaio S. L., Petropoulos S. A., Alexopoulos A., Heleno S. A., Santos-Buelga C., Barros L., Ferreira I. C. F. R. (2020) Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review. *Trends in Food Science & Technology* **103**: 118-129.
- Shi Y., Huang S., He Y., Wu J., Yang Y. (2018) Navel Orange Peel Essential Oil to Control Food Spoilage Molds in Potato Slices. *Journal of Food Protection* **81**(9): 1496-1502.
- Teoh L. S., Lasekan O., Adzahan N. M., Hashim N. (2016) The effect of ultraviolet treatment on enzymatic activity and total phenolic content of Minimally processed potato slices. *Journal of Food Science and Technology* **53**(7): 3035-3042.
- Theerakulkait C. i Saisung P. (2006) Effect of Pineapple Shell Extracts on Browning in Fresh Vegetable and Fruit Puree and Slices. *Natural Sciences* **40**: 182-188.

USDA (2019) U.S. Department of Agriculture, Potatoes, Russet, flesh and skin, baked, <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170030/nutrients>> Pristupljeno 26. svibnja 2021.

Wang Q., Cao Y., Zhou L., Jiang C. Z., Feng Y., Wei S. (2015) Effects of postharvest curing treatment on flesh colour and phenolic metabolism in fresh-cut potato products. *Food Chemistry* **169**: 246-254.

Yang Y., Ming J., Yu N. (2012) Color Image Quality Assessment Based on CIEDE2000. *Advances in Multimedia* **2012**.

Yousuf B., Deshi V., Ozturk B., Siddiqui M. W. (2020) Fresh-cut fruits and vegetables: Quality issues and safety concerns. U: Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Technologies and Mechanisms for Safety Control, 1. izd., Siddiqui M. W., ur., Elsevier, str. 1-15.

Zaheer K., Akhtar M. H. (2016) Potato Production, Usage, and Nutrition-A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **56**(5): 711-721.

Zudaire L., Vinas I., Abadias M., Lafarga T., Bobo G., Simo J., Aguilo-Aguayo I. (2019) Effects of long-term controlled atmosphere storage, minimal processing, and packaging on quality attributes of calcots (*Allium cepa* L.). *Food Science and Technology International* **26**(5): 403-412.

Izjava o izvornosti

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

Dunja Šafaric'