

# Karakterizacija jestivih prevlaka od pektina i karboksimetil celuloze s dodatkom eteričnog ulja komorača i primjena na minimalno procesirani krumpir

---

Kraljević, Tena

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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:159:518382>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-10**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

# DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2024.

Tena Kraljević

**KARAKTERIZACIJA JESTIVIH PREVLAKA  
OD PEKTINA I KARBOKSIMETIL  
CELULOZE S DODATKOM ETERIČNOG  
ULJA KOMORAČA I PRIMJENA NA  
MINIMALNO PROCESIRANI KRUMPIR**

Rad je izrađen u Laboratoriju za pakiranje hrane na Zavodu za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo Sveučilišta u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološkoga fakulteta pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Mije Kurek.



Ovaj diplomski rad izrađen je u sklopu projekta „Bioaktivne molekule ljekovitog bilja kao prirodni antioksidansi, mikrobiocidi i konzervansi“ (PlantBioMolecules, KK.01.1.1.04.0093) financiranog sredstvima Europske unije iz Europskog fonda za regionalni razvoj - Program: Ulaganje u znanost i inovacije; Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014. -2020.



*Ovom prilikom želim izraziti veliku zahvalnost svojoj mentorici, izv. prof. dr. sc. Miji Kurek, čija su motivacija, iznimna pomoć i stručno vodstvo bili od neopisivog značaja u izradi ovog diplomskog rada.*

*Također, želim zahvaliti svojoj obitelji koja je uvijek bila uz mene i pružala mi svu potrebnu podršku tijekom mog obrazovanja.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

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

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti  
**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija

**Diplomski sveučilišni studij:** Prehrambeno inženjerstvo

KARAKTERIZACIJA JESTIVIH PREVLAKA OD PEKTINA I KARBOKSIMETIL CELULOZE S  
DODATKOM ETERIČNOG ULJA KOMORAČA I PRIMJENA NA MINIMALNO PROCESIRANI  
KRUMPIR

Tena Kraljević, univ. bacc. ing. techn. aliment.

0058207533

**Sažetak:** U ovom radu istražen je utjecaj jestivih prevlaka na bazi karboksimetil celuloze (CMC) i pektina (PEC) s dodatkom eteričnog ulja komorača na očuvanje kvalitete minimalno procesiranog krumpira tijekom skladištenja. Uzorci krumpira tretirani su prevlakama s različitim koncentracijama eteričnog ulja komorača (0,5 % i 1 %) te su praćeni parametri pH vrijednosti, udio vode, boja ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $WI$ ,  $\Delta E^*$ ) i udio plinova (kisik i ugljikov dioksid) kroz 15 dana skladištenja pri temperaturi  $8 \pm 1$  °C. Dodatak eteričnog ulja komorača pokazao je blagi učinak na očuvanje boje i usporavanje posmeđivanja uz minimalne promjene u pH vrijednostima i udjelu plinova. Prevlake su također doprinijele boljoj retenciji vode u uzorcima. Ovi rezultati pokazuju da jestive prevlake mogu doprinijeti očuvanju kvalitete minimalno procesiranog krumpira.

**Ključne riječi:** jestive prevlake, karboksimetil celuloza, pektin, eterično ulje komorača, minimalno procesirani krumpir

**Rad sadrži:** 45 stranice, 17 slika, 6 tablica, 55 literaturnih navoda, 1 prilog

**Jezik izvornika:** hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološkoga fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb.

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Mia Kurek

**Komentor:**

**Pomoć pri izradi:**

**Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:**

1. izv. prof. dr. sc. Mario Ščetar (predsjednik)
2. izv. prof. dr. sc. Mia Kurek (mentor)
3. izv. prof. dr. sc. Maja Repajić (član)
4. izv. prof. dr. sc. Nives Marušić Radovčić (zamjenski član)

**Datum obrane:** 23. rujna 2024.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

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

**Scientific area:** Biotechnical Sciences

**Scientific field:** Food Technology

**Graduate university study programme:** Food Engineering

CHARACTERIZATION OF EDIBLE COATINGS MADE FROM PECTIN AND CARBOXYMETHYL CELLULOSE WITH THE ADDITION OF FENNEL ESSENTIAL OIL AND THEIR APPLICATION ON MINIMALLY PROCESSED POTATOES

Tena Kraljević, univ. bacc. ing. techn. aliment.  
0058207533

**Abstract:** This study investigated the effect of edible coatings based on carboxymethyl cellulose (CMC) and pectin (PEC) with the addition of fennel essential oil on the preservation of quality in minimally processed potatoes during storage. Potato samples were treated with coatings containing different concentrations of fennel essential oil (0.5 % and 1 %), and parameters such as pH value, water content, color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $WI$ ,  $\Delta E^*$ ), and gas composition (oxygen and carbon dioxide) were monitored over 15 days of storage at a temperature of  $8 \pm 1$  °C. The addition of fennel essential oil showed a slight effect on preserving color and slowing down browning with minimal changes in pH values and gas composition. The coatings also contributed to better moisture retention in the samples. These results suggest that edible coatings can contribute to the preservation of quality in minimally processed potatoes.

**Keywords:** edible coatings, carboxymethyl cellulose, pectin, fennel essential oil, minimally processed potatoes

**Thesis contains:** 45 pages, 17 figures, 6 tables, 55 references, 1 supplement

**Original in:** Croatian

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

**Mentor:** : Mia Kurek, PhD, Associate professor

**Co-mentor:**

**Technical support and assistance:**

**Reviewers:**

1. Mario, Ščetar, PhD, Associate professor (president)
2. Mia, Kurek, PhD, Associate professor (mentor)
3. Maja, Repajić, PhD, Associate professor (member)
4. Nives, Marušić Radovčić, PhD, Associate professor (substitute)

**Thesis defended:** September 23<sup>rd</sup>, 2024



## Sadržaj

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. KRUMPIR.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. MINIMALNO PROCESIRANO VOĆE I POVRĆE .....</b>	<b>4</b>
2.2.1. Minimalno procesiran krumpir .....	6
<b>2.3. JESTIVE PREVLAKE.....</b>	<b>6</b>
2.3.1. Metode nanošenja jestivih prevlaka .....	8
2.3.2. Prevlake na bazi polisaharida.....	9
<b>2.4. KOMORAČ.....</b>	<b>11</b>
2.4.1. Uporaba komorača .....	13
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1. MATERIJALI .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2. METODE RADA .....</b>	<b>14</b>
3.2.1. Priprema otopina jestivih prevlaka.....	14
3.2.2. Priprema uzorka minimalno procesiranog krumpira (MPK) .....	14
3.2.3. Određivanje pH vrijednosti .....	15
3.2.4. Određivanje udjela vode standardnom metodom sušenja .....	16
3.2.5. Mjerenje boje kolorimetrom .....	16
<b>3.3. OBRADA PODATAKA.....</b>	<b>18</b>
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1. pH VRIJEDNOST .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2. UDIO VODE .....</b>	<b>22</b>
<b>4.3. BOJA KRUMPIRA.....</b>	<b>24</b>
<b>4.4. UDIO KISIKA I UGLJIKOVOG DIOKSIDA .....</b>	<b>32</b>
<b>4.5. SENZORSKA ANALIZA .....</b>	<b>35</b>
<b>5. ZAKLJUČCI.....</b>	<b>39</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>40</b>
<b>7. PRILOZI.....</b>	<b>46</b>

## 1. UVOD

Krumpir (*Solanum tuberosum* L.) jedna je od najvažnijih prehrambenih kultura u svijetu, odmah iza pšenice, riže i kukuruza. Ova biljka, koja potječe iz Južne Amerike, danas je važan izvor ugljikohidrata, vitamina i minerala, ali i ključan sastojak mnogih globalnih kuhinja. Zbog svojih nutritivnih vrijednosti, krumpir igra ključnu ulogu u prehrani ljudi, no tijekom minimalne prerade dolazi do niza fizioloških promjena koje mogu utjecati na njegovu kvalitetu.

Minimalno procesirano voće i povrće, uključujući krumpir, postaje sve popularnije zbog praktičnosti i očuvanja nutritivnih vrijednosti. Međutim, ovakva obrada, koja uključuje rezanje, guljenje i pakiranje, često dovodi do oštećenja tkiva i ubrzane oksidacije, čime se smanjuje rok trajanja proizvoda. Kako bi se smanjila degradacija svježeg rezanog krumpira, sve više se istražuju metode koje mogu usporiti kvarenje, poput primjene jestivih prevlaka.

Jestive prevlake predstavljaju inovativno rješenje za očuvanje kvalitete hrane. Ove tanke barijere, izrađene od prirodnih biopolimera kao što su pektin i karboksimetil celuloza, pomažu u smanjenju gubitka vode, kontroliranju oksidacije te usporavanju mikrobiološke degradacije proizvoda. Korištenje bioaktivnih komponenti dodatno poboljšava zaštitna svojstva prevlaka zbog svojih antimikrobnih i antioksidativnih svojstava .

Komorač (*Foeniculum vulgare* Mill.) je poznata biljka s bogatom poviješću primjene u kulinarstvu i tradicionalnoj medicini. Njegovo eterično ulje, koje sadrži anetol, estragol i fenhon, ima snažna antimikrobna i antioksidativna svojstva te se koristi u raznim prehrambenim i farmaceutskim proizvodima. Dodavanje eteričnog ulja komorača u jestive prevlake može dodatno povećati učinkovitost u očuvanju svježine minimalno procesiranog krumpira.

Cilj ovog rada bio je istražiti mogućnosti primjene jestivih prevlaka na bazi pektina i karboksimetil celuloze, uz dodatak eteričnog ulja komorača, u očuvanju kvalitete minimalno procesiranog krumpira tijekom skladištenja. Tijekom 15 dana skladištenja minimalno procesiranog krumpira pri temperaturi  $8 \pm 1$  °C, pratila se pH vrijednost krumpira, udio vode, parametri boje ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $\Delta E^*$ ,  $WI$ ), udio kisika i ugljikovog dioksida unutar pakovine te se provodila senzorska analiza uzoraka.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. KRUMPIR

Krumpiri (*Solanum tuberosum* L.) (slika 1) pripadaju obitelji Solanaceae te potječu iz planinskog područja Južne Amerike, točnije Anda. Prvi krumpiri bili su uzgajani u tom području prije otprilike 8000 godina, a u Europu stižu u 16. stoljeću sa španjolskim istraživačima. U Europi su gomolji krumpira prvobitno smatrani prikladnima samo za stoku i siromašne slojeve (Lutaladio i Castaldi, 2009). U Hrvatsku je krumpir stigao u 18. stoljeću preko graničarskih vojnika (Anonymous 2).

Diljem svijeta postoji otprilike pet tisuća sorti krumpira (Zaheer i Akhtar, 2014) koje se razlikuju u visini biljke, boji cvjetova te obliku, boji i okusu gomolja.

Krumpir zauzima četvrto mjesto među najvažnijim svjetskim prehrambenim kulturama, odmah iza pšenice, riže i kukuruza, zahvaljujući impresivnoj proizvodnji prinosa i visokoj nutritivnoj vrijednosti (Zaheer i Akhtar, 2014), s do 85 % biljke koji je pogodan za ljudsku konzumaciju, što je primjetno veći udio u usporedbi s žitaricama (Lutaladio i Castaldi, 2009). Neprestane inovacije u uzgoju i razvoju obojenih sorti dalje naglašavaju rastuću važnost krumpira kao raznolike kulture u smislu proizvodnje i potrošnje (Zaheer i Akhtar, 2014).

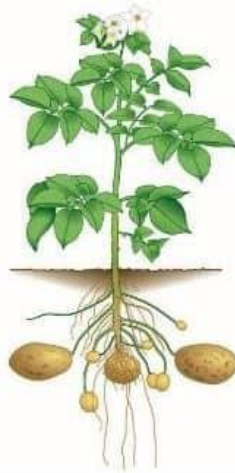


**Slika 1.** Gomolj krumpira (Anonymous 1, 2023)

Krumpir (slika 2) je višegodišnja zeljasta biljka građena od stabljike, neparno perastih listova, stolona (podzemne stabljike), gomolja, cvjetova, plodova sa sjemenkama te korijena (Pospišil, 2010).

Nakon berbe, prolazi proces sazrijevanja koji uključuje pohranu pri 15 °C tijekom 14 dana u suhim uvjetima. Na taj se način potiče mirovanje i produljuje vrijeme skladištenja. Nakon toga se temperatura skladišta postupno smanjuje (0,5 °C/dan), omogućavajući skladištenje krumpira u skladištu do 10 mjeseci uz kontrolirane uvjete temperature, relativne vlažnosti i atmosfere (Dite Hunjek i sur., 2020).

Zbog svoje dugotrajnosti tijekom cijele godine i raznovrsnih metoda pripreme, krumpiri se često uključuju u svakodnevne obroke (Dite Hunjek i sur., 2020).



**Slika 2.** Biljka krumpira (Anonymous 2, 2023)

Krumpiri su značajan izvor bogatih nutritivnih tvari, uključujući esencijalne hranjive tvari poput ugljikohidrata, proteina, vitamina C, vitamina B6, magnezija, kalija i dijetalnih vlakana (Zaheer i Akhtar, 2014). Krumpir također sadrži važne antioksidanse kao što su fenolni spojevi (klorogenska, kofeinska i kumarinska kiselina), karoteoidi (lutein) te kod obojanih sorata nalazimo antocijanine (malvidin, peonidin, petunidin, pelargonidin) (Buturac, 2008). Kemijski sastav oguljenog krumpira prikazan je u tablici 1.

Sirovi krumpiri sadrže značajne količine rezistentnog škroba (RS). Sastavljeni od amilopektina (glukoza s razgranatim lancem) i amiloze (glukoza s ravnim lancem) u konstantnom omjeru od 3:1. Krumpirov škrob zahtijeva obradu bilo kuhanjem, pečenjem, mikrovalovima ili prženjem kako bi se pretvorio u probavljiv škrob (DS) prikladan za ljudsku konzumaciju (Beals, 2019).

Krumpiri se pripremaju prema različitim kulturnim običajima. Mogu se pripremiti kao čips, pomfrit, pečeni pripravci ili pire od krumpira, ovisno o lokalnim i regionalnim kulinarskim preferencijama (Zaheer i Akhtar, 2014).

Iako konzumacija krumpira pruža vrijedan izvor energije i esencijalnih hranjivih tvari, povremeni negativni učinci poput probavnih smetnji i alergijskih reakcija mogu se pojaviti (Zaheer i Akhtar, 2014). Ipak, ukupna važnost krumpira kao osnovne namirnice i njegova dinamična uloga u globalnoj potrošnji ostaju neosporni.

**Tablica 1.** Prosječni kemijski sastav u 100 g oguljenog gomolja krumpira (USDA, 2024a)

Voda	81,1 g
Proteini	1,81 g
Masti	0,29 g
Ugljikohidrati	16 g
Prehrambena vlakna	13,8 g
Šećeri	0,65 g
Kalij	446 mg
Fosfor	57 mg
Magnezij	22,3 mg
Vitamin C	23,3 mg

## 2.2. MINIMALNO PROCESIRANO VOĆE I POVRĆE

Danas potrošači imaju sve manje vremena za kuhanje i pripremu obroka, a istovremeno teže zdravijoj i dijetetskoj hrani (Spanou i Giannouli, 2013). Također su postali kritičniji prema upotrebi sintetičkih aditiva za očuvanje hrane ili poboljšanje njezinih karakteristika, kao što su boja i okus (Rico i sur., 2007). Minimalno procesirano povrće i voće često je među prvim izborima potrošača zbog svoje svježine, nutritivne i senzorske kvalitete (Spanou i Giannouli, 2013). Minimalno procesirano voće i povrće može biti bilo koja vrsta voća i povrća koje je očišćeno, oguljeno, oprano i izrezano, a da nakon obrade ostane u metabolički aktivnom stanju (Olivas i Barbosa-Cánovas, 2009). Te proizvode najčešće nazivamo *ready-to-eat* ili *ready-to-cook* zbog mogućnosti direktne konzumacije ili pripreme hrane (Abdul Khalil i sur., 2018). Jedinične operacije koje su obično uključene u proizvodnju svježeg rezanog voća i povrća obuhvaćaju sljedeće korake:

1. Prijem i skladištenje;
2. Preliminarno pranje i sortiranje;
3. Određivanje zrelosti i stadija zrelosti pri rezanju;
4. Tretmani prije rezanja i obrade;
5. Guljenje (ako je potrebno);
6. Smanjenje veličine i rezanje;
7. Pranje i hlađenje;
8. Uklanjanje viška vode;
9. Pakiranje (Barrett i sur., 2010).

Iako su ove operacije nužne za proizvodnju minimalno procesiranih, praktičnih proizvoda, one također narušavaju fizički integritet ovih namirnica, čineći ih osjetljivijima na kvarenje u usporedbi s izvornim sirovinama. Oštećenja koja nastaju tijekom prerade svježih proizvoda čine ih podložnijima kontaminaciji zbog rasta kvarljivih ili patogenih bakterija (Abdul Khalil i sur., 2018). Vanjska tkiva plodova štite ih od gubitka vode i prodora patogena te djelomično služe kao barijera za plinove. Kada se ukloni epidermalni sloj tijekom rezanja, sjeckanja ili guljenja, stopa transpiracije vode značajno se povećava zbog izloženosti tkiva. Povećanje površine izložene okolini dodatno pridonosi ovom problemu. Gubitak vode uslijed transpiracije ne može se nadoknaditi, a čak i mali gubici vode mogu ozbiljno narušiti kvalitetu proizvoda. Gubitak vode dovodi do pada turgora, čime se smanjuje čvrstoća proizvoda. Osim toga, ozljede tkiva voća i povrća uzrokuju povećanje respiracije, što rezultira povećanom proizvodnjom CO<sub>2</sub> i većom potrošnjom O<sub>2</sub>. Ova povećana respiracija ovisi o vrsti proizvoda, temperaturi skladištenja i stupnju ozljede tkiva (Olivas i Barbosa-Cánovas, 2009).

Osim već spomenutih promjena, Corbo i sur. (2015) ističu kako proizvodni proces minimalno procesiranog voća i povrća utječe na karakteristike voća i povrća kao što su:

1. Značajno oštećuje tkiva te enzimi i supstrati smješteni unutar vakuola, miješaju se s drugim citoplazmatskim i jezgrenim supstratima i enzimima;
2. Gubitak boje;
3. Gubitak okusa;
4. Propadanja tkiva;
5. Ubrzan gubitak vitamina;
6. Brzo omekšanje tkiva;
7. Kraći rok trajanja pri skladištenju.

Sve ove promjene mogu značajno utjecati na kvalitetu i vijek trajanja minimalno prerađenih proizvoda, čineći upravljanje tim procesima ključnim za očuvanje njihove prihvatljivosti na tržištu (Olivas i Barbosa-Cánovas, 2009).

Zbog ovih izazova, svaka faza u pripremi, odabiru, rezanju i skladištenju minimalno procesiranih proizvoda mora biti pažljivo kontrolirana kako bi se očuvala njihova kvaliteta, produžio vijek trajanja i osiguralo zadovoljstvo potrošača. Razumijevanje svih ovih čimbenika ključ je za uspješnu primjenu minimalno procesiranih proizvoda u prehrambenoj industriji (Yousuf i sur., 2018).

### 2.2.1. Minimalno procesiran krumpir

Osnovni princip koji određuje kvalitetu minimalno prerađenih proizvoda, poput krumpira, jest da su to metabolički aktivna tkiva, koja kao rezultat toga pokazuju fiziološke odgovore na postupke minimalne prerade te na uvjete unutar ambalaže u kojoj se nalaze. Kod procjene prikladnosti sorti krumpira za minimalnu preradu, najvažniji kriteriji uključuju nisku osjetljivost na fiziološke poremećaje i mikrobne bolesti, mehaničku otpornost tkiva, otpornost na povišene koncentracije CO<sub>2</sub> i niske razine kisika te nisku brzinu disanja.

Krumpiri prikladni za minimalnu preradu moraju ispunjavati određene kvalitativne zahtjeve ovisno o svojoj namjeni, uključujući specifične kemijske (sadržaj suhe tvari, reduciranih šećera i škroba), morfološke (oblik i veličina) i organoleptičke (tekstura, okus, aroma, boja) karakteristike. Konkretno, sirovi gomolji namijenjeni industrijskoj preradi trebaju biti bez nedostataka, ujednačenog oblika, s dobrim organoleptičkim svojstvima, niskom sklonošću potamnjivanju i prikladnošću za dugotrajno skladištenje. Prikladnost krumpira za minimalnu preradu usko je povezana s njihovom osjetljivošću na pojavu potamnjivanja tijekom prerade, skladištenja, komercijalizacije i pripreme kod kuće (Rocculi i sur., 2008).

Za razliku od većine minimalno procesiranog povrća, posebno salata (različite vrste salate, kupus i slično), koje su odmah spremne za konzumaciju, minimalno procesiran krumpir potrebno je termički obraditi prije konzumiranja. Zbog toga se, osim sigurnosnih zahtjeva (kemijskih i mikrobioloških) te kvalitativnih i senzorskih svojstava sirovog minimalno procesiranog krumpira, isti standardi moraju primjenjivati i na kuhani minimalno procesiran krumpir (Levaj i sur., 2023).

### 2.3. JESTIVE PREVLAKE

U posljednjim godinama, jestive prevlake privukle su značajnu pažnju znanstvenika i prehrambene industrije kao održiva i ekološki prihvatljiva (Mounika i sur., 2022) te učinkovita tehnika pakiranja hrane. Karakteristike kao što su biorazgradivost, biokompatibilnost, antibakterijska i antifungalna svojstva pokazala su se vrlo uspješnima u očuvanju hrane bez mijenjanja njenih nutritivnih ili organoleptičkih svojstava (Khalid i sur., 2022).

Jestive prevlake mogu se definirati kao tanki slojevi jestivog materijala, obično ne deblji od 0,3 mm (Díaz-Montes i Castro-Muñoz, 2021), koje oblažu hranu i služe kao barijera između hrane i okoliša tijekom rukovanja, obrade i skladištenja (Sharma i sur., 2019). Jestive prevlake pružaju dodatni sloj zaštite namirnice te djeluju kao polupropusna membrana, stvarajući

barijeru protiv plinova i vode, čime se smanjuje brzina respiracije, enzimatsko posmeđivanje, ispuštanje hlapljivih spojeva u okolinu i gubitak vode iz proizvoda (Khalid i sur., 2022).

Jestive prevlake na minimalno procesiranom voću i povrću mogu poslužiti kao alternativa skladištenju u modificiranoj atmosferi (MA), smanjujući promjene u kvaliteti i gubitke u količini kroz modifikaciju i kontrolu atmosfere unutar pakiranja (Dhall, 2013). Prilikom stvaranja MA jestivim prevlakama, potrebno je osigurati da se ne razviju anaerobni uvjeti koji dovode do nepoželjnih promjena okusa i rasta anaerobnih mikroorganizama, što može negativno utjecati na sigurnost i prihvatljivost proizvoda. Stoga, optimalni jestivi premazi moraju pažljivo balansirati udjele CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> kako bi postigli željeni učinak usporavanja respiracije i time produžili rok trajanja i očuvali kvalitetu tretiranih namirnica (Baldwin i sur., 1995).

Jestive prevlake mogu se pripremiti od polimera koji imaju sposobnost formiranja filma ili gela (Emragi i sur., 2022). Prvi korak u proizvodnji jestivih premaza uključuje pravilno dispergiranje materijala u otapalu kao što su voda, alkohol, mješavine vode i alkohola ili kombinacije drugih otapala. U nekim slučajevima, potrebno je zagrijati ili mijenjati pH vrijednosti otopine kako bi se otopila makromolekula materijala. Nakon što je polimer dispergiran, moguće je dodati i druge tvari, poput antimikrobnih sredstava, antioksidansa, aroma i boja, u otopinu za formiranje filma kako bi se premazu dala željena funkcionalna svojstva. Ovi dodaci omogućuju poboljšanje zaštitnih karakteristika premaza, čime se doprinosi očuvanju kvalitete, sigurnosti i vizualne privlačnosti prehrambenih proizvoda (Emragi i sur., 2022; Sarengaowa i sur., 2022).

Jestive prevlake trebaju biti bez mirisa, boje i okusa te prema EU regulativi (Uredba (EC) br. 1935/2004), kao i svi materijali i predmeti koji dolaze u dodir s hranom moraju ispunjavati osnovne zahtjeve: (a) moraju biti proizvedeni u skladu s dobrom proizvođačkom praksom; (b) ne smije ugrožavati ljudsko zdravlje; (c) materijal ne smije nepovoljno utjecati na sastav hrane; i (d) ne smiju negativno utjecati na organoleptička svojstva hrane.

Različite metode nanošenja mogu se primijeniti za nanošenje jestivih prevlaka, a odabir odgovarajuće metode ovisi o željenim karakteristikama prevlaka i odabranim polimerima. Ne postoji univerzalan materijal, ali ni jestiva prevlaka za sve prehrambene proizvode; svaki proizvod zahtijeva specifičnu jestivu prevlaku koja odgovara specifičnim potrebama i glavnim mehanizmima propadanja određenog voća ili povrća (Matloob i sur., 2023).

Na tržištu postoji nekoliko komercijalnih proizvoda koji se koriste kao jestive prevlake. Neki od njih su Semperfresh (AgriCoat Industries Ltd., Berkshire, UK), Pro-long (Courtaulds Group,



London), Nature-Seal (Ecoscience Product System Division, Orlando, FL), Nutrisave (Nova Chem, Halifax, NS, Kanada), Natural Shine 9000 (Pace International, Seattle, SAD), FreshSeal, Christp-Coat 868, Food Coat i drugi. Većina ovih komercijalnih prevlaka sadrži derivate celuloze i uspješno se koriste na raznim svježim proizvodima (Güneş i Turan, 2017).

Prema Matloob i sur. (2023) jestive prevlake se najčešće dijele u tri glavne skupine :

1. na bazi polisaharida: celuloza, škrob, kitozan, pektin, ekstrakti morskih algi i sjemenki;
2. na bazi proteina: želatina, zein, izolirani proteini soje, izolirani proteini sirutke i kazein;
3. na bazi lipida: voskovi, masti, ulja i smole.

Kombinacija ovih materijala naziva se kompozitna prevlaka te ona omogućuje poboljšanu funkcionalnost premaza, pružajući sveobuhvatniju zaštitu i očuvanje kvalitete prehrambenih proizvoda (Kohli i sur., 2024; Andriani i sur., 2023).

### 2.3.1. Metode nanošenja jestivih prevlaka

Metoda uranjanja jedna je od najčešće korištenih tehnika za formiranje jestivih prevlaka, a poznata je po tome što može stvoriti prevlake veće debljine. Ova metoda se uglavnom primjenjuje na voće, povrće i mesne proizvode. Na svojstva prevlaka značajno utječu gustoća, viskoznost i površinska napetost otopine prevlaka.

Hrana se izravno uranja u odgovarajuću otopinu prevlaka, nakon određenog vremena vadi iz otopine te ostavlja da se prirodno osuši. Nakon sušenja na hrani se stvara tanak sloj jestive prevlake. Dobro prijanjanje na svježe rezano voće i povrće može biti izazovno, što predstavlja određena ograničenja u primjeni jestivih prevlaka na minimalno procesiranom voću i povrću. Kako bi se prevladali ovi nedostaci, razvijena je tehnika višeslojnog premazivanja. Ova tehnika uključuje kombiniranje dvaju ili više slojeva materijala fizičkim ili kemijskim putem (Ju i sur., 2019).

Metoda uranjanja, unatoč nekim ograničenjima, može biti učinkovita tehnika za primjenu jestivih prevlaka, posebno ako se koriste naprednije tehnike poput višeslojnih prevlaka (Ruggeri i sur., 2020).

Metoda prskanja pogodna je za otopine niske viskoznosti koje se lako mogu raspršiti pod visokim tlakom (60-80 psi). Ovom metodom se formiraju kapljice promjera oko 20 µm. Čimbenici kao što su vrijeme sušenja, temperatura i metoda sušenja utječu na polimerne prevlake pripremljene metodom prskanja (Matloob i sur., 2023). Zbog tih čimbenika je i konačna kvaliteta i svojstvo prevlake upitno. Kako bi se osigurala kvaliteta i vizualna privlačnost jestivih prevlaka, potrebno je optimizirati uvjete prskanja (Ju i sur., 2019).

Metoda razmazivanja uključuje izravno nanošenje otopine prevlaka na površinu proizvoda. Ova metoda može biti značajno pod utjecajem ljudskog faktora jer ovisi o preciznosti nanošenja. Zbog svoje preciznosti, ova metoda može biti korisna za primjene gdje je značajna preciznost potrebna, ali zbog ljudskog utjecaja može biti manje konzistentna u usporedbi s automatskim metodama. Metoda može biti zadovoljavajuća u slučajevima male serije proizvoda ili kod specijaliziranih proizvoda (Ju i sur., 2019).

### 2.3.2. Prevlake na bazi polisaharida

Polisaharidi su skupina polimera koji se često koriste kao osnovne komponente biorazgradivih prevlaka. Prevlake na bazi polisaharida odlične su barijere za kisik, arome i ulja te pružaju dobru čvrstoću i strukturni integritet. Zbog svoje hidrofilnosti nemaju učinkovita barijerna svojstva za vlagu (Izquier i sur., 2016).

Jestive prevlake na bazi polisaharida mogu posjedovati antioksidativna i antibakterijska svojstva, što ih čini učinkovitima u očuvanju svježine i kvalitete svježeg voća i povrća. Prednost prevlaka na bazi polisaharida je i u njihovoj niskoj cijeni, širokoj dostupnosti (Khalid i sur., 2022), stabilnosti, sigurnosti, netoksičnosti i nealergenosti (Panahirad i sur., 2021).

Polisaharidne prevlake mogu djelovati kao "zaštitni sloj odnosno agens" umjesto djelovanja kao barijera. Zbog niske zaštite protiv prijenosa vode, mogu se primijeniti kao relativno debeli premazi na površinama hrane kako bi namjerno apsorbirali vodu i pružili privremenu zaštitu od daljnjeg gubitka vlage (Pavlath i Orts, 2009).

#### 2.3.2.1. *Karboksimetil celuloza (CMC)*

Karboksimetilceluloza (CMC) je anionski linearni spoj dugog lanca koji se sastoji od glukopiranozilnih jedinica visoke molekularne mase, što joj daje čvrstoću i strukturni integritet koji je potreban u jestivim prevlakama (Panahirad i sur., 2021). CMC je jedan od najvažnijih etera celuloze s brojnim primjenama u prehrambenoj industriji.

Svojstva CMC-a variraju ovisno o njegovoj molekularnoj težini, broju karboksilnih skupina po anhidroglukoznoj jedinici i raspodjeli supstituenata duž polimernih lanaca. Prevlake na bazi CMC-a imaju sposobnost vezanja vode i apsorpcije vlage zahvaljujući velikom broju hidroksilnih i karboksilnih skupina u njegovoj strukturi (Panahirad i sur., 2021).

Lin i Zhao (2007) su zaključili kako premazi od karboksimetilceluloze pokazuju sposobnost zadržavanja izvorne čvrstoće i hrskavosti jabuka, breskvi, celera, salate i mrkve kada se koriste metodom premazivanja. Također pomažu u očuvanju važnih tvari arome u svježem voću i povrću te smanjuju unos kisika bez povećanja razine ugljičnog dioksida u okruženju obloženih jabuka i krušaka, stvarajući uvjete slične kontroliranoj atmosferi.

### 2.3.2.2. Pektin (PEC)

Pektin (PEC) je vrsta polisaharida biljnog podrijetla, a najprisutniji je u povrću i voću, posebno u kori citrusa i komini jabuka (Khalid i sur., 2022). Sastoji se od složenih heteropolimera izgrađenih od D-galakturonske kiseline povezanih  $\alpha$ -1,4 vezama, koji mogu varirati u sastavu, strukturi i molekularnoj masi (Panahirad i sur., 2021). Struktura PEC varira ovisno o različitom stupnju metilacije karboksilnih kiselinskih ostataka ili amidiranih poligalakturonskih kiselina (Roman-Benn i sur., 2023; Espitia i sur., 2014).

Na temelju stupnja esterifikacije (DE) s metanolom, koji predstavlja omjer esterificiranih galakturonskih kiselinskih skupina u odnosu na ukupne galakturonske kiselinske skupine, pektin se može podijeliti na visokoesterificirani pektin i niskoesterificirani PEC. Visokoesterificirani pektin ima više od 50 % svojih karboksilnih skupina esterificiranih (DE > 50), dok niskoesterificirani pektin ima DE manji od 50. Stupanj esterifikacije pektina (DE) izravno utječe na njihovu topljivost i sposobnost stvaranja gela (Roman-Benn i sur., 2023; Espitia i sur., 2014).

Prevlake na bazi pektina su netoksične, biorazgradive te zadovoljavaju GRAS (eng. *Generally Recognised As Safe*) status. Prevlake su prozirne, otporne na ulja i masti, selektivno propuštaju plinove., ali imaju visoku propusnost za vodenu paru zbog svoje hidrofilne prirode (Panahirad i sur., 2021). Pektinske prevlake pomažu u očuvanju okusa i kvalitete voća i povrća, smanjuju gubitak hranjivih tvari i hlapljivih spojeva tijekom skladištenja i transporta te kontroliraju mikrobnu kontaminaciju proizvoda (Rohasmizah i Azizah, 2022).

Zbog svoje dostupnosti, niske cijene i korisnih svojstava, PEC je idealan za primjenu kao prevlaka za voće i povrće. (Panahirad i sur., 2021).

### 2.3.3. Aktivne jestive prevlake

Aktivni premazi postaju sve važniji u prehrambenoj industriji zbog svoje sposobnosti da produže vijek trajanja hrane, poboljšaju njezinu sigurnost i očuvaju senzorska svojstva poput okusa, boje i teksture. Osnovna funkcija aktivnih prevlaka jest da djeluju kao barijera koja štiti hranu od vanjskih čimbenika poput mikrobiološkog kvarenja, oksidacije i gubitka vlage (Šuput i sur., 2020).

Primjena aktivnih prevlaka posebno je značajna kod svježe rezanih i minimalno procesiranih proizvoda koji su osjetljiviji na kvarenje zbog uklanjanja prirodne fizičke barijere, tj. epidermalnog sloja voća i povrća. Aktivni premazi sprječavaju ubrzani gubitak vlage, smanjenje turgora i promjene u senzorskim karakteristikama proizvoda (Yousuf i sur., 2020).

Aktivne prevlake mogu biti obogaćene različitim bioaktivnim tvarima koje djeluju kao antimikrobna i antioksidativna sredstva, te spojevi koji poboljšavaju teksturu i nutritivnu vrijednost hrane. Najčešće korištene tvari uključuju:

- **Organske kiseline:** poput octene, benzojeve, mliječne, propionske i sorbinske kiseline, koje djeluju antimikrobno (Izquierdo i sur., 2020);
- **Estere masnih kiselina:** poput gliceril monolaurata, koji pokazuju antimikrobna svojstva;
- **Polipeptide:** uključujući lizozim, peroksidazu, laktoferin i nizin, koji imaju antimikrobni učinak (Ciolacu i sur., 2020);
- **Eterična ulja:** biljna ulja koja se sve više koriste zbog svojih antimikrobnih i antioksidativnih svojstava (Galgano i sur., 2020).

Eterična ulja su sekundarni metaboliti koje proizvode aromatične biljke i poznata su po širokom spektru bioloških aktivnosti, uključujući antimikrobna i antioksidativna svojstva (Dhall, 2020). Među najčešće korištenim eteričnim uljima u aktivnim premazima su ulja cimeta, origana i limunske trave, koja se smatraju prirodnim konzervansima.

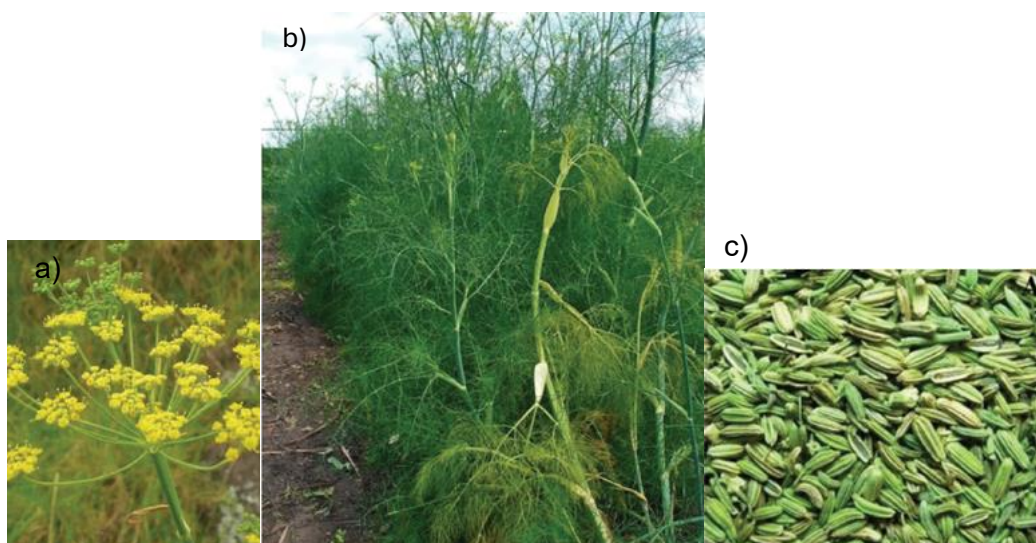
Eterična ulja se često koriste u prehrambenim proizvodima jer su prirodna i sigurna za upotrebu (GRAS status). Međutim, njihova primjena u jestivim premazima nosi izazove zbog intenzivnog okusa i mirisa, kao i lipofilnosti i hlapljivosti. Kako bi se smanjio utjecaj na organoleptička svojstva hrane, eterična ulja se inkapsuliraju u polimerni matriks, čime se omogućuje njihovo postepeno oslobađanje i produljenje učinkovitosti (Ju i sur., 2020).

Jedan od ključnih aspekata upotrebe eteričnih ulja u aktivnim premazima je njihova antimikrobna aktivnost, koja se temelji na njihovoj sposobnosti da naruše stanične membrane mikroorganizama, povećavajući njihovu propusnost i destabilizirajući unutarnje strukture stanica (Valencia-Chamorro i sur., 2020). Zbog toga eterična ulja postaju sve popularnija u očuvanju svježeg i minimalno procesiranog voća i povrća.

## 2.4. KOMORAČ

Komorač (*Foeniculum vulgare* Mill.) je aromatična, višegodišnja zeljasta biljka iz porodice Apiaceae, koja se može pronaći u divljem obliku ili se uzgaja. Ova biljka se prepoznaje po malim, svijetlo zlatnim cvjetovima i blago zakrivljenim sjemenkama koje variraju u boji od žućkaste do zelenkaste (Marčac i sur., 2023) (slika 3). Biljka komorača potječe iz južnog mediteranskog područja, ali se zahvaljujući prirodnoj rasprostranjenosti i kultivaciji, danas može naći kao divlja biljka širom sjeverne, istočne i zapadne hemisfere, posebno u Aziji, Sjevernoj Americi i Europi. Biljka je bila dobro poznata starim Egipćanima, Rimljanima, Indijcima i Kinezima, koji su je koristili u različite svrhe, od kulinarskih do ljekovitih (Badgujar i

sur., 2014). Neki autori razlikuju dvije podvrste komorača: *piperitum* i *vulgare*. Podvrsta *piperitum* ima gorko sjeme, dok podvrsta *vulgare* ima slatko sjeme (Rather i sur., 2016).



**Slika 3.** Komorač: a) cvjetovi; b) stabljika; c) sjemenke (prema Badgugar i sur., 2014)

Sjemenke komorača sadrže do 5 % eteričnog ulja, koje se odlikuje karakterističnim senzorskim svojstvima i okusom sličnim anisu, što je rezultat prisutnosti anetola, glavnog predstavnika hlapljivih spojeva (Dobroslavić i sur., 2022). Glavni sastojci eteričnog ulja sjemenki komorača osim *trans*-anetola su fenhon, estragol i  $\alpha$ -felandren. Sastav eteričnog ulja komorača pokazuje značajnu kemijsku raznolikost, koja ovisi o metodi ekstrakcije i geografskom porijeklu biljke. Akumulacija ovih hlapljivih spojeva varira unutar biljke i mogu se pronaći u gotovo svim dijelovima, uključujući korijenje, stabljike, izdanke, cvjetove i plodove (Rather i sur., 2016). Zbog svoje hlapljive prirode, eterična ulja su izuzetno osjetljiva na vanjske faktore kao što su svjetlost, kisik, temperatura i vlaga, što može dovesti do smanjenja njihove kvalitete i skraćenja roka trajanja. Kako bi se produžio rok trajanja i očuvala kvaliteta eteričnog ulja komorača, ključno je primijeniti odgovarajuće metode skladištenja. Uobičajene procedure uključuju korištenje tamnih, dobro zatvorenih staklenih boca i skladištenje u hladnom okruženju, zaštićenom od direktne svjetlosti. Pored ovih mjera, mogu se primijeniti i druge tehnike, poput inkapsulacije, koje dodatno pomažu u zaštiti ulja od štetnih utjecaja vanjskih faktora. Ove metode osiguravaju dugotrajnu stabilnost eteričnog ulja, omogućujući mu da zadrži svoja korisna svojstva kroz duže vremensko razdoblje (Dobroslavić i sur., 2022).

Prema USDA (2024b), 100 g sjemenke komorača sadrže 8,81 g vode, 15,8 g proteina, 14,9 g masti te 52,3 g ugljikohidrata. Od minerala sjemenke sadrže 1200 mg kalcija, 385 mg magnezija, 1690 mg fosfora, 18,5 mg željeza, 88 mg natrija, 3,7 mg cinka, 1,07 mg bakra te 6,53 mg mangana dok od vitamina najviše sadrži vitamin C (21 mg) i niacin (6,05 mg).

#### 2.4.1. Uporaba komorača

Sjemenka komorača također je poznata po svojim diuretičkim, analgetičkim i antipiretičkim svojstvima, te je utvrđeno da posjeduje antioksidativno djelovanje. Ove osobine čine komorač vrijednim resursom ne samo u kulinarstvu, već i u tradicionalnoj medicini, gdje se koristi za tretiranje raznih zdravstvenih problema (Faudale i sur., 2008). U mnogim dijelovima svijeta koristi se za liječenje širokog spektra bolesti. Tradicionalno se primjenjuje za ublažavanje bolova u truhu, aperitiv, u terapiji artritisa, raka, konjunktivitisa, zatvora, proljeva te kod groznice, nadutosti, gastritisa, nesаницe, iritabilnog crijeva, bubrežnih oboljenja, kao laksativ, bolova u jetri, ulkusa u ustima te bolova u želucu (Badgujar i sur., 2014).

U kulinarstvu se u raznim pripravcima, uključujući pekarske proizvode, jela od mesa i ribe, sladolede, alkoholna pića te biljne mješavine. Sjeme komorača koristi se u proizvodnji likera, slatkiša, pita i pudinga. Za pripremu salata koriste se lisni rukavci i mlado lišće komorača, može se dodati u omlete, umak i kao začim povrću (Rather i sur., 2016).

Brojna istraživanja su pokazala i potvrdila kako komorač ima različite biološke aktivnosti, uključujući antimikrobno, antivirusno, protuupalno, antialergijsko, antimutageno i hepatoprotektivno djelovanje pa se zbog toga koristi za kozmetičke i farmaceutske svrhe (Repajić i sur., 2024).

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. MATERIJALI

Za istraživanje je korišten gomolj krumpira (*Solanum tuberosum* L.) sorte Artemis, uzgojen u Hrvatskoj te kupljen u trgovini Konzum Plus d.o.o kao pakiranje od 2,5 kg. Kao materijali za proizvodnju jestivih prevlaka korišteni su prirodni polimeri: PEC (citrus-130 AS, CPKelco, Njemačka) i CMC (tip 466, Acros organics, Francuska). Eterično ulje komorača (Ireks Aroma d.o.o., Hrvatska) korišteno je kao izvor bioaktivnih sastojaka dodanih u jestive prevlake.

#### 3.2. METODE RADA

##### 3.2.1. Priprema otopina jestivih prevlaka

Otopine jestivih prevlaka dobivene su otapanjem 3 g praha CMC ili PEC u 100 mL destilirane vode kako bi se pripremila 3 %-tna (*m/v*) otopina za pripremu jestivih prevlaka. Otopine se miješaju na magnetskoj miješalici (Rotamix SHP-10, Tehnica, Slovenija) kako bi se postigla potpuna disperzija polimera. Za pripremu aktivnih jestivih prevlaka, u 100 mL pripremljene otopine polimernih materijala otopljeno je 0,5 g pripremljene aktivne komponente (A) (eterično ulje komorača inkapsuliranog u nosač od gume arabike i  $\beta$ -ciklodekstrina) kako bi se pripremila 0,5 % (*m/v*) otopina aktivne jestive prevlake. Za pripremu 1 % (*m/v*) otopine aktivne jestive prevlake, u 100mL pripremljene otopine otopi se 1 g pripremljene aktivne komponente (A). Otopine aktivnih jestivih prevlaka se miješaju na digitalnom Ultra-turaxu pri 12000 rpm (Ultra-turax T25, IKA, Njemačka) kako bi se aktivna komponenta dobro dispergirala.

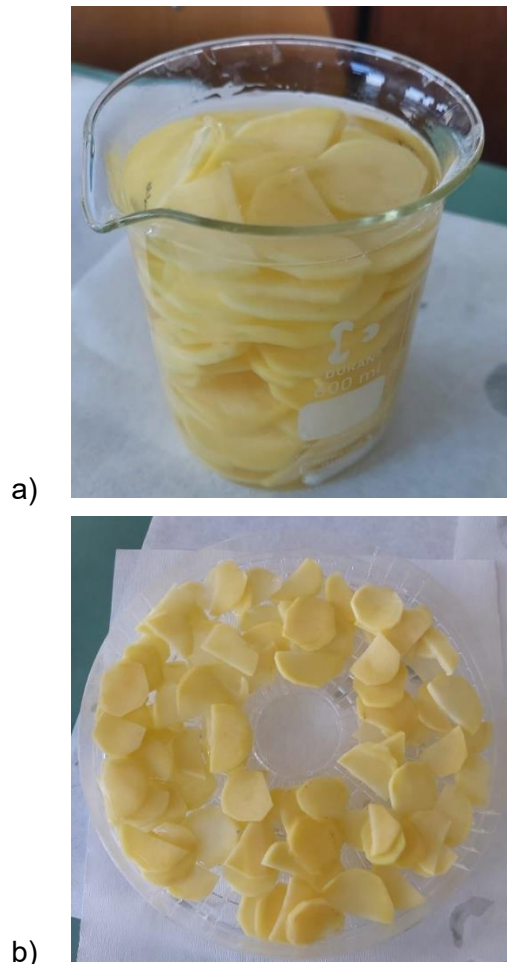
Aktivni prah je proizveden korištenjem eteričnog ulja komorača od Ireks Aroma d.o.o., Hrvatska, metodom sušenja raspršivanjem pomoću uređaja Büchi Mini Spray Dryer B-290, Švicarska. Proces sušenja raspršivanjem proveden je pri temperaturi 200 °C, s omjerom nosača  $\beta$ -ciklodekstrina i gume arabike od 1:3. Koncentracija eteričnog ulja komorača bila je 5 g po 100 mL otopine, što je ekvivalentno 5 %. Omjer između eteričnog ulja komorača i nosača bio je 1:4.

##### 3.2.2. Priprema uzorka minimalno procesiranog krumpira (MPK)

Krumpir je ručno oguljen te opran u vodovodnoj vodi. Zatim je ručno nožem narezan na ploške debljine 3 – 4 mm. Narezane ploške krumpira uronjene su u pripremljenim otopinama jestivih prevlaka 10 min (slika 4a ). Kontrolni uzorci krumpira uronjeni su u destiliranoj vodi.

Nakon uranjanja ploške su postavljene na plastične plitice za sušenje (slika 4b) te stavljene na sušenje u klima komoru (HPP 110, Memmert, Njemačka) kroz 30 min. Nakon

sušenja, uzorci su izvagani te pakirani u vrećice za pakiranje (polietilen (PE)/poliamid (PA), VB28/300, Gorenje, Slovenija), zatvorene pomoću ručne varilice (Audion, Seal KID, Viro, Hrvatska) i čuvane u hladnjaku pri temperaturi  $8\pm 1$  °C. Pakiranja uzoraka su označena ovisno o vrsti polimerne prevlake kojom je uzorak tretiran i o sadržaju aktivne komponente. Uzorci su analizirani periodično i to 0., 1., 4., 6., 8., 11., 13. i 15. dan.



**Slika 4.** Obrada krumpira: a) potapanje uzoraka krumpira; b) uzorci krumpira na plitici za sušenje

### 3.2.3. Određivanje pH vrijednosti

pH vrijednost uzoraka određivana je s pH metrom FiveGO (Mettler Toledo, Švicarska). Vrijednosti prikazane na pH metru prikazuju koncentraciju vodikovih iona u korištenim uzorcima. Homogenizirani uzorak za određivanje pH vrijednosti se dobio usitnjavanjem uzoraka krumpira tijekom skladištenja. Nakon uranjanja elektrode pH metra u homogenizirani uzorak te nakon stabilizacije prikazane vrijednosti, očitala se prikazana vrijednost na ekranu



uređaja. Kombinirana elektroda se između svakog mjerenja morala isprati destiliranom vodom te osušiti staničevinom. pH vrijednosti su se očitavale u tri paralele za pojedini uzorak.

#### 3.2.4. Određivanje udjela vode standardnom metodom sušenja

Uzorak krumpira (1 ploška krumpira, cca 4 g,  $m_p$ ) stavi se u prethodno osušenu aluminijsku posudicu. Aluminijska posudica sa uzorkom se suši pri temperaturi 105 °C (UFE 500, Memmert, Njemačka) do postizanja konstantne mase. Nakon sušenja, posudica sa uzorkom se poklopi i stavi na hlađenje u eksikator. Ohlađena posudica i uzorak se zatim važu. Iz sljedeće formule (1) izračunava se udio vode u uzorcima krumpira :

$$\% \text{ vode} = (m_p - m_n) * 100 / m_u \quad (1)$$

gdje su:

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

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

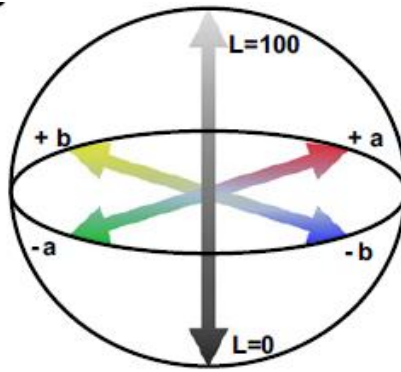
$m_u$  – masa uzorka [g] (Vahčić i sur., 2008).

Sva mjerenja su provedena u tri paralele.

#### 3.2.5. Mjerenje boje kolorimetrom

Boja uzoraka krumpira određena je kolorimetrom (CM - 700 d, Konica Minolta, Japan). Kolorimetar radi na principu CIE Lab sustava boja u trodimenzionalnom prostoru definiranom sa tri osi odnosno koordinate (slika 5). CIE Lab sustav se temelji na objektivnom vrednovanju boja i najbliži je ljudskoj percepciji boja (Barrett i sur., 2010). Koordinata  $L^*$  prikazuje mjeru svjetlosti te se iskazuje vrijednostima od  $L^* = 0$  za najtamniju crnu do  $L^* = 100$  za najsvjetliju bijelu. Koordinata  $a^*$  predstavlja raspon boja od zelene za negativne vrijednosti ( $-a^*$ ) pa do crvene za pozitivne vrijednosti ( $+a^*$ ). Koordinata  $b^*$  predstavlja raspon boja od plave za negativne vrijednosti ( $-b^*$ ) pa do žute za pozitivne vrijednosti ( $+b^*$ ) (Alfonso i sur., 2017).

Kolorimetar se kalibrira bijelim i crnim standardom. Ploča kolorimetra se stavila iznad uzorka tako da je otvor ploče cijeli prekriven uzorkom. Mjerenje se provodilo u pet paralela za svaki uzorak.



**Slika 5.** CIE  $L^*a^*b^*$  (Korifi i sur., 2013)

Za izračunavanje ukupne razlike obojenosti ( $\Delta E^*$ ) koristio se izraz (2) :

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

gdje su:

$$\Delta L^* = L_1^* - L_0^*$$

$$\Delta a^* = a_1^* - a_0^*$$

$$\Delta b^* = b_1^* - b_0^*$$

Za izračunavanje indeksa bjeline ( $WI$ ) koristio se izraz (3) :

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

### 3.2.6. Određivanje udjela $O_2$ i $CO_2$ u pakovini

Za određivanje udjela  $O_2$  i  $CO_2$  u pakovini, koristio se uređaj za mjerenje sastava plinova (Oxybaby®Wittgas, Wittgas, Njemačka). Mjerenje se provodi periodično tijekom 15 dana skladištenja.

Mjerenje je provedeno u tri paralele za svaki uzorak.

### 3.2.7. Određivanje senzorskih svojstava

Za određivanje senzorskih svojstava uzoraka krumpira koristila se kvantitativna deskriptivna analiza. Analizom su određivana senzorska svojstva kao što su boja, miris i tekstura te ukupna prihvatljivost. Uzorcima krumpira ocjenjivani su parametri boje (intenzitet posmeđivanja te sjaj), mirisa (karakterističan te strani) i teksture (tvrdoća te ljepljivost/ vlažnost). U ocjenjivanju je korištena skala od 1 do 5 gdje 1 predstavlja neizraženo svojstvo,

2 slabo izraženo svojstvo, 3 srednje izraženo svojstvo, 4 izraženo svojstvo te 5 predstavlja jako izraženo svojstvo. Primjer ocjenjivačkog listića se nalazi u Prilogu 1.

U senzorskoj analizi sudjelovalo je šest ocjenjivača te je analiza provedena 0., 1., 8. i 11. dan. Rezultati analize predstavljaju srednju vrijednost za svako svojstvo pripisano određenom uzorku.

### **3.3. OBRADA PODATAKA**

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

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

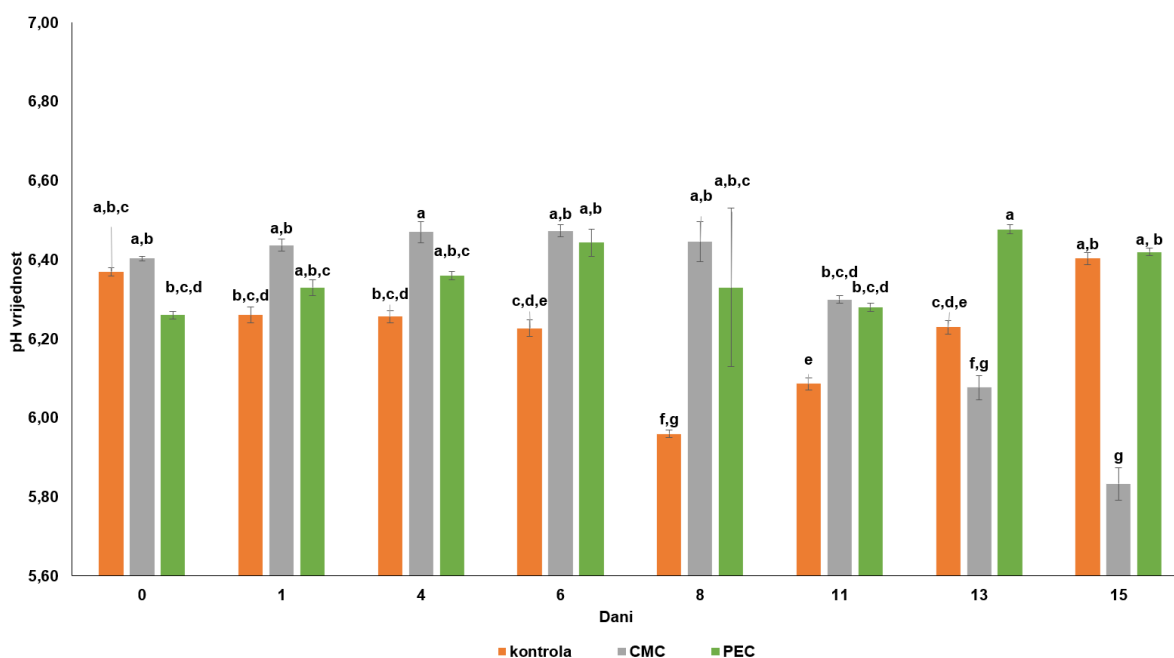
Cilj ovog istraživanja bio je odrediti utjecaj jestivih prevlaka CMC i PEC bez i s dodatkom aktivne komponente na trajnost minimalno procesiranog krumpira tijekom 15 dana. Kao aktivna komponenta koristilo se inkapsulirano eterično ulje komorača.

U ovom diplomskom radu prikazani su rezultati određivanja parametra kvalitete krumpira tretiranih s jestivim prevlakama biopolimera (CMC i PEC) s i bez dodatka inkapsuliranog eteričnog ulja (ETU) komorača. Tijekom 15 dana skladištenja mjerene su pH vrijednosti krumpira, udio vode, parametri boje ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $WI$ ,  $\Delta E^*$ ), udjeli kisika i ugljikovog dioksida te je provedena senzorska analiza uzoraka krumpira.

Rezultati su prikazani za svaki dan uzorkovanja i to grafički i tablično. Rezultati pH vrijednosti, parametra boje ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), udjela kisika i ugljikovog dioksida te senzorske analize prikazani su grafički, dok su rezultati parametra boje ( $WI$ ,  $\Delta E^*$ ) i udjela vode prikazani tablično.

### 4.1. pH VRIJEDNOST

Rezultati istraživanja pH vrijednosti dane su na slikama 6, 7 i 8.

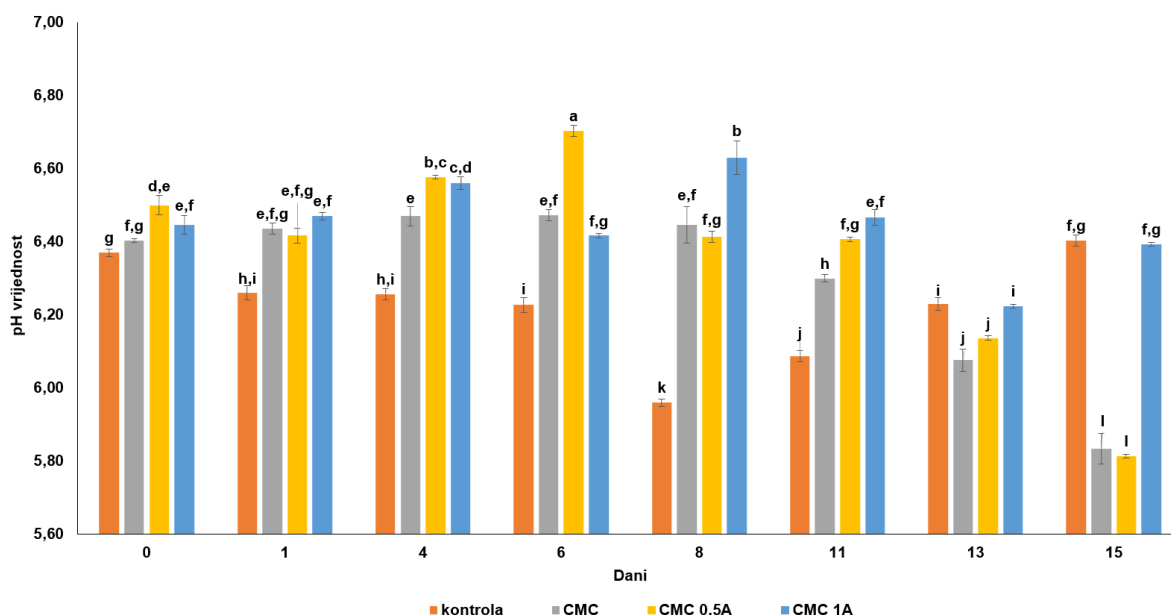


**Slika 6.** Prikaz pH vrijednosti za uzorke krumpira tretirane vodom (kontrola) te jestivim prevlakama s CMC-om i PEC-om

Prikazane su srednje vrijednosti ( $n=3$ )  $\pm$  SD. <sup>a-g</sup> – uzorci se međusobno statistički razlikuju na  $p \leq 0,05$ . CMC - karboksimetil celuloza, PEC - pektin

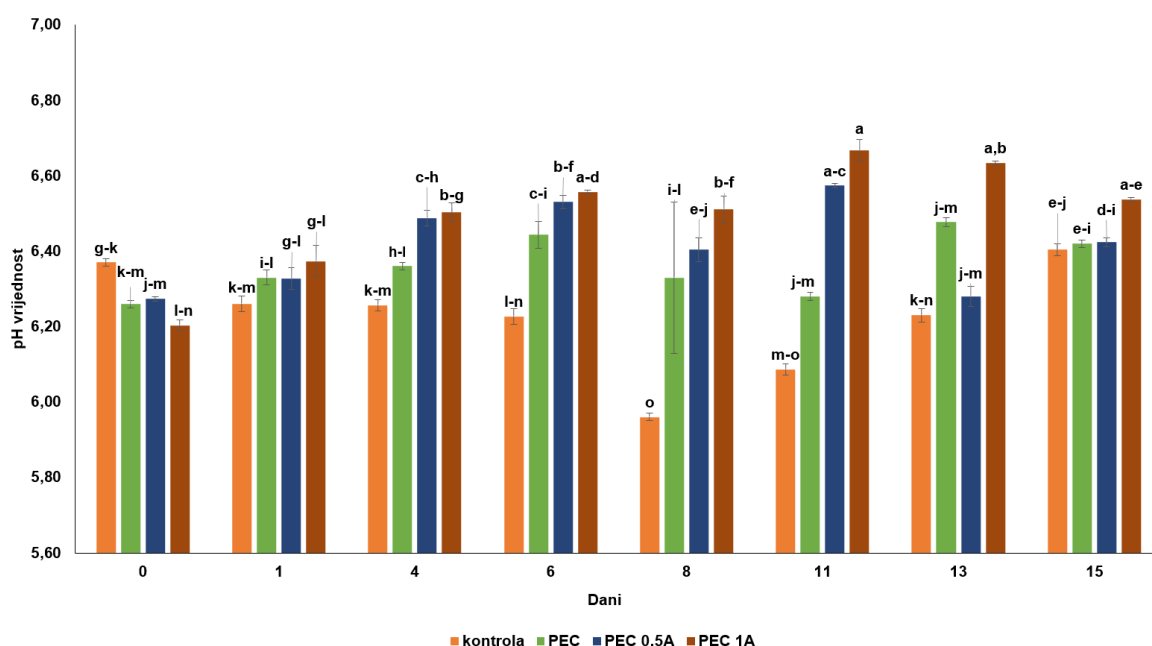
U samom početku istraživanja uzorci tretirani jestivom prevlakom CMC imaju višu pH vrijednost u odnosu na uzorke tretirane vodom (kontrola) i jestivom prevlakom PEC. Zadnja dva dana skladištenja (13. i 15. dan) uzorci tretirani CMC-om pokazuju nižu pH vrijednost od pH vrijednosti kod kontrole (slika 6). Na 15. dan skladištenja, pH vrijednost uzorka tretiranog CMC-om, statistički se razlikuje od svih ostalih uzoraka. Nulti (početni) dan pH vrijednost za uzorke tretirane PEC-om niže su od kontrole dok su za ostale dane sve vrijednosti za PEC više od same kontrole. Kontrola pokazuje odstupanja u pH vrijednostima. Od 0. do 6. dana skladištenja vrijednosti za kontrolu blago padaju dok je 8. dan vrijednost pH za kontrolu najniža ( $5,96 \pm 0,01$ ). Odstupanje u pH vrijednostima je vjerojatno posljedica prirodnih procesa koji se odvijaju u krumpiru tijekom skladištenja, uključujući enzimske aktivnosti i mikrobiološke promjene. Ove fluktuacije mogu biti rezultat oksidacije, gubitka vlage ili metaboličkih aktivnosti u krumpiru.

Kurek i sur. (2020) u jednom dijelu svoga 7-dnevnog istraživanja su koristili otopine kitozana, CMC, PEC i gume arabike bez dodataka aktivne komponente kao prevlake minimalno procesiranog krumpira. Rezultati istraživanja pokazuju da je većina uzoraka postala kiselija tijekom skladištenja, što je vjerojatno posljedica respiracije i povećanja koncentracije CO<sub>2</sub> unutar pakiranja te njegove reakcije s vlagom prisutnom u krumpiru.



**Slika 7.** Prikaz pH vrijednosti za uzorke krumpira tretirane vodom (kontrola) te jestivim prevlakama s CMC-om bez i s dodatkom aktivne komponente. Prikazane su srednje vrijednosti ( $n=3$ )  $\pm$  SD. <sup>a-l</sup> – uzorci se međusobno statistički razlikuju na  $p \leq 0,05$ . CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % ( $m/v$ ) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % ( $m/v$ ) ETU komorača

Uzorci tretirani jestivom prevlakom od CMC s dodatkom aktivne komponente (0,5 % i 1 %) odmah nakon tretiranja (0. dan) pokazuju pH vrijednost višu u odnosu na kontrolu i CMC bez dodatka aktivne komponente, nakon čega slijedi pad pH vrijednosti s vremenom skladištenja (slika 7). Najviši porast pH vrijednosti pokazuju uzorci tretirani CMC-om sa dodatkom aktivne komponente od 0,5 % ( $6,70 \pm 0,02$ ). Kod tretiranja sa CMC 1A nisu uočene promjene pH vrijednosti, a tretman sa CMC 0,5A pokazuje rast pH vrijednosti 6. dana te pad prema kraju skladištenja gdje vrijednost pada do  $5,81 \pm 0,01$ .



**Slika 8.** Prikaz pH vrijednosti za uzorke krumpira tretirane vodom (kontrola) te jestivim prevlakama sa PEC-om bez i s dodatkom aktivne komponente. Prikazane su srednje vrijednosti ( $n=3$ )  $\pm$  SD. <sup>a-o</sup> – uzorci se međusobno statistički razlikuju na  $p \leq 0,05$ . PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % ( $m/v$ ) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % ( $m/v$ ) ETU komorača

Na slici 8 prikazane su pH vrijednosti uzoraka tretiranih prevlakama od PEC. Kod svježe tretiranih uzoraka (nulti dan) pH vrijednosti svih uzoraka bile su niže od kontrolnog uzorka dok su s vremenom skladištenja te vrijednosti rastle i bile više u odnosu na kontrolni uzorak. Iz rezultata (slika 8) vidljivo je da su pH vrijednosti za uzorke tretirane PEC s dodatkom 1 % ETU komorača bez promjene od 4. pa do 15. dana. Ovaj rezultat ukazuje da visoka koncentracija ETU komorača može značajno doprinijeti inhibiciji faktora koji bi inače smanjili pH, poput mikrobiološke aktivnosti i kemijskih reakcija koje su česte tijekom skladištenja krumpira. Vrijednosti pH za uzorke tretirane PEC 0,5A su stabilne od 4. do 11. dana, ali padaju 13. dan.

Kurek i sur. (2020) navode kako je pH svih uzoraka krumpira tretiranih jestivim premazima s dodatkom ekstrakta lista masline s vremenom skladištenja padao, bez značajnih razlika između vrsta polimera. Ističu kako je upotreba antioksidanasa imala značajan utjecaj na pH

vrijednosti te da su sve prevlake s aktivnim dodatkom imale niži pH u usporedbi sa kontrolnim uzorkom.

## 4.2. UDIO VODE

U tablici 2 su dani rezultati mjerenja udjela vode u uzorcima krumpira.

Vrijednosti izmjerene u kontrolnom uzorku ne mijenjaju se značajno tijekom skladištenja. Nasuprot tome, kod uzoraka tretiranih prevlakama dolazi do povećanja udjela vode tijekom skladištenja što se pripisuje prisutnosti prevlaka i njihovoj ulozi u retenciji vode u uzorku stvarajući barijerni sloj. Kod uzoraka tretiranih CMC-om, a bez dodatka aktivne komponente dolazi do povećanja vode na kraju skladištenja s također povišenim varijacijama u vrijednostima tijekom skladištenja. Varijacije se pripisuju eksperimentalnim pogreškama. Kod uzoraka tretiranih CMC-om s dodatkom aktivne komponente (0,5A i 1A) dolazi do znatnog porasta u udjelu vode sredinom skladištenja (4. i 8. dan). Uzorci tretirani s PEC-om i PEC 1A također ne pokazuju velike oscilacije u udjelu vode, ali uzorci tretirani PEC 0,5A pokazuju porast vrijednosti prema kraju skladištenja s maksimalnom izmjerenom vrijednosti udjela vode 15. dan skladištenja ( $91,96 \pm 2,40$ ). Dobiveni rezultati ukazuju na to da primjenom aktivnih jestivih prevlaka, posebice u kombinaciji s pektinom, mogu značajno poboljšati zadržavanje vode u krumpirima, pružajući potencijalne koristi za produženo skladištenje i očuvanje svježine proizvoda s visokim udjelom vode.

**Tablica 2.** Prikaz udjela vode u uzorcima tretiranih vodom (kontrola), jestivim prevlakama PEC i CMC bez i s dodatkom aktivne komponente

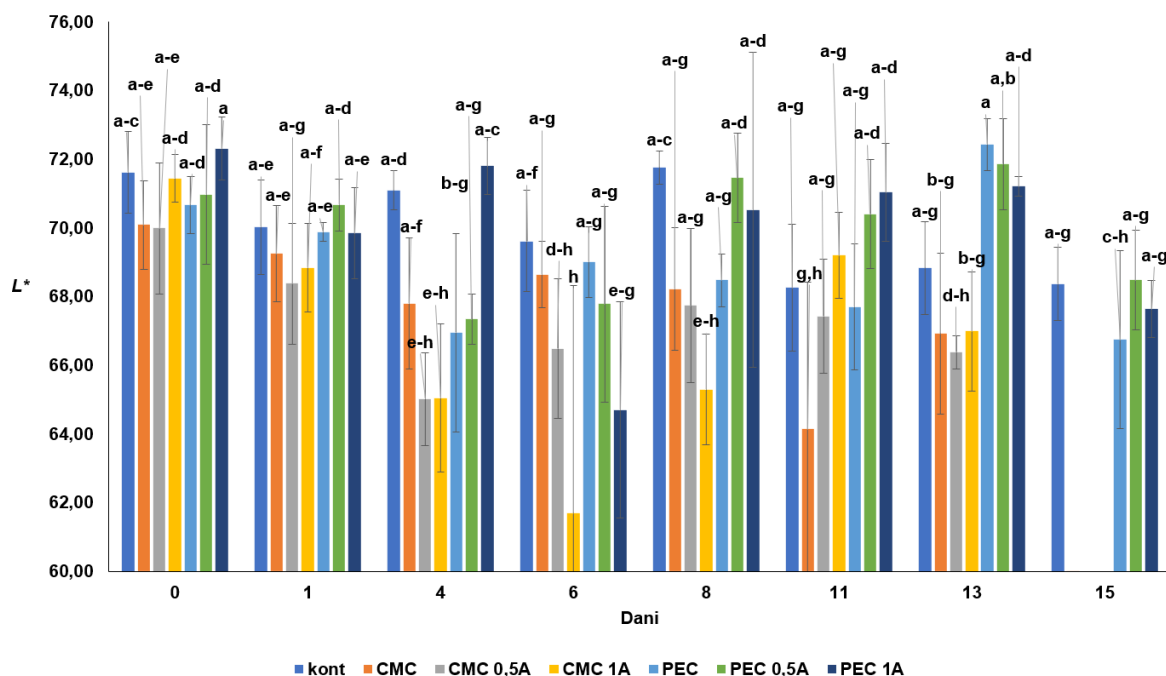
Uzorak	0.dan	1.dan	4.dan	6.dan	8.dan	11.dan	13.dan	15.dan
<b>kontrola</b>	87,64±1,58 <sup>a,b,c</sup>	85,90±1,29 <sup>a,b,c</sup>	84,20±2,33 <sup>a,b,c</sup>	84,62±5,99 <sup>a,b,c</sup>	84,83±1,42 <sup>a,b,c</sup>	85,52±2,06 <sup>a,b,c</sup>	87,42±0,42 <sup>a,b,c</sup>	86,88±1,86 <sup>a,b,c</sup>
<b>CMC</b>	82,69±1,61 <sup>a,b,c</sup>	85,60±0,93 <sup>a,b,c</sup>	82,12±1,59 <sup>a,b,c</sup>	83,83±2,81 <sup>a,b,c</sup>	86,41±2,65 <sup>a,b,c</sup>	85,54±0,30 <sup>a,b,c</sup>	84,01±0,53 <sup>a,b,c</sup>	89,42±7,50 <sup>a,b</sup>
<b>CMC 0,5A</b>	74,79±10,37 <sup>b,c</sup>	86,33±1,75 <sup>a,b,c</sup>	91,95±5,44 <sup>a</sup>	83,83±0,94 <sup>a,b,c</sup>	88,89±7,25 <sup>a,b</sup>	84,17±0,85 <sup>a,b,c</sup>	84,15±0,88 <sup>a,b,c</sup>	86,45±0,63 <sup>a,b,c</sup>
<b>CMC 1A</b>	81,91±1,67 <sup>a,b,c</sup>	70,83±15,40 <sup>c</sup>	90,81±5,46 <sup>a,b</sup>	86,12±2,87 <sup>a,b,c</sup>	90,71±6,08 <sup>a,b</sup>	84,61±1,50 <sup>a,b,c</sup>	83,92±0,74 <sup>a,b,c</sup>	85,62±0,08 <sup>a,b,c</sup>
<b>PEC</b>	83,20±0,27 <sup>a,b,c</sup>	85,16±0,52 <sup>a,b,c</sup>	85,80±0,35 <sup>a,b,c</sup>	85,89±2,68 <sup>a,b,c</sup>	84,84±1,68 <sup>a,b,c</sup>	84,73±1,34 <sup>a,b,c</sup>	83,66±2,60 <sup>a,b,c</sup>	83,78±0,23 <sup>a,b,c</sup>
<b>PEC 0,5A</b>	82,89±0,98 <sup>a,b,c</sup>	85,24±0,02 <sup>a,b,c</sup>	84,48±0,95 <sup>a,b,c</sup>	85,46±0,42 <sup>a,b,c</sup>	84,77±0,61 <sup>a,b,c</sup>	83,49±0,58 <sup>a,b,c</sup>	85,82±2,89 <sup>a,b,c</sup>	85,84±0,13 <sup>a,b,c</sup>
<b>PEC 1A</b>	83,55±2,67 <sup>a,b,c</sup>	88,13±8,46 <sup>a,b,c</sup>	82,48±5,68 <sup>a,b,c</sup>	84,66±0,36 <sup>a,b,c</sup>	82,31±1,00 <sup>a,b,c</sup>	86,82±2,29 <sup>a,b,c</sup>	85,12±2,04 <sup>a,b,c</sup>	91,96±2,40 <sup>a</sup>

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

CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % (m/v) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % (m/v) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % (m/v) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % (m/v) ETU komorača



### 4.3. BOJA KRUMPIRA

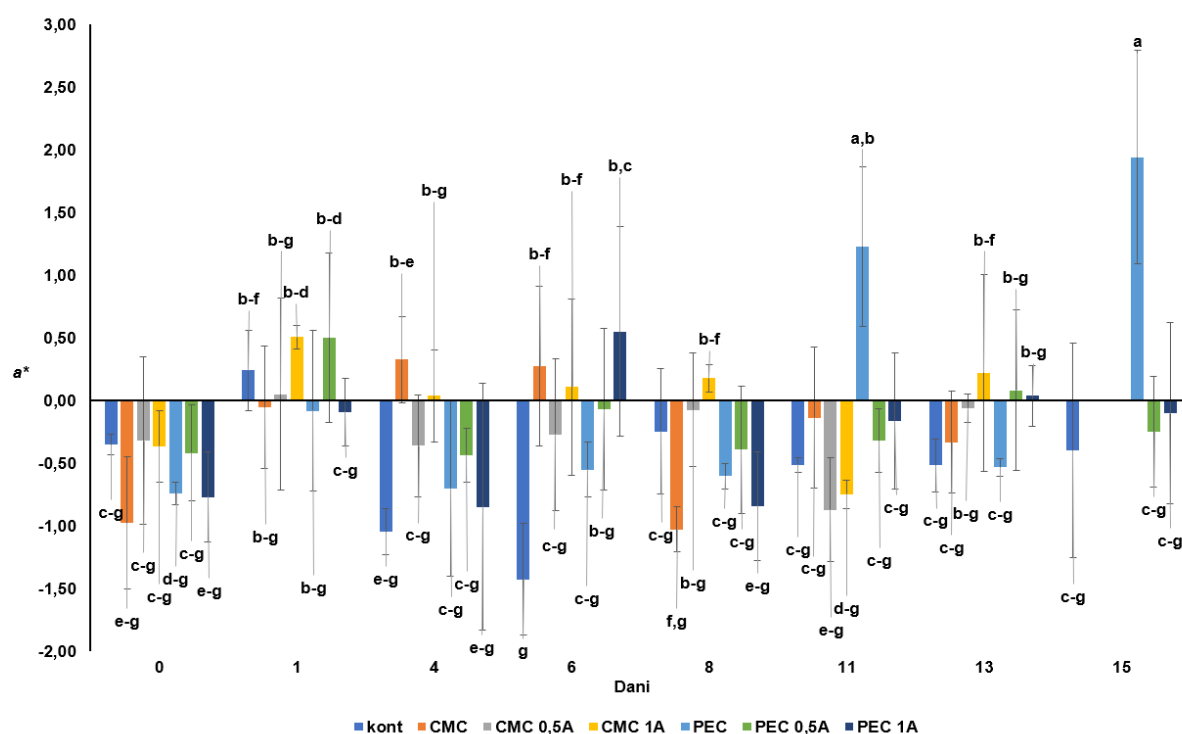


**Slika 9.** Parametar boje  $L^*$  uzoraka tretiranih vodom (kontrola), jestivim prevlakama PEC i CMC bez i s dodatkom aktivne komponente

Prikazane su srednje vrijednosti ( $n=3$ )  $\pm$  SD. <sup>a-h</sup> – uzorci se međusobno statistički razlikuju na  $p \leq 0,05$ . CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % ( $m/v$ ) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % ( $m/v$ ) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % ( $m/v$ ) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % ( $m/v$ ) ETU komorača

Na slici 9 dane su vrijednosti parametra boje  $L^*$ . Prva dva dana skladištenja svi uzorci bili su najsvjetliji s  $L^*$  vrijednosti između 70 i 72. te nije bilo značajne razlike između kontrolnog (netretiranog) i tretiranih uzoraka, s tim da je uzorak tretiran sa CMC 0,5A najtamniji s najnižom vrijednost  $L^*$  ( $69,99 \pm 1,92$ ). Uzorci tretirani s PEC 1A bili su najsvjetliji, a time im je i  $L^*$  vrijednost najviša izmjerena ( $72,31 \pm 0,92$ ). Kontrolni uzorci pokazuju postupno smanjenje vrijednosti indeksa svjetline s početne vrijednosti od  $71,62 \pm 1,18$  na  $68,37 \pm 1,07$  na kraju skladištenja. Uzorci tretirani s CMC bez i s dodatkom aktivne komponente pokazuju najveći pad vrijednosti  $L^*$  tijekom istraživanja. Najniže  $L^*$  vrijednosti uočene su kod uzoraka tretiranih CMC 1A 4. i 6. dan u skladu sa smeđim tonovima boje vidljive ljudskom oku, a prikazane u tablici 3. Uzorci krumpira tretirani s PEC 0,5A i PEC 1A pokazuju manje promjene u svjetlini i općenito veće vrijednosti indeksa svjetline. Zaključno, zadnji dan skladištenja (15. dan) izmjerene  $L^*$  vrijednosti su za sve uzorke niže od vrijednosti izmjerenih na svježim tretiranim uzorcima (0. dan). Uzorcima tretiranim CMC-om bez i s dodatkom aktivne komponente nisu

mjerene vrijednosti  $L^*$  za 15. dan jer su ti uzorci odbačeni za daljnju analizu prije dana uzorkovanja.

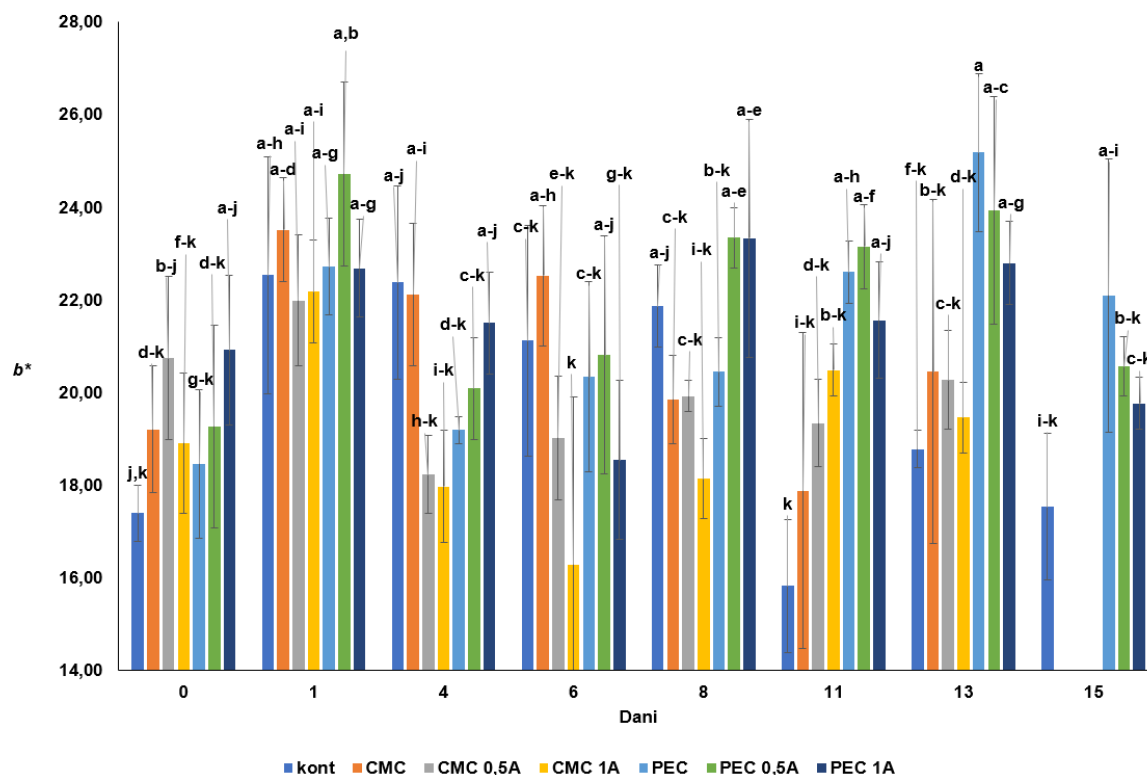


**Slika 10.** Parametar boje  $a^*$  uzoraka tretiranih vodom (kontrola), jestivim prevlakama PEC i CMC bez i s dodatkom aktivne komponente

Prikazane su srednje vrijednosti ( $n=3$ )  $\pm$  SD. <sup>a-g</sup> – uzorci se međusobno statistički razlikuju na  $p \leq 0,05$ . CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % ( $m/v$ ) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % ( $m/v$ ) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % ( $m/v$ ) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % ( $m/v$ ) ETU komorača

Na slici 10 dane su vrijednosti parametra boje  $a^*$ . Vrijednosti parametra  $a^*$  0. dan su za sve uzorke izmjerene između -0,50 i -1,00 što nam ukazuje na zelenkasti ton boje kod svježeg uzorka krumpira. Prvog dana skladištenja dolazi do porasta vrijednosti parametra  $a^*$  za sve uzorke. Vrijednost parametra  $a^*$  za kontrolu pada nakon 1. dana sve do 8. dana od kada je zamijećen porast vrijednosti. Uzorci tretirani CMC -om bez dodatka aktivne komponente pokazuju najveći porast parametra  $a^*$  (izraženija smeđe crvena boja) 4. i 6. dan gdje su vrijednosti iznosile  $0,33 \pm 0,34$  i  $0,27 \pm 0,64$ . Uzorci tretirani PEC -om bez dodatka aktivne komponente imaju negativne vrijednosti parametra  $a^*$  ukazujući na zelenkasti ton, dok do značajnog porasta dolazi 11. i 15. dan (vrijednosti iznad 1) ukazujući na smeđi ton. Uzorci tretirani PEC s 0,5A i 1A pokazuju vrlo slične vrijednosti, no značajno su niže od uzoraka tretiranih PEC bez dodatka ETU komorača na stabilnost boje kod uzoraka krumpira. Moguće je da antioksidansi prisutni u ETU komorača smanjuju enzimsko posmeđivanje i popratne reakcije na površini svježe narezanog krumpira i stoga pomažu pri očuvanju prirodnije zelenkasto-žute boje krumpira.

Vrijednosti parametra  $a^*$  izmjerene za uzorke tretirane CMC-om s dodatkom aktivne komponente (0,5A i 1A) prikazuju male oscilacije kroz tijek eksperimenta te su one ispod 0,00 što nam pokazuje i u ovom slučaju očuvanje zelenog tona krumpira.



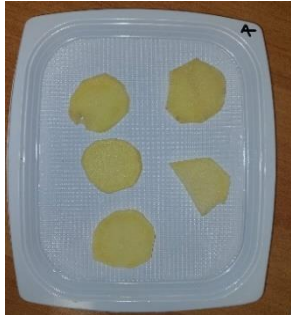

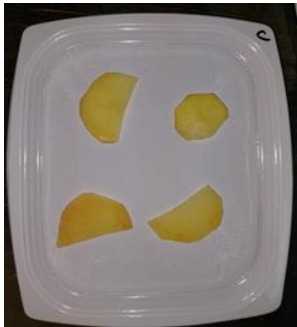
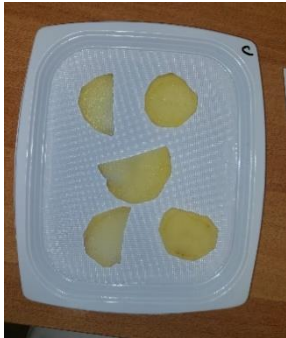
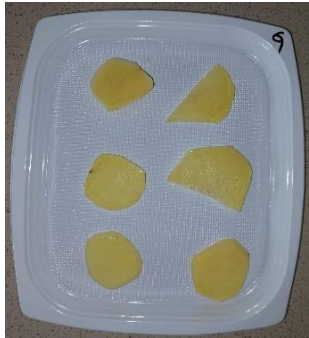
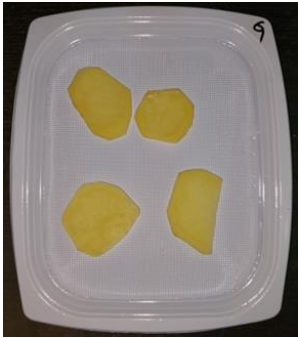
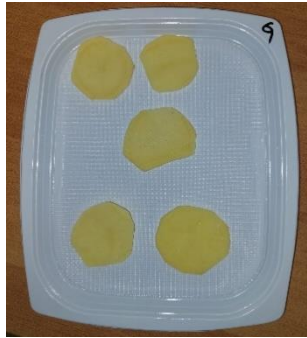
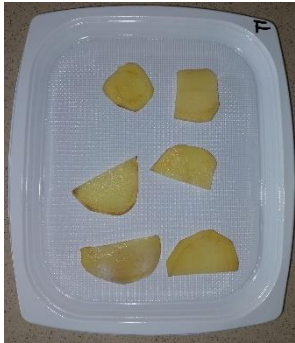
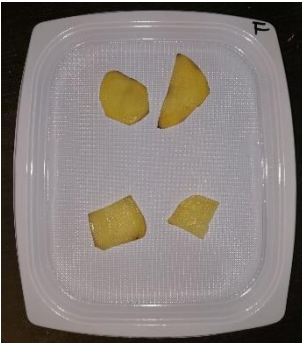
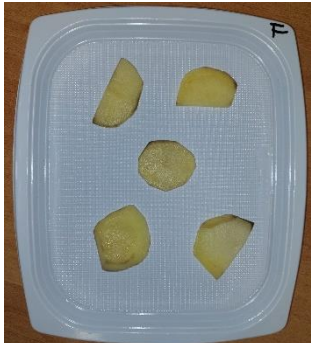


**Slika 11.** Parametar boje  $b^*$  uzoraka tretiranih vodom (kontrola), jestivim prevlakama PEC i CMC bez i s dodatkom aktivne komponente

Prikazane su srednje vrijednosti ( $n=3$ )  $\pm$  SD. <sup>a-k</sup> – uzorci se međusobno statistički razlikuju na  $p \leq 0,05$ . CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % ( $m/v$ ) ETU komorača, CMC 1A - karboksimetil celuloza s 1 % ( $m/v$ ) ETU komorača, PEC - pektin, PEC 0,5A - pektin s 0,5 % ( $m/v$ ) ETU komorača, PEC 1A - pektin s 1 % ( $m/v$ ) ETU komorača

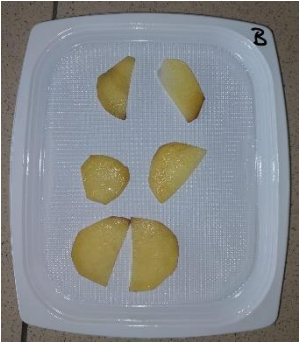


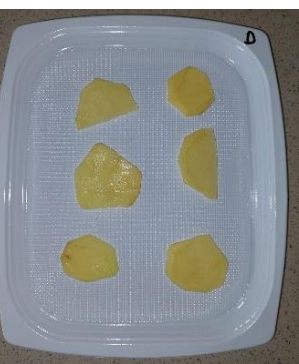


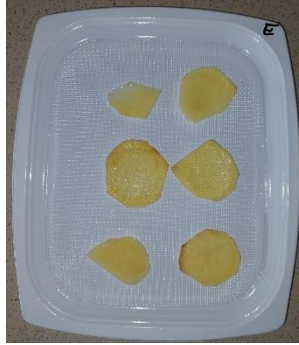
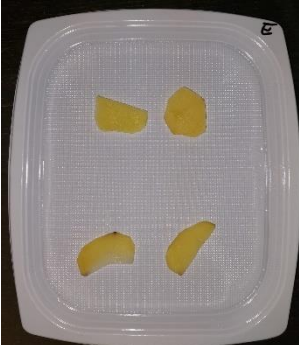
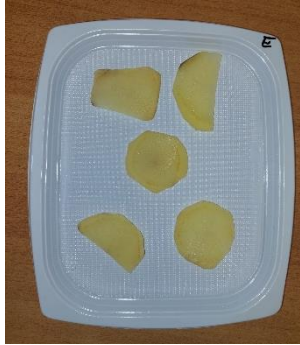
Na slici 11 dane su vrijednosti parametra boje  $b^*$ . Nulti dan mjerenja svi uzorci tretirani jestivim prevlakama imali su veću vrijednost parametra  $b^*$  od kontrole ukazujući na istaknuti žuti karakter krumpira. 1. dan uočen je nagli rast parametra  $b^*$  za sve uzorke krumpira. Vrijednosti parametra  $b^*$  od 4. dana padaju za uzorke tretirane CMC-om bez i s dodatkom aktivne komponente te su vrijednosti niže od vrijednosti za 1. dan sve do kraja eksperimenta. Vrijednosti parametra  $b^*$  od uzorka tretiranih PEC s dodatkom aktivne komponente su sve dane, osim 4. i 6. dana, bile više od vrijednosti za kontrolu što nam govori da je dodatak aktivne komponente imao utjecaj na povećanje udjela plavih tonova. Isto tako možemo uočiti nakon 4. dana povećanje udjela plavih tonova kod uzoraka tretiranih PEC bez dodatka aktivne komponente, gdje je maksimalna vrijednost parametra  $b^*$  izmjerena za 13. dan eksperimenta.

**Tablica 3.** Fotografije uzoraka krumpira od 1. do 6. dana istraživanja (*vlastite fotografije*)

Uzorak	1.dan	4. dan	6. dan
kontrola			
CMC			
PEC			
CMC 0,5A			


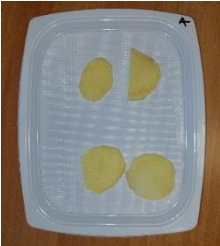


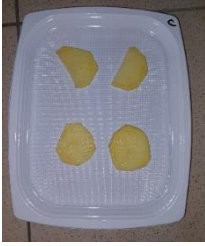
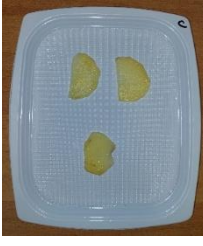
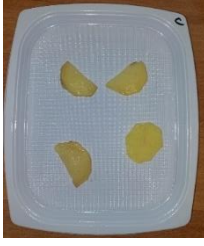

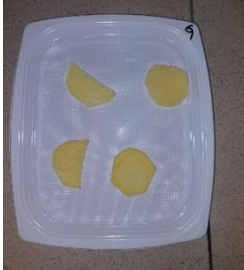







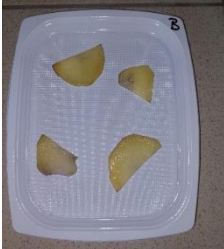



CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % (*m/v*) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % (*m/v*) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % (*m/v*) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % (*m/v*) ETU komorača

**Tablica 3.** Fotografije uzoraka krumpira od 1. do 6. dana istraživanja (*vlastite fotografije*)-  
nastavak

CMC 1A			
PEC 0,5A			
PEC 1A			

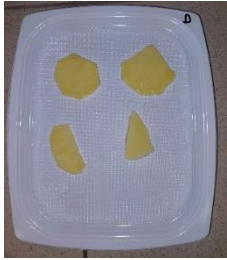

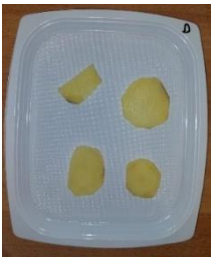

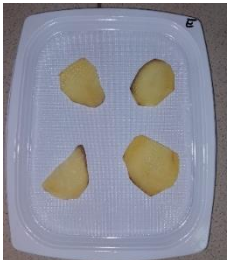
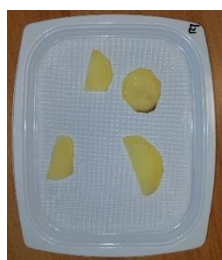
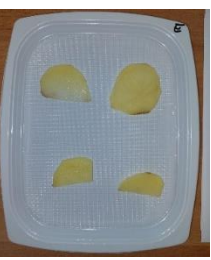

CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % (*m/v*) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % (*m/v*) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % (*m/v*) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % (*m/v*) ETU komorača

**Tablica 4.** Fotografije uzoraka krumpira od 8. do 15. dana istraživanja (*vlastite fotografije*)

uzorak	8. dan	11. dan	13. dan	15. dan
kontrola				
CMC				
PEC				
CMC 0,5A				
CMC 1A				

CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % (m/v) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % (m/v) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % (m/v) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % (m/v) ETU komorača

**Tablica 4.** Fotografije uzoraka krumpira od 8. do 15. dana istraživanja (*vlastite fotografije*)-nastavak

PEC 0,5A				
PEC 1A				

CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % (m/v) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % (m/v) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % (m/v) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % (m/v) ETU komorača

U tablici 5 prikazani su rezultati indeksa bjeline, a u tablici 6 vrijednosti ukupne razlike u obojenosti uzoraka. Indeks bjeline (*WI*) je stupanj bjeline odnosno indeks koji govori o udaljenosti od savršeno bijele boje. Kontrolni uzorci pokazuju relativno stabilan (nepromijenjen) indeks bjeline tijekom skladištenja. Uzorci tretirani CMC-om generalno pokazuju povećanje indeksa bjeline, s najvišim vrijednostima zabilježenim sredinom eksperimentalnog razdoblja. Najveću vrijednost indeksa bjeline možemo vidjeti kod uzoraka tretiranih CMC 1A 4. dan eksperimenta ( $41,98 \pm 4,50$ ). Kumar i sur. (2018) u svome radu također opažaju kako su jabuke umočene u otopine jestivih prevlaka s CMC i aloe vera gelom (AVG) zadržale više vrijednosti *WI* u usporedbi s netretiranim uzorcima tijekom 7 dana skladištenja. Njihovo istraživanje ukazuje na pozitivan učinak CMC i AVG prevlake u kontroli enzimskog posmeđivanja. U usporedbi sa uzorcima tretiranim CMC-om, uzorci tretirani PEC-om pokazuju niže vrijednosti indeksa bjeline, ukazujući na tamnjenje krumpira što je evidentno i iz slika krumpira (tablica 3 i 4) i prethodno objašnjenih vrijednosti instrumentalnih analiza. Rezultati ovoga rada pokazuju da su prevlake od CMC-a imale manji utjecaj na formiranje nepoželjne boje u krumpiru tijekom skladištenja.

**Tablica 5.** Rezultati indeksa bjeline WI uzoraka tretiranih vodom (kontrola), jestivim prevlakama PEC i CMC bez i s dodatkom aktivne komponente

Uzorak	WI							
	0. dan	1. dan	4. dan	6. dan	8. dan	11. dan	13. dan	15. dan
kontrola	33,30±0,73 <sup>l</sup>	37,58±0,64 <sup>b-h</sup>	36,64±1,21 <sup>d-i</sup>	36,54±0,46 <sup>d-h</sup>	35,45±0,49 <sup>e-i</sup>	35,60±2,26 <sup>e-i</sup>	36,59±1,25 <sup>d-i</sup>	36,16±0,58 <sup>d-i</sup>
CMC	35,55±0,58 <sup>e-i</sup>	38,62±0,62 <sup>a-e</sup>	39,30±0,63 <sup>a-d</sup>	38,86±0,71 <sup>a-e</sup>	37,72±1,41 <sup>b-h</sup>	39,99±2,08 <sup>a,b</sup>	39,31±0,94 <sup>a-d</sup>	/
CMC 0,5A	36,52±1,64 <sup>d-i</sup>	38,54±1,78 <sup>a-e</sup>	39,46±1,03 <sup>a-d</sup>	38,57±1,41 <sup>a-e</sup>	37,94±1,87 <sup>b-g</sup>	37,92±1,02 <sup>b-g</sup>	39,26±0,69 <sup>a-d</sup>	/
CMC 1A	34,27±0,86 <sup>h,i</sup>	38,27±0,73 <sup>b-f</sup>	39,34±1,47 <sup>a-d</sup>	41,98±4,50 <sup>a</sup>	39,18±1,10 <sup>a-d</sup>	37,01±0,92 <sup>b-h</sup>	38,35±1,14 <sup>b-f</sup>	/
PEC	34,69±0,73 <sup>g-i</sup>	37,74±0,56 <sup>b-g</sup>	38,25±2,47 <sup>b-f</sup>	37,11±1,10 <sup>b-h</sup>	37,58±0,76 <sup>b-h</sup>	39,47±1,16 <sup>a-d</sup>	37,36±1,09 <sup>b-h</sup>	40,13±0,81 <sup>a-c</sup>
PEC 0,5A	34,93±0,65 <sup>f-i</sup>	38,38±1,57 <sup>b-f</sup>	38,36±0,39 <sup>b-f</sup>	38,49±1,04 <sup>b-e</sup>	36,89±0,91 <sup>b-i</sup>	37,60±0,88 <sup>b-h</sup>	37,00±1,48 <sup>b-h</sup>	37,65±1,07 <sup>b-h</sup>
PEC 1A	34,73±1,28 <sup>g-i</sup>	37,76±0,71 <sup>b-g</sup>	35,49±1,01 <sup>e-i</sup>	39,97±2,04 <sup>a-c</sup>	37,83±2,38 <sup>b-g</sup>	36,14±0,51 <sup>d-i</sup>	36,73±0,49 <sup>c-i</sup>	37,94±0,52 <sup>b-f</sup>

Prikazane su srednje vrijednosti (n=3) ± SD. <sup>a-i</sup> – uzorci se međusobno statistički razlikuju na p ≤ 0,05.

CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % (m/v) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % (m/v) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % (m/v) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % (m/v) ETU komorača

**Tablica 6.** Rezultati ukupne razlike obojenosti  $\Delta E^*$  uzoraka tretiranih vodom (kontrola), jestivim prevlakama PEC i CMC bez i s dodatkom aktivne komponente

Uzorak	$\Delta E^*$							
	0. dan	1. dan	4. dan	6. dan	8. dan	11. dan	13. dan	15. dan
kontrola	/	6,15±1,87 <sup>b-e</sup>	5,65±2,10 <sup>b-f</sup>	5,12±1,46 <sup>c-f</sup>	5,19±0,91 <sup>b-f</sup>	3,27±1,21 <sup>d-f</sup>	2,96±1,06 <sup>d-f</sup>	3,9±0,75 <sup>d-f</sup>
CMC	3,07±0,74 <sup>c-f</sup>	7,08±0,88 <sup>a-d</sup>	6,55±0,39 <sup>a-d</sup>	6,34±1,06 <sup>a-e</sup>	4,40±0,95 <sup>c-f</sup>	8,08±2,55 <sup>a-c</sup>	6,49±1,66 <sup>a-d</sup>	/
CMC 0,5A	4,52±1,47 <sup>e-i</sup>	5,96±1,71 <sup>b-f</sup>	6,09±1,17 <sup>b-f</sup>	5,21±1,54 <sup>b-f</sup>	4,73±1,40 <sup>c-f</sup>	4,59±0,49 <sup>b-f</sup>	5,73±1,06 <sup>b-f</sup>	/
CMC 1A	2,32±1,47 <sup>e,f</sup>	5,99±0,72 <sup>b-f</sup>	6,12±1,88 <sup>b-f</sup>	10,19±5,76 <sup>a</sup>	5,84±1,40 <sup>b-f</sup>	4,23±0,49 <sup>c-f</sup>	4,98±1,06 <sup>b-f</sup>	/
PEC	2,13±1,14 <sup>f</sup>	6,05±1,02 <sup>b-f</sup>	4,88±2,34 <sup>b-f</sup>	4,30±1,50 <sup>c-f</sup>	4,43±0,74 <sup>c-f</sup>	7,04±0,30 <sup>a-d</sup>	8,57±1,74 <sup>a,b</sup>	7,91±1,00 <sup>a-c</sup>
PEC 0,5A	3,17±2,06 <sup>d-f</sup>	8,03±2,03 <sup>a-c</sup>	4,95±0,44 <sup>b-f</sup>	6,14±0,39 <sup>b-f</sup>	6,69±0,76 <sup>a-d</sup>	6,56±0,77 <sup>a-d</sup>	7,32±2,49 <sup>a-c</sup>	4,65±0,74 <sup>b-f</sup>
PEC 1A	4,55±1,44 <sup>c-f</sup>	6,14±0,88 <sup>b-f</sup>	4,99±1,04 <sup>b-f</sup>	6,91±2,52 <sup>a-d</sup>	8,08±0,59 <sup>a-c</sup>	5,04±0,86 <sup>b-f</sup>	6,05±0,90 <sup>b-e</sup>	4,51±0,52 <sup>b-f</sup>

Prikazane su srednje vrijednosti (n=3) ± SD. <sup>a-f</sup> – uzorci se međusobno statistički razlikuju na p ≤ 0,05.

CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % (m/v) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % (m/v) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % (m/v) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % (m/v) ETU komorača

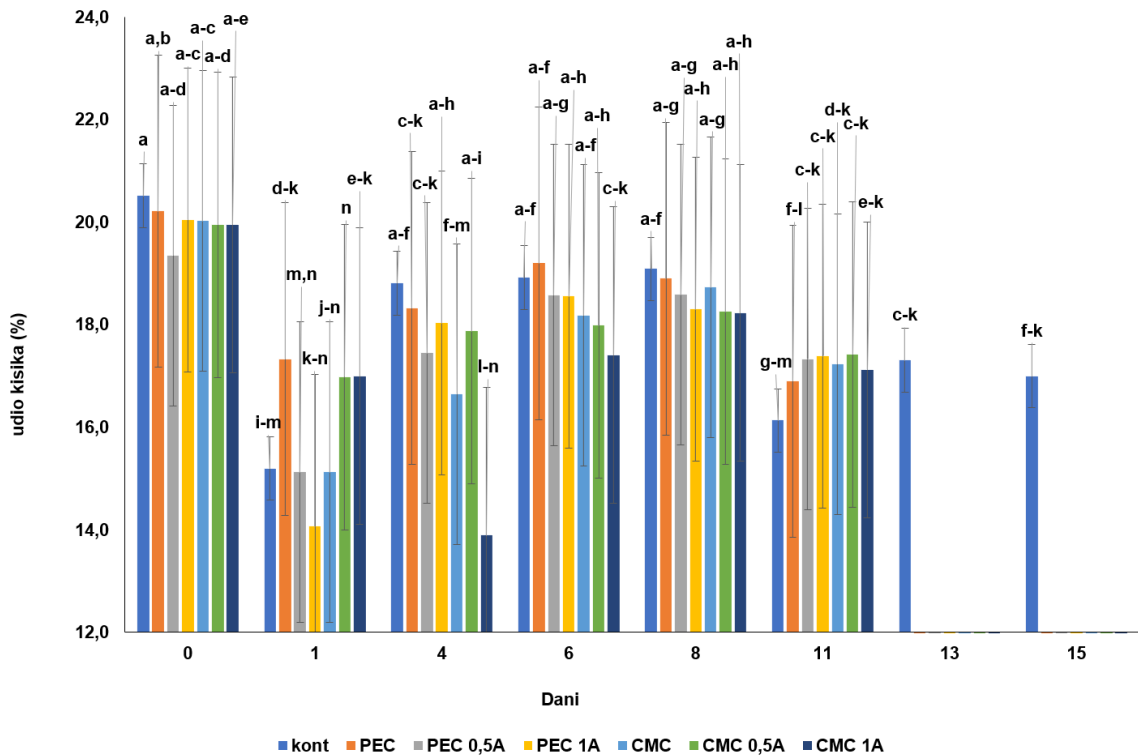


Ukupna razlika u obojenosti izražena je kao  $\Delta E^*$ . Ove vrijednosti daju podatak o najvećoj razlici boje uzoraka krumpira uronjenog u jestive prevlake u odnosu na kontrolu. Na temelju izmjerenih vrijednosti parametara  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ , izračunata je ukupna razlika obojenosti  $\Delta E^*$  za svaki uzorak u odnosu na početne vrijednosti kontrole, izmjerene 0. dan. Ako je njegova vrijednost veća od tri, razlika u boji vidljiva je ljudskom oku. Kod većine uzoraka možemo uočiti da su  $\Delta E^*$  vrijednosti iznad vrijednosti 3. Uzorci s prevlakama analizirani 0. dan pokazuju nižu vrijednost  $\Delta E^*$  u usporedbi sa uzorcima mjerenima ostale dane istraživanja. Vrijednosti za kontrolu tijekom 11., 13. i 15. dana se jedine ističu jer su niže od vrijednosti 4, dok su vrijednosti za ostale uzorke značajno veće. Niže vrijednosti  $\Delta E^*$  kontrole sugeriraju na manju promjenu u boji krumpira tijekom vremena. Potrebne su daljnje analize i uvid u senzorsku analizu provedenu panelom kako bi se ustanovilo je li uistinu značajan utjecaj prevlaka na ukupnu obojenost odnosno percepciju ljudskom oku. Također, treba uzeti u obzir i mogućnost utjecaja prevlaka na ostale fizikalno-kemijske parametre u odnosu na kontrolne uzorke.

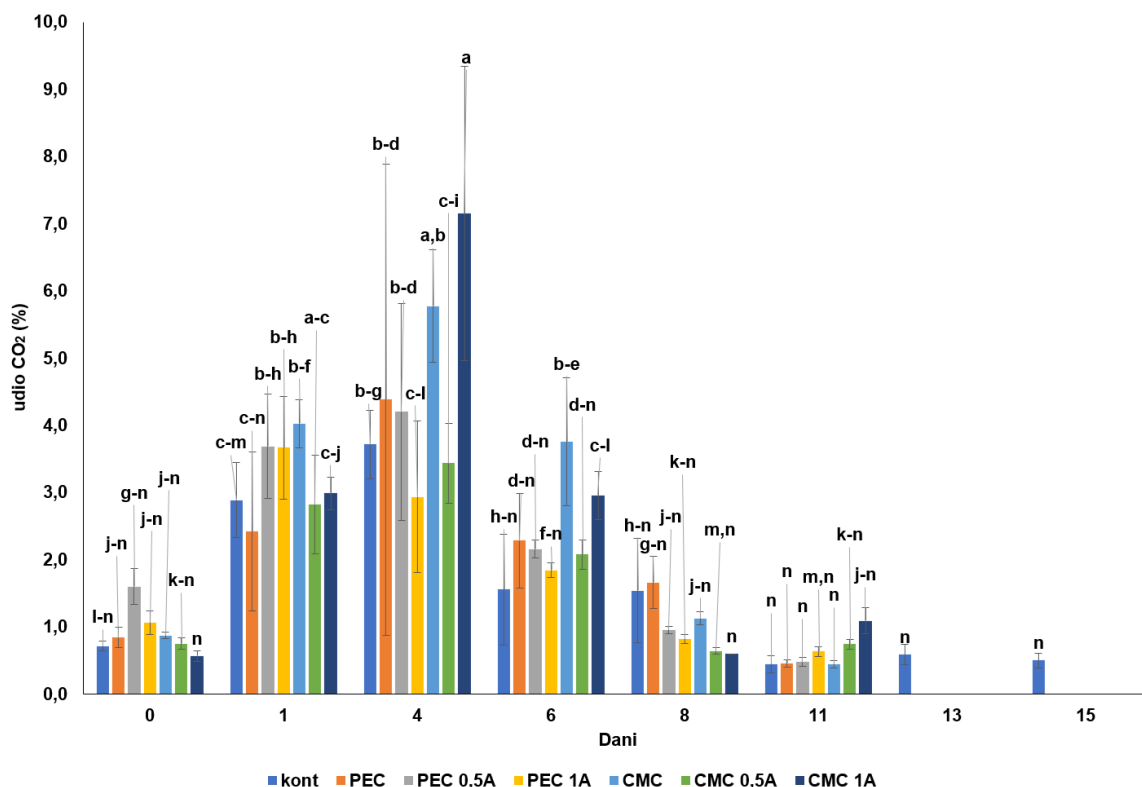
#### **4.4. UDIO KISIKA I UGLJIKOVOG DIOKSIDA**

Vrijednosti udjela kisika i ugljikovog dioksida u uzorcima krumpira upakiranih u PA/PE vrećice tijekom skladišta dani su na slikama 12 i 13.

Kod svih uzoraka je uočen nagli pad udjela kisika 1. dana istraživanja. Razlog tome može biti disanje krumpira pri čemu se troši kisik u pakovini (slika 12). 4. dan je uočen blagi porast udjela kisika u pakovini što se pripisuje propusnosti ambalažnog materijala korištenog u istraživanju. Kod svih uzoraka 6. i 8. dan istraživanja udio kisika je vrlo sličnih vrijednosti, dok 11. dan te vrijednosti za sve uzorke padaju. 13. i 15. dan mjeren je udio kisika samo za kontrolu jer su ostali uzorci imali neprihvatljive senzorske parametre.



**Slika 12.** Udio kisika u pakovini sa uzorcima tretiranim vodom (kontrola), jestivim prevlakama PEC i CMC bez i s dodatkom aktivne komponente  
 Prikazane su srednje vrijednosti ( $n=3$ )  $\pm$  SD. <sup>a-n</sup> – uzorci se međusobno statistički razlikuju na  $p \leq 0,05$ .  
 CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % ( $m/v$ ) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % ( $m/v$ ) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % ( $m/v$ ) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % ( $m/v$ ) ETU komorača



**Slika 13.** Udio CO<sub>2</sub> u pakovini sa uzorcima tretiranim vodom (kontrola), jestivim prevlakama od PEC i CMC bez i s dodatkom aktivne komponente

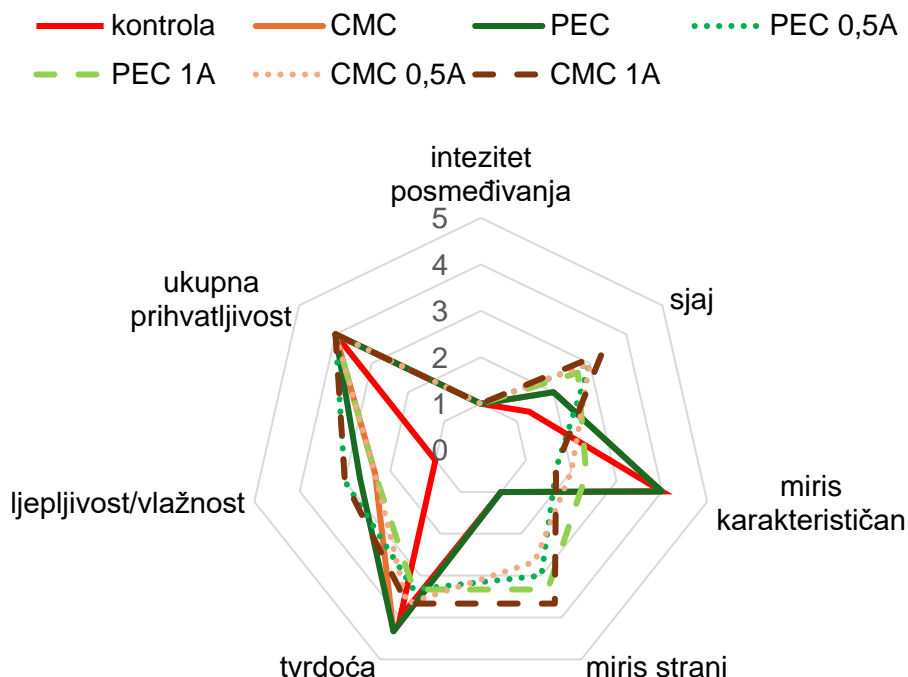
Prikazane su srednje vrijednosti (n=3) ± SD. <sup>a-n</sup> – uzorci se međusobno statistički razlikuju na p ≤ 0,05.

CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % (m/v) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % (m/v) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % (m/v) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % (m/v) ETU komorača

Početak istraživanja udio CO<sub>2</sub> je kod svih uzoraka manji od 2 %, što je očekivano s obzirom da je udio CO<sub>2</sub> atmosferi zanemariv (0,04 %). Odstupanje u mjerenjima pripisuje se preciznosti uređaja za mjerenje. U kontrolnom uzorku primjećuje se početni porast udjela CO<sub>2</sub> na 2,9 % 1. dan skladištenja, s maksimalnim udjelom od 3,7 % 4. dan skladištenja. Nakon 4. dana dolazi do značajnog pada udjela CO<sub>2</sub>, koji se stabilizira na niskim razinama do kraja vremena skladištenja (0,5 %). Također je vidljiv porast udjela ugljikovog dioksida 1. dana i kod ostalih uzoraka te maksimalne vrijednosti 4. dana skladištenja. Taj porast pripisujemo disanju krumpira prilikom kojeg se troši kisik i proizvodi CO<sub>2</sub>. Nakon 4. dana dolazi do znatnog pada udjela CO<sub>2</sub> za kontrolne uzorke i one tretirane prevlakama PEC s i bez dodatka aktivne komponente, dok od 8. dana pa do kraja skladištenja dolazi do opadanja udjela CO<sub>2</sub> za sve uzorke. Razlozi pada udjela CO<sub>2</sub> mogu biti mnogobrojni, no pretpostavka je da je propusnost ambalažnog materijala na CO<sub>2</sub> viša u odnosu na količinu CO<sub>2</sub> generiranu disanjem krumpira. Pri kraju skladištenja, 13. i 15. dan, udio CO<sub>2</sub> izmjeren je samo za kontrolni uzorak jer su ostali uzorci imali neprihvatljive senzorske parametre.

## 4.5. SENZORSKA ANALIZA

Rezultati senzorskih analiza za svježe uzorke (0. dan), uzorke skladištene 1., 8. i 11. dana prikazani su na slikama 14, 15, 16, 17. Rezultati su prikazani dijagramom pauka, a obuhvaćaju analize parametara boje (intenzitet posmeđivanja, sjaj), mirisa (karakterističan, strani), teksture (tvrdoća, ljepljivost/ vlažnost) i ukupne prihvatljivosti.

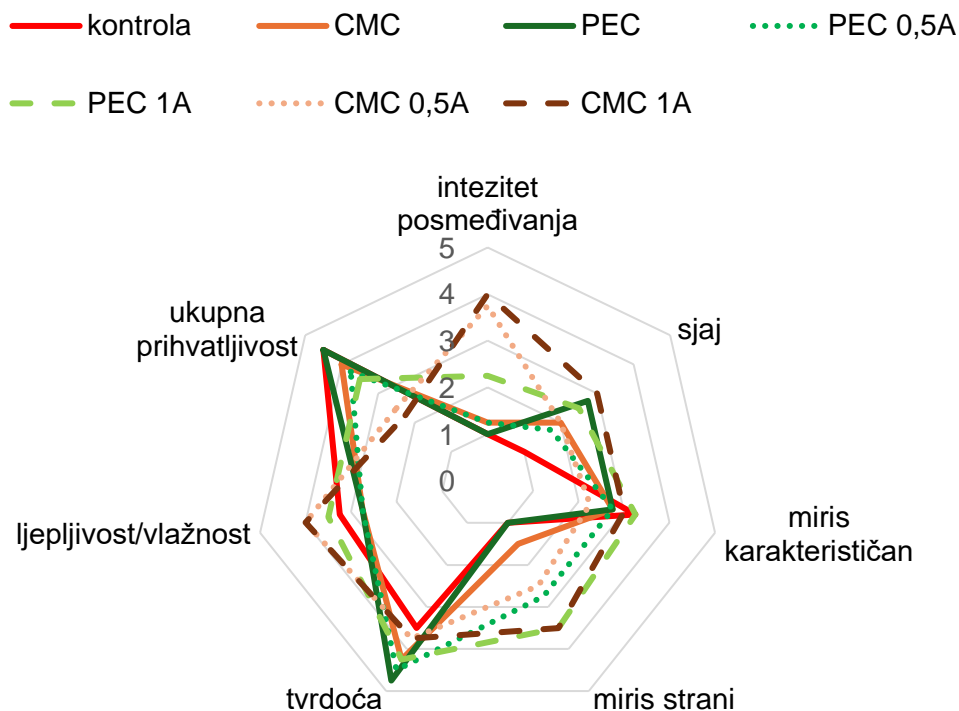


**Slika 14.** Rezultati senzorskog ocjenjivanja parametara boje, mirisa, teksture te ukupne prihvatljivosti u uzorcima s jestivim prevlakama s i bez dodatka ETU komorača za nulti (0.) dan

CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % (*m/v*) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % (*m/v*) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % (*m/v*) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % (*m/v*) ETU komorača

Rezultati senzorske analize za intenzitet posmeđivanja u 0. danu istraživanja je isti za sve uzorke te iznosi 1 što je i za očekivati jer su svi uzorci svježe narezani i tretirani. Svojstvo sjaja izraženije je kod uzoraka uronjenih u PEC i CMC s dodatkom ETU komorača u odnosu na uzorke uronjene u vodu ili prevlake od PEC i CMC bez dodatka ETU komorača. Strani miris odnosno miris komorača uočen je kod uzoraka koji su bili uronjeni u prevlake s dodatkom ETU komorača, ponajviše kod uzoraka koji su uronjeni u prevlake s većim udjelom ETU (1 %). Sukladno tome, uzorci tretirani sa prevlake bez dodatka ETU imali su vrlo karakterističan miris krumpira. Senzorska analiza je pokazala za 0. dan da je tvrdoća uzoraka uronjenih u prevlake PEC 0,5A i PEC 1A bila slabije izražena od ostalih uzoraka, dok je ljepljivost/ vlažnost bila

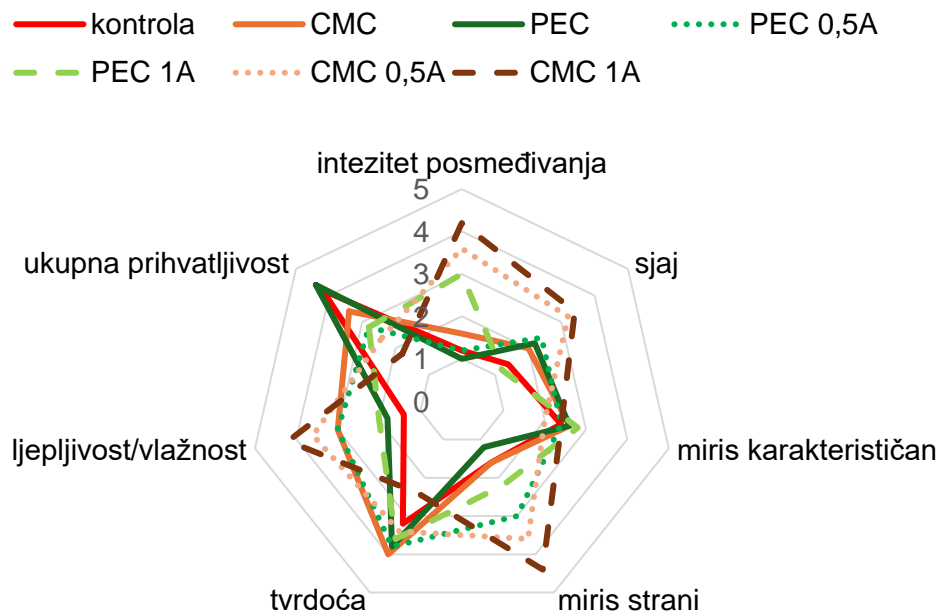
izraženije kod uzoraka uronjenih u premaze s višim udjelom ETU (PEC 1A i CMC 1A). Ukupna prihvatljivost svih uzoraka u 0. danu je ocijenjena visokom ocjenom, što nam govori da tretmani uranjanja uzoraka krumpira u vodu ili jestive prevlake nisu utjecali na ukupnu prihvatljivost uzoraka.



**Slika 15.** Rezultati senzorskog ocjenjivanja parametara boje, mirisa, teksture te ukupne prihvatljivosti u uzorcima s jestivim prevlakama s i bez dodatka ETU komorača prvog dana skladištenja (1. dan)

CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % (*m/v*) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % (*m/v*) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % (*m/v*) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % (*m/v*) ETU komorača

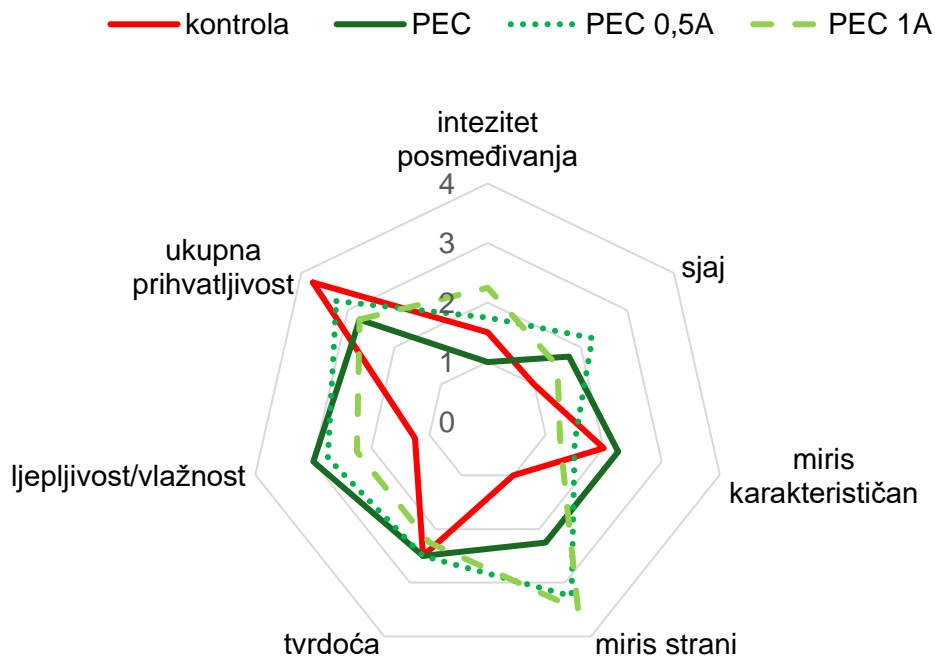
Rezultati senzorske analize za prvi dan za intenzitet posmeđivanja ukazuju na nastale promjene u tretiranim uzorcima u odnosu na kontrolni uzorak. Iako dolazi do blagog posmeđivanja netretiranog kontrolnog uzorka (1,25), ove vrijednosti su izraženije kod uzoraka s prevlakama, i to rastu s dodatkom ETU komorača (slika 15). Rezultat je u skladu s vizualnim opažanjem krumpira (tablica 3). U usporedbi sa 0. danom skladištenja, parametri za karakterističan miris, strani miris, sjaj i tvrdoću uzoraka, nisu se značajnije promijenili 1. danu skladištenja, dok je kod svih uzoraka ljepljivost/ vlažnost istaknutija 1. danu skladištenja. Ocjene za ukupnu prihvatljivost uzoraka tretiranih prevlakama CMC 0,5A i CMC 1A pale su s ocjene 4 na 2,5. Razlog tome može biti tamnjenje tih uzoraka u usporedbi s prijašnjim danom uzorkovanja.



**Slika 16.** Rezultati senzorskog ocjenjivanja parametara boje, mirisa, teksture te ukupne prihvatljivosti u uzorcima s jestivim prevlakama s i bez dodatka ETU komorača osmog dana skladištenja (8. dan)

CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % (*m/v*) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % (*m/v*) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % (*m/v*) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % (*m/v*) ETU komorača

Iz analiza učinjenih 8. dan skladištenja, uočeno je da intenzitet posmeđivanja izraženiji (vrijednosti iznad 3) za uzorke tretirane PEC 1A, CMC 0,5A i CMC 1A što ukazuje na utjecaj ETU komorača na obojenost uzoraka krumpira (slika 16). Strani miris je uočljiviji kod uzoraka tretiranih prevlakama s dodatkom ETU u odnosu na svježije tretirane uzorke (0. dan). Tvrdoća uzoraka tretiranih s CMC 1A pala je s 3,75 na 2,4 dok je vrijednost za ljepljivost/ vlažnost narasla od 3,75 do 4,2 što nije senzorski prihvatljivo. Uzorci tretirani prevlakama s dodatkom ETU nisu senzorski prihvatljivi zbog pada vrijednosti ukupne prihvatljivosti ispod ocjene 3.



**Slika 17.** Rezultati senzorskog ocjenjivanja parametara boje, mirisa, teksture te ukupne prihvatljivosti u uzorcima s jestivim prevlakama s i bez dodatka ETU komorača jedanaestog dana skladištenja (11. dan)

CMC - karboksimetil celuloza, CMC 0,5A - karboksimetil celuloza s 0,5 % (*m/v*) ETU komorača, CMC 1A – karboksimetil celuloza s 1 % (*m/v*) ETU komorača, PEC- pektin, PEC 0,5A- pektin s 0,5 % (*m/v*) ETU komorača, PEC 1A- pektin s 1 % (*m/v*) ETU komorača

Zbog smanjenja prihvatljivosti uzoraka, 11. dan se senzorska procjena radila samo za kontrolne uzorke te prevlake od PEC s i bez dodatka ETU komorača (slika 17). Senzorska analiza je pokazala da su uzorci posmeđili (više vrijednosti parametra intenziteta posmeđivanja) kod uzoraka tretiranih s PEC 0,5A i PEC 1A, što možemo usporediti sa smeđim dijelovima uzoraka u tablici 4. Strani miris je također izraženiji 11. dan skladištenja uzoraka u usporedbi s 0. danom te je ocjena za sve uzorke osim kontrole iznosila iznad vrijednosti 2,5. Analize 11. dana skladištenja pokazuju da je prihvatljivost uzoraka tretiranih PEC premazima s i bez dodatka ETU komorača bila na granici senzorske prihvatljivosti (vrijednosti blizu ocjene 3).

## 5. ZAKLJUČCI

1. U ovom radu pripravljene su jestive prevlake od pektina i karboksimetil celuloze s dodatkom eteričnog ulja komorača kao potencijalno aktivnog funkcionalnog sastojka za očuvanje trajnosti minimalno procesiranog krumpira tijekom skladištenja 15 dana, s naglaskom na određivanje fizikalno-kemijskih i senzorskih parametara kao odabranih indikatora trajnosti proizvoda.
2. Dodatak eteričnog ulja komorača u formulacije jestivih prevlaka imao je značajan utjecaj na promjene pH vrijednosti tretiranog krumpira. Uzorci tretirani prevlakom karboksimetil celuloze bez ETU komorača pokazali su smanjenje pH vrijednosti na kraju perioda skladištenja, dok su uzorci s dodatkom ETU komorača zadržali stabilnije pH vrijednosti. Osobito, prevlake s 1 % (*m/v*) ETU komorača održale su višu pH vrijednost, što ukazuje na potencijalni antimikrobni učinak ETU komorača koji usporava pad pH vrijednosti.
3. Uzorci tretirani prevlakama s dodatkom ETU komorača pokazali su bolju sposobnost zadržavanja vode u usporedbi s onima bez dodatka. Posebno, uzorci tretirani prevlakom od pektina s 1 % (*m/v*) ETU komorača zadržali su najveći udio vode u uzorcima krumpira na kraju skladištenja. Ovi rezultati sugeriraju da dodatak ETU komorača poboljšava retenciju vode u uzorcima krumpira, što može doprinijeti očuvanju svježine tijekom skladištenja.
4. Dodatak ETU komorača u prevlake imao je mješovit utjecaj na zadržavanje boje. Uzorci tretirani karboksimetil celulozom s ETU komorača pokazali su veće promjene u svjetlini ( $L^*$ ), s izraženijim posmeđivanjem tijekom skladištenja. Uzorci tretirani pektinskim prevlakama s ETU komorača bolje su zadržali svjetlinu, što sugerira da ETU komorača u kombinaciji s pektinom pomaže u očuvanju boje krumpira, smanjujući posmeđivanje.
5. Dodatkom ETU komorača propusnost za kisik i ugljikov dioksid se povećala. Uzorci tretirani pektinskim prevlakama pokazuju manju varijaciju u udjelima plinova, što ukazuje da pektinske prevlake bolje održavaju stabilnost udjela plinova.
6. Uzorci tretirani jestivom prevlakom s većim udjelom aktivne komponente imali su niže senzorske ocjene zbog promjena u boji i mirisu, na temelju čega možemo zaključiti da dodatak ETU komorača negativno utječe na senzorska svojstva krumpira kroz duže vrijeme skladištenja.



## 6. LITERATURA

Abdul Khalil HPS, Banerjee A, Saurabh CK, Tye YY, Suriani AB, Mohamed A i sur. (2018) Biodegradable films for fruits and vegetables packaging application: preparation and properties. *Food Eng Rev* **10**, 139-153. <https://doi.org/10.1007/s12393-018-9180-3>

Afonso T, Moresco R, Uarrota VG, Navarro BB, Nunes EDC, Maraschin M, Rocha M (2017) UV-Vis and CIELAB based chemometric characterization of Manihot esculenta carotenoid contents. *J Integr Bioinform* **14**, 4. <https://doi.org/10.1515/jib-2017-0056>

Andriani V, Handayani NA (2023) Recent technology of edible coating production: A review. *Mater Today Proc* **87**, 200-206. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.397> 2214-7853/

Anonymous 1 (2021) <https://net.hr/magazin/hrana-i-pice/bijeli-ili-crveni-krumpir-je-li-bolje-koristiti-bijeli-ili-crveni-krumpir-640b0d62-2775-11ec-81a9-8a7b9af4653b> Pristupljeno 21. siječnja 2024.

Anonymous 2 (2024) Krumpir [Krumpir - Uzgoj, Gnojidba, Sorte, Sadnja, Sjetva, Berba, Žetva, Uporaba | Agroklub.com](https://www.agroklub.com/hr/uzgoj/gnojidba/sorte/sadnja/sjetva/berba/zetva/uporaba) Pristupljeno 21. siječnja 2024.

Anonymous 3 (2024) Krumpir (*Solanum tuberosum*) <https://www.plantea.com.hr/krumpir/> Pristupljeno 20. siječnja 2024.

Badgujar SB, Patel VV, Bandivdekar AH (2014) *Foeniculum vulgare* Mill: a review of its botany, phytochemistry, pharmacology, contemporary application, and toxicology. *Biomed Res Int* **2014**, 1. <https://doi.org/10.1155/2014/842674>

Baldwin EA, Nisperos-Carriedo MO, Baker RA (1995) Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Crit Rev Food Sci Nutr* **35**, 6, 509-524. <https://doi.org/10.1080/10408399509527713>

Barrett DM, Beaulieu JC, Shewfelt R (2010) Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Crit Rev Food Sci Nutr* **50**, 369-389. <http://dx.doi.org/10.1080/10408391003626322>

Beals KA (2019) Potatoes, nutrition and health. *Am J Potato Res* **96**, 2, 102-110. DOI:10.1007/s12230-018-09705-4

Butorac I (2008) Neiskorištena raznolikost krumpira, krumpir obojenog mesa i važnost antioksidansa u krumpiru. *Glasnik zaštite bilja* **31**, 3, 7-16.

Corbo MR, Campaniello D, Speranza B, Bevilacqua A, Sinigaglia M (2015) Non-conventional tools to preserve and prolong the quality of minimally-processed fruits and vegetables. *Coatings* **5**, 4, 931-961. <https://doi.org/10.3390/coatings5040931>

Díaz-Montes E, Castro-Muñoz R (2021) Edible films and coatings as food-quality preservers: An overview. *Foods* **10**, 2. <https://doi.org/10.3390/foods10020249>

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. *J Food Sci* **85**, 8, 2296-2309. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15353>

Dhall RK (2013) Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* **53**, 5, 435-450. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.541568>

Dobrosravić E, Cegledi E, Robić K, Elez Garofulić I, Dragović-Uzelac V, Repajić M (2024) Encapsulation of Fennel Essential Oil in Calcium Alginate Microbeads via Electrostatic Extrusion. *Appl Sci* **14**, 8. <https://doi.org/10.3390/app14083522>

Emragi E, Kalita D, Jayanty SS (2022) Effect of edible coating on physical and chemical properties of potato tubers under different storage conditions. *LWT* **153**. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112580>

Espitia PJP, Du WX, Avena-Bustillos RJ, Soares NDFF, McHugh TH (2014) Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties—A review. *Food Hydrocoll* **35**, 287-296. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.06.005>

Faudale M, Viladomat F, Bastida J, Poli F, Codina C (2008) Antioxidant activity and phenolic composition of wild, edible, and medicinal fennel from different Mediterranean countries. *J Agric Food Chem* **56**, 6, 1912-1920. DOI: 10.1021/jf073083c

Güneş G, Turan D (2017) New technologies and edible coatings for minimally processed and refrigerated (MPR) fruits and vegetables (fresh cuts and freshly squeezed juices). U: Yildiz F (ured.) *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*, Springer, Boston, MA, str. 587-617.

Izquier A, Tapia MS, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O (2016) Edible film and coating applications for fresh-cut and minimally processed fruits and vegetables. U: Baldwin EA, Hagenmaier RD, Bai J (ured.) *Edible Films and Coatings*, CRC Press, Boca Raton, FL, str. 409-432.

Ju J, Xie Y, Guo Y, Cheng Y, Qian H, Yao W (2019) Application of edible coating with essential oil in food preservation. *Crit Rev Food Sci Nutr* **59**, 15, 2467-2480. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1456402>

Khalid Z, Akhtar H (2014) Recent advances in potato production, usage, nutrition—a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* **56**, 5, 711–721 <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2012.724479>

Khalid MA, Niaz B, Saeed F, Afzaal M, Islam F, Hussain M i sur. (2022) Edible coatings for enhancing safety and quality attributes of fresh produce: A comprehensive review. *Int J Food Prop* **25**, 1, 1817-1847. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2107005>

Kohli K, Kumar A, Singh O, Dey P (2024) Composite edible coatings can extend shelf-life and maintain postharvest qualities of guava under natural storage. *Hortic Environ Biotechnol* **65**, 413–431. <https://doi.org/10.1007/s13580-023-00576-1>

Korifi R, Le Dréau Y, Antinelli JF, Valls R, Dupuy N (2013) CIEL\* a\* b\* color space predictive models for colorimetry devices—Analysis of perfume quality. *Talanta* **104**, 58-66. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2012.11.026>

Kumar P, Sethi S, Sharma RR, Singh S, Varghese E (2018) Improving the shelf life of fresh-cut 'Royal Delicious' apple with edible coatings and anti-browning agents. *J Food Sci Technol* **55**, 3767-3778. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3308-6>

Kurek M, Repajić M, Marić M, Ščetar M, Trojić P, Levaj B i sur. (2021) The influence of edible coatings and natural antioxidants on fresh-cut potato quality, stability and oil uptake after deep fat frying. *J Food Sci Technol* **58**, 3073-3085. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04811-w>

Levaj B, Pelaić Z, Galić K, Kurek M, Ščetar M, Poljak M i sur. (2023) Maintaining the quality and safety of fresh-cut potatoes (*Solanum tuberosum*): Overview of recent findings and approaches. *Agronomy* **13**, 8. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082002>

Lin D, Zhao Y (2007) Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Compr Rev Food Sci Food Saf* **6**, 3, 60-75. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2007.00018.x>

Lutaladio N, Castaldi L (2009) Potato: The hidden treasure. *J Food Compos Anal* **22**, 6, 491-493. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.05.002>

Marčac N, Balbino S, Tonković P, Medved AM, Cegledi E, Dragović S i sur. (2023) Hydrodistillation and Steam Distillation of Fennel Seeds Essential Oil: Parameter Optimization and Application of Cryomilling Pretreatment. *Processes* **11**, 8. <https://doi.org/10.3390/pr11082354>

Matloob A, Ayub H, Mohsin M, Ambreen S, Khan FA, Oranab S i sur. (2023) A review on edible coatings and films: Advances, composition, production methods, and safety concerns. *ACS Omega* **8**, 32, 28932-28944. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c03459>

Mounika AS, Saklani R, Kaur N, Kaur J, Kalsi R, Borah A (2022) Edible coating/film and its application for minimally processed fruits and vegetables: A review. *Pharma Innov J* **11**, 6, 1142-1147.

Olivas GI, Barbosa-Cánovas G (2009) Edible Films and Coatings for Fruits and Vegetables. U: Huber K, Embuscado M (ured.) *Edible Films and Coatings for Food Applications*, Springer, New York, NY, str. 211-244.

Panahirad S, Dadpour M, Peighambardoust SH, Soltanzadeh M, Gullón B, Alirezalu K i sur. (2021) Applications of carboxymethyl cellulose- and pectin-based active edible coatings in preservation of fruits and vegetables: A review. *Trends Food Sci Technol* **110**, 663-673. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.025>

Pavlath AE, Orts W (2009) Edible films and coatings: why, what, and how? U: Huber KC, Embuscado ME (ured.) Edible Films and Coatings for Food Applications, Springer, New York, NY, str. 1-23.

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

Rather MA, Dar BA, Sofi SN, Bhat BA, Qurishi MA (2016) Foeniculum vulgare: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety. *Arab J Chem* **9**, 1574-1583. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2012.04.011>

Repajić M, Elez Garofulić I, Marčac Duraković N, Balun M, Cegledi K, Cegledi E i sur. (2024) Physico-Chemical Characterization of Encapsulated Fennel Essential Oil under the Influence of Spray-Drying Conditions. *Processes* **12**, 3. <https://doi.org/10.3390/pr12030577>

Rico D, Martin-Diana AB, Barat JM, Barry-Ryan C (2007) Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends Food Sci Technol* **18**, 7, 373-386. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.03.011>

Rocculi P, Romani S, Gomez F, Dalla Rosa M (2009) Effect of minimal processing on physiology and quality of fresh-cut potatoes, a review. *Food* **3**, 18-30.

Rohasmizah H, Azizah M (2022) Pectin-based edible coatings and nanoemulsion for the preservation of fruits and vegetables: A review. *Appl Food Res* **2**, 2. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100221>

Roman-Benn A, Contador CA, Li MW, Lam HM, Ah-Hen K, Ulloa PE i sur. (2023) Pectin: An overview of sources, extraction and applications in food products, biomedical, pharmaceutical and environmental issues. *Food Chem Adv* **2**. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100192>

Ruggeri E, Kim D, Cao Y, Fare S, De Nardo L, Marelli B (2020) A multilayered edible coating to extend produce shelf life. *ACS Sustain Chem Eng* **8**, 38, 14312-14321. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c03365>

Sarengaowa, Wang L, Liu Y, Yang C, Feng K, Hu W (2022) Screening of essential oils and effect of a chitosan-based edible coating containing cinnamon oil on the quality and microbial safety of fresh-cut potatoes. *Coatings* **12**, 10. <https://doi.org/10.3390/coatings12101492>

Sharma P, Shehin VP, Kaur N, Vyas P (2019) Application of edible coatings on fresh and minimally processed vegetables: a review. *Int J Veg Sci* **25**, 3, 295-314. <https://doi.org/10.1080/19315260.2018.1510863>

Spanou A, Giannouli P (2013) Extend of self-life of potato round slices with edible coating, green tea and ascorbic acid. *Int J Nutr Food Eng* **7**, 7, 591-595. [doi.org/10.5281/zenodo.1087033](https://doi.org/10.5281/zenodo.1087033)

Uredba komisije (EZ) br. 1935/2004 Europskog parlamenta i Vijeća od 27. listopada 2004. o materijalima i predmetima koji dolaze u dodir s hranom i stavljanju izvan snage direktiva 80/590/EEZ i 89/109/EEZ

USDA (2024a) Potatoes, gold, without skin, raw. USDA-U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, [FoodData Central \(usda.gov\)](https://www.ams.usda.gov/food-data-central). Pristupljeno 21. siječnja 2024.

USDA (2024b) Spices, fennel seed. USDA-U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, [FoodData Central \(usda.gov\)](https://www.ams.usda.gov/food-data-central). Pristupljeno 19. srpnja 2024.

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

Vukić M, Grujić S, Odzaković B (2017) Application of edible films and coatings in food production. U: Figueiro R, Rana S (ured.) *Advances in Applications of Industrial Biomaterials*, Springer, Cham, str. 121-138.

Yousuf B, Qadri OS, Srivastava AK (2018) Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. *LWT* **89**, 198-209. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.051>

## 7. PRILOZI

### Prilog 1. Primjer ocjenjivačkog listića za senzorsko ocjenjivanje

Dan

Uzorak	SIROVI KRUMPIR						
	BOJA		MIRIS		TEKSTURA		ukupna prihvatljivost
	intenzitet posmeđivanja	sjaj	karakterističan	strani	tvrdća	ljepljivost/vlažnost	
A							
B							
C							
D							
E							
F							
G							

1-5; 1-neizraženo svojstvo, 2- slabo izraženo, 3- srednje izraženo, 4- izraženo, 5- jako izraženo

## IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja Tena Kraljević 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.

---

Vlastoručni potpis