

# Stabilnost minimalno procesiranog krumpira tretiranog fenolnim ekstraktom komorača

---

**Pezelj, Maja**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:978353>

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

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



*Repository / Repozitorij:*

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



**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski studij Nutricionizam**

**Maja Pezelj**

7497/N

**STABILNOST MINIMALNO PROCESIRANOG KRUMPIRA TRETIRANOG FENOLNIM  
EKSTRAKTOM KOMORAČA**  
**ZAVRŠNI RAD**

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

**Mentor:** Prof. dr. sc. *Branka Levaj*

**Zagreb, 2021.**

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam**

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

**Znanstveno područje: Biotehničke znanosti**  
**Znanstveno polje: Nutricionizam**

## **Stabilnost minimalno procesiranog krumpira tretiranog fenolnim ekstraktom komorača**

***Maja Pezelj, 0058211468***

**Sažetak:** Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj tretmana fenolnim ekstraktom (FE) komorača različitih koncentracija (0 mg/L (kontrolni uzorak), 25 mg/L, 125 mg/L i 250 mg/L) na mikrobiološku ispravnost, boju i senzorska svojstva minimalno procesiranog krumpira (MPK) sorte Birgit pakiranog u vakuumu tijekom šest dana skladištenja pri 4-8 °C. Praćen je ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija (AMB) i boja CIELAB metodom. Nadalje, senzorska svojstva određena su kvantitativnom deskriptivnom analizom u sirovim, te dodatno kuhanim i prženim uzorcima MPK. Utvrđen je određeni trend smanjenja AMB povećanjem koncentracije fenolnog ekstrakta, iako se skladištenjem broj povećava i veći je od broja u kontrolnom uzorku. Dobiveni rezultati pokazuju pozitivan učinak tretmana s FE komorača, posebno koncentracije 25 mg/L, na sprječavanje posmeđivanja MPK. Tretman s FE 125 mg/L i 250 mg/L doprinose blagom okusu i mirisu komorača i nakon skladištenja u sirovim i kuhanim uzorcima, dok se prženjem krumpira gube. Općenito, neovisno o tretmanu i skladištenju senzorski su svi uzorci bili dobro ocijenjeni.

**Ključne riječi:** aerobne mezofilne bakterije, boja, fenolni ekstrakt komorača, minimalno procesirani krumpir, posmeđivanje

**Rad sadrži:** 35 stranica, 8 slika, 7 tablica, 76 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

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

**Mentor:** Prof. dr. sc. Branka Levaj

**Pomoć pri izradi:** Ana Dobrinčić, mag. ing. preh. inž.

**Datum obrane:**

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

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

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

**Scientific area: Biotechnical Sciences**  
**Scientific field: Nutrition**

**Stability of minimally processed potatoes treated with phenolic extract of fennel**

***Maja Pezelj, 0058211468***

**Abstract:** The aim of this study was to examine the effect of treatment with phenolic extract (FE) of fennel of different concentrations (0 mg / L (control sample), 25 mg/L, 125 mg/L and 250 mg/L) on the microbiological safety, color, and sensory properties of minimal processed potatoes (MPP) cultivar Birgit vacuum packed during six days of storage at 4-8 °C. The total aerobic mesophilic count (AMB) and the color by the CIELAB method were determined. Furthermore, the sensory properties were determined by quantitative descriptive analysis in raw, and additionally cooked and fried MPP samples. A certain trend of decreasing AMB was determined by increasing the concentration of phenolic extract, although by storage the number increases and is higher than the number in the control sample. The obtained results show a positive effect of treatment with FE of fennel, especially the concentration of 25 mg/L, on the prevention of browning of MPP. Treatment with FE 125 mg/L and 250 mg/L contributes to the mild taste and odor of fennel even after storage in raw and cooked samples, while they are lost by frying potatoes. In general, regardless of treatment and storage sensory all samples were well evaluated.

**Keywords:** aerobic mesophilic bacteria, browning, color, fennel phenolic extract, minimally processed potato

**Thesis contains:** 35 pages, 8 figures, 7 tables, 76 references

**Original in:** Croatian

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

**Mentor:** PhD. Branka Levaj, Full Professor

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

**Defense date:**

## Sadržaj

1) UVOD.....	1
2) TEORIJSKI DIO .....	2
2.1. KRUMPIR.....	2
2.1.1.  Kemijski sastav i nutritivna vrijednost gomolja krumpira .....	2
2.1.2.  Utjecaj skladištenja na sastav gomolja krumpira .....	5
2.2.  MINIMALNO PROCESIRANO VOĆE I POVRĆE .....	6
2.2.1.  Minimalno procesirani krumpir (MPK) .....	6
2.2.2.  Enzimsko posmeđivanje.....	8
2.3.  KOMORAČ .....	9
2.3.1.  Kemijski sastav komorača .....	10
2.3.2.  Fenolni spojevi komorača.....	11
2.3.3.  Antimikrobni učinak komorača.....	12
2.4.  MIKROVALNA EKSTRAKCIJA .....	12
3) EKSPERIMENTALNI DIO .....	13
3.1.  MATERIJALI .....	13
3.1.1.  Uzorci .....	13
3.1.2.  Kemikalije i standardi.....	13
3.2.  APARATURA I PRIBOR .....	13
3.2.1.  Aparatura .....	13
3.2.2.  Pribor.....	14
3.3.  METODE RADA .....	15
3.3.1.  Priprema uzorka fenolnog ekstrakta komorača .....	15
3.3.2.  Priprema uzorka minimalno procesiranog krumpira (MPK).....	16
3.3.3.  Spektrofotometrijsko određivanje ukupnih fenola .....	17
3.3.4.  Mikrobiološka analiza MPK .....	18
3.3.5.  Metoda CIELAB za mjerenje boje .....	18
3.3.6.  Metoda za određivanje senzorskih svojstava.....	19
4) REZULTATI I RASPRAVA .....	20
4.1.  MIKROBIOLOŠKA ISPRAVNOST MPK.....	20
4.2.  PARAMETRI BOJE MPK.....	21
4.3.  SENZORSKA ANALIZA .....	24
5) ZAKLJUČCI .....	29
6) LITERATURA .....	30

## 1) UVOD

Suvremeni način života podrazumijeva sve manje vremena za pripremu jela. Krumpir je namirnica koja se gotovo svakodnevno konzumira, međutim iziskuje određenu obradu prije pripreme jela. Stoga, minimalno procesirani krumpir postaje sve zanimljiviji proizvod, jer uvelike skraćuje vrijeme pripreme jela. Naime, minimalni proces podrazumijeva operacije kao što su pranje, guljenje, rezanje i pakiranje voća i povrća u prikladnu ambalažu s odgovarajućom atmosferom. Tome je cilj sačuvati senzorska svojstva, svježinu i nutritivne značajke početne sirovine te proizvesti siguran i praktičan proizvod, jednostavan za bilo direktnu konzumaciju ili direktnu uporabu.

Zbog dobre nutritivne vrijednosti krumpira i mogućnosti skladištenja gomolja tijekom cijele godine, krumpir je prikladna sirovina za minimalno procesiranje. Na kvalitetu i stabilnost proizvoda utječu osim samog procesa odabir kultivara, vrsta pakiranja, vrijeme i način skladištenja. Jedan od glavnih problema minimalno procesiranog krumpira je njegova podložnost mikrobiološkom kvarenju te oksidaciji, posebice enzimskom posmeđivanju koje narušava kvalitetu proizvoda. Postoji cijeli niz postupaka koji se primjenjuju kako bi se prevladali navedeni problemi. Razni postupci koji se koriste za sprječavanje enzimskog posmeđivanja mogu imati i antimikrobni učinak. U tu svrhu često se koriste kemijske metode uranjanjem u otopinu limunske ili askorbinske kiseline ili nekih drugih učinkovitih kemijskih sredstava. U zadnje vrijeme potrošači sve više cijene proizvode sa što manje raznih kemijskih konzervansa. Stoga se sve više istražuje mogućnost da se kemijska sredstva zamijene s nekim prirodnim ekstraktima biljaka za koje je utvrđen antioksidacijski i antimikrobni potencijal. Međutim upotreba ekstrakata biljaka može imati i utjecaj na senzorska svojstva gotovog proizvoda.

Komorač (*Foeniculum vulgare* Mill.) je jedna od takvih biljaka koja sadrži brojne fenolne spojeve, poput fenolnih kiselina i flavonoida, kao i hlapljive spojeve za koje postoje nalazi o antimikrobnim i antioksidacijskim svojstvima.

Stoga se u ovom radu istraživao utjecaj tretmana fenolnim ekstraktom komorača na mikrobiološku stabilnost, boju i senzorska svojstva minimalno procesiranog krumpira tijekom šest dana skladištenja pri 4 °C. Senzorska svojstva praćena su i nakon dodatne termičke obrade kuhanjem i prženjem.

## 2) TEORIJSKI DIO

### 2.1. KRUMPIR

Kultivirani krumpir (*Solanum Tuberosum L.*) je višegodišnja zeljasta biljka iz porodice *Solanaceae* (Pomoćnice) čiji se gomolj koristi za ljudsku prehranu, stočnu hranu te industrijsku preradu (Lešić i sur., 2004), a potječe iz Južne Amerike s Anda gdje se kao hrana koristi preko deset tisuća godina. U Europu je prenesen krajem 16-og stoljeća, najprije u Španjolsku i Englesku, a zatim i u ostale europske zemlje. Danas se uzgaja preko četiri tisuće sorti krumpira u 160 zemalja (Camire i sur., 2009).

Krumpir se može klasificirati koristeći širok raspon kriterija. Jedna od uobičajenih podjela je broj dana od sadnje sjemena do sazrijevanja gomolja. Tako se sorte mogu podijeliti na:

- Vrlo rane (65-70)
- Rane (70-90)
- Srednje (90-100)
- Kasne (110-130)
- Vrlo kasne (> 130)

Česta je podjela na temelju odgovarajućih svojstava i kvalitete gomolja za različite operacije kao što su kuhanje, pečenje, prženje, smrzavanje i sušenje te podjela s obzirom na prikladnost skladištenja (kultivari koji su namijenjeni upotrebi ubrzo nakon berbe i kultivari prigodi za skladištenje jer zadržavaju poželjna svojstva) (Camire i sur., 2009).

Jestivi gomolj čini zadebljali dio podzemnog rizoma. Razmnožava se pomoću sjemenki ili vegetativno prokljalim gomoljem koji će u povoljnim uvjetima prokljati iz pupoljaka s površine što je poželjno za razmnožavanje, ali ne i za procesiranje i konzumaciju (Jaspreat, 2009).

#### 2.1.1. Kemijski sastav i nutritivna vrijednost gomolja krumpira

U sirovom krumpiru sadržaj lipida iznosi svega 0,1 % od čega trećinu čine zasićene masne kiseline, a ostatak polinezasićene masne kiseline. Sadržaj proteina u sirovom krumpiru također je nizak, u prosjeku 1–1,5 %, ovisno o sorti. Međutim, kvaliteta proteina krumpira, koja odražava njegovu probavljivost, i sadržaj aminokiselina je vrlo dobra. Kvaliteta proteina u hrani određuje se njezinim aminokiselinskim sastavom (lizin, metionin, treonin i triptofan) te probavljivošću (King i Slavin, 2013). U tablici 1 su uspoređene vrijednosti aminokiselina u krumpiru s preporukama Instituta za medicinu (IOM).

**Tablica 1.** Usporedba aminokiselina u krumpiru s preporukama IOM (mg/g proteina) (King i Slavin, 2013)

AMINOKISELINA	IOM preporuke	KRUMPIR
Lizin	51	61
Metionin + cistein	25	28,8
Treonin	27	36,3
Triptofan	7	15,5

Ugljikohidrati čine oko 75 % ukupne suhe tvari krumpira. Škrob je najzastupljeniji ugljikohidrat u krumpiru, stoga se krumpir često svrstava pod „škrobno povrće“. To je složeni ugljikohidrat koji se u svježem krumpiru nalazi u granulama sastavljenima od amiloze, koja čini oko 31 % ukupnog škroba u krumpiru, i amilopektina. Amiloza je ravnolančani, rezistentni glukozni polimer dok je amilopektin razgranati, probavljivi glukozni polimer (Jansen i sur., 2001). U debelom crijevu dolazi do fermentacije rezistentnog škroba čime se proizvode poželjne kratko-lančane masne kiseline te dolazi do povećane sinteze „dobrih“ bakterija – probiotika (Sun i sur., 2016). Zbog navedenog rezistentni škrob ima pozitivan učinak na debelo crijevo (Murphy i sur., 2008), na toleranciju na glukozu i osjetljivost na inzulin, smanjenje razine lipida u krvi te povećanje osjećaja sitosti čime se može regulirati tjelesna masa (Bodinhm i sur., 2010). Usporedbe radi, količina rezistentnog škroba na 100 g u navedenim namirnicama je sljedeća: pšenica 6,2 g, banana 4 g, čips od krumpira 3,5 g, krumpir kuhan i ohlađen 3,2 g, prženi krumpir 2,8 g, grašak 1,9 g (Murphy i sur., 2008).

Jedan srednji krumpir s korom sadrži oko 2 g prehrambenih vlakana koje, kao i rezistentni škrob, karakterizira otpornost na djelovanje enzima probavnog sustava i sklonost fermentaciji u debelom crijevu (Lattimer i Haub, 2010). Pokazalo se da vežu žučne kiseline što se smatra jednim od mehanizama kojim utječu na smanjenje kolesterola u plazmi (Lazarov i Werman, 1996).

Glukoza i fruktoza su jednostavni šećeri sadržani u krumpiru (Zhu i sur., 2010), čiji udio značajno varira ovisno o vrsti. Ukoliko se krumpir skladišti pri nižim temperaturama može doći do povećanja glukoze u krumpiru uslijed enzimske hidrolize škroba u glukozu (Watada i Kunkel, 1955). Time se narušava kvaliteta prženog krumpira jer u reakciji glukoze s asparaginom, prženjem u dubokoj masnoći pri povišenim temperaturama (iznad 120 °C)



između ostalog nastaje akrilamid potencijalni kancerogeni spoj (Tareke i sur., 2002; Mestdagh i sur., 2007).

Krumpir sadrži vitamin C koji djeluje kao antioksidans, stabilizirajući ili eliminirajući slobodne radikale te pomaže u sprječavanju oštećenja stanica (Gropper i Smith, 2013). Folna kiselina, niacin, piridoksin (B6), riboflavin i tiamin su vitamini B skupine prisutni u krumpiru, a upravo vitamin B6 ima važnu ulogu u metabolizmu ugljikohidrata i proteina te je potreban za sintezu aminokiselina i hemoglobina (Finglas, 2010).

Kalij je najzastupljeniji mineral u krumpiru i nalazi se u rasponu od 400 do 560 mg na 100 g mase svježeg gomolja (Drewnowski i Rehm, 2013), a značajno utječe na distribuciju vode u tijelu regulirajući osmotski tlak u stanicama. Svježi krumpir sadrži 6-18 mg/100 g kalcija, 30-60 mg/100 g fosfora i 25 mg/100 g magnezija, zatim cink i željezo. Preporučuje se konzumacija krumpira s korom s obzirom da su minerali uglavnom zastupljeni u kori (Čosić i sur., 2019). Bioraspoloživost cinka i željeza je veća u krumpiru nego u mnogim drugim vrstama voća i povrća zbog prisutne niske razine spojeva koji mogu inhibirati apsorpciju željeza i vitamina C (Brown, 2008).

Od fitokemikalija, krumpir sadrži fenolne spojeve i karotenoide koji su vrlo poželjni u ljudskoj prehrani zbog svojih pozitivnih učinaka na zdravlje. Fitokemikalije su biološki aktivni spojevi na čiju koncentraciju i stabilnost, osim sorte krumpira, utječu i drugi čimbenici poput agronomskih faktora, skladištenja te uvjeta kuhanja i prerade (Čosić i sur., 2019).

Obzirom da se krumpir prije jela termički obrađuje, a posebno je cijenjen pečeni krumpir u tablici 2 i 3 dan je prikaz kemijskog sastava pečenog krumpira. Energetska vrijednost pečenog krumpira, s korom i mesom, iznosi 94 kcal / 100 g te pruža značajne količine kritičnih nutrijenata.

**Tablica 2.** Energetska vrijednost i makronutrijenti 100 g pečenog krumpira (King i Slavin, 2013)

Energija (kcal)	Proteini (g)	Masti (g)	Ugljikohidrati (g)	Vlakna (g)
94	2,10	0,15	21,08	2,1

**Tablica 3.** Sastav mikronutrijenata u 100 g pečenog krumpira (King i Slavin, 2013)

Kalij (mg)	Magnezij (mg)	Fosfor (mg)	Željezo (mg)	Cink (mg)	Vitamin C (mg)	Vitamin B6 (mg)
544	27	75	0,64	0,35	12,6	0,211

#### 2.1.2. Utjecaj skladištenja na sastav gomolja krumpira

Krumpir treba skladištiti na način da se gubitci svedu na najmanju moguću mjeru jer je gomolj po svom kemijskom sastavu podložan promjenama tijekom dužeg skladištenja. Tijekom skladištenja dolazi do gubitka u težini i kakvoći gomolja i gubitaka koji su rezultat razvoja, odnosno djelovanja gljivica i bakterija. Iz tog je razloga potrebno osigurati uvjete za skladištenje krumpira koji će spriječiti navedene gubitke ili ih smanjiti na minimum. Skladišta za krumpir trebaju biti posebno toplinski izolirana s osiguranom ventilacijom koja cirkuliranjem zraka omogućuje reguliranje temperature i relativne vlage zraka. Optimalna temperatura čuvanja krumpira za svježiju potrošnju iznosi 4-7 °C uz relativnu vlažnost zraka 92-95 %. U takvim suvremeno opremljenim skladištima krumpir se može čuvati i do deset mjeseci. Poželjna je primjena kemijskih inhibitora klijanja. Gubitci u težini gomolja su posljedica respiracije i isparavanja vode preko pokožice (transpiracija). Gubitak vode najveći je tijekom nekoliko prvih dana, odnosno tjedana skladištenja, a reducira se brzim snižavanjem temperature. Maksimalno dopušteni gubitak vode iznosi 7 % (Rotim, 2010).

Kemijski sastav gomolja krumpira se mijenja tijekom skladištenja. Na niskim temperaturama skladištenja dolazi do zaslađivanja krumpira promjenom omjera škroba i jednostavnih šećera, jer se škrob djelomično razgrađuje do glukoze (Watada i Kunkel, 1955). Udio fenolnih spojeva, vitamina C, kao i antioksidacijska aktivnost krumpira se tijekom skladištenja povećavaju. Külen i sur. (2013) su proveli istraživanje utjecaja skladištenja različitih sorti krumpira pri niskim temperaturama na udio fenola, vitamina C i antioksidacijsku aktivnost te su došli do zaključka da je najviša razina vitamina C nakon berbe i dva mjeseca skladištenja, a koncentracija ukupnih fenola i antioksidacijska aktivnost su bile veće nakon sedam mjeseci skladištenja u odnosu na one prilikom berbe.

## 2.2. MINIMALNO PROCESIRANO VOĆE I POVRĆE

Minimalno procesirano voće i povrće (MPVP) je fizički izmijenjeno, ali potpuno upotrebljivo, svježije, visoke nutritivne vrijednosti, očišćeno, zapakirano, nepromijenjenog okusa te izrazito praktično (Lamikanra, 2002). Operacije koje se koriste prilikom dobivanja minimalno procesiranog voća i povrća su sve one koje se koriste i u konvencionalnoj preradi, do blanširanja, te se na taj način osigurava svježina minimalno procesiranog voća i povrća (Laurila i Ahvenainen, 2002). U slučaju krumpira, moguće je provesti i blanširanje, iako se time ne povećava kvaliteta minimalno procesiranog krumpira, ali se smanjuje vrijeme pripreme (Levaj i sur., 2018). Potražnja za minimalno procesiranim proizvodima raste kako raste osviještenost ljudi o povezanosti prehrane i zdravlja, a porastu pridonosi i uurbani način života, manjak vremena za pripremu hrane te konzumacija obroka izvan domova (Morales-De la Peña i sur., 2016). Minimalno procesirano povrće dostupno na tržištu EU uglavnom je usitnjeno lisnato povrće, mrkva i mješavine salata, a od minimalno procesiranog voća to su dinja, mango, ananas, jabuka i voćne mješavine (Leneveu-Jenvrin i sur., 2020). U Europi je tržište MPVP poraslo za 19 % po stanovniku od 2009. do 2014., od toga dominira salata (50 %), zatim svježije rezano voće te povrće spremno za kuhanje (Baselice i sur., 2017).

### 2.2.1. Minimalno procesirani krumpir (MPK)

U proizvodnom procesu minimalne prerade krumpira posebno je važno održavati hladni lanac tijekom cijelog procesa, počevši s berbom pa sve do plasmana proizvoda na tržište (Laurila i Ahvenainen, 2002). Potrebno je odabrati adekvatnu sortu o kojoj ovisi kvaliteta gotovog proizvoda (Laurila i sur., 1998) kao i osigurati optimalne agrotehničke mjere tijekom uzgoja, način berbe, uvjete transporta i skladištenja do prerade (Ahvenainen i sur., 1998). Prije same prerade provodi se probiranje, odnosno uklanjanje oštećenih, bolesnih i neadekvatnih gomolja te nepoželjnih primjesa poput zemlje, grudica, cime i dr. Proces prerade treba biti proveden uz poštivanje najvećih higijenskih mjera vezano za radnike, prostorije, opremu, ambalažu i korištenu vodu (Cantwell i Suslow, 2002).

U bazenima s vodom provodi se grubo pranje krumpira nakon čega slijedi fino pranje prskanjem. Guljenje se provodi mehanički, na dva načina: noževima (ručno) i/ili primjenom abrazivnog materijala, karborunduma. Guljenje karborundumom je najčešće u industriji, a provodi se centrifugiranjem pri čemu se krumpir guli udarajući u abrazivni materijal na obodu centrifuge. Nakon guljenja karborundumom potrebna je dodatna kontrola, odnosno

dodatno guljenje noževima kako bi kora bila u potpunosti uklonjena. Nakon guljenja i/ili rezanja slijedi pranje hladnom vodom (4-5 °C) u svrhu ispiranja staničnih sokova što može smanjiti mogućnost rasta mikroorganizama i enzimsku oksidaciju. Da bi se spriječilo enzimsko posmeđivanje, kojem je krumpir sklon u ovoj fazi prerade, umjesto pranja u vodi može se provesti uranjanje narezanog krumpira u otopine sredstava protiv posmeđivanja ili blanširanje nakon kojeg slijedi obavezno naglo hlađenje vodom. Višak vode ili otopine se uklanja cijedenjem na sitima uz malu vibraciju, te odmah slijedi pakiranje (Levaj i sur., 2018).

Pri pakiranju važan je odabir ambalaže, jer ona utječe na respiraciju proizvoda adekvatnim stupnjem propusnosti. Vakuumsko pakiranje je od velike važnosti za pakiranje oguljenog ili narezanog sirovog krumpira osjetljivog na enzimsko posmeđivanje. Dobra je alternativa kemijskom tretmanu jer značajno smanjuje brzinu oksidacijskih reakcija i inhibira rast aerobnih mikroorganizama koji dovode do kvarenja hrane tijekom skladištenja. Vakuumskim pakiranjem trajnost krumpira se može povećati do tjedan dana ukoliko se skladišti na temperaturi 4-6 °C, uz provođenje redovite mikrobiološke analize jer takvi uvjeti bez kisika pogoduju razvoju anaerobnih bakterija. Pakiranjem u vrećice od polietilena/poliamida (PE/PA) debljine 100 µm učinkovito se održava svježi izgled krumpira (Rocha i sur., 2003).

Pineli i sur. (2005) su također utvrdili da se za skladištenje upakiranog minimalno procesiranog krumpira (5 °C) sorte 'Ágata' najbolje pokazala metoda djelomičnog vakuuma uz upotrebu višeslojnog ambalažnog materijala na bazi poliamida. Također su Rocculi i sur. (2009) preporučili metodu vakuumskog pakiranja za skladištenje radi održavanja boje krumpira i razine vitamina C. Pakiranje u modificiranoj atmosferi je druga metoda pakiranja koja se može koristiti za pakiranje svježeg rezanog krumpira.

Senzorske karakteristike se tijekom skladištenja ne mogu poboljšati, promjene se mogu samo usporiti ili zaustaviti (Artés i sur., 2007). Povećanjem temperature s 2 °C na 10 °C povećava se brzina respiracije minimalno procesiranog krumpira za tri puta. Senzorska kvaliteta MPK skladištenog na 1 °C tijekom 14 dana se neznatno razlikuje od svježeg pripremljenog krumpira (Cantos i sur., 2002). Suprotno tome, skladištenjem MPK tijekom 7 dana na 6 °C pokazale su se primjetne promjene senzorskih svojstava (Rocculi i sur., 2009).

### 2.2.2. Enzimsko posmeđivanje

Proces enzimskog posmeđivanja započinje oštećenjem membrana u biljnom tkivu (Toivonen i Brummell, 2008) kao rezultat mehaničke obrade te stresa koji izaziva metabolizam fenil propanoide što rezultira nakupljanjem fenolnih spojeva (mono ili difenolnih kiselina). Fenolni spojevi oksidiraju u prisustvu kisika, a reakcije su katalizirane enzimima [polifenoloksidaze (PPO) i peroksidaze] prilikom čega najprije nastaju kinoni, a zatim melanoidni pigmenti smeđe boje (Cantos i sur., 2002). Osim fenolnih spojeva i enzimske aktivnosti, na proces posmeđivanja utječu i antioksidansi prisutni u krumpiru poput vitamina C (Cocci i sur., 2006). Cabezas-Serrano i sur. (2009) su došli do zaključka da su sorte s većim udjelom šećera i većom antioksidacijskom aktivnost te manjim udjelom fenolnih spojeva i aktivnosti PPO manje sklone enzimskom posmeđivanju.

Prevenција enzimskog posmeđivanja neophodan je korak u proizvodnji minimalno procesiranog voća i povrća (Tomas-Barberan i Espin, 2001). Degradacijom koja je uzrokovana enzimskim posmeđivanjem smanjuje se rok trajanja MPK, dolazi do promjene senzorskih svojstava proizvoda, narušava se izgled i smanjuje kvaliteta MPK. Sve su to čimbenici koji neće privući potrošača da izabere takav proizvod. Askorbinska kiselina kao antioksidans može usporiti procese posmeđivanja redukcijom intermedijarnih spojeva (kinona) u fenole (Amiot i sur., 2002). Može utjecati i na smanjenje aktivnosti PPO jer posjeduje kelatna svojstva pa veže metalne ione iz enzima i tako ih inhibira. S obzirom da endogeni antioksidansi sadržani u krumpiru nisu dovoljni za sprječavanje enzimskog posmeđivanja, narezani krumpir se najčešće uranja u otopinu sredstava protiv posmeđivanja, točnije antioksidansa. Kako bi se usporilo ili zaustavilo enzimsko posmeđivanje potrebno je djelovati na jedan od tri faktora koji dovode do istoga [supstrat (fenolni spojevi), enzimi, kisik]. Kemijska sredstva koja se rabe u tu svrhu imaju najčešće višestruko djelovanjem (supstrat i enzim), dok se osim njih može koristiti i pakiranje u modificiranoj atmosferi sa značajno sniženim udjelom kisika ili vakuumsko pakiranje pri čemu se zrak u potpunosti evakuira iz pakovine. Poželjna su ona sredstva i postupci koji imaju antimikrobno djelovanje, imaju najmanji negativni utjecaj na senzorska i druga svojstva krumpira, a s druge strane su sigurna, jednostavna i financijski manje zahtjevna (Wang i sur., 2015).

Limunska kiselina se također koristi kao kelirajući agens te djeluje na sniženje pH vrijednosti. Optimalni pH enzima iznosi od 5 do 7, a ukoliko se spusti ispod 3 doći će do inaktivacije enzima polifenol oksidaze. Calder i sur. (2011) su u svom radu koristili 1 %-tnu

otopinu limunske kiseline kojom su tretirali MPK, čime su postigli smanjenje aktivnosti polifenol oksidaze kao i posljedično smanjenje posmeđivanja.

Sve više se koriste i alternativne metode sprječavanja enzimskog posmeđivanja, a neke od njih su korištenje visokog hidrostatskog tlaka, ultrazvuka, pulsirajućeg električnog polja i ozračivanje (Ioannou i Ghoul, 2013).

Unatoč korištenju različitih metoda konzerviranja kako bi se spriječilo kvarenje hrane, trovanje hranom je i dalje prisutno te brine potrošače i prehrambenu industriju. Zbog sve veće otpornosti patogena na antibiotike, raste interes za prirodnim antibakterijskim proizvodima za konzerviranje hrane poput biljnih ekstrakata i začina (Al-Fatimi i sur., 2007). Biljni ekstrakti su prirodna alternativa kemijskim sredstvima. Posebno su važni biološki aktivni spojevi iz biljnih vrsta koji se koriste u tradicionalnoj medicini te mogu predstavljati vrijedne izvore za nove vrste konzervansa (Al-Fatimi i sur., 2007).

### 2.3. KOMORAČ

Komorač (*Foeniculum vulgare* Mill.) je dvogodišnja aromatična biljka koja pripada carstvu *Plantae*, koljeno *Tracheophyta*, razred *Magnoliopsida*, red *Apiales*, porodicu *Apiaceae* i rod *Foeniculum* (Grlić, 1990).

Tri osnovne vrste komorača prema Milleru su:

- Gorki komorač (*Foeniculum vulgare* var. *vulgare*)
- Slatki komorač (*Foeniculum vulgare* var. *dulce*)
- Firentinski komorač (*Foeniculum vulgare* var. *azoricum*)

Seidemann (2005) navodi da su dvije glavne vrste komorača slatki i gorki komorač.

Korijen komorača raste duboko pod zemljom, prljavo bijele je boje, vretenast i mesnat. Stabljike koje rastu iz korijena su modrozeleno boje, uspravne, razgranate i visoke do 200 cm. Na dugačkim peteljka smješteni su listovi koji su glatki i sastavljeni od tamnozelenih nitastih nastavaka. Cvjetovi su žutonarančaste boje, skupljeni u štitaste cvatove promjera do 15 cm. Plod je sive do žutozelene boje i sadrži dvije sjemenke (Bernath i sur., 1996).

U cijelom nadzemnom dijelu stabljike komorača sadržano je eterično ulje kojeg najviše ima u sjemenu (Šilješ i sur., 1992). Osim sjemenki, u kulinarstvu se tradicionalno koriste i korijen te lišće komorača koji se u kuhanom ili svježem obliku mogu dodavati različitim salatama, umacima ili povrću. Ima široku primjenu u industriji gdje se koristi za obogaćivanje senzorskih svojstava i aromatiziranje različitih proizvoda kao što su sladoled,

razni likeri i bezalkoholna pića. Povoljno utječe na stres i opuštanje mišića, ima jak antioksidacijski potencijal, a može djelovati i antimikrobno (Malhotra, 2012).

### 2.3.1. Kemijski sastav komorača

Sjeme komorača je vrijedna dijetetska namirnica bogata ugljikohidratima, šećerima, vitaminima A, C i kompleksom vitamina B te mineralnim sastavom među kojima se najviše ističu kalcij i kalij, a od ostalih minerala željezo, fosfor, magnezij i cink (Lešić i sur., 2004). U tablicama 4, 5 i 6 prikazan je kemijski sastav te najzastupljeniji minerali i vitamini u komoraču.

**Tablica 4.** Kemijski sastav biljke komorača (Lešić i sur., 2004)

TVAR	UDJEL (%)
Voda	81,9 – 90
Sirove bjelančevine	1,9 – 2,8
Sirove masti	0,2 – 0,4
Ugljikohidrati	5,11 – 11,2
Vlakna	0,5
Minerali	1,7

**Tablica 5.** Najzastupljeniji vitamini u sjemenu komorača (mg/100 g svježeg komorača) (Lešić i sur., 2004)

VITAMINI	mg/100 g
β - karoten	1,05 – 7,8
Tiamin	0,10 – 0,35
Riboflavin	0,02 – 0,20
Niacin	0 – 0,20
Piridoksin	0 – 0,10
Folna kiselina	0,09 – 0,10
Vitamin C	60 – 120
Vitamin E	6,0
Vitamin K	3,2

**Tablica 6.** Najzastupljeniji minerali u sjemenu komorača (mg/100 g svježeg komorača) (Lešić i sur., 2004)

MINERALI	mg/100 g
Kalij	339 – 612
Kalcij	100 – 117
Fosfor	0 – 61
Magnezij	0 – 4,9
Željezo	0 – 2,7

Najzastupljenije tvari u komoraču su hlapljive komponente, masne kiseline, saponini, fenilpropanoidi, mono- i seskviterpeni, kumarini, tanini, flavonoidi te esencijalne aminokiseline (Anwar i sur., 2009).

#### 2.3.2. Fenolni spojevi komorača

Fenolni spojevi sadrže hidroksilnu skupinu vezanu za aromatski prsten te predstavljaju najveću skupinu sekundarnih biljnih metabolita. U prirodi su rasprostranjeni u više od 8000 različitih struktura koje se razlikuju po broju i položaju hidroksilnih skupina, broju, položaju i vrsti supstituenata te stupnju polimerizacije (Crozier i sur., 2009; Bravo, 1998). Fenoli sudjeluju u zaštiti biljaka od patogena ili parazita i ultraljubičastog zračenja (Dai i Mumper, 2010). Od posebnog su značaja zbog antioksidacijskih svojstava i potencijalnog benefita za ljudsko zdravlje poput smanjenja rizika od pojave karcinoma, dijabetesa i kardiovaskularnih bolesti (Vinholes i sur., 2015).

Rahimi i Ardekani (2013) kao najzastupljenije skupine fenolnih spojeva u komoraču ističu fenolne kiseline, flavonoide i hidroksicimetne kiseline. Fenolne kiseline se dijele u dvije skupine: hidroksibenzojeve kiseline i hidroksicimetne kiseline te njihovi derivati (Manach i sur., 2004). Od značajnijih fenolnih kiselina u komoraču su pronađene cimetna, taninska, klorogenska, galna, ferulinska i kafeinska (Singh i sur., 2004). Kumarinska, kafeinska i ferulinska kiselina su najpoznatiji derivati cimetne kiseline, dok je galna kiselina najpoznatiji derivat hidroksibenzojeve kiseline (Dai i Mumper, 2010). Flavonoidi su polifenolni sekundarni metaboliti niske molekulske mase čija se osnovna struktura sastoji od dva benzenska prstena (A i B) povezana heterocikličkim piranskim prstenom (C). Ovisno o supstituentima vezanim na benzenske prstene, stupnju nezasićenosti i stupnju



oksidacije razlikuju se flavoni, flavanoni, halkoni i antocijanidini (Kumar i Pandey, 2013). Nassar i sur. (2010) su u komoraču odredili ukupno oko 12,3 mg/g flavonoida, te su identificirali: ružmarinsku kiselinu, kvercetin, kamferol, eridiktol-7-rutinozid, kvercetin-3-rutinozid, kvercetin-3-glukoronid, izokvercetin, kvercetin-3-arabinozid, kamferol-3-glukoronid, kamferol-3-arabinozid, izoharmnetin glukozid, kvercetin-3-O-galaktozid, kamferol-3-O-rutinozid, kamferol-3-glukozid i izoharmnetin 3-O- $\alpha$ -ramnozid.

### 2.3.3. Antimikrobni učinak komorača

Vezano za antimikrobni učinak komorača ispituje se njegov fenolni ekstrakt i eterična ulja. Gulfraz i sur. (2008) navode veću inhibicijsku aktivnost eteričnog ulja komorača prema bakterijama *Bacillus cereus*, *Bacillus magaterium*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus substilis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia*, *Micrococcus lutus*, *Pseudomonas pupida*, *Pseudomonas syringae* i *Candida albicans* od one koju imaju ekstrakti komorača. Prema Dua i sur. (2013) ekstrakt komorača može inhibirati rast gram-pozitivnih bakterija s minimalnom inhibitornom koncentracijom (eng. Minimum Inhibitory Concentration, MIC) 8,33 mg/ml. Çetin i sur. (2010) su proveli istraživanje antimikrobne aktivnosti eteričnog ulja i ekstrakta komorača (dobivenog heksanom) na mikroorganizme koji se prenose hranom te su došli do zaključka da ekstrakt komorača ima veći antibakterijski učinak od eteričnog ulja komorača.

## 2.4. MIKROVALNA EKSTRAKCIJA

U prehrambenoj industriji mikrovalovi se koriste, ne samo za pečenje, sušenje, zagrijavanje, blanširanje, odmrzavanje, dehidraciju, već i za pasterizaciju i sterilizaciju različitih namirnica. Mikrovalovi ne mijenjaju strukturu tvari, već njihove molekule međusobno titraju pri čemu se taru i uzrokuju porast temperature, a taj je efekt iskorišten i u mikrovalnim pećnicama. Mikrovalovi zagrijavaju cijeli volumen uzorka i oštećuju vodikove veze čime se potiče rotacija dipola (Blekić i sur., 2011). Mogu se koristiti i za mikrovalnu pasterizaciju čime se inaktiviraju mikroorganizmi, međutim, zbog mogućeg nejednakog zagrijavanja u prehrambenoj industriji se većinom koriste standardna pasterizacija i sterilizacija (Chemat i sur., 2004).

Mikrovalna ekstrakcija je brza i pouzdana metoda ekstrakcije koja koristi mikrovalove, a često se koristi u analitičke svrhe poput izolacije tragova organskih spojeva iz krutih uzoraka (Blekić i sur., 2011). Abert (2008) navodi da se mikrovalnom ekstrakcijom mogu dobiti slični udjeli ekstrahiranih tvari kao i primjenom standardnih metoda, ali na puno brži

i ekonomičniji način. Mikrovalna ekstrakcija je alternativna metoda tradicionalnoj kruto-tekućoj ekstrakciji metabolita iz biljaka, koristi se za ekstrakciju nutraceutika zbog smanjenog vremena ekstrakcije, poboljšanog ekstrakcijskog prinosa i smanjene upotrebe otapala. Negativni učinak mikrovalova je povišena temperatura koja može negativno utjecati na biološki aktivne spojeve i kvalitetu ekstrahiranog materijala (Blekić i sur., 2011).

Akhtar i sur. (2020) su usporedili mikrovalnu ekstrakciju fitokemikalija iz komorača s ostalim konvencionalnim metodama ekstrakcije. Fitokemikalije su izolirali iz usitnjenog sjemena, a kao otapalo su koristili vodu. Mikrovalnom ekstrakcijom dobiveno je više ekstrakta za 4 min u odnosu na ekstrakciju po Soxhletu (20 h) i hladnu maceraciju (24 h).

### 3) EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. MATERIJALI

##### 3.1.1. Uzorci

Za istraživanje su korišteni krumpir sorte Birgit, nabavljen u listopadu 2020., i suhi listovi komorača zaprimljeni u prosincu 2019. Neposredno prije ekstrakcije, suhi listovi komorača su usitnjeni pomoću električnog mlinca i tako dobiveni uzorak se koristio za ekstrakciju fenolnih spojeva primjenom mikrovalne ekstrakcije koja je provedena na ETHOS™ EASY uređaju.

##### 3.1.2. Kemikalije i standardi

- Folin-Ciocalteu reagens
- Zasićena otopina natrijeva karbonata (20 %-tna otopina)

Priprema: 200 g anhidrida natrijeva karbonata otopi se u 800 ml vruće destilirane vode, a potom ohladi na sobnu temperaturu. Doda se nekoliko kristalića natrijeva karbonata, nadopuni u odmjerne tikvici od 1000 ml i nakon 24 h filtrira.

- Fiziološka otopina peptona

#### 3.2. APARATURA I PRIBOR

##### 3.2.1. Aparatura

- Električni mlinac (Waring, Sjedinjene Američke Države)
- Analitička vaga (Sartorius, DGI d.o.o., Hrvatska)
- Uređaj za mikrovalnu ekstrakciju (ETHOS™ EASY, Advanced Microwave Digestion System, Milestone, Italija)
- Uređaj za odsisavanje (Büchi, Vacuum Pump V-100, Švicarska)
- Uređaj za centrifugiranje (Rotofix 32, Hettich Zentrifugen, Njemačka)
- Vortex miješalica (MS2 Minishaker, IKA, Sjedinjene Američke Države)

- Spektrofotometar (VWR UV-1600PC Spectrophotometer, VWR International, Sjedinjene Američke Države) i staklene kivete
- Kupelj od rotavapora (BÜCHI Heating Bath B-490, Švicarska)
- Kompaktni kuhinjski aparat (MCM3201B, Bosch, Slovenija)
- Analitička vaga (AX224, Ohaus, Sjedinjene Američke Države)
- Uređaji za vakuumiranje (V1020, FoodSaver, UK i FFS015-X, FoodSaver, Ujedinjeno Kraljevstvo)
- Kolorimetar CR-5 (Konica-Minolta, Japan)
- Štapni mikser (PHILIPS ProMix, 650 W, Hrvatska)
- Tehnička vaga (RADWAG, PS 4500.R2, Poljska)
- Uređaj za homogenizaciju (Stomacher, Ujedinjeno Kraljevstvo)

### 3.2.2. Pribor

- Staklena tegla s poklopcem
- Staklene čaše
- Menzura (100 ml)
- Metalna žlica
- Odmjerna tikvica (500 ml)
- Filtar-papir
- Staklene epruvete
- Stalak za epruvete
- Plastične posude
- Vrećice za pakiranje u vakuumu
- Nož za guljenje krumpira
- Cjediljka
- Stakleni štapić
- Aluminijske posude
- Termometar
- Stomacher vrećice

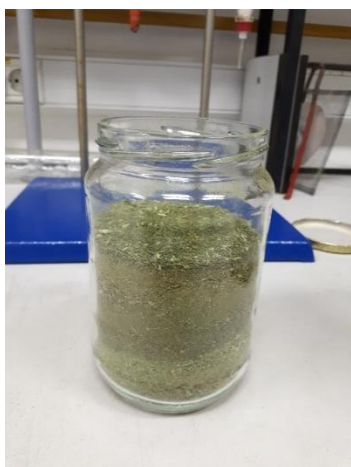
### 3.3. METODE RADA

#### 3.3.1. Priprema uzorka fenolnog ekstrakta komorača

Suhi listovi komorača su prvotno usitnjeni pomoću električnog mlinca (Slika 1). Izolacija fenolnih spojeva iz listova komorača provedena je postupkom mikrovalne ekstrakcije uz vodu kao otapalo. U tu svrhu na analitičkoj vagi odvagano je  $8 \pm 0,0001$  g usitnjenih suhih listova komorača te pomiješano sa 60 ml destilirane vode. Na dno svake ekstrakcijske ćelije (11) stavi se magnetni štapić te se doda pripremljena smjesa uzorka i destilirane vode. Ćelija se potom zatvori i postavi na predviđeno mjesto u ETHOS™ EASY uređaju. Uzorci se zagrijavaju pet minuta pri temperaturi od 60 °C, zatim se još pet minuta održava temperatura pri 60 °C, nakon čega slijedi hlađenje u trajanju od jedne minute. Kada je provedena mikrovalna ekstrakcija, slijedi filtracija pomoću Büchnerovog lijevka, odnosno odsisavanje (odvajanje čvrste od tekuće faze uz pomoć vakuum-sisaljke i Büchnerovog lijevka); centrifugiranje na ROTOFIX 32 uređaju (broj okretaja  $5500 \text{ min}^{-1}$ ) u trajanju od deset minuta te konačno filtracija pomoću filter-papira kako bi se dobila čista tekuća faza, tj. ekstrakt (volumen dobivenog ekstrakta = 500 ml). U svrhu određivanja ukupnih fenola u uzorku napravljena su razrjeđenja uzorka na sljedeći način:

- 500  $\mu$  L uzorka i 500  $\mu$  L destilirane vode (razrjeđenje dva puta)
- 500  $\mu$  L uzorka i 1000  $\mu$  L destilirane vode (razrjeđenje tri puta)
- 500  $\mu$  L uzorka i 2000  $\mu$  L destilirane vode (razrjeđenje pet puta)

Princip metode i postupak određivanja ukupnih fenola nalaze se u poglavlju 3.3.3.



**Slika 1.** Usitnjeni suhi listovi komorača (vlastita fotografija)

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

Krumpir je prvotno opran, oguljen, zatim opet opran te narezan na ploške pomoću kuhinjskog uređaja (BOSCH). Za tretiranje krumpira korištene su tri različite otopine fenolnog ekstrakta (FE) komorača u koncentracijama: 25 mg/L, 125 mg/L i 250 mg/L te destilirana voda u svrhu pripreme kontrolnog uzorka. Otopine su dobivene miješanjem ekstrakta i destilirane vode. Narezane ploške krumpira uronjene su u svaku od navedenih otopina različitih koncentracija fenolnog ekstrakta komorača (omjer krumpira i otopina 1:1). Krumpir u otopinama stoji 15 minuta uz povremeno miješanje kako bi površina ploški krumpira čim više došla u kontakt s fenolnim spojevima iz ekstrakta. Nakon 15 min, krumpir se vadio iz otopina i ocijedio te pakirao u poliamidne/polietilenske vrećice koje su zatvorene i pri tome i vakuumirane pomoću aparata za zavarivanje i vakuumiranje.

Nakon pakiranja krumpiri su skladišteni u hladnjaku šest dana pri temperaturi od 4-8 °C. Uzorci MPK su analizirani prvi i šesti dan skladištenja pri čemu je određen broj aerobnih mezofilnih bakterija (AMB), izmjereni su parametri boje te su ispitana senzorska svojstva. Također, senzorska svojstva su analizirana i u kuhanom i prženom krumpiru.

Kuhani uzorci pripremljeni su kuhanjem ploški krumpira u destiliranoj vodi. Uzorci MPK stavljeni su u vodu zagrijanu na temperaturu vrelišta te kuhani oko 15 minuta. Potom su ocijedeni i stavljeni na tanjur da se prohlade.

Prženi uzorci pripremljeni su prženjem ploški krumpira u suncokretovom ulju. Uzorci MPK kao i kontrolni uzorak stavljeni su u ulje zagrijano na 170 °C nakon čega se prže 3-5 minuta na temperaturi 140 °C.

#### **U istraživanju su korištene sljedeće analitičke metode:**

- Spektrofotometrijsko određivanje ukupnih fenola
- Mikrobiološka analiza MPK
- Metoda CIELAB za mjerenje boje
- Metoda za određivanje senzorskih svojstava

### 3.3.3. Spektrofotometrijsko određivanje ukupnih fenola

#### Princip metode:

Određivanje ukupnih fenola provodi se u ekstraktu uzorka primjenom spektrofotometrijske metode koja se temelji na kolornoj reakciji fenola s Folin-Ciocalteu reagensom te mjerenjem nastalog intenziteta obojenja pri 765 nm (Shortle i sur., 2014).

Za potrebe određivanja ukupnih fenola ekstrakt je potrebno prethodno razrijediti kako bi ušli u mjerno područje. Ekstrakt je prije analize razrijeđen 2X, 3X i 5X.

#### Postupak određivanja:

U staklenu epruvetu otpipetira se redom 100  $\mu$ L ekstrakta, 200  $\mu$ L Folin-Ciocalteu reagensa i 2 ml destilirane vode. Nakon tri minute doda se 1 ml zasićene otopine natrijeva karbonata. Sve skupa se promiješa (pomoću Vortexa), a potom se uzorci termostatiraju 25 minuta pri  $T=50$  °C (u kupelji od rotavapora). Nakon toga mjeri se apsorbancija (optička gustoća otopine) pri valnoj duljini od 765 nm. Na isti način se pripremi i slijepa proba, ali se umjesto ekstrakta uzima otapalo za ekstrakciju.

#### Izmjerene apsorbancije:

- ekstrakt razrijeđen pet puta,  $A=0,477$
- ekstrakt razrijeđen tri puta,  $A=0,683$
- ekstrakt razrijeđen dva puta,  $A=0,959$

#### Izračunavanje:

Koncentracija ukupnih fenola izračuna se prema jednadžbi baždarnog pravca koja glasi:

$$Y = 0,0035 \times X$$

gdje je:

Y – apsorbancija pri 765 nm,

X – koncentracija galne kiseline (mg/L)

Koncentracija ukupnih fenola u ekstraktu razrijeđenom dva puta:  $0,959 = 0,0035 \times X$  iz čega je  $X = 274$  mg/L ukupnih fenola. Prema tome, koncentracija ukupnih fenola u 0,5 L dobivenog ekstrakta iznosi 137 mg.

### 3.3.4. Mikrobiološka analiza MPK

Ukupni broj aerobnih mezofilnih bakterija (AMB) određen je prema HRN EN ISO 4833-1: 2013 (ISO 4833-1: 2013, EN ISO 4833-1: 2013). Odmah nakon tretmana tj. šest dana skladištenja.

Pomiješano je 10 g uzorka s 90 ml fiziološke otopine peptona u sterilnoj stomacher vrećici i homogenizirano jednu minutu koristeći Stomacher. Uzorke je potrebno razrijediti prilikom određivanja broja živih stanica mikroorganizama jer sadrže prevelik broj živih stanica koje mogu tvoriti kolonije čime je otežano njihovo brojanje na čvrstim hranjivim podlogama. Razrjeđenja su napravljena u peptonskoj vodi. Kao medij za rast AMB, upotrijebljena je ploča s agarom (eng. Plate Count Agar, Biolife, Milan, Italy), inkubirana na  $30 \pm 1$  °C tijekom  $72 \pm 3$  sata. Kolonije poraslih mikroorganizama su prebrojane na brojaču kolonija (eng. Colony counter), a dobivene vrijednosti se označavaju kao CFU vrijednosti (eng. Colony-Forming Units – jedinice koje tvore kolonije).

$$CFU = \frac{\text{broj poraslih kolonija}}{\text{volumen upotrijebljenog uzorka}} \times \text{recipročna vrijednost decimalnog razrjeđenja}$$

### 3.3.5. Metoda CIELAB za mjerenje boje

#### Princip metode:

Metoda se zasniva na korištenju trodimenzionalnog prostora boja, koji je definiran koordinatama  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ . Koordinata  $L^*$  mjera je svjetline, a iskazuje se vrijednostima od nula (crno) do sto (bijelo),  $a^*$  ukazuje na zastupljenost boja od zelene ( $-a$ ) do crvene ( $+a$ ), dok  $b^*$  ukazuje na zastupljenost boja od plave ( $-b$ ) do žute ( $+b$ ). Ove tri koordinate međusobno zatvaraju sferičnu površinu. Iz koordinata  $a^*$  i  $b^*$  mogu se izračunati vrijednost  $C^*$  koja predstavlja intenzitet ili zasićenost boje i vrijednost  $H^\circ$  koja označava ton boje. Kolorimetar radi na principu mjerenja stupnja reflektirane svjetlosti od mjerene površine (Konica-Minolta, 1998).

### Postupak određivanja:

Prije mjerenja kolorimetar je kalibriran za to predviđenom originalnom bijelom i crnom pločicom. Nakon toga slijedi mjerenje boje uzoraka, koje se provodi na način da se ploška krumpira postavi tako da prekrije cijelu površinu otvora ploče. Mjerenje je provedeno na tri ploške svakog od uzoraka.

### 3.3.6. Metoda za određivanje senzorskih svojstava

#### Princip metode:

Senzorska procjena je znanstvena disciplina koja analizira i interpretira karakteristike hrane koje se zapažaju osjetilima okusa, mirisa, vida, sluha i dodira. Za određivanje senzorskih svojstava sirovog, kuhanog i prženog MPK korištena je kvantitativna deskriptivna analiza (QDA) koja se temelji na određivanju senzorskih svojstava poput boje, mirisa, okusa i teksture. Svako od tih svojstava opisano je nizom karakterističnih pojmova koji ga pobliže opisuju. Ocjenjivači koji sudjeluju u QDA moraju biti upoznati s terminologijom te adekvatno obučeni. Rezultati svih ocjenjivača pohranjuju se u zajedničku tablicu te se na kraju prikazuju u formi „paukove mreže“ tako da se dobiveni podaci za svako senzorsko obilježje unose na polarne koordinate. Svako senzorsko obilježje ima svoju polarnu koordinatu na koju su nanese ocjene od 0 do 5 (Vahčić i sur., 2000). Prema Lawless i Heymann (2010), što je određeno senzorsko obilježje intenzivnije izraženo to je njegova udaljenost od središnje točke veća.

### Postupak određivanja:

Senzorska svojstva sirovog, kuhanog i prženog krumpira ocijenjena su od strane šest ocjenjivača. Ocjenjivanje je provedeno skalom od 0 do 5, pri čemu 0 označava neizraženo svojstvo, a 5 jako izraženo svojstvo. Sirovom krumpiru ocjenjivali su se parametri boje (posmeđivanje), mirisa (krumpir, komorač) i teksture (vlažnost, tvrdoća). Kuhanom krumpiru ocjenjivali su se parametri boje (posmeđivanje), mirisa (krumpir, komorač), teksture (vlažnost, tvrdoća, kremast) i okusa (krumpir, komorač, slatki, kiseli, gorki). Prženom krumpiru ocjenjivali su se parametri boje (karakteristična), mirisa (krumpir, komorač), teksture (zauljenost, tvrdoća, hrskavost) i okusa (krumpir, komorač, slatki, gorki). Rezultati su dani kao srednje vrijednosti senzorskih ocjena svih ocjenjivača za svaki uzorak i parametar ocjenjivanja.

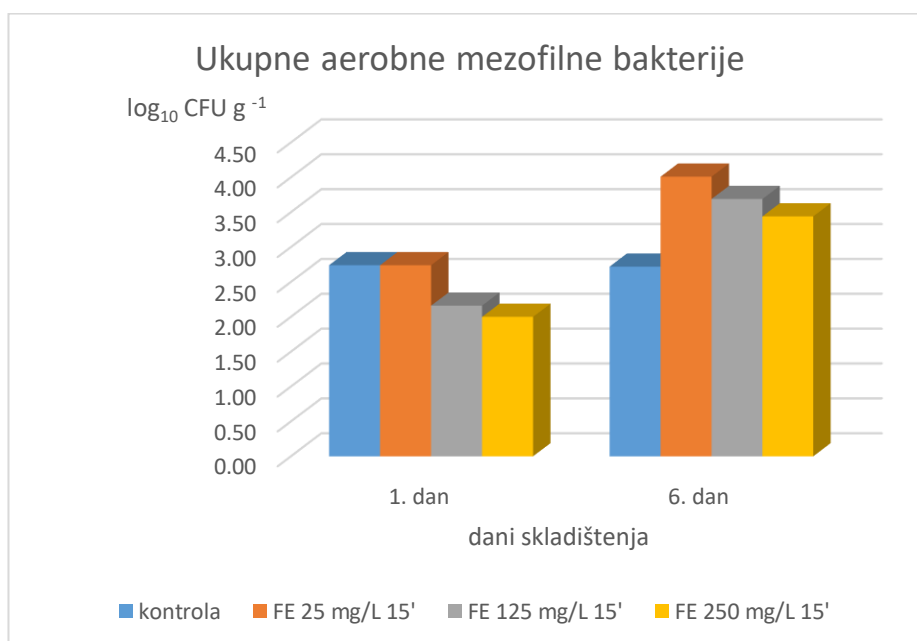


## 4) REZULTATI I RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja bio je odrediti utjecaj tretmana fenolnim ekstraktom komorača u tri različite koncentracije (FE 25 mg/L, FE 125 mg/L, FE 250 mg/L) na MPK kroz vremenski period od šest dana skladištenja pri temperaturi 4 °C. U uzorcima MPK izuzetih prvog i šestog dana skladištenja određen je ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija, boja CIELAB metodom te senzorska analiza. Kvantitativnom deskriptivnom analizom određena su senzorska svojstva sirovih, te kuhanih i prženih uzoraka MPK.

### 4.1. MIKROBIOLOŠKA ISPRAVNOST MPK

Na slici 2 grafički su prikazani rezultati mikrobiološke analize izraženi kao ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija.



**Slika 2.** Rezultati mikrobiološke analize

Prema rezultatima, uslijed tretiranja dolazi do malog inicijalnog smanjenja, ali kasnije u tretiranim uzorcima rast je brži nego u kontroli. Ipak postoji određeni trend da je s većom koncentracijom, manji porast.

Dua i sur. (2013) su ispitivali antimikrobna svojstva metanolnog ekstrakta komorača na patogene bakterije *E. coli*, *P. aeruginosa*, *B. pumilus* i *S. aureus* i došli do zaključka da

ekstrakt komorača oštećuje stanične membrane gram-pozitivnih bakterija (*B. pumilus* i *S. aureus*). Antimikrobna svojstva pripisuju prisutnosti velikih količina galne kiseline, kvercetina i kamferola te ostalih polifenola u ekstraktu komorača. Također, Roby i sur. (2012) navode antimikrobni učinak metanolnog ekstrakta komorača protiv gram-pozitivnih bakterija. Rezultati istraživanja Četin i sur. (2010) pokazuju učinkovitost eteričnog ulja i ekstrakta komorača dobivenog heksanom protiv većine testiranih patogena, saprofita i mikotoksina koji se prenose hranom. Navedeno potvrđuje antimikrobni potencijal fenolnog ekstrakta komorača na smanjenje rasta broja aerobnih mezofilnih bakterija, iako u ovom istraživanju to nije potpuno evidentno.

#### 4.2. PARAMETRI BOJE MPK

U tablici 7 prikazani su rezultati boje za sirove uzorke kontrole (voda) i za tretirane uzorke (fenolni ekstrakt) dobiveni kolorimetrijskim mjerenjem. Oznake 0, 25, 125 i 250 predstavljaju koncentracije fenolnog ekstrakta (FE) u mg/L. Brojevi 1 i 6 označavaju dane skladištenja.

**Tablica 7.** Vrijednost parametara boje MPK

OZNAKA UZORAKA	PARAMETRI BOJE				
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$H^\circ$
FE 0-1	72,50±2,82	0,79±1,10	36,25±2,44	36,28±2,43	88,79±1,79
FE 0-6	70,29±0,49	1,02±0,45	36,81±0,64	36,83±0,64	88,41±0,69
FE 25-1	71,96±0,20	1,71±0,52	41,32±0,89	41,36±0,89	87,62±0,73
FE 25-6	71,78±0,99	0,88±0,31	36,33±4,33	36,34±4,33	88,64±0,36
FE 125-1	71,02±1,47	1,25±0,13	37,76±0,57	37,78±0,57	88,1±0,22
FE 125-6	71,28±0,47	1,18±0,43	34,72±3,54	34,74±3,54	88,03±0,72
FE 250-1	73,27±1,10	-0,26±0,58	31,86±0,10	31,86±0,10	90,47±1,04
FE 250-6	71,60±0,48	1,18±1,11	36,7±3,66	36,73±3,68	88,25±1,64

Vrijednosti svjetline  $L^*$  pripremljenih uzoraka kreću se od 70,29 do 73,27. Najveću vrijednost nakon tretmana ima uzorak FE 250-1 te je to ujedno i najsvjetliji uzorak što je pozitivno jer ukazuje na učinak veće koncentracije FE na smanjenje posmeđivanja MPK. Sa skladištenjem dolazi do pada  $L^*$  vrijednosti u FE 0 i FE 250, dok ostaje gotovo nepromijenjena u FE 25 i FE 125. Prema Cantos i sur. (2002), od svih parametara boje

najbolji pokazatelj posmeđivanja MPK je vrijednost  $L^*$ . Luo i sur. (2019) navode progresivni pad  $L^*$  vrijednosti netretiranog uzorka MPK, skladištenog na 4 °C tijekom 14 dana, što ukazuje na enzimsko posmeđivanje. Pri tome na uzorcima tretiranim s 4 %-tnim eteričnim uljem ružmarina (eng. Rosemary essential oil, REO) nisu primijećene značajne razlike u  $L^*$  vrijednosti prvog i zadnjeg dana skladištenja. Prema ovom istraživanju neovisno o koncentraciji i  $L^*$  vrijednosti nakon tretmana, nakon skladištenja svi tretirani uzorci imaju sličnu  $L^*$  vrijednost i to veću od kontrolnog uzorka.

Vrijednosti za  $a^*$  pripremljenih uzoraka kreću se od -0,26 do 1,71. Male promjene  $a^*$  vrijednosti ukazuju da posmeđivanje nije prisutno. Jedino je uzorak FE 250-1 zelenkaste boje dok su sve ostale vrijednosti pozitivne što ukazuje na vrlo mali udio crvene boje. Tijekom skladištenja i povećanjem koncentracije FE,  $a^*$  vrijednost se smanjuje uz izuzetak uzorka FE 250 kod kojeg se  $a^*$  vrijednost povećala šestog dana skladištenja u odnosu na prvi dan skladištenja. Slično su utvrdili Luo i sur. (2019) za uzorke tretirane s 8 %-tnim i 12 %-tnim REO koji su okarakterizirani većom stopom posmeđivanja do 10. dana skladištenja sukladno vrijednosti  $a^*$ . Također, navode porast  $a^*$  vrijednosti netretiranog uzorka MPK.

Vrijednosti za  $b^*$  pripremljenih uzoraka kreću se od 31,86 do 41,32. Pozitivne vrijednosti ukazuju na izraženost žutog dijela spektra. Povećanjem koncentracije FE sve do 250 mg/L,  $b^*$  vrijednosti rastu, u odnosu na kontrolni uzorak, dok koncentracija od 250 mg/L utječe na smanjenje  $b^*$  vrijednosti. Tijekom skladištenja  $b^*$  vrijednosti uzoraka FE 25 i FE 125 se smanjuju, odnosno uzoraka FE 0 i FE 250 povećavaju.

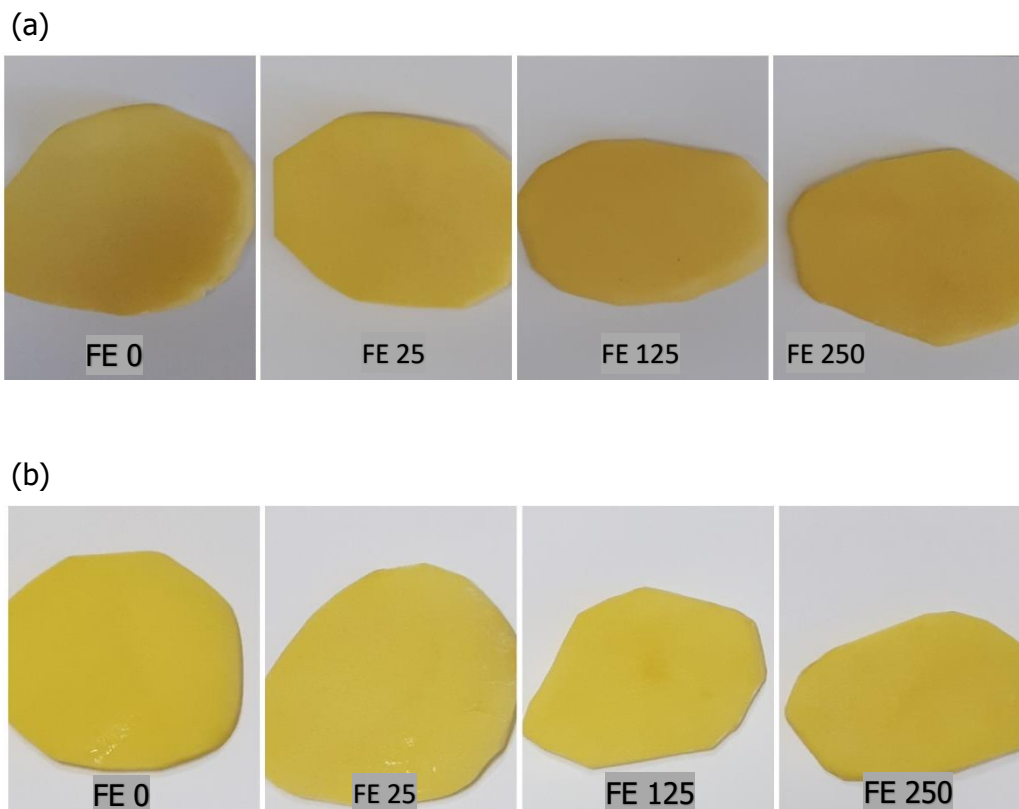
Vrijednosti za ton boje ( $H^\circ$ ) pripremljenih uzoraka kreću se od 87,62 do 90,47. Najmanju vrijednost ima uzorak FE 25-1, a najveću FE 250-1. Tijekom skladištenja neznatno se mijenja. Vrijednosti ukazuju da doživljaj boje uzoraka odgovara žutoj boji (90°) (McGuire, 1992). Slično tome, Amoroso i sur. (2018) su proveli istraživanje utjecaja tretmana REO na boju MPK skladištenog tijekom 12 dana na temperaturi 4 °C. Utvrdili su da se  $H^\circ$  vrijednosti nisu promijenile tijekom skladištenja u oba uzorka kontrole i uzoraka tretiranih REO.

Vrijednosti za  $C^*$  pripremljenih uzoraka kreću se od 31,86 (FE 250-1) do 41,36 (FE 25-1). Prema tome najveću zasićenost boje ima uzorak FE 25-1, a najmanju zasićenost ima uzorak FE 250-1. Uočen je isti trend promjene  $C^*$  vrijednosti kao i vrijednosti  $b^*$  obzirom da su vrijednosti  $a^*$  niske te nisu utjecale na veću promjenu parametra  $C^*$ . Dok se u

istraživanju Amoroso i sur. (2018) vrijednost  $C^*$  tijekom skladištenja smanjila u kontrolnim uzorcima, a blago porasla u tretiranim.

Sve vrijednosti parametara boje izmjerene u ovom radu su u skladu s vrijednostima za istu sortu prikazanim u radu Dite Hunjek i sur. (2020).

Rizzo i sur. (2018) su istraživali utjecaj tretmana REO na šest različitih sorti krumpira. Svi uzorci su narezani na ploške, zapakirani u modificiranoj atmosferi i skladišteni na 4 °C tijekom 11 dana. Na parametre boje utjecalo je vrijeme skladištenja, posebno na blagu porast  $L^*$  vrijednosti ovisno o sorti. Navode kako tretman REO ne utječe na negativnu promjenu boje. Prema provedenom istraživanju, redoslijed osjetljivosti na posmeđivanje bio je Arinda > Elodie = Erika = Ranomi > Fontane = Marabel.



**Slika 3.** Uzorci sirovih ploški krumpira tretiranih fenolnim ekstraktom komorača prvog (a) i šestog (b) dana skladištenja.

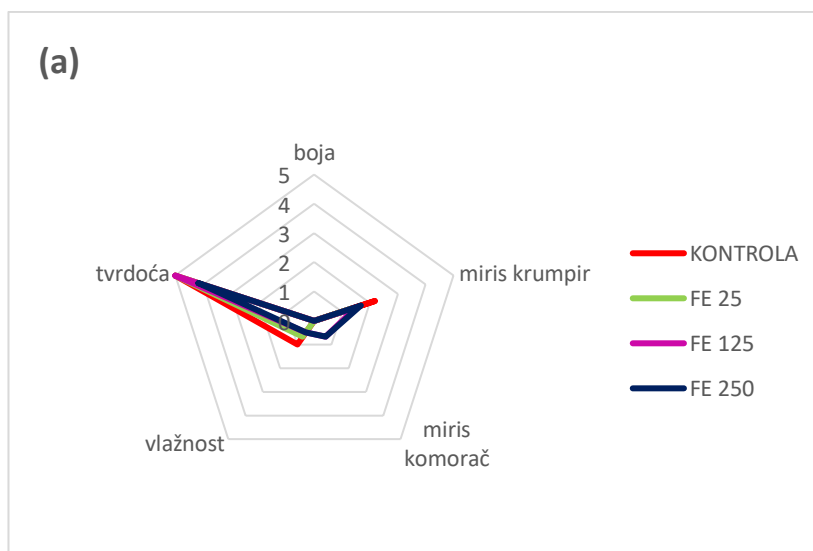
Na slici 3 prikazane su fotografije sirovih ploški krumpira tretiranih fenolnim ekstraktom komorača u usporedbi s kontrolnim uzorkom. Pod a) su uzorci slikani prvi dan skladištenja,

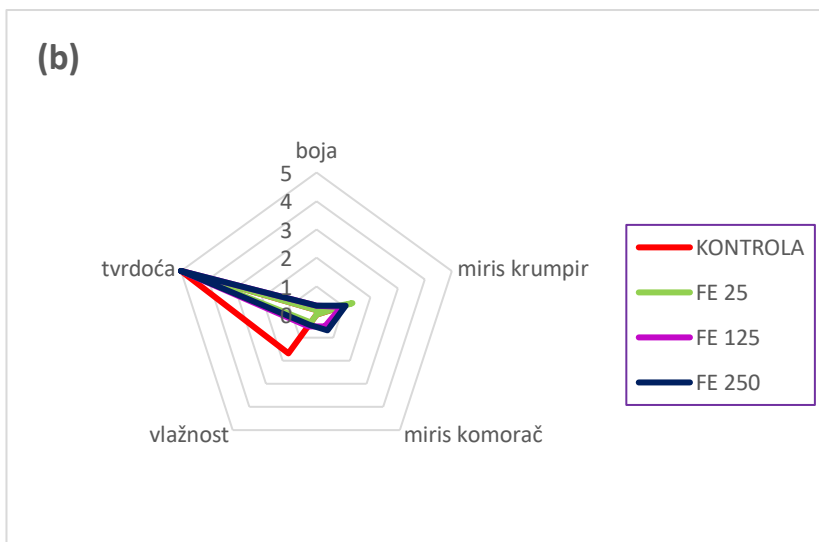
a pod b) uzorci slikani šesti dan skladištenja. Uzorak FE 25-1 je svjetliji u odnosu na uzorak FE 0-1 što ukazuje na pozitivan učinak tretmana FE. Prema fotografijama, nisu primijećene značajnije promjene u boji između prvog i šestog dana skladištenja niti za jedan uzorak.

#### 4.3. SENZORSKA ANALIZA

Slike 4a i b, 5a i b, te 7a i b grafički prikazuju rezultate senzorske analize pomoću „paukove mreže“.

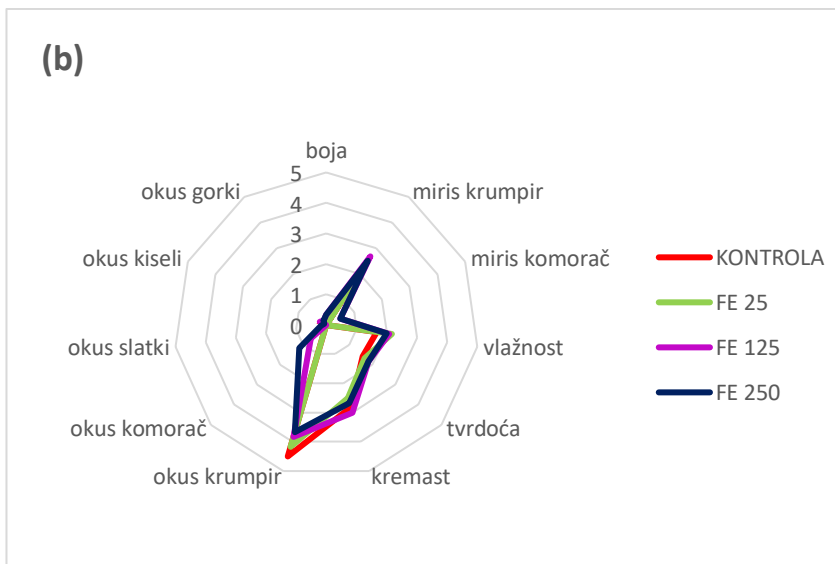
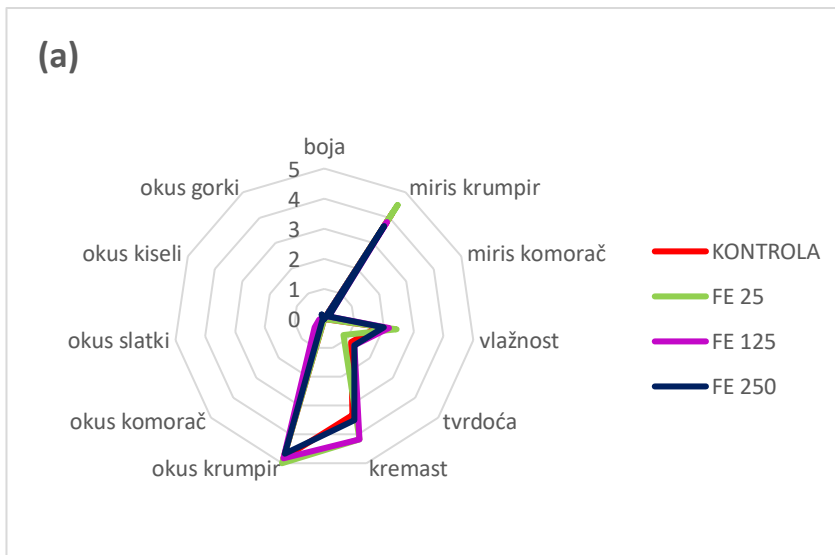
Na temelju senzorskih ocjena boja sirovog krumpira (slika 4a) nije se mijenjala porastom koncentracije FE prvi dan skladištenja. Blagi miris po komoraču zabilježen je za uzorke FE 125-1 i FE 250-1. Tretman FE nije utjecao na promjenu teksture sirovog krumpira. Nakon skladištenja zabilježene su neznatne promjene boje uzoraka FE 125-6 i FE 250-6 (slika 3). Uzorci FE 125-6 i FE 250-6 su zadržali blagi miris po komoraču.





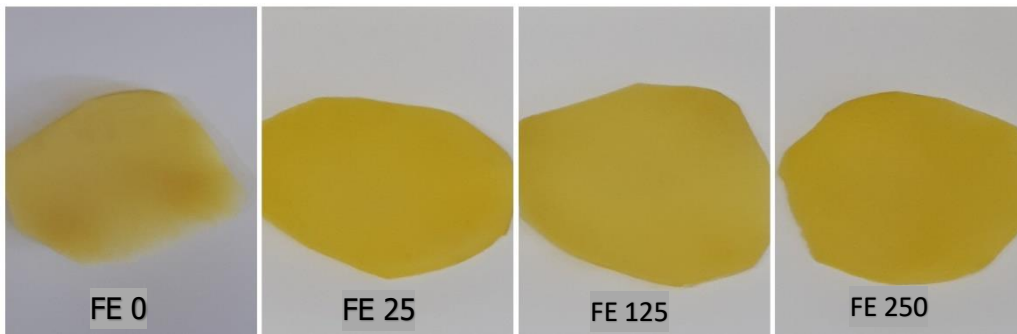
**Slika 4.** Rezultati senzorske analize sirovog krumpira prvog (a) i šestog (b) dana skladištenja.

Slatki, kiseli i gorki okus nije bio izraženiji u niti jednom kuhanom ni prženom uzorku, stoga ti rezultati nisu prikazani na slikama 5 i 7. Prema senzorskim ocjenama boja kuhanog krumpira nije se promijenila tretmanom FE prvi dan skladištenja što ukazuje da tretman nema negativan učinak na boju ploški krumpira. Blagi miris po komoraču je ostao i nakon kuhanja uzoraka FE 125-1 i FE 250-1. Poželjna kremasta tekstura kuhanog krumpira nije se promijenila tretmanom FE. Uzorak FE 125-1 ima blagi okus po komoraču. Tijekom skladištenja je došlo do neznatne promjene boje uzoraka FE 125-6 i FE 250-6 što se može primijetiti i na slici 6. Slabiji intenzitet mirisa i okusa po komoraču je zabilježen za kuhane uzorke FE 125-6 i FE 250-6. Okus i miris kuhanog krumpira malo se smanjio tijekom skladištenja kao i kremastost, dok se tvrdoća neznatno povećala, bez jasne pravilnosti utjecaja tretmana na navedena svojstva. Pri tome, najviše se sačuvao okus krumpira u uzorcima FE 0-6 i FE 25-6. Manju promjenu okusa i mirisa krumpira te teksture kuhanog MPK nakon 8 dana skladištenja zabilježili su i Dite Hunjek i sur. (2020) za istu sortu tretiranu askorbinskom kiselinom i natrijevim kloridom.

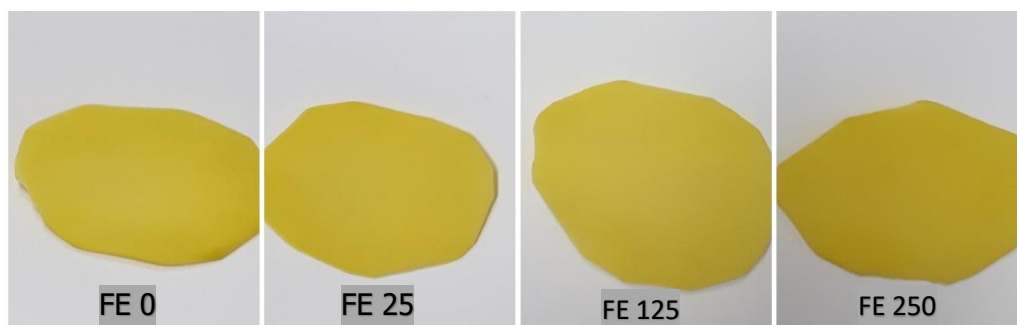


**Slika 5.** Rezultati senzorske analize kuhanog krumpira prvog (a) i šestog (b) dana skladištenja.

(a)



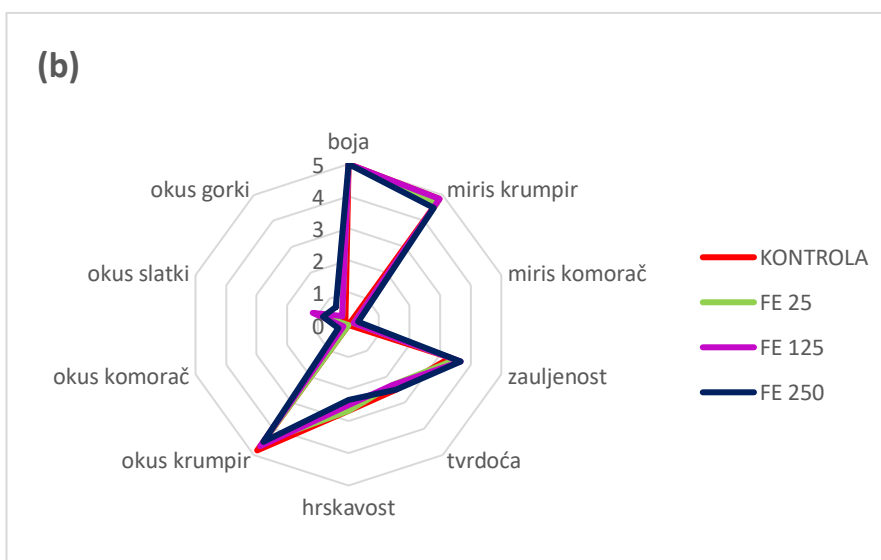
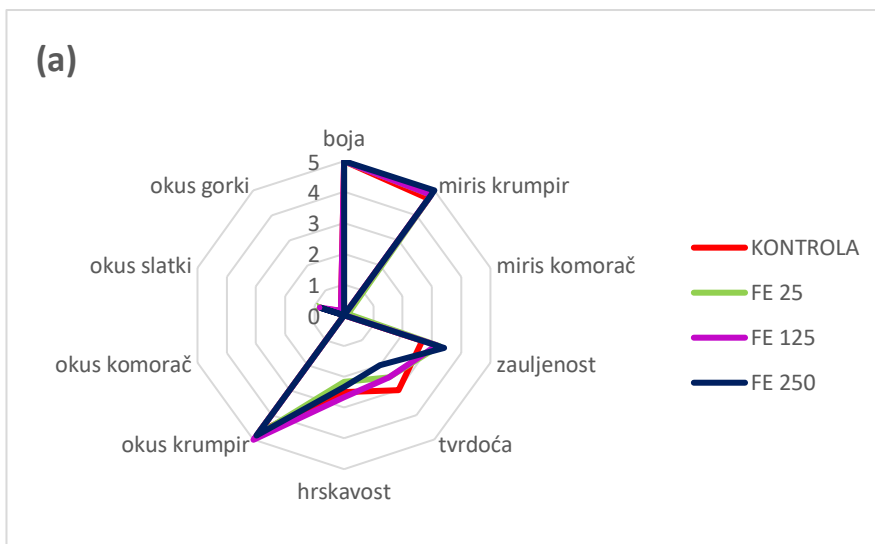
(b)



**Slika 6.** Uzorci kuhanih ploški krumpira tretiranih fenolnim ekstraktom komorača prvog (a) i šestog dana skladištenja (b).

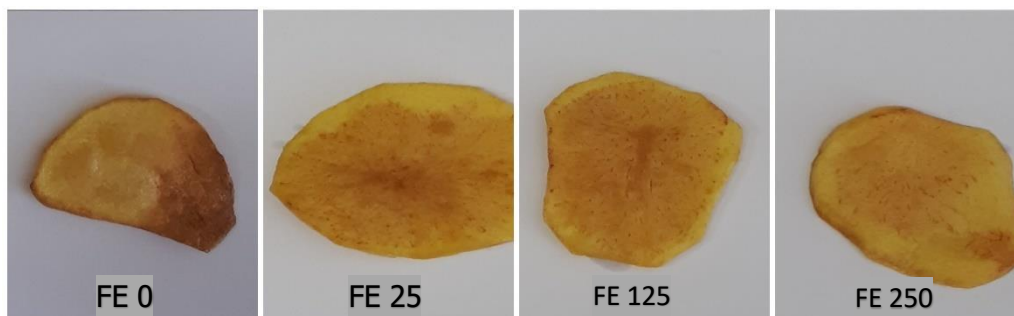
Obzirom da se u prženim krumpirima ocjenjivala karakteristična boja, svi uzorci su ocjenjeni najvišom ocjenom, jer su svi imali karakterističnu boju prženih krumpira, iako je FE 0-1 bio nešto tamniji (slika 8). Miris i okus po komoraču se gube prženjem krumpira. Tretman FE nije imao utjecaj na teksturu prženog krumpira (zauljenost, tvrdoća, hrskavost). Prženjem tretiranih uzoraka nakon šest dana skladištenja boja je i dalje poželjna, s naglaskom na uzorke FE 125-6 i FE 250-5 koji su tamniji. Blagi miris i okus po komoraču su zabilježeni za uzorak FE 250-6. U svim uzorcima miris i okus krumpira ostao je nepromijenjen. Skladištenje nije imalo utjecaj na teksturu prženih uzoraka. Sačuvani okus i mirisa krumpira te teksturu prženog MPK nakon 8 dana skladištenja zabilježili su i Dite Hunjek i sur. (2020) za istu sortu tretiranu askorbinskom kiselinom i natrijevim kloridom.



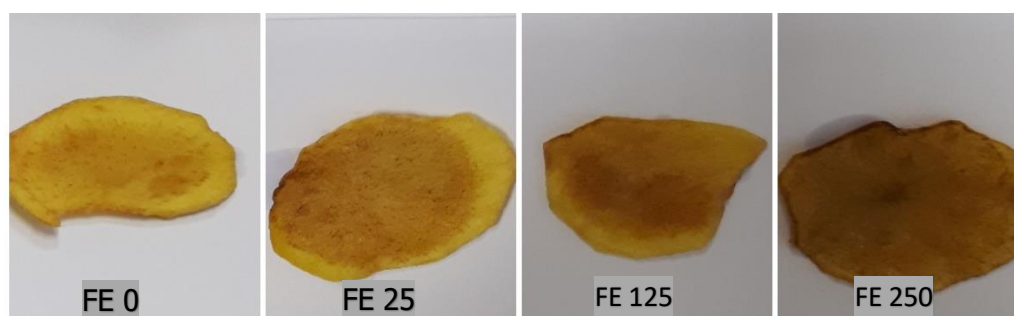


**Slika 7.** Rezultati senzorske analize prženog krumpira prvog (a) i šestog (b) dana skladištenja.

(a)



(b)



**Slika 8.** Uzorci prženih ploški krumpira tretiranih fenolnim ekstraktom komorača prvog (a) i šestog dana skladištenja (b).

## 5) ZAKLJUČCI

- 1) Rezultati mikrobiološke analize pokazuju određeni trend smanjenja ukupnog broja aerobnih mezofilnih bakterija povećanjem koncentracije fenolnog ekstrakta, iako se skladištenjem broj povećava i veći je od broja u kontrolnom uzorku.
- 2) Prema parametrima boje tretman s fenolnim ekstraktom komorača ima pozitivan utjecaj na boju sirovog minimalno procesiranog krumpira tijekom skladištenja.
- 3) Rezultati senzorske analize i fotografije kuhanih i prženih uzoraka ukazuju da većom koncentracijom fenolnog ekstrakta je promjena boje veća, te se koncentracija 25 mg/L pokazala najbolja.
- 4) Rezultati senzorske analize pokazali su da tretmani s FE 125 mg/L i 250 mg/L doprinose blagom okusu i mirisu komorača i nakon skladištenja u sirovim i kuhanim uzorcima, dok se prženjem krumpira gube.
- 5) Tretman fenolnim ekstraktom i skladištenje nisu imali veći utjecaj na teksturu minimalno procesiranog krumpira kako sirovog tako i kuhanog i prženog.
- 6) Općenito, neovisno o tretmanu i skladištenju senzorski su svi uzorci bili dobro ocijenjeni.

## 6) LITERATURA

- 1) Abert, V. M., Fernandez, X., Visinoni, F., Chemat F. (2008) Microwave hydrodiffusion and gravity, a new technique for extraction of essential oils. *Journal of Chromatography A*, **1190**: 14-17.
- 2) Ahvenainen, R.T., Hurme, E.U., Hägg, M., Skyttä, E.H., Laurila, E.K. (1998) Shelf-life of prepeeled potato cultivated, stored, and processed by various methods. *Journal of food protection*, **61**(5): 591-600.
- 3) Akhtar, I., Javad, S., Ansari, M., Ghaffar, N., Tariq, A. (2020) Process optimization for microwave assisted extraction of *Foeniculum vulgare* Mill using response surface methodology. *Journal of King Saud University – Science*, **32**(2): 1451-1458.
- 4) Al-Fatimi, M., Wurster, M., Schröder, G., Lindequist, U. (2007) Antimicrobial, antioxidant, and cytotoxic activities of selected medicinal plants from Yemen. *Journal of Ethnopharmacology*, **111**(3): 657-666.
- 5) Amiot, M.J., Tacchini, M., Aubert, S., Nicolas, J. (1992) Phenolic Composition and Browning Susceptibility of Various Apple Cultivars at Maturity. *Journal of Food Science*, **57**(4): 958-962.
- 6) Amoroso, L., Rizzo, V., Mazzaglia, A., Licciardello, F., Restuccia, C., Muratore, G. (2018) Sous-vide packaging: sensory characteristics of potato slices treated with rosemary essential oil. *Italian Journal of Food Science*, suppl. SLIM 2017: Shelf-life International Meeting: IJFS; Pinerolo, str. 41-45.
- 7) Anwar F., Alia M., Hussaina A. I., Shahida M. (2009) Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds from Pakistan. *Flavour and Fragrance Journal*, **24**: 170-176.
- 8) Artés, F., Allende, A. (2005) Minimal Fresh Processing of Vegetables, Fruits and Juices. U: Emerging technologies for food processing (Sun, D. W., ured.), Elsevier Ltd., Oxford, str. 583-593.
- 9) Baselice, A., Colantuoni, F., Lass, D., Nardone, G., Stasi, A. (2017) Trends in EU Consumers' Attitude Towards Fresh-cut Fruit and Vegetables. *Food Quality and Preference*, **59**: 87–96.
- 10) Bernath J., Nemeth E., Kattaa A., Hethelyi E. (1996) Morphological and chemical evaluation of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) populations of different origin. *Journal of Essential Oil Research* **8**(3): 247-253.
- 11) Blekić. M., Režek Jambrak, A., Chemat, F. (2011) Mikrovalna ekstrakcija bioaktivnih spojeva. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, **3**(1): 32-47.

- 12) Bodinham, C.L., Frost, G.S., Roberston, M.D. (2010) Acute ingestion of resistant starch reduces food intake in health adult. *British Journal of Nutrition*, **103**(2): 917-922.
- 13) Bravo L. (1998) Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, **56**(11): 317-333.
- 14) Cabezas-Serrano, A.B., Amodio, M.L., Cornacchia, R., Rinaldi, R., Colelli, G. (2009) Suitability of five different potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to be processed as fresh-cut products. *Postharvest Biology and Technology*, **53**(3): 138-144.
- 15) Calder, B. L., Skonberg, D. I., Davis-Dentici, K., Hughes, B. H., Bolton, J. C. (2011) The effectiveness of ozone and acidulant treatments in extending the refrigerated shelf life of fresh cut potatoes. *Journal of Food Science*, **76**: 492-298.
- 16) Camire, M. E., Kubow, S., Donnelly, D. J. (2009) Potatoes and human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **49**: 823-840.
- 17) Cantos, E., Tudela, J. A., Gil, M. I., Espín, J. C. (2002) Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**: 3015-3023.
- 18) Cantwell, M.I., Suslow, T.V. (2002) Postharvest Handling Systems. Fresh-Cut Fruits and Vegetables. U: Kader, ur., Postharvest Technology of Horticultural Crops, University of California. str. 445.
- 19) Çetin, B., Özer, H., Cakir, A., Polat, T., Dursun, A., Mete, E., Öztürk, E., Ekinci, M. (2010) Antimicrobial Activities of Essential Oil and Hexane Extract of Florence Fennel [*Foeniculum vulgare* var. *azoricum* (Mill.) Thell.] Against Foodborne Microorganisms. *Journal of Medicinal Food*, **13**(1): 196–204.
- 20) Chemat, S., Lagha, A., Amar, H. A., Chemat F. (2004) Ultrasound assisted microwave digestion. *Ultrasonics Sonochemistry*, **11**: 5-8.
- 21) Cocci, E., Rocculi, P., Romani, S., Dalla Rosa, M. (2006) Changes in nutritional properties of minimally processed apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*, **39**(3): 265-271.
- 22) Crozier A., Jaganath I. B., Clifford M. N. (2009) Dietary phenolics: chemistry, bioavailability, and effects on health. *Natural Product Reports*, **26**(8): 1001-1043.
- 23) Čosić, Z., Repajić, M., Pelaić, Z., Pedisić, S., Levaj, B. (2019) Nutritivna vrijednost krumpira i njegov utjecaj na ljudsko zdravlje. *Glasnik Zaštite Bilja*, **42**(6): 20-28.
- 24) Dai J., Mumper R. J. (2010) Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules*, **15**(10): 7313-7352.

- 25) Dite Hunjek, D., Pranjić, T., Repajić, M., Levaj, B. (2020) Fresh-cut potato quality and sensory: Effect of cultivar, age, processing, and cooking during storage. *Journal of Food Science*, **85**(8): 2296-2309.
- 26) Drewnowski, A., Rehm, C.D. (2013) Vegetable cost metrics show that potatoes and beans provide most nutrients per penny. *PLoS One*, **15**(5): 8.
- 27) Dua, A., Garg, G., Mahajan, R. (2013) Polyphenols, flavonoids, and antimicrobial properties of methanolic extract of fennel (*Foeniculum vulgare Miller*). *European Journal of Experimental Biology*, **3**(4): 203-208.
- 28) Finglas, P.M. (2010) Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12. *Trend sin Food Science and Technology*, **11**(8): 296-297.
- 29) Grlić, Lj. (1990) Enciklopedija samoniklog jestivog bilja, 2.izd., August Cesarec, Zagreb. str. 225-226.
- 30) Gropper, S. S., Smith, J. L. (2013) *Advances Nutrition and Human Metabolism. 6th Ed.* Wadsworth Publisher. Belmont, CA.
- 31) Gulfraz, M., Mehmood, S., Jabeen, N., Minhas, N. (2008) Composition and antimicrobial properties of essential oil of *Foeniculum vulgare*. *African Journal of Biotechnology*, **7**(24): 4364-4368.
- 32) Ioannou, I., Ghoul, M. (2013) Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. *European Scientific Journal*, **9**: 310-341.
- 33) ISO 4833-1:2013; EN ISO 4833-1:2013, Mikrobiologija lanca hrane -- Horizontalna metoda za određivanje broja mikroorganizama -- 1. dio: Određivanje broja kolonija pri 30 °C tehnikom zalijeivanja podloge.
- 34) Jansen, G., Flamme, W., Schuler, K., Vandrey, M. (2001) Tuber and starch quality of wild and cultivated potato species and cultivars. *Potato Research*, **44**(2): 137-146.
- 35) Jaspreet, S., Lovedeep, K. (2009) *Advances in potato chemistry and technology*, Academic press, Burlington.
- 36) King, J.C., Slavin, J.L. White Potatoes, Human Health, and Dietary Guidance. *Advances in Nutrition*, **4**(3): 393-401.
- 37) Konica-Minolta (1998) *Precise color communication: Color control from perception to instrumentation*. Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka.
- 38) Külen, O., Stushnoff, C., Holm, D. (2013) Effect of cold storage on total phenolics content, antioxidant activity and vitamin C level of selected potato clones. *Journal of the science of food and agriculture*, **93**: 2437–2444.
- 39) Kumar S., Pandey A. K. (2013) Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. *The Scientific World Journal*, **2013**: 1 - 16.

- 40) Lamikanra, O. (2002) *Fresh-cut Fruit and Vegetables*, Science, Technology and Market. Boca Raton SAD: CRC Press.
- 41) Lattimer, J. M., Haub, M. D. (2010) Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health. *Nutrients*, **2**(12): 1266–1289.
- 42) Laurila, E., Kervinen, R., Ahvenainen, R. (1998) The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharvest News and Information*, **9**(4): 53-66.
- 43) Laurila, E., Ahvenainen, VTT Biotechnology, Espoo (2002) Minimal processing in practice: fresh fruits and vegetables. U: Ohlsson, T., Bengtsson, N. ur., Minimal processing technologies in the food industry, Cambridge: Woodhead Publishing.
- 44) Lawless, H. T., Heymann, H. (2010) *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practice*, 2. izd., Springer. str. 227-257.
- 45) Lazarov, K., Werman, M.J. (1996) Hypocholesterolaemic effect of potato peels as a dietary fiber source. *Medical Science Research*, **24**(9): 581-582.
- 46) Leneveu-Jenvrin, C., Charles, F., Barba, F.J., Remize, F. (2020) Role of biological control agents and physical treatments in maintaining the quality of fresh and minimally processed fruit and vegetables. *Critical reviews in food science and nutrition*, **60**(17): 2837-2855.
- 47) Lešić, R., Borošić, J., Buturac, I., Herak-Ćustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2004) *Povrčarstvo*. Zrinski d.d., Čakovec.
- 48) Levaj, B., Repajić, M., Galić, K., Dite, D. (2018) Proizvodnja i čimbenici kvalitete minimalno prerađenog krumpira (*Solanum tuberosum*). *Glasnik Zaštite Bilja*, **41**(6): 23-31.
- 49) Luo, W., Tappi, S., Patrignani, F., Romani, S., Lanciotti, R., Rocculi, P. (2019) Essential rosemary oil enrichment of minimally processed potatoes by vacuum-impregnation. *Journal of Food Science and Technology*, **56**(10): 4404-4416.
- 50) Malhotra S. K. (2012) Fennel and fennel seed. U: *Handbook of Herbs and Spices*, 2.izd. (Peter K. V., ured.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, str. 275-302.
- 51) Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C., Jiménez L. (2004) Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, **79**(5): 727-747.
- 52) McGuire R. G. (1992) Reporting of objective color measurements. *Horticultura Science*, **27**(12): 1254-1255.
- 53) Mestdagh, F., Lachat, C., Baert, K., Moons, E., Kolsteren, P., Van Peteghem, C., De Meulenaer, B. (2007) 372 Importance of a canteen lunch on the dietary intake of acrylamide. *Molecular Nutrition & Food Research*, **51**(5): 509-516.

- 54) Morales-De la Peña, M., Welti-Chanes, J., Martín-Belloso, O. (2016) Application of Novel Processing Methods for Greater Retention of Functional Compounds in Fruit-Based Beverages. *Beverages*, **2**(2): 14.
- 55) Murphy, M.M., Douglass, J.S., Birkett, A. (2008) Resistant starch intakes in the United States. *Journal of the American Dietetic Association*, **108**(1): 67-78.
- 56) Nassar M., Aboutabl E., Makled Y., El Khisy E., Osman A. (2010) Secondary metabolites and pharmacology of *Foeniculum vulgare Mill.* subsp. Piperitum. *Revista Latinoamericana de Química*, **38**(2): 103-112.
- 57) Pineli, L.L.O., Moretti, C.L., Almeida, G.C., Onuki, A.C.A., Nascimento, A.B.G. (2005) Chemical and physical characterization of fresh cut 'Ágata' potatoes packed under different active modified atmospheres. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **40**(10): 1035-1041.
- 58) Rahimi R., Ardekani M. R. S. (2013) Medicinal properties of *Foeniculum vulgare Mill.* in traditional Iranian medicine and modern phytotherapy. *Chinese Journal of Integrative Medicine*, **19**(1): 73-79.
- 59) Rizzo, V., Amoroso, L., Licciardello, F., Mazzaglia, A., Muratore, G., Restuccia, C., Lombardo, S., Pandino, G., Strano, M. G., Mauromicale, G. (2018) The effect of sous vide packaging with rosemary essential oil on storage quality of fresh-cut potato. *LWT - Food Science and Technology*, **94**: 111-118.
- 60) Roby, M. H. H., Sarhan, M. A., Selim, K. A-H., Khalel, K. I. (2012) Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare L.*) and chamomile (*Matricaria chamomilla L.*). *Industrial Crops and Products*, **44**: 437-445
- 61) Rocculi, P., Romani, S., Gómez Galindo, F., Dalla Rosa, M. (2009) Effect of minimal processing on physiology and quality of fresh-cut potatoes: a review. *Food*, **3**: 18-30
- 62) Rocha, A., Coulon, E.C., Morais, A. M. M. B. (2003) Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food Service Technology*, **3**(2): 81-88.
- 63) Rotim, N. (2010) Skladištenje krumpira. *Glasnik Zaštite Bilja*, **33**(6).
- 64) Seidemann J. (2005). World spice plants: economic usage, botany, taxonomy. Springer Science & Business Media. Berlin, str. 372 – 374.
- 65) Shortle, E., O'Grady, M.N., Gilroy, D., Furey, A., Quinn, N., Kerry, J.P. (2014) Influence of extraction technique on the anti-oxidative potential of hawthorn (*Crataegus monogyna*) extracts in bovine muscle homogenates. *Meat Science*, **98**(4): 828-834.

- 66) Singh U. P., Singh D. P., Maurya S., Maheshwari R., Singh M., Dubey R. S., Singh R. B. (2004) Investigation on the Phenolics of Some Spices Having Pharmacotherapeutic Properties. *Journal of Herbal Pharmacotherapy*, **4**(4): 27 – 42.
- 67) Sun, Y., Su, Y., Zhu, W. (2016) Microbiome-metabolome responses in the cecum and Colon of pig to a high resistant starch diet. *Frontiers in Microbiology*, **7**: 779.
- 68) Šilješ I., Grozdanić D., Grgesina I. (1992) Poznavanje, uzgoj i prerada ljekovitog bilja, 1. izd., Školska knjiga, Zagreb. str. 53 - 58.
- 69) Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., Törnqvist, M. (2002) Analysis of acrylamide, a 384-carcinogen formed in heated foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**(17): 4998-5006.
- 70) Toivonen, P., Brummell, D. (2008) Biochemical Bases of Appearance and Texture Changes in Fresh-cut Fruit and Vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, **48**: 1-14.
- 71) Tomas-Barberan, F. A., Espin, J. C. (2001) Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **81**: 853–876.
- 72) Vahčić, N., Hruškar, M., Marković, K. (2000) Metoda kvantitativne deskriptivne analize u senzorskoj procjeni jogurta. *Mljekarstvo*, **50**(4): 279-296.
- 73) Vinholes J., Silva B. M., Silva L. R. (2015) Hydroxycinnamic acids (HCAS): Structure, biological properties, and health effects. *Advances in Medicine and Biology*, **88**: 1-33.
- 74) Wang, Q., Cao, Y., Zhou, L., Jiang, C., Feng, Y., Wei, S. (2015) Effects of postharvest curing treatment on flesh colour and phenolic metabolism in fresh-cut potato products. *Food Chemistry*, **169**: 246-254.
- 75) Watada, A.E., Kunkel, R. (1955) The variation in reducing sugar content in different varieties of potatoes. *American Journal of Potato Research*, **32**(4): 132-140.
- 76) Zhu, F., Cai, Y-Z., Ke, J., Corke, H. (2010) Compositions of phenolic compounds, amino acids and reducing sugars in commercial potato varieties and their effects on acrylamide formation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **90**(13): 2254-2262.



Zadnja stranica završnog rada

(uključiti u konačnu verziju završnog rada u pdf formatu, kao skeniranu potpisanu stranicu)

Izjava o izvornosti

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

Maja Perzej

ime i prezime studenta