

Utjecaj tretmana fenolnim ekstraktom mirte na stabilnost i senzorska svojstva minimalno procesirane jabuke

Ćurčin, Maša

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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:159:543468>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-07**



Repository / Repozitorij:

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



**Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Sveučilišni prijediplomski studij Prehrambena tehnologija**

Maša Ćurčin
0058219445

**Utjecaj tretmana fenolnim ekstraktom mirte na stabilnost
i senzorska svojstva minimalno procesirane jabuke**

ZAVRŠNI RAD

Naziv znanstveno-istraživačkog ili stručnog projekta: Ovaj rad izrađen je u okviru projekta „Bioaktivne molekule ljekovitog bilja kao prirodni antioksidansi, mikrobiocidi i konzervansi“ (2020 – 2022) financiranog sredstvima Europskog fonda za regionalni razvoj (KK.01.2.1.02.)

Mentor: prof. dr. sc. Branka Levaj

Zagreb, 2023. godina.
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Sveučilišni prijediplomski studij Prehrambena tehnologija

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

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

**Utjecaj tretmana fenolnim ekstraktom mirte na stabilnost i senzorska svojstva minimalno
procesirane jabuke**

Maša Ćurčin, 0058219445

Sažetak: Minimalno procesirana jabuka (MPJ) praktičan je, ali vrlo osjetljiv proizvod. Tretiranje narezane jabuke fenolnim ekstraktom mirte predstavlja inovativan pristup kojem je cilj očuvanje nutritivnih i senzorskih karakteristika svježe narezane jabuke tijekom duljeg roka trajanja. Cilj ovog istraživanja bio je istražiti utjecaj fenolnog ekstrakta mirte različitih koncentracija (25, 75, 125 i 175 mg/L) na trajnost minimalno procesirane jabuke pakirane u vakuumu primjenom mikrobiološke i senzorske analize, te mjerenjem topljive suhe tvari, pH vrijednosti i boje. Analizom je utvrđeno da povećanjem dana skladištenja raste pH vrijednost uzoraka, dok se vrijednost topljive suhe tvari smanjuje. Fenolni ekstrakt mirte nema izrazit utjecaj na boju jabuke, mikrobiološka i senzorska svojstva, no bez obzira na to najboljom se pokazala koncentracija od 175 mg/L zbog najveće stabilnosti u ukupnoj promjeni boje uzoraka, te senzorskih svojstava.

Ključne riječi: minimalno procesirana jabuka, fenolni ekstrakt mirte, mikrobiološka analiza, boja, senzorska analiza

Rad sadrži: 34 stranica, 14 slika, 2 tablica, 53 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: dr.sc. Ana Dobrinčić

Datum obrane: 11. rujna 2023.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

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

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

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Food Technology

Effect of treatment with myrtle phenolic extract on the stability and sensory properties of minimally processed apple

Maša Ćurčin, 0058219445

Abstract: The Minimally processed apple (MPA) is a practical but highly sensitive product. Treating sliced apples with myrtle phenol extract represents an innovative approach aimed at preserving the nutritional and sensory characteristics of freshly sliced apples during an extended shelf life. The objective of this research was to investigate the impact of myrtle phenol extract at different concentrations (25, 75, 125, and 175 mg/L) on the durability of minimally processed apples packaged in a vacuum using microbiological and sensory analysis, as well as measurements of soluble solids, pH value, and colour. The analysis determined that as the storage days increase, the pH value of the samples also rises, while the soluble solids content decreases. Myrtle phenolic extract does not have a pronounced impact on the colour of the apple, microbiological and sensory properties. However, regardless of this, the concentration of 175 mg/L proved to be the best due to its highest stability in overall colour change of the samples and sensory properties.

Keywords: fresh-cut apple, myrtle phenolic extract, microbiological analysis, enzymatic browning, sensory analysis

Thesis contains: 34 pages, 14 figures, 2 tables, 53 references

Original in: Croatian

Thesis is deposited in printed and electronic form 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: PhD Ana Dobrinčić

Thesis defended: September 11, 2023

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1. JABUKA.....	2
2.1.1. BOTANIČKA PRIPADNOST.....	3
2.1.2. MORFOLOŠKA SVOJSTVA PLODA JABUKE.....	3
2.1.3. KEMIJSKI SASTAV PLODA JABUKE.....	4
2.2. MINIMALNO PROCESIRANO VOĆE I POVRĆE.....	5
2.2.1. MINIMALNO PROCESIRANA JABUKA.....	5
2.2.2. ODRŽIVOST MINIMALNO PROCESIRANE JABUKE.....	7
2.3. MIRTA.....	7
2.3.1. KEMIJSKI SASTAV MIRTE.....	8
2.3.2. UPOTREBA I ANTIMIKROBNO DJELOVANJE MIRTE.....	9
2.3.3. UPOTREBA BILJNIH EKSTRAKATA U PROIZVODNJI MINIMALNO PROCESIRANOG VOĆA.....	9
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	11
3.1. MATERIJALI.....	11
3.1.1. SIROVINE.....	11
3.1.2. APARATURA I PRIBOR.....	11
3.2. METODE.....	11
3.2.1. PRIPREMA MINIMALNO PROCESIRANE JABUKE I FENOLNOG EKSTRAKTA MIRTE.....	11
3.2.2. MIKROBIOLOŠKA ANALIZA.....	12
3.2.3. MJERENJE BOJE METODOM CIELAB.....	13
3.2.4. MJERENJE PH.....	14
3.2.5. MJERENJE TOPLJIVE SUHE TVARI.....	14
3.2.6. METODA ODREĐIVANJA SENZORSKIH SVOJSTAVA.....	14
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	16
5. ZAKLJUČCI.....	28
6. POPIS LITERATURE.....	29

1. UVOD

Promjene u životnom stilu potrošača te velika pažnja koju pridaju zdravijoj i nutritivno bogatoj hrani dovela je do povećane potražnje za gotovim proizvodima. Cilj proizvodnje minimalno procesiranih proizvoda poput voća i povrća leži u njihovoj praktičnosti i lakoći konzumacije. Budući da u novije vrijeme sve više ljudi živi užurbanim načinom života te samim time i poseže za „fast food“ hranom, proizvodnjom minimalno procesiranog voća i povrća nastoji se potaknuti potrošače na učestaliju konzumaciju voća i povrća. Međutim, izazov u proizvodnji minimalno procesiranog voća i povrća je u tome što su oni lako kvarljivi. Naime, minimalna obrada uključuje promjenu fizičkog stanja sirovine uslijed procesa guljenja i rezanja što naposljetku uzrokuju oštećenja tkiva koja mogu dovesti do nepoželjnih senzorskih karakteristika kao što su posmeđivanje, gubitak vode, stvaranje neugodnog mirisa i okusa te gubitak čvrstoće. Jedan pristup rješavanju tog problema je korištenje prirodnih aditiva i naprednih tehnika pakiranja.

Jabuka kao vrsta voća koja se uzgaja diljem svijeta i obiluje mnoštvom biološki aktivnih spojeva s dobrim antioksidacijskim svojstvima, pripada u kategoriju najčešće konzumiranog voća, pa se samim time smatra i najpoželjnijom sirovinom u proizvodnji minimalno procesiranog voća i povrća. Mirta (*Myrtus communis* L.) je biljka koja je bogata fenolnim spojevima koji posjeduju antioksidacijska i antimikrobna svojstva pa se stoga smatra poželjnim aditivom za konzerviranje. Vakuumsko pakiranje, s druge strane, stvara takve atmosferske uvijete u kojima je kisik prisutan u niskim koncentracijama što usporava kvarenje hrane.

Razumijevanje učinka fenolnog ekstrakta mirte i vakuumskog pakiranja na minimalno procesirane jabuke može pridonijeti razvoju inovativnih strategija očuvanja svježine i kvalitete voćnih proizvoda zadržavajući njihove prirodne karakteristike tijekom skladištenja.

Cilj ovog rada bio je istražiti učinke tretiranja minimalno procesiranih jabuka fenolnim ekstraktom mirte u koncentracijama 25, 75, 125 i 175 mg/L i pakiranih u vakuumu na fizikalno-kemijske parametre, senzorske karakteristike te mikrobiološku sigurnost proizvoda tijekom skladištenja.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Jabuka

Jabuka je jedna od najzastupljenijih vrsta voća koja se uzgaja diljem svijeta (Patočka i sur. 2020). Domaća jabuka (*Malus domestica* Borkh) dobivena je križanjem vrsta *M. sylvestris* (divlja jabuka), *M. fusca* (sin. *Malus rivularis*, *Malus roemer*), *M. orientalis*, *M. sieversii* i *M. Baccata*, a prvi ju je opisao Moritz Balthazar Borkhausen 1803. godine (Duan i sur., 2017.). Pripada porodici Rosaceae koja broji nekoliko tisuća kultivara jabuka koje se razlikuju u morfološkim, fizikalno–kemijskim, organoleptičkim i drugim svojstvima. Jabuka je voće kojem odgovara umjereno kontinentalna klima sa srednjom godišnjom temperaturom od 8 do 12 °C. Vrijeme njena dozrijevanja ovisi o području uzgoja, klimatskim čimbenicima i nadmorskoj visini, a prema vremenu dozrijevanja razlikuju se ljetne, jesenske i zimske sorte jabuka (Gudelj, 2016).

Predstavlja sirovinu čiji je cijeli plod jestiv, osim sjemenki, od kojeg se proizvode brojni proizvodi poput sokova, džemova, kompota, vina ili suhih „snack“ proizvoda. Jabuke su nezamjenjiv izvor nutrijenata u ljudskoj prehrani jer unatoč velikom udjelu vode, sadrže tvari poput šećera, kiselina, vitamina, minerala i drugih fitonutrijenata koji jačaju imunitet i smanjuju stres te imaju pozitivan učinak na zdravlje (Patočka, 2020). Obzirom na mogućnost konzumacije jabuka tijekom cijele godine i visok udio raznih biološki aktivnih i fenolnih spojeva koje sadrže, predstavljaju dobar izvor antioksidanasa koji neutraliziraju slobodne radikale pa nije neobično da pripadaju kategoriji najčešće konzumiranog voća (Wu i sur., 2022.). Boyer i Liu su 2004. godine na temelju epidemioloških studija zaključili kako konzumacija jabuka može imati veliku ulogu u smanjenju rizika od pojave raznih kroničnih bolesti i održavanju općenito zdravog načina prehrane. Također, konzumacija ekstrakata jabuka ili njihovih prerađevina koje su bogate fenolnim spojevima povezana je sa smanjenim rizikom od razvoja raka i srčanih bolesti, astme, dijabetesa i mnogih drugih bolesti.

2.1.1. Botanička pripadnost

Jabuka (*Malus domestica* Borkh) prema botaničkoj klasifikaciji (Domac, 2002., Hulina, 2011.) pripada u:

Carstvo: Plantae

Odjeljak: Magnoliophyta

Razred: Magnoliopsida

Red: Rosales

Porodica: Rosaceae

Rod: Malus

Vrsta: *Malus domestica* Borkh

2.1.2. Morfološka svojstva ploda jabuke

Plod jabuke je organ koji se nakon oplodnje razvija iz plodišta i drugih organa cvijeta. Unutar ploda nalaze se sjemenke koje su zaštićene endokarpom, mezokarpom i egzokarpom, to jest zajedničkim imenom perikarpom. Plod jabuke, ovisno o vrsti, razlikuje se po boji pokožice koja može biti zelena, žuta, crvena od antocijana i šarena, krupnoći, obliku, građi, kao i po kemijskim i senzorskim svojstvima. Najčešće su plodovi plemenitih sorti jabuka srednje krupnoće promjera 60-70 cm, karakteristične zelene ili crvene boje (Majetić, 2022).



Slika 1. Presjek ploda jabuke (Anonymous 1, 2023)

2.1.3. Kemijski sastav ploda jabuke

Prema kemijskom sastavu jabuka je najvećim udjelom sastavljena od vode, nakon čega redom sadrži ugljikohidrate, te u znatno manjim udjelima proteine i masti. Bogata je vitaminima kao što su vitamin C, E, A i K, a također sadrži i mnoštvo minerala poput kalija kojeg ima najviše, zatim fosfora, kalcija, magnezija, željeza i cinka. U tablici 1. prikazan je prosječni kemijski sastav jabuka različitih sorti (FAOSTAT, 2022).

Tablica 1. Prosječni kemijski sastav u 100 g svježih jabuka (FAOSTAT, 2022)

Energija	52 kcal
Voda	85,6 g
Ugljikohidrati	13,8 g
Vlakna	2,4 g
Proteini	0,26 g
Ukupne masti	0,17 g

Kalij, K	107 mg
Fosfor, P	11 mg
Kalcij, Ca	6 mg
Magnezij, Mg	5 mg
Željezo, Fe	0,12 mg
Cink, Zn	0,04 mg
Vitamin C	4,6 mg
Vitamin E	0,18 mg
Vitamin A	3 µg
Vitamin K	2,2 µg

Na kemijski sastav jabuka utječe područje i način uzgoja, klimatski uvjeti od kojih posebni značaj ima temperatura, vrijeme i način sadnje i vrijeme berbe te drugi čimbenici. Također, kemijski se sastav razlikuje od sorte do sorte.

2.2. Minimalno procesirano voće i povrće

Minimalno procesirano voće i povrće odnosi se na svo voće i povrće koje je prošlo minimalni proces obrade (pranje, sortiranje, guljenje, rezanje, pakiranje) te je kao takvo fizički promijenjeno, ali termički je neobrađeno i ostaje svježije. Prema tome, takvo svježije rezano voće i povrće spremno je za izravnu konzumaciju i upotrebu bez potrebe za dodatnom pripremom ili preradom stoga posjeduje dodatnu vrijednost. Budući da procesi minimalne obrade ne uključuju operacije termičke obrade, tkivo tih plodova ostaje „živo“. Proizvodnja minimalno obrađenog svježeg voća i povrća predstavlja veliki izazov, a razlog tome je što se svježije rezano voće i povrće brže kvare od cjelovitog. Kvarenje je posljedica oštećenja stanica tkiva prilikom pripreme, točnije operacija kao što su guljenje i rezanje (Olivas i Barbosa-Cánovas, 2005). Glavni problemi koji se javljaju u proizvodnji minimalno procesiranog voća i povrća i koji ujedno ograničavaju rok trajanja istog su: disanje voća i povrća koje se nastavlja i nakon rezanja, posmeđivanje, mekšanje tkiva, proizvodnja etilena te kvarenje koje je uzrokovano aktivnošću mikroorganizama (Pasha i sur., 2014). Stoga je pri proizvodnji takvih proizvoda važno voditi računa o tehnikama obrade, načinu pakiranja i skladištenja, a sve u svrhu minimalizacije gubitka kvalitete, nutritivne vrijednosti te produženja roka valjanosti (Hussein i sur., 2015).

Cilj proizvodnje takve vrste proizvoda leži u njihovoj praktičnosti i lakoći konzumacije. Neki od najčešćih primjera minimalno procesiranog voća i povrća su voćne salate u čašicama i povrtna salate u vrećicama ili zdjelicama (Ansah i sur., 2018).

2.2.1. Minimalno procesirana jabuka

Svježije narezane jabuke (Slika 2.) vrlo su popularan primjer minimalno procesiranog voća zbog praktičnosti njihove konzumacije, no minimalna obrada može dovesti do pogoršanja njihove kvalitete (Qi i sur., 2011). Stoga je pri proizvodnji minimalno procesiranih jabuka važno izabrati odgovarajuću sortu, kao i mehanički te kemijski način obrade koji uključuje korištenje antimikrobnih tvari i tvari za inhibiciju posmeđivanja kao što su na primjer askorbinska i limunska kiselina. Također je važan ispravan odabir ambalaže, uvjeta pakiranja (vakuum ili modificirana atmosfera) i uvjeta skladištenja (temperatura i relativna vlažnost) (Lee i sur., 2003). Kako bi prevenirali i spriječili mikrobiološku kontaminaciju i kvarenje

minimalno procesirane jabuke važno je osigurati i pravilnu higijenu, stoga je potrebno uvesti sustav dobre proizvođačke prakse (eng. Good Manufacturing Practices (GMP) i kontrole kritičnih točaka (eng. Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) (Garcia i Barrett, 2005).

Proces proizvodnje minimalno procesiranih jabuka podijeljen je u nekoliko koraka, a započinje prijemom sirovine te skladištenjem na temperaturi od 0 do 4 °C do početka same obrade. Prvi korak uključuje pranje jabuka s ciljem uklanjanja vanjskih nečistoća, a ono se provodi namakanjem jabuka u bazene napunjene vodom te pranjem četkama i prskalicama. Budući da je površina jabuka glatka te ne dolazi do nakupljanja mikroorganizama i brojnih nečistoća, nije potrebno koristiti dezinficijense prilikom pranja (Garcia i Barrett, 2005). Sljedeći korak u proizvodnji minimalno procesiranih jabuka je guljenje i rezanje, no on ovisi o željama potrošača za krajnjim proizvodom. Provodi se na način da se kora odstranjuje pomoću posebnih uređaja za guljenje koji sadrže oštre noževe kako bi se smanjilo mehaničko oštećenje plodova s ciljem sprječavanja posmeđivanja. Nakon guljenja slijedi rezanje pri čemu se odstranjuje sjemena loža pri čemu je važna upotreba vrlo oštih noževa. Tako dobivene kriške jabuka podvrgavaju se sljedećem koraku obrade koji uključuje namakanje u otopine sredstava protiv posmeđivanja. Kao što je gore navedeno, najčešće su to otopine askorbinske i limunske kiseline, no u novije se vrijeme istražuje se primjena i drugih vrsta antimikrobnih tvari kao što su eterična ulja i fenolni ekstrakti (Škrtić, 2020.).



Slika 2. Minimalno procesirana jabuka (Anonymous 2, 2023)

2.2.2. Održivost minimalno procesirane jabuke

Pri proizvodnji minimalno procesiranog voća treba voditi brigu o brojnim parametrima kako bi se očuvala kvaliteta i produljila trajnost takvih proizvoda. Budući da jabuke pripadaju skupini klimakterijskog voća koje dozrijeva i nakon samog branja te podnosi dugotrajno skladištenje važno je odabrati odgovarajući trenutak berbe. Također, pogrešan prijevoz i čuvanje mogu utjecati na kvalitetu i svježinu sirovine. Neadekvatno branje i transport mogu biti uzrok mehaničkih oštećenja tkiva koji mogu dovesti do ubrzanog kvarenja jabuka tijekom skladištenja (Shahbaz i sur., 2022) što se negativno odražava i na kvalitetu minimalno procesiranih jabuka.

Glavni problem održivosti minimalno procesiranih jabuka je enzimsko posmeđivanje. Rezultat enzimskog posmeđivanja je gubitak funkcionalnih, nutritivnih i senzorskih svojstva prvenstveno promijene boje i okusa te i omekšavanja. Samo enzimsko posmeđivanje javlja se izlaganjem jabuka zraku nakon rezanja te ukoliko je došlo do mehaničkog oštećenja prilikom transporta. Polifenol oksidaza (PPO) i peroksidaza (POD) su glavni enzimi odgovorni za posmeđivanje. Oksidacija fenolnih spojeva u kinone koju uzrokuju navedeni enzimi i nastajanje melanoidnih pigmenta rezultiraju pojavom tamne boje (Jiang i sur., 2016). Razina PPO i POD varira u različitim vrstama voća, a njihov sadržaj se mijenja dozrijevanjem i starenjem ovisno o omjeru vezanih i topivih enzima. Enzimsko se posmeđivanje može kontrolirati raznim metodama koje mogu biti fizikalne i kemijske. Fizikalne metode uključuju smanjenje temperature i pravilno pakiranje, dok kemijske metode uključuju korištenje antioksidanasa i reducirajućih sredstava koji sprječavaju enzimsku aktivnost. Kemijske se metode temelje na inhibiciji enzima, prvenstveno PPO te na uklanjanju njihovih supstrata (Singh i sur., 2018; Garcia i Barrett, 2005).

2.3. Mirta

Mirta (*Myrtus communis* Linn.) je aromatična zimzelena biljka koja pripada porodici Myrtaceae koja obuhvaća 145 rodova i preko 5500 vrsta (Aleksic i sur., 2014). Obična ili prava mirta je 1597. godine predstavljena u Ujedinjenom Kraljevstvu, a 1753. godine opisao ju je Carl Linne. Međutim, u povijesti je poznata i ranije, u Bibliji te od strane Hipokrata,

Plinija, Dioskorida, Galena i brojnih drugih arapskih pisaca. Porijeklom je iz Južne Europe, Sjeverne Afrike i Zapadne Azije iz kojih je raširena na područje Južne Amerike, Sjeverozapadne Himalaje i Australije (Sumbul i sur., 2011)

Mirta je endemska voćna vrsta kojoj odgovara tropska klima, a također je rasprostranjena i na Mediteranu. Karakterizira ju zimzeleni višegodišnji grm ili stablo koje doseže visinu od 1,8 do 2,4 metra. Ima uspravno deblo čija je kora sivkasto-smeđe boje, a na kojem grane formiraju gustu kuglastu krošnjju. Krošnja sadrži aromatične, tamnozeleno, sjajne i kožaste listiće čija je prosječna duljina 3 cm (Sumbul i sur., 2011). Cvjetovi mirte zvjezdastog su oblika te aromatično slatkastog mirisa. Plod mirte je plavo do crno-ljubičaste boje (Slika 3), a postoje i bijeli varijeteti. Veličine je oko 1 cm i ovalnog je oblika te sadrži nekoliko sjemenki (4-12) različitih oblika koje čine oko 36,5 % ukupne mase ploda (Rahim i sur. 2012; Wannas i Marzouk 2016.).



Slika 3. *Myrtus communis* Linn, (Anonymous 3, 2023)

2.3.1. Kemijski sastav mirte

Plodovi mirte poznati su po visokom udjelu fenolnih spojeva, tanina, antioksidanasa, vitamina i vlakana, a zbog bogatog izvora minerala kao što su kalcij, magnezij, kalij i fosfor, predstavljaju važan sastojak hrane (Çakmak i sur. 2021.). Fenolni spojevi, flavonoidi i antocijani predstavljaju glave fitokemikalije u plodovima mirte, dok su sjemenke bogate uljem koje se sastoji od glicerida oleinske, linolne, miristinske, palmitinske, linolenske i laurinske kiseline (Sumbul i sur. 2011.). Serce i sur. (2010) dokazali su kako plodovi mirte sadrže 14 masnih kiselina pri čemu je oleinska kiselina dominantna (67,07 %), a slijede ju

palmitinska (10,24%) i stearinska (8,19 %). Također su ustvrdili da 73,68 % od ukupnog udjela masnih kiselina čine nezasićene masne kiseline, a 19,97 % čine zasićene masne kiseline. Plodovi mirte bogati su i organskim kiselinama od kojih su najzastupljenije limunska, askorbinska, vinska, taninska i jabučna kiselina. Njihova je koncentracija vrlo varijabilna, no dokazano je da značajan udio u plodovima mirte ima limunska kiselina čija se koncentracija kreće oko 120,0 – 1104,85 mg/100 g (Giampieri i sur. 2020; Fadda i sur. 2017.). Sastav listova mirte uključuje polifenolne spojeve i flavonoide čija koncentracija varira od 129,96 do 376,82 mg/g ovisno o sorti mirte i primijenjenim metodama ekstrakcije. Neki od glavnih fitokemikalija koje se nalaze u ekstraktima liste mirte su tanini, flavonoidi te fenolne kiseline (Giampieri i sur. 2020).

2.3.2. Upotreba i antimikrobno djelovanje mirte

Mirta je aromatična biljka koja se tradicionalno koristi u narodnoj medicini a služi kao lijek za brojne uobičajene bolesti. Također, različiti se dijelovi biljke koriste kako u prehrambenoj industriji, u proizvodnji začina za meso ili umaka, tako i u kozmetičkoj industriji (Sumbul i sur., 2011). Izvor je hranjivih tvari, fitokemikalija i antioksidansa te zbog toga ima istaknute antioksidacijske, protuupalne, antimikrobne te brojne druge biološke aktivnosti. Budući da sadrži antioksidanse koji štite od lipidne peroksidacije i neutraliziraju slobodne radikale, poželjna je njena upotreba u proizvodnji raznih prehrambenih proizvoda. Plodovi mirte to jest bobice se najčešće koriste u svrhu liječenja zubobolje, glavobolje, istegnuća, groznice, dijareja, problema s kožom te mučnine i povraćanja. Listovi mirte su korisni u borbi protiv bolesti jetre i želuca, hemeroida, ispadanja kose, opekline i herpesa. Antibakterijski potencijal ekstrakta listova i plodova mirte pokazan je na nekim Gram-pozitivnim i Gram-negativnim bakterijama kao što su *Bacillus subtilis*, *Listeria innocua*, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *P. vulgaris* (Amensour i sur. 2010.).

2.3.3. Upotreba biljnih ekstrakata u proizvodnji minimalno procesiranog voća

Primjena biljnih ekstrakata na svjetskom je tržištu sve poznatija. Jestivi ekstrakti biljnog porijekla imaju potencijal za primjenu na svježim proizvodima kako bi se poboljšala i održala njihova kvaliteta te produljio rok trajanja i upotrebna vrijednost. Ekstrakti biljnog porijekla predstavljaju prirodne konzervanse i smatraju se mogućom zamjenom za opasne sintetičke

kemijske konzervanse, posebno u suzbijanju bolesti nakon berbe i održavanju kvalitete nakon berbe. Biljni ekstrakti ne štete kvaliteti proizvoda niti zdravlju ljudi. Koriste se kao dodatak u prehrambenoj industriji zbog prisutnih bioaktivnih komponenti poput polifenola i karotenoida koji imaju antimikrobna i antioksidacijska svojstva, sprječavaju razvoj neželjenih okusa i povećavaju stabilnost boje i rok trajanja proizvoda (Shahbaz i sur., 2022).

Rezultati istraživanja Liu i sur. (2019) pokazali su kako biljni ekstrakt *Portulaca oleracea L.* može učinkovito inhibirati posmeđivanje svježe rezanih kriški krumpira pri čemu je došlo do inhibicije aktivnosti PPO i POD tijekom cijelog perioda skladištenja.

Zappia i sur. (2023) proveli su istraživanje u kojem je cilj bio odrediti utjecaj ekstrakta dobivenog iz nusprodukata obrade limuna (korica, pulpa, sjemenke) na produljenje roka trajanja minimalno procesiranih rotkvica. Rezultati su pokazali da je ekstrakt limuna usporio proces respiracije rotkvice s manjim varijacijama u promjeni boje i smanjenim vrijednostima ukupnog broja aerobnih mezofilnih mikroorganizama. Time je dokazana učinkovitost ekstrakta limuna kao dodatne komponente za produljenje roka trajanja minimalno obrađenog povrća jer su uzorci bez ekstrakta pokazali jasan razvoj truljenja u odnosu na one tretirane ekstraktom.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Materijali

3.1.1. Sirovine

Za provedbu ovog istraživanja korištena je jabuka sorte Cripps Pink koja je tretirana vodenim otopinama fenolnog ekstrakta mirte različitih koncentracija.

3.1.2. Aparatura i pribor

- Plastične posude s poklopcima
- Daska za rezanje
- Nož za rezanje
- Papirnati ubrusi
- Menzura (1 L)
- Pipeta (1 mL)
- Kapaljka
- Laboratorijske čaše (500 mL, 150 mL, 25mL)
- Falcon epruvete
- Kolorimetar (Konica-Minolta, Japan)
- Ultrazvučni homogenizator (IKA T25 digital ULTRA TURBAX)
- Uređaj za vakuumiranje (FFS015/X, FoodSaver)
- Vrećice za pakiranje u vakuum (dvoslojne poliamidne/polietilenske vrećice; rebrasti sloj PA 30 μm /PE 70 μm , glatki sloj PA 30 μm /PE 100 μm , Status d.o.o. Metlika, Slovenija)
- Refraktometar (Pocket, ATAGO 1940Tokyo)
- pH metar (SI Analytics, Lab 850)

3.2. Metode

3.2.1. Priprema minimalno procesirane jabuke i fenolnog ekstrakta mirte

Priprema je započela pranjem i površinskim sušenjem jabuka. U svrhu uspješnije provedbe rezanja jabuke u preliminarnom istraživanju uspoređena su dva načina rezanja i to rezačicom za jabuke, te običnim ali vrlo oštrim nožem. Nakon rezanja jabuke su ostavljene 15 min na zraku kako bi se provjerio i odabrao uspješniji način rezanja pri kojem je posmeđivanje

manje izraženo. Budući da se oštar nož pokazao kao bolja opcija, jabuke su za ovo istraživanje narezane pomoću oštrog noža na 8 kriški pri čemu se odstranila sjemena loža. Dobivene kriške tretirane su vodenom otopinom fenolnog ekstrakta mirte. Ekstrakt mirte dobiven je iz lista mirte, ekstrakcijom u tresilici 30 minuta na 60°C, s vodom kao otapalom. Nakon ekstrakcije, ekstrakt je uparen u vakuum koncentratoru do koncentracije fenola od 188 mg/ml. Udio fenola određen je spektrofotometrijski. Koncentracije otopina koje su korištene za provedbu istraživanja su: 0 mg/L (kontrolna skupina), 25 mg/L, 75 mg/L, 125 mg/L i 175 mg/L. Otopine su dobivene na način da su pripremljene zadane koncentracije fenolnog ekstrakta u 1,5 L destilirane vode. Za uzorke su se koristile pripadajuće oznake: E-0, E-25, E-75, E-125 te E-175. Težinski omjer kriški jabuka i otopine bio je 1:1, a u svakoj otopini jabuke su tretirane 15 minuta u zatvorenoj posudi uz neprestano lagano miješanje. Zatim su kriške ocijeđene i osušene papirnatim ubrusom te pakirane u vrećice koje su vakuumirane uređajem za vakuumiranje. Dvije su se kriške odvajale pomoću pincete prethodno pobrisane vatom natopljenom etanolom i lagano izložene plamenu te posebno pakirale u vakuumu u svrhu provedbe mikrobiološke analize tijekom skladištenja. Ostale kriške također su pakirane u vakuumu u svrhu praćenja utjecaja skladištenja na parametre boje, pH, topljive suhe tvari te senzorskih svojstva. Pripremljeni uzorci skladišteni su u hladnjaku pri temperaturi 4-6 °C. Analize uzoraka provedene su nulti, prvi, treći, sedmi i deseti dan skladištenja.

3.2.2. Mikrobiološka analiza

Mikrobiološka analiza provedena je prema normi HRN EN ISO 4833-1:2013 kako bi se odredio ukupni broj aerobnih mezofilnih bakterija (AMB). Uzorak od 10 g miješa se s 90 mL fiziološke otopine peptona u sterilnoj vrećici te se homogenizira jednu minutu pomoću Stomacher uređaja. Zatim se uzorak nanosi na agar ploču za brojanje mikroorganizama (Biolife, Milan, Italija) koja se inkubira pri 30 ± 1 °C tijekom 72 ± 3 sata. Kolonije mikroorganizama se prebrojavaju pomoću brojača kolonija, a dobivene vrijednosti izražavaju se kao CFU vrijednost (eng. Colony-Forming Units).

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

3.2.3. Mjerenje boje metodom CIELAB

CIELAB (Commission Internationale de L'Eclairage – Međunarodna komisija za regulaciju svjetla) ili CIE $L^* a^* b^*$ sustav je trodimenzionalni prostor boja koji sadrži tri osi. Vrijednost L^* (eng. Lightness) je os koja predstavlja svjetloću boje to jest luminanciju i na dijagramu prostora boje je prikazana na vertikalnoj osi s vrijednostima koje sežu od $L^* = 0$ koja predstavlja apsolutno crno obojenje do vrijednosti $L^* = 100$ koja predstavlja apsolutno bijelo obojenje. Vrijednost a^* označava crvene i zelene komponente, pri čemu negativna a^* vrijednost označava zelenu komponentu dok pozitivna a^* vrijednost označava crvenu. Vrijednost b^* prikazuje odnos žute i plave komponente pri čemu negativna b^* vrijednost označava plavu, a pozitivna b^* vrijednost označava žutu boju. U središtu ravnine je neutralna ili akromatska boja čiji se intenzitet povećava udaljavanjem od centra. Udaljenost od središnje osi predstavlja vrijednost C^* (eng. Saturation) tj. intenzitet boje ili zasićenost boje. Niže vrijednosti parametra C^* ukazuju na nižu čistoću boje odnosno na pastelnije nijanse, dok više vrijednosti C^* parametra ukazuju na jarkije boje. Vrijednost H^* (eng. Hue angle) označava ton boje tj. nijansu boje. Vrijednosti C^* i H^* računaju se pomoću izmjerenih vrijednosti a^* i b^* prikazanih na dijagramu (slika 4). Također se pomoću parametara L^* , a^* i b^* može izračunati ΔE^* kojim se izražava ukupna razlika obojenosti (Manolita K, 2007; Ly i sur.,2020).



Slika 4. $L^* a^* b^*$ dijagram kromatičnosti prostora boje (Ly i sur.,2020; Manolita K, 2007)

Postupak određivanja boje započinje kalibracijom kolorimetra. Kalibracija se provodi

koristeći crni valjak te bijeli standard. Nakon odrađene kalibracije moguće je provesti mjerenja boje na uzorcima. Kriške jabuke stavljaju se na otvor uređaja koji odašilje svjetlo te uređaj sam mjeri parametre, a podatke izravno šalje na računalo na koji je spojen. Za svaku krišku jabuke provode se tri mjerenja. Dobiveni podaci generiraju se u excel tablice. Iz dobivenih vrijednosti L^* , a^* i b^* parametara moguće je izračunati C^* , H^* i ΔE^* prema formulama:

$$\text{Vrijednost } C^* : C^* = \sqrt{(a)^2 + (b)^2}$$

$$\text{Vrijednost } H^* : H^* = \text{tg} \left(\frac{a}{b} \right).$$

$$\text{Vrijednost } \Delta E^* : \Delta E^* = \sqrt{(L - L_{ref})^2 + (a - a_{ref})^2 + (b - b_{ref})^2}$$

3.2.4. Mjerenje pH

pH vrijednosti uzoraka određuju se pomoću pH metra koji pH vrijednost mjeri pomoću kombinirane pH elektrode. Kako bi elektroda pH metra ostala očuvana konstantno mora biti uronjena u referentni elektrolit. Prije upotrebe potrebno je elektrodu isprati destiliranom vodom i pričekati da se vrijednosti pH stabilizira. Nakon toga elektroda se uranja u uzorak te započinje mjerenje pH vrijednosti prethodno pripremljenih uzoraka. Kako bi se pH jabuke mogao izmjeriti, analiziranu krišku je potrebno samljeti i pretvoriti u kašu. Za usitnjavanje uzorka koristili smo ultrazvučni homogenizator (IKA T25 digital ULTRA TURBAX). Za svaki su se uzorak provela dva mjerenja.

3.2.5. Mjerenje topljive suhe tvari

Vrijednosti topljive suhe tvari (TST) određena je refraktometrom (Pocket, ATAGO 1940Tokyo). Refraktometar je mjerni instrument kojim se određuje indeks loma svjetlosti. Mjerenje se provodilo na način da je uređaj najprije kalibrirani destiliranom vodom. Kao i za mjerenje pH vrijednosti uzorak je potrebno usitniti. Uzorci su pomoću kapaljke stavljeni na prizmu instrumenta te su se za svaki uzorak provodila dva mjerenja. TST se izražava u °Brix.

3.2.6. Metoda određivanja senzorskih svojstava

Senzorska analiza uzorka provedena je kvantitativnom deskriptivnom metodom. U provedbi senzorske analize sudjelovalo je 6 panelista različite životne dobi. Analiza se provodila multi,

prvi, treći, sedmi i deseti dan skladištenja u laboratoriju pri sobnoj temperaturi. Svojstva određivana analizom su boja koja se odnosila na posmeđivanje uzoraka, miris koji je uključivao miris jabuke, mirte i ukoliko ima prisutnih nekih stranih mirisa, tekstura u koju se ubraja vlažnost opipom, tvrdoća opipom, tvrdoća jelom te hrskavost-sočnost jelom. Također se određivao i okus uzorka koji se odnosio na okus same jabuke, zatim mirte te na njihovu harmoničnost. Ocjenjivala se i slatkoća odnosno kiselost te strani okus ukoliko je prisutan. Posljednja ocjena odnosila se na opću prihvaćenost samog uzorka. Za ocjenjivanje navedenih svojstava koristila se skala od 0 do 5 pri čemu je 0 označavala neizraženo svojstvo, 1 jako slabo izraženo svojstvo, 2 slabo izraženo svojstvo, 3 srednje izraženo svojstvo, 4 izraženo svojstvo te 5 jako izraženo svojstvo.

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Mikrobiološka ispravnost

Slika 5 prikazuje rezultate mikrobiološke analize ukupnog broja AMB prisutnih na uzorcima MPJ tijekom cijelog perioda skladištenja. Rezultati jasno pokazuju da nema jasnog trenda promjena ukupnog broja AMB, neovisno o primijenjenim koncentracijama fenolnog ekstrakta mirte i duljini skladištenja. No, primjećuje se da je 10. dan zabilježen porast ukupnog broja AMB u odnosu na prvi dan mikrobiološke analize u većini uzoraka. Iz prikupljenih rezultata vidljivo je da je primjena koncentracije od 125 i 175 mg/L fenolnog ekstrakta mirte pokazala najbolji učinak na smanjenje ukupnog broja AMB u usporedbi s kontrolnim uzorkom i uzorcima tretiranim drugim koncentracijama, jer je u tim uzorcima određena u prosjeku najniža vrijednost AMB. Unatoč trendu povećanja ukupnog broja AMB tijekom skladištenja, može se zaključiti da fenolni ekstrakt mirte ipak pokazuje određeni antimikrobni učinak, jer je u prosjeku broj AMB bio najveći u kontrolnom uzorku. Ipak, sve izmjerene vrijednosti AMB ostaju niske i znatno ispod granične vrijednosti od 5 log CFU/g, kako je propisano Vodičem za mikrobiološke kriterije za hranu.

Solís-Contreras i sur. (2021) proveli su istraživanje u kojem su analizirali prisutnost ukupnog broja AMB na jabukama koje su bile podvrgnute tretmanu bioaktivnim premazom u kombinaciji s eteričnim uljem cimeta. Rezultati su pokazali da je taj tretman imao pozitivan učinak na smanjenje ukupnog broja AMB na jabukama u usporedbi s netretiranim uzorcima. Međutim, kako su jabuke starije, broj bakterija se povećavao, iako je tretirani uzorak i dalje zadržavao niži ukupni broj bakterija u odnosu na kontrolni uzorak.



Slika 5. Ukupni broj AMB minimalno procesirane jabuke tretirane fenolnim ekstraktom mirte različitih koncentracija tijekom deset dana skladištenja

4.2. Parametri boje određeni CIELAB metodom

Iz rezultata prikazanih u tablici 2 dobivenih određivanjem parametara boje pomoću kolorimetra vidljivo je kako se vrijednosti L^* parametra kreću od minimalne koja iznosi 70,9 do maksimalne koja iznosi 79,47. Nultog dana skladištenja vidljiv je porast vrijednosti L^* parametra povećanjem koncentracije fenolnog ekstrakta mirte. Izuzetak je uzorak jabuke E-125 čija je vrijednost L^* parametra približna vrijednosti L^* parametra netretirane kriške jabuke. Promatrajući dobivene rezultate L^* parametra tijekom ostalih dana skladištenja vidljivo je kako povećanjem koncentracije fenolnog ekstrakta mirte uglavnom dolazi do povećanja L^* parametra uz nekoliko izuzetaka kao što su uzorci jabuka E-25 7. dana skladištenja i E-175 10. dana skladištenja. Budući da se za pripremu uzoraka i tretiranje različitim koncentracijama ekstrakta nije koristio jedan plod jabuke, već više njih, do spomenutih odstupanja je vjerojatno došlo uslijed različitog intenziteta obojenja pojedinih kriški jabuke i prije samog tretiranja ekstraktima. S obzirom na to da odstupanja nisu velika, da je primjetan porast vrijednosti parametra L^* s primijenjenom koncentracijom što je vidljivo na slici 6, te da je u prosjeku najniža L^* vrijednost određena u uzorku E-25, može se zaključiti da upotrebljeni ekstrakt kod viših koncentracija uspješno sprječava posmeđivanje uzoraka.

Vrijednosti parametara a^* su za sve uzorke pozitivne što ukazuje na prisutnost crvenih tonova ali, dobivene vrijednosti izrazito su niske i kreću se od 0,17 do 2,86. Usporedbom vrijednosti parametra a^* kontrolnih uzoraka u odnosu na tretirane, tijekom svih dana skladištenja, vidljivo je kako se one ne razlikuju mnogo. Nultog dana skladištenja vidljiv je pad vrijednosti a^* parametra povećanjem koncentracije fenolnog ekstrakta mirte. Promatrajući dobivene rezultate a^* parametra tijekom ostalih dana skladištenja vidljivo je kako povećanjem koncentracije fenolnog ekstrakta mirte dolazi do pada vrijednosti a^* parametra uz iznimku uzorka E-25 sedmog dana skladištenja za koji rezultat iznosi 2,08. No, nije primijećena konzistencija u padu ili porastu vrijednosti za uzorke tretirane istom koncentracijom tijekom cijelog perioda skladištenja. Najniže prosječne vrijednosti određene su u uzorcima E-125 i E-175.

Vrijednosti parametara b^* ukazuju na odnos žute i plave komponente, a budući da su sve izmjerene vrijednosti b^* pozitivne može se zaključiti da je prisutna isključivo žuta komponenta. Dobivene vrijednosti kreću se u rasponu od 20,89 do 27,61. Vrijednosti b^* parametara netretiranih uzoraka jabuke se ne razlikuju u odnosu na tretirane. Također, uspoređujući rezultate nultog dana skladištenja vidljivo je kako nema jasnog trenda porasta ili pada vrijednosti s povećanjem koncentracije fenolnog ekstrakta mirte. Jednako vrijedi i za rezultate dobivene tijekom ostalih dana skladištenja.

Vrijednosti C^* kreću se u rasponu od 20,89 do 27,70 te budući da su niske ukazuju na nisku zasićenost bojom. Dok vrijednosti H^* ukazuju na žute nijanse te se kreću u rasponu od 83,81 do 89,57.

Dobivene vrijednosti za parametre boje su u skladu sa literaturnim podacima. U istraživanju Madureira i sur. (2023) određivana je promjena boje Royal Gala sorte jabuke tijekom 12 dana skladištenja i prosječna L^* vrijednosti iznosila je $75,72 \pm 0,39$, C^* $28,72 \pm 0,43$ i H^* $90,47 \pm 0,3$. Uspoređujući rezultate s podacima istraživanja Brunović (2022) u kojem je određivana promjena boje Cripps Pink sorte jabuke tretirane eteričnim uljem lovora tijekom 10 dana skladištenja također je vidljiv porast vrijednosti L^* parametra tijekom skladištenja povećanjem koncentracije eteričnog ulja, iz čega se zaključuje da je došlo do uspješnog sprječavanja posmeđivanja uzoraka.

Tablica 2. Parametari boje minimalno procesirane jabuke tretirane fenolnim ekstraktom mirte različitih koncentracija tijekom deset dana skladištenja

Oznaka uzorka	Parametri boje				
	L^*	a^*	b^*	C^*	H^*
E-0 (0)	75,16±1,31	2,22±0,73	23,00±0,42	23,12±0,48	84,52±1,72
E-0 (1)	76,15±2,74	1,42±0,97	23,62±1,96	23,68±1,98	86,60±2,19
E-0 (3)	73,41±1,97	2,86±0,55	26,35±0,62	26,51±0,67	83,81±1,07
E-0 (7)	77,41±0,79	0,49±0,26	24,16±0,92	24,17±0,91	88,82±0,68
E-0 (10)	76,99±2,33	1,53±1,00	25,09±1,21	25,15±1,24	86,56±2,21
E-25 (0)	76,09±1,39	1,14±0,44	23,72±1,19	23,75±1,20	87,27±0,97
E-25 (1)	77,79±2,54	1,35±0,90	23,20±1,10	23,25±1,15	86,73±2,08
E-25 (3)	77,11±1,22	0,6±0,17	23,66±0,35	23,67±0,35	88,55±0,42
E-25 (7)	70,9±2,98	2,08±1,18	27,61±3,40	27,70±3,46	85,85±2,04
E-25 (10)	77,12±2,70	1,39±0,94	25,3±1,54	25,33±1,57	86,99±1,99
E-75 (0)	76,72±0,77	0,5±0,26	22,63±2,84	22,63±2,85	88,84±0,60
E-75 (1)	76,51±1,76	1,34±0,81	23,20±1,59	23,25±1,63	86,79±1,84
E-75 (3)	79,47±0,84	0,47±0,56	22,88±1,69	22,89±1,71	88,88±1,29
E-75 (7)	79,16±2,26	1,12±0,16	24,94±1,30	24,97±1,31	87,44±0,26
E-75 (10)	77,34±1,20	0,84±0,52	22,82±0,29	22,84±0,29	87,89±1,30
E-125 (0)	75,11±0,52	0,63±0,20	24,25±1,91	24,26±1,92	88,53±0,35
E-125 (1)	76,16±2,64	1,64±0,35	26,48±2,38	26,51±2,40	86,60±0,9
E-125 (3)	76,31±0,99	0,57±0,21	25,13±1,70	25,14±1,71	88,72±0,40
E-125 (7)	79,96±1,11	0,17±0,12	22,09±2,01	22,09±2,01	89,57±0,31
E-125 (10)	78,78±0,68	0,22±0,26	22,74±0,60	22,75±0,60	89,44±0,57
E-175 (0)	78,41±1,91	0,33±0,30	20,89±0,33	20,89±0,33	89,17±0,73
E-175 (1)	78,70±0,58	0,38±0,35	27,07±0,94	27,07±0,94	89,20±0,75
E-175 (3)	79,86±1,29	0,33±0,3	22,42±0,64	22,42±0,64	89,17±0,73
E-175 (7)	77,51±1,05	0,73±0,33	23,97±0,62	23,99±0,61	88,24±0,83
E-175 (10)	74,50±0,46	1,61±0,26	26,47±0,86	26,52±0,86	86,51±0,58

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna devijacija.



Slika 6. Prosječne vrijednosti L^* parametra minimalno procesirane jabuke tretirane fenolnim ekstraktom mirte različitih koncentracija tijekom deset dana skladištenja

4.3. Rezultati mjerenja pH

Na slici 7 prikazani su rezultati mjerenja pH vrijednosti uzoraka jabuka tijekom 10 dana skladištenja. Kiselost jabuka ključna je komponenta koja pridonosi harmoničnosti okusa prilikom konzumacije. Osim što utječe na ukupan okus, važna je i za percepciju drugih okusnih karakteristika poput slatkoće i arome samog ploda, pa samim time utječe na zadovoljstvo potrošača (Harker i sur., 2003; Moriya i sur., 2012). Jabučna kiselina dominantna je kiselina koja je prisutna u zrelih plodovima jabuke čiji udio čini čak i do 90% od ukupnih organskih kiselina (Wu i sur., 2007). Zbog njezina visokog udjela pH vrijednosti plodova jabuke kreću se u rasponu od 3 do 4,5 (Hou i sur., 2018). Iz dobivenih rezultata prikazanih na slici 7 vidi se da se dobivene pH vrijednosti uglavnom kreću od pH 3,54 do 4,17. U prosjeku pH vrijednost se smanjuje s porastom koncentracije fenolnog ekstrakta mirte, a povećava s trajanjem skladištenja. Najveći skok pH vrijednosti zabilježen je sedmog dana skladištenja u kontrolnom uzorku, dok najveću stabilnost imaju uzorci tretirani fenolnim ekstraktom mirte čija je koncentracija iznosila 125 mg/L i u njima se pH kretao između 3,62 i 3,81.

Kumar i sur. (2021) istraživali su utjecaj jestivog premaza kitosana-pululana obogaćenog ekstraktom kore nara na trajnost manga tijekom 18 dana skladištenja pri sobnoj temperaturi

(23°C) i hladnim uvjetima (4°C). i također su zabilježili blagi porast pH vrijednosti tretiranih uzoraka tijekom cijelog perioda skladištenja.

Nasuprot tome, Han i sur. (2023) utvrdili su da tijekom skladištenja dolazi do značajnog smanjenja udjela jabučne kiseline što je bio i razlog smanjenja ukupne kiselosti u sokovima jabuka.



Slika 7. Rezultati pH vrijednosti minimalno procesirane jabuke tretirane fenolnim ekstraktom mirte različitih koncentracija tijekom deset dana skladištenja. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost \pm standardna devijacija.

4.4. Rezultati mjerenja topljive suhe tvari

Topljiva suha tvar je parametar koji predstavlja ključni faktor pri procjeni kvalitete voća i ukazuje na količinu prisutnih topivih tvari. Vrijednost TST direktno utječe na okus voća pružajući naznaku o njegovoj slatkoći. Vrijednosti TST prvenstveno se određuju na temelju ukupnog sadržaja šećera uz manji doprinos topljivih proteina, aminokiselina i drugih organskih tvari (Kusumiyati i sur., 2020). Iz dobivenih rezultata prikazanih na slici 8 može se uočiti da najniža izmjerena vrijednost TST parametra iznosi 7,95 za uzorak E-75 3. dan mjerenja dok najviša iznosi 10,65 za uzorak E-125 nultog dana mjerenja. Povećanjem broja dana skladištenja dolazi do pada vrijednosti TST u odnosu na izmjerene vrijednosti nultog dana skladištenja. No, s obzirom na malu razliku u rasponu najniže i najviše vrijednosti

parametra, vidljivo je kako fenolni ekstrakt mirte nema izraziti utjecaj na promjenu TST. Također je vidljivo da je udio TST uglavnom najmanji u kontrolnim uzorcima i uzorcima E-125. Osim toga može se primijetiti kako trećeg dana skladištenja dolazi do pada vrijednosti TST nakon čega u svim tretiranim uzorcima dolazi do ponovnog blagog porasta vrijednosti. Jedino je za E-0 uzorke zabilježen konstantni pad vrijednosti.

Seddiek i sur. (2022) su proveli istraživanje u kojem su određivali utjecaj prirodnih biljnih ekstrakata iz lišća guave i kore nara na rok trajanja narezanih jabuka tijekom skladištenja u hladnim uvjetima. Rezultati istraživanja vezani za vrijednosti TST pokazali su kako je tijekom skladištenja došlo do povećanja topljive suhe tvari u svim uzorcima. Kumar i sur. (2023) istraživali su utjecaj različitih koncentracija jestivog premaza ksantan gume obogaćenog ekstraktom ljuske nara na fizikalno-kemijska svojstva manga. Rezultati su pokazali kako je TST kontrolnih uzoraka dosegla značajan porast tijekom perioda skladištenja, dok su s druge strane tretmani tretirani premazom značajno odgodili porast TST tijekom vremena skladištenja. Tijekom skladištenja sadržaj šećera u voću ima tendenciju povećanja zbog procesa zrenja, ali može doći i do smanjenja sadržaja šećera zbog uporabe šećera za disanje voća i aktivnosti mikroorganizama (Salsabiela i sur. 2022).



Slika 8. Vrijednosti topljive suhe tvari minimalno procesirane jabuke tretirane fenolnim ekstraktom mirte različitih koncentracija tijekom deset dana skladištenja. Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost \pm standardna devijacija

4.5. Senzorska analiza

Slika 9 prikazuje kriške MPJ tijekom deset dana skladištenja. Nije primijećena značajna promjena boje uzoraka tijekom cijelog perioda skladištenja. Također, primjena fenolnog ekstrakta mirte nije uzrokovala primjetno posmeđivanje uzoraka. Najveća zabilježena promjena je za uzorke E-25 koji su senzorski ocjenjeni s ocjenom 2 sedmog dana skladištenja. U svim uzorcima uključujući i kontrolne zabilježena je najmanja promjena boje nultog i prvog dana skladištenja što je vidljivo i prema ocjenama dodijeljenim od strane panelista, a koje su iznosile 0 i 1. Iz toga se može zaključiti da sami tretman fenolnim ekstraktom mirte neovisno o koncentraciji ne utječe na promjenu boje.



Slika 9. Kriške minimalno procesirane jabuke tretirane fenolnim ekstraktom mirte različitih koncentracija tijekom deset dana skladištenja (vlastita fotografija)

Analizom senzorskih karakteristika vidljivo je kako nultog dana koncentracija fenolnog ekstrakta nije imala primjetan utjecaj na senzorska svojstva uzoraka jabuke u usporedbi s kontrolnim uzorcima. Također, vidljiva je visoka stabilnost svih senzorskih parametara kroz cijeli period skladištenja. Uspoređujući rezultate prikazane na slikama 10, 11, 12, 13 i 14 vidljivo je kako vrijednosti parametra teksture koji uključuju tvrdoću jelom i hrskavost blago padaju porastom dana skladištenja i to za uzorke E-0 (7) (Slika 13.), te za sve tretirane uzorke desetog dana skladištenja (Slika 14.). Parametri okusa su također usklađeni tijekom cijelog perioda skladištenja. Također, vidljivo je kako visoke koncentracije fenolnog ekstrakta mirte nisu negativno utjecale na harmoničnost okusa. Iz rezultata dobivenih senzorskom analizom vidljivo je kako vrijednosti za parametar posmeđivanja rastu povećanjem dana skladištenja. Najveće ocjene za posmeđivanje zabilježene su za uzorak E-25 sedmog (Slika 13.) i desetog (Slika 14.) dana skladištenja. Dok su najmanje ocjene zabilježene za uzorak E-175 prvog (Slika 11.) i trećeg (Slika 12.) Ocjene za opću prihvaćenost jabuka su tijekom cijelog perioda skladištenja visoke čak i za uzorke E-0 i E-25 desetog dana skladištenja gdje prosječne ocjene za opću prihvaćenost uzoraka najniže i iznose 4,08 za uzorak E-0 i 4,25 za E-25.



Slika 10. Rezultati senzorske analize minimalno procesirane jabuke tretirane fenolnim ekstraktom mirte nultog dana skladištenja



Slika 11. Rezultati senzorske analize minimalno procesirane jabuke tretirane fenolnim ekstraktom mirte prvog dana skladištenja



Slika 12. Rezultati senzorske analize minimalno procesirane jabuke tretirane fenolnim ekstraktom mirte trećeg dana skladištenja



Slika 13. Rezultati senzorske analize minimalno procesirane jabuke tretirane fenolnim ekstraktom mirte sedmog dana skladištenja



Slika 14. Rezultati senzorske analize minimalno procesirane jabuke tretirane fenolnim ekstraktom mirte desetog dana skladištenja

Uspoređujući dobivene rezultate za uzorke tretirane istom koncentracijom tijekom različitih dana skladištenja vidljivo je kako ocjene senzorske analize padaju povećanjem dana skladištenja i to kod svih korištenih koncentracija. Najveće oscilacije ocjena za kvalitetu parametara vidljive su kod kontrolnih uzoraka. Prema tome, uspoređujući rezultate tretiranih

uzoraka u odnosu na kontrolne uzorke, vidljivo je kako fenolni ekstrakt mirte pozitivno utječe na očuvanje kvalitete same jabuke i to posebice u koncentracijama od 125mg/L i 175mg/L.

Bernal-Mercado i sur. (2018) ocjenjivali su minimalno procesirani mango tretiran ekstraktom sjemenki manga. Učinak ekstrakta sjemenki manga na ukupnu prihvatljivost svježe rezanog manga tijekom desetodnevnog skladištenja pokazao je kako za parametar mirisa nema većih razlika između tretmana. Parametar boje mijenjao se povećanjem koncentracije ekstrakta što je uzrokovalo pad zadovoljstva panelista. Analizom parametara okusa ustvrdilo se veće zadovoljstvo uzorcima tretiranim nižim koncentracijama ekstrakta. Ocjenom opće prihvaćenosti utvrđeno je da su svi tretmani ocjenjeni s „umjereno sviđa“.

Alqahtani i sur. (2023) su proveli istraživanje u kojem su senzorski ocjenjivali plodove datulja tretirane ekstraktom kore nara i mliječnom kiselinom s ciljem procjenjivanja njihove prihvatljivosti i percepcije potrošača. Dobiveni rezultati pokazali su kako su datulje tretirane ekstraktom kore nara dobile više ocijene za izgled sve do kraja skladištenja u odnosu na datulje tretirane drugim tretmanom. Slično tome, ocjene mirisa i okusa smanjivale su se vremenom skladištenja, pri čemu je najveći pad zabilježen za kontrolne uzorke, dok su uzorci tretirani ekstraktom imali najmanji pad.

Prema navedenom istraživanju zaključuje se kako primjena fenolnog ekstrakta pozitivno utječe na senzorska svojstva jabuka s obzirom na to da su rezultati opće prihvaćenosti visoko ocjenjeni. Također je i parametar harmoničnosti minimalno procesirane jabuke visoko ocjenjen iz čega se zaključuje kako tretman fenolnim ekstraktom mirte nije imao prevladavajući učinak u okusu i mirisu jabuke.

5. ZAKLJUČCI

1. Tretman s fenolnim ekstraktom mirte ukazuje na određeni antimikrobni učinak obzirom da se s koncentracijom 125 i 175 mg/L postiže najveće smanjenje ukupnog broja AMB u odnosu na kontrolni uzorak. Iako je u prosjeku broj AMB u kontrolnim uzorcima veći u odnosu na tretirane uzorke sve izmjerene vrijednosti ne premašuju propisanu graničnu vrijednost od 5 log CFU/g, definiranu Vodičem za mikrobiološke kriterije za hranu.
2. Tretman jabuka s fenolnim ekstraktom mirte doprinosi sprječavanju promjene boje uzoraka. Raspon rezultata pokazao je da je kontrolna skupina imala nižu prosječnu vrijednost parametara L^* (75,82) u usporedbi s tretiranim uzorcima pri višim koncentracijama, pri čemu je najviša prosječna vrijednost bila za uzorke E-75 i E-175 (77,8).
3. pH vrijednost uzoraka kretala se u rasponu od 3,54 do 4,17 i uglavnom je imala trend porasta tijekom skladištenja, a najmanji je bio u uzorcima tretiranim fenolnim ekstraktom mirte koncentracije 125 mg/L, gdje se pH vrijednost kretala između 3,62 i 3,81.
4. Tijekom razdoblja skladištenja zabilježen je pad vrijednosti TST kako u kontrolnim tako i u tretiranim uzorcima u usporedbi s nultim danom skladištenja, ali bez jasnog utjecaja koncentracije fenolnog ekstrakta. Raspon vrijednosti topljive suhe tvari kretao se od 7,95 do 10,65 °Brix .
5. Senzorska analiza pokazala je kako tretman fenolnim ekstraktom mirte nije imao negativan utjecaj na promjenu okusa i mirisa jabuke, te da je harmoničnost u svim uzorcima visoko ocijenjena, a uzorci E-125 i E-175 pokazali su se najboljima zbog najviše dobivene ocjene. Tretman fenolnim ekstraktom mirte imao je pozitivan utjecaj i na teksturu jabuke.
6. Primijenjeni tretman minimalno procesirane jabuke s fenolnim ekstraktom mirte posebice s koncentracijom 125 i 175 mg/L pokazao se uspješnim obzirom na parametre kvalitete, te mikrobiološku i senzorsku analizu pri čemu je dobiven je zdravstveno ispravan inovativan proizvod obogaćenog okusa.

6. POPIS LITERATURE

1. Aleksic V, Knezevic P (2014) Antimicrobial and antioxidative activity of extracts and essential oils of *Myrtus communis* L. *Microbiological research*, **169**,240-254.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501313001766>
2. Alqahtani NK, Alnemr TM, Ali SA (2023) Effects of Pomegranate Peel Extract and/or Lactic Acid as Natural Preservatives on Physicochemical, Microbiological Properties, Antioxidant Activity, and Storage Stability of Khalal Barhi Date Fruits. *Foods* **12**,1160. <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/6/1160>
3. Amensour M, Sánchez-Zapata E, Abrini J, Sendra E, Navarro C, Fernández-López J (2010) Estabilidad del color en salchichas de pollo tipo Frankfurt adicionadas con extracto acuoso de hoja de *Myrtus communis*. *Óptica pura y aplicada* **43**,251-257.
https://www.sedoptica.es/Menu_Volumenes/Pdfs/OPA43-4-251.pdf
4. Anonymous 1, <http://www.botanic.hr/>
5. Anonymous 2, <https://healthyfamilyproject.com/how-to-keep-apples-from-browning/>
6. Anonymous 3, <https://www.botanic.jp/plants-ka/ginbai.htm>
7. Ansah FA, Amodio ML, Colelli G (2018) Quality of fresh-cut products as affected by harvest and postharvest operations. *J. Sci. Food Agric* **98**, 3614-3626.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.8885>
8. Bernal-Mercado AT, Ayala-Zavala JF, Cruz-Valenzuela MR, Gonzalez-Aguilar GA, Nazzaro F, Fratianni F, Alcantara de Miranda MR, Silva-Espinoza BA (2018) Using sensory evaluation to determine the highest acceptable concentration of mango seed extract as antibacterial and antioxidant agent in fresh-cut mango. *Foods* **7**,120.
<https://www.mdpi.com/2304-8158/7/8/120>
9. Brunović B (2022) *Stabilnost minimalno procesirane jabuke tretirane eteričnim uljem lovora (Laurus nobilis)* (doktorska disertacija), Prehrambeno-biotehnološki fakultet u Zagrebu, Sveučilište u Zagrebu. <https://zir.nsk.hr/islandora/object/pbf:4263>
10. Çakmak M, Bakar B, Özer D, Geckil H, Karatas F, Saydam S (2021) Investigation of some biochemical parameters of wild and cultured *Myrtus communis* L. fruits subjected to different conservation methods. *J. Food Meas. Charact.* **15**, 983-993.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-020-00692-x>
11. Domac R (2002) *Flora Hrvatske*. Školska knjiga. Zagreb.

12. Duan N, Bai Y, Sun H, Wang N, Ma, Y., Li, M., Wang X, Jiao C, Legall N, Mao L, Wan S, Wang K, He T, Feng S, Zhang Z, Mao Z, Shen X, Jiang Y, Wu S, Yin C, Ge S, Yang L, Chen, X. (2017) Genome re-sequencing reveals the history of apple and supports a two-stage model for fruit enlargement. *Nat. Commun*, **8**,249. <https://www.nature.com/articles/s41467-017-00336-7>
13. Fadda A, Mulas M (2010) Chemical changes during myrtle (*Myrtus communis* L.) fruit development and ripening. *Sci. Hortic.*, **125**, 477-485. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423810001366>
14. FAOSTAT (2022) Crops and livestock products. FAOSTAT – Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database, <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171688/nutrients> (pristupljeno 5.6.2023.)
15. Garcia E, Barrett D M (2005) Fresh-cut fruits. U: Barrett DM, Somogyi L, Ramaswamy HS (ured.) Processing fruits, 2. izd., CRC Press, Boca Raton, str. 53-72. <https://doi.org/10.1201/9781420040074>
16. Giampieri F, Cianciosi D, Forbes-Hernández T Y (2020) Myrtle (*Myrtus communis* L.) berries, seeds, leaves, and essential oils: New undiscovered sources of natural compounds with promising health benefits. *Food Frontiers*, **1**,276-295. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fft2.37>
17. Gudelj A (2016). *Praćenje parametara boje i teksture narezane jabuke sorte Cripps pink obrađene antioksidansima i skladištene u kontroliranoj atmosferi* (doktorska disertacija), Prehrambeno-biotehnološki fakultet u Zagrebu, Sveučilište u Zagrebu. <https://repozitorij.pbf.unizg.hr/en/islandora/object/pbf:126>
18. Han Y, Su Z, Du J (2023) Effects of apple storage period on the organic acids and volatiles in apple wine. *LWT*, **173**, 114-389. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002364382201324X>
19. Harker FR, Kupferman EM, Marin AB, Gunson FA, Triggs CM (2008) Eating quality standards for apples based on consumer preferences. *Postharvest Biol. Technol.*, **50** (1), 70-78. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521408001178>
20. Hou J, Zhang Y, Sun Y, Xu N, Leng Y (2018) Prediction of firmness and pH for “golden delicious” apple based on elasticity index from modal analysis. *J. Food Sci.*, **83**, 661-669. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1750-3841.14071>

21. Hulina N (2011) Više biljke stablašice. Sistematika i gospodarsko značenje. Golden Marketing- Tehnička knjiga. Zagreb.
22. Hussein Z, Caleb OJ, Opara UL (2015) Perforation-mediated modified atmosphere packaging of fresh and minimally processed produce - A review. *Food Packag. Shelf Life.*,**6**,7-20.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214289415300107>
23. HRN EN ISO 4833-1:2013 Mikrobiologija u lancu hrane- Horizontalna metoda za određivanje broja mikroorganizama
24. Jiang Y, Duan X, Qu H, Zheng S (2016) Browning: Enzymatic Browning. U: Caballero B, Finglas PM, Toldrá F (ured.) *Encyclopedia of Food and Health*, Elsevier Academic Press, str. 508-514. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00090-8>
25. Kumar N, Petkoska AT, AL-Hilifi SA, Fawole OA (2021) Effect of chitosan–pullulan composite edible coating functionalized with pomegranate peel extract on the shelf life of mango (*Mangifera indica*). *Coatings*, **11**, 764. <https://www.mdpi.com/2079-6412/11/7/764>
26. Kumar N, Upadhyay A, Trajkovska Petkoska A, Gniewosz M, Kieliszek M (2023) Extending the shelf life of mango (*Mangifera indica* L.) fruits by using edible coating based on xanthan gum and pomegranate peel extract. *J. Food Measur. Charac.*, **17**, 1300-1308 <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-022-01706-6>
27. Kusumiyati Hadiwijaya Y, Putri IE, Mubarok S, Hamdani JS (2020) Rapid and nondestructive prediction of total soluble solids of guava fruits at various storage periods using handheld near-infrared instrument. *IOP Conference Series: Environ. Earth Sci.***458** <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/458/1/012022/meta>
28. Lee JY., Park HJ, Lee CY, Choi WY (2003) Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *LWT - Food Sci. Technol.*,**36**,323–329.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643803000148>
29. Liu X, Yang Q, Lu Y, Li Y, Li T, Zhou B, Qiao L (2019) Effect of purslane (*Portulaca oleracea* L.) extract on anti-browning of fresh-cut potato slices during storage. *FoodChem.*, **283**,445-453.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814619301268>

30. Ly BCK, Dyer EB, Feig JL, Chien AL, Del Bino S (2020) Research techniques made simple: cutaneous colorimetry: a reliable technique for objective skin color measurement. *JID*, **140**,3-12.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022202X19333974>
31. Madureira J, Melgar B, Alves VD, Moldão-Martins M, Margaça FM, Santos-Buelga C, Cabo Verde S (2023) Effect of Olive Pomace Extract Application and Packaging Material on the Preservation of Fresh-Cut Royal Gala Apples. *Foods*, **12** (9), 1926.
<https://www.mdpi.com/2304-8158/12/9/1926>
32. Majetić M (2022) Utjecaj opterećenja rodom kod jabuke (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Agriculture. Department of Pomology).
<https://zir.nsk.hr/islandora/object/agr:2557>
33. Manolita K (2007) Precise color communication. Konica Minolta Sensing, Inc. Japan.
34. Moriya S, Iwanami H, Kotoda N, Haji T, Okada K, Terakami S, Mimida N, Yamamoto T, Abe K (2012) Aligned genetic linkage maps of apple rootstock cultivar ‘JM7’ and *Malus sieboldii* ‘Sanashi 63’ constructed with novel EST-SSRs. *Tree genetics & genomes*, **8**, 709-723. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11295-011-0458-3>
35. Olivas GI, Barbosa-Cánovas GV (2005) Edible Coatings for Fresh-Cut Fruits. *Crit. Rev. Food Sci.* **45**,657-670.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408690490911837>
36. Pasha I, Saeed F, Sultan MT, Khan MR, Rohi M (2014) Recent developments in minimal processing: a tool to retain nutritional quality of food. *Crit. Rev. Food Sci.* **54**, 340-351. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2011.585254>
37. Patočka J, Bhardwaj K, Klimova B, Nepovimova E, Wu Q, Landi M, Kuca K, Valis M, Wu W (2020) *Malus domestica*: A review on nutritional features, chemical composition, traditional and medicinal value. *Plants*, **9**, 1408.
<https://www.mdpi.com/2223-7747/9/11/1408>
38. Rahim G, Qureshi R, Shaheen H (2012) Germplasm screening of *Myrtus communis* var. *baetica* L. from Lower Dir (Malakand Division), Pakistan. *Arch. Sci.* **65**
https://www.researchgate.net/profile/Humaira-Shaheen/publication/236961552_Germplasm_screening_of_Myrtus_communis_var_baetica_L_from_Lower_Dir_Malakand_Division_Pakistan/links/5d77472f92851cad

[b2e028d/Germplasm-screening-of-Myrtus-communis-var-baetica-L-from-Lower-Dir-Malakand-Division-Pakistan.pdf](https://www.mdpi.com/2073-4360/14/13/2628)

39. Salsabiela S, Sukma Sekarina A, Bagus H, Audiensi A, Azizah F, Heristika W, Ningrum A (2022) Development of Edible Coating from Gelatin Composites with the Addition of Black Tea Extract (*Camellia sinensis*) on Minimally Processed Watermelon (*Citrullus lanatus*). *Polymers*, **14**, 2628. <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/13/2628>
40. Seddiek AS, Hamad GM, Zeitoun AA, Zeitoun MAM, Ali S (2022) The combined effect of lactic acid and natural plant extracts from guava leaves and pomegranate peel on the shelf life of fresh-cut apple slices during cold storage. *Food Res.*, **6**, 161-169. https://www.myfoodresearch.com/uploads/8/4/8/5/84855864/_17_fr-2021-397_seddiek.pdf
41. Serce S, Ercisli S, Sengul M, Gunduz K, Orhan E (2010) Antioxidant activities and fatty acid composition of wild grown myrtle (*Myrtus communis* L.) fruits. *Pharmacogn.Mag.*, **6**,9. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2881653/>
42. Singh B, Suri K, Shevkani K, Kaur A, Kaur A, Singh N (2018) Enzymatic browning of fruit and vegetables: A review. *Enzymes in food technology: Improvements and innovations*, 63-78. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-1933-4_4
43. Shahbaz MU, Arshad M, Mukhtar K, Nabi BG, Goksen G, Starowicz M, Nawaz A, Ahmad I, Walayat N, Manzoor FM, Aadil, RM (2022) Natural Plant Extracts: An Update about Novel Spraying as an Alternative of Chemical Pesticides to Extend the Postharvest Shelf Life of Fruits and Vegetables. *Molecules*, **27**,5152. <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/16/5152>
44. Solís-Contreras GA, Rodríguez-Guillermo MC, de la Luz Reyes-Vega M, Aguilar CN, Reboloso-Padilla ON, Corona-Flores J, Ruelas-Chacon X (2021) Extending shelf-life and quality of minimally processed golden delicious apples with three bioactive coatings combined with cinnamon essential oil. *Foods*, **10**, 597. <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/3/597>
45. Sumbul S, Ahmad MA, Asif, M, Akhtar M (2011) *Myrtus communis* Linn.-A review. *IJNPR.*, **2**, 395-402 <https://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/13336>

46. Škrtić P (2020) Metode stabilizacije ekstrakata i njihova primjena u prehrambenoj industriji (Doctoral dissertation), Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb. <https://zir.nsk.hr/islandora/object/pbf:3677>
47. Zappia A, Spanti A, Princi R, Imeneo V, Piscopo A (2023) Evaluation of the Efficacy of Antioxidant Extract from Lemon By-Products on Preservation of Quality Attributes of Minimally Processed Radish (*Raphanus sativus* L.). *Antiox.*, **12**, 235. <https://www.mdpi.com/2076-3921/12/2/235>
48. Wannan WA, Marzouk B (2016) Characterization of myrtle seed (*Myrtus communis* var. *baetica*) as a source of lipids, phenolics, and antioxidant activities. *J. Food Drug Anal.* **24**, 316–323. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1021949815001416>
49. Wu J, Gao H, Zhao L, Liao X, Chen F, Wang Z, Hu X (2007) Chemical compositional characterization of some apple cultivars. *Food Chem.*, **103**, 88-93. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814606006157>
50. Qi H, Hu W, Jiang A, Tian M, Li Y (2011) Extending shelf-life of fresh-cut “Fuji” apples with chitosan-coatings. *IFSET*, **12**, 62–66. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466856410001001>

Izjava o izvornosti

Ja Maša Ćurčin izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Vlastoručni potpis