

Utjecaj jestivih omotača na pojavu sive plijesni *Botrytis cinerea* tijekom skladištenja plodova mandarine

Kulaš, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:618932>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**UTJECAJ JESTIVIH OMOTAČA NA POJAVU SIVE PLIJESNI
BOTRYTIS CINEREA TIJEKOM SKLADIŠTENJA PLODOVA
MANDARINE**

DIPLOMSKI RAD

Iva Kulaš

Zagreb, rujan, 2024.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:
Agroekologija – Mikrobna biotehnologija u poljoprivredi

**UTJECAJ JESTIVIH OMOTAČA NA POJAVU SIVE PLIJESNI
BOTRYTIS CINEREA TIJEKOM SKLADIŠTENJA PLODOVA
MANDARINE**

DIPLOMSKI RAD

Iva Kulaš

Mentor:
izv.prof.dr.sc. Luna Maslov Bandić

Zagreb, rujan, 2024.

**SVEUČILIŠE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Iva Kulaš**, JMBAG 1003150783, rođena 28.03.2000. u Zadru, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

**UTJECAJ JESTIVIH OMOTAČA NA POJAVU SIVE PLIJESNI *BOTRYTIS*
CINEREA TIJEKOM SKLADIŠTENJA PLODOVA MANDARINE**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Ive Kulaš**, JMBAG 1003150783, naslova

**UTJECAJ JESTIVIH OMOTAČA NA POJAVU SIVE PLIJESNI *BOTRYTIS*
CINEREA TIJEKOM SKLADIŠTENJA PLODOVA MANDARINE**

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo :

Potpisi:

1. izv. prof. dr. sc. Luna Maslov Bandić mentor

2. prof. dr. sc. Mirna Mrkonjić Fuka član

3. izv. prof. dr. sc. Goran Fruk član

Zahvala

Veliku zahvalu dujem svojoj mentorici izv.prof.dr.sc. Luni Maslov Bandić koja mi je omogućila pisanje diplomskog rada pod svojim vodstvom. Hvala joj na pomoći, suradnji, korisnim i stručnim savjetima tijekom izrade ovog rada. Također veliko hvala prof.dr.sc. Mirni Mrkonjić Fuki koja mi je omogućila izradu mikrobiološkog dijela te dr.sc. Slavenu Juriću.

Na kraju hvala mojoj obitelji i prijateljima na pruženoj podršci i razmišljanju tijekom studija. Hvala za svaki osmijeh i za svaki zagrljaj!

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Cilj rada	1
2. Pregled literature.....	2
2.1. Mandarina.....	2
2.1.1. Uzgoj mandarine	3
2.1.2. Skladištenje i problemi skladištenja	4
2.1.3. Pojava sive plijesni kod mandarina	5
2.1.4. Jestivi omotači i njihovo antifungalno djelovanje	7
Materijali i metode	12
3.1. Materijali	12
3.1.1. Biljni materijali	12
3.1.2. Priprema otopina za jestive omotače:.....	12
3.2. Metode.....	12
3.2.1. Priprema uzoraka za analizu	12
4. Rezultati i rasprava	14
4.1. Gubitak mase	14
4.2. Ukupna kiselost i topljiva suha tvar	16
4.3. Brojnost mikroorganizama	18
5. Zaključak.....	21
6. Popis literature.....	22
7.Prilog.....	29
7.1.Popis kratica	29

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Ive Kulaš**, naslova

UTJECAJ JESTIVIH OMOTAČA NA POJAVU SIVE PLIJESNI *BOTRYTIS CINEREA* TIJEKOM SKLADIŠTENJA PLODOVA MANDARINE

Više od 40% voća i povrća ubranog diljem svijeta propadne. Veliki postotak tog gubitka povezan je s gljivičnim patogenima koji uzrokuju truljenje nakon berbe, poput *Botrytis cinerea*. Rješenje ovog problema komplicirano je zbog ograničenja fungicida dostupnih za kontrolu rasta tog gljivičnog patogena i nameće potrebu za ekološki prihvatljivim alternativama. Primjenom jestivih omotača na voće prije skladištenja može se na ekološki prihvatljiv način spriječiti propadanje svježih proizvoda nakon berbe. Jestivi omotači imaju značajnu ulogu u smanjenju gubitaka poslije berbe kao što su gubitak vlage, sazrijevanje i fizikalno-kemijski gubici. U ovom radu ispitan je utjecaj tri vrste jestivih omotača (kitozan, zein i kombinacija 'sloj po sloj' kitozana i zeina) na pojavu sive plijesni *Botrytis cinerea* na plodovima mandarine tijekom skladištenja. Plodovi mandarine tretirani kitozanom pružaju najveću zaštitu na širenje infekcije sive plijesni u odnosu na tretman zeinom i otopinom kitozan-zeina. Tretman otopinom kitozan-zeina pokazao je stabilizaciju i porast TSS uz kontroliran pad TA, što se pokazalo kao najbolja kombinacija za očuvanje kvalitete mandarina tijekom dužeg skladištenja.

Ključne riječi: mandarine, jestivi omotači, kitozan, zein, *Botrytis cinerea*, skladištenje

Summary

Of the master's thesis – student **Iva Kulaš**, entitled

THE IMPACT OF EDIBLE COATINGS ON THE OCCURRENCE OF GRAY MOLD *BOTRYTIS CINEREA* DURING THE STORAGE OF MANDARIN FRUITS

More than 40% of fruits and vegetables harvested worldwide fail. A large percentage of this loss is associated with fungal pathogens that cause rotting after harvest, like *Botrytis cinerea*. The solution to this problem is complicated due to the limitations of fungicides available to control the growth of this fungal pathogen and imposes the need for environmentally friendly alternatives. Applying edible coatings to fruits before storage can prevent the deterioration of fresh products after harvest in an environmentally friendly way. Edible coatings play a significant role in reducing post-harvest losses such as moisture loss, maturation and physicochemical losses. In this paper, the influence of three types of edible coatings (chitosan, zein and combination of chitosan and zein) on the appearance of gray mold *Botrytis cinerea* on mandarin fruits during storage was examined. Mandarin fruits treated with chitosan provide the highest resistance to the spread of gray mold infection compared to treatment with zein and chitosan-zein solution. The treatment with chitosan-zein solution showed stabilization and an increase in TSS with a controlled decrease in TA, which proved to be the best combination for preserving the quality of mandarins during longer storage.

Keywords: mandarins, edible coatings, chitosan, zein, *Botrytis cinerea*, storage

1. Uvod

Svježe voće danas je iznimno traženo i cijenjeno na tržištu zbog svoje visoke nutritivne vrijednosti (Raghav i sur.,2016). Potrošači su sve svjesniji važnosti konzumacije voća i povrća za očuvanje i održavanje zdravlja (Olivas i sur.,2008). Nakon berbe voća dolazi do značajnih gubitaka uslijed disanja, oštećenja ploda mikroorganizmima i insektima te uvjetima rukovanja tijekom transporta i skladištenja, stoga očuvanje svježeg voća danas predstavlja veliki izazov (Raghav i sur.,2016). Kako bi se smanjili gubici uzrokovani propadanjem ploda tijekom skladištenja, produžio rok trajanja i poboljšala kvaliteta, primjenjuje se metoda nanošenja jestivih omotača na plodove (Olivas i sur.,2008; Raghav i sur.,2016). Jestivi omotači štite voće i povrće od vanjskih utjecaja, produžuju njihovu svježinu te samim time smanjuju gubitke. Osim toga, omotači mogu sadržavati dodatne korisne tvari poput antioksidansa ili vitamina, što dodatno poboljšava nutritivnu vrijednost ploda. U konačnici, očuvanje svježeg voća ključno je za zdravlje potrošača i održivost prehrambenog lanca.

Jestivi omotači predstavljaju obećavajuće ekološki prihvatljive materijale za očuvanje kvalitete i produljenje roka trajanja svježeg voća (Tavassoli-Kafrani i sur.,2022). Iako je njihova upotreba postala popularna tek nedavno, povijest korištenja jestivih omotača seže unatrag od početka 12. stoljeća. Naime, tada su limuni i naranče premazivani voskom kako bi dulje zadržali svoju kvalitetu. Danas se provode brojna istraživanja koja proučavaju primjenu jestivih omotača (Olivas i sur.,2008; Yousuf i sur.2021). Jestivi omotači formiraju zaštitni sloj oko plodova, reguliraju njihovu brzinu disanja, štite ih od gubitka vode, čvrstoće i mikrobne kontaminacije te sudjeluju u očuvanju teksture i samog okusa voća. Materijali koji se koriste za izradu jestivih omotača obično su biološkog podrijetla, uključujući polisaharide, proteine i lipide, koji su biorazgradivi, ekološki prihvatljivi, dostupni po niskoj cijeni i jednostavni za proizvodnju (Tavassoli-Kafrani i sur.,2022).

Agrumi, voćke koje su osvojile svijet svojim okusom i aromom zauzimaju prvo mjesto u svjetskoj proizvodnji, trgovini i potrošnji. Mandarina ili mandarinka (lat. *Citrus reticulata*) je biljka iz porodice *Rutaceae* i pripada rodu *Citrus*. Može narasti do otprilike 3 metra visine i ima šire listove u usporedbi s drugim agrumima (Kaleb,2014). Najbolje uspijeva u suptropskim područjima, budući da je osjetljivija na hladnoću, posebno na temperature ispod ništice. Dolina Neretve u Hrvatskoj poznata je po intenzivnom i uspješnom uzgoju kvalitetnih sorti mandarina zahvaljujući izvrsnim uvjetima za uzgoj (Kaleb,2014).

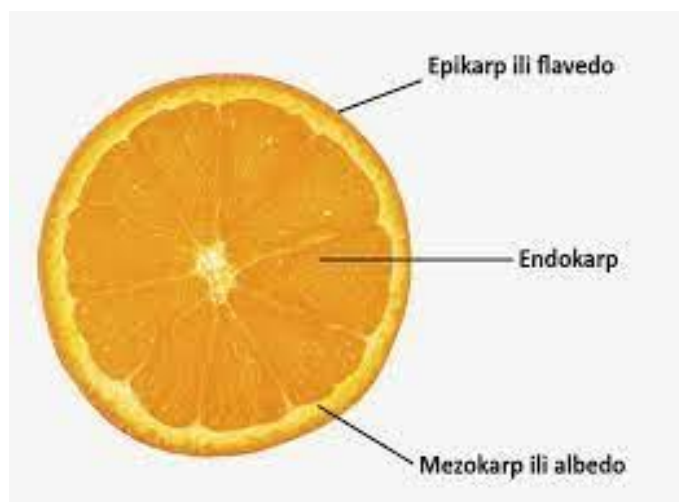
1.1. Cilj rada

Cilj ovog diplomskog rada bio je istražiti utjecaj tri vrste jestivih omotača (kitozan, zein i kombinacija kitozana i zeina) na pojavu sive plijesni *Botrytis cinerea* na plodovima mandarine. Tijekom tri tjedna skladištenja na temperaturi od 5°C u hladnjači, svaka tri dana pratila se pojava sive plijesni, gubitak mase ploda, ukupna kiselost plodova te topljiva suha tvar.

2. Pregled literature

2.1. Mandarina

Mandarina, također poznata kao mandarinka (lat. *Citrus reticulata*) je trajno zelena biljka koja raste do visine od dva do tri metra. Pripada porodici *Rutvica* (*Reticulata*) i rodu *Citrusa*. Potječe iz Kine, a njezin naziv dolazi od vladara mandarina, koji su ovu voćku darivali kao znak poštovanja (Marković,2005.). Za razliku od drugih vrsta agruma, mandarina ima uže i duguljaste, kožnate listove te vrlo ugodan miris. Njezini cvjetovi su sitni, bijeli i mirisni te rastu pojedinačno ili u grozdovima. Cvate u rano proljeće, a plodovi sazrijevaju u jesen. Plod mandarine je sočna kriškasta boba (hisperidij) narančaste ili crvene boje, ovisno o sorti (Dubravec,1998.). Sastoji se od mesnatog dijela (mezokarpa) i kore (perikarpa). Kora se sastoji od dva različito obojena dijela: epikarpa (flavedo) i mezokarpa (albedo) (Crnomarković i Kiridžija,2014.). Mesnati dio ploda sadrži 9-14 krišaka koje obiluju sokom slatko-kiselog okusa i mirisa. Između kore i mesnatog dijela isprepliću se mrežaste niti, što je karakteristično za mandarine. Karakterističnog je mirisa koji se oslobađa pri mehaničkom čišćenju kao što je guljenje. Kao zimsko sezonsko voće ima iznimnu hranjivu vrijednost i antioksidacijska svojstva, te brojne pogodnosti za očuvanje dobrog zdravlja ljudi. Bogata je vitaminom C, samo 100 grama svježeg, mesnatog dijela mandarine sadrži 26,7 mg vitamina C. Ova količina može zadovoljiti 80% dnevnih potreba za vitaminom C, koji je važan za imunitet, sintezu kolagena i zaštitu od slobodnih radikala (Karlson,1993.). Također sadrži i beta-karoten koji se pretvara u vitamin A koji je ključan za dobar vid i zdravu kožu. Njegov nedostatak može uzrokovati sljepoću i keratinizaciju epitela (Karlson,1993.). Sadrži oko šezdeset različitih flavonoida, posebno u bijelom dijelu kore (albedu). Flavonoidi imaju snažno antioksidacijsko djelovanje, smanjuju upalne procese i pomažu u prevenciji srčanih bolesti (Huff,2011.). Konzumacija mandarina pomaže u regulaciji probave, ublažava konstipaciju i pojačava osjećaj sitosti. Uporabom korice neprskanih mandarina unose se bioaktivne tvari koje su važne za održavanje zdravlja i prevenciju bolesti (Li,2005.). Uz sve gore navedene prednosti može se zaključiti kako je mandarina važna namirnica čiju konzumaciju treba poticati u prehrani. Također kora mandarine ima korisne primjene i u kozmetičkoj industriji.



Slika 1. Građa ploda mandarine

(Preuzeto: <https://zir.nsk.hr/en/islandora/object/ptfos%3A2185/datastream/PDF/view>)

2.1.1. Uzgoj mandarine

U mediteranskom dijelu Europe, uzgoj mandarina započeo je sredinom 19. stoljeća, dok se na našem obalnom području razvio početkom 20. stoljeća. Mandarina najbolje uspijeva u suptropskim klimatskim uvjetima, budući da je izrazito osjetljiva na niske temperature. U Hrvatskoj se mandarina uzgaja u dolini rijeke Neretve. Osim povoljne mikrokline i položaja koji omogućuju njen rast, izvanredna rodnost mandarine pripisuje se aluvijalnom području na kojem su zasađeni nasadi visokokvalitetnih Unshiu sorti. Zbog svoje otpornosti na hladnoću (do -10 °C) vrlo uspješno se uzgaja na našim prostorima od 1934. godine (Popović i Vego, 2010.). Zaštićena je oznaka izvornosti neretvanske mandarine. Da bi proizvod mogao nositi oznaku “Neretvanska mandarina”, moraju biti zadovoljeni sljedeći parametri:

1. Plodovi moraju biti bez otvorenih oštećenja i imati karakterističan oblik
2. Karakteristična žuta boja mora biti prisutna najmanje na 1/3 površine ploda
3. Udio voćnog soka mora biti minimalno 40%
4. Udio karotenoida u jestivom dijelu ploda iznosi 15,50 do 26 mg/kg
5. Ukupni udio kiselina u plodu treba biti u granicama između 0,7 i 1,3%
6. Najmanji dozvoljeni omjer šećera i kiselina u plodu Neretvanske mandarine je 7:1 (TSS/TA)
7. Plodovi “Neretvanske mandarine” trebaju biti u granicama kalibra 1-XX do kalibra 4

Ova zaštićena oznaka izvornosti jamči kvalitetu i autentičnost Neretvanske mandarine, koja je postala prepoznatljiv simbol tog kraja (Crnomarković i Kiridžija, 2014).



Slika 2. Uzgoj mandarine u dolini rijeke Neretve

(Preuzeto: <https://blago-doline-neretve.com/dolina-neretve/>)

Mandarine su široko rasprostranjene u različitim dijelovima svijeta, a njihov uzgoj ima značajan ekonomski i prehrambeni utjecaj. Najviše su rasprostranjene u Južnoj Kini, Japanu i Sjevernoj Indiji. U Kini, na površini od 1,3 milijuna hektara, uzgaja se velik broj sadnica citrusa, no samo 70% površine daje plodove. Prosječan urod agruma u Kini iznosi 17,8 milijuna tona po hektaru zasade površine (Xinlu, 2001).

Španjolska je drugi najveći proizvođač agruma u svijetu, odmah iza Kine. Mandarine se uzgajaju u pokrajinama Valencia, Andaluzia i Catalonia. Najpopularnija sorta mandarina u Španjolskoj je Unshiu koja je donesena iz Japana 1950. godine. Unshiu je pogodna za konzerviranje i čini drugo najvažnije konzervirano voće u Španjolskoj. Ukupno gledano, mandarine su omiljeni agrarni proizvod koji se uzgaja širom svijeta, donoseći svježinu i slatkoću na stolove diljem različitih kultura i regija (Jauk, 2012).

Agroekološki uvjeti za uzgoj mandarine su temperatura i vlaga zraka. Niske temperature u zimskom periodu (studeni, prosinac) i proljetni mrazovi (ožujak, travanj) predstavljaju opasnost za mandarine. Oštećenja mogu zahvatiti lišće, cvjetove i plodove. Temperature ispod 10°C predstavljaju veliku opasnost za cijelo stablo, posebno za mlada stabla (do 5 godina starosti) koja su najosjetljivija na negativne utjecaje niskih temperatura. Biljke koje su dobro pripremljene za zimski period mogu izdržati temperature do -4,5°C no, svako dodatno spuštanje temperature ispod navedene granice povećava rizik od oštećenja plodova i lišća. Visoke temperature same po sebi nemaju negativan učinak na mandarine, ali uzrokuju nisku relativnu vlažnost zraka i suhe vjetrove. Vlaga zraka ispod 50% može poremetiti fiziološke funkcije stabla, što rezultira manjim zametanjem plodova i manjim urodom. Vlaga zraka ispod 30% uzrokuje intenzivnu transpiraciju. Korijenov sustav tada nije u stanju opskrbiti biljku vodom, pa mandarina crpi vodu iz ploda, što dovodi do njihovog opadanja. Problematika niske vlage zraka može se riješiti zasjenjivanjem korijenovog sustava i pravovremenim navodnjavanjem biljke Krpina i sur.(2004). Također, redovito orezivanje posebno u ožujku nakon prestanka opasnosti od mrazova. Uklanjanje unutarnjih grana koje ne daju dobre plodove, suhe, bolesne i oštećene grane, te one koje se preklapaju. Nakon rezidbe, mjesto reza treba premazati voćarskim voskom. Pri podizanju novog nasada, koristi se meliorativna gnojidba tla fosforom i kalijem gnojivima (količina ovisi o analizi tla). U rodnim nasadima, gnojidba održava plodnost i nadoknađuje hranjiva koja izlaze iz tla. Krajem veljače ili početkom ožujka dodaje se stajski gnoj zajedno s mineralnim gnojivom i potom se zaorava Krpina i sur.(2004).

2.1.2. Skladištenje i problemi skladištenja

Mandarine pripadaju skupini ne-klimakterijskog voća. Beru se kada dosegnu tehnološku zrelost i ne mogu se dugo čuvati. Za razliku od jabuka, koje su klimakterijsko voće i beru se dok nisu potpuno zrele, mandarine imaju znatno kraći rok skladištenja (Petrušić, 2015). Nakon berbe, plodovi prolaze kroz niz životnih procesa, pri čemu je disanje ključno. Procesi značajno utječu na biokemijske i anatomske promjene u plodovima mandarine koje su bitne za održavanje njihove kvalitete, skladišne sposobnosti i komercijalne vrijednosti. Za razliku od drugih agruma mandarine su nažalost osjetljive i brzo gube na okusu, te se mogu kratko čuvati. U Hrvatskoj se prosječno čuvaju 3-4 tjedna, dok se u drugim zemljama taj rok proteže na oko 6 tjedana (Beever, 1990; Lawes i sur., 1999). Skladišna sposobnost plodova mandarine ovisi o raznim faktorima, uključujući temperaturu i vlagu u skladištu, klimatske uvjete tijekom vegetacijske godine te vrijeme berbe. Temperatura ima značajan utjecaj na biokemijske procese u plodu. Pri niskim temperaturama dolazi do brže razgradnje kiselina i pojave fizioloških bolesti. S druge strane, više temperature uzrokuju dehidraciju ploda, što rezultira gubitkom težine i povećanim

rizikom od napada mikroorganizama. Također, više temperature ubrzavaju razgradnju šećera, što mijenja okus ploda (Bakarić,1983).

2.1.3. Pojava plijesni kod mandarina

Bolesti koje se javljaju nakon berbe identificirane su kao glavni uzrok gubitaka u voću i povrću, što rezultira značajnim ekonomskim gubicima (Prusky,2011). Procjenjuje se da oko 20–25% voća i povrća propada zbog djelovanja fitopatogenih mikroorganizama tijekom postupaka nakon berbe, posebno u razvijenim zemljama (Gomes i sur.,2015). Gubici su uglavnom uzrokovani vrstama *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, *Aspergillus flavus* i *Alternaria alternata* (Eckert i sur.,1985; Diener i sur.,1987; Whiteside i sur.,1988; Palumbo i sur.,2006). Međutim, važnost i učinak navedenih patogena na industriju hesperidija razlikuju se među državama. Stoga je važno prvo odrediti značaj gljivičnih patogena uključenih u truljenje nakon žetve. Tretmani nakon berbe kao što su tiabendazol (TBZ), imazalil (IMZ), natrijev orto-fenil fenat (SOPP) ili drugi aktivni sastojci koriste se mnogo godina. Još uvijek se koriste u pakirnicama agruma za održavanje svježeg voća, kontrolu propadanja nakon berbe i produljenje roka trajanja voća (Palou i sur.,2015). Problemi vezani za okoliš i zdravlje u industriji agruma pojavili su se zbog kemijskih ostataka i/ili pojave patogenih rezistentnih sojeva (Norman, 1988; Wilson i sur.,1989). Stoga je korištenje alternativnih opcija kontrole nakon berbe, kao što su prirodni biljni ekstrakti i biološki agensi, postalo važno budući da je sigurnije za okoliš kao i zdravlje ljudi (Janisiewicz i sur.,2002). Zabilježeno je uspješno suzbijanje infekcija uzrokovanih nizom patogena nakon berbe pomoću antagonističkih bakterija na agrumima, uključujući *Paenibacillus brasiliensis* i *Bacillus subtilis* (Kotan i sur.,2009; Ketabchi i sur.,2012; Elshafie i sur.,2012; Mohammadi i sur.,2014). Oni proizvode neke izvanstanične litičke enzime kao što je kitinaza (Ordentlich i sur.,1988), proteaza (Saligkarias i sur.,2002) i glukonaza (Wilson i sur.,1991; Leelasuphakul i sur., 2006). Jedan od najvažnijih mehanizama u biokontroli fitopatogenih gljiva je razgradnja staničnih stijenki gljivica bakterijskim hidrolitičkim enzimima (Weller, 2007; Cherif i sur., 1992). Važnost i utjecaj ovih patogena na industriju agruma variraju od zemlje do zemlje, pa je važno razumjeti njihov spektar djelovanja za svako područje. U prvu skupinu spadaju patogeni poput *Lasiodiplodia theobromae*, *Phomopsis citri*, *Alternaria citri*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides* i *Phytophthora citrophthora*. Ovi patogeni uzrokuju bolesti poznate kao trulež na stabljici, alternarija ili crna trulež, antraknoza i smeđa trulež. Učestalost ovih patogena veća je u područjima s obilnim ljetnim kišama, poput Floride ili Brazila, jer zahtijevaju vlažno vrijeme za širenje inokuluma i infekciju plodova (Palou i sur., 2015). Među patogenima kao uzročnicima bolesti agruma, posebno su važni *Penicillium digitatum* (zelena plijesan) i *Penicillium italicum* (plava plijesan). Ove gljive su patogeni rana i mogu zaraziti voće isključivo kroz oštećenja na kori. Rane se obično stvaraju na polju prije berbe ili tijekom berbe voća, te nakon berbe tijekom transporta, rukovanja u skladištu. Zelena i plava plijesan uzrokovane gljivama iz roda *Penicillium* posebno su značajne u područjima proizvodnje agruma s mediteranskom klimom, kao što su Španjolska i Hrvatska. Spore ovih gljiva lako se šire zrakom, a infekcija se događa unutar 48 sati na sobnoj temperaturi. Klijanje ovih vrsta unutar rana zahtijeva prisutnost slobodne vode i hranjivih tvari (Palou i sur.,2015).

Botrytis cinerea ili siva plijesan uzrokuje ozbiljne gubitke u više od 200 vrsta usjeva diljem svijeta. Siva plijesan najdestruktivnija je na zrelim ili starim tkivima dikotilnih domaćina, ali obično ulazi u takva tkiva u mnogo ranijoj fazi razvoja usjeva i ostaje u stanju mirovanja znatno razdoblje prije brzog truljenja tkiva kada je okolina pogodna i fiziologija domaćina se mijenja. Stoga, ozbiljne štete nastaju nakon berbe naizgled zdravih usjeva i naknadnog transporta na udaljena tržišta gdje gubici postaju evidentni. Međutim, *B. cinerea* također uzrokuje velike gubitke u nekim hortikulturnim usjevima uzgojenim u poljima i staklenicima prije berbe ili čak

u fazi sadnica kod nekih domaćina. Neki monokotiledoni domaćini također su osjetljivi na napade *B. cinerea*, a postoji i skupina srodnih botritis vrsta specijaliziranih za zarazu desetak domaćina jednosupnica (Staatset i sur., 2005). *B. cinerea* teško je kontrolirati jer ima različite načine napada, različite domaćine kao izvore inokuluma i može preživjeti kao micelij i/ili konidija ili dulje vrijeme kao sklerocij u ostacima usjeva. Iz tih razloga nije vjerojatno da će uporaba bilo koje pojedinačne mjere kontrole uspjeti, a bitno je detaljnije razumijevanje interakcije između domaćina i patogena, mikro okruženja u kojem gljiva djeluje i njezinih mikrobnih konkurenata na domaćinu (Eladet i sur., 2004). Najviše je pogođeno povrće (tj. kupus, salata, brokula, grah) i sitno voće (grožđe, jagoda, malina, kupina). Uz sve veću međunarodnu trgovinu hladno uskladištenim proizvodima, ova je gljiva poprimila veliku važnost jer može učinkovito rasti tijekom dugih razdoblja na temperaturama malo iznad ništice u proizvodima kao što su manadrina, kivi, jabuke i kruške. Slično tome, ovaj patogen nepovoljno utječe na trgovinu rezanim cvijećem poput cvjetova ruže i gerbera koji su posebno skloni oštećenjima (Williamson i sur., 2007). Uzgoj biljaka izvan sezone u grijanim ili negrijanim staklenicima i ispod plastičnih tunela koji se sve više koriste za opskrbu voćem, povrćem, začinskim biljem i cvijećem u sjevernim geografskim širinama uvelike povećava rizik od infekcije, posebno kod rajčice, krastavaca i slatke paprike. Postoje važne ratarske kulture koje trpe ozbiljne štete od sive plijesni. Najznačajniji su veliki gubici u slanutku i drugim mahunarkama bogatim bjelančevinama. Može uzrokovati meku trulež svih nadzemnih dijelova biljke i trulež povrća, voća i cvijeća nakon berbe, čime se stvaraju plodni sivi konidiofori i (makro)konidije tipične za ovu bolest. Taksonomski pripada carstvu: Gljive, tip: *Ascomycota*, podtip: *Pezizomycotina*, razred: *Leotiomycetes*, red: *Helotiales*, porodica: *Sclerotiniaceae* i rod: *Botrytis*. Proizvodi niz enzima koji razgrađuju stanične stijenke, toksine i druge spojeve niske molekularne težine kao što je oksalna kiselina. Novija istraživanja sugeriraju da patogen potiče domaćina da inducira programiranu smrt stanice kao strategiju napada (Williamson i sur., 2007).



Slika 3. Siva plijesan (*Botrytis cinerea*) na plodu mandarine
(Preuzeto: <https://hrcak.srce.hr/file/190781>)

2.1.4. Jestivi omotači i njihovo antifungalno djelovanje

Sintetski kemijski fungicidi korišteni su za smanjenje gljivičnog kvarenja nakon berbe, ali zbog problema s toksičnošću, otpornošću i negativnim utjecajem na okoliš i ljudsko zdravlje, sve se više traže alternativne mjere za kontrolu bolesti. Općenito, metode kontrole propadanja koje su alternativa konvencionalnim sintetskim fungicidima mogu se klasificirati kao fizičke, kemijske ili biološke (Palou i sur., 2008). Alternativne metode koje su testirane protiv *B. cinerea* uključuju skladištenje na niskim temperaturama u konvencionalnim kontroliranim atmosferama, primjenu toplinske obrade (Zhong i sur., 2010), korištenje ionizirajućeg zračenja (Charles i sur., 2009), biološka kontrola (Wang i sur., 2008., 2010), ili uranjanje u vodenu otopinu prehrambenih aditiva ili drugih kemijskih spojeva. Alternativne kemijske metode kontrole uključuju upotrebu prirodnih ili sintetičkih spojeva s poznatom i niskom toksičnošću, obično klasificiranih kao prehrambeni aditivi ili 'općenito priznate kao sigurne' (engl. Generally Recognized As Safe, GRAS) tvari od strane većine nadležnih tijela za hranu diljem svijeta (Palou i sur., 2002). Korištenje jestivih filmova i omotača alternativna je kemijska metoda za očuvanje kvalitete voća i povrća nakon berbe (Dhall, 2013). Pritisak potrošača za prirodnim i zdravim proizvodima naveo je istraživače da razviju nove jestive filmove i omotače kao ekološki prihvatljivu tehnologiju koja može poboljšati kvalitetu hrane, sigurnost, stabilnost i svojstva mehaničkog rukovanja pružanjem polupropusne barijere za vodenu paru, kisik, i ugljikov dioksid između hrane i okolne atmosfere (Dhall, 2013). Posljednje desetljeće, brojne studije su se usredotočile na razvoj omotača koji se temelje na proteinima ili polisaharidima s prirodnim konzervansima za kontrolu rasta mikroba na voću i povrću. Antimikrobna sredstva mogu se dodati jestivim omotačima kako bi se usporio rast bakterija, kvasaca i plijesni tijekom skladištenja i distribucije svježih ili minimalno prerađenih proizvoda (Lucera i sur., 2012; Valencia-Chamorro, 2011). Omotači koji sadrže antimikrobna sredstva, kao što su neke organske kiseline i njihove soli (Franssen i sur., 2004), parabene i druge prehrambene aditive (Valencia-Chamorro i sur., 2009; Yildirim i Yapici, 2007), kitozan, eterična ulja ili prirodne biljne ekstrakte (Falguera i sur., 2011; Sánchez-González i sur., 2011) bili su učinkoviti u odgađanju rasta kontaminacije mikroorganizama i očuvanja kvalitete tijekom skladištenja i distribucije svježih i svježe rezanih hortikulturnih proizvoda.

Jestivi omotači obično se karakteriziraju kao tanki slojevi sastavljeni od kemijskih ili bioloških tvari koji se nanose na površinu proizvoda. Njihova primarna funkcija je spriječiti izmjenu plinova, čime se usporava proces zrenja, poboljšava kvaliteta proizvoda i produljuje rok trajanja. Ovi omotači uspostavljaju polupropusnu barijeru između prehrambenog proizvoda i vanjskog okoliša, smanjujući kretanje vlage, plinova i otopljenih tvari, što zauzvrat odgađa kvarenje i održava svježinu (Miteluť i sur., 2021). Baldwin i sur. jestive filmove opisuju kao tanke, jestive slojeve koji se mogu nanijeti na površinu voća, stvarajući tako barijeru između voća i okoline koja ga okružuje (Baldwin i sur., 1995). Jongsri i sur. dodatno naglašavaju ulogu jestivih omotača u stvaranju djelomične barijere kretanja vode (2016). Ova značajka smanjuje gubitak vlage i istovremeno modificira atmosferu oko ploda djelujući kao prepreka za izmjenu plinova (Miteluť i sur., 2021). Dodatna objašnjenja definiraju jestivi film ili omotač kao materijal tanji od 0,3 mm, koji je nastao iz mješavine bio-polimera i raznih dodataka raspoređenih u mediju na bazi vode (Morales-Jiménez 2020). Neki istraživači koriste pojmove jestivi film i omotač naizmjenično, dok drugi vjeruju da postoji razlika, ovisno o metodama nanošenja na prehrambeni proizvod. Jestivi omotači nastaju izravno na prehrambenom artiklu, dok se jestivi filmovi prvo proizvode i naknadno pričvrste na proizvod (Guimarães 2018). Jestivi omotači prvenstveno se sastoje od prirodnih materijala, što ih čini sigurnima za konzumaciju i predstavljaju održivu alternativu za čuvanje hrane. Primarni sastojci jestivih omotača i filmova su lipidi, polisaharidi i proteini. Bez obzira na to, dodatni materijali kao što

su smole, otapala i plastifikatori također su ugrađeni kako bi se dale posebne karakteristike jestivim omotačima. Konkretno, plastifikatori pridonose fleksibilnosti omotača, otapala povećavaju vlačnu čvrstoću, dok smole pomažu u sprječavanju propusnosti vodene pare (Galus, 2019; Ulusoy i sur., 2018).

Premazivanje voća uobičajena je praksa u pakirnicama citrusa kako bi se zamijenili prirodni voskovi koji se mogu ukloniti tijekom pranja voća i rukovanja u liniji za pakiranje. Komercijalni omotači agruma generički su poznati kao voskovi zbog činjenice da se sastav početnih formulacija temeljio na parafinskom vosku ili kombinaciji raznih drugih voskova poput pčelinjeg ili karnauba voska. Tipično, to su anionske mikro emulzije koje sadrže smole i/ili voskove, kao što su smola za drvo, pčelinji vosak, polietilen ili voskovi od nafte. Njihova glavna svrha je smanjiti gubitak težine ploda, skupljanje ploda i poboljšanje izgleda (Porat i sur., 2004; Bajwa i sur., 2007). Međutim, u nekim slučajevima, ako obloge pretjerano ograničavaju izmjenu plinova tijekom skladištenja voća, mogu nepovoljno utjecati na okus voća zbog prekomjerne proizvodnje hlapljivih tvari povezanih s anaerobnim uvjetima (Baldwin i sur., 1995; Hagenmaier i sur., 2002). Osim toga, komercijalni voskovi agruma često se dopunjuju sintetskim kemijskim fungicidima kao što su IMZ, TBZ ili SOPP kako bi se kontrolirale bolesti nakon berbe, osobito zelene i plave plijesni. Zanimanje potrošača za zdravlje, prehranu i sigurnost hrane u kombinaciji s brigom za okoliš povećalo je interes mnogih istraživačkih skupina za razvoj novih prirodnih, biorazgradivih, jestivih formulacija omotača koji bi zamijenili ove trenutno korištene komercijalne voskove, čime se izbjegava upotreba sintetičkih komponenti u formulacijama kao što je polietilenski vosak, amonijak ili morfolin. Koncept antifungalnih jestivih omotača pojavljuje se kada se dodaju sastojci s antifungalnim svojstvima (nisko toksični ili konzervansi za hranu, agensi za biokontrolu, itd.) ugrađeni su u ove biorazgradive formulacije kako bi također zamijenili upotrebu konvencionalnih kemijskih fungicida za kontrolu bolesti nakon žetve.

Općenito, osnovne komponente ili komponente matrice jestivih omotača su hidrokoloide (proteini ili polisaharidi), lipidi (voskovi, acilgliceroli ili masne kiseline) i smole. Kompozitni omotači ili mješavine sadrže kombinaciju polisaharida ili proteina s lipidima (Campos i sur., 2011; Nisperos-Carriedo i sur., 1994). Plastifikatori za povećanje fleksibilnosti i rastezljivosti, te emulgatori ili surfaktanti za poboljšanje stabilnosti emulzija također se mogu dodati kao komponente matrice. Ove matrice mogu se izravno koristiti u hrani ili djelovati kao nosioci drugih prehrambenih aditiva kao što su antioksidansi, nutraceutici, arome koji su uključeni u modificiranje funkcionalnosti omotača (Campos i sur., 2011; Han i sur., 2014; Cha i sur., 2004; Zaritzky i sur., 2011). U posebnom slučaju jestivih antifungalnih omotača, dodatni sastojci su antimikrobni spojevi različite prirode koji se koriste u hrani, učinkoviti u sprječavanju ili smanjenju rasta gljivica. Karakteristike glavnih komponenti matrica su sljedeće:

Polisaharidi mogu tvoriti kontinuiranu i kohezivnu matricu, koja je povezana s njihovom kemijskom strukturom povezivanjem preko vodikovih veza njihovih polimernih lanaca (Campos i sur., 2011). Polisaharidi sadrže visoko polarne polimere s hidroksilnim skupinama i predstavljaju dobru barijeru za kisik pri niskoj relativnoj vlažnosti, ali nisku barijeru za vlagu zbog hidrofilnih svojstava (Han i sur., 2005). Polisaharidni materijali koji se obično koriste za formuliranje jestivih ili biorazgradivih omotača uključuju celulozu, škrob, pektin, kitozan, alginat, karagenan, pululan i razne gume. Sposobnost različitih proteina da tvore jestive omotače uvelike ovisi o njihovim molekularnim karakteristikama: molekularnoj težini, konformaciji, električnim svojstvima, fleksibilnosti i toplinskoj stabilnosti (Vargas i sur., 2008). Jestivi omotači temeljeni na proteinima obično pokazuju dobre karakteristike barijere za plin, ali loše karakteristike barijere za vodu zbog svog hidrofilnog karaktera (Cha i sur., 2004; Baldwin i sur., 1994; Lacroix i sur., 2014). Uobičajeni proteini koji se koriste za izradu jestivih omotača uključuju, između ostalih, kukuruzni zein, kazein, pšenični gluten, sojin protein, protein sirutke, keratin ili protein rižinih mekinja (Han, 2014; Schmid i sur., 2015). Važno je

napomenuti da neki ljudi mogu imati alergije ili intoleranciju na proteine, npr. na pšenični gluten (celijakija) ili mliječne proteine, što bi moglo ograničiti upotrebu omotača na bazi proteina. Jestivi filmovi i omotači koji se temelje na hidrofobnim tvarima, kao što su lipidi i smole, naznačeni su kao zaštita od vlage i sjaj na površinama hrane. Međutim, budući da ovi materijali nisu polimeri, oni stvaraju filmove i omotače s lošim mehaničkim svojstvima i svojstvima neprozirnosti (Rhim i sur., 2005). Hidrofobne tvari koje se koriste kao komponente jestivih omotača uključuju različita životinjska i biljna autohtona ulja i masti, npr. kikiriki, kokos, palma, mast, loj; frakcionirana, koncentrirana i/ili rekonstituirana ulja i masti, npr. masne kiseline, mono-, di- i trigliceridi, zamjene za kakao maslac; hidrogenirana i/ili transesterificirana ulja, npr. margarin, masti; prirodni biljni i životinjski voskovi, npr. pčelinji vosak, kandelila, karnauba, rižine mekinje; ne-prirodni voskovi, npr. parafini, oksidirani ili neoksidirani polietilen i prirodne smole (Perez-Gallardo i sur., 2014; Perez-Gago, 2014). Kompozitni omotači ili mješavine obično sadrže hidrokoloidne komponente tj. proteine i/ili polisaharide i lipide kako bi se kombinirale prednosti obje vrste komponenti. Kompozitni omotači mogu se proizvesti kao dvoslojne ili stabilne emulzije. U dvoslojnim omotačima, lipid tvori drugi sloj preko sloja proteina ili polisaharida. U emulzijskim omotačima, lipid je raspršen i zarobljen u potpornoj matrici proteina ili polisaharida (Shellhammer, 1997). Kod ove vrste omotača, učinkovitost lipidnih materijala ovisi o strukturi lipida, njegovom kemijskom rasporedu, hidrofobnosti, fizičkom stanju i njegovoj interakciji s drugim komponentama filma (Rhim i sur., 2005). Plastifikatori su spojevi niske molekularne težine male veličine, visoke polarnosti, velike količine polarnih skupina po molekuli i velike udaljenosti između polarnih skupina unutar molekule. Dodaju se jestivim materijalima za premazivanje kako bi se smanjile među molekularne sile između polimernih lanaca, što rezultira većom fleksibilnošću, istezanjem, žilavošću i propusnošću (Cha i sur., 2004; Had i sur., 2005; Zaritzky i sur., 2011; Navarro-Tarazaga i sur., 2008). Stoga su posebno indicirani za stvaranje stabilnih emulzija i poboljšanje mehaničkih svojstava kada se hidrokoloidi i lipidi kombiniraju. Uobičajeni plastifikatori koji se koriste za jestive omotače uključuju saharozu, glicerol, sorbitol, propilen glikol, polietilen glikol, masne kiseline i monogliceride. Voda također može djelovati kao plastifikator za polisaharidne i proteinske prevlake (Krochta i sur., 1997).

Najvažnija funkcionalna svojstva jestivih filmova i omotača su jestivost i biorazgradivost zatim funkcije migracije, prožimanja i barijere te fizička i mehanička zaštita. Takva svojstva omogućuju njihovu upotrebu za očuvanje kvalitete hrane i produljenje roka trajanja. Nadalje, kao nosioci aktivnih spojeva koji se mogu otpuštati na kontrolirani način, oni također mogu pružiti antimikrobno djelovanje i primijeniti se za kontrolu raspadanja i povećanje sigurnosti (Han, 2004; Krochta i sur., 1997). Jestivost bi se trebala postići korištenjem prehrambenih sastojaka za sve komponente omotača. Štoviše, cijeli proces, objekti i oprema trebaju biti izvedivi za preradu hrane, a sve komponente trebaju biti biorazgradive i ekološki sigurne (Krochta, 2004; Han i sur., 2014; Gulibert i sur., 2005). Jestivi omotači održavaju cjelovitost hrane i mogu zaštititi obložene prehrambene proizvode od modrica, oštećenja tkiva i općenito fizičkih ozljeda uzrokovanih udarcima, pritiskom, vibracijama i drugim mehaničkim čimbenicima. Sposobnost jestivih filmova i omotača da zaštite hranu od mehaničkih oštećenja obično se procjenjuje određivanjem vlačnih svojstava filma kao što je Youngov modul (YM), koji određuje krutost filma kao što je određeno omjerom sile povlačenja/površine i stupnja istezanja filma, vlačna čvrstoća (TS), koja označava silu povlačenja po površini poprečnog presjeka filma potrebnu za lomljenje filma, i istezanje pri prekidu (E), koje daje stupanj do kojeg se film može istegnuti prije lomljenja i izražava se kao postotak (Porat i sur., 2010). Ostala standardizirana mehanička ispitivanja uključuju čvrstoću na pritisak, čvrstoću na probijanje, krutost, čvrstoću na trganje, čvrstoću na pucanje, otpornost na abraziju, silu prijanjanja i izdržljivost na savijanje (Krochta i sur., 2004; Dhall, 2013; Zhang i sur., 2014; Perez-Gago i sur., 2003). Budući da je jedna od glavnih funkcija jestivih omotača da djeluju

kao zaštitna barijera za vlagu iz okoliša, plinove, okuse, arome ili ulja, druga svojstva koja se često određuju na samostalnim filmovima su propusnost vodene pare (WVP), propusnost kisika (OP), propusnost ugljičnog dioksida i propusnost okusa. Propusnost mirisa i ulja, topljivost u vodi, sjaj i boja također su vrlo važni za mnoge namirnice (Palou i sur., 2015).

Opće zaštitne funkcije jestivih filmova i omotača mogu se proširiti dodatkom dodatnih sastojaka u matrice koji daju nove funkcionalnosti. Ovi aditivi u hrani uključuju antioksidanse, bojila, arome, hranjive tvari te antimikrobne i osobito antifungalne spojeve (Campos i sur., 2005).

Vrste antifungalnih sastojaka s iznimkom kitozana koji ima inherentno antimikrobno djelovanje protiv širokog spektra gljivica koje se prenose hranom, antifungalni učinak omotača na bazi bio polimera obično se postiže ugradnjom aktivnih antimikrobnih spojeva u formulaciju omotača. Drugi izniman slučaj su gelovi i vodeni ekstrakti lišća biljke *Aloe vera*, koji su jestivi i mogu se koristiti i za premazivanje svježih ili minimalno prerađenih hortikulturnih proizvoda. Ovi omotači su se uglavnom koristili za fiziološko očuvanje voća nakon berbe, ali su također poznati po svom antimikrobnom djelovanju (Misir i sur., 2014).

Kitozan je prirodno polimer s antimikrobnim djelovanjem koji ima svojstvo stvaranja jestivih filmova i omotača (Hafđani, 2011). To je linearni kationski polisaharid velike molekularne težine koji se sastoji od 1,4- povezanih 2-amino-deoksi- β -D-glukan, djelomično deacetilirani derivat hitina. Hitin je prisutan u egzoskeletima rakova (rakovi, jastozi, škampi, itd.) te je, nakon celuloze, najzastupljeniji polisaharid u prirodi. Kitozan se komercijalno proizvodi s različitim deacetiliranim stupnjevima i molekularnim težinama, koje su povezane s njihovim funkcionalnim svojstvima i antimikrobnim učincima. Pokazao je visoko antimikrobno djelovanje protiv niza mikroorganizama koji uzrokuju kvarenje, uključujući gljivice, kvasce i bakterije. Njegov povoljan učinak na smanjenje bolesti nakon berbe zabilježen je za širok izbor svježih hortikulturnih proizvoda uključujući agrume, jabuke, mango, grožđe, jagode, borovnice, zelenu salatu, mrkvu ili rajčice. Njegovo antimikrobno djelovanje ovisi o nekoliko čimbenika kao što su vrsta kitozana, stupanj acetilacije, molekularna težina koncentracija, pH medija, ciljni mikroorganizam i prisutnost drugih sastojaka u ovojnici od kitozana (Campos i sur., 2011; Zhang i sur., 2014; Chein, 2006). Uz svoje antimikrobno i antifungalno djelovanje, kitozan se smatra dobrim kandidatom za tretman nakon berbe i dugoročno skladištenje svježeg voća i povrća zbog drugih važnih svojstava, kao što su nedostatak toksičnosti za sisavce i posljedičnu jestivost, biorazgradivost, bio kompatibilnost s mnogim drugim spojevima i multifunkcionalnost koja uvelike proizlazi iz njegove sposobnosti stvaranja premaza. Kitozan i njegovi derivati trenutno su najviše testirani jestivi omotači protiv gljivica za konzerviranje agruma nakon berbe. Istraživani su sami ili formulirani s drugim dodatnim antifungalnim sastojcima (Palou i sur., 2015).

Priprema jestivih omotača često počinje odabirom prikladnih osnovnih materijala, uključujući proteine, polisaharide, lipide ili njihovu kombinaciju. Oni se obično otope ili dispergiraju u otapalu (obično u vodi), uz dodatak plastifikatora za poboljšanje fleksibilnosti i kohezivnosti dobivenog premaza. Koncentracija, pH i temperatura otopine za oblaganje podešavaju se kako bi se postigla željena svojstva (Garcia i sur., 2014). Ovo predstavlja osnovnu formulaciju omotača, u koju se mogu ugraditi funkcionalni dodaci, kao što su antimikrobna sredstva, antioksidansi ili bojila. Smjesa se zatim tipično zagrijava i miješa dok ne postigne homogenost. Nakon hlađenja, može se nanijeti na prehrambeni proizvod tehnikama kao što su prskanje, nanos sloj po sloj, uranjanje i sl. nakon čega se premazani proizvod ostavi da se osuši, dopuštajući da otapalo ispari i ostavi tanki sloj jestivog omotača (Suhag i sur., 2020).

Odabir materijala za jestive omotače ključni je aspekt njihova razvoja, a podupire ga nekoliko ciljeva: poboljšanje očuvanja hrane, senzorno neutralna ili poboljšana senzorska kvaliteta i osiguravanje kompatibilnosti s ciljevima održivosti okoliša. Na primjer, izbor potrošača za svježije proizvode je značajan utječe na izgled proizvoda koji je ključni pokazatelj njegove

svježine i kvalitete (Jaeger i sur., 2023). Stoga, izbor materijala za razvoj jestivih omotača ne treba pažljivo temeljiti samo na njihovu funkcionalnost i učinak nego i na njihov utjecaj na konačni izgled proizvoda. Proces odabira materijala uključuje detaljnu procjenu prirodnih spojeva, kao što su proteini, polisaharidi i lipidi, u pogledu njihove sposobnosti stvaranja učinkovitih barijera protiv vlage, kisika i kretanja otopljenih tvari. Kriteriji za odabir materijala nadilaze puku funkcionalnu izvedbu jer također trebaju obuhvatiti razmatranja vezana uz izvor materijala, biorazgradivost i sigurnost za potrošnju (Jurić i sur., 2024).

Nedavna otkrića uvela su inovativne metode pripreme jestivih omotača, koristeći upečatljive materijale i tehnologije. Među njima se ističe nanotehnologija koja omogućuje proizvodnju nanoemulzija ili omotača na bazi nanočestica (Jurić i sur., 2024). Razvoj nanotehnologije u jestivim omotačima postao je obećavajuća strategija za produljenje roka trajanja, kvalitete i sigurnosti raznih prehrambenih proizvoda (Maria Leena i sur., 2020; Shan i sur., 2023). Zajedno s istodobnim inovacijama kao što je stvaranje kompozitnih i višeslojnih omotača, te korištenje naprednih tehnika nanošenja kao što su elektrohodinamički procesi i atomizacija, nanotehnologija značajno povećava opseg i učinkovitost jestivih omotača. Ovi nanostrukturirani omotači, obično formulirani s kombinacijom biopolimera i aktivnih sastojaka, mogu osigurati kontrolirano otpuštanje antimikrobnih, antioksidacijskih ili drugih korisnih tvari, produžujući tako svježinu proizvoda i ublažavajući mikrobnu kontaminaciju (Jurić i sur., 2024). Dodatno, nanotehnologija može poslužiti za poboljšanje nutritivne kvalitete jestivih omotača (Suhag i sur., 2020). Koncept nanokompozita omogućuje stvaranje jestivih polimera kroz proces koji uključuje raspršivanje otopine na površinu hrane. Ove otopine često sadrže bioaktivne tvari kao što su antimikrobna sredstva, antioksidansi, enzimi, arome i bojila ili mješavine spojeva poput eteričnih ulja (Rios i sur., 2022). Nanočestice poput cinkovog oksida, srebra i kitozana identificirane su kao učinkovita sredstva za poboljšanje kvalitete klimakteričnog voća nakon berbe poboljšavanjem njihovih fizičkih i senzorskih svojstava, inhibicijom rasta mikroba i produljenjem roka trajanja. Dok su neki jestivi omotači sami pokazali ograničenja, pokazalo se da njihova integracija s nanočesticama poboljšava njihove zaštitne sposobnosti (Odetayo i sur., 2022). Postoji potencijal u istraživanju drugih nanočestica poput bakra, cerijevog oksida i titanijevog oksida zbog njihove male štetnosti na sigurnost. Dodatno, prehrambeni nanomaterijali kao što su škrob, celuloza i gume nude obećavajuće, netoksične opcije za omotače voća. Kombinacija omotača obogaćenih nanočesticama s postojećim tehnologijama skladištenja predstavlja novu istraživačku granicu koja bi mogla dodatno poboljšati očuvanje voća. Elektrohodinamički proces koristi električno polje za raspršivanje otopine polimera u fini tok. Ova tehnika dovodi do stvaranja vlakna kroz proces elektrosprejanja, koje predstavlja inovativnu tehniku premazivanja gdje se materijal pretvara u fine čestice pod utjecajem jakog električnog polja. Ovaj proces rezultira stvaranjem nabijenih kapljica, veličine od mikrometrijske do submikrometrijske, s nevjerojatno ujednačenom raspodjelom veličine. Jestivi omotači na bazi nanotehnologije primijenjeni su na širok raspon proizvoda, od svježeg i svježe rezanog voća i povrća do sireva, mesa i ribe, s inovativnim metodama proizvodnje omotača koje koriste tehnike elektropredenja, unakrsnog povezivanja i nanoemulzije (Maria Leena i sur., 2020). Rastući broj istraživanja pokazuje potencijal nanotehnologije u formuliranju inovativnih jestivih omotača za produljenje trajnosti i očuvanje kvalitete raznih prehrambenih proizvoda, međutim potrebna su daljnja istraživanja kako bi se optimizirale metode proizvodnje, poboljšalo razumijevanje učinaka na svojstva hrane i procijenila percepcija potrošača o nanotehnologiji u primjeni hrane (Jurić i sur., 2024).

Materijali i metode

3.1. Materijali

3.1.1. Biljni materijali

U ovom istraživanju korištena je mandarina sorte „Chahara“ uzgojena u dolini rijeke Neretve. „Chahara“ pripada skupini vrlo ranih sorti i zrela je za berbu krajem rujna te početkom listopada. Plod je velik, dobrog općeg izgleda, plosnatog oblika s manje naglašenim rebrima i brazgotinama. Kožica ploda je žuto-narančaste boje i srednje debljine. Meso je fine strukture, bez sjemenki i iznimno sočno, a okus se subjektivno ocjenjuje kao izvrstan. Stablo je bez trnja, ima guste grane, a listovi su jajoliki i eliptični. Jedan od problema pri uzgoju ove sorte jest izraženo napuhavanje kore, odnosno kora se odvaja od mesa ploda što ga čini izrazito neprivlačnim za kupce i smanjuje vrijednost na tržištu. Razlog ove pojave je naknadni rast albeda nakon što je meso ploda već dostiglo puni razvoj (Popović i sur., 2010; Popović, 2021). Odmah nakon berbe, 08.11.2023., uzorci mandarine dostavljeni su u laboratorij Zavoda za kemiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Za analizu su odabrani plodovi ujednačene zrelosti, veličine i boje, bez mehaničkih oštećenja i bolesti.

3.1.2. Priprema otopina za jestive omotače:

Kitozan

2% (w/v) kitozana otopljeno je uz stalno miješanje u 2% (w/v) otopini limunske kiseline potom zagrijano dok se potpuno ne otopi na 40°C, približni pH iznosio je 3. Nakon hlađenja, dodan je 2% (v/v) glicerol. Otopina se nekoliko sati zagrijavala na magnetskoj miješalici pri 40°C, te je potom ostavljena preko noći na magnetskoj miješalici (bez grijanja) dok se potpuno ne otopi.

Zein

Kako bi se pripremila otopina zeina, pri 70°C zein se otopio u maloj količini 2 M NaOH. Potom se otopina razrijedila s vodom na konačnu koncentraciju zeina od 2% (w/v). Nakon hlađenja, dodan je 2% (v/v) glicerol.

3.2. Metode

3.2.1. Priprema uzoraka za analizu

Plodovi (30 plodova u triplicatu) prvo su oprani vodom iz slavine. Otopine kitozana i zeina prenesene su u odvojene posude namijenjene uranjanju uzoraka ploda. Mandarine su uranjane u otopine kitozana i zeina na tri minute pojedinačno, zatim su ostavljene na sušenje na mjesto s dobrom cirkulacijom zraka. Kombinacija tretmana kitozan-zein vršio se sloj po sloj.

Mandarine su prvo uranjane u otopinu kitozana na 3 minute kako bi dobile prvi sloj. Završetkom sušenja koje je trajalo od dva do tri sata, mandarine su uranjane na dvije minute u otopinu zeina.

Određivanje gubitka mase

Gubitak mase uzoraka mandarina određen je vaganjem plodova po uzorku na početku eksperimenta (0. dan) te u intervalima od tri tjedna skladištenja. Za mjerenje mase korištena je precizna vaga (Shimadzu AX 200, Japan) koja je imala je točnost od 0,1 mg. Gubitak mase (%) izračunat je kao postotak gubitka mase u odnosu na početnu masu uzoraka prema sljedećoj formuli:

$$\% W = \frac{m_0 - m_f}{m_0} \times 100$$

gdje je:

m_0 - početna masa svakog uzorka

m_f - masa u trenutku mjerenja ili konačna masa uzorka

Određivanje ukupne kiselosti

Ukupna kiselost (TA) je podatak dobiven metodom koja se temelji na titraciji otopinom natrijevog hidroksida. Primjenjuje se za određivanje ukupne kiselosti u voću i povrću i proizvodima od voća i povrća. Ukupna kiselost (TA) određena je digitalnom biretom titriranjem 10 mL soka mandarine s 0,1 mol/L NaOH i fenolftaleinom kao indikatorom.

Određivanje ukupne topljive suhe tvari

Sadržaj ukupne topljive suhe tvari izmjeren je u voćnom soku plodova mandarina. Mjerenje je izvršeno pomoću digitalnog refraktometra Pal-1 (Atago, Japan), a rezultati su izraženi u %

Mikrobiološka analiza

PDA podloge (Potato dextrose agar) skuhanе su prema uputama proizvođača i sterilizirane autoklaviranjem na 121°C/15 min. Na ploči s već izraslom gljivom *B. cinerea* je širim krajem sterilnog nastavka za mikropipete (1mL) izvučen disk koji je zatim prenesen na sredinu nove polimerizirane PDA ploče koje su potom inkubirane (Sanyo Electronic CO. Ltd., Japan) pri 25°C, 7 dana do rasta svježe *B. cinerea*.

Fiziološka otopina pripremljena je otapanjem 8,5g NaCl u 1 L destilirane vode, nakon čega je sterilizirana autoklaviranjem na 121°C/15 min čime je dobivena 0,85% otopina.

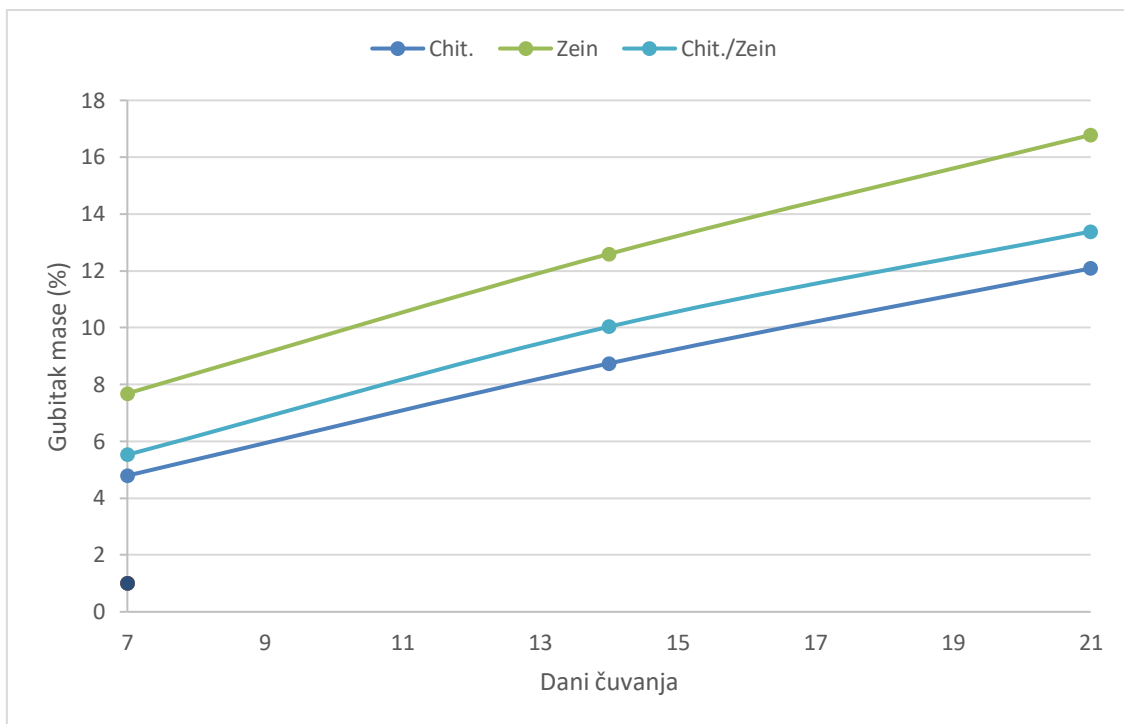
Nakon inkubacije ploča s *B. cinerea*, na ploču je dodano sterilne fiziološke otopine te se lagano sterilnom ezom prolazilo po rastu kako bi se odvojio što veći broj spora a da se pritom ne uništi agar. Nastala otopina spora i fiziološke otopine je zatim prebačena u sterilnu falkonicu preko sterilne gaze kako bi se osigurao isključivo prolazak spora u fiziološkoj otopini. Spore iz nastale otopine su zatim prebrojane pod mikroskopom pomoću komorice za brojanje spora (Hirschmann) do postizanja koncentracije od 10^5 spora/ μ L.

Ukupno je inokulirano 9 mandarina (3 tretmana, tri replikata) 48h nakon tretiranja. Svaka mandarina je inokulirana na četiri različita i udaljena mjesta, unaprijed označena, s po 10 μ L pripremljene otopine spora. Inokulacija se vršila utiskivanjem sterilnog nastavka za mikropipete pod koru mandarine paralelno sa samom mandarinom kako bi se izbjeglo oštećenje kore i samog ploda te ispuštanjem 10 μ L pripremljene otopine spora pod samu koru. Tako inokulirane mandarine su zatim inkubirane (Sanyo Electronic CO. Ltd., Japan) na 8°C u trajanju od 4 tjedna te su se vršile kontrole rasta *B. cinerea* svakih tjedan dana.

4. Rezultati i rasprava

4.1. Gubitak mase

Gubitak mase ploda povezan je s gubitkom svježine ploda. Kod mandarina, gubitak mase od 10-15% često je razlog njihove neupotrebljivosti. Gubitak mase ploda tijekom skladištenja posljedica je migracije vode iz ploda u okoliš. Temperatura skladištenja, gradijent tlaka vodene pare između tkiva ploda i okoline utječu na brzinu gubitka vode (Mannozi i sur., 2017). U ovom radu, gubici mase plodova mandarine bili su od oko 5-17% tijekom 21 dana skladištenja. Grafikon 1. prikazuje gubitak mase plodova mandarine sorte „Chahara“ tretirane jestivim omotačima kitozana, zeina i otopinom kitozana i zeina. Svi uzorci plodova mandarine pokazali su gubitak mase u odnosu na početnu masu uzoraka, odnosno gubitak mase se postupno povećavao tijekom razdoblja skladištenja. Nakon sedam dana skladištenja uzorci tretirani kitozonom pokazali su minimalni gubitak mase od 4,79% u odnosu na uzorke tretirane zeinom kod kojih je zabilježen gubitak mase od 7,69% kao i uzroke tretirane otopinom kitozana i zeina kod kojih je zabilježen gubitak mase od 5,53%. Nakon 14 dana skladištenja ponovno je najmanji gubitak mase od 8,74% zabilježen kod uzoraka tretiranih kitozonom, zatim gubitak mase od 10,03% kod uzoraka tretiranih otopinom kitozana i zeina, te je najveći gubitak mase od 12,60% zabilježen kod uzoraka tretiranih zeinom. Nakon 21. dana skladištenja najmanji gubitak mase od 12,09% zabilježen je kod uzoraka tretiranih kitozonom, zatim gubitak od 13,38% zabilježen je kod uzoraka tretiranih otopinom kitozana i zeina te je najveći gubitak mase od 16,73% zabilježen je kod uzoraka tretiranih zeinom. Dobiveni rezultati u skladu su s prethodno provedenim istraživanjima. Slično istraživanje na temu „Primjena jestivih premaza na bazi kitozana sloj po sloj za očuvanje bioaktivnih spojeva i organskih kiselina u mandarinama“ provedeno je 2023. od strane Jurića i sur., zabilježen je značajan utjecaj svih tretmana, uključujući i jednostruki sloj kitozana, što se djelomično može pripisati upotrebi kitozana visoke molekularne težine.



Grafikon 1. Gubitak mase (%) tretiranih plodova omotačima tijekom skladištenja u hladnjači

4.2. Ukupna kiselost i topljiva suha tvar

Tablica 1. pruža detaljan pregled promjena ukupne kiselosti (TA) i topljive suhe tvari (TSS) mandarina koje su tretirane različitim jestivim omotačima (kitozan, zein, kitozan/zein) tijekom 21 dan skladištenja. Mjerenja su obavljena 0., 7., 14. i 21. dan skladištenja. Topljiva suha tvar u postocima pokazuje sadržaj šećera i drugih topljivih tvari u plodu. Ukupna kiselost, izražena u gramima kiseline po litri soka pokazuje kiselost ploda. Početna vrijednost topljive suhe tvari i ukupne kiselosti poprilično je visoka. Nakon 7 dana skladištenja kod uzoraka tretiranih kitozanom zabilježen je značajan pad TA, što sugerira smanjenje kiselosti. Daljnji pad TSS i TA 14. dan skladištenja pokazuje nastavak procesa sazrijevanja i razgradnje kiselina. 21. dan skladištenja TSS se malo povećava, dok TA i dalje pada, što je uobičajeno za proizvode koji se skladište. Nakon 7 dana skladištenja kod uzoraka tretiranih zeinom zabilježen je značajan porast TSS, dok TA opada, što može značiti da je zein u odnosu na kitozan bolji u očuvanju šećera. 21. dan skladištenja TSS se stabilizira, dok TA opada najviše od svih tretmana što sugerira ubrzan proces sazrijevanja. Nakon 7 dana skladištenja kod uzoraka tretiranih kitozan/zein zabilježen je blagi pad TSS i TA, uz očuvanje veće kiselosti u odnosu na ostale tretmane. 14. dan skladištenja zabilježen je porast TSS i TA u odnosu na prethodni period skladištenja, što je netipično. 21. dan skladištenja zabilježen je najveći porast TSS, što ukazuje na očuvanje šećera dok TA opada ali manje u odnosu na zein. Valero i sur., su 2013. godine proveli slično istraživanje u kojem se kitozan pokazao učinkovit u očuvanju kvalitete citrusa tijekom skladištenja, ali je također zabilježen pad TA, što je u skladu s gore dobivenim rezultatima. Povećanje TSS s produljenjem skladištenja također je zabilježeno, što je zajedničko s gore navedim rezultatima. Rodriguez i sur., su 2018. također proveli slično istraživanje gdje je kombinacija kitozana i zeina pokazala očuvanje kiselosti (TA) tijekom skladištenja, slično gore navedenim rezultatima za tretman kitozan-zein. Porast TSS kod ovog tretmana također je zabilježen, iako su autori primijetili da sinergijski učinci nisu uvijek linearni, što se poklapa s netipičnim porastom TA u gore spomenutim rezultatima 14. dana skladištenja.

Tablica 1. Ukupna kiselost (TA) i topljiva suha tvar tijekom skladištenja tretiranih mandarina(n=30)

Tretman	TSS (%)	TA (g/L)
0 dan		
	9,67±0,49	6,62±0,37
7 dan		
Kitozan	9,56 ± 0,42	6,03 ± 0,32
Zein	10,01 ± 0,56	5,74 ± 0,19
Kitozan/zein	9,38 ± 0,36	6,31 ± 0,42
14 dan		
Kitozan	9,16 ± 0,27	5,69 ± 0,33
Zein	9,48 ± 0,67	5,47 ± 0,12
Kitozan/zein	9,63 ± 0,53	6,41 ± 0,39
21 dan		
Kitozan	9,21 ± 0,55	5,23 ± 0,24
Zein	9,56 ± 0,43	5,02 ± 0,53
Kitozan/zein	10,72 ± 0,32	4,92 ± 0,21

4.3. Brojnost mikroorganizama

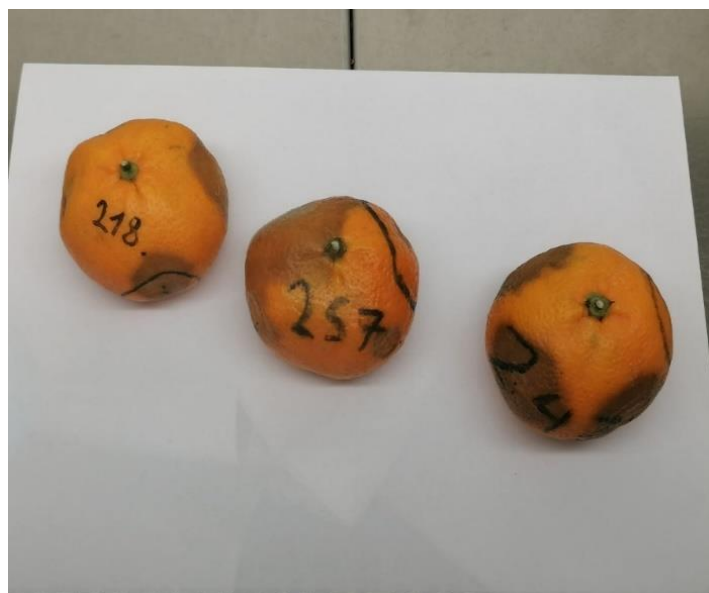
Mikrobne populacije prirodno se javljaju na svježim mandarinama. Rast infekcije *B. cinereom* u ovom eksperimentu utvrđen je 7., 14., i 21. dan skladištenja te prikazan u Tablici 2. Kitozan u početku pruža određenu zaštitu, ali s vremenom dolazi do značajnog rasta infekcije. Ipak infekcija napreduje nešto sporije u odnosu na ostale tretmane. Zein pokazuje brži rast infekcije u usporedbi s kitozanom, ali ipak sporije nego kombinacija kitozan/zein, iako bi kombinacija kitozan/zein mogla imati sinergijske efekte u zaštiti od infekcije, rezultati pokazuju da su upravo plodovi tretirani kitozan/zeinom najbrže kolonizirali plijesni, što ukazuje na visoku podložnost infekciji. Dobiveni rezultati u skladu su s prethodnim istraživanjima koja sugeriraju da kitozan može pružiti određenu antifungalnu zaštitu, ali da njegova učinkovitost opada tijekom skladištenja. Rodriguez i sur. (2018.) su proveli slično istraživanje gdje je utvrđeno da kombinacija kitozana i zeina može pružiti zaštitu degradacije kvalitete citrusa, ali nije bila toliko učinkovita u sprječavanju rasta mikroorganizama. Dakle brža kolonizacija plijesni zabilježena je kod kombiniranih omotača. Također Valero i sur. (2013.) su proveli istraživanje u kojem je utvrđeno kako kitozan može značajno smanjiti mikrobiološku kontaminaciju i produljiti trajanje skladištenja citrusa, ali također ukazuje na mogućnost smanjenja učinkovitosti kitozana s vremenom skladištenja. Rast plijesni je bio sporiji, ali ne i potpuno spiječen.

Tablica 2. Mjerenje rasta infekcije *B. cinerea*

Tretman	Mandarina	18.11.2023	24.11.2023	1.12.2023.
kitozan	72	T1 (1) 0.3 x 0.3 cm; T2 (1) 0.5 x 0.3 cm; T3 (3) 0.5 x 0.2 cm; T4 (5) 0	T1 (1) 3.5 x 3.5 cm; T2 (1) 2.5 x 2.5 cm; T3 (1) 2.5 x 2.7 cm; T4 (1) 1.9 x 2.1 cm	T1 + T2 (1) 9.0 x 8.0 cm; T3 (1) 5.5 x 6.0 cm; T4 (1) 5.5 x 6.5 cm
	81	T1 (2) 0.3 x 0.2 cm; T2 (2) 0.2 x 0.1 cm; T3 (3) 0.3 x 0.1 cm; T4 (3) 0.2 x 0.2 cm	T1 (1) 1.0 x 1.0 cm; T2 (1) 2.0 x 1.5 cm; T3 (1) 0.7 x 0.7 cm; T4 (1) 1.6 x 1.3 cm	T1 (1) 3.5 x 4.2 cm; T2 (1) 4.5 x 4.0 cm; T3 (1) 2.2 x 2.5 cm; T4 (1) 3.5 x 4.0 cm
	88	T1 (1) 0.5 x 0.3 cm; T2 (3) 0.2 x 0.2 cm; T3 (1) 0.2 x 0.2 cm; T4 (2) 0.4 x 0.2 cm	T1 (1) 2.6 x 3.2 cm; T2 (1) 2.5 x 2.6 cm; T3 (1) 2.5 x 3.2 cm; T4 (1) 2.1 x 1.5 cm	T1 (1) 6.5 x 5.5 cm; T2 (1) 6.0 x 6.0 cm; T3 (1) 5.0 x 5.5 cm; T4 (1) 4.0 x 4.5 cm
zein	218	T1 0; T2 0; T3 0; T4 (3) 0.5 x 0.2 cm	T1 0; T2 (4) 0.3 x 0.2 cm; T3 (3) 0.6 x 0.3 cm; T4 (1) 1.0 x 1.0 cm	T1 (1) 1.4 x 1.5 cm; T2 (1) 0.6 x 0.5 cm; T3 (1) 2.2 x 2.5 cm; T4 (1) 3.5 x 3.5 cm
	247	0	T1 (4) 0.2 x 0.1 cm; T2 (4) 0.2 x 0.1 cm; T3 (4) 0.7 x 0.5 cm; T3 (3) 0.7 x 0.5 cm	T1 (1) 2.4 x 1.2 cm; T2 (1) 4.0 x 4.5 cm; T3 (1) 3.7 x 3.9 cm; T4 (1) 3.2 x 3.0 cm
	257	T1 0; T2 0; T3 (2) 0.5 x 0.3 cm; T4 0	T1 (1) 0.7 x 0.3 cm; T2 (4) 0.4 x 0.2 cm; T3 (1) 3.5 x 4.0 cm; T4 (4) 0.4 x 0.2 cm	T1 (1) 1.5 x 1.4 cm; T2 (1) 1.0 x 1.5 cm; T3 (1) 7.2 x 7.5 cm; T4 (1) 2.0 x 2.2 cm
kitozan + zein	423	T1 (4) 0.5 x 0.1 cm; T2 0; T3 0; T4 (4) 0.3 x 0.2 cm	Nemjerljivo (3/4 plijesan)*	U potpunosti obrasla/nemjerljivo
	425	T1 (4) 0.4 x 0.3 cm; T2 (2) 0.6 x 0.3 cm; T3 (1) 1.0 x 1.0 cm; T4 (1) 1.5 x 1.5 cm	T1 (1) 3.0 x 3.5 cm; T2 (1) 3.5 x 3.5 cm; T3 (1) 4.5 x 4.5 cm; T4 (1) 5.0 x 5.0 cm	U potpunosti obrasla/nemjerljivo
	436	T1 (4) 0.5 x 0.3 cm; T2 (4) 0.3 x 0.2 cm; T3 (1) 1.0 x 1.0 cm; T4 (1) 1.5 x 1.5 cm	T1 (1) 1.2 x 2.0 cm; T2 (1) 1.0 x 1.3 cm; T3 (1) 5.0 x 4.5 cm; T4 (1) 3.0 x 3.0 cm	U potpunosti obrasla/nemjerljivo*



Slika 4. Plodovi mandarine tretirani jestivim omotačem zeinom i inficirani sivom plijesni (*Botrytis cinerea*), 7. dan skladištenja



Slika 5. Plodovi mandarine tretirani jestivim omotačem zeinom i inficirani sivom plijesni (*Botrytis cinerea*), 21. dan skladištenja



Slika 6. Plodovi mandarine tretirani jestivim omotačem kitozanom i inficirani sivom plijesni (*Botrytis cinerea*), 7. dan skladištenja



Slika 7. Plodovi mandarine tretirani jestivim omotačem kitozanom i inficirani sivom plijesni (*Botrytis cinerea*), 21. dan skladištenja



Slika 8. Plodvi mandarine tretirani 'sloj po sloj' kombinacijm kitozan-zein i inficirani sivom plijesni (*Botrytis cinerea*) 7. i 21. dan skladištenja

5. Zaključak

Na temelju dobivenih rezultata ovog rada može se zaključiti sljedeće:

- Na kraju perioda skladištenja od 21 dana najmanji gubici mase od 12,09% bili su kod plodova mandarine treniranih kitozanom, zatim gubitak od 13,38% kod uzoraka tretiranih otopinom kitozan-zeina, te je najveći gubitak mase od 16,73% zabilježen kod uzoraka tretiranih zeinom.
- Tijekom 21 dana skladištenja došlo je do brojnih promjena ukupne kiselosti (TA) i topljive suhe tvari (TSS) kod uzoraka mandarina.
- Kod uzoraka mandarine tretiranih kitozanom zabilježeno je najmanje kolebanje TSS, što znači stabilnije očuvanje topljive suhe tvari, dok se TA kontinuirano snižavao.
- Kod uzoraka tretiranih zeinom u prvim danima je zabilježen porast TSS, ali i najbrži pad TA što može značiti brže sazrijevanje.
- Kod uzoraka tretiranih otopinom kitozan-zeina zabilježen je porast i stabilizacija TSS uz kontroliran pad TA, što se može smatrati najboljom kombinacijom za očuvanje kvalitete mandarina tijekom dužeg skladištenja.
- Plodovi mandarine tretirani kitozanom u početku pružaju određenu zaštitu iako s vremenom dolazi do značajnog rasta infekcije sive plijesni (*Botrytis cinerea*). Ipak, infekcija napreduje sporije u odnosu na tretman zeinom i otopinom kitozan-zeina.
- Plodovi mandarine tretirani otopinom kitozan-zeina zabilježili su najbrži te najznačajniji rast mikroskopske gljive *Botrytis cinerea*.

6. Popis literature

7. Bajwa, B. E., i Anjum, F. M. (2007). Poboljšanje skladišnih uvijeta mandarine (*Citrus reticulata* Blanco) kontroliranjem nekih fizioloških poremećaja. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(5), 459–501. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01291.x>
8. Bakarić, P. (1983). *Uzgoj mandarine Unshiu*. Dubrovnik.
9. Baldwin, E. A. (1994). Edibilni omotači za svježe voće i povrće: Prošlost, sadašnjost i budućnost. U J. M. Krochta, E. A. Baldwin, & M. O. Nisperos-Carriedo (Eds.), *Edible coatings and films to improve food quality* (str. 25–64). Technomic Publishing Co. Inc.
10. Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. O., i Baker, R. A. (1995). Edibilni omotači za slabo prerađeno voće i povrće. *HortScience*, 30(1), 35–38. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.30.1.35>
11. Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M., Shaw, P. E., & Burns, J. K. (1995). Učinci omotača i produljenog skladištenja na mirise svježinu naranče, stupnjeve Brix i razine askorbinske kiseline. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(5), 1321–1331. <https://doi.org/10.1021/jf00053a030>
12. Beever, D. J. (1990). Mandarine: Izvoz kvalitetne Satsuma sorte zahtjeva oprezno rukovanje. *Orchardist of New Zealand*, 6(3), 24–25.
13. Campos, C. A., Gerschenson, L. N., i Flores, S. K. (2011). Razvoj edibilnih filmova i omotača s antimikrobnom aktivnošću. *Food Bioprocess Technology*, 4(6), 849–875. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0367-0>
14. Cha, D., i Chinnan, M. (2004). Biopolimerima bazirano antibakterijsko pakiranje: Pregled. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(3), 223–227. <https://doi.org/10.1080/10408390490424843>
15. Charles, M. T., Tano, K., Asselin, A., i Arul, J. (2009). Fiziološka osnova UV-C inducirane otpornosti na *Botrytis cinerea* u plodovima rajčice. *Postharvest Biology and Technology*, 51(3), 414–424. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.12.007>
16. Cherif, M., Benhamou, N., i Belanger, R. R. (1992). Prisutnost celuloze i hitina u staničnim zidovima hifa *Pythium ultimum*: Komparativna studija s drugim fitopatogenim gljivama. *Kanadski časopis mikrobiologije*, 39(3), 213–222. <https://doi.org/10.1139/m92-037>
17. Chien, P. J., i Chou, C. C. (2006). Antifungalna aktivnost kitozana i njegova primjena za kontrolu kvalitete nakon berbe i gljivičnog truljenja citrusnog voća (*Citrus tankan* Hayata). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13), 1964–1969. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2602>
18. Crnomarković, D., i Kiridžija, M. (2014). Neretvanska mandarina oznaka izvornosti. *Specifikacija proizvoda*, Opuzen, listopad, str. 1.
19. Dhall, R. K. (2013). Napredak u edibilnim omotačima za svježe voće i povrće: Pregled. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(4), 435–450. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.620415>
20. Dhall, R. K. (2013). Napredak u jestivim omotačima za svježe voće i povrće: Pregled. *Kritički pregledi u znanosti o hrani i prehrani*, 53(4), 435–450. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.620415>
21. Donsì, F., i Ferrari, G. (2016). Nanoemulzije esencijalnih ulja kao antimikrobna sredstva u hrani. *Journal of Biotechnology*, 233, 106–120. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.07.005>
22. Dubravec, K., i Dubravec, I. (1998). *Kultivirane biljne vrste Hrvatske i susjednih područja*. Školska knjiga, Zagreb, str. 83.

23. Eckert, J. W., i Ogawa, J. M. (1985). Kemijska kontrola bolesti nakon berbe: Suptropsko i tropsko voće. *Godišnji pregled fitopatologije*, 23, 421–454. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.23.090185.002225>
24. Elshafie, H. S., Camele, I., Racioppi, R., Scrano, L., Iacobellis, N. S., i Bufo, S. A. (2012). In vitro antifungalna aktivnost *Burkholderia gladioli* pv. *agaricola* protiv nekih fitopatogenih gljiva. *Međunarodni časopis molekularnih znanosti*, 13(12), 16291–16302. <https://doi.org/10.3390/ijms131216291>
25. Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A., i Ibarz, A. (2011). Edibilni filmovi i omotači: strukture, aktivne funkcije i trendovi u njihovoj uporabi. *Trends in Food Science and Technology*, 22(6), 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.01.002>
26. Franssen, L. R., Rumsey, T. R., i Krochta, J. M. (2004). Utjecaj sastava filma od proteinskog sirutke na difuziju kalijevog sorbata i natamicina. *Journal of Food Science*, 69(7), 347–350. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb14147.x>
27. Galus, S. (2019). Razvoj edibilnih omotača u očuvanju voća i povrća. U T. J. Gutiérrez (Ed.), *Polymers for Agri-food Applications* (str. 377–390). New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19416-1_19
28. Garcia, C. C., Caetano, L. C., de Souza Silva, K., i Mauro, M. A. (2014). Utjecaj edibilnog omotača na sušenje i kvalitetu papaje (Carica papaya). *Food and Bioprocess Technology*, 7(10), 2828–2839. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1350-6>
29. Gomes, A. A. M., Queiroz, M. V., i Pereira, O. L. (2015). Mikofumigacija za biološku kontrolu bolesti nakon berbe voća. *Časopis za biljne bolesti*, 97(1), 3–10. <https://doi.org/10.1007/s42161-015-0005-4>
30. Guilbert, S., i Gontard, N. (2005). Agro-polimeri za edibilne i biorazgradive filmove: Pregled polimernih materijala, fizičkih i mehaničkih karakteristika (1. izd.). U J. H. Han (Ed.), *Innovations in food packaging* (str. 263–276). Elsevier.
31. Guimarães, A., Abrunhosa, L., Pastrana, L. M., i Cerqueira, M. A. (2018). Edibilni filmovi i omotači kao nosači živih mikroorganizama: Nova strategija za bioprezervaciju i zdraviju hranu. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(3), 594–614. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12345>
32. Hafidani, F. N., i Sadeghinia, N. (2011). Pregled primjene kitozana kao prirodnog antimikrobnog sredstva. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 50, 252–256.
33. Hagenmaier, R., Goodner, K., Roussef, R., i Dou, H. (2002). Skladištenje grejpa 'Marsh' i naranči 'Valencia' s različitim omotačima. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 115, 303–308.
34. Han, J. H. (2014). Edibilni filmovi i omotači: Pregled. U J. H. Han (Ed.), *Innovations in food packaging* (2. izd., str. 213–255). Elsevier.
35. Han, J. H. (2014). Edibilni filmovi i omotači: Pregled. U J. H. Han (Ed.), *Innovations in food packaging* (2. izd., str. 213–255). Elsevier.
36. Huang, X., Jiang, W., Zhou, J., Yu, D.-G., i Liu, H. (2022a). Primjene filmova s vlaknima koji sadrže ferulinsku kiselinu za očuvanje voća. *Polymers*, 14, 4947. <https://doi.org/10.3390/polym14224947>
37. Huff, M. W. (2011). Nobiletin smanjuje prekomjernu proizvodnju VLDL-a, dislipidemiju i aterosklerozu. *Journal of Lipid Research*, 26(98)(3), 329–333.
38. Jaeger, S. R., Antúnez, L., i Ares, G. (2023). Istraživanje što svježina u voću znači potrošačima. *Food Research International*, 165, Članak 112491. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112491>

39. Janisiewicz, W. J., i Korsten, L. (2002). Biološka kontrola bolesti nakon berbe voća. *Godišnji pregled fitopatologije*, 40, 411–444.
<https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.120501.101446>
40. Jauk N. (2012). Utjecaj skladištenja na karotenoide i boju soka mandarine (Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet). Repozitorij Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
41. Ji, Y., Zhao, H., Liu, H., Zhao, P., i Yu, D.-G. (2023). Elektrosprirane mikropartikule etilceluloze obložene stearinskom kiselinom za poboljšano postupno oslobađanje antikancerogenih lijekova. *Gels*, 9, 700. <https://doi.org/10.3390/gels9090700>
42. Jongsri, P., Wangsomboondee, T., Rojsitthisak, P., i Seraypheap, K. (2016). Utjecaj molekularne mase kitozana premazivanja na kvalitetu i fizikalno-kemijske karakteristike plodova manga tijekom skladištenja. *LWT - Food Science and Technology*, 73, 28–36. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.038>
43. Jurić, S., Bureš, M. S., Vlahović-Kahlina, K., Stracenski, K. S., Fruk, G., Jalšenjak, N., i Bandić, L. M. (2023a). Primjena edibilnih omotača na bazi kitozana, sloj-po-sloj za očuvanje bioaktivnih spojeva i organskih kiselina u mandarinama. *Food Chemistry X*, 17, Članak 100575. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100575>
44. Kaleb, M. (2014). Počeci sadnje mandarina i ostalih agruma u dolini Neretve. *Agronomski glasnik*, 4-5, 327-340.
45. Kaleb, M. (2015). Primjena jestivih filmova u premazivanju voća i povrća. *Pomorski zbornik*, 50(1), 113-124.
46. Karlson, P. (1993). *Biokemija*. Školska knjiga, Zagreb, str. 320-324.
47. Ketabchi, S., Taghipour, M. A., & Sharzei, A. (2012). Identifikacija bakterija koje koloniziraju površinu limete i koje su antagonistične protiv zelene plijesni te usporedba biološke kontrole s toplinskom obradom i kemijskom kontrolom. *Azijski časopis eksperimentalnih bioloških znanosti*, 3(2), 287–292.
48. Kotan, R., Dikbaş, N., i Bostan, H. (2009). Biološka kontrola bolesti nakon berbe uzrokovane *Aspergillus flavus* na skladištenom limunu. *Afrički časopis za biotehnologiju*, 8(9), 209–214. <https://doi.org/10.5897/AJB09.108>
49. Krochta, J. (1997). Edibilni filmovi. U A. L. Brody i K. S. Marsh (Eds.), *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology* (2. izd., str. 397–401). John Wiley & Sons, Inc.
50. Krochta, J. M. (2002). Proteini kao sirovine za filmove i omotače: Definicije, trenutačno stanje i prilike. U A. Gennadios (Ed.), *Protein-based films and coatings* (str. 1–41). CRC Press.
51. Krpina, I., i sur. (2004). *Voćarstvo*. Nakladni zavod Globus, Zagreb.
52. Lacroix, M., i Vu, K. D. (2014). Edibilni materijali za omotače i filmove: Proteini. U J. H. Han (Ed.), *Innovations in food packaging* (2. izd., str. 277–304). Elsevier
53. Leelasuphakul, W., Sivanunsakul, P., i Phongpaichit, S. (2006). Pročišćavanje, karakterizacija i sinergijska aktivnost β -1,3-glukanaze i antibakterijskog ekstrakta iz antagonističkog *Bacillus subtilis* NSRS 89-24 protiv patogena rižine bolesti i bolesti plašta. *Enzimi i mikrobna tehnologija*, 38(7), 990–997.
<https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2005.10.003>
54. Li, Y., Xu, C., Zhang, Q., i Liu, J. Y. (2005). Tan RX: In vitro djelovanje protiv *Helicobacter pylori* kod 30 kineskih biljnih lijekova koji se koriste za liječenje ulkusnih bolesti. *US National Library of Medicine, National Institutes of Health*, 26(98)(3), 329-333.

55. Lucera, A., Costa, C., Conte, A., i Del Nobile, M. A. (2012). Primjena prirodnih antimikrobnih spojeva u hrani. *Granice u mikrobiologiji*, 3, 287.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00287>
56. Maria Leena, M., Yoha, K. S., Moses, J. A., i Anandharamakrishnan, C. (2020). Edibilni omotači s elektrospunanim zein nanofiberima napunjenim resveratrolom s poboljšanom biološkom dostupnošću. *Food Bioscience*, 36, Članak 100669.
<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100669>
57. Marković, S. (2005). *Fitoaromaterapija*. Centar Cedrus, Zagreb, str. 207-208.
58. Misir, J., Brishti, F. H., i Hoque, M. M. (2014). Aloe vera gel kao novi edibilni omotač za svježe voće: Pregled. *American Journal of Food Science and Technology*, 2(2), 93–97. <https://doi.org/10.12691/ajfst-2-2-1>
59. Mitelut, A. C., Popa, E. E., Drăghici, M. C., Popescu, P. A., Popa, V. I., Bujor, O.-C. i Popa, M. E. (2021). Najnoviji razvoj u edibilnim omotačima na minimalno prerađenom voću i povrću: pregled. *Foods*, 10(11), 2821.
<https://doi.org/10.3390/foods10112821>
60. Mohammadi, P., Tozlu, E., i Kotan, R. (2014). Screening antagonističkih bakterija za biološku kontrolu zelene plijesni uzrokovane *Penicillium digitatum* Sacc. na citrusnom voću. U 21. iranskom kongresu zaštite bilja, Urmia, str. 189.
61. Morales-Jiménez, M., Gouveia, L., Yáñez-Fernández, J., Castro-Muñoz, R., i Barragán-Huerta, B. E. (2020). Proizvodnja, priprema i karakterizacija biopolimera na bazi mikroalgi kao potencijalnog bioaktivnog filma. *Coatings*, 10(2), 120.
<https://doi.org/10.3390/coatings10020120>
62. Navarro-Tarazaga, M. L., Sothornvit, R., i Pérez-Gago, M. B. (2008). Učinak vrste i količine plastifikatora na svojstva filmova od hidroksipropil metilceluloze i pčelinjeg voska te kvalitetu premazanih šljiva (cv. Angeleno) nakon žetve. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(21), 9502–9509.
<https://doi.org/10.1021/jf801228r>
63. Nisperos-Carriedo, M. O. (1994). Edibilni omotači i filmovi na bazi polisaharida. U J. M. Krochta, E. A. Baldwin, i M. O. Nisperos-Carriedo (Eds.), *Edible coatings and films to improve food quality* (str. 305–335). Technomic Publishing Co. Inc.
64. Norman, C. (1988). EPA uspostavlja novu politiku o rizicima pesticida za pojavu raka. *Znanost*, 242(4875), 366–367. <https://doi.org/10.1126/science.242.4875.366>
65. Odetayo, T., Tesfay, S., i Ngobese, N. Z. (2022). Primjena edibilnog omotača poboljšana nanotehnologijom na klimakterijsko voće. *Food Science and Nutrition*, 10(7), 2149–2167. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2557>
66. Olivas, G. I., Dávila-Aviña, J. E., Salas-Salazar, N. A., i Molina, F. J. (2008). Korištenje jestivih omotača za očuvanje kvalitete voća i povrća tijekom skladištenja. *Stewart Postharvest Review*, 3(6), 1-10.
67. Ordentlich, A., Elad, Y., i Chet, I. (1988). Uloga hitinaze *Serratia marcescens* u biokontroli *Sclerotium rolfsii*. *Fitopatologija*, 78(1), 84–87.
<https://doi.org/10.1094/Phyto-78-84>
68. Palou, L., Usall, J., Smilanick, J. L., Aguilar, M. J., i Viñas, I. (2002). Evaluacija prehrambenih aditiva i spojeva niske toksičnosti kao alternativnih kemikalija za kontrolu *Penicillium digitatum* i *Penicillium italicum* na citrusu. *Znanost o upravljanju štetnicima*, 58(5), 459–466. <https://doi.org/10.1002/ps.436>
69. Palou, L., Valencia-Chamorro, S. A., i Pérez-Gago, M. B. (2015). Antifungalni jestivi omotači za svježe citruse: Pregled. *Premazi*, 5(3), 962–986.
<https://doi.org/10.3390/coatings5030962>

70. Palumbo, J. D., Baker, J. L., i Mahoney, N. E. (2006). Izolacija bakterijskih antagonista *Aspergillus flavus* u bademima. *Mikrobna ekologija*, 52(1), 45–52. <https://doi.org/10.1007/s00248-006-9121-1>
71. Pandey, V. K., Islam, R. U., Shams, R., i Dar, A. H. (2022). Sveobuhvatan pregled primjene esencijalnih ulja kao bioaktivnih spojeva u nano-emulzijskim edibilnim omotačima za voće i povrće. *Applied Food Research*, 2(1), Članak 100042. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100042>
72. Pérez-Gago, M. B., i Rhim, J. W. (2014). Edibilni materijali za omotače i filmove: Lipidni dvoslojevi i lipidne emulzije. U J. H. Han (Ed.), *Innovations in food packaging* (2. izd., str. 325–350). Elsevier.
73. Pérez-Gago, M. B., Serra, M., Alonso, M., Mateos, M., i del Río, M. A. (2003). Učinak sadržaja čvrstih tvari i sadržaja lipida u edibilnim omotačima od izolata proteina sirutke i pčelinjeg voska na promjenu boje svježih narezanih jabuka. *Journal of Food Science*, 68(6), 2186–2191. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12334>
74. Petrušić G. (2015). Određivanje stabilnosti soka mandarine tijekom skladištenja (Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet). Repozitorij Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
75. Popović, L., i Vego, D. (2010). Sortiment mandarine na području Opuzena. *Pomologia Croatica*, 16(3-4), 90.
76. Porat, R., Weiss, B., Cohen, L., Daus, A., i Aharoni, N. (2004). Smanjenje poremećaja kore nakon branja na citrusima pomoću pakiranja u modificiranoj atmosferi. *Postharvest Biology and Technology*, 33(1), 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.03.007>
77. Prusky, D. (2011). Smanjenje učestalosti gubitaka kvalitete nakon berbe i buduće perspektive. *Sigurnost hrane*, 3(4), 463–474. <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0165-4>
78. Raghav, P. K., Agarwal, N., i Saini, M. (2016). Jestivi omotači za voće i povrće: Pregled. *Education*, 1, 2455-5630.
79. Rhim, J. W., i Shellhammer, T. H. (2005). Edibilni filmovi i omotači na bazi lipida. J. H. Han (Ed.), *Innovations in food packaging* (1. izd., str. 362–383). Elsevier.
80. Rios, D. A. da S., Nakamoto, M. M., Braga, A. R. C., i da Silva, E. M. C. (2022). Premazivanje hrane pomoću biljnog izvora: Važnost i industrijski potencijal, trenutačne primjene i budući trendovi. *Applied Food Research*, 2(1), Članak 100073. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100073>
81. Rodríguez i sur. (2018). Kvaliteta citrusa prekrivenog kitozanom i kitozan/zeinom: Utjecaj na antioksidativnu aktivnost, organske kiseline i sadržaj šećera.
82. Saligkarias, I. D., Gravanis, F. T., i Harry, A. S. (2002). Biološka kontrola *Botrytis cinerea* na biljkama rajčice korištenjem epifitskih kvasaca *Candida guilliermondii* sojeva 101 i US 7 te *Candida oleophila* soja I-182: II. Istraživanje načina djelovanja. *Biološka kontrola*, 25(2), 151–161. [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(02\)00021-4](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(02)00021-4)
83. Sánchez-González, L., Pastor, C., Vargas, M., Chiralt, A., González-Martínez, C., i Cháfer, M. (2011). Učinak premazivanja hidroksipropilmetilcelulozom i kitozanom sa i bez eteričnog ulja bergamota na kvalitetu i sigurnost grožđa skladištenog na niskim temperaturama. *Postharvest Biology and Technology*, 60(1), 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.09.007>
84. Schmid, M., Reichert, K., Hammann, F., i Stäbler, A. (2015). Promjene u molekularnim interakcijama i svojstvima filmova i omotača na bazi izolata proteinske sirutke ovisno o vremenu skladištenja. *Journal of Materials Science*, 50(13), 4396–4404. <https://doi.org/10.1007/s10853-015-9277-7>

85. Shan, Y., Li, T., Qu, H., Duan, X., Farag, M. A., Xiao, J., Gao, H., i Jiang, Y. (2023). Nanoprezervacija: Nova tehnologija za održavanje kvalitete i produženje roka trajanja svježeg voća i povrća. *Food Frontiers*, 4(1), 100–130. <https://doi.org/10.1002/fft2.10229>
86. Shellhammer, T. H., i Krochta, J. M. (1997). Učinak vrste i količine lipida na performanse emulzijskih filmova od proteinske sirutke. *Journal of Food Science*, 62(2), 390–394. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb10446.x>
87. Suhag, R., Kumar, N., Petkoska, A. T., i Upadhyay, A. (2020). Metode formiranja i nanošenja filmova edibilnih omotača na prehrambene proizvode: Pregled. *Food Research International*, 136, Članak 109582. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>
88. Tavassoli-Kafrani, E., Gamage, M. V., Dumée, L. F., Kong, L., i Zhao, S. (2022). Jestivi filmovi i omotači za produljenje trajanja manga: Pregled. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(9), 2432–2459.
89. Teixeira, R. F., Filho, C. A. B., i Borges, C. D. (2022). Esencijalna ulja kao prirodna antimikrobna sredstva za primjenu u edibilnim omotačima za minimalno obrađene jabuke i dinje: Pregled antimikrobne aktivnosti i karakteristika modela hrane. *Food Packaging and Shelf Life*, 31, Članak 100781. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100781>
90. Ulusoy, B. H., Yildirim, F. K., i Hecer, C. (2018). Edibilni filmovi i omotači. *Journal of Food Technology Research*, 5(1), 28–33. <https://doi.org/10.18488/journal.58.2018.51.28.33>
91. Valencia-Chamorro, S. A., Palou, L., del Río, M. A., i Pérez-Gago, M. B. (2011). Antimikrobni jestivi omotači za svježe i minimalno obrađeno voće i povrće: Pregled. *Kritički pregledi u znanosti o hrani i prehrani*, 51(9), 872–900. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.512211>
92. Valencia-Chamorro, S. A., Pérez-Gago, M. B., del Río, M. A., i Palou, L. (2009a). Kurativna i preventivna aktivnost kompozitnih omotača na bazi hidroksipropil metilceluloze i lipida, koji sadrže antifungalne prehrambene aditive za kontrolu zelenih i plavih plijesni na citrusima. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(7), 2770–2777. <https://doi.org/10.1021/jf803736c>
93. Valero i sur. (2013). Omotači od kitozana na citrusu poboljšavaju njihovu kvalitetu nakon berbe i smanjuju oksidativni stres tijekom hladnog skladištenja.
94. Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, D., i González-Martínez, C. (2008). Nedavni napredak u edibilnim omotačima za svježe i minimalno prerađeno voće. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(5), 496–511. <https://doi.org/10.1080/10408390701765730>
95. Wang, Y., Bao, Y., Shen, D., Feng, W., Yu, T., Zhang, J., i Zheng, X. D. (2008). Biokontrola *Alternaria alternata* na plodovima rajčice korištenjem morskog kvasca *Rhodospiridium paludigenum* Tallman. *Međunarodni časopis mikrobiologije hrane*, 123(2), 234–239. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.12.023>
96. Wang, Y., Ren, X., Song, X., Yu, T., Lu, H., Wang, P., Wang, J., i Zheng, X. D. (2010). Kontrola propadanja nakon berbe na trešnjama
97. Weller, D. M. (2007). *Pseudomonas* biokontrolni agensi tla: Povratak nakon 30 godina. *Fitopatologija*, 97(2), 250–256. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-2-0250>
98. Whiteside, J. O., Garnsey, S. M., i Timmer, L. W. (1988). Kompendij bolesti citrusa. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.

99. Williamson, B., Tudzynski, B., Tudzynski, P., i van Kan, J. A. L. (2007). *Botrytis cinerea*: uzrok bolesti sive plijesni. *Molecular Plant Pathology*, 8(5), 561-580
100. Wilson, C. L., i Wisniewski, M. E. (1989). Biološka kontrola bolesti nakon berbe voća i povrća: Nastajuća tehnologija. *Godišnji pregled fitopatologije*, 27, 425–441. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.27.090189.002233>
101. Wilson, C. L., Wisniewski, M. E., Biles, C. L., McLaughlin, R., Chalutz, E., i Droby, S. (1991). Biološka kontrola bolesti nakon berbe voća i povrća: Alternative sintetičkim fungicidima. *Zaštita usjeva*, 10(1), 172–177. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(91\)90067-Q](https://doi.org/10.1016/0261-2194(91)90067-Q)
102. Xinlu, L. (2001). Prošlost, sadašnjost i budućnost indrustrije citrusa u Kini. *FAO corporated document repository*.
103. Yildirim, I., i Yapici, B. M. (2007). Inhibicija klijanja konidija i rast micelija *Botrytis cinerea* nekim alternativnim kemikalijama. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(7), 1294–1300. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.1294.1300>
104. Yousuf, B., Sun, Y., i Wu, S. (2021). Lipidni i lipidima obogaćeni složeni jestivi omotači i filmovi. *Food Reviews International*, 1-24.
105. Zaritzky, N. (2011). Edibilni omotači za poboljšanje kvalitete i sigurnosti hrane. U J. M. Aguilera, R. Simpson, J. Welte-Chanes, D. Bermúdez Aguirre, i G. V. Barbosa-Cánovas (Eds.), *Food engineering interfaces* (str. 631–659). Springer-Verlag.
106. Zeng, K., Deng, Y., Ming, J., i Deng, L. (2010). Indukcija otpornosti na bolesti i metabolizam ROS u narančama uz pomoć kitozana. *Scientia Horticulturae*, 126(2), 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.07.005>
107. Zhang, Y., Rempel, C., i McLaren, D. (2014). Edibilni materijali za omotače i filmove: Ugljikohidrati. U J. H. Han (Ed.), *Innovations in food packaging* (2. izd., str. 305–323).

7.Prilog

7.1.Popis kratica

°C - stupanj Celzijev

nm - nanometar

mm - milimetar

g - gram

mg - miligram

ml - mililitar

min - minuta

g/L - gram po litri

CFU - broj formiranih kolonija (engl. colony forming units)

TA - ukupna kiselost (engl. total acidity)

TSS - ukupne topljive suhe tvari (engl. total soluble solids)

Životopis

Iva Kulaš rođena je 28.03.2000. u Zadru. Osnovnu školu pohađala je u Biogradu na Moru u Osnovnoj školi Biograd na Moru, dok je srednjoškolsko obrazovanje stekla u Srednjoj školi Biograd na Moru smjer opća gimnazija. Nakon srednje škole, 2018. godine upisuje Zdravstveno Veleučilište u Zagrebu smjer Sanitarno inženjerstvo. Potom, 2021. godine stječe naziv baccalaurea i upisuje diplomski studij Sanitarnog inženjerstva koji završava 2023. godine i stječe naziv magistra sanitarnog inženjerstva. Paralelno sa diplomskim studijem Sanitarnog inženjerstva akademske godine 2021./2022. upisuje diplomski studij na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu smjer Agoekologija – Mikrobna biotehnologija u poljoprivredi.