

JESTIVI FILMOVI NA BAZI KITOZANA S DODATKOM EUKALIPTOLA

Majtan, Maja

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:699409>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-21**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA
PRERADA MLIJEKA

MAJA MAJTAN

JESTIVI FILMOVI NA BAZI KITOZANA S DODATKOM
EUKALIPTOLA

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2021.

Veleučilište u Karlovcu
Stručni studij prehrambena tehnologija
Prerada mlijeka

Maja Majtan

Jestivi filmovi na bazi kitozana s dodatkom eukaliptola

Završni rad

Mentor: dr.sc. Jasna Halambek, v. pred.

Broj indeksa studenta: 0314617019

Karlovac, srpanj 2021.

Zahvala

Veliko hvala mojoj mentorici dr.sc. Jasni Halambek na trudu, strpljivošću i profesionalnosti pri izradi ovog završnog rada, te hvala na pružanju svih savjeta i na iskazanom povjerenju.

Također, hvala mojoj obitelji i prijateljima koji su bili uz mene i pružili mi veliku potporu.

IZJAVA O AUTENTIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA

Ja, **Maja Majtan**, ovime izjavljujem da je moj završni rad pod naslovom **Jestivi filmovi na bazi kitozana s dodatkom eukaliptola** rezultat vlastitog rada i istraživa te se oslanja se na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio ovoga rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši autorska prava.

Sadržaj ovoga rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Karlovac, 12.07. 2021.

Maja Majtan

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Veleučilište u Karlovcu
Odjel prehrambene tehnologije
Stručni studij prehrambena tehnologija

Završni rad

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

JESTIVI FILMOVI NA BAZI KITOZANA S DODATKOM EUKALIPTOLA

Maja Majtan

Rad je izrađen u kemijskom laboratoriju Veleučilišta u Karlovcu.

Mentor: dr. sc. Jasna Halambek, v. pred.

Sažetak

Jestivi filmovi predstavljaju mogućnost poboljšanja kvalitete, trajnosti, sigurnosti i funkcionalnosti hrane. Mogu se koristiti kao pojedinačni ambalažni materijali, kao prevlake za hranu, nosioci aktivnih sastojaka ili imati funkciju odjeljivanja heterogenih sastojaka unutar prehrambenog proizvoda. Učinkovitost i funkcionalnost jestivih filmova ovisi o njihovim svojstvima. U eksperimentalnom dijelu ovog završnog rada ispitano je formiranje jestivog filma od polimernog hidrokoloidnog materijala kitozana s dodatkom eukaliptola kako bi se proizveo jestivi zaštitni film s poboljšanim funkcionalnim svojstvima. Otopinama kitozana određena je gustoća i prividna viskoznost, dok su pripremljenim filmovima određena fizikalna svojstva poput debljine te udjela vode i suhe tvari.

Broj stranica: 25

Broj slika: 10

Broj tablica: 6

Broj literaturnih navoda: 21

Broj priloga: -

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: jestivi film, kitozan, eterično ulje, eukaliptol

Datum obrane: 12.07.2021.

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. dr. sc. Ines Cindrić, prof.v.š
2. dr. sc. Marijana Blažić, prof. v.š.
3. dr. sc. Jasna Halambek, v. pred.
4. dr. sc. Sandra Zavadlav, prof.v.š. (zamjena)

Rad je pohranjen u knjižnici Veleučilišta u Karlovcu, Trg J.J. Strossmayera 9, 4700 Karlovac, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

**Karlovac University of Applied Sciences
Department of Food Technology
Professional Study of Food Technology**

Final paper

**Scientific Area: Biotechnical Sciences
Scientific Field: Food Technology**

EDIBLE CHITOSAN-BASED FILMS WITH EUKALYPTOL ADDITION

Maja Majtan

Final paper performed at Chemical laboratory of Karlovac University of Applied Sciences.

Supervisor: Ph.D. Jasna Halambek, sen. lecturer

Abstract

Edible films represent an opportunity to improve food quality, durability, safety and functionality. They can be used as individual packaging materials, as food coatings, carriers of active ingredients or have the function of separating heterogeneous ingredients within a food product. The effectiveness and functionality of edible films depends on their properties. In the experimental part of this final work, the formation of an edible film from a polymeric hydrocolloid material of chitosan with the addition of eucalyptol was examined in order to produce an edible protective film with improved functional properties. The density and apparent viscosity of chitosan solutions were determined, while the physical films were determined by physical properties such as thickness and water and dry matter content.

Number of pages:25

Number of figures:10

Number of tables: 6

Number of references:21

Original in: Croatian

Keywords: edible film, chitosan, essential oil, eucalyptol

Date of the final paper defense: 12.07. 2021.

Reviewers:

1. Ph.D. *Ines Cindrić*, collage prof.
2. Ph.D. *Marijana Blažić*, collage prof.
3. Ph.D. *Jasna Halambek*, sen. lecturer
4. Ph.D. *Sandra Zavadlav*, collage prof. (substitute)

Final paper deposited in: Library of Karlovac University of Applied Sciences, Trg J.J. Strossmayera 9, Karlovac, Croatia.

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. TEORIJSKI DIO | 2 |
| 2.1. Jestivi filmovi | 2 |
| 2.2. Jestivi filmovi na bazi polisaharida | 3 |
| 2.2.1. Alginati | 4 |
| 2.2.2. Pektin | 4 |
| 2.2.3. Kitozan | 5 |
| 2.3. Jestivi filmovi na bazi lipida | 6 |
| 2.4. Jestivi filmovi na bazi proteina | 6 |
| 2.5. Svojstva jestivih filmova | 7 |
| 2.5.1. Debljina filmova | 7 |
| 2.5.2. Mehanička svojstva | 7 |
| 2.5.3. Barijerna svojstva | 7 |
| 2.5.4. Optička svojstva | 8 |
| 2.6. Postupci izrade jestivih filmova | 8 |
| 2.7. Funkcionalni jestivi filmovi | 9 |
| 2.8. Eterična ulja | 10 |
| 2.8.1. Primjena eteričnih ulja u prehrambenoj industriji | 10 |
| 2.8.2. Biljka eukaliptus (lat. Eucalyptus globulus) | 11 |
| 2.8.2.1. Eukaliptol | 12 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DIO | 13 |
| 3.1. Materijali | 13 |
| 3.2. Metode rada | 13 |
| 3.2.1. Priprema otopina kitozana | 13 |
| 3.2.2. Određivanje gustoće otopina pomoću piknometra | 13 |
| 3.2.3. Mjerenje viskoznosti pripremljenih otopina kitozana | 14 |
| 3.2.4. Priprema jestivih kitozanskih filmova | 15 |
| 3.2.5. Određivanje debljine filmova | 15 |
| 3.2.6. Određivanje udjela vode i suhe tvari u pripremljenim filmovima | 16 |
| 4. REZULTATI | 17 |
| 5. RASPRAVA | 21 |
| 6. ZAKLJUČCI | 23 |
| 7. LITERATURA | 24 |

1. UVOD

U današnje vrijeme sve veća je potražnja za zdravom, sigurnom i kvalitetnom hranom, koja ima dugi rok trajnosti, a i dobra ostala svojstva, te je došlo do napretka u razvoju biorazgradivog materijala. Isto tako je došlo i do sve veće uporabe jestivih zaštitnih filmova ne samo kao materijala koji se može konzumirati, već i kao ambalažnog materijala koji se može koristiti i kao zamjena za plastičnu ambalažu. Upotrebom plastične i slične ambalaže dolazi do velikih količina otpada koje kasnije stvaraju ekološke probleme zbog svoje nemogućnosti da se razgrade. Upravo stoga, jestivi zaštitni filmovi mogli bi biti doprinos zaštiti okoliša i rješenje problema s plastičnom i sličnom ambalažom.

Jestivi filmovi su tanki sloj materijala koji osigurava barijeru proizvoda prema plinovima i vodenoj pari, a uz to posjeduju dobra mehanička i organoleptička svojstva. Također, imaju više funkcionalnih svojstva od klasičnog pakiranja jer mogu sadržavati različite bioaktivne tvari, pa tako mogu imati antimikrobna i antioksidativna svojstva, kao i probiotičku aktivnost. Mogu biti obogaćeni drugim dodacima, koji utječu na poboljšanje arome, boje, okusa, mirisa i izgleda, a između ostalog mogu imati pozitivno djelovanje na organizam, te pomoći u sprječavanju razvoja različitih bolesti (Galić, 2009).

Polisaharidi kao sirovina za jestive filmove su najzastupljeniji u prirodi, a za jestive filmove najviše se koriste alginati, pektini i kitozan. Kitozan je polisaharid od kojeg se jestivi filmovi dobivaju otapanjem kitozana u različitim kiselinama. Filmovi od kitozana su biorazgradivi, glatke i sjajne površine.

Važan izvor bioloških aktivnih komponenti i dobrih kemijskih svojstva su eterična ulja, koja se dobivaju destilacijom, ekstrakcijom ili tještenjem različitog, većinom samoniklog bilja. Posljedica toga je i potražnja i sve češća primjena u prehrambenoj industriji kao konzervansa te u proizvodnji jestivih zaštitnih filmova. Također, u jestive filmove se vrlo često dodaju pojedine biološki aktivne komponente izolirane iz eteričnog ulja.

U ovom radu ispitano je dobivanje jestivog filma od kitozana s dodatkom eukaliptola kako bi se proizveo jestivi zaštitni film s poboljšanim funkcionalnim svojstvima. Otopinama kitozana određena je gustoća i prividna viskoznost, dok su pripremljenim filmovima određena fizikalna svojstva poput debljine te udjela vode i suhe tvari.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Jestivi filmovi

Jestivi filmovi koriste se dugi niz godina. U početku su se koristili kao zaštita od isušivanja voća, a danas sadrže i antimikrobne, antimikotičke i druge zaštitne tvari. Koriste se kako bi se postigla određena barijera prema vlazi, kisiku, kao i dobra mehanička i organoleptička svojstva.

Jestivi filmovi su tanki slojevi prirodnih materijala, osiguravaju barijeru prema vodenoj pari i plinovima, a potrošač ih može konzumirati. Moraju biti topljivi u uljnom i vodenom mediju, imati dobra fleksibilna svojstva, a kod skladištenja i prerade ne smije doći do njihovog pucanja. Prednosti ovih filmova su mnogobrojne od kojih se mogu istaknuti sljedeće:

- Mogu se konzumirati zajedno sa upakiranim proizvodom čime se sprječava pojava otpadne ambalaže;
- Mogu se poboljšati organoleptička svojstva proizvoda inkorporiranjem različitih tvari u njihovu strukturu kao što su arome, boje i zaslađivači;
- Mogu poboljšati nutritivnu vrijednost proizvoda;
- Ako se i ne konzumiraju s proizvodom ipak smanjuju zagađenje okoliša jer su podložni razgradnji, a i proizvedeni su iz obnovljivih izvora;
- Mogu se koristiti za smjesu različitih namirnica, jer razdvajaju određene slojeve ili komponente gotovog proizvoda,
- Sprječavaju migraciju vlage i drugih sastojaka između heterogenih namirnica
- Mogu se koristiti kao nosači antimikrobnih i antioksidacijskih tvari
- Mogu se koristiti za mikroinkapsuliranje određenih tvari ponajprije aroma u hranu

Razlikuju se po materijalu od kojeg su proizvedeni, te su im prema tome određena fizičko-mehanička i barijerna svojstva. Jestivi filmovi mogu biti: polisaharidni, lipidni i proteinski jestivi filmovi (Nemet, 2009).

Tablica 1. Materijali za izradu jestivih filmova i prevlaka (Galić, 2009).

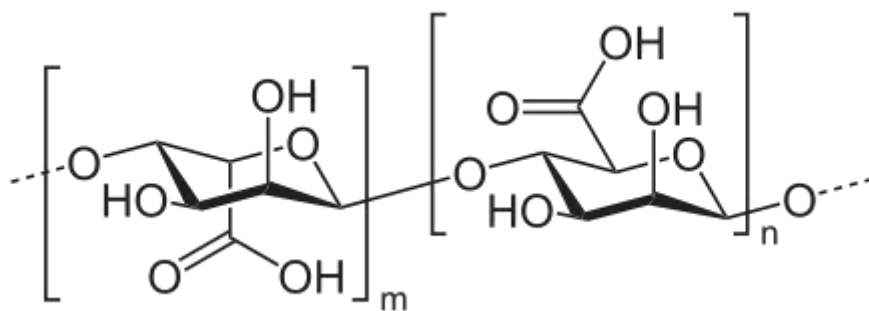
| Funkcionalni sustav | Materijali | |
|-------------------------------------|-------------------|--|
| Materijali za izradu filmova | Proteini | Kolagen, želatina, kazein, proteini sirutke, zein, pšenični gluten, proteini bjelanjka |
| | Polisaharidi | Škrob, modificirani škrob, modificirana celuloza(karboksimetil celuloza, metil-celuloza, hidroksipropil celuloza, hidroksipropilmetil-celuloza), alginat, karagenan, pektin, pululan, kitozsn, gelan guma, ksantan guma |
| | Voskovi, lipidi | Voskovi (pčelinji vosak, parafin, karnauba vosak), smole (šelak) , acetogliceridi |
| Plastifikatori (omekšavala) | | Glicerin, propilen glikol, sorbitol, saharoza, polietilen glikol, kukuruzni sirup, voda |
| Funkcionalni aditivi | | Antioksidansi, antimikrobne tvari, nutrijenti, nutraceutici, tvari okusa i boje |
| Ostali aditivi | | Emulgatori (lecitin), tekuće emulzije (jestivi voskovi, masne kiseline) |

2.2. Jestivi filmovi na bazi polisaharida

Polisaharidi su ugljikohidrati izgrađeni od velikog broja molekula monosaharida međusobno povezanih glikozidnim vezama u lance. Najzastupljeniji su u prirodi, a predstavnici su škrob, celuloza i glikogen. Za jestive filmove najviše se koriste alginati, pektini i kitozan. Oni posjeduju hidrofilna svojstva pa imaju ograničenu barijeru prema vodi, ali mogu smanjiti gubitak vlage iz prehrambenih proizvoda.

2.2.1. Alginati

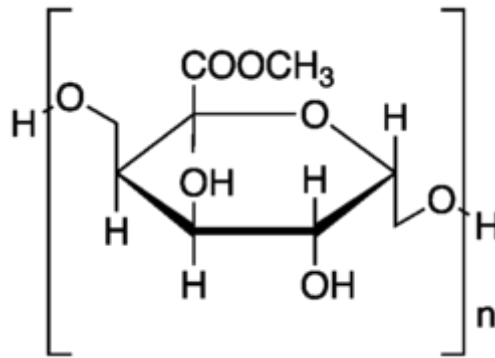
Alginati su soli algina koje se dobivaju s metalima kao što su natrij i kalcij. Algin je rasprostranjen polisaharid koji se nalazi u smeđim algama, a dobiva se ekstrakcijom iz algi. Hidrofilan je i kad hidratizira tvori viskoznu gumu. Mogu smanjiti oksidaciju neugodnih okusa i gubitak vode iz proizvoda. Filmovi izrađeni od alginata su kruti, te im se svojstva mogu poboljšati dodatkom ulja i kalcija koji pridonosi boljem geliranju. Nedostaci su im što nakon sušenja može doći do lomljenja jestivog filma, nedostatak im se može umanjiti dodatkom glicerola.



Slika 1. Kemijska struktura algininske kiseline (<https://commons.wikimedia.org>).

2.2.2. Pektin

Pektini su polisaharidi koji se nalaze u biljkama poput jabuke, kruške, jagoda, različitih citrusa itd. Imaju sposobnost želiranja kuhanjem uz dodatak šećera u prisutnosti organske kiseline te se tako u prehrambenoj industriji koriste za geliranje i ugušćivanje proizvoda poput džemova, marmelada, bombona i dr. Postoje dvije vrste pektina, a to su viskoesterificirani i niskoesterificirani, razlikuju se prema tome da li imaju karboksilnu grupu galakturonske kiseline potpuno ili djelomično esterificiranu metanolom. Viskoesterificirani pektin koristi se za zadržavanje vode uz održavanje volumena, te za zadržavanje mekoće i stabilnosti prilikom smrzavanja kruha i smrznutog tijesta, a niskoesterificirani pektin koristi se kao zgušnjivač za voćne preljeve tekuće konzistencije i mliječne deserte. Jestivi filmovi od pektina imaju dobra barijerna svojstva prema plinovima, ekološki su prihvatljivi, lako dostupni i jeftini.



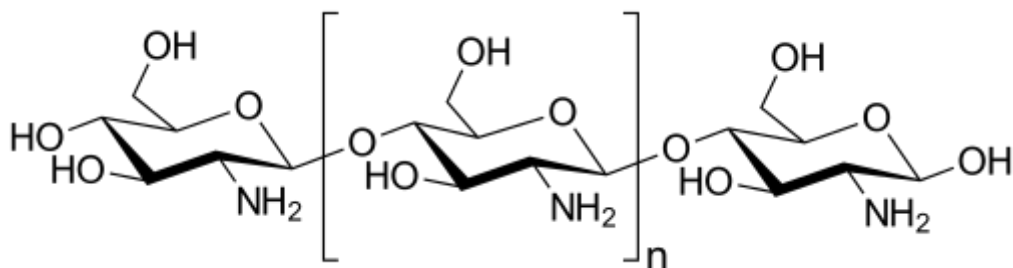
Slika 2. Kemijska struktura pektina (<https://commons.wikimedia.org>)

2.2.3. Kitozan

Kitozan je polisaharid, derivat hitina, koji se nalazi u oklopu školjkaša. Kemijska formula kitozana je $(C_6H_{11}O_4N)_n$. Najzastupljeniji je polimer poslije celuloze. Otkrio ga je Rouget 1859. godine tako što je kuhao hitin u kalijevom hidroksidu i dobio tvar topljivu u razrijeđenim kiselim otopinama. Prema tome jestivi filmovi na bazi kitozana nastaju otapanjem kitozana u kiselini. Kitozan ima široku primjenu u prehrambenoj industriji, tako što pozitivno djeluje na tijelo, smanjuje apsorpciju masnoće i kolesterola. Upotrebljava se kao konzervans te je bakterijski inaktivan. Na tržištu se može naći u različitim oblicima poput otopine, prašaka, vlakana i sl.

Funkcionalna svojstva kitozana se razlikuju ovisno o duljini polimernog lanca te gustoći i raspodijeli naboja. Kod otopina kitozana se pojavljuje viskoznost koja je povezana s molnom masom i stupnjom deacetilacije kitozana. Da bi došlo do nastajanja većeg broja vodikovih veza, što je posljedica veće viskoznosti, treba biti što više slobodnih amino skupina u polimernom lancu. Bioaktivnost kitozana najviše je istaknuta kod utjecaja na krvožilni sustav, tj. na sposobnost da smanjuje razinu LDL – kolesterola, a povećava razinu HDL- kolesterola. Također, dobro djeluje kod hipertenzije tj. pretjeranog unosa soli u organizam.

Kod jestivih filmova kitozan ima dobra antimikrobna svojstva, štiti proizvode od kvarenja, sprječava rast bakterija, gljivica i kvasaca. Filmovi od kitozana su biorazgradivi, glatke površine i dobrih fleksibilnih svojstva (Begin i Ian Calsteren, 1999).



Slika 3. Kemijska struktura kitozana (<https://commons.wikimedia.org>).

2.3. Jestivi filmovi na bazi lipida

Jestivi filmovi na bazi lipida dugo se koriste kao zaštitni omotači. Mogu poboljšati sjaj površine polimera i barijerna svojstva prema vodi zbog svoje nepolarnosti, a time su najotporniji jestivi filmovi na vlagu. Najčešće se koriste kao zaštitni filmovi za voće i povrće. Materijali koji se koriste za izradu jestivih filmova na bazi lipida su voskovi (parafin, karnauba vosak, smole (šelak), acetogliceridi. Zbog svoje masne površine i debljine teško prijanjaju te mogu imati okus i/ili miris na mast. Kod skladištenja može doći do lomljenja.

2.4. Jestivi filmovi na bazi proteina

Proteini su sastavni dio svakog tkiva, izgrađuju stanice tkiva i održavaju normalnu funkciju stanice. Sastoje se od velikog broja aminokiselina međusobno povezanih peptidnim vezama. Jestivi filmovi na bazi proteina zbog velikog broja aminokiselina imaju mogućnost različitog povezivanja, te stoga imaju bolja barijerna svojstva od ostalih jestivih filmova. Proteini za proizvodnju proteinskih filmova dobivaju se iz različitih životinjskih i biljnih izvora, kao što su životinjska tkiva, mlijeko, jaja, žitarice i uljarice (kolagen, kazein, želatina, gluten i dr.). Kod proizvodnje proteinskih filmova obavezna je upotreba plastifikatora. Topivi su u vodi, etanolu i mnogim drugim otapalima. Proteinski filmovi imaju ograničena barijerna svojstva prema vlazi, nisu potpuno hidrofobni i većinom imaju hidrofilni aminokiselinski ostatak, zbog toga im je upotreba u prehrambenoj industriji ograničena. S druge strane mehanička svojstva su im bolja od lipidnih i polisaharidnih jestivih filmova i povećavaju nutritivnu vrijednost proizvoda (Krochta, 2002).

2.5. Svojstva jestivih filmova

2.5.1. Debljina filmova

Debljina jestivih filmova je bitna zbog utjecaja na rok valjanosti i biološka svojstva prehrambenog proizvoda, te ovisi i o viskoznosti otopine koju lijevamo. Ako je tekućina visoko viskozna, teže se razlijeva i dobiva se deblji jestivi film. Također debljina filma ovisi o propusnosti vodene pare i plinova. Debljinu filma određujemo pomoću dvije metode: kontaktne, kod koje se debljina filma mjeri pomoću mikrometra i može doći do oštećenja filma, dok kod druge metode, ne kontaktne, ne dolazi do mogućnosti oštećenja ispitivanog filma, te tako ova metoda ima prednost nad kontaktnom. Debljina jestivog filma mora biti manja od 0,25mm, mjeri se na nekoliko različitih mjesta te se na kraju uzima srednja vrijednost dobivenih rezultata.

2.5.2. Mehanička svojstva

Mehanička svojstva jestivih filmova određuju se prema parametrima:

- otpor materijala na pucanje pod napetošću
- Young-ov modul
- postotak produljenja prije pucanja

Mehanička otpornost i deformabilnost jestivih filmova mora se utvrditi da se procijeni održivost integriteta filma tijekom rukovanja, pakiranja i ostalih daljnjih procesa (Debeaufort i sur., 1998). Polisaharidi i proteini formiraju jake međumolekulske veze te stoga najčešće tvore filmove dobrih mehaničkih svojstava, međutim u usporedbi sa sintetičkim filmovima, jestivi filmovi posjeduju značajno slabija mehanička svojstva (Han i sur., 2015).

2.5.3. Barijerna svojstva

Barijerna svojstva pokazuju učinkovitost jestivih filmova. Njihova glavna uloga je štititi od utjecaja poput plinova, aroma, ulja i para, te tako produljuju rok valjanosti proizvoda. Ona ovise o kemijskom sastavu, koji je dinamičan i promjene se događaju zbog metabolizma hrane i strukturi polimera od kojeg je proizveden jestivi film, karakteristikama proizvoda i o načinu skladištenja (Singh i Singh, 2005).

2.5.4. Optička svojstva

Optička svojstva su prvo što potrošač uočava na proizvodu te su stoga vrlo važan parametar. Posebice je važan sjaj filma, na koji utječe sastav i količina tekućine koja smanjuje površinsku napetost vode, veličina čestica, hrapavost površine i dr. (Skurtys i sur., 2010). Mutnoća je također bitna za potrošača tako što ovisi o mogućnosti razlikovanja sadržaja unutar jestivog filma. U optička svojstva ubrajamo i boju filma i prozirnost, a ona ovise o temperaturi, sastavu filma i njegovom načinu proizvodnje.

2.6. Postupci izrade jestivih filmova

Uranjanje

Jestivi film uranjanjem nastaje kada namirnicu uronimo 5-30 sekundi u jestivu otopinu, a svojstva nastalog filma ovise o gustoće i površinskoj napetosti pripremljene otopine, kao i brzini izvlačenja namirnice iz otopine. Ovaj postupak pogodan je za proizvode nepravilnog oblika i velike viskoznosti.

Premazivanje

Pomoću kista ili valjka premazujemo jestivu otopinu na proizvod. Postupak premazivanja ima prednost nad uranjanjem zbog manjeg gubitka vlage u proizvodu kojeg zaštićujemo.

Raspršivanje

Prskanje ili raspršivanje sastoji se od nanošenja otopine filma na podlogu (proizvod) sustavom raspršivanja koji osigurava jednoliku prevlaku s minimalnom količinom vode. Prskanje je pogodno za otopine filmova male viskoznosti kojom će nastati tanki sloj filma i za proizvode koji imaju veliku površinu

Ekstruzija

Ekstruzija je tehnološka operacija koja se koristi dugi niz godina u prehrambenoj industriji. To je proces kojim se oblikuje mekani materijal pomoću puža, kroz koji se određena masa koja je homogenizirana kako ne bi došlo do odvajanja sastojaka, potiskuje i prolazi kroz otvore i kalupe te se dobiva proizvod željenog oblika. Tijekom procesa se mogu mijenjati parametri proizvodnje, dodati aditivi, stabilizatori i plastifikatori kako bi na kraju dobili proizvod željenih karakteristika. Zbog velike vlažnosti i temperature proces koji se odvija u kratkom vremenu, treba dobro proučiti fizikalna i kemijska svojstva proizvoda na kojem se

provodi ekstruzija kako ne bi došlo do neželjenog reagiranja pojedinačnih komponenata u proizvodu. Proces ekstruzije je pogodan za proizvodnju većih količina jestivih filmova

Lijevanje

Lijevanjem otopine jestivog filma dolazi do prelaska tekuće faze u čvrstu, najčešće su to otopine etanola i vode ili vode. Filmovi se nakon lijavanja suše u zračnoj pećnici nekoliko sati pri čemu otapalo isparava. Optimalan sadržaj vlage u filmu je 5-10 %. Struktura jestivog filma ovisi o vlažnosti zraka tijekom sušenja, sastavu i viskoznosti lijevane otopine, te temperaturi sušenja (Garcia i sur., 2016).

2.7. Funkcionalni jestivi filmovi

Da bi jestivi filmovi postigli funkcionalna svojstva moraju biti nosioci bioaktivnih spojeva, a kad govorimo o bioaktivnim spojevima, najčešće mislimo na antioksidanse koje u jestive filmove možemo dodati kao ekstrakte, esencijalna ulja i kao čiste spojeve. Bioaktivni spojevi se tada mogu smatrati dodatnim prehrambenim sastojcima koji se pojavljuju u malim količinama u hrani. U bioaktivne spojeve ubrajamo i skupine spojeva kao što su karotenoidi, fenoli, glukozinolati, prehrambena vlakna, fitosteroli, monoterpeni i molekule poput askorbinske kiseline. Danas su ovi spojevi sve više u fokusu brojnih istraživanja upravo zbog činjenice da su povezani s pozitivnim učinkom na zdravlje ljudi

Vrlo često se u jestive filmove dodaju različiti biljni ekstrakti i eterična ulja, no moraju se dodavati u vrlo malim količinama, te osim utjecaja na okus filma imaju i antioksidativna i antimikrobna svojstva. Dodatkom bilo kojeg antioksidansa u jestive filmove poboljšava se kvaliteta proizvoda i rok valjanosti (Barbosa-Pereira i sur., 2014).

2.8. Eterična ulja

Eterična ulja su hlapljive tekućine, karakteristična mirisa koje se dobivaju destilacijom vodenom parom, tještenjem biljnog materijala ili ekstrakcijom. Najviše se sastoje od hlapljivih nezasićenih ugljikovodika ugodna mirisa, tj. terpena. Dobivaju se iz različitih dijelova biljaka (korijen, list, stabljika, plod ili cvijet), obzirom na dio biljke od kojeg se eterična ulja dobivaju, razlikuju se i njihove primjene i efekti koje daju. Koriste se u proizvodnji parfema, lijekova i u prehrambenoj industriji gdje služe kao blagi konzervansi. Također se mogu određena eterična ulja stavljati u hranu kao zamjena za začine i regulatori su probave, jer potiču izlučivanje probavnih sokova.

2.8.1. Primjena eteričnih ulja u prehrambenoj industriji

Eterična ulja se sve češće koriste u prehrambenoj industriji zbog svojih svojstva arome i mirisa, a posebno zbog antimikrobnih djelovanja, te kao prirodni konzervansi. Testiranja na voću i povrću pokazala su se vrlo učinkovita u spriječavanju kvarenja hrane. Ulje origana inhibitorno djeluje na određen tip *E. coli*, dok cinamaaldehid i timol povoljno djeluju protiv šest stereotipa salmonela. Potreban je pažljiv odabir eteričnih ulja za namirnice, a koji će između ostalog odgovarati organoleptičkim svojstvima namirnice te njezinu sastavu (Gutierrez i sur., 2009).

Eterično ulje geraniola i limunske trave djeluje protiv *E. coli*, *Salmonelle* spp. i *Listerie* spp. Eterična ulja pokazala su se najučinkovitijima primijenjena u soku jabuke (Fisher i Phillips, 2006). Eterično ulje cimeta inhibira kvasac *Candida albicans* i plijesni *Aspergillus flavus*, *Eurotium repens*, *Penicillium nalgiovense* i *Penicillium roqueforti* pri pakiranju jagoda u aktivnu ambalažu od papira (Rodríguez i sur., 2007). Uzrok propadanja grožđa poslije berbe uzrokuje *Botrytis cinerea*, koji se još i naziva sivo kvarenje. U tu svrhu otkriveno je kako se korištenjem etanola kao zaštite uz dodatke s antimikrobnim djelovanjem može očuvati svježina grožđa te spriječiti njegovo truljenje (Del Nobile i sur., 2009). Također je otkriveno i utvrđeno kako se ispiranje listova kupusa eteričnim uljem bergamota, linalola ili citrala može umanjiti broj gram-pozitivnih i gram-negativnih bakterija, uključujući *C. jejuni*, *L. monocytogenes*, *B. cereus* i *S. aureus* (Fisher i Phillips, 2006).

Voće i povrće koje se nalazi u nepasteriziranim sokovima imaju kratak rok trajanja zbog enzimsko mikrobnog kvarenja. U procesima hrane koji su minimalno obrađeni ne postiže se

komercijalna sterilnost te se, zbog produljenja njezine trajnosti, s posebnom pozornošću odabire adekvatni ambalažni materijal (materijali koji ne propuštaju plinove i vlagu, jestivi zaštitni filmovi), te na odabir načina pakiranja (modificirana atmosfera, vakuum) i uvjete čuvanja i skladištenja (niske temperature, relativna vlažnost zraka) (Lelas, 2006). Dok se u mlijeko i mliječne proizvode, u svrhu spriječavanja njihovog kvarenje, dodaju eterična ulja najčešće citrusnih vrsta (grejp, limun, naranča, limeta bez terpena i dr.).

Eterična se ulja sve više primjenjuju i kao komponente različitih jestivih filmova. Tako se smanjuje potreba za dodavanjem većih količina eteričnih ulja jer filmovi omogućuju zadržavanje aktivnih sastojaka tih ulja na površini proizvoda i tako povećavaju njihovu djelotvornost (Sánchez-González i sur., 2010). Ispitivanjem antimikrobnih svojstva eteričnih ulja origana i timijana koja se dodaju u jestive filmove od soje na mesu govedine došlo se do rezultata da jestivi zaštitni film čuva meso od koliformnih bakterija i *Pseudomonas* spp. (Emiroğlu i sur. 2010).

2.8.2. Biljka eukaliptus (lat. *Eucalyptus globulus*)

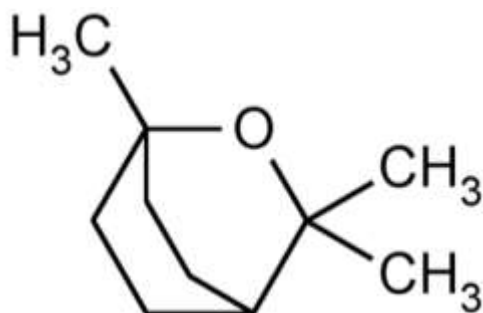
Eukaliptus je drvenasta biljka iz porodice Myrtaceae. Raste u gustim šumama, porijeklom iz Australije i Tasmanije. Raste u visinu do 80 metara, lišće je plosnato i široko. Pročišćava zrak, upija vodu iz zemlje pa se sadi zbog isušivanja močvarnih područja. Lišće i ulje eukaliptusa su ljekoviti, snižavaju temperaturu i imaju antimikrobna svojstva, te je korisna biljka kao insekticid. Osim eukaliptola, sadrži još i kamfen, pinen, razne aldehide, tanine, smole, vosak i druge tvari. Esencijalna ulja koja su dobivena iz različitih vrsta eukaliptusa koriste se u raznim industrijama kao što su farmaceutska, prehrambena, kozmetička, industriji toaletnih papira i sl. Molekule koje su prisutne u esencijalnim uljima značajno pridonose njihovim antiseptičkim, antioksidativnim, hiperglikemijskim, protuupalnim, začinskim svojstvima, te zbog istih imaju široku primjenu u industrijama. Unatoč dobroj antimikrobnoj aktivnosti eteričnog ulja eukaliptusa, prehrambena industrija koristiovo eterično ulje uglavnom kao sredstvo za poboljšanje okusa, a u slučaju antimikrobnog djelovanja je potrebno dodati veće koncentracije u proizvod, što dovodi do narušavanja organoleptičkih svojstava namirnica (Čović, 2019).



Slika 4. Cvjetovi i lišće eukaliptusa (<https://bs.wikipedia.org/wiki/Eukaliptus>)

2.8.2.1. Eukaliptol

Glavni je sastojak eteričnog ulja eukaliptusa koje se dobiva destilacijom vodenom parom cvijeta i svježeg lišća roda *Eucalyptus*. Eterično ulje je karakterističnog okusa i mirisa, koji daje osjećaj da hladi, bezbojne je ili svjetlo zelenkasto – žućkaste boje. Netopljiv je u vodi, ali se može miješati s organskim otapalima. Eukaliptol se nalazi u raznim slatkišima poput tvrdih bombona i guma za žvakanje.



Slika 5. Kemijska struktura eukaliptola (https://en.wikipedia.org/wiki/File:CIM-0216_structure.png)

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Materijali

U ovom radu jestivi filmovi pripremali su se iz prirodnog polimera kitozana (Sigma Aldrich).

Za pripremu otopina kitozana koristila se destilirana voda i 50% (v/v) otopina etanola.

U pripremljene otopine kitozana dodavan je eukaliptol 98% (C₁₀H₁₈O) Sigma Aldrich u različitim koncentracijama.

3.2. Metode rada

3.2.1. Priprema otopina kitozana

Otopine 2% kitozana pripremane su u destiliranoj vodi i u 50% otopini etanola. U 100 mL destilirane vode ili 50% etanola dodan je 1 g kitozana te je uz konstantno miješanje na magnetskoj mješalici pH svake pripremljene otopine podešen na pH 2,5 primjenom 60% octene kiseline. Otopinama je nakon 2 sata miješanja dodano 1% (w/v) glicerola kao plasifikatora, te je sve dobro homogenizirano na magnetskoj mješalici pri sobnoj temperaturi tijekom sljedeća 24 sata. Nakon 24 sata miješanja u pripremljene vodene i etanolne otopine dodavao se eukaliptol u rasponu koncentracija od 100 do 400 µL.

3.2.2. Određivanje gustoće otopina pomoću piknometra

Gustoća pripremljenih otopina kitozana u vodi i etanolu bez i s dodatkom eukaliptola određena je pomoću piknometra na sobnoj temperaturi. Najprije se na analitičkoj vagi izvagao prazan piknometar, nakon toga piknometar napunjen destiliranom vodom i na kraju piknometar napunjen otopinom uzorka.

Gustoće otopina izračunaju se prema formuli (1):

$$\rho_2 = \rho_1 \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \quad (1)$$

Gdje je:

m_1 (masa praznog i suhog piknometra)

m_2 (masa piknometra napunjenog destiliranom vodom)

m_3 (masa piknometra napunjenog uzorkom)

ρ_1 (gustoća destilirane vode pri temperaturi mjerenja)

ρ_2 (gustoća ispitivane otopine)



Slika 6. Piknometri korišteni za određivanje gustoće otopina.

3.2.3. Mjerenje viskoznosti pripremljenih otopina kitozana

Pripremljenim otopinama kitozana u vodi i etanolu bez (slijepa proba) i s dodatkom različitih koncentracija eukaliptola određena je viskoznost pomoću rotacijskog viskozimetra First plus LR, Lamy Rheology instruments (slika 7). Mjerenja viskoznosti provedena su na sobnoj temperaturi i to tako da se na uređaj postavi odgovarajući mjerni cilindar, odredi brzina vrtnje od 250 rpm i vrijeme trajanja mjerenja od 25 sekundi, te uroni cilindar u ispitivanu otopinu. Mjerenje se provodilo u 15 mjernih točaka, a dobivene vrijednosti predstavljaju srednju vrijednost tih 15 mjernih točaka.



Slika 7. Rotacijski viskozimetar First plus LR.

3.2.4. Priprema jestivih kitozanskih filmova

Jestivi filmovi na bazi kitozana uz dodatak različitih koncentracija eukaliptola pripremani su lijevanjem otopina u Petrijeve zdjelice promjera 11 cm. U svaku Petrijevu zdjelicu pomoću menzure izlijeva se 40 mL pripremljene otopine. Nakon izlijevanja otopina, filmovi su sušeni u sušioniku na 30°C tijekom 3 dana. Nakon 3 dana filmovi se uklanjaju iz Petrijevih zdjelica pomoću špatule i čuvaju u eksikatorima do analize.

3.2.5. Određivanje debljine filmova

Debljina pripremljenih filmova na bazi kitozana uz dodatak eukaliptola izmjerena je nakon 4 dana sušenja i vađenja filmova iz Petrijevih zdjelica. Debljina svakog filma izmjerena je digitalnim mikrometrom (Insize, 3109-50A) tako da se za svaki film debljina mjerila na nekoliko različitih mjesta (min. 6) te u sredini filma, a kao rezultat je uzeta srednja vrijednost dobivenih podataka.

3.2.6. Određivanje udjela vode i suhe tvari u pripremljenim filmovima

Udio vode i suhe tvari određen je gravimetrijskom metodom (određivanjem mase prije i nakon sušenja uzorka na 105°C do konstantne mase). Na temelju dobivenih rezultata iz razlike mase prije i nakon sušenja, kao i mase dobivenih filmova odredi se udio vode i suhe tvari u filmovima prema formulama (2) i (3):

$$Voda (\%) = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (2)$$

$$Suha tvar (\%) = 100 - voda (\%) \quad (3)$$

Gdje je:

m_2 – masa Petrijeve zdjelice s filmom prije sušenja na 105°C (g)

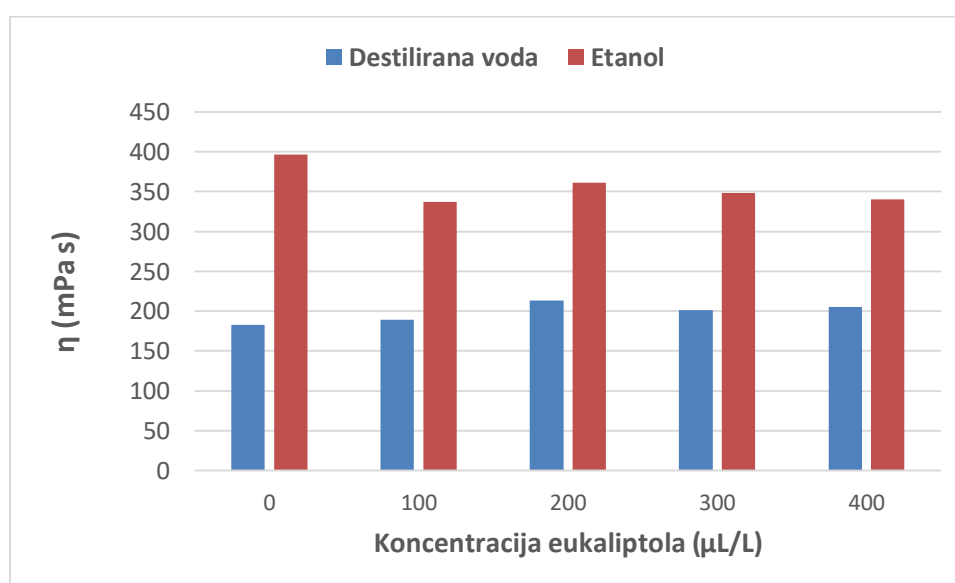
m_1 – masa Petrijeve zdjelice s filmom nakon sušenja na 105°C (g)

m_0 – masa filma bez zdjelice prije sušenja (g)

4. REZULTATI

Tablica 2. Izmjerene vrijednosti gustoća pripremljenih otopina kitozana u vodi i etanolu bez i s dodatkom eukaliptola pri 25°C.

| Otopine kitozana | γ eukaliptol ($\mu\text{L/L}$) | ρ (g cm^{-3}) |
|------------------|--|-------------------------------|
| Destilirana voda | 0 | 1,0278 |
| | 100 | 1,0236 |
| | 200 | 1,0242 |
| | 300 | 1,0246 |
| | 400 | 1,0241 |
| 50 % etanol | 0 | 0,9768 |
| | 100 | 0,9751 |
| | 200 | 0,9690 |
| | 300 | 0,9723 |
| | 400 | 0,9658 |



Slika 8. Srednje vrijednosti prividne viskoznosti η (mPa s) otopina kitozana u vodi i etanolu bez i s dodatkom različitih koncentracija eukaliptola, pri 25°C.

Tablica 3. Debljine dobivenih filmova (μm) kitozana s destiliranom vodom bez i s dodatkom eukaliptola nakon 3 dana sušenja pri 30°C .

| Otapalo | γ eukaliptol ($\mu\text{L/L}$) | Debljina filma (μm) | Opaska |
|------------------|--|-------------------------------------|----------------------|
| Destilirana voda | 0 | 62 | Puca po rubovima |
| | 100 | 55 | Djelomično elastičan |
| | 200 | 52 | Djelomično elastičan |
| | 300 | 48 | Djelomično elastičan |
| | 400 | 41 | Krhak puca |

Tablica 4. Debljine dobivenih filmova (μm) kitozana s 50% etanolom bez i s dodatkom eukaliptola nakon 3 dana sušenja pri 30°C .

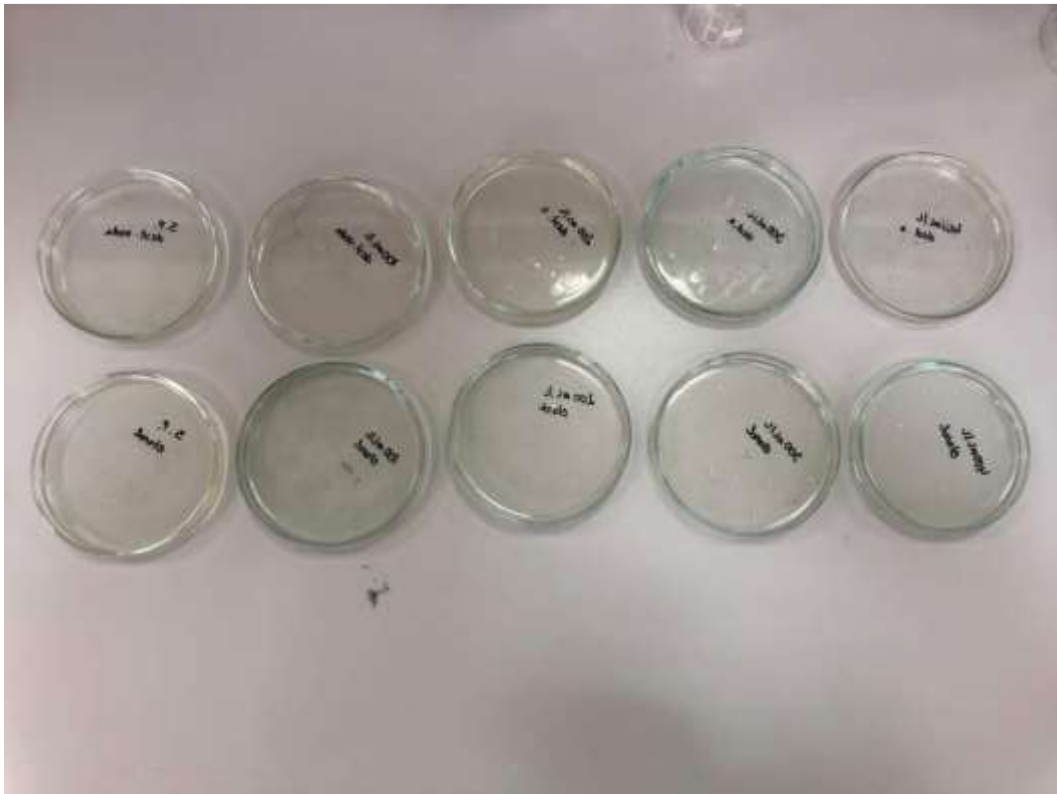
| Otapalo | γ eukaliptol ($\mu\text{L/L}$) | Debljina filma (μm) | Opaska |
|------------|--|-------------------------------------|------------------------------|
| 50% etanol | 0 | 87 | Teško se uklanja iz zdjelice |
| | 100 | 82 | Krhak |
| | 200 | 88 | Puca po rubovima |
| | 300 | 61 | Puca po rubovima |
| | 400 | 55 | Krhak, puca |

Tablica 5. Udio vode (%) i suhe tvari (%) u pripremljenim kitozanskim filmovima s destiliranom vodom bez i s dodatkom eukaliptola.

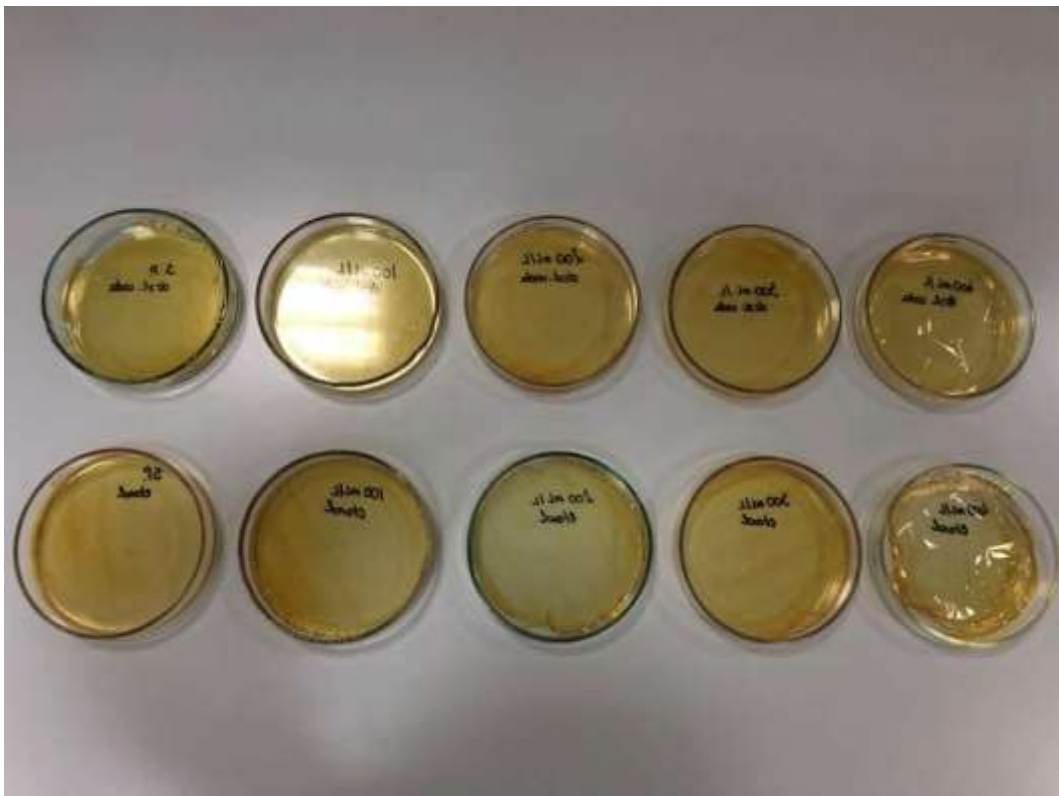
| Destilirana voda | | |
|--|----------------------|----------------------------|
| γ eukaliptol ($\mu\text{L/L}$) | Udio vode (%) | Udio suhe tvari (%) |
| 0 | 16,45 | 83,55 |
| 100 | 14,12 | 85,88 |
| 200 | 14,76 | 85,24 |
| 300 | 13,48 | 86,52 |
| 400 | 13,34 | 86,66 |

Tablica 6. Udio vode (%) i suhe tvari (%) u pripremljenim kitozanskim filmovima s 50% etanolom bez i s dodatkom eukaliptola.

| 50% etanol | | |
|--|----------------------|----------------------------|
| γ eukaliptol ($\mu\text{L/L}$) | Udio vode (%) | Udio suhe tvari (%) |
| 0 | 18,23 | 81,77 |
| 100 | 15,22 | 84,78 |
| 200 | 15,87 | 84,13 |
| 300 | 14,55 | 85,45 |
| 400 | 13,10 | 86,90 |



Slika 9. Otopine kitozana u Petrijevim zdjelicama prije sušenja.



Slika 10. Pripremljeni filmovi nakon sušenja u Petrijevim zdjelicama.

5. RASPRAVA

U ovom završnom radu pripremani su jestivi filmovi na bazi prirodnog polimera kitozana s dodatkom različitih koncentracija eukaliptola, a s ciljem poboljšanja funkcionalnih svojstava jestivog filma. Otopine kitozana pripremane su u destiliranoj vodi i 50% otopini etanola, te su im izmjerene gustoće pomoću piknometra, kao i vrijednosti viskoznosti. Jestivim filmovima koje smo dobili izlijevanjem u Petrijeve zdjelice i sušenjem određeno vrijeme, izmjerena je debljina filma, kao i udio suhe tvari (%) i vode (%).

Vrijednosti gustoća pripremljenih otopina kitozana u vodi i 50% etanolu možemo vidjeti u Tablici 2. Iz dane tablice možemo uočiti da je gustoća otopine kitozana koja je pripremljena s destiliranom vodom veća i iznosi $1,0278 \text{ g cm}^{-3}$ u odnosu na otopinu pripremljenu u 50% etanolu ($0,9768 \text{ g cm}^{-3}$), što je i očekivano s obzirom da je i gustoća 50% etanola niža od gustoće vode pri mjerenoj temperaturi od 25°C . Iz Tablice 2. je također vidljivo da dodatak eukaliptola ne utječe značajno na promjenu gustoće i kod otopina kitozana u destiliranoj vodi i u 50% etanolu, iako su dobivene vrijednosti gustoće nešto niže u odnosu na čiste otopine bez eukaliptola.

Srednje vrijednosti prividne viskoznosti otopina kitozana η (mPa s) pripremljene u destiliranoj vodi i 50% etanolu izmjerene pri 25°C prikazane su na Slici 7. Iz dobivenih vrijednosti vidljivo je da kitozan u 50% otopini etanola stvara viskoznije otopine u odnosu na otopine pripremljene s destiliranom vodom. Vrijednosti viskoznosti otopina kitozana u 50% etanolu kreću se u rasponu od 336,7 do 396,2 mPa s, dok su te vrijednosti za otopinu kitozana u destiliranoj vodi od 183,2 do 213,4 mPa s. Iz slike 7. je također vidljivo da dodatak eukaliptola u pripremljene otopine ima različit učinak ovisno o tome u koju otopinu je dodan. Dodatkom eukaliptola u otopinu kitozana u destiliranoj vodi, viskoznost otopina se povećava, dok dodatkom u otopinu kitozana u 50% etanolu dolazi do smanjenja vrijednosti viskoznosti otopina. I ovdje je vidljivo da dodatak različitih koncentracija eukaliptola nema značajnog utjecaja na viskoznost pripremljenih otopina.

Tablica 3. prikazuje podatke o debljini filmova kitozana s destiliranom vodom bez i s dodatkom eukaliptola različitih koncentracija, koji su se sušili 3 dana pri temperaturi od 30°C . Prema prikazanim podacima vidljivo je da jestivi film bez dodatka eukaliptola puca po rubovima, ali je i najdeblji što možemo i zaključiti iz podataka za viskoznost tj., otopinom najveće viskoznosti ćemo dobiti najdeblji jestivi film, što je i dokazano. Dodatak eukaliptola

utjeće na smanjenje debljine nastalih filmova, iako se te vrijednosti vrlo malo razlikuju u odnosu na film bez eukaliptola i kreću se u rasponu od 41 μm do 55 μm . Filmovi dobiveni s dodatkom eukaliptola u rasponu koncentracija od 100 $\mu\text{L/L}$ do 300 $\mu\text{L/L}$ su djelomično elastični, što je karakteristika koju daje kitozan, dok je jestivi film s najvećom dodanom koncentracijom eukaliptola najtanji i puca.

Tablica 4. prikazuje debljine jestivih filmova dobivenih iz otopina kitozana u 50% etanolu bez i s dodatkom različitih koncentracija eukaliptola nakon tri dana sušenja pri 30°C. Možemo vidjeti da su takvi jestivi filmovi deblji u odnosu na one dobivene s destiliranom vodom kao otapalom, ali se i teže uklanjaju iz Petrijeve zdjelice i pucaju, te nisu elastični kao filmovi pripremljeni destiliranom vodom. Kod ovih filmova vrijednosti debljine kreću se u rasponu od 87 μm (za film bez eukaliptola) do 55 μm uz dodatak 400 $\mu\text{L/L}$ eukaliptola. I ovdje dodatak najveće koncentracije eukaliptola dovodi do nastajanja najtanjeg filma koji je krhak i puca.

U Tablici 5. i 6. možemo vidjeti rezultate udjela vode (%) i suhe tvari (%) jestivih filmova kitozana pripremljenih s destiliranom vodom bez i s dodatkom eukaliptola. Kod jednih i drugih filmova vidimo da se, za razliku od slijepe probe, dodatkom sve veće koncentracije eukaliptola smanjuje udio vode (%), dok se sukladno tome povećava udio suhe tvari (%). Kitozanski filmovi u destiliranoj vodi sadrže manji udio vode (16,45 %) u odnosu na filmove pripremljene u 50 % otopini etanola (18,23 %). Hidrofilni filmovi općenito imaju viši udio relativne vlažnosti, a u ovom slučaju dobiveni kitozanski filmovi uz dodatak eukaliptola pokazuje smanjenje relativne vlažnosti. Ovakvo ponašanje moguće je i zbog činjenice da je molekula eukaliptola hidrofobna, te zbog kompetitivnog učinka vezanja, dolazi do smanjenja interakcije između kitozana i vode i/ili etanola što rezultira nižim udjelom vezane vode. Slični su rezultati dobiveni u istraživanju kitozana s polifenolima kore jabuke (Riaz i sur., 2018).

Izgled jestivih filmova prije i nakon 3 dana sušenja pri temperaturi od 30°C, prikazan je na Slikama 9. i 10. Iz danih slika je vidljivo da su filmovi sjajni i homogeni, te da se sušenjem na 30°C filmovima mijenja boja odnosno dolazi do promjene boje u žuto-smeđu. Također, vidljivo je da se boja s obzirom na dodatak različitih koncentracija eukaliptola, vidljivo ne mijenja. Ovdje treba naglasiti da dobiveni jestivi filmovi na bazi kitozana ne posjeduju značajnije svojstvo elastičnosti što je vjerojatno rezultat neadekvatne količine plastifikatora, kao i nepovoljnih uvjeta sušenja i skladištenja.

6. ZAKLJUČCI

Cilj ovog završnog rada bio je pripremiti jestive zaštitne filmove na bazi prirodnog, polimernog, hidrokoloidnog materijala kitozana s dodatkom različitih koncentracija eukaliptola. Na osnovni dobivenih rezultata možemo zaključiti sljedeće:

1. Gustoća otopina kitozana u destiliranoj vodi veća je od gustoće otopina pripremljenih u 50% etanolu, što je i očekivano s obzirom da je i gustoća 50% etanola niža od gustoće vode pri mjerenoj temperaturi od 25°C. Dodatak eukaliptola ne utječe značajno na promjenu vrijednosti gustoća otopina kitozana.
2. Kitozan u 50 % otopini etanola stvara viskoznije otopine u odnosu na otopine pripremljene s destiliranom vodom. Dodatak različitih koncentracija eukaliptola nema značajnog utjecaja na viskoznost pripremljenih otopina.
3. Jestivi filmovi kitozana otopljenog u 50% etanolu su deblji u odnosu na one filmove dobivene s destiliranom vodom kao otapalom, ali su krhki i pucaju, odnosno nisu elastični kao filmovi pripremljeni destiliranom vodom. Dodatak eukaliptola utječe na smanjenje debljine filmova.
4. Kitozanski filmovi u destiliranoj vodi sadrže manji udio vode (16,45 %) u odnosu na filmove pripremljene u 50% otopini etanola (18,23 %). Dodatkom različitih koncentracija eukaliptola u otopinu kitozana smanjuje se udio vode (%), a sukladno tome povećava se udio suhe tvari (%).
5. Dobiveni jestivi filmovi na bazi kitozana su sjajni i homogeni, no ne posjeduju značajnije svojstvo elastičnosti što je vjerojatno rezultat neadekvatne količine plastifikatora, kao i nepovoljnih uvjeta sušenja i skladištenja.

7. LITERATURA

1. Begin, A., Van Calsteren, M. (1999): Antimicrobial films produced from chitosan. *Intl. J. Biol. Macromol.* 26, 63-67.
2. Barbosa-Pereira, L., Angulo, I., Lagarón, J. M., Paseiro-Losada, P., Cruz, J. M. (2014): Development of new active packaging films containing bioactive nanocomposites. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 26, 310–318.
3. Čović, L. (2019): Ispitivanje inhibicijskog djelovanja 1,8 – cineola na koroziju aluminija, Završni rad, Veleučilište u Karlovcu.
4. Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J-A., Voilley, A. (1998): Edible Films and Coatings: Tomorrow's Packagings: A Review. *Crit. Rev. Food Sci.* 38, 299-313.
5. Del Nobile, M.A., Conte A., Scrocco, C., Brescia, I., Speranza B, Sinigaglia M, Perniola R, Antonacci, D. (2009): A study on quality loss of minimally processed grapes as affected by film packaging. *Postharvest Biology and Technology* 51, 21-26.
6. Emiroğlu, K.Z., Yemiş, G.P., Coşkun, B.K., Candoğan, K. (2010): Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties, *Meat Sci.* 86, 283-288.
7. Fisher, K., Phillips, C.A.(2006): The effect of lemon, orange and bergamot essential oils and their components on the survival of *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* in vitro and in food systems, *Journal of Applied Microbiology* 101, 1232-1240.
8. Galić, K. (2009): Jestiva ambalaža u prehrambenoj industriji. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam* , 4 , 1-2; 23-31
9. Garcia, M. P. M., Gomez-Guillen, M. C., Lopez-Caballero, M., Barbosa-Canovas, G. V. (2016): *Edible Films and Coatings: Fundamentals and Applications*, Taylor & Francis, Boca Raton.
10. Gutierrez J, Barry-Ryan C, Bourke P. (2009): Antimicrobial activity of plant essential oils using food model media: Efficacy, synergistic potential and interaction with food components. *Food Microbiology* 26, 142-150.
11. Han, J. H., Gennadios, A. (2005): *Edible films and coatings: a review*. U: *Innovations in Food Packaging*, (Han, J. H., ured.), Elsevier Science & Technology Books, London, str. 239-259.

12. Hong, S. I., Han, J. H., Krochta, J. M. (2004): Optical and surface properties of whey protein isolate coatings on plastic films as influenced by substrate, protein concentration and plasticizer type. *J. Appl. Polym. Sci.* 92(1), 335-343.
13. Krochta, J. M. (2002): Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status, and opportunities. U: *Proteins-based Films and Coatings* (Gennadios, A., ured.), CRC Press, Boca Raton, 1-41.
14. Liu, Z. (2005) Edible films and coatings from starches. U: *Innovations in Food Packaging* (Han, J. H., ured.), Elsevier Science & Technology Books, London, str. 318-332.
15. Nemet, N. (2009): Jestivi filmovi i omotači u proizvodnji ambalaže, *Tehnologija hrane* <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/jestivi-filmovi-omotaci-proizvodnji-ambalaze>. Pristupljeno 10.06. 2021.
16. Novak, J. (2015): Primjena prirodnih biopolimera za formiranje jestivih zaštitnih filmova. Završni rad, PBF, Sveučilište u Zagrebu.
17. Pamuković, F. (2017): Razvoj jestivih filmova s bioaktivnim sastojcima ružmarina, Diplomski rad, PBF, Sveučilište u Zagrebu.
18. Riaz, A., Lei, S., Akhtar, H. M. S., Wan, P., Chen, D., Jabbar, S., Zeng, X. (2018): Preparation and characterization of chitosan-based antimicrobial active foodpackaging film incorporated with apple peel polyphenols. *Int. J. Biol. Macromol.* 114, 547–555.
19. Singh, R., Singh, N. (2005): Quality of packaged foods. U: *Innovations in Food Packaging* (Han, J. H., ured.), Elsevier Science & Technology Books, London, 24-40.
20. Šimac, A. (2020): Biološka aktivnost eteričnog ulja, hidrolata i biljnog ekstrakta odabranog samoniklog ljekovitog bilja i mogućnost primjene u prehrambenoj industriji, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu.
21. Tokura, S., Ueno, K., Miyazaki, S., Nishi, N. (1997): Molecular weight dependent antimicrobial activity by chitosan. *Macromol. Symp.* 120, 1-9.