

PRIMJENA JESTIVIH FILMOVA NA BAZI PROTEINA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

Brkljačić, Dino

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:128:586653>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



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

DINO BRKLJAČIĆ

**PRIMJENA JESTIVIH FILMOVA NA BAZI PROTEINA U
PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2021.

Veleučilište u Karlovcu

Stručni studij prehrambena tehnologija

Prerada mlijeka

Dino Brkljačić

Primjena jestivih filmova na bazi proteina u prehrambenoj industriji

Završni rad

Mentor: dr. sc. Ines Cindrić, prof. v. š.

Broj indeksa studenta: 0314616017

Karlovac, srpanj 2021.

IZJAVA O AUTENTIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA

Ja, Dino Brkljačić, ovime izjavljujem da je moj završni rad pod naslovom **Primjena jestivih filmova na bazi proteina u prehrambenoj industriji** rezultat vlastitog rada i istraživanja 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. srpanj 2021.

Dino Brkljačić

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Veleučilište u Karlovcu

Završni rad

Odjel prehrambene tehnologije

Stručni studij prehrambena tehnologija

Znanstveno područje: **Biotehničke znanosti**

Znanstveno polje: **Prehrambena tehnologija**

PRIMJENA JESTIVIH FILMOVA NA BAZI PROTEINA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

Dino Brkljačić

Rad je izrađen na Veleučilištu u Karlovcu.

Mentor: *dr. sc. Ines Cindrić, prof. v. š.*

Sažetak

Kao alternativa konvencionalnoj ambalaži u prehrambenoj industriji sve je češće u upotrebi ambalaža u obliku jestivih filmova. S obzirom da je izrađena od prirodnih polimera kao što polisaharidi, lipidi i proteini uz mogućnost konzumacije, dodatnu vrijednost ove vrste pakiranja mogućnost je njezina obogaćivanja različitim nutrijentima. Poseban naglasak na održivost i zaštitu okoliša usmjerena je na dobivanje prirodnih polimera koji se koriste za izradu jestivih filmova a proizlaze kao nusprodukt različitih tehnoloških operacija.

Ovaj rad ima za cilj prikazati dosadašnje mogućnosti primjene jestivih filmova na bazi proteina pri pakiranju različitih grupa proizvoda u prehrambenoj industriji.

Broj stranica: 26

Broj slika: 4

Broj tablica: 5

Broj literaturnih navoda: 43

Broj priloga: -

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: barijerna svojstva, jestivi filmovi, plastifikatori, prehrambena industrija, proteini

Datum obrane: 12. srpanj 2021.

Stručno povjerenstvo za obranu:

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

Rad je pohranjen u knjižnici Veleučilišta u Karlovcu, I. Meštrovića 10, 47 000 Karlovac, Hrvatska

BASIC DOCUMENTATION CARD

Karlovac University of Applied Sciences

Final paper

Department of Food Technology

Professional Study of Food Technology

Scientific Area: Biotechnical Sciences

Scientific Field: Food Technology

APPLICATION OF PROTEIN-BASED EDIBLE FILMS IN FOOD INDUSTRY

Dino Brkljačić

Final paper performed at Karlovac University of Applied Sciences.

Supervisor: *Ph.D. Ines Cindrić, collage prof.*

Abstract

Edible films is being used increasingly as an alternative to conventional packaging in the food industry. Because it is made of natural polymers such as polysaccharides, lipids and proteins, beside the possibility of consumption, the added value of this type of packaging is the possibility of its enrichment with various nutrients. Special emphasis on sustainability and environmental protection is focused on obtaining natural polymers that are used to make edible films and are derived as a by-product of various technological operations.

This paper aims to present possibilities of application of edible protein-based films in packaging of different product groups in the food industry..

Number of pages: 26

Number of figures: 4

Number of tables: 5

Number of references: 43

Original in: Croatian

Key words: barrier properties, edible films, food industry, plasticizers, proteins

Date of the final paper defence: 12 July 2021

Reviewers:

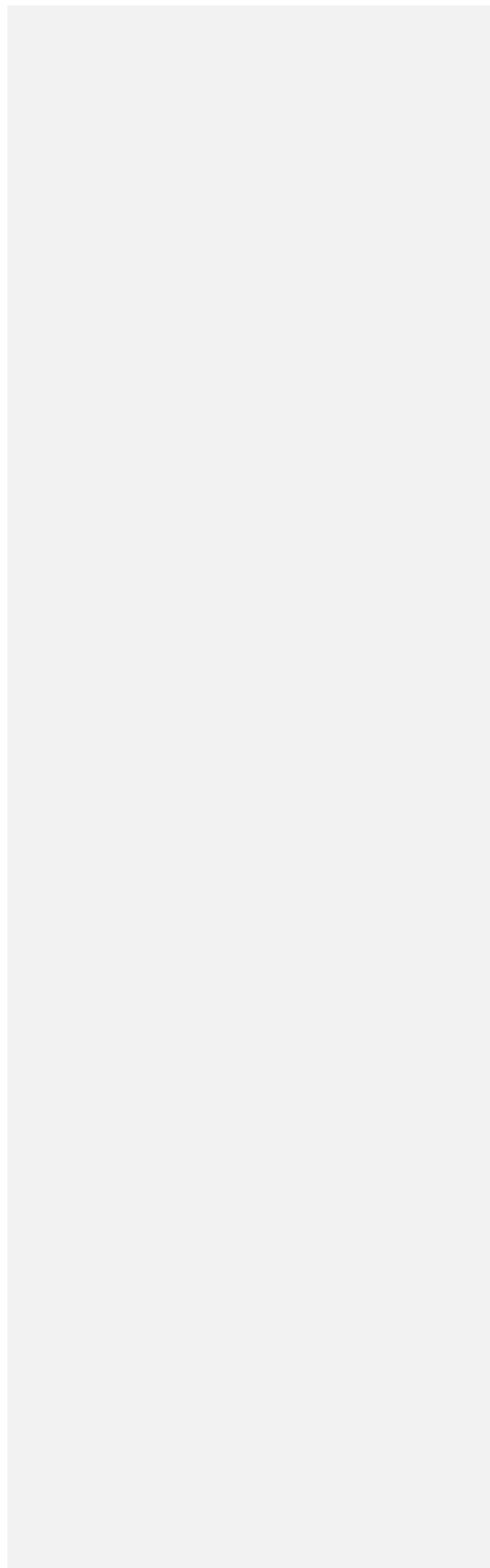
1. Ph.D. *Jasna Halambek*, sen. lecturer
2. Ph.D. *Marijana Blažić*, collage prof.
3. Ph.D. *Ines Cindrić*, collage prof.
4. Ph.D. *Sandra Zavadlav*, collage prof. (substitute)

Final paper deposited in: Library of Karlovac University of Applied Sciences, I. Meštrovića 10, Karlovac, Croatia.

SADRŽAJ

| | |
|--|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. TEORIJSKI DIO | 2 |
| 2.1. JESTIVI FILMOVI..... | 2 |
| 2.2. PROIZVODNJA I SIROVINE ZA IZRADU..... | 3 |
| 2.2.1. Hidrokoloidni materijali..... | 4 |
| 2.2.2. Polisaharidi..... | 4 |
| 2.2.3. Proteini..... | 5 |
| 2.2.3.1. Proteini soje..... | 5 |
| 2.2.3.2. Zein..... | 6 |
| 2.2.3.3. Pšenični gluten..... | 6 |
| 2.2.3.4. Proteini sirutke..... | 6 |
| 2.2.3.5. Kazein..... | 6 |
| 2.2.3.6. Kolagen i želatina..... | 6 |
| 2.2.3.7. Proteini bjelanjka..... | 7 |
| 2.2.4. Lipidi..... | 7 |
| 2.2.5. Plastifikatori..... | 7 |
| 2.2.6. Aditivi..... | 8 |
| 2.3.SVOJSTVA JESTIVIH FILMOVA..... | 10 |
| 2.3.1. Debljina filmova..... | 10 |
| 2.3.2. Mehanička čvrstoća..... | 10 |
| 2.3.3. Barijerna svojstva..... | 11 |
| 2.3.3.1. Propusnost vodene pare i plinova..... | 11 |
| 2.3.4. Optička svojstva: sjaj, prozirnost i boja..... | 11 |
| 2.4.POSTUPCI PROIZVODNJE JESTIVIH FILMOVA..... | 12 |
| 2.5. SVOJSTVA JESTIVIH FILMOVA NA BAZI PROTEINA..... | 13 |
| 3. RASPRAVA | 17 |
| 3.1. PRIMJENA PROTEINSKIH FILMOVA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI..... | 17 |
| 3.1.1. Mesni proizvodi..... | 17 |
| 3.1.2. Riba..... | 19 |
| 3.1.3. Voće i povrće..... | 19 |
| 3.1.4. Mliječni proizvodi..... | 20 |
| 4. ZAKLJUČCI | 22 |

5. LITERATURA.....23



1. UVOD

Interesom potrošača za sve ispravnijim načinom prehrane kao i tendencijom smanjenja opterećenja koje prehrambena ambalaža stvara na okoliš, naveli su prehrambenu industriju na pronalazak novih ambalažnih materijala i načina pakiranja. Posebno interesantna alternativa klasičnoj papirnoj i sintetskoj ambalaži jest jestiva ambalaža koja predstavlja tanak sloj na površini namirnice napravljen od jestivih materijala. Za izradu jestivih filmova koriste se različiti biopolimeri poput polisaharida, proteina i lipida te im o materijalu od kojeg su izgrađeni ovisi i određena fizičko-mehanička i barijerna svojstva. Ovisno o željenim svojstvima moguće je proizvesti filmove od samo jednog, mješavine dvaju ili više polimera ili kombinacijom više slojeva različitih polimera. Jestivi filmovi ne razlikuju se prema funkciji u velikoj mjeri od konvencionalne ambalaže - moraju svojim kemijskim, fizičkim i mehaničkim svojstvima osigurati namirnicu od utjecaja okoliša. Velika prednost ovih materijala jest njihova mogućnost konzumacije čime se direktno doprinosi smanjenju otpada od pakiranja prehrambenih proizvoda i omogućuje zamjena bionerazgradive ambalaže koja stvara izuzetan pritisak na okoliš. Karakteristika koja ih ističe je mogućnost obogaćivanja čime se omogućuje više funkcionalnih svojstva od klasične ambalaže. Pa se tako, ovisno o upotrebljenoj sirovini, može naglasiti antimikrobno djelovanje filma, sprječavanje oksidacijskog djelovanja i sl. Svojstva filma moguće je i obogatiti inkorporacijom nutraceutika u osnovni sastav filma čime se može dodatno poboljšati nutritivna vrijednost hrane.

Posebno atraktivni način tehnologije razvoja jestivih ambalažnih materijala osniva se na mogućnosti iskorištavanja nusproizvoda proizašlih iz različitih tehnoloških procesa. Primjer toga je upotreba proteina iz npr. sirutke ili glutena koji mogu poslužiti kao osnovna baza za dobivanje jestivih filmova na bazi proteina. Iako su takvi filmovi najčešće prozirni i krhki svojstva im se mogu vrlo uspješno poboljšati upotrebom različitih dodataka.

Na temelju pregleda literature, cilj ovog završnog rada jest prikazati neke od mogućnosti uporabe jestivih filmova na bazi proteina u prehrambenoj industriji.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. JESTIVI FILMOVI

Jestivi filmovi definiraju se kao tanki jestivi sloj na površini hrane pogodan za konzumaciju, a koji namirnici osigurava dostatnu barijeru prema vanjskim uvjetima (Garcia i sur., 2016.). Budući da su izrađeni od prirodnih materijala u potpunosti su biorazgradivi. Karakteristike koje jestivi filmovi moraju zadovoljiti prvenstveno ovise o prehrambenom proizvodu na kojem će se film primjeniti. Stoga ih je nužno prilagoditi odabirom različitog polaznog materijala, ali i dodatkom aditiva (plastifikatori, arome, antimikrobne tvari, antioksidansi, i sl.) kojima se znatno mogu poboljšati njihova mehanička, zaštitna ali i senzorička svojstva.

Prednosti primjene jestivih zaštitnih filmova u odnosu na nejestive filmove su:

- mogućnost konzumacije
- niski proizvodni troškovi
- doprinos zaštiti okoliša u smislu smanjivanja količine otpada
- mogućnost obogaćivanja nutritivnih svojstva.

2.2. PROIZVODNJA I SIROVINE ZA IZRADU

Materijali koji se koriste u proizvodnji jestivih filmova različitih su vrsta (vidi tablicu 1), a iz čega proizlaze i njihova različita ponašanja pri formiranju filmova. Prema materijalu iz kojega su jestivi filmovi izgrađeni razlikujemo:

- Hidrokolidi (polisaharidi i proteini)
- Lipidi (voskovi i masne kiseline)
- Kompoziti (kombinacija hidrokoloida i lipida)

Prilikom proizvodnje jestive ambalaže formirani filmovi mogu se primijeniti na način da su sastavljeni samo od jednog osnovnog materijala ili mješavinom dva ili više njih. Također moguća je proizvodnja filmova koja kombinira više filmova koji se nanose u slojevima. Ovakvo

kombiniranje filmova i polazišnih materijala ima za primarni cilj uklanjanje negativnih svojstva materijala, ali i nepoželjnih pojava. Višekomponentni filmovi znatno doprinose svojstvima novonastalog filma unaprijeđujući njihova barijerna i mehanička svojstva (Bertuzzi i Slavutsky, 2016).

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

| Funkcionalni sastav | Materijali | |
|-------------------------------------|---|---|
| Materijali za izradu filmova | Proteini | Kolagen, želatina, kazein, proteini sirutke, zein, pšenični gluten, proteini bjelanjka |
| | Polisaharidi | škrob, modificirani škrob, modificirana celuloza (CMC, MC, HPC, HPMC) *, alginat, karagenan, pektin, pululan, kitozan, gelan guma, ksantan guma |
| | Voskovi, lipidi | Voskovi (pčelinji vosak, parafin, karnauba vosak), smole (šelak), acetoglicerid |
| Plastifikatori (omekšala) | Glicerol, 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) | |

2.2.1. Hidrokolooidni materijali

Hidrokolooidi raznolika su skupina dugolančanih polimera biljnog, životinjskog ili sintetskog podrijetla. Zbog prisutnosti velikog broja hidroksilnih skupina povećan je njihov afinitet vezanja molekula vode čineći ih hidrofilnim spojevima. Takvi filmovi su djelomično ili u potpunosti topljivi u vodi, ali i pokazuju slabiju barijeru prema vodenoj pari (Milani i Maleki, 2012). Primjenjuju se za povećanje viskoznosti stacionarne faze, tj. kao sredstvo za želiranje ili

kao zgušnjivač (Skurtys i sur., 2010). Kao najveća prednost za jestive filmove proizvedene od hidrokoloida ističe se poboljšanje barijernih svojstava na vodu (Saha i Bhattacharya, 2010).

2.2.2. Polisaharidi

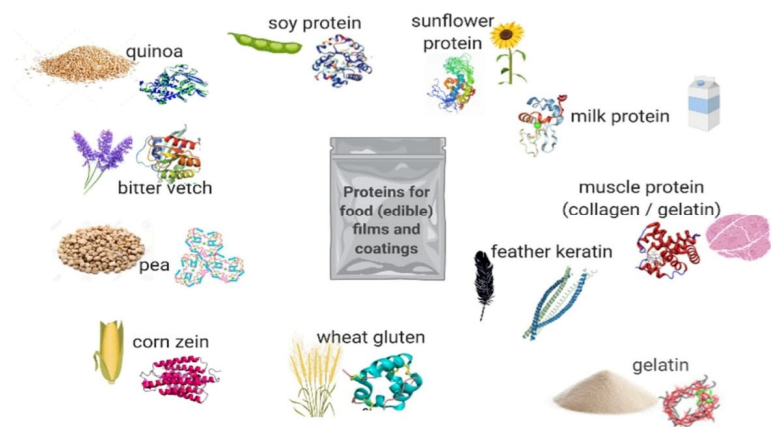
Polisaharidi definirani su kao složeni ugljikohidrati čije su molekule sastavljene od velikog broja monosaharidnih jedinica. Osnovna uloga im je osiguravanje strukture čvrstoće stanica i tvorba metaboličkog goriva. Najpoznatija sirovina za izradu jestive ambalaže je škrob. Od ostalih sirovina vrijedi spomenuti alginat, pektin i kitozan. Kao nedostatak može se navesti ograničena primjena radi slabih barijernih svojstava prema vodi.

2.2.3. Proteini

Proteini su složene organske makromolekule građene od jednog ili više lanaca aminokiselina, koje su međusobno povezane peptidnom vezom. Masa proteina može dostići i vrijednosti od nekoliko milijuna, a struktura može obuhvatiti i neproteinske molekule. 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 (Krochta, 2002) (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. Prema podrijetlu se mogu razvrstati na biljne i životinjske (vidi Tablicu 2.) te prema obliku molekule na globularne i vlaknaste. Globularni su termolabilni proteini topljivi u vodi, a savijaju se u složene sferne tercijarne strukture dok vlaknasti nisu topivi u vodi, karakterizira ih nitasti oblik i usko su povezani u paralelnim strukturama putem vodika (Coltelli i sur., 2015). Zbog dostupnosti, niske cijene i netoksičnosti proteini predstavljaju odličan odabir u izradi jestivih filmova, a najčešće se dobivaju procesom lijevanja. Slika 1. prikazuje najčešće sirovine za izradu jestivih filmova na bazi proteina. Izvrсна barijera prema plinovima daje im prednost nad polisaharidima i lipidima (Chen i sur., 2019).

Tablica 2. Pregled proteina prema podrijetlu i vrsti (Cotelli i dr. 2015).

| | <i>Biljni</i> | <i>Životinjski</i> |
|-------------------|---------------|--------------------|
| <i>Globularni</i> | Gluten | Proteini sirutke |
| | Zein | Proteini bjelanjka |
| | Soja | |
| <i>Vlaknasti</i> | | Kazein |
| | | Keratin |
| | | Kolagen i želatina |
| | | Proteini mesa |



Slika 1. Prikaz najčešće korištenih proteina za izradu jestivih filmova (Mihalca i sur., 2021.)

2.2.3.1. Proteini soje

Sastoje se od 10-20% albumina i globularnih jedinica β -konglicinina i glicinina. Gelovi β -konglicinina su prozirni, mekani i elastični za razliku od onih glicinina koji su mutni i tvrdi. Temelje se na koncentratu visoko rafiniranog proteina soje koji sadrži 90% proteina

2.2.3.2. Zein

Zein je biljni protein izoliran iz kukuruza s molekularnom masom od 22 do 27 kDa i izoelektričnim pH od 6,228. Pripada obitelji prolamina koji se sastoje od velike količine (> 50%) hidrofobnih aminokiselina, kao što su prolin, glutamin i asparagini (Elzoghby i sur., 2012).

2.2.3.3. Pšenični gluten

Gluten je ljepljiva elastična bjelančevinasta tvar u žitu i brašnu. Ovaj globularni protein sastoji se od glijadina i glutenina a označava pojam za više od 50 različitih proteina sadržanih u pšeničnom brašnu.

2.2.3.4. Proteini sirutke

Sirtuka predstavlja glavni nusproizvod u mljekarskoj industriji što je čini lako dostupnom. Glavne komponente sirutke uključuju beta-laktoglobulin (β -Lg), alfa-laktalbumin (α -La), albumin govedeg seruma (BSA), laktoferin (Lf), imunoglobulini (Igs), enzimi laktoperoksidaze (Lp), glikomakropeptidi (GMP), laktoza i minerali (Gupta i Prakash, 2017).

2.2.3.5. Kazein

Uz protein sirutke, kazein je najbitniji protein mlijeka. Topljiv je u vodi i sadrži mnoštvo aminokiselina, ugljikohidrata te kalcij i fosfor, također posjeduje visoku hranjivu vrijednost. Sastoji se od: κ -kazeina, β -kazeina, α s-1 i α s-2 kazeina te svaka od tih komponenti ima mogućnost tvorbe jestivih filmova.

2.2.3.6. Kolagen i želatina

Kolagen je poznat kao strukturni protein vezivnog tkiva kod čovjeka te čini trećinu tjelesnih proteina te ga možemo naći u ribi, svinjetini i govedini. Hidrolizom kolagena nastaje želatina, a stupanj pretvorbe ovisi o raznim faktorima kao pH, temperatura i vrijeme ekstrakcije.

2.2.3.7. Proteini bjelanjka

Važan su i jeftin izvor proteina što ih čini pogodnima za izradu jestivih filmova. Više od polovice proteina u bjelanjku čine ovalbumini koji daju filmu prepoznatljivu bijelu boju (Guerin i Audic, 2007). Općenito su topivi u vodi osim ovomucina, visokoglikoliziranog glikoproteina gdje je svaka treća aminokiselina je vezana uz šećer.

2.2.4. Lipidi

Poznati su kao organske molekule različite kemijske građe, a najpoznatiji predstavnici su masti i ulja, voskovi, fosfolipidi i steroidi. Mogu se podijeliti na više načina, prema podrijetlu (biljni i životinjski), prema kemijskom sastavu (osapunjivi i neosapunjivi), uložni, itd. Učinkovitost lipida kao materijala za izradu jestivih filmova ovisi ponajviše o njihovoj prirodi, posebice o strukturi, hidrofobnosti i agregatnom stanju. Najčešće sirovine prilikom izrade jestivih filmova na bazi lipida su prirodni voskovi, osobito pčelinji vosak i karnauba vosak koji se smatraju najprihvatljivijima jer su prirodni. Od ostalih nameću se voskovi na bazi nafte koji su u nekim zemljama zabranjeni no ističu se polietilen i parafin koji se koristi za premazivanje sireva u svrhu prevencije stvaranja plijesni, te mineralna i biljna ulja i smole (Rhim i Shellhamer, 2005). Po prirodi lipide svrstavamo kao hidrofobne zbog minimalnog broja hidrofilnih lanaca, što potvrđuje slabu topljivost u vodi no dobru u organskim otapalima. Zbog navedenih svojstava nameću se kao najučinkovitiji prema prodoru vodene pare, iako sama učinkovitost ovisi o duljini lanca masnih kiselina i stupnju zasićenosti (Šuput i Popović, 2015). Jestivi filmovi na bazi lipida nalaze primjenu kod mesnih proizvoda, plodova mora, smrznute hrane te značajnu ulogu igraju kod voća i povrća zbog zadržavanja vlage koja održava sjaj.

2.2.5. Plastifikatori

Plastifikatori su važna vrsta niskomolekularnih nehlapljivih spojeva koji su široko primjenjeni u polimernoj industriji kao aditivi u svrhu povećanja obradivosti i rastezljivosti. U ambalažnoj industriji koriste se organski lipofilni spojevi- ftalati, diesteri ftalatne kiseline. Često su na meti kritika radi toksičnih učinaka na ljudski organizam, posebice na respiratorni i reproduktivni sustav. Neki od njih su: bis(2-etilheksil)-ftalat (DEHP), dibutil-ftalat (DBP), butil ftalat (BBP), diizoonil-ftalat (DINP), diizodecil ftalat (DIDP), dioktil ftalat (DNOP) i dietil ftalat (DEP). Plastifikatori za jestive filmove su prihvatljivi budući da se radi o organskim

spojevima. Zadaća im je smanjenje napetosti deformacije, tvrdoće, gustoće i viskoznosti, a te karakteristike utječu i na druga svojstva, poput stupnja kristalizacije i električne vodljivosti (Adeodato Vieira i sur., 2010).

Uz vodu, najčešće su polioli, monosaharidi, disaharidi i oligosaharid korišteni kao plastifikatori.

Tablica 3. Podjela plastifikatora (Skurtys i sur., 2010)

| POLIOLI | MONOSAHARIDI | MASNE KISELINE |
|--------------------|--------------|---------------------|
| Glicerol | Fruktoza | Etanolamin (EL) |
| Etilen glikol (EG) | Manoza | Trietanolamin (TEA) |
| Sorbitol | Glukoza | |
| Manitol | Saharoza | |

Dodaju se u količinama između 10% i 60% od ukupne mase hidrokoloida (Skurtys i sur., 2010).

2.2.6. Aditivi

Aditivi su kemijske tvari koje se u malenim količinama dodaju različitim proizvodima radi stabilizacije ili poboljšanja nekih svojstava, primjerice antioksidansi, emulgatori, boje, zaštitni koloidi i konzervansi u prehrambenim proizvodima. Odabir i primjena zavisi o njihovim bioaktivnim svojstvima (opširnije u Tablici 4), dostupnosti, isplativosti i učinku senzorskim svojstvima na konačnom proizvodu (Weiss i sur, 2013). Kod jestive ambalaže razlikujemo dva tipa aditiva, manje korišteni su oni u vidu emulgatora i tekućih emulzija dok su češće zastupljeni su oni funkcionalni koji imaju mogućnost obogaćivanja dodatkom antimikrobnih tvari, antioksidansa i nutraceutika. Antimikrobna svojstva inhibiraju ili usporavaju rast mikroorganizama što automatski produžuje rok trajanja. Tvari koje posjeduju navedena svojstva dobivena su iz prirodnih izvora te najveću primjenu imaju u filmovima na bazi proteina. Toj skupini pripadaju EDTA, antimikrobni enzimi, biljni ekstrakti, esencijalna ulja i brojni drugi (Chen i sur., 2019).

S druge strane za odgađanje oksidacije lipida, sprječavanje promjene boje i mirisa i gubitka vitamina služe antioksidansi. Dijele se na sintetičke, koji su zabranjeni, i prirodne čiji

su pripadnici askorbinska kiselina, α -tokoferol (korišten kod filmova na bazi proteina), kumarin i ferulinska kiselina. Mogu se dodavati kao čisti spojevi, esencijalna ulja ili ekstrakti. Unatoč tome što prirodni antioksidansi sadrže neke nedostatke (niža antioksidativna aktivnost u usporedbi sa sintetičkim antioksidansima i prisutnost drugih tvari koje mogu negativno utjecati na senzorska svojstva proizvoda), oni imaju prednost kod potrošača koji ih spremno prihvate (Eca i sur., 2014).

Tablica 4. Primjeri bioaktivnih spojeva i njihov potencijalni učinak na zdravlje (Zorić i sur., 2017).

| BIOAKTIVNI SPOJEVI | PRIMJER | POTENCIJALNI UČINAK NA ZDRAVLJE |
|---|--|---|
| Prebiotici | Inulin i oligosaharidi | Održavanje zdravlja crijeva i reguliranje crijevne mikroflore |
| Probiotici | Lactobacili, Bifidobacterium | |
| Fitokemikalije | Beta-karoten, likopen, flavonoidi, proantocijanidini, polifenoli, alicin | Poboljšanje zdravlja crijeva, imunomodulacija |
| ω-3 masne kiseline | Dokozaheksaenska kiselina (DHA) i Eikozapentaenska kiselina (EPA) | Smanjenje rizika od razvoja kardiovaskularnih bolesti, karcinoma, dijabetesa, i degenerativnih bolest |
| Bioaktivni peptidi | Izolirani peptidi mlijeka | Poboljšanje zdravlja kardiovaskularnog sustava |
| Karotenoidi | Beta-karoten, likopen, lutein, zeaksantin, astaksantin | Smanjenje rizika od razvoja očnih bolesti i određenih vrsta karcinoma |
| Biljke i začini | Eterična ulja, različiti biljni pripravci | Širok spektar dobrobiti na zdravlje |

2.3. SVOJSTVA JESTIVIH FILMOVA

U svrhu postizanja idealnih svojstava, jestive filmove potrebno je ispitati određenim parametrima kvalitete. Toj skupini pripadaju debljina filma te mehanička, barijerna te optička svojstva. Navedena svojstva variraju od vrste sirovine, otapala, pH, temperature te izbora plastifikatora (Erkmen i Barazi, 2018).

2.3.1. Debljina filmova

Debljina jestivih filmova važan je parametar jer direktno utječe na biološka svojstva i rok trajanja pakirane hrane. Učinkovitost jestivih filmova za zaštitu hrane prvenstveno ovisi o kontroli širenja otopina premaza koje utječu na debljinu filma (Skurtys i sur., 2010). Razlikuju se dvije metode mjerenja debljine filma: kontaktna i nekontaktna metoda. Nkontaktna metoda je djelotvornija jer ne uništava uzorak. Među kontaktnim metodama, zbog lakše upotrebe, najčešće se koristi direktno metričko mjerenje - film se podigne od površine proizvoda i mjeri se debljina pomoću mikrometra.

Idealna debljina filmova ne prelazi 0,25 mm (Utami Hatmi i sur., 2020).

2.3.2. Mehanička čvrstoća

Mehanička svojstva jestivih filmova čine tri parametra:

- otpor materijala na pucanje pod napetošću (vlačna čvrstoća),
- Young-ov modul
- postotak produljenja prije pucanja (Khwaldia, 2011).

Važna su kako bi se osigurala odgovarajuća mehanička čvrstoća i cjelovitost filma tijekom prijevoza, rukovanja i skladištenja proizvoda. Vlačna čvrstoća ukazuje na maksimalno vlačno naprezanje koje film može podnijeti, Young-ov modul mjera je krutosti filma, a istezanje pri prekidu označava maksimalnu promjenu duljine ispitnog uzorka prije loma (Galus i Kadzinska, 2015).

2.3.3. Barijerna svojstva

Nanošenjem filma na proizvod, površinska koncentracija plina podložna je promjeni tokom skladištenja. Kemijski sastav površine hrane je dinamičan i ove promjene nastaju uglavnom zbog metabolizma hrane, mikrobnog disanja, topljivosti u plinovima i propusnosti jestivog filma. Hrana i mikrobn metabolizam odgovorni su za potrošnju kisika i proizvodnje CO₂. Mikrobn aktivnost može utjecati na sastav kisika i CO₂, no to je značajno samo kada je istekao rok trajanja. Stoga učinkovitost jestivog filma ovisi o barijernim svojstvima za plin, vodenu paru, aromu i ulje, što pak ovisi o kemijskom sastavu i strukturi polimera koji stvaraju premaz, svojstvima proizvoda i uvjetima skladištenja.

2.3.3.1. Propusnost vodene pare i plinova

Transport plinova u jestivom filmu se sastoji od tri koraka:

1. adsorpcija plina na površinu jestivog filma,
2. difuzija adsorbiranih čestica od jedne do druge strane filma,
3. desorpcija čestica plina iz jestivog filma

Na propusnost vodene pare direktno utječu mnogi čimbenici (npr. pokretljivost polimernih lanaca, debljina, cjelovitost filma), ali najznačajniji faktor je vrsta i količina plastifikatora. Glavna prednost povećane propusnosti vodene pare je poboljšana topljivost filmova na bazi proteina. Ova karakteristika može biti usko povezana s boljim oslobađanjem bioaktivnih spojeva, iz aktivnih pakiranja, koji se mogu ugraditi u filmove na bazi proteina (Mihalca i sur., 2021).

2.3.4. Optička svojstva: sjaj, prozirnost i boja

Optička svojstva jestivih filmova nužno su senzorsko svojstvo osobito potrošačima. Od jestivih filmova se očekuje neutralnost odnosno bezbojnost, s prozirnošću sličnom polimernim ambalažnim materijalima ili približno boji hrane na koju će se nanijeti film (Chakravartula i sur., 2019). Upravo je neprozirnost ključni faktor prihvatljivosti proizvoda. Hidrokoloidni filmovi skloniji su neutralnosti nego oni na bazi lipida koji su često skliski i neprozirni. Na sjaj utječe mikrostruktura, vrsta i količina surfaktanta, raspodjela i veličina promjera čestica

dispersne faze, relativna vlažnost, vrijeme skladištenja i hrapavost površine (Skurtys i sur., 2010).

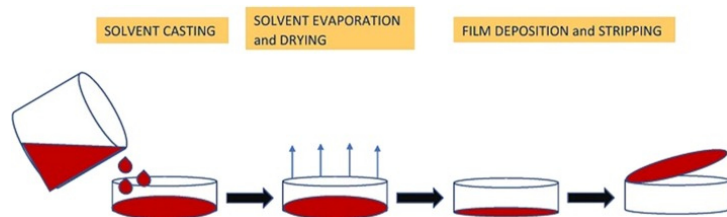
Optička svojstva općenito ovise o sastavu filma i postupku izrade, kao i o drugim vanjskim faktorima (temperatura, relativna vlažnost) (Rhim i Shellhammer, 2005)

2.4. POSTUPCI PROIZVODNJE JESTIVIH FILMOVA

Uvjeti nastajanja značajno utječu na svojstva gotovog filma. Glavni postupci za dobivanje slični su kao kod termoplastičnih struktura, iako se uvjeti razlikuju princip ostaje nepromijenjen. Nastali film mora biti homogen, a svakako se želi izbjeći neujednačenost, nastajanje mjehurića i mehanička oštećenja. Klasična metoda za nanošenje premaza na proizvode nepravilnih oblika je uranjanje. Koristi se u proizvodnji jestive ambalaže za voće i povrće te nastaje uranjanjem namirnice (5-30 sekundi) u jestivu otopinu sa određenim svojstvima kao što su gustoća, viskoznost, površinska napetost te brzina izvlačenja hrane iz otopine (Skurtys i sur., 2010). Prskanje je suprotan proces od uranjanja koji se primjenjuje na proizvode s velikom površinom a obično se koristi kada otopina za premazivanje nije jako viskozna. Ovaj postupak zahtjeva okretanje proizvoda i izlaganje donje strane otopini filma. Ukoliko je cilj smanjiti vlagu unutar proizvoda koristi se postupak premazivanja koji uključuje razmazivanje otopine za formiranje filma pomoću kista ili valjka na proizvod. Kod proizvodnje veće količine filmova zbog cijene i učinkovitosti bira se postupak ekstruzije. Daje joj se prednost pred postupkom lijevanja u industrijskoj proizvodnji jer ne zahtjeva dodatak otapala i potrebno vrijeme za isparavanje (Dhanapal i sur., 2012). Kao najpraktičnija metoda za laboratorijsku izradu je ona lijevanja, a uključuje sljedeće korake:

- I. otapanje biopolimera,
- II. lijevanje otopine u kalup,
- III. sušenje lijevane otopine.

Formiranje jestivog filma započinje odabirom polimera ili polimerne smjese koja tvori osnovni film. Odabrani polimer je otopljen u prikladnom otapalu. U procesu lijevanja, dobivena otopina ulijeva se u unaprijed definirani kalup kao npr. Petrijeva zdjelica (slika 1.)



Slika 2. Laboratorijski postupak lijevanja filma (Suhag i dr. 2020)

Postupak sušenja osigurava dovoljno vremena za isparavanje otapala kojeg stvara polimerni film koji prijanja na kalup. Mogu se koristiti mikrovalna pećnica, vakumska sušilica, sušionik ili standardno sušenje na zraku. Glavna prednost metode lijevanja filma je jednostavnost izrade bez upotrebe specijalizirane opreme uz nisku cijenu. Razlozi su upotrebu ove metode mogu biti vrhunska optička čistoća, izvanredna prozirnost i ravnoća.

Ključni nedostaci metode lijevanja su:

- ograničavanje oblika,
- potencijalno primanje toksičnog otapala unutar polimera,
- denaturacija proteina i drugih molekula (Suhag i sur., 2020)

2.5. SVOJSTVA JESTIVIH FILMOVA NA BAZI PROTEINA

Kazein je jedan od dva glavna proteina mlijeku, karakterizira ga topljivost u vodi, a sposobnost emulgiranja čini ga odličnim odabirom za izradu jestivih filmova. Takvi filmovi stabilni su neovisno o pH, temperaturi ili količini soli a također su netoksični te najvažnije biorazgradivi. Sadrži polarne aminokiseline što mu daje dobru barijeru prema kisiku, no zbog ranije navedene topivosti u vodi, njegovi filmovi osjetljivi su vlagu odnosno slaba su prepreka za vodenu paru. Povećanjem debljine kazeinskog filma ili dodatkom pčelinjeg voska može se smanjiti propusnost vodene pare. Želimo li poboljšati njegova mehanička svojstva postoji opcija dodavanja tungovog ulja koje povećava vlačnu čvrstoću i Youngov modul, ali ima negativan utjecaj na optička svojstva samog filma. Ukoliko su prioritet dobra optička svojstva, najbolja je opcija jestivi film od čistog kazeina (Coltelli i sur., 2015).

Dobivanje jestivog filma na bazi proteina sirutke uključuje denaturaciju proteina u vodenoj otopini, ali takav film je sklon pucanju. Proteini sirutke su termolabilni proteini te utjecaj topline smanjuje njihovu stabilnost sljedećim redoslijedom: α -La > β -Lg > BSA > Ig

Denaturacija započinje na 65°C a već nakon 5 minuta zagrijavanja proteini sirutke su potpuno denaturirani na 90°C (Jovanović, 2005). Topljivost proteina povezana je sa izoelektričnom točkom te filmovi nastali blizu njene vrijednosti iskazuju bolju teksturu i čvrstoću. Kao krajnji produkt dobije se proziran, fleksibilan, jestiv i bezbojan film bez mirisa sa izvrsnim barijernim svojstvima na kisik i aromu zbog visokog sadržaja unutar molekulskih vodikovih veza. Hidrofilni karakter čini filmove na bazi sirutke slabim barijerama za vlagu što se može promijeniti dodatkom lipida odnosno triglicerida u svrhu povećanja hidrofobnosti (Chen i sur., 2019).

Proteini bjelanjka nisu često zastupljena opcija za izradu jestivih filmova, no mogu postati zbog lake dostupnosti i niske cijene. Nanose se direktno na proizvod što im daje prednost prilagođavanja različitim oblicima i površinama. Najčešće se dobivaju ekstruzijom ili lijevanjem otopine a kao nedostatak mogu se istaknuti nepoželjna senzorska svojstva (gorak okus). Priprema uključuje denaturaciju proteina podešavanjem pH na 10,5-11,5 te zagrijavanje na 40°C unutar 30 minuta kojih se stvaraju S-S veze te daju filmu rastezljivost. Zbog hidrofilne prirode filmovi od bjelanjka skloni su propuštanju vodene pare, dok se propusnost kisika povećava vlažnošću zraka. Za unaprjeđenje vlačne čvrstoće može se dodati dialdehidni škrob, ali on uzrokuje žutost filma (Gennadios, 2002).

Kolagenski filmovi mogu se okarakterizirati kao komercijalno najuspješniji nudeći kompatibilnost, netoksičnost te dobra strukturna, imunološka i fizikalna svojstva.

Navedeno dakako vrijedi i za želatinu budući da nastaje iz kolagena. Dostupnost, niska cijena i biorazgradivost svakako joj daju na značenju (Mohanty, 2020). Smatra se konkurentnim alternativnim biopolimerom na tržištu jer je direktno povezana s novim tehnološkim dostignućima u svrhu poboljšanja funkcionalnih svojstva.

Jestivi želatinski film se sastoji od :

- 20-30% želatine
- 10-30% plastifikatora
- 40-70% otapalo (voda) (Wittaya, 2012)

Želatinski jestivi filmovi dobivaju se ekstruzijom i hladnim (spiralna struktura) ili vrućim (zavojnica) lijevanjem. Debljina lijevanih filmova je tanja pa je samim time i vlačna čvrstoća veća, ali rastezljivost je zato bolja kod onih dobivenih ekstruzijom (Chen i sur., 2019). Sve se više nameće i riblja želatina u odnosu na govedu, između ostalog iz vjerskih razloga, ali i daje bolju iskoristivost kao nusproizvod. Nadalje, riblji želatinski jestivi film odlikuje se antioksidativnim djelovanjem, mehaničkom otpornošću te otpornošću prema vodi. Nedostatak joj predstavljaju reološka svojstva, manje su stabilna nego primjerice kod želatine iz mesnih sirovina. Općenito, na svojstva joj utječu obilježja početnog kolagena i postupak ekstrakcije (Ramos i sur., 2016). Filmovi su prozirni te nepropusni za kisik. Dodatkom esencijalnog ulja citrusa poboljšavaju se antimikrobna i antioksidativna svojstva.

Commented [J1]: nedovršena rečenica ili???

Jestivi filmovi na bazi zeina opisani su kao ljepljivi, sjajni, žilavi i masni. Proces formiranja filma olakšan je upotrebom oleinske kiseline, ali ne preporuča se postupak lijevanja jer uzrokuju krutost i lomljivost. Ako su prioritet izvrsna optička svojstva izbor plastifikatora pada na glicerol jer su takvi filmovi glatki i posjeduju nisku hrapavost (Coltelli i sur., 2015). S druge strane od velike koristi u izboru plastifikatora za zein može biti i sorbitol koji značajno utječe na smanjenje propusnosti kisika i dovodi do veće vlačne čvrstoće. Zein se odlikuje netopljivošću u vodi jer sadrži nepolarne aminokiseline koje stvaraju dobru barijeru prema vodenoj pari dok umjerenu barijeru pokazuje prema kisiku i mehaničkim svojstvima (Chen i sur., 2019). Budući da je sadržaj vlage u zrnu kukuruza nizak, temperatura denaturacije u vlažnim uvjetima može biti i niža.

Kohezivnost i dobra tekstura samo su neki od opisa filmova na bazi soje. Kao konačan produkt daju elastični, glatki, bistri i prozirni film. Dosta je pažnje posvećeno plastifikatorima, glicerolu i sorbitolu. Najčešće se kombiniraju jer sorbitol je dobra barijera za vodenu paru dok 50% glicerola osigurava povećanje vlačne čvrstoće i fleksibilnosti (Coltelli i sur., 2015). Obično su kiseli filmovi propusniji prema pari od alkalnih. Ukoliko su obrađeni formaldehidom pokazuju veću propusnost na kisik a manju na paru. Postoji opcija dodatka natrijevog dodecil sulfata, karboksimetil celuloze i cisteina u svrhu poboljšanja mehaničkih i barijernih svojstava (Chen i sur., 2019). Jestivi film na bazi soje u potpunosti je razgrađen nakon 2-4 tjedna.

Glutenski jestivi filmovi izuzetno su elastični i kohezivni te dobro prijanjaju na različite podloge. Površina im je sjajna i glatka, ali imaju ograničena mehanička i barijerna svojstva. Selektivna su barijera za kisik i CO₂ a niska za vodenu paru. Filmovi od glutenina imaju veći

afinitet propuštanja pare za razliku onih od glijadina. Dodatkom nepolarne hidrofobne tvari poput mineralnog ulja propusnost vodene pare može se smanjiti za 25% (Chen i sur., 2019). Obavezan je dodatak plastifikatora, po mogućnosti onih manje hlapljivih u svrhu poboljšanja mehaničkih svojstava. Vlačna čvrstoća može se povećati natrijevim sulfitom. Brzo se biorazgrađuju gubeći 50% težine unutar 10 dana, a nakon 3 tjedna u potpunosti se raspadaju (Coltelli i sur., 2015).

3. RASPRAVA

3.1. PRIMJENA PROTEINSKIH FILMOVA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

Jestivi filmovi nalaze sve veću primjenu u raznim industrijama poput one farmaceutske i poljoprivredne. Za primjenu u prehrambenoj industriji moraju ispuniti nekoliko osnovnih zahtjeva:

1. Prihvatljivost za upotrebu pri kontaktu s prehrambenim proizvodom
2. Nedostatak okusa i mirisa
3. Dobra mehanička svojstva
4. Osiguranje biološke, kemijske i fizikalne zaštite (Wittaya, 2012.)

Primjena mora biti pažljivo odabrana prema specifičnoj namirnici stoga su proteinski filmovi našli široku primjenu u raznim grupama proizvoda poput mesnih, ribljih, mliječnih i mnogih drugih.

3.1.1. Mesni proizvodi

Vrlo bitna karakteristika za pakiranje mesa je prozirnost filma, upravo jer potrošači povezuju boju mesa sa svježinom. Najširu primjenu zbog odlične prozirnosti filma nalaze dva srodna proteina: želatina i kolagen. Zbog odlične sposobnosti vezivanja kolagen se upotrebljava kao ovitak za kobasice, istiskujući se oko smjese za kobasice izravno na površinu dok se pumpa kroz ekstruder što doprinosi smanjenju raspadanja tokom kuhanja. Prednost tog procesa je bolja kontrola te kontinuitet u odnosu na konvencionalni postupak. Budući da se nalazi u mišićima, koži, kostima i sl. kolagen nalazi primjenu i kod obloga za mrežice od mesa (npr. pršut) gdje postaje sastavni dio proizvoda a mrežica se ne lijepi na površinu. Postoji opcija miješanja sa vodenom smjesom mliječne kiseline te nanošenja na hamburgere. Najpoznatiji komercijalni kolagenski film zove se COFFI® (vidi Sliku 3.). Njegovom primjenom dolazi do značajnog smanjenja vremena kuhanja te poboljšavanja okusa (Mohanty, 2020).



Slika 3. Prikaz kolagenskog filma „COFFI®“ (www.soussana.com)

U svom radu Mihalca i sur., 2021. izvjestili su da se kolagen može uspješno kombinirati sa biopolimerima. Navedenim istraživanjem pripremljen je film, agar-alginat-kolagen s ugrađenim nanočesticama srebra. Rezultati istraživanja pokazali su da otopljeni Ag^+ ioni mogu napadati stanice bakterija jer njihove membrane čini propusnijima te u organizmima potiče pretjerano stvaranje otrovnih spojeva kisika što pruža odlična antimikrobna svojstva prema bakterijama *Listeria Monocytogenes* i *Escherichia Coli*. Postoji opcija kombiniranja sa visoko termostabilnim molekulama kao keratin što doprinosi povećanju toplinske otpornosti.

Cardoso i suradnici (2016) su ispitali utjecaj želatinskih filmova na organoleptička svojstva govedine te utvrdili da su odlični u smanjenju promjene boje jer povećavaju crvenilo proizvoda, a isto želatina pridonosi smanjenju gubitka težine tokom skladištenja zbog visoke površinske napetosti.

Osim uobičajene upotrebe filmova na bazi kolegana i želatine, Dragich i Krochta (2010) su u svom radu uspješno upotrijebili filmove na bazi sirutke kojima su premazivali prženu piletinu. Rezultati istraživanja pokazali su da ne utječe na sadržaj vlage u proizvodu, značajno reducira unos masti radi sadržaja unutarmolekulskih vodikovih veza, ostavljajući teksturu proizvoda nepromijenjenom.

3.1.2. Riba

Budući da se riba svrstava među najkvarljivije proizvode zbog visoke sposobnosti zadržavanja vode i neutralnog pH nužan je oprez u izboru pakiranja zbog zadržavanja parametara kvalitete. Shokri je sa suradnicima (2014) istražio utjecaj filmova proteina sirutke na filete pastrve te se to pokazalo dobrom odlukom zbog laktoperoksidaze, polipeptidnog lanca koji se nalazi u mlijeku, a izvrsno je antimikrobno svojstvo jer ima baktericidni učinak na gram-negativne bakterije te bakteriostatski na gram-pozitivne što usporava kvarenje te produžuje rok trajanja. Socaciu i suradnici (2018) su potvrdili pozitivan utjecaj proteina sirutke za suzbijanje ukupnih mezofilnih i psihotrofnih bakterija. Da su jestivi filmovi sirutke široko primjenjeni kod ribljih proizvoda potvrdili su Rodriguez-Turienzo i suradnici (2011) kada su ispitali i utvrdili pozitivan učinak na smrznuti losos.

Zbog prisutnosti karboksilnih i amino skupina, želatina ima amfoterni karakter što ju čini dobrim izborom za pakiranje ribljih proizvoda. Ozyurt je sa suradnicima (2015) na temelju toga utvrdio da filmovi ekstrahirani iz riblje želatine mogu poboljšati kvalitetu ribljih fileta i morskih plodova tijekom skladištenja. U svrhu poboljšavanja antimikrobnih svojstava želatina se može kombinirati sa kitozonom uz dodatak eteričnog ulja klinčića za smanjenje rasta mikroorganizama za gram-negativne bakterije (filet bakalara).

3.1.3. Voće i povrće

Proteinski filmovi široko su primjenjeni u pakiranju voća i povrća zbog usporavanja procesa razgradnje O₂ i CO₂ radi čvrsto zbijenih vodikovih veza unutar molekule, inhibicije mikroorganizama te veće otpornosti prema fizičkim oštećenjima (udarci i vibracije). Najširu primjenu imaju filmovi mliječnih proteina jer sprječavaju enzimatsko posmeđivanje kroz inhibiciju polifenol-oksidaze. Shendurse je sa suradnicima (2018) istražio ulogu mliječnih proteina za pakiranja ove grupe proizvoda te utvrdio da su odličan izbor zbog sadržaja cisteina koji ima odlično antioksidansko djelovanje a ujedno je i prekursor proizvodnje glutationa koji je zaslužan za sintezu mišića. Posjedovanje amfifatskih svojstava čini gluten dobrim stabilizatorom i emulgatorom uz vrlo dobra optička svojstva daje dobar izbor za pakiranje voća i povrća. Tanada-Palmu i suradnici (2000) izvjestili su da ukoliko su cherry rajčice umočene u otopinu filma pšeničnog glutena, koji ima vrlo dobra optička svojstva (Tablica 5.) i odlično prijanja na različite podloge, poboljšava im se sjaj i tekstura dok one neobložene podložne su smežuranju (zadovoljavajući izgled no mekana unutrašnjost).

Želatinski filmovi zbog odličnih barijernih svojstava sprječavaju gubitak težine usporavajući proces razgradnje plinova tokom transporta, stoga se koriste kod raznog voća i povrća. Zanimljivo istraživanje proveo je Licodiedoff sa suradnicima (2016) gdje su utvrdili da je moguće unaprijediti konzerviranje fizalisa, peruanske jagode vidljive na Slici 4., premazujući je otopinom želatine koju su izabrali radi niskih troškova proizvodnje i kalcijeva klorida.



Slika 4. Prikaz fizalisa (www.poljoprivreda.info)

3.1.4. Mliječni proizvodi

Ambalaža mliječnih proizvoda mora posjedovati nisku propusnost vlage zbog ubrzavanja kvarenja, kisika te svjetlosti zbog gubitka hranjivih sastojaka. Od mliječnih proizvoda najčešće se jestivi filmovi primjenjuju za sir. On zahtjeva izmjenu plinova trošeći O_2 a oslobađajući CO_2 , no ipak pakiranje mora biti nisko propusno za plinove radi sprječavanja rasta mikroorganizama i oksidacije masti (Chen i sur., 2019).

Wagh i suradnici (2014) istražili su utjecaj filmova kazeina te proteina sirutke na cheddar siru te su došli do zaključka da su bolja opcija od polietilena jer sadrže polarne aminokiseline (glutamin, aspargin..) što ih čini nekoliko puta boljom barijerom prema kisiku, usto produžuju rok trajanja a senzorska svojstva ostaju nepromijenjena. Yangilar (2015) je priopćio da filmovi sirutke, zbog već spomenutog sadržaja laktoperoksidaze, sa kitozonom su učinkoviti kod kontrole rasta plijesni na kashar sir.

Tablica 5. Sažeti prikaz svojstava pojedinog proteina za izradu jestivih filmova

| Vrsta proteina | Barijerna svojstva | | Mehanička svojstva | Optička svojstva | Ukupna ocjena |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|------------------|-------------------------|
| | Barijera na vodenu paru | Barijera za plinove | Vlačna čvrstoća | | |
| Kazein | slabo | vrlo dobro | dobro | dobro | dobro |
| Sirutka | slabo | odlično | dobro | vrlo dobro | vrlo dobro |
| Kolagen želatina | Vrlo dobro | Vrlo dobro | Vrlo dobro | dobro | Vrlo dobro |
| Proteini bjelanjka | slabo | dobro | dobro | slabo | Slabo-dobro |
| Soja | Vrlo dobro | slabo | Vrlo dobro | Vrlo dobro | Dobro-vrlo dobro |
| Gluten | slabo | slabo | Vrlo dobro | Vrlo dobro | dobro |
| Zein | Vrlo dobro | dobro | dobro | dobro | dobro |

4. ZAKLJUČCI

- Proteini su odličan izbor za proizvodnju jestivih filmova no njihova svojstva dodatno se poboljšavaju dodatkom lipida.
- Proteini sa najboljim svojstvima najčešće su i korišteni u izradi.
- Većina predstavnika proteina pruža odličnu barijeru prema kisiku što ih čini pogodnima za pakiranje proizvoda s visokim udjelom masti.
- Za veće skupine hrane poput mesa, ribe, voća i povrća najčešće se koriste jestivi filmovi na bazi želatine i proteina sirutke a za manje skupine ostali proteinski filmovi.
- Proteinski filmovi pokazuju odlična optička svojstva.
- Za pakiranje mliječnih proizvoda najbolje su se pokazali upravo mliječni proteinski filmovi od sirutke i kazeina.
- Kolagenski filmovi su komercijalno najuspješniji.

5. LITERATURA

1. Cardoso, G. P., Dutra, M. P., Fontes, P. R., Souza Ramos, A. L., Miranda Gomide, L. A., Ramos, E. M. (2016) Selection of a chitosan gelatin-based edible coating for color preservation of beef in retail display. *Meat Science* **114**, 85–94
2. Chen, H., Wang, J., Cheng, Y., Wang, C., Liu, H., Bian, H., Pan, Y., Sun, J., Han, W. (2019) Application of Protein-Based Films and Coatings for Food Packaging: A review. **11**, 1-32. <https://doi.org/10.3390/polym11122039>
3. Chakravatula, S. S. N., Soccio, M., Lotti, N., Balestra, F., Rosa, M. D., Siracusa, V. (2019) Characterization of Composite Edible Films Based on Pectin/Alginate/Whey Protein Concentrate. **12**, 1-19. <https://doi.org/10.3390/ma12152454>
4. Coltelli, M., B., Wild, F., Bugnicourt, E., Cinelli, P., Lindner, M., Schmid, M., Weckel, V., Muller, K., Rodriguez, P., Staebler, A., Rodriguez-Turienzo, L., Lazzeri, A. (2015) State of the Art in the Development and Properties of Protein-Based Films and Coatings and Their Applicability to Cellulose Based Products: An Extensive Review. *Coatings* **6**, **1**, 1-59. <https://doi.org/10.3390/coatings6010001>
5. Dhapanal, A., Sasikala, P., Rajamani, L., Kavitha, V., Yazhini, G., Shakila Banu, M. (2012) Edible films from Polysaccharides. . *Food Science and Quality Management*. **3**, 9-18.
6. Dragich, A. M., Krochta, J. M. (2010) Whey Protein Solution Coating for Fat-Uptake Reduction in Deep-Fried Chicken Breast Strips. *Journal of Food Science*. **75**, 43-47. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01408.x>
7. Eca, K. S., Sartori, T. (2014) Films and edible coatings containing antioxidants- - a review. *Brazilian Journal of Food Technology*. **17**, 98-112.
8. Elzoghby, A. O., Elgohary, M. M., Kamel, N. M. (2015). Implications of Protein- and Peptide-Based Nanoparticles as Potential Vehicles for Anticancer Drugs. *Protein and Peptide Nanoparticles for Drug Delivery*, 169–221. <https://doi.org/10.1016/bs.apcsb.2014.12.002>
9. Erkmen, O., Barazi, A., O. (2018) General Characteristics of Edible Films. *Journal of Food Biotechnology Research*. **2**, 1-4.
10. Galić, K. (2009) Jestiva ambalaža u prehrambenoj industriji. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*, str. 23-31.
11. Galus, S., Kadzinska, J. (2015) Moisture Sensitivity, Optical, Mechanical and Structural Properties of Whey Protein-Based Edible Films Incorporated with Rapeseed Oil, *Food Technol. Biotechnol.* **54**, 78–89

12. Gennadios, A. (2002) Protein-Based films and coatings
13. Guerin-Dubiard, C., Audic, J., L. (2007) Egg-Protein-Based Films and Coatings. **31**, 266-273
14. Gupta, C., Prakash, D. (2017) Therapeutic Potential of Milk Whey. *Beverages*, **3**, **31**, 1-14.
<https://doi.org/10.3390/beverages3030031>
15. Jovanović, S., Barać, M., Maćej, O. (2005) Whey proteins-Properties and Possibility of Application. *Mljekarstvo*. **55**, 215-233.
16. Khwaldia, K. (2011) Antimicrobial Films and Coatings from Milk Proteins. *Natural Antimicrobials in Food Safety and Quality*. **9**, 114-130.
17. Krochta, J. M. (2002) Proteins as raw materials for films and coatings: Definitions, current status and opportunities. In *Protein-Based Films and Coatings*, 672.
18. Licodiedoff, S., Koslowski, L. A. D., Scartazzini, L., Monteiro, A. R., Ninow, J. L., Borges, C. D. (2016) Conservation of physalis by edible coating of gelatin and calcium chloride. *International Food Research Journal*. **23(4)**: 1629-1634.
19. Lopez, O. V., Zaritzky, N. E., Garcia, M. A. (2010) Novel sources of edible films and coatings
20. Mihalca, V., Kereszi, A. D., Weber, A., Gruber-Traub, C., Schmucker, J., Vodnar, D. C., Dulf, F. V., Socaci, S. A., Farcas, A., Muresan, C. I., Suharoschi, R., Pop, O. L. (2021) Protein-Based Films and Coatings for Food Industry Applications. **13**, 1-23.
<https://doi.org/10.3390/polym13050769>
21. Milani, J., Maleki, G. (2012) Hydrocolloids in Food Industry. U: *Food Industrial Processes Methods and Equipment*, (Valdez B., ured.), InTech, str. 17-38.
22. Mohanty, B. (2020) Functionality of protein-Based edible coating review. *Journal of Entomology and Zoology Studies* **8(4)**: 1432-1440
23. Ozyurt, G. B., Ozkutuk, A. S., Simsek, A., Yesilsu, A. F. (2015) Quality and Shelf Life of Cold and Frozen Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillets: Effects of Fish Protein-Based Biodegradable Coatings. *Int. Journal of Food Properties*. **18**, 1876-1887.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2014.971182>
24. Ramos, M., Valdes, A., Beltran, A., Garrigos, M., C. (2016) Gelatin-Based Films and Coatings for Food Packaging Applications. *Coatings* **6**, **41**, 1-20.
<https://doi.org/10.3390/coatings6040041>
25. Ramos, O. L., Da Silva, S. B., Fernandes, J., Pintado, M. E. (2012) Edible Films and Coatings from Whey Proteins: A Review on Formulation, and on Mechanical and Bioactive Properties. *Food Science and Nutrition*. **52:6**, 533-552. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.500528>

26. Rhim, J. W., Shellhamer, T. H. (2005) Lipid-based edible films and coatings, str. 363-380.
27. Rodriguez-Turienzo, L.; Cobos, A.; Diaz, O. (2012) Effects of edible coatings based on ultrasound-treated whey proteins in quality attributes of frozen Atlantic salmon. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **14**, 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.026>
28. Saha, D., Bhattacharya, S. (2010) Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food. **47(6)**, 587–597.
29. Shendurse, A. M., Gopikrishna, G., Patel, A. C., Pandya, A. J. (2018) Milk protein based edible films and coatings– preparation, properties and food applications. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering.* **8;8(2)**:219–226.
30. Shokri, S., Eshani, A., Jasour, M. S. (2014) Efficacy of Lactoperoxidase System-Whey Protein Coating on Shelf-life Extension of Rainbow Trout Fillets During Cold Storage(4 °C). *Food Bioprocess Technol.* 54-62.
31. Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F., Aguilera, J. M. (2010) Food hydrocolloid edible films and coatings, Nova Science Publishers Inc, New York. str. 41-80.
32. Slavutsky, A. M., Bertuzzi, M. A. (2016) Improvement of water barrier properties of starch films by lipid nanolamination. *Food Packaging and Shelf Life.* **7**, 41-46. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.004>
33. Socaciu, M. I., Semeniuc, C. A., Vodnar, D. C. (2018) Edible Films and Coatings for Fresh Fish Packaging: Focus on Quality Changes and Shelf-life Extension. *Coatings.* **8**, **366**, 1-19. <https://doi.org/10.3390/coatings8100366>
34. Suhag, R., Kumar, N., Petkoska, A. T. (2020) Film formation and deposition methods of edible coating on food products. *Food Research International.* **136**, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>
35. Šuput, D., Popović, S., Lazić, V., Hromiš, N. (2015) Edible films and coatings – sources, properties and application. *Food and Feed Research.* **42**, 11-22.
36. Tanada-Palmu, P., Helen, H., Hyvonen, L. (2000) Preparation, properties and applications of wheat gluten edible films. *Agricultural and food science in Finland.* **9**, 23-35
37. Utami-Hatmi, R., Apriyati, E., Cahyaningrum, N. (2020) Edible coating quality with three types of starch and sorbitol plasticizer. **142**, 1-8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014202003>
38. Viera, M. G. A., Da Silva, M. A., Dos Santos, L. O., Beppu, M. M. (2010) Natural-based plasticizers and biopolymer films. *European Polymer Journal.* **47**, 254-263. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2010.12.011>

39. Wagh, Y. R., Pushpadass, H. A., Emerald, F. M. E., Nath, B. S. (2014) Preparation and characterization of milk protein films and their application for packaging of Cheddar cheese. *Food Sci Technol.* **51**, 3767-3775.
40. Weiss, A. C. S., Ihl, M., Sobral, P., Gomez-Guillen, M. C. (2013) Natural Additives In Bioactive Edible Films And Coatings: Functionality And Applications In Foods. *Food Engineering Reviews.* **5(4)**. <http://dx.doi.org/10.1007/s12393-013-9072-5>
41. Wittaya, T. (2012) Protein-Based Edible Films: Characteristics and Improvement of Properties. *Structure and Function of Food Engineering*, **3**, 44-70.
42. Yangilar, F. (2015) Chitosan/whey Protein (CWP) Edible Films Efficiency for Controlling Mould Growth and on Microbiological, Chemical and Sensory Properties During Storage of Göbek Kashar Cheese. *Korean J Food Sci Anim Resour.* **35 (2)**, 216-224.
43. Zorić, M., Ćorić, N., Jokić, S., Šubarić, D., Lončarić, M. (2017) Prirodni dodaci prehrani kao nositelji nutritivne kvalitete, ljekovitog potencijala i održivosti proizvoda. Funkcionalna hrana i dodaci prehrani. str 75-89.