

Jestivi filmovi i prevlake u produljenju trajnosti proizvoda ribarstva

Bukal, Valentina

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:061021>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-04**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija

Valentina Bukal

6885/ PT

**JESTIVI FILMOVI I PREVLAKE U PRODULJENJU TRAJNOSTI
PROIZVODA RIBARSTVA**

ZAVRŠNI RAD

Predmet: Kemija i tehnologija mesa i ribe

Mentor: Doc. dr. sc. Tibor Janči

Zagreb, 2019.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski sveučilišni studij Prehrambena tehnologija

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za tehnologiju mesa i ribe

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Jestivi filmovi i prevlake u produljenju trajnosti proizvoda ribarstva

Valentina Bukal, 0058205016

Sažetak: Jestivi filmovi i prevlake imaju potencijal za primjenu pri pakiranju proizvoda ribarstva. S obzirom na njihove karakteristike, jestivi filmovi i prevlake djeluju kao barijera za migraciju tvari poput vode, kisika i CO₂ te mikroorganizama između proizvoda i okoline. Uz navedeno, u sastav jestivih filmova i prevlaka moguće je dodati i različite funkcionalne sastojke čime se postiže produljena trajnost, poboljšanje tehnoloških i organoleptičkih svojstava gotovog proizvoda. S ekološkog aspekta, primjena jestivih filmova i prevlaka prihvatljiva je i poželjna budući da se njihovom primjenom smanjuje upotreba sintetičkih ambalažnih materijala koji su jedan od vodećih uzroka onečišćenja okoliša. S obzirom da se sirovine za izradu jestivih filmova i prevlaka mogu dobiti preradom biootpada iz različitih industrija, njihova primjena uklapa se u koncept održivog razvoja koji teži odgovornom i racionalnom iskorištavanju prirodnih resursa.

Ključne riječi: biootpad, jestivi filmovi i prevlake, kitozan, ribarstvo, želatina

Rad sadrži: 25 stranica, 4 slika, 5 tablica, 35 literaturnih navoda

Jezik izvornosti: hrvatski

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

Mentor: Doc. dr. sc. Tibor Janči

Datum obrane: 9. rujna 2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

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

Department of Food Engineering
Laboratory for Meat and Fish Technology

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Food Technology

Edible films and coatings in seafood preservation

Valentina Bukal, 0058205016

Abstract: Edible films and coatings have the potential of being used in seafood packaging industry. Given their characteristics, edible films and coatings act as a barrier between the product and different substances from the environment such as water, oxygen, CO₂ or different microorganisms. In addition, it is possible to add various functional ingredients to edible films and coatings in order to prolong durability or improve technological and organoleptic properties of the final product. From an environmental point of view, the use of edible films and coatings is not only acceptable but also desirable because their use reduces the use of synthetic packaging materials which are one of the leading causes of environmental pollution. Considering the fact that the raw materials used for the production of the edible films and coatings can be obtained by processing bio-waste from different industries, their applications fits into the concept of sustainable development which seeks to use natural resources responsibly and rationally.

Key words: bio-waste, edible films and coatings, chitosan, fishing, gelatin

Thesis contains: 25 pages, 4 figures, 5 tables, 35 references

Original in: Croatian

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

Mentor: Assistant Professor, PhD, Tibor Janči

Defence date: 9th September 2019.

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. DEINICIJA I PRIMJENA JESTIVIH FILMOVA I PREVLAKA	2
2.1 Definicija jestivih filmova	2
2.2 Primjena jestivih filmova	3
2.3 Svojstva jestivih filmova i prevlaka	5
3. MATERIJALI ZA IZRADU JESTIVIH FILMOVA I PREVLAKE U PROIZVODIMA RIBARSTVA ...	6
3.1 Polisaharidi	6
3.1.1 Kitozan	7
3.1.2 Alginat	7
3.1.3. Škrob.....	8
3.1.4 Karagenan.....	8
3.2 Proteini	9
3.3 Lipidi	11
3.4 Kompoziti.....	11
4. FUNKCIONALNI ADITIVI U JESTIVIM FILMOVIMA I PREVLAKAMA	12
4.1 Antimikrobni filmovi i prevlake	12
4.2 Organske kiseline	13
4.3 Eterična ulja	13
5. PLASTIFIKATORI	14
6. SLOŽENI FILMOVI	14
7. SVOJSTVA JESTIVIH FILMOVA I PREVLAKA	14
7.1 Mehanička svojstva	14
7.2 Barijerna svojstva	15
7.3 Optička svojstva	15
8. OBLIKOVANJE FILMOVA.....	15
9. TEHNOLOGIJA JESTIVIH FILMOVA I PREVLAKA	16
10. ZAKONODAVSTVO	16
11. PROMJENA KVALITETE I TRAJNOSTI SVJEŽE RIBE I RIBLJIH PROIZVODA	17
11.1 Oksidacija masti.....	17
11.2 Oksidacija proteina.....	18
11.3 Dehidracija tijekom skladištenja u zamrznutom stanju.....	18
12. PRIMJENA BIO OTPADA ZA AKTIVNO PAKIRANJE PROIZVODA RIBARSTVA	19
12.1 Svojstva jestivih filmova i premaza na bazi riblje želatine i kitozana	19
12.2 Osjetljivost i pojava alergijskih reakcija na proizvode ribarstva	20
12.3 Ekološke prednosti	20
13. ZAKLJUČAK	21
14. LITERATURA	22

1.UVOD

Ukupna svjetska proizvodnja plastičnih masa u konstantnom je porastu pri čemu se značajne količine plastike upotrebljavaju kao jednokratna ambalaža za različite proizvode. S obzirom na relativno male količine plastičnog otpada koji se reciklira, upotreba plastike predstavlja ozbiljan ekološki problem. Brojna znanstvena istraživanja usmjerena su na pronalazak alternative upotrebi plastične ambalaže pri čemu jestivi filmovi i prevlake imaju značajan potencijal za upotrebu u prehrambenoj industriji. Njihova upotreba pruža brojne prednosti u odnosu na plastičnu ambalažu, koje uključuju biorazgradivost, mogućnost konzumacije čime se izravno smanjuje količina otpadnog materijala te njihova antimikrobna, funkcionalna i tehnološka svojstva. S obzirom na navedeno, jestivi filmovi i prevlake potencijalni su predstavnici sljedeće generacije ambalažnih materijala za primjenu u prehrambenoj industriji. Iako nutritivno vrlo vrijedni, proizvodi ribarstva spadaju u grupu lako kvarljivih namirnica, imaju vrlo kratak rok trajanja te su čest uzrok trovanja hranom. Tijekom skladištenja proizvoda ribarstva dolazi do promjena u kvaliteti koje su prvenstveno rezultat aktivnosti mikroorganizama, endogenih enzima, fizikalnih procesa te različitih kemijskih reakcija. Primjenom jestivih filmova i prevlaka moguće je usporiti mikrobiološko kvarenje proizvoda ribarstva te različite fizikalne i kemijske procese poput dehidracije i oksidacije čime se poboljšava kvaliteta te produljuje rok trajanja svježih i zamrznutih proizvoda ribarstva.

2. Definicija i primjena jestivih filmova i prevlaka

2.1. Definicija jestivih filmova

Jestivi zaštitni film je tanak sloj materijala koji se može konzumirati, a osigurava barijeru prema plinovima i vodenoj pari. Jestivi film u potpunosti može prekriti proizvod ili se može nalaziti kao sloj između komponenti hrane. Materijali za izradu filmova moraju imati dobra mehanička svojstva, posebice elastičnost, organoleptička i zaštitna svojstva, a primarno moraju biti dozvoljeni za ljudsku upotrebu. Da bi se poboljšala svojstva materijala, dodaju se sredstva poput plastifikatora, arome, antimikrobne tvari ili antioksidanasa (Galić, 2009).

Tablica 1. Razlike i svojstva jestivog filma i premaza (Kurek M.)

	JESTIVI FILM	PREMAZ
Debljina	25-30 μm	nm- μm
Primjena	Omot za hranu, ili za izradu jestivih vrećica ili posudica	Kao premaz na vanjskoj strani proizvoda
Apliciranje	Samostojeći film koji se može staviti na namirnicu ili koristiti kao međusloj u dvokomponentnim sustavima	Potapanje, prskanje, četkanje
Ostalo	Mogu se kombinirati više tipova u složeni višeslojni film	Višekomponentni sustavi

2.2. Primjena jestivih filmova

Primjena jestivih filmova prikazana je u tablici 2.

Tablica 2. Primjena jestivih filmova (Galić, 2009).

Svrha	Željene kvalitete	Primjena
Zaštita od vlage i kisika	Dobra svojstva prevlačenja, niska propusnost na vodenu paru i kisik (mogući dodatak antioksidansa)	Svježa riba, sir, meso, mesni proizvodi; hrana srednjeg sadržaja vlage; suha hrana, orasi, suhi pekarski proizvodi; snack-hrana (grickalice)
Usporavanje mikrobnog kvarenja izvana	Dodatak antimikrobnih agensa	Hrana srednjeg sadržaja vlage
Kontrola ravnotežne vlage unutar heterogenih proizvoda	Dobra barijerna svojstva na vodu	Heterogeni proizvodi (pite, pizze, kolači), sendviči, heterogeni smrznuti proizvodi
Kontrola migracije otopine, boja, arome unutar heterogenih proizvoda	Dobra barijerna svojstva na vodu i otapala	Heterogeni proizvodi (pite, pizze, kolači), sendviči, heterogeni smrznuti proizvodi
Sprječavanje penetracije salamure u hranu	Dobra barijerna svojstva na vodu i otopljenu tvar	Proizvodi ribarstva zamrznuti potapanjem u salamuru
Poboljšanje mehaničkih svojstva tijekom rukovanja	Dobra adhezivna i kohezivna svojstva	Kikiriki, škampe, rakovi, snack-hrana i dr.
Osiguranje strukturalnog integriteta; pojačanje strukture hrane	Dobra adhezivna i kohezivna svojstva	Restrukturirani mesni i riblji proizvodi, mehanički otkošteno meso; liofilizirane porcije hrane ili porcije suhe hrane
Osiguranje adhezivnosti smjese	Dobra adhezivnost	Panirana hrana, smrznuta hrana (riblji fileti, hamburgeri, narezani luk

za paniranje tijekom prženja		i dr.)
Sprečavanje migracije vlage pri nanošenju prevlake maslaca i krušnih mrvica u procesu paniranja	Dobra adhezivnost i niska propusnost za vodu	Panirana hrana, smrznuta hrana (riblji fileti, hamburgeri, narezani luk i dr.)
Zaštita većeg broja manjih komada hrane (pakiranih u vrećice ili šalice)	Niska propusnost vode; ne smije biti ljepljiv	Sir, procesirane kockice sira, voće srednjeg sadržaja vlage; smrznuta hrana; sladoled; proizvodi veličine jednog zalogaja
Osiguranje neljepljive i nemasne površine	Ne smije biti ljepljiv	Kockice sira, suho voće. Konditorski proizvodi, snack- proizvodi, smrznuti proizvodi (da bi se eliminirala upotreba masnog papira između hamburgera)
Poboljšanje izgleda površine hrane	Glatka, sjajna, slatkasta površina	Pekarski proizvodi (šećerna i druge glazure); slastice, orasi, voće srednjeg sadržaja vlage, snack-hrana
Pojačanje boje, arome i okusa hrane (dekorativni efekt)	Dodatak bojila, arome, začina	Različita hrana
Da sadržavaju prethodno odmjerene porcije koje se otapaju u vodi ili toploj hrani	Sposobnost stvaranja kapsula topljivih u vodi	Dehidrirane juhe, instant čajevi ili kava, praškasti napitci, začini, zaslađivači

Primjena jestivih filmova ograničena je na proizvode s niskim ili srednjim udjelom vlage, te na smrznute proizvode. Generalno, može se reći da su jestivi filmovi i prevlake osjetljivi na

dodir vlažnih ruku i na promjene okolišnih uvjeta, a posebice promjenu relativne vlage u zraku (Galić, 2009).

2.3. Svojstva jestivih filmova i prevlaka

Zahvaljujući svojim karakteristikama, jestivi filmovi i prevlake mogu imkati više funkcija od običnog pakiranja:

- **Antimikrobna svojstva:** štite od kontaminacije i rasta mikroorganizama
- **Bioaktivna svojstva:** funkcionalna i antioksidativna svojstva
- **Produljenje trajnosti:** sprječava gubitak vlage i oksidacije
- **Poboljšanje tehnoloških karakteristika:** poboljšanje topivosti
- **Održivost:** bio-jestivi materijali, biorazgradiva pakiranja, upotreba nusprodukata
- **Zaštita:** svjetlo, pH, vodena para i plinovi

3. Materijali za izradu jestivih filmova i prevlake u proizvodima ribarstva

Jestivi filmovi i prevlake obzirom na vrstu materijala od kojih su napravljeni dijele se na: *lipidi* (masne kiseline i voskovi), *hidrokoloide* koji uključuju polisaharide i proteine i *kompoziti* (kombinacija hidrokoloida i lipida) (Skurtys i sur.,2010).

Materijali za izradu jestivih filmova i prevlaka prikazani su u tablici 3.

Tablica 3. Materijali za izradu jestivih filmova i prevlaka (Galić, 2009).

Funkcionalni sastav	Materijali	
Materijali za izradu filmova	Proteini	Kolagen, želatina, kazein, protein sirutke, zein, pšenični gluten, proteini bjelanjaka
	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), acetoglicerdi
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)

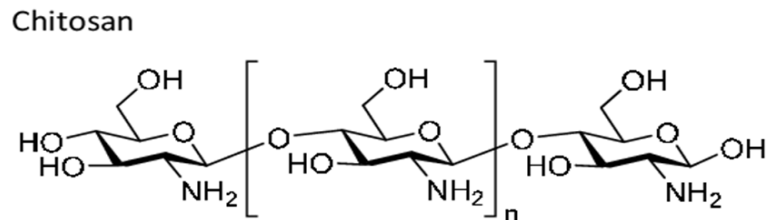
*CMC- karboksimetil celuloza, MC- metil-celuloza, HPC- hidroksipropil celuloza, HPMC- hidroksipropilmetil-celuloza

3.1. Polisaharidi

Polisaharidi poput, škroba, pektina, derivata celuloze, alginata i agra, karagenana i kitozana sirovina su za pripremu polisaharidnih jestivih filmova i prevlaka. (Cazon i sur., 2017). Materijali za pakiranje polisaharidnih filmova i prevlaka trebaju imati nisu cijenu, funkcionalna i specifična svojstva. Zbog svoje visoke hidrofilitnosti, polisaharidi predstavljaju vrlo slabu barijeru za vlagu, no zbog svoje selektivne propusnosti za O₂ i CO₂ mogu smanjiti oksidaciju lipida (Dehghani i sur., 2018).

3.1.1. Kitozan

Hitin je drugi najzastupljeniji polisaharid nakon celuloze. Pronađen je u egzoskeletu rakova i drugih insekata, te kao takav je dostupan iz obnovljivih izvora, primarno iz industrije prerade rakova. Kitozan se dobiva deacetilacijom hitina uz dodatak lužine. Netoksičan je, biorazgradiv, biofunktionalan i biokompatibilan. Privukao je pozornost kao potencijalni konzervans zbog svoje antimikrobne aktivnosti protiv širokog raspona kvasaca, gljivica i bakterija (Cazon i sur., 2017).



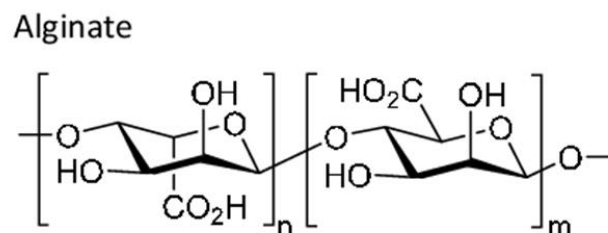
Slika 1. Kemijska struktura kitozana (Murray i sur., 2000).

3.1.2 Alginat

Alginat je polisaharid koji se ekstrahira iz smeđih morskih algi (*Phaeophyceae*), a najčešće se nalazi u obliku soli alginske kiseline. Alginska kiselina je polimer β -D-manuronske kiseline i α -L-guluronske kiseline. Zbog hidrofilne prirode, alginatni filmovi i prevlake ne predstavljaju dobru barijeru za zaštitu od vlage i vode, međutim njihova higroskopnost usporava dehidraciju hrane na koju se nanosi.

Dodatkom kalcija u otopinu alginata poboljšavaju se mehanička svojstva zbog toga što alginat zbog anionske strukture formira gel u prisutnosti kationa (Cazon i sur., 2017).

Održivost brzo smrznute ribe može se produžiti ukoliko se proizvod zaštiti filmom kalcijeva alginata. Oblikovanje filma provodi se potapanjem ribe prije smrzavanja u otopinu natrijeva alginata, zatim u otopinu kalcijeva klorida. Time prevlaka postaje čvrsta, stabilna na promjenu temperature, sprječava prodor kisika i razvoj oksidativne užeglosti (Galić, 2009).



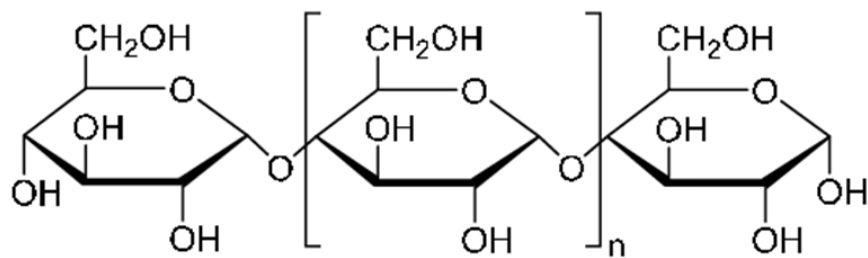
Slika 2. Kemijska struktura alginata (Murray i sur., 2000).

3.1.3 Škrob

Škrob je polisaharid izgrađen od amiloze i amilopektina izoliran iz kukuruza, pšenice, riže, tapioke ili krumpira.

Jestivi filmovi i prevlake na bazi škroba imaju svojstva slična plastičnim folijama kao što su polupropusnost za CO₂ te otpornost na prolaz O₂ (Janes i sur., 2012).

Starch

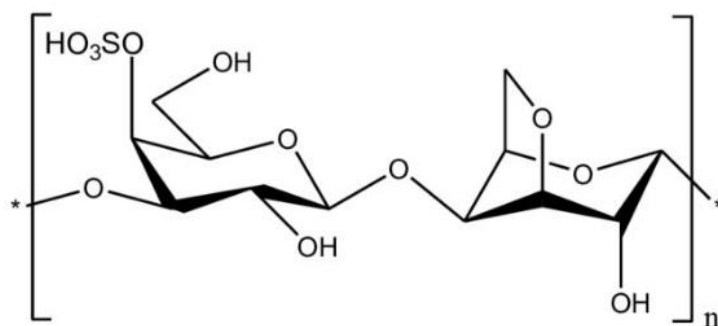


Slika 3. Kemijska struktura škroba (Murray i sur., 2000).

3.1.4. Karagenan

Karagenan je zajednički naziv za polisaharide ekstrahirane iz crvenih morskih algi obitelji *Rhodophyceae*.

Jestivi filmovi i prevlake od karagenana primjenjuju se kod svježih i zamrznutih riba i škampa u cilju sprječavanja površinske dehidracije (Janes i sur., 2012).



Slika 4. Kemijska struktura karagenana (Murray i sur., 2000).

3.2. Proteini

Filmovi i prevlake iz različitih izvora proteina kao što su: kukuruz, mlijeko, soja, bjelanjak jajeta, pšenica, sirutka koriste se dugi niz godina. Njihova glavna prednost je fizička stabilnost. Posebno su važni proteini dobiveni kao nusproizvod različitih prehrambenih industrija. (Embuscado i Huber, 2009). Jestivi filmovi i prevlake na bazi proteina dobro prijanjaju na hidrofilne površine, osiguravaju barijeru za CO₂ i O₂ ali pružaju slabu zaštitu od prodora vode (Cutter, 2006).

Dehghani i sur. (2018) usporedili su utjecaj proteinskih filmova i prevlaka u cilju produljenja trajnosti proizvoda ribarstva.

Jestivi filmovi i prevlake proizvedeni iz proteinskih izvora (proteinski izolat soje, koncentrat proteina sirutke, proteini izolirani iz bjelanjka, pšenični gluten, protein kukuruza, želatina, kolagen) korišteni su u poboljšanju kvalitete dimljene kalifornijske pastrve. Na temelju senzorskih i mikrobioloških analiza, ustanovljeno je produljenje roka trajnosti ribe za 2-3 tjedna.

Prevlake od zeina (proteinska frakcija kukuruza topiva u alkoholu) korištene su za očuvanje ribljih kuglica, proizvoda na bazi surimija koji sadrži značajne količine lipida. Time se smanjilo mikrobiološko kvarenje, te su riblje kuglice znatno manje gubile na masi.

Primjenom prevlake od izolata sirutke kod zamrznutih fileta lososa znatno je usporena oksidacija lipida.

U tablici 4. prikazan je pregled znanstvenih istraživanja te rezultati na temu proteinskih jestivih filmova i premaza.

Tablica 4. Pregled rezultata znanstvenih istraživanja proteinskih jestivih filmova i premaza (Dehghani i sur., 2018)

Rezultat	Vrsta proteina	Referenca
<p>Kontaminacija bakterijama <i>E. Colli</i>, <i>Pseudomonas</i> i <i>Colioform</i> bila je negativna tijekom 6 mj na -18 °C. Vrijednost peroksida, slobodne masne kiseline, TVN i pH bile su niže u ispitivanim uzorcima. Okus, miris, boja, opća prihvatljivost imali su bolju kvalitetu u testnim uzorcima.</p>	Protein sirutke	Motalibi i Seyfzadeh 2012.
<p>Nanošenjem proteinskog premaza nakon zamrzavanja povećao se prinos odmrzavanja, smanjio gubitak vode, izmijenio parametre boje smznutih i otopljenih fileta atlantskog lososa. Proteinske prevlake također odgađaju lipidnu oksidaciju.</p>		Rodriguez-Turienzo i sur., 2011.
<p>U uzorcima obloženim proteinskim premazom smanjio se ukupan broj bakterija <i>Staphylococcus</i> tijekom smrznutog skladištenja do 6 mj. Vrijednost slobodnih masnih kiselina, peroksida, TBARS, TVN i pH bile su niže u ispitivanim uzorcima.</p>		Seyfzadeh i sur., 2013.
<p>Fileti ribe obloženi želatinom s inkorporiranim uljem limunske trave, pokazivali su usporeni rast različitih bakterija i mikroorganizama tijekom skladištenja od 12 dana. Također, smanjena je promjena boje, TVBN (ukupan hlapivi bazni dušik) i K-vrijednost.</p>	Želatina	Ahmad i sur., 2012.
<p>Jestivi filmovi na bazi želatine s biljnim ekstraktima smanjuju oksidaciju lipida hladno dimljene sardine, a u manjoj mjeri smanjuju rast mikroba.</p>		Gómez-Estaca i sur., 2007.

Jestivi filmovi na bazi kitozan-želatina smanjuju ukupan broj mikroba i bakterije koje reduciraju sulfide.		
Ugradnjom ulja origana u jestivi film na bazi želatine inhibirao se rast <i>E. Coli</i> i <i>S. Typhimurium</i> .		Min i Oh, 2009.
Nakon 7 dana skladištenja u hladnjaku, fileti tilapije obloženi želatinom nisu pokazivali značajnu senzorsku razliku.		Ou i sur., 2002.

3.3. Lipidi

Za izradu jestivih filmova i prevlaka mogu se koristiti lipidi. Lipidi su hidrofobne molekule, te kao takve imaju veliki učinak na sprječavanje migracije vode. Za razliku od polisaharida i proteina lipidi ne mogu tvoriti kohezivne filmove te se zbog toga koriste kao sastavni dijelovi biopolimernih filmova.

Voskovi su esteri dugolančanih alifatskih kiselina. Zbog malog sadržaja polarnih skupina otporniji su na migraciju vode u odnosu na druge materijale jestivih filmova i prevlaka (Cordeiro de Azeredo, 2012).

Ugradnja lipida u jestive filmove i prevlake može poboljšati kohezivnost, hidrofobnost i fleksibilnost stvarajući bolju barijeru od vlage. To može pomoći produljiti svježinu, aromu, boju, mekoću i mikrobiološku stabilnost svježih i prerađenih morskih plodova (Chamanara i sur., 2012).

3.4. Kompoziti

Kompozitni filmovi se oblikuju tako da se iskoriste pozitivne karakteristike hidrokolojne i lipidne komponente. Na taj način nastaju poželjne strukture filma za specifične primjene.

Kompozitni film može postojati kao dvosloj, u kojem je jedan sloj hidrokolojd, a drugi lipid, ili kao konglomerat gdje su lipidne i hidrokolojne komponente prožete kroz film (Janes i sur., 2012).

4. Funkcionalni aditivi u jestivim filmovima i prevlakama

Aditivi se koriste u izradi jestivih filmova i prevlaka s ciljem poboljšanja zaštitnih, nutritivnih i organoleptičkih svojstava. Dodatkom antimikrobnih agensa, poput organskih kiselina i antioksidansa mogu se poboljšati zaštitna svojstva. Upotrebom vanjskog sloja prevlake s visokom koncentracijom antimikotičkih ili antimikrobnih agensa može se održati izvorni integritet hrane, ili kao druga opcija, moguće je koristiti manje količine aditiva u samoj hrani (Galić, 2009).

Postoji nekoliko kategorija aktivnih spojeva koji se mogu potencijalno ugraditi u jestive filmove i prevlake: organske kiseline, masne kiseline i esteri, biljna eterična ulja (cimet, origano), probiotičke bakterije, bakteriocini (Dehghani i sur, 2018).

Tablica 5. Sastav filmova koji sadrže antimikrobna ili antioksidativna sredstva (Galić, 2009).

Komponente	Udio u suhoj osnovi % (w/w)	Napomena
Kazein	60	Denaturacija kazeinskog filma postiže se pulverizacijom otopine mliječne kiseline 30% (w/w)
Glicerol	39.10	
Sorbinska kiselina	0.90	
Kazein	55	Denaturacija želatinoznog filma postiže se pulverizacijom otopine taninske kiseline 30% (w/w)
Glicerol	39	
Tokoferol ili askorbil	6	
Palmitat	75	
Želatina		
Glicerol	24.4	Denaturacija želatinoznog filma postiže se pulverizacijom otopine taninske kiseline 30% (w/w)
Sorbinska kiselina	0.60	
Želatina	76	
Glicerol	19	Denaturacija želatinoznog filma postiže se pulverizacijom otopine taninske kiseline 30% (w/w)
Tokoferol ili askorbil	5	
Palmitat		

4.1. Antimikrobni filmovi i prevlake

Antimikrobni filmovi i prevlake upotrebljavaju se kao dodatna barijera za sprječavanje onečišćenja na površinama hrane tijekom obrade (Campos i sur., 2016).

Guo i sur. (2013) proučavali su mikrobiološku sigurnost i kvaliteta svježe zamrznutih škampa. Naime, obrada nakon ulova škampa vrlo je naporna i često se radi ručno, što može

izazvati kontaminaciju s ljudskim patogenim mikroorganizmom, *L.innocua*. Korišteni su antimikrobni filmovi, te se na taj način reducirao broj *L.innocua*.

Eterična ulja su antimikrobna sredstva izolirana iz biljaka. Ulja koja sadrže aktivne komponente, fenole pokazala su najveću aktivnost protiv svih vrsta mikroorganizama.

4.2. Organske kiseline

Antimikrobni učinak organskih kiselina ovisi o koncentraciji nedisociranog oblika što uzrokuje promjene u propusnosti membrane (Dehghani i sur., 2018).

Jiang i sur. (2011). proučavali su učinkovitost jestivih filmova na bazi kitozana koji sadrži natrijev laktat, natrijev diacetat i kalijev sorbat na hladno dimljenom lososu za vrijeme skladištenja. Ustanovljeno je da jestivi filmovi i prevlake na bazi kitozana s dodanim organskim kiselinama reduciraju broj bakterija *L. monocytogenes*.

4.3. Eterična ulja

Eterična ulja ekstrahirana iz biljaka sadrže hlapive komponente koje imaju antimikrobna i antioksidacijska svojstva te kao takva produljuju stabilnost hrane tijekom skladištenja inhibirajući rast patogenih organizama, te štite od oksidacije (Ribeiro-Santos i sur., 2017).

Ahmad i sur. (2012) istraživali su mikrobiološke, fizikalne i kemijske promjene na filetiranoj ribi koja je bila presvučena želatinoznim filmom s eteričnim uljem limunske trave. Dobiveni rezultati pokazali su da je usporen rast bakterija i kvarenja mikroorganizmima na ribljim filetima u odnosu na želatinozni omotač bez eteričnog ulja limunske trave. Shodno tome, ugradnjom eteričnog ulja u želatinozni film povećavaju se antimikrobna i antioksidativna svojstva filma i na taj način produljuje vijek trajanja i kvaliteta ribe.

5. Plastifikatori

Plastifikatori se primjenjuju s namjerom da se smanji krhkost i povećava fleksibilnost, žilavost i otpornost na pucanje (lom). Plastifikatori smanjuju intermolekulske sile polimernog lanca što dovodi do smanjenja sile kohezije, rastezne čvrstoće i temperature staklastog prijelaza. Plastifikatori trebaju biti usklađeni s polimerom (moraju se miješati), te lako topivi u otapalu. Za proizvodnju topivih prevlaka koriste se plastifikatori topivi u vodi, dok za netopive prevlake koriste se netopivi disperzni materijali.

Plastifikatori koji se koriste u prehrambene svrhe:

- **Mono-, di-, oligo- saharidi:** glukoza, med
- **Polioli:** sorbitol, glicerol, gliceril derivati, polietilenglikol
- **Lipidi i njihovi derivati:** masne kiseline, monogliceridi, derivati estera, fosfolipidi, površinski aktivne tvari (Galić, 2009)

Plastifikatori niske molekulske mase (nehlapljivi) se dodaju otopini hidrokoloidnih filmova kako bi modificirali i poboljšali fleksibilnost jestivih filmova. Plastifikatori niske molekulske mase, visoke polarnosti, s većim brojem polarnih grupa i većom udaljenosti među polarnim grupama unutar molekule daju poželjna svojstva elastičnosti jestivim filmovima. Ponajprije, plastifikatori su potrebni kod proteinskih i polisaharidnih jestivih filmova, a dodaju se u količinama između 10% i 60% ukupne mase (Skurtys i sur., 2010).

6. Složeni filmovi

Proizvodnjom dvokomponentnih ili višekomponentnih filmova moguće je umanjiti negativna svojstva zasebnih materijala.

Primjerice, lipidi zbog problema vezanih uz primjenu, mehanička i organoleptička svojstva, najčešće dolaze u kombinaciji s polarnim polimerima. Time će polarni polimer dati strukturu složenoj prevlaci, dok lipidni dio pruža barijeru za vlagu (Galić, 2009).

7. Svojstva jestivih filmova i prevlaka

7.1. Mehanička svojstva

Od mehaničkih svojstava filma posebice su važna: savojna žilavost, savojna čvrstoća, čvrstoća na odljepljivanje, fleksibilnost, stabilnost na temperaturne promjene te otpornost na utjecaj čimbenika iz okoline.

7.2. Barijerna svojstva

Barijerna svojstva istog ambalažnog materijala mogu biti različita s obzirom na propusnost plinova (CO₂ i O₂) i vodene pare, ovisno o okolišnim uvjetima. Tako na primjer filmovi na bazi hidrokoloida imaju značajna barijerna svojstva za plinove pri niskom sadržaju vlage. U prisutnosti vlage, makromolekulski lanci bubre čime se povećava propusnost filma za CO₂ i O₂ (Guilbert i sur., 1997) . Materijali dobrih barijernih svojstava za kisik mogu umanjiti užeglost i gubitak vitamina tijekom skladištenja te se upotrebljavaju za pakiranje hrane osjetljive na oksidaciju (Galić, 2009).

7.3. Optička svojstva

U optička svojstva možemo svrstati: sjaj, prozirnost i boju.

Optička svojstva jestivih filmova ovise o sastavu filma i postupku izrade, a također i o drugim vanjskim faktorima poput relativne vlažnosti i temperature (Rhim i Shellhammer, 2005).

Kod jestivih filmova sjaj je visoko poželjan. Drugi aspekt izgleda jestivih filmova je mutnoća (neprozirnost). U specifičnim uvjetima mutnoća može utjecati na sposobnost razlikovanja sadržaja u proizvodu obavijenog u jestivi film, i time utjecati na odabir potrošača (Hong i sur., 2004).

8. Oblikovanje filmova

U postupku prevlačenja hrane zaštitnim filmom, gdje se koristi polimerni film, prisutne su sile **kohezije** (između polimernih molekula koje čine film) i **adhezije** (između filma i supstrata-hrane). O stupnju kohezije ovise svojstva filma: gustoća, kompaktnost, poroznost, permeabilnost, fleksibilnost i žilavost. Parametri procesa oblikovanja filma utječu na sile kohezije i adhezije. Primjena previsoke temperature ili previsoke brzine evaporacije otapala može rezultirati nekohezivnim filmovima, što uzrokuje ljuštenje ili nastajanje rupičaste strukture filma. Ustanovljeno je da se jačina kohezivnog filma povećava s debljinom filma do određene vrijednosti, a nakon toga jakost filma ostaje konstantna.

Sile kohezije i adhezije ovise o strukturi i kemijskoj građi polimera (molekulska masa, struktura, polarnost). Krutost i kohezivnost filma je unaprijeđena ukoliko je stupanj uređenosti polimernog lanca veći. Polarne skupine smanjit će difuznost molekula.

Upotrebom aditiva, koji dovode do denaturacije i umrežavanja, povećava se udio kristalne strukture i stupanj uređenosti molekula. Funkcionalnost polimera isto tako ovisi i o karakteristikama otapala. Maksimalno prevlačenje, solvatacija otapala i produljenje

polimernog lanca rezultiraju nastajanje iznimno učinkovitih filmova. Odabir otapala za oblikovanje prehrambenih filmova ograničena je na vodu i etanol (Galić, 2009).

9. Tehnologija jestivih filmova i prevlaka

Tehnologija u proizvodnji jestivih filmova i prevlaka mora se prilagoditi samim karakteristikama materijala. Preporučuje se korištenje velikih koncentracija vodenih otopina, koloidnih disperzija ili emulzija za izradu filma. Primjena materijala u tekućem obliku može se ostvariti:

- ručnim premazivanjem pomoću četke
- prskanjem (sprej)
- samoomotavanjem spušenog filma
- potapanjem i cijedenjem filma
- raspodjelom u posudi koja rotira
- prevlačenjem u fluidiziranom sloju ili zračnim četkanjem

Jestivi film ili prevlaka stabilizira se sušenjem ili hlađenjem ovisno o vrsti materijala. Pod uvjetom da se stabilizacija provodi prebrzo, može doći do pucanja prevlake koja poprima rupičasti izgled. Za izradu dobrog filma važno je iskustvo, vještina i dobra prosudba radnika u pogonu (Galić, 2009).

10. Zakonodavstvo

Unatoč činjenici da jestivi filmovi i prevlake čine sastavni dio jestive komponente proizvoda primjenjuju se zakonski propisi kao i za prehrambene proizvode.

Jestivi filmovi i prevlake mogli bi se klasificirati kao: prehrambeni proizvod, dodatak hrani, sastojci hrane, tvari u dodiru s hranom ili materijal u dodiru s hranom.

Kao takvi, moraju biti adekvatno označeni, tj. dati informaciju potrošaču o nutritivnoj vrijednosti i mogućim alergenim svojstvima (Galić, 2009).

11. Promjena kvalitete i trajnosti svježe ribe i ribljih proizvoda

Tijekom skladištenja i prerade svježe ribe i ribljih proizvoda dolazi do gubitka kvalitete i nutritivne vrijednosti kao rezultat **aktivnosti endogenih enzima, procesa oksidacije, denaturacije proteina, mikrobiološke aktivnosti** te **Maillardovih reakcija**.

Endogeni enzimi riba poput katepsina, kalpaina i kolagenaza utječu na proteolizu i mekšanje tkiva.

Procesi oksidacije masnih kiselina rezultiraju nastankom spojeva koji uzrokuju promjene na okusu (užeglost), ali i na teksturi.

Denaturacija proteina nastaje pod utjecajem različitih faktora tijekom prerade (povećanje udjela soli, promjena pH), a rezultira oslobađanje novih aktivnih mjesta (bočnih lanaca aminokiselina) što može pospješiti kemijske reakcije kojima se mijenja nutritivna vrijednost.

Mišićje riba i ostalih proizvoda ribarstva sterilno je u trenutku smrti, ali se rast bakterija javlja neposredno nakon izlova. Bakterije koje se nalaze na koži, škrgama i probavnom traktu, nakon smrti mogu prodrijeti u mišićje. Također, koža kod riba različite je debljine, tako ribe s tanjom kožom obično nemaju zaštitu od ulaska mikroorganizama. Time dolazi do razvoja neugodnih mirisa kao rezultat nastanka hlapivih komponenta poput trimetilamina, hlapivih sumpornih spojeva, aldehida, ketona, estera i hipoksantina. Metaboliti slobodnih masnih kiselina odgovorni su za nastanak neugodnih mirisa i okusa, sluzi ili promjena u boji i teksturi mesa koje povezujemo s kvarenjem.

Maillardove reakcije su reakcije bočnih lanaca aminokiselina (Lys, Trp, Arg, His) s reducirajućim šećerima i drugim karbonilnim spojevima koje dovode do promjena na boji, teksturi, okusu te nutritivnim vrijednostima. Reakcijama pogoduje povišena temperatura te smanjeni udio vode (optimalno je 30%) (Vidaček S., 2013).

Primjenom jestivih filmova i prevlaka moguće je usporiti mikrobiološko kvarenje proizvoda ribarstva te različite fizikalne i kemijske procese poput oksidacije i dehidracije čime se poboljšava kvaliteta te produljuje rok trajanja svježih i zamrznutih proizvoda ribarstva.

11.1. Oksidacija masti

Masne ribe posebno su osjetljive na hidrolizu i oksidaciju masti, te se kvarenje kod njih javlja brže te uzrokuje promjene na okusu, ali i na teksturi. Reakcije mogu biti enzimske (mikrobiološke ili autolitičke) ili neenzimske, a relativna vlažnost svake od reakcija ovisi o vrsti ribe i temperaturi skladištenja (Vidaček S., 2013).

Primarni produkti oksidacije masnih kiselina, hidroperoksidi nemaju utjecaj na promjenu okusa i mirisa, dok produkti sekundarne oksidacije (aldehidi, ketoni i slični spojevi) dovode do užeglog okusa i mirisa (Dehghani i sur. 2018).

Rodriguez-Turienzo i sur. (2011) proučavali su učinke jestivih filmova na bazi proteina na zamrznutom lososu. Na temelju peroksidnog broja i TBARS testa ustanovili su da se jestivim filmovima na bazi proteina sirutke usporava lipidna oksidacija na filetima lososa.

Također, stupanj oksidacije smanjuje se upotrebom različitih antioksidansa u jestivim filmovima i prevlakama (vitamina C, polifenola...) (Song i sur., 2011).

11.2. Oksidacija proteina

Oksidacijom proteina nastaje proteinski radikal koji može uzrokovati a) umrežavanje proteinskih lanaca, što dovodi do promjene funkcionalnih svojstava b) modifikacije bočnih lanaca aminokiselina, promjena nutritivne vrijednosti c) fragmentaciju proteinskih lanaca, uzrokuje promjene funkcionalnih svojstava (Vidaček S., 2013).

11.3. Dehidracija tijekom skladištenja u zamrznutom stanju

Zamrzavanje oštećuje tkivo na molekularnoj i staničnoj razini te tako uzrokuje promjene u strukturi, sastavu, udjelu vode i količine soli. Zamrzavanje dovodi do parcijalne dehidracije stanica i povišenja koncentracije soli u njima čime se ubrzava denaturacija i agregacija proteina što znatno smanjuje funkcionalna svojstva proteina (Vidaček S., 2013).

Primjenom jestivih filmova na bazi zeina moguće je usporiti dehidraciju kod surimija (Lin i sur. 2011).

Produljenje trajnosti ribljih proizvoda moguće je ostvariti na različite načine:

- smanjiti temperaturu (hlađena/ pothlađena/ smrznuta riba i drugi proizvodi ribarstva)
- povisiti temperaturu (pasterizirani proizvodi; riblje konzerve)
- smanjiti pH vrijednost (marinirana riba i proizvodi ribarstva)
- smanjiti količinu O₂ (različita pakiranja)
- upotrebom dima (dimljeni proizvodi ribarstva)

Svaki od načina produljenja trajnosti uzrokuje određene promjene na proizvodu. Također, kod nekih postupaka te promjene se nastavljaju tijekom skladištenja npr. oksidacija i dehidracije tijekom zamrzavanja, oksidacija i mikrobiološka aktivnost tijekom skladištenja u

rashlađenom stanju itd. Primjenom jestivih filmova moguće je umanjiti promjene poput oksidacija masti, oksidacija proteina te dehidracije tijekom skladištenja u zamrznutom stanju.

12. Primjena bio otpada za aktivno pakiranje proizvoda ribarstva

Proizvodnja biootpada u EU iznosi više od 100 milijuna tona svake godine, od čega većina dolazi iz prehrambene industrije (Ravindran i Jaiswal, 2016).

Prerada ribe i morskih plodova stvara velike količine nusproizvoda, koji se uglavnom sastoje od kostiju i ljuski, i potencijalni su izvor za izradu materijala jestivih filmova.

Ova vrsta biootpada predstavlja potencijalnu sirovinu za proizvode dodane vrijednosti (Sayari i sur., 2016).

Nusproizvodi ribe sadrže velike količine masti i proteina i potencijalna su sirovina za dobivanje kolagena i želatine, materijala za izradu jestivih filmova.

Proces se temelji na uzastopnim koracima: ispiranje kože ribe, ekstrakcija želatine, koncentracija i sušenje.

Također, tijekom prerade rakova nastaju velike količine neiskorištenih nusproizvoda. Ova vrsta biološkog otpada sastoji se od oklopa i glava koji čine 35-40% ukupne mase rakova. Oklop rakova izvor je hitina, sirovine iz koje se deacetilacijom uz dodatak lužine dobiva kitozan. Zbog svoje antimikrobne aktivnosti kitozan je potencijalni konzervans hrane prirodnog podrijetla (De la Caba i sur., 201).

12.1. Svojstva jestivih filmova i prevlaka na bazi riblje želatine i kitozana

Kako bi se očuvala kvaliteta hrane za ambalažni materijal potrebna su sljedeća svojstva: optička, mehanička i barijerna svojstva. Što se tiče optičkih svojstava prozirnost i sjaj ambalažnih filmova imaju značajan utjecaj na izgled hrane kao i odabir potrošača (De la Caba i sur., 2018).

Kitozan se odlikuje svojim antimikrobnim svojstvima te kao takav je dobar izbor ambalažnog materijala.

Antimikrobni učinak razlikuje se od tipa kitozana: stupnju deacetilacije, molekulskoj masi, ciljnom organizmu, uvjetima medija u kojim se primjenjuje, posebice pH, ionska jakost i prisutnost otopljenih tvari koje mogu reagirati s kitozonom. Filmovi kitozana uspješno se primjenjuju kao sirovina za pripremu filmova i prevlaka za očuvanje kvalitete različitih skupina morskih plodova (Dehghani i sur., 2018).

Filmovi na bazi riblje želatine i kitozana su bez boje i transparentni, ali pokazuju dobra barijerna svojstva na UV svjetlo (Samira i sur., 2014).

Također, riblji želatinski filmovi pokazali su bolja mehanička svojstva od goveđih (Rawdkuen i sur., 2010).

12.2. Osjetljivost i pojava alergijskih reakcija na proizvode ribarstva

Procjenjuje se da 2,5% opće populacije ima izražene nepovoljne reakcije na morsku hranu. Alergija na morske plodove češća je kod odraslih, nego kod djece.

Identificirano je nekoliko alergena kod najčešće konzumiranih vrsta morskih plodova; riba, rakova i školjka (Ruethers i sur., 2018)

Alergijske reakcije variraju od blagih i lokalnih reakcija, ali moguće su i anafilaktičke (Lehrer i sur., 2003).

Kod osoba s alergeni rizikom potreban je oprez pri upotrebi ove vrste ambalaže, te se takvi filmovi moraju navesti na popisu alergena u deklaraciji.

12.3. Ekološke prednosti

Europa je drugi najveći proizvođač plastike u svijetu nakon Kine, s 40% tržišnog udjela za potrebe ambalaže. Iako je u razvijenim zemljama uobičajeno korištenje plastične ambalaže poput PP, PET, LDPE, ali i recikliranje iste, u Europi se vrlo malo ambalaže reciklira, čak manje od 30%. Nepravilno odlaganje nerazgradivih plastičnih vrećica i ambalažnih materijala ima štetne učinke na okoliš, a posebno je povezano s negativnim učincima na morski život. Postojanost plastike u okolišu postaje sve veći problem, stoga postoji velik interes i potreba za upotrebom biorazgradivih ambalažnih materijala. Velike količine otpada koje nastaju tijekom prerade proizvoda ribarstva mogu se pravilno zbrinjavati te iskoristiti za dobivanje sirovina za proizvodnju biorazgradivih ambalažnih materijala za aktivno pakiranje morske hrane (De la Caba i sur., 2018).

13. ZAKLJUČAK

Jestivi filmovi i prevlake pružaju mnoge prednosti u odnosu na plastičnu ambalažu, koje uključuju biorazgradivost, moguću konzumaciju, produljenje trajnosti te njihova antimikrobna, bioaktivna, tehnološka i funkcionalna svojstva.

Primjenom jestivih filmova i prevlaka može se poboljšati kvaliteta i produljiti rok trajanja proizvoda ribarstva.

Poboljšanje kvalitete postiže se inhibicijom rasta mikroba, smanjenjem oksidacije lipida, dehidracije i poboljšanjem senzorskih svojstva.

Bio otpad iz prerade proizvoda ribarstva potencijalan je izvor sirovina za proizvodnju biorazgradive ambalaže čija se primjena uklapa u koncept održivog razvoja koji se zasniva na odgovornom i racionalnom iskorištavanju prirodnih resursa.

14. LITERATURA

- Ahmad, M., Benjakul, S., Sumpavapol, P., Nirmal, N. P. (2012) Quality changes of sea bass slices wrapped with gelatin film incorporated with lemongrass essential oil. *International Journal of Food Microbiology*, **155**: 171-178.
- Campos, C. A., Schelegueda, L. I., Gliemmo, M. F., Barros-Velázquez, J. (2016) Antimicrobial Packaging for Seafood. *Antimicrobial Food Packaging*, 269–280.
- Cazón, P., Velazquez, G., Ramírez, J.A., Vázquez, M., (2017) Polysaccharide-based films and coatings for food packaging. *Food Hydrocolloids*, **68**: 136-148.
- Chamanara, V., Shabanpour, B., Gorgin, S., & Khomeiri, M. (2012) An investigation on characteristics of rainbow trout coated using chitosan assisted with thyme essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, **50**: 540-544.
- Cordeiro de Azeredo, H. M. (2012) Edible coatings. Rodrigues, S., F. A. N. Fernandes (Eds), *Advances in fruit processing technologies*. Boca Raton: CRC Press Inc. str 345-361.
- Cutter C. (2006) Opportunities for bio-based packaging technologies to improve the quality and safety of fresh and further processed muscle foods, *Meat Science* , **74**: 131–42.
- De la Caba, K., Guerrero, P., Trung, T. S., Cruz, M., Kerry, J. P., Fluhr, J., Newton, R. (2018) From seafood waste to active seafood packaging: An emerging opportunity of the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, **208**: 86-98.
- Dehghani, S., Hosseini, S. V., & Regenstien, J. M. (2018) Edible films and coatings in seafood preservation: A review. *Food Chemistry*, **240**: 505–513.
- Embuscado M., Huber K. (2009) Edible Films and Coatings for Food Applications, *Springer*, str. 26.
- Galić, K. (2009) Jestiva ambalaža u prehrambenoj industriji. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*, str. 23-31.
- Gómez-Estaca, J., Montero, P., Giménez, B., Gómez-Guillén, M. C. (2007) Effect of functional edible films and high pressure processing on microbial and oxidative spoilage in cold-smoked sardine (*Sardina pilchardus*). *Food Chemistry*, **105**: 511-520.
- Guilbert S., Cuq B., Gontard N., (1997) Recent innovations in edible and/or biodegradable packaging materials, *Food Additives and Contaminants*, **14**: 741-751.

- Guo, M., Jin, T. Z., Yang, R., Antenucci, R., Mills, B., Cassidy, J. Sommers, C. H. (2013) Inactivation of natural microflora and inoculated *Listeria innocua* on whole raw shrimp by ozonated water, antimicrobial coatings, and cryogenic freezing. *Food Control*, **34**(1): 24–30.
- 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. *Journal of Applied Polymer Science*, **92**(1): 335-343.
- Janes, M. E., Dai, Y. (2012) Edible films for meat, poultry and seafood. *Advances in Meat, Poultry and Seafood Packaging*, **19**: 504–521.
- Jiang, Z., Neetoo, H., & Chen, H. (2011) Control of *Listeria monocytogenes* on cold-smoked salmon using chitosan-based antimicrobial coatings and films. *Journal of Food Science*, **76**: 22-26.
- Lehrer, S.B., Ayuso, R., Reese, G. (2003) Seafood allergy and allergens: A review. *Marine Biotechnology*, **5**: 339-348
- Lin, L. S., Wang, B. J., & Weng, Y. M. (2011) Quality preservation of commercial fish balls with antimicrobial zein coatings. *Journal of Food Quality*, **34**: 81-87.
- Min, B. J., Oh, J. H. (2009) Antimicrobial activity of catfish gelatin coating containing origanum (*Thymus capitatus*) oil against Gram-negative pathogenic bacteria. *Journal of Food Science*, **74**: 143-148.
- Motalebi, A. A., Seyfzadeh, M. (2012) Effects of whey protein edible coating on bacterial, chemical and sensory characteristics of frozen common Kilka. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **11**: 132-144
- Murray, J. F. C., Limited, H., Reigate, X. (2000) Cellulose. In G.O. Phillips, P.A. Williams (Eds.), *Handbook of hydrocolloids* (str 219-245). *Cambridge: Woodhead Publishing Limited*.
- Ou, C.,Tsay, S., La1, C., Weng, Y. (2002) Using gelatin-based antimicrobial edible coating to prolong shelf-life of tilapia fillets. *Journal of Food Quality*, **25**: 213-222.
- Ravindran, R., Jaiswal, A.K. (2016) Exploitation of food industry waste for high-value products. *Trends in Biotechnology*, **34**: 58-69.
- Rawdkuen, S., Sai-Ut, S., Benjakul, S. (2010) Properties of gelatin films from giant catfish skin and bovine bone: a comparative study. *European Food Research and Technology*, **231**: 907-916.
- Rhim, J.W., Shellhammer, T.H. (2005) Lipid-based edible films and coatings. U: *Innovations in Food Packaging*(Han,J.H., ured.), *Elsevier Science & Technology Books, London*, str. 362-380.

Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., Melo, N. R. de, Sanches-Silva, A. (2017) Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, **61**: 132–140.

Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., Moreno, V., Caride, A., Vieites, J. M. Diaz, O. (2011) Whey protein-based coatings on frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*): Influence of the plasticiser and the moment of coating on quality preservation. *Food Chemistry*, **128**: 187-194.

Ruethers, T., Taki, A. C., Johnston, E. B., Nugraha, R., Le, T. T. K., Kalic, T., Lopata, A. L. (2018) Seafood allergy: A comprehensive review of fish and shellfish allergens. *Molecular Immunology*, **100**: 28–57.

Samira, S., Thuan-Chew, T.C., Azhar, M.E. (2014) Effect of ribose-induced Maillard reaction on physical and mechanical properties of bovine gelatin films prepared by oven drying. *International Food Research Journal*, **21**(1): 269-276.

Sayari, N., Sila, A., Abdelmalek, B. E., Abdallah, R. B., Ellouz-Chaabouni, S., Bougatef, A., & Balti, R. (2016) Chitin and chitosan from the Norway lobster by-products: Antimicrobial and anti-proliferative activities. *International Journal of Biological Macromolecules*, **87**: 163–171.

Seyfzadeh, M., Motalebi, A. A., Kakoolaki, S., Gholipour, H. (2013) Chemical, microbiological and sensory evaluation of gutted Kilka coated with whey protein based edible film incorporated with sodium alginate during frozen storage. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **12**: 140-153.

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*

Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J., Luo, Y. (2011) Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*, **22**: 608-615.

Vidaček, S. (2013) Tehnologija ribe, interna skripta.

<http://www.pbf.unizg.hr/zavodi/zavod_za_prehrambeno_tehnolosko_inzenjerstvo/laboratorij_za_tehnologiju_mesa_i_ribe/kemija_i_tehnologija_mesa_i_ribe> pristupljeno 21.kolovoza 2019.

Laboratorij za pakiranje hrane, PBF, Kurek Mia < <https://www.hgk.hr/documents/jestiva-pakiranja-hrane-funkcionalnim-svojstvima5d25a6efbb296.pdf> > pristupljeno 1. kolovoza 2019.

Izjava o izvornosti

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

Valentina Bukal

Valentina Bukal