

# PRIPRAVA I SVOJSTVA JESTIVIH FILMOVA NA BAZI PEKTINA I EKSTRAKATA ROGAČA

---

**Pintarić, Diana**

**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:128:640658>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-11**



**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**

**DIANA PINTARIĆ**

**PRIPRAVA I SVOJSTVA JESTIVIH FILMOVA NA BAZI PEKTINA I**  
**EKSTRAKATA ROGAČA**

**ZAVRŠNI RAD**

**KARLOVAC, 2021.**



**Veleučilište u Karlovcu**  
Stručni studij prehrambena tehnologija  
Prerada mlijeka

Diana Pintarić

**Priprava i svojstva jestivih filmova na bazi pektina i ekstrakata rogača**

Završni rad

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

Broj indeksa studenta:

Karlovac, 2021.

*Veliku zahvalu dugujem mentorici dr. sc. Jasni Halambek koja me svojim stručnim savjetima vodila kroz pisanje ovog završnog rada. Zahvaljujem se na svim savjetima, strpljenju, podršci i prenešenom znanju.*

*Hvala mojim prijateljima koji su mi uljepšali studentske dane u Karlovcu.*

*Posebno hvala mojoj obitelji koja mi je omogućila studiranje i pružala potporu sve ovo vrijeme.*

*Najveća zahvala ide mom najvećem osloncu, mojoj majci. Hvala!*

## IZJAVA O AUTENTIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA

Ja, **Diana Pintarić**, ovime izjavljujem da je moj završni rad pod naslovom **Priprava i svojstva jestivih filmova na bazi pektina i ekstrakata rogača** rezultat vlastitog rada i istraživa te se oslanja 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, 2021.

Diana Pintarić

---

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel prehrambene tehnologije  
Stručni studij prehrambena tehnologija

Završni rad

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

## Priprava i svojstva jestivih filmova na bazi pektina i ekstrakata rogača

*Diana Pintarić*

Rad je izrađen u kemijskom laboratoriju Veleučilišta u Karlovcu  
Mentor: Dr.sc. Jasna Halambek, pred.

### Sažetak

Rad se temelji na pripremi jestivih filmova od hidrokolooidnog materijala (pektin) u ekstraktu rogača. Rogač se pokazao kao namirnica jedinstvenog sastava, posebno zbog visokog udjela ugljikohidrata, povoljnog omjera masnih kiselina i bogatstva prehrambenim vlaknima i polifenolima. U prehrambenoj industriji poznatiji je kao aditiv (E410), a upotrebljava se kao prirodni biljni zgušnjivač, sredstvo za želiranje, emulgator i stabilizator. Cilj ovog završnog rada bio je pripremiti jestive filmove na bazi pektina s ekstraktima rogača koji su dobiveni iz različitih sirovina u 50% etanolu. Također, ispitao se i utjecaj dodatka limunske i mliječne kiseline na svojstva pripremljenih filmova. Najbolja svojstva pokazali su filmovi pripremljeni iz ekstrakata Šaframovog i komiškog rogača uz dodatak mliječne kiseline. Dobiveni filmovi su elastični i pokazuju dobru savitljivost.

**Broj stranica:** 30

**Broj slika:** 11

**Broj tablica:** 8

**Broj literaturnih navoda:** 27

**Broj priloga:** -

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** ekstrakcija, prah rogača, pektin, jestivi film

**Datum obrane:** 30.09. 2021.

### Stručno povjerenstvo za obranu:

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

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

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

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

**Final paper**

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

### **Preparation and properties of edible films based on pectin and carob extracts**

*Diana Pintarić*

**Final paper performed at Chemical laboratory of Karlovac University of Applied Sciences**  
**Supervisor:** Ph.D. *Jasna Halambek*, lecturer

#### **Abstract**

The work is based on the preparation of edible films of hydrocolloid material (pectin) in carob extract. Carob has proven to be a food of unique composition, especially due to its high carbohydrate content, favorable ratio of fatty acids and richness in dietary fiber and polyphenols. In the food industry, it is better known as an additive (E410), and is used as a natural plant thickener, gelling agent, emulsifier and stabilizer. The aim of this final work was to prepare edible films based on pectin with carob extracts obtained from various raw materials in 50% ethanol. The effect of citric and lactic acid addition on the properties of the prepared films was also examined. The best properties were shown by films prepared from extracts of Šafram and Komiža carob with the addition of lactic acid. The resulting films are elastic and show good flexibility.

**Number of pages:** 30

**Number of figures:** 11

**Number of tables:** 8

**Number of references:** 27

**Original in:** Croatian

**Key words:** extraction, carob powder, pectin, edible films

**Date of the final paper defense:** 30.09.2021.

#### **Reviewers:**

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

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



## Sadržaj

1.	UVOD .....	1
2.	TEORIJSKI DIO .....	2
2.1.	Definicija i upotreba jestivih filmova .....	2
2.2.	Materijali za izradu jestivih filmova .....	4
2.3.	Hidrokoloidi za jestive filmove .....	5
2.3.1.	Jestivi filmovi na bazi polisaharida .....	6
2.3.2.	Jestivi filmovi na bazi proteina .....	8
2.3.3.	Jestivi filmovi na bazi lipida .....	8
2.4.	Rogač ( <i>Ceratonia siliqua</i> ) .....	9
2.4.1.	Kemijski sastav rogača .....	10
2.4.2.	Značaj i pozitivni učinci rogača .....	11
2.4.3.	Upotreba rogača u prehrambenoj industriji .....	11
2.5.	Karakteristike jestivih filmova .....	12
2.5.1.	Debljina filma .....	12
2.5.2.	Barijerne karakteristike filmova .....	13
2.5.3.	Optička svojstva .....	15
2.6.	Jestivi filmovi s funkcionalnim svojstvima .....	15
3.	EKSPERIMENTALNI DIO .....	17
3.1.	Materijali .....	17
3.2.	Metode rada .....	18
3.2.1.	Priprema ekstrakata rogača .....	18
3.2.2.	Određivanje udjela šećera .....	18
3.2.3.	Priprema otopina pektina s ekstraktima rogača .....	18
3.2.4.	Mjerenje viskoznosti otopina pektina .....	19
3.2.5.	Priprema filmova .....	19
3.2.6.	Određivanje debljine filmova .....	20
3.2.7.	Određivanje udjela vode i suhe tvari u pripremljenim filmovima .....	20
4.	REZULTATI .....	21
5.	RASPRAVA .....	24
6.	ZAKLJUČCI .....	27
7.	LITERATURA .....	28

## 1. UVOD

Jestivi filmovi predstavljaju tanak sloj biopolimera na ili između komponenata hrane. Dobivaju se otapanjem hidrokoloida (polisaharaidi, lipidi, proteini) u vodi ili odgovarajućem otapalu uz dodatak aditiva koji unapređuje svojstva filma. U prehrambenoj industriji pokazali su široku primjenu zbog biorazgradivosti i kompatibilnosti s prehrambenim proizvodima. Izuzev dobrih barijernih svojstava prema pari i plinovima na prehrambenim proizvodima, poboljšavaju kvalitetu hrane, produljuju rok trajanja i smanjuju potrošnju ambalažnog materijala. Također mogu biti nosioci bioaktivnih spojeva te tako postići funkcionalna svojstva hrane. Antioksidansi su najčešći bioaktivni spojevi koji se inkorporiraju u filmove. Prije njihove primjene potrebno je odrediti antioksidacijsku aktivnost i njihov učinak na apliciranoj hrani.

Pektin je prirodni zgušnjivač, stabilizator i sredstvo za želiranje te zbog izrazito dobre topljivosti u vodi i sposobnosti geliranja spada u najčešće korišten hidrokolid u proizvodnji jestivih filmova. Pektinski filmovi pokazuju dobra barijerna svojstva za plinove, lako su dostupni, jeftini i ekološki prihvatljivi. Implementacijom bioaktivnih spojeva u pektinske filmove postiže se antimikrobno svojstvo filma protiv patogena (Espitia i sur., 2013.)

Rogač je poželjna sirovina zbog odličnog omjera ugljikohidrata, masnih kiselina, prehrambenih vlakana i polifenola,. Našao je svoju primjenu u velikom broju namirnica kao što su energetske pločice, pekarski proizvodi, alkoholna pića, bomboni, voćni proizvodi. Uglavnom u tim proizvodima ima ulogu stabilizatora, ugušćivača, zaslađivača ili arome.

Cilj ovog rada je ispitati mogućnost pripreme jestivih filmova na bazi hidrokoloidnog materijala pektina s ekstraktima rogača. Filmovi će se proizvesti metodom izlivanja u Petrijeve zdjelice uz dodatak limunske i mliječne kiseline, te uz dodatak glicerola kao plastifikatora. Pripremljenim filmovima odrediti će se fizikalna svojstva (udio suhe tvari i vode, debljina) i viskoznost pripremljenih pektinskih otopina.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Definicija i upotreba jestivih filmova

Jestivi filmovi predstavljaju tanak sloj biopolimera koji se primjenjuju za prekrivanje, pakiranje ili umotavanje hrane. Jestivi film može se konzumirati, a osigurava barijeru prema plinovima i vodenoj pari na prehrambenim proizvodima (Galić, 2009). Prvenstveno govorimo o upijanju i otpuštanju vlage, transportu plinova, migraciji ulja i masti, te gubitku aromatičnih komponenata i kontaminaciji mikrobiološkog podrijetla. Glavna funkcija jestivih filmova je zaštita proizvoda, poboljšanje kvalitete hrane, povećanje trajnosti, te smanjenje udjela upotrebene ambalaže (Nemet, 2009). Filmovi se mogu koristiti za individualno pakiranje pojedinačnih količina hrane koja se trenutno ne pakira individualno iz praktičnih razloga (kruške, grah, orasi, jagode) (Bourtoom, 2008). Jestivi filmovi se mogu prilagoditi kako bi spriječili propuštanje vlažnosti između komponenata i migraciju otopina u hrani kao što su pizza, pite i bomboni (Bourtoom, 2008). Proizvodnja jestivih filmova stvara manje otpada i zagađenja, međutim, njihova propusnost i mehanička svojstva su općenito slabija nego kod sintetskih filmova (Kester i Fennema, 1986).

**Tablica 1.** Primjene jestivih filmova (Galić, 2009).

Svrha	Željena kvaliteta	Primjena
<b>Zaštita od vlage i kisika</b>	Dobra svojstva prevlačenja, niska propusnost na vodenu paru i kisik (mogući dodatak antioksidanta)	Svježa riba, sir, meso, mesni proizvodi; hrana srednjeg sadržaja vlage; suha hrana, orasi, suhi pekarski proizvodi; grickalice
<b>Usporavanje mikrobnog kvarenja izvana</b>	Dodatak antimikrobnih agenasa	Hrana srednjeg sadržaja vlage
<b>Kontrola ravnotežne vlage unutar heterogenih proizvoda</b>	Dobra barijerna svojstva na vodu	Heterogeni proizvodi (pite, pizze, kolači), sendviči, heterogeni smrznuti proizvodi
<b>Kontrola migracije otopine, boja, arome</b>	Dobra barijerna svojstva na vodu i otapala	Heterogeni proizvodi (pite, pizze, kolači), sendviči,

<b>unutar heterogenih proizvoda</b>		heterogeni smrznuti proizvodi
<b>Sprečavanje penetracije salamure u hranu</b>	Dobra barijerna svojstva na vodu i otapala	Usalamureni smrznuti proizvodi (škampi, rakovi i sl.)
<b>Poboljšanje mehaničkih svojstava tijekom rukovanja</b>	Dobra adhezivna i kohezivna svojstva	Kikiriki, škampi, rakovi, snackhrana i dr.
<b>Osiguranje strukturalnog integriteta; pojačanje struktura hrane</b>	Dobra adhezivna i kohezivna svojstva	Restrukturirani mesni i riblji proizvodi, mehanički otkošteno meso; liofilizirane porcije hrane ili porcije suhe hrane
<b>Osiguranje adhezivnosti smjese za paniranje tijekom prženja</b>	Dobra adhezivnost	Panirana hrana, smrznuta hrana (riblji fileti, hamburgeri, narezani luk i dr.)
<b>Sprečavanje migracije vlage pri nanošenju prevlake maslaca i krušnih mrvica u procesu paniranja</b>	Dobra adhezivnost i niska propusnost na vodu	Panirana hrana, smrznuta hrana (riblji fileti, hamburgeri, narezani luk i dr.)
<b>Zaštita većeg broja manjih komada hrane (pakiranih u vrećice ili šalice)</b>	Niska propusnost vode; ne smije biti ljepljiv	Sir, procesirane kockice sira, voće srednjeg sadržaja vlage; smrznuta hrana; sladoled; proizvodi veličine jednog zalogaja
<b>Osiguranje neljepljive i nemasne površine</b>	Ne smije biti ljepljiv	Kockice sira, suho voće, konditorski proizvodi, snackproizvodi, smrznuti proizvodi (da bi se eliminirala upotreba masnog papira između hamburgera)

<b>Poboljšanje izgleda površine hrane</b>	Glatka, sjajna, staklasta površina	Pekarski proizvodi (šećerna i druge glazure); slastice, orasi, voće srednjeg sadržaja vlage, snack-hrana
<b>Pojačanje boje, arome i okusa hrane (dekorativni efekt)</b>	Dodatak bojila, arome, začina	Različita hrana
<b>Da sadržavaju prethodno odmjerene porcije koje se otapaju u vodi ili toploj hrani</b>	Sposobnost stvaranja kapsula topljivih u vodi	Dehidrirane juhe, instant čajevi ili kava, praškasti napici, začini, zaslađivač

## 2.2. Materijali za izradu jestivih filmova

Važno je da materijali koji se koriste u procesu dobivanja jestivih filmova budu prirodnog porijekla. Kao takvi, oni su dozvoljeni za ljudsku konzumaciju. Materijali za izradu zaštitnih filmova moraju zadovoljiti kriterije u koje spadaju dobra mehanička svojstva, elastičnost, organoleptička i zaštitna svojstva. Svojstva jestivih filmova je moguće poboljšati dodatkom sredstava poput plastifikatora (koji omogućavaju omekšavanje teksture filma), arome, antimikrobnih tvari ili antioksidanasa (Galić, 2009).

Podjela jestivih filmova ovisi o vrsti biopolimera od kojeg su proizvedeni, prema tome dijelimo ih u tri kategorije: hidrokoloidi koji potječu od polisaharida i proteina, lipidi (masne kiseline i voskovi), kompoziti (kombinacija hidrokoloida i lipida).

**Tablica 2.** Materijali za izradu jestivih filmova i prevlaka (Galić, 2009)

<b>Funkcionalni sastav</b>	<b>Materijali</b>
	<b>Proteini</b>
	Kolagen, želatina, kazein, proteini sirutke, zein, pšenični gluten, proteini bjelanjka
	<b>Polisaharidi</b>

<b>Materijali za izradu filmova</b>	Škrob, modificirani škrob, modificirana celuloza (karboksimetil celuloza, metil-celuloza, hidroksipropil celuloza, hidroksipropilmetil-celuloza), alginat, karagenan, pektin, pululan, kitozan, gelan guma, ksantan guma
<b>Voskovi, lipidi</b>	Voskovi (pčelinji vosak, parafin, karnauba vosak), smole (šelak), acetogliceridi
<b>Plastifikatori (omekšavala)</b>	Glicerin, propilen glikol, sorbitol, saharoza, polietilen glikol, kukuruzni sirup, voda
<b>Funkcionalni aditivi</b>	Antioksidansi, antimikrobne tvari, nutrijenti, nutraceutici, tvari okusa i boje
<b>Ostali aditivi</b>	Emulgatori (lecitin), tekuće emulzije (jestivi voskovi, masne kiseline)

### 2.3. Hidrokoloidi za jestive filmove

Hidrokoloidni materijali su hidrofilni polimeri biljnog, životinjskog, mikrobnog ili sintetskog podrijetla koji sadrže velik broj hidroksilnih skupina (Dhanapal i sur., 2012). Hidroksilne skupine povećavaju afinitet vezanja vode i čine ih hidrofilnim spojevima. Hidrokoloidi u prisutnosti vode dispergiraju i tvore sustav koji nije ni otopina, ni suspenzija, već nešto između (Milani i Maleki, 2012). U čestoj su upotrebi za izradu jestivih filmova zbog učinaka na rok trajanja proizvoda, aromu, teksturu. Zaštita od vlage im je ograničena, no pokazuju dobru zaštitu protiv oksidacije lipida i drugih osjetljivih sastojaka hrane (Milani i Maleki, 2012).

### **2.3.1. Jestivi filmovi na bazi polisaharida**

Od polisaharidnih filmova i njihovih derivata najčešće se spominju alginat, pektin, karagenan, škrob, hidrolizati škroba i celulozni derivati (Galić, 2009). Polisaharidi su ugljikohidrati veće molekulske mase, tj. polimeri mono- i disaharida povezanih glikozidnim vezama (Garcia i sur. 2016). Zbog hidrofilnih svojstava molekula ugljikohidrata, pokazuju slaba barijerna svojstva prema vodi. Dobar izbor predstavljaju kada je potrebno održati vlažnost proizvoda (Kester i Fennema, 1986). Zbog svojih odličnih barijernih svojstva prema kisiku i lipidima, te zbog dobrih mehaničkih svojstava sve češće se koriste kao glavni materijal pri izradi jestivih filmova (Galić, 2009).

#### **2.3.1.1. Alginat**

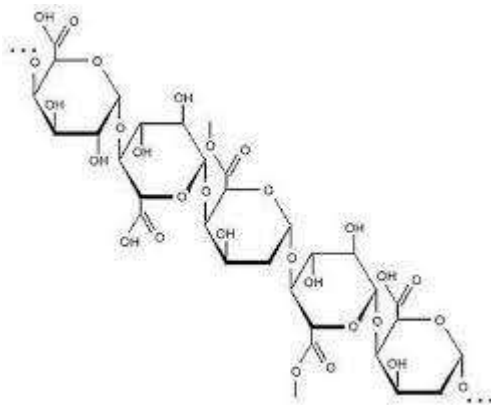
Alginat je polisaharid ekstrahiran iz smeđih algi roda *Phaeophyceae*. Za komercijalnu upotrebu nalazi se u obliku soli alginske kiseline. U prehrambenoj industriji natrijev alginat (E401) ubraja se u prehrambene aditive i služi kao emulgator, stabilizator i ugušćivač. Kao ugušćivač se koristi u proizvodnji marmelada, pekmeza, sira, kečapa, gumenih bombona, konzerviranog mesa. Formirani filmovi su prozirni i jednoliki čija se propusnost i čvrstoća mogu modificirati dodatkom kalcijevih soli (klorida, acetata, laktata, tartarata, glukonata, sulfata, citrata) (Galić, 2009). Alginat može smanjiti dehidraciju proizvoda i smanjiti oksidaciju neprijatnih okusa u mesu (Wanstedt i sur., 1981).

#### **2.3.1.2. Pektin**

Pektin je polisaharid biljnog porijekla sastavljen od monomera D-galakturonske kiseline povezanih  $\beta$ -1,4 vezama. Vezan je na celulozu koja biljci daje čvrstoću, a on joj daje fluidnost. Nalazi se u različitim vrstama voća i povrća, dok se za industrijsku upotrebu ekstrahira iz mesnatog dijela jabuke i kore citrusa, a manje iz šećerne repe. Ima široku primjenu u prehrambenoj industriji zbog izrazito dobre topljivosti u vodi i sposobnosti geliranja. Pektin je prirodni zgušnjivač, stabilizator, i sredstvo za želiranje. Stupanj esterifikacije utječe na svojstvo geliranja, stoga viskoesterificirani pektin daje poželjnu čvrstoću, strukturu i stabilnost prilikom kuhanja voćnih prerađevina poput džema, konditorskih proizvoda s visokim udjelom šećera, usto se upotrebljava kao i ne-gelirajući stabilizator u fermentiranim mliječnim

proizvodima ili napicima od soje i napicima od voća. Prilikom smrzavanja kruha i smrznutog tijesta viskoesterificirani pektin održava volumen, zadržava vodu, mekoću i stabilnost spomenutih proizvoda. Niskoesterificirani pektin upotrebljava se kao zgušnjivač za voćne preljeve za sladolede, preljeve tekuće konzistencije, te mliječne deserte. Kao zamjena za mast služi u niskomasnim proizvodima poput umaka, sladoleda, procesiranog mesa i sira (Wüstenberg, 2015).

Pektinski filmovi imaju dobra barijerna svojstva za plinove, ekološki su prihvatljivi, bioragradivi, dostupni i jeftini. Kao i ostali jestivi filmovi, formirani su od biopolimera kao baze, što znači da se mogu proizvoditi samo od pektina ili u sinergiji sa drugim polimerima (Espitia i sur., 2013). Povećana propusnost na vodenu paru nedostatak je pektinskog filma koji se može premostiti prevlačenjem sa lipidima. Antimikrobno svojstvo filma protiv patogena koji se prenose hranom postiže se dodavanjem prirodnih bioaktivnih spojeva (Espitia i sur., 2013).



**Slika 1.** Kemijska struktura pektina (Anonymous, 2009.)

### 2.3.1.3. Karagenan

Karagenan je polisaharid koji se dobiva ekstrakcijom iz crvenih morskih algi roda *Chondrus crispus*. Koristi se za prevlačenje hrane s ciljem prevencije rasta mikroba (kod mesa) i gubitka vlage (perad). Postojanost mesa i brzo smrznute ribe može se znatno produžiti pod uvjetom da se proizvodi zaštite filmom kalcijeva alginata. Oblikovanje filma provodi se prije smrzavanja, potapljanjem mesa ili ribe u otopinu natrijeva alginata, koji sadrži dekstrozu, a zatim u otopinu kalcijeva klorida. Čvrsta prevlaka koja se stvara stablina je na promjenu temperature, sprječava penetraciju kisika i razvoj oksidativne užeglosti (Galić, 2009).



### **2.3.2. Jestivi filmovi na bazi proteina**

Izvori proteina za proizvodnju proteinskih filmova mogu biti biljni i životinjski, kao što su mlijeko, jaja, žitarice, uljarice i životinjska tkiva (Krochta, 2002). Mehanička svojstva proteinskih filmova bolja su od polisaharidnih, a nedostatak je slaba zaštita od propusnosti vodene pare. Kako bi poboljšali mehanička i barijerna svojstva proteina koristimo se kemijskim, fizikalnim i enzimskim procesima, kombiniranjem s hidrofobnim materijalima i korištenjem fizikalnih metoda (Bourtroum, 2009). Najpoznatije sirovine za proizvodnju proteinskih filmova su: kolagen, želatina, kazein, proteini sirutke, zein, pšenični gluten i proteini bjelanjka (Galić, 2009.)

### **2.3.3. Jestivi filmovi na bazi lipida**

Lipidi predstavljaju veliku skupinu organskih spojeva od kojih su za izgradnju jestivih filmova najvažniji voskovi, masti i ulja. Molekule lipida su nepolarne, pa stoga imaju najbolju barijernu zaštitu od vlage. Filmovi na bazi voskova pokazuju najveći stupanj otpornosti prema migraciji vlage u odnosu na druge lipidne i nelipidne filmove. Obzirom da oni nisu polimeri, nemaju sposobnost da grade koherentne samostalne filmove, no poboljšavaju sjaj površine polimera (Popović, 2013). Nepoželjna svojstva lipidnih filmova jesu debljina, senzorske karakteristike, lomljivost, sklonost užeglosti, masna površina, apsorpcija stranih mirisa. Poznata je upotreba voskova kao zaštitnih prevlaka za sireve koja se uklanja prije konzumacije. Ukoliko se koriste male količine tog filma, odnosno namirnica obloži s tankim slojem, tada postaje jestiv te pripada u skupinu jestive ambalaže npr. prevlake voska na jabukama ili bombonima (Galić, 2009).

## 2.4. Rogač (*Ceratonia siliqua*)

Rogač, *Ceratonia siliqua* je plod, mahuna s drva rogača iz porodice mahunarki (*Leguminosae*). Naziv *Ceratonia* potječe od *κεράτια*, keratonija, što na starogrčkom znači „mali rog“, a odnosi se na njegove mahune koje imaju oblik rogova kad su zrele. Naziv vrste, *siliqua*, na latinskom označava kapsulu ili mahunu. Potječe s područja Bliskog istoka otkuda su ga proširili stari Grci širom Mediterana. Proizvodnja rogača u Hrvatskoj ima nadasve dugu tradiciju. Najviše se uzgaja na srednjodalmatinskim otocima, većinom do 150 m nadmorske visine. Raste na Braču, Hvaru, Drveniku, Šolti, posebice na otoku Visu, a značajan je i u dubrovačkom području – poluotoku Pelješcu, te otocima Korčuli, Lastovu, Mljetu, Šipanu i Lopudu.

Stablo rogača doseže 10 metara visine, razgranato, širokog debla i grube smeđe kore i guste krošnje. Plodovi rogača su spljoštene tamnosmeđe mahune unutar kojih se nalazi 8 – 15 tvrdih, plosnatih crvenosmeđih sjemenki. Urod može premašiti i do 100 kg po stablu. Raste u područjima tople klime, a posebno je osjetljiv na niske temperature i mraz, stoga se ne preporuča sadnja na nadmorskoj visini većoj od 500 m nadmorske visine (Battle i Tous, 1997.) Rogač je dugovječno stablo, može živjeti i više od 200 godina, no do njegovog prvog uroda dolazi tek nakon 8 godina.



**Slika 2.** Rogač (<https://svijet.com.hr/wp-content/uploads/2020/11/keciboynuzu-tozu-nedir-faydalari-1.jpg>)

### 2.4.1. Kemijski sastav rogača

Mnogo faktora utječe na kemijski sastav ploda rogača, od temperature, klimatskih uvjeta, porijekla, vremena dozrijevanja, stupnju zrelosti te načinu prerade. Stoga su razlike u kemijskom sastavu očekivane. Mahuna rogača je izuzetno bogata ugljikohidratima gdje njihov udio doseže i 89 g/100 g (Nasar- Abbas i sur., 2016). Zbog povoljnog omjera i sastava masnih kiselina, odnosno niskog udjela masti, rogač kao sirovina je vrlo poželjna u prehrambenoj industriji. Lipidi rogača sastoje se od 17 masnih kiselina od kojih prevladavaju oleinska (40.45 %), linolenska (23.19%), palmitinska (11.01%) i steareinska (3.08%) masna kiselina Youssef i sur (2013.) Naspram visokog udjela ugljikohidrata, udio proteina je nizak; od 1,0 do 7,6 %, zavisno o sorti i uvjetima uzgoja. Aminokiseline koje grade proteine rogača su alanin, glicin, leucin, prolin, valin, tirozin i fenilalanin.

**Tablica 3.** Kemijski sastav mahune rogača (Dragojević, 2017)

<b>Sastojci</b>	<b>Maseni udio (g/100 g)</b>
<b>Voda</b>	3,6 – 18,0
<b>Proteini</b>	1,0 – 7,6
<b>Masti</b>	0,2 – 2,3
<b>Ugljikohidrati</b>	48,0 – 88,9
<b>Ukupni šećeri</b>	32,0 – 60,0
<b>Prehrambena vlakna</b>	2,6 – 39,8
<b>Polifenoli</b>	0,5 – 20,0
<b>Pepeo</b>	1,0 – 6,0

#### **2.4.2. Značaj i pozitivni učinci rogača**

Rogač je biljka poznata po visokom udjelu prehrambenih vlakana. Prehrambena vlakna su jestivi dijelovi biljaka koje naš organizam ne može probaviti ni apsorbirati, te su gotovo otporna na utjecaj enzima probavnog sustava, te probavni trakt napuštaju gotovo nepromijenjena. Dijelimo ih na topljiva i netopljiva vlakna; topljiva vlakna su topljiva u vodi u kojoj formiraju masu nalik na gel koja poboljšava peristaltiku crijeva i daje volumen stolici. Pektini su najčešća topljiva vlakna prirodno prisutna u voću poput citrusa, jabuka, krušaka, oraha i mahunarkama. Netopljiva vlakna su veoma otporna na enzime probavnog sustava, na sebe vežu vodu, bubre i daju volumen sadržaju u crijevima. Najčešća netopljiva vlakna su celulozna vlakna koja nalazimo u svim namirnicama biljnog porijekla poput graha, artičoka, smokvi i pšenice. Još jedna blagodat rogača jesu polifenolni spojevi koje karakterizira snažna antioksidativna aktivnost. Polifenoli su kemijske tvari koje biljke sintetiziraju kao odgovor na stresne uvjete. Najprisutniji polifenolni spojevi su flavonoidi, fenolne kiseline i trjeslovine. Mnogo je zdravstvenih dobrobiti koje donosi konzumacija rogača. Znanstveni podaci potvrđuju da unošenje polifenola hranom može imati pozitivan učinak na prevenciju dijabetesa, ateroskleroze, kardiovaskularnih bolesti i nekih vrsta raka (Owen i sur., 2003).

#### **2.4.3. Upotreba rogača u prehrambenoj industriji**

Rogač se kao hrana koristi od davnina, te se vjeruje da se njime hranio Ivan Krstitelj, otkud i potječe njegov sinonim – Ivanov kruh. Stoljećima se upotrebljavao za ljudsku prehranu i ishranu stoke kada je bio cijenjena namirnica među siromašnijom populacijom (Šebečić i Vitali, 2010). Stari Egipćani su rogačev plod, inače poznat po ljepljivim svojstvima, koristili za mumificiranje. U grobnicama su nađene mahune i sjemenke rogača. Većinom je konzumiran sirov, kao voće, ili pečen, kao slastica.

U današnje vrijeme ima veoma široku primjenu u prehrambenoj, farmaceutskoj, kozmetičkoj industriji i domaćinstvu. Iz rogača se dobivaju tri glavna komercijalna proizvoda: ekstrakt rogača iz osušenog ploda (prženog ili neprženog), brašno rogača iz pulpe cijelog ploda i guma iz endosperma sjemena. Ekstrakt rogača rabi se kao aroma u proizvodnji alkoholnih i bezalkoholnih pića, bombona, pekarskih proizvoda, voćnih proizvoda i dr. Uglavnom u tim proizvodima ima ulogu stabilizatora, ugušćivača, zaslađivača ili arome.

Nakon berbe izabiru se zreli i neoštećeni plodovi koje je neophodno osušiti, bilo prirodno ili mehanički. Sušenje se provodi kako bi se izbjeglo truljenje tijekom prerade i skladištenja, na manje od 10 % vlage.

Poslije sušenja slijedi usitnjavanje plodova u cilju odvajanja pulpe od sjemenki. Sjemenke se smatraju najdragocjenijim dijelom ploda koji se koristi za dobivanje gume rogača, dok se plodovi prerađuju u brašno. Brašno rogača – rogač u prahu ili mljeveni rogač dobiva se iz pulpe cijelog ploda, te se može koristiti izravno ili kao sastojak drugih namirnica ili se preradi u svrhu ekstrakcije saharoze, prehrambenih vlakana i antioksidansa (Lipumbu, 2008). Plodovi se prije mljevenja mogu pržiti u svrhu postizanja duljeg roka trajanja i željene arome proizvoda. Prilikom prženja dolazi do Maillardovih reakcija koje su ključne za stvaranje specifične boje, aroma i okusa sličnih čokoladi (Yousif i Alghzawi, 2000). Brašno rogača može nadomjestiti do 30 % kakaovog praha bez izmjene recepture i s neprimjetnom promjenom okusa čokolade, teksture i boje finalnog proizvoda (Considine, 1982). Zbog opisanih promjena tokom prženja i njegovog sastava, plod rogača se može koristiti i kao zamjena za kavu i kakao. Prednost rogača pred kakaom može se pripisati činjenici da brašno rogača ne sadrži kofein, teobromin i oksalnu kiselinu (Dragojević, 2017).

Karuba guma, LBG (locust bean gum) ili guma sjemenki rogača koristi se kao prehrambeni aditiv E410 (Battle i Tous, 1997). Koristi se kao sredstvo za želiranje, prirodni biljni zgušnjivač, emulgator i stabilizator (Coppen, 1995; Dionisio i Grenha, 2012). U prehrambenoj industriji koristi se u proizvodnji mnogih proizvoda: sladoleda, juha, hrane za kućne ljubimce, marmelada, umaka, sireva itd. Nusprodukti iz proizvodnje karuba gume također imaju svoju implementaciju u dijetetskoj hrani ili kao sastojak u hrani namijenjenoj osobama oboljelima od celijakije (Durazzo i sur., 2014; Youssef i sur, 2013).

## **2.5. Karakteristike jestivih filmova**

### **2.5.1. Debljina filma**

Debljina jestivih filmova bitna je karakteristika koja izravno utječe na biološka svojstva i rok trajanja obloženog proizvoda. Od mehaničkih svojstava koja pak utječu na debljinu filma od velike važnosti su: savojna žilavost (*impact strength*), savojna čvrstoća (*flexural strength*), čvrstoća na odljepljivanje (*peel strength*), fleksibilnost (*flexibility*), stabilnost na temperaturne promjene te otpornost na utjecaj čimbenika iz okoline i na fizičke stresove (Gennadios i sur. 1996). U praksi su dvije metode mjerenja debljine filma: kontaktna i nekontaktna

metoda. Učinkovitija je nekontaktna metoda koja ne oštećuje uzorak i mjeri se sa digitalnim uređajem. Druga, kontaktna metoda je pomoću mikrometra na način da se premaz podigne od površine hrane i izmjeri debljina filma koja je uobičajeno manja od 0,25 mm.

### **2.5.2. Barijerne karakteristike filmova**

Djelotvornost jestivih filmova ovisi o barijernim svojstvima na vodenu paru, plinove, ulja i aromu. Ona ovise o strukturi i kemijskom sastavu biopolimera koji je korišten za proizvodnju filma, karakteristikama proizvoda i uvjetima skladištenja (Singh i Singh, 2005). Filmom obložena namirnica podložna je kemijskim promjenama nastalih uslijed metabolizma mikroorganizama, staničnog disanja, propusnosti plinova. Shodno tomu, cilj je proizvesti filmove koji će posjedovati dobra barijerna svojstva, zaštititi i produžiti rok trajanja proizvoda na što duži vremenski period.

#### **2.5.2.1. Permeabilnost vodene pare i plinova**

Veličina koja opisuje barijerna svojstva jestivih filmova je *koeficijent propusnosti* (eng. Permeability – P), koji je uvjetovan koeficijentom difuzije (eng. Diffusion – D) i topljivosti (eng. Solubility – S). Koeficijent difuzije ukazuje koliko brzo će se permeat probijati kroz polimerni matriks, a koeficijent topljivosti daje količinu permeata koji je apsorbiran u polimeru sa kontaktne površine (Bastioli, 1997). Brzina propusnosti kisika i vodene pare dva su indikatora koja utječu na funkciju, održivost i kakvoću obloženog proizvoda. Kisik je zaslužan za većinu nepoželjnih reakcija poput enzimskog posmeđivanja proizvoda, oksidaciju vitamina, proteina i nezasićenih masnih kiselina. Propusnost plinova raste sa porastom vlage. Difuzija molekula plina kroz jestive filmove odvija se u tri faze: adsorpcija plina na površinu filma, difuziju molekula plina kroz matriks filma i desorpciju molekula plina sa druge strane filma. Propusnost vodene pare u zapakiranim namirnicama glavni je parametar u kontroli promjene količine vlage i aktivitetu vode u pakiranom proizvodu (Singh i Singh, 2005). Aktivitet vode predstavlja omjer parcijalnog tlaka vodene pare u proizvodu i parcijalnog tlaka u čistoj vodi. Propusnost vodene pare varira ovisno o temperaturi, kada se snižava temperatura smanjuje se propusnost, no pri veoma niskim temperaturama može se i povećati.

Jestivi filmovi na bazi proteina u odnosu na polisaharidne i lipidne, posjeduju dobru barijeru na propusnost kisika, a slabu prema vodi zbog polarnosti aminokiselina i dodataka plastifikatora koji se dodaju u svrhu poboljšanja fleksibilnosti filma. Jestivi filmovi na bazi lipida imaju najbolju zaštitu od vlage zbog nepolarnosti molekula i pokazuju najviši stupanj otpornosti prema migraciji vlage. Jestivi filmovi na bazi polisaharida pokazuju slaba barijerna svojstva prema vodi zbog svoje hidrofilne prirode (Singh i Singh, 2005).

**Tablica 4.** Propusnost vodene pare kod različitih filmova (Guilbert i sur. 1997).

<b>Filmovi</b>	<b>Propusnost vodene pare x 10<sup>12</sup> mol mm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> Pa<sup>-1</sup></b>	<b>Debljina</b>	<b>T/ °</b>	<b>RH/%</b>
<b>Škrob</b>	142	1.190	38	100-30
<b>Natrijev kazeinat</b>	24.7	-	25	100-0
<b>Metil celuloza</b>	7.78	0.025	25	52-0
<b>Kukuruzni zein</b>	6.45	0.200	21	85-0
<b>Hidroksipropilmetil- celuloza</b>	5.96	0.019	27	85-0
<b>Glicerol monostearat</b>	5.85	1.750	21	100-75
<b>Pšenični gluten - Glicerol</b>	5.08	0.050	30	100-0
<b>Pšenični gluten – Oleinska kiselina</b>	4.15	0.050	30	100-0
<b>Miofibrilni proteini ribe</b>	3.91	0.060	25	100-0
<b>Pšenični gluten – Karnauba vosak</b>	3.90	0.050	30	100-0
<b>Hidroksipropil celuloza</b>	2.89	0.075	30	11-0
<b>Tamna čokolada</b>	0.707	0.610	20	81-0
<b>Polietilen niske gustoće</b>	0.0482	0.025	38	95-0
<b>Polietilen visoke gustoće</b>	0.0122	0.025	38	97-0

<b>Pčelinji vosak</b>	0.0122	0.120	25	87-0
<b>Pšenični gluten – dvosloj pčelinjeg voska</b>	0.0230	0.090	30	100-0
<b>Karnauba vosak</b>	0.0185	0.100	25	100-0
<b>Aluminijska folija</b>	0.000289	0.025	38	95-0

### 2.5.3. Optička svojstva

Optička svojstva poput sjaja, prozirnosti i boje od velikog su značaja u estetici samog proizvoda. Ovisno o sastavu filma, postupku izrade i o drugim vanjskim faktorima (temperatura, relativna vlažnost (Rhim i Shellhammer, 2005)). Prozirnost i boja određuju propusnost svjetlosti kroz film, izravno utječući na kemijske promjene upakiranog proizvoda. Zaštita od svjetla koju nude jestivi filmovi ovisi o brojnim čimbenicima: prirodne apsorpcijske osobine materijala koji sačinjava film, debljinu filma, uvjete obrade filma, obojenje konačnog filma (Singh i Singh, 2005). Sjaj je poželjna karakteristika filmova na koji utječe mikrostruktura, vrsta i količina surfakanata, raspodjela i veličina promjera čestica disperzne faze, relativna vlažnost, vrijeme skladištenja i hrapavost površine (Skurtys i sur., 2010).

### 2.6. Jestivi filmovi s funkcionalnim svojstvima

Jestivi filmovi mogu biti nosioci bioaktivnih spojeva te tako postići funkcionalna svojstva hrane. Najčešći bioaktivni spojevi koji se inkorporiraju u filmove su antioksidansi koji se mogu dodati kao čisti spojevi, eterična ulja ili ekstrakti. Prije njihove primjene potrebno je odrediti antioksidacijsku aktivnost i njihov učinak na određene karakteristike na apliciranoj hrani. Bioaktivni spoj bila bi i antimikrobna sredstva koja mogu spriječiti i/ili usporiti neželjene reakcije na površini hrane.

U čiste spojeve ubrajamo resveratrol, tokoferol, limunsku kiselinu, te askorbinsku kiselinu koja sprječava enzimatsko posmeđivanje voća. Esencijalna ulja su veoma aromatična i pokazuju dobra antimikrobna svojstva. Sastav eteričnih ulja varira ovisno o vrsti, no većinom su ona mješavina terpena, fenolnih kiselina i ostalih aromatskih i alifatskih spojeva. Primjenom esencijalnih ulja produljuje se rok trajanja i smanjuje lipidna peroksidacija. Eterična ulja zbog svojih hidrofobnih karakteristika mogu utjecati na zaštitu od propusnosti vodene pare. Dodatkom ekstrakata čaja, voća, povrća i drugih biljnih vrsta možemo produljiti rok trajanja,



povećati kvalitetu proizvoda, usporiti oksidaciju lipida i utjecati na poboljšanje antioksidacijskih svojstava (Bourbon i sur., 2011).

**Tablica 5.** Bioaktivni spojevi (antioksidansi) u proizvodnji funkcionalnih filmova (Pamuković, 2017.)

ČISTI SPOJEVI	<b>Askorbinska kiselina, limunska kiselina, resveratrol, <math>\alpha</math>-tokoferol</b>
ESENCIJALNA ULJA	<b>Mješavine aromatskih i alifatskih spojeva</b>
EKSTRAKTI	<b>Ekstrakti čaja, voća i povrća, ginsnega i raznih biljnih vrsta</b>

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. Materijali

Kod izvođenja eksperimentalnog djela rada korištena su četiri brašna rogača i to Komiški rogač (bio&bio), mljeveni rogač porijeklom s Korčule (2019. godine), mljeveni rogač (Šafram), Nutrigold rogač u prahu (Italija).

Ektstrakcija aktivnih sastojaka rogača provodila u 50% (v/v) otopini etanola u destiliranoj vodi.

Kao materijal za izradu jestivih filmova koristio se visokoesterificirani pektin iz jabuke p.a. (Sigma Aldrich), uz dodatak glicerola kao plastifikatora, te limunska kiselina i mliječna kiselina (90%, p.a. Sigma Aldrich).



Slika 3. Komiški rogač ([www.biobio.hr](http://www.biobio.hr))



Slika 4. Rogać mljeveni ([www.safram.hr](http://www.safram.hr))



Slika 5. Rogać u prahu porijeklom iz Italije ([www.nutrigold.hr](http://www.nutrigold.hr))

## 3.2. Metode rada

### 3.2.1. Priprema ekstrakata rogača

50% (v/v) otopini etanola dodan je prah (brašno) rogača u količini od 15 g na 250 ml otopine. Ekstrakcija aktivnih komponenti iz brašna rogača provedena je u ultrazvučnoj kupelji ASonic (Pro50) na temperaturi od 65°C u vremenu od 20 min pri frekvenciji od 40 kHz. Nakon ekstrakcije uslijedila je filtracija otopina i hlađenje na sobnoj temperaturi.



**Slika 6.** Otopine rogača sa etanolom (Izvor: vlastita fotografija)

### 3.2.2. Određivanje udjela šećera

Udio šećera određivali smo pomoću digitalnog refraktometra (Atago, Pal-3) na način da se mali dio uzorka stavi u utor na uređaju, pritisne tipka „start“ i očita udio šećera izražen u stupnjevima Brix-a.

### 3.2.3. Priprema otopina pektina s ekstraktima rogača

U 100 mL svakog pripremljenog ekstrakta rogača dodano je 3 g pektina i zagrijavano do 80°C uz konstantno miješanje na magnetskoj miješalici. Nakon 15 minuta u otopine je dodano 2 g limunske kiseline, odnosno 2 mL 80% mliječne kiseline. Otopinama se nakon hlađenja na 60°C dodaje i 2% (w/v) glicerola (plastifikatora), uz homogenizaciju na magnetskoj miješalici sljedećih pola sata.

Na isti način pripremljena je i otopina pektina u destiliranoj vodi (bez praha rogača) koja je poslužila kao slijepa proba.



**Slika 7.** Miješanje ekstrakata rogača na magnetskoj miješalici (Izvor: vlastita fotografija)

### **3.2.4. Mjerenje viskoznosti otopina pektina**

Prividna viskoznost otopina pektina s različitim ekstraktima rogača mjerena je na rotacijskom viskozimetru (First plus LR, Lamy Rheology instruments). Čašu napunimo sa odgovarajućom količinom uzorka te precizno uronimo odgovarajući mjerni cilindar pričvršćen na rotor instrumenta. Brzina rotacije mjernog cilindra, odnosno brzina smicanja kalibrirana je između 100 – 200 rpm. Mjerenje je izvršeno u 15 mjernih točaka s vremenom trajanja svake mjerne točke od 25 sekundi. Srednju vrijednost svih 15 mjernih točaka predstavlja vrijednost prividne viskoznosti otopina. Mjerenja viskoznosti provedena su na 22°C.

### **3.2.5. Priprema filmova**

Filmove smo pripremili lijevanjem otopine pektina s različitim ekstraktima rogača u Petrijeve zdjelice promjera 10 cm. Pomoću menzure izlijeva se 40 mL pripremljene otopine. Nakon izlijevanja filmova, Petrijeve zdjelice se stavljaju na sušenje pri sobnoj temperaturi 5 dana. Filmovi se uklanjaju iz Petrijevih zdjelica pomoću špatule i čuvaju u eksikatorima do daljnjih analiza.



**Slika 8.** Izlijevanje otopina pektina sa rogačem u Petrijeve zdjelice (Izvor: vlastita fotografija)

### 3.2.6. Određivanje debljine filmova

Debljina filmova na bazi pektina i rogača mjerena je nakon 5 dana sušenja i vađenja iz Petrijevih zdjelica. Digitalnim mikrometrom (Insize, 3109 – 50 A) mjeri se debljina filmova na nekoliko različitih mjesta (minimalno 6) te u sredini filma. Kao rezultat mjerenja uzeta je srednja vrijednost s pripadajućom devijacijom ( $\mu\text{m}$ ).

### 3.2.7. Određivanje udjela vode i suhe tvari u pripremljenim filmovima

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

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

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

Gdje je:

$m_2$  – masa Petrijeve zdjelice s filmom prije sušenja na  $105^{\circ}\text{C}$  (g)

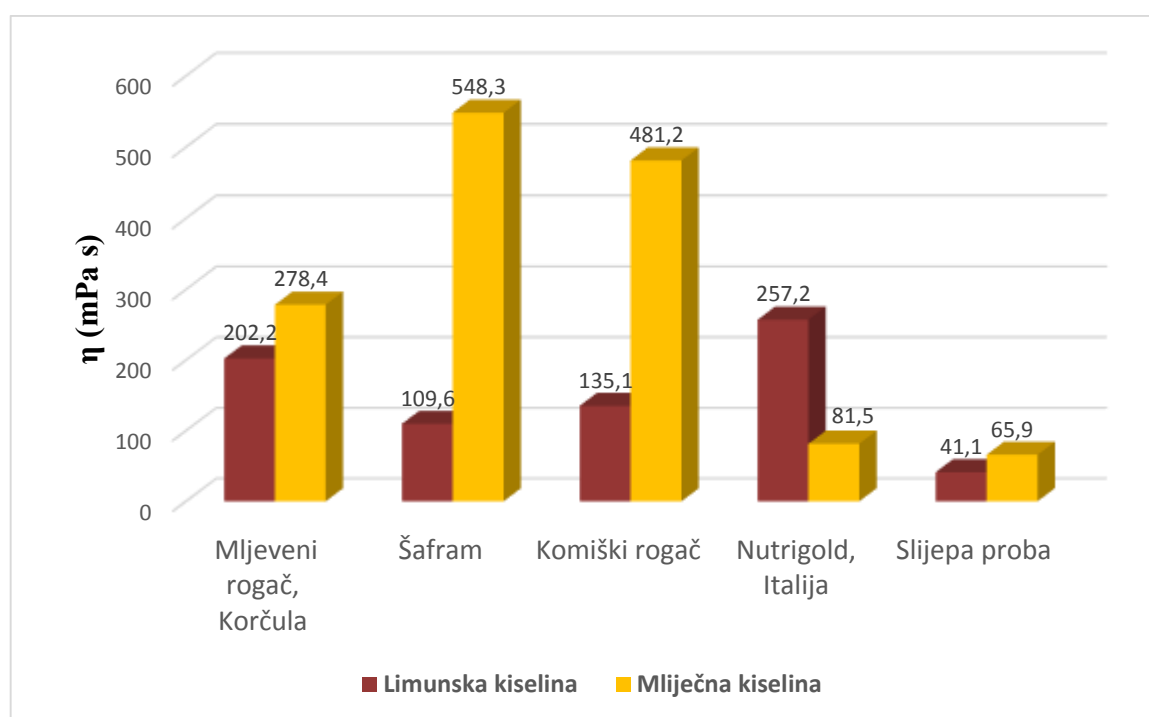
$m_1$ - masa Petrijeve zdjelice s filmom nakon sušenja na  $105^{\circ}\text{C}$  (g)

$m_0$ - masa filma bez zdjelice prije sušenja (g)

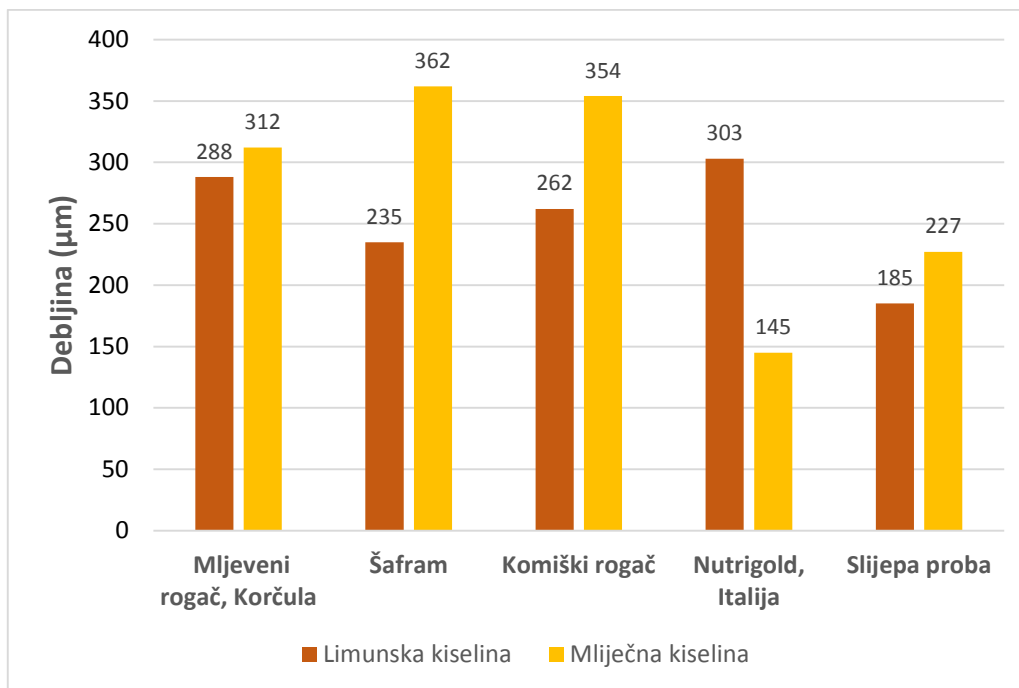
## 4. REZULTATI

**Tablica 6.** Udio šećera u ekstraktima rogača određen refraktometrijski.

<i>Uzorak rogača</i>	<i>Udio šećera</i>	
	<i>% Brix</i>	<i>g/L</i>
Komiški rogač ( bio%bio)	19,6	211,2
Mljeveni rogač (Korčula)	19,5	210,8
Mljeveni rogač (Šafram)	19,0	204,9
Nutrigold rogač u prahu (Italija)	19,5	210,8



**Slika 9.** Izmjerene vrijednosti prividne viskoznosti  $\eta$ , u otopinama pektina s različitim ekstraktima rogača, pri 22°C.



**Slika 10.** Debljine pripremljenih filmova nakon 5 dana sušenja na sobnoj temperaturi.

**Tablica 7.** Udio vode i suhe tvari u pripremljenim filmovima na bazi pektina i limunske kiseline.

Ekstrakt rogača	Udio vode (%)	Udio suhe tvari (%)	Opaska
Slijepa proba	18,4	81,6	elastičan, savitljiv
Mljeveni rogač iz Korčule	16,6	83,5	krhak, puca
Šafram	19,8	80,2	elastičan, puca po rubovima
Komiški rogač, Bio&Bio	20,5	79,5	elastičan, puca po rubovima
Nutrigold, Italija	18,7	81,3	krhak, puca

**Tablica 8.** Udio vode i suhe tvari u pripremljenim filmovima na bazi pektina i mliječne kiseline.

<b>Ekstrakt rogača</b>	<b>Udio vode (%)</b>	<b>Udio suhe tvari (%)</b>	<b>Opaska</b>
Slijepa proba	20,2	79,8	elastičan
Mljeveni rogač iz Korčule	21,7	78,3	krhak, puca po rubovima
Šafram	23,8	76,2	elastičan, najbolja svojstva
Komiški rogac, Bio&Bio	22,6	77,4	elastičan
Nutrigold, Italija	16,3	83,7	teško se vadi iz zdjelice, krhak



**Slika 11.** Pripremljeni jestivi filmovi na bazi pektina i mliječne kiseline nakon sušenja 5 dana na sobnoj temperaturi (1-slijepa proba, 2- rogač u prahu iz Italije, 3- komiški rogač, 4- mljeveni rogač s Korčule, 5- Šafram).



## 5. RASPRAVA

Cilj ovog završnog rada bio je pripremiti jestive filmove na bazi pektina s ekstraktima rogača koji su dobiveni iz različitih sirovina u 50% etanolu. Također, ispitao se i utjecaj dodatka limunske i mliječne kiseline na svojstva pripremljenih filmova. Filmovi su pripremljeni u Petrijevim zdjelicama uz dodatak glicerola kao plastifikatora.

Rezultati ispitivanja su prikazani u Tablicama 6. do 8., te na Slikama 9. do 11.

Udio šećera u dobivenim ekstraktima rogača (50% otopina etanola) određen je refraktometrijski, a rezultati prikazani u tablici 6. Ovdje valja spomenuti da su etanolni ekstrakti različitog brašna rogača pripremani u ultrazvučnoj kupelji, čime se željelo provesti što kraću ekstrakciju s ciljem dobivanja veće količine bioaktivnih spojeva iz rogača. Ultrazvuk predstavlja posebni oblik zvučnog vala, za kojeg je karakteristično da može stvoriti kompresiju i ekspanziju kada prolazi kroz tekućinu ili tekućinu koja sadrži krute materijale. Korištenjem ultrazvučnih valova dolazi do kavitacije, koji uključuje stvaranje, rast i puknuće mjehurića, što u konačnici dovodi do ubrzanja otpuštanja organskih spojeva sadržanih unutar stanica tkiva (Azmir i sur., 2013). Ekstrakcija primjenom ultrazvuka štedi energiju, učinkovita je i brza metoda koja se može koristiti i za termolabilne spojeve (Shams i sur., 2015).

Poznato je i dokazano da rogač sadrži najveće količine ugljikohidrata od svih ostalih prisutnih tvari, (Dragojević, 2017), a također je potvrđeno da upravo oni mogu pozitivno utjecati na polimerizaciju osnovnog biopolimera pri proizvodnji jestivih filmova. Iz tablice 6. je vidljivo da svi pripremljeni ekstrakti imaju vrlo visoki udio šećera i to u rasponu od 204,9 do 211 g/L.

Najmanja količina šećera određena je u ekstraktu koji je dobiven iz mljevenog rogača s Korčule, dok je najveća količina izmjerena u komiškome rogaču.

Na Slici 9. prikazane su srednje vrijednosti prividne viskoznosti otopina pektina s različitim ekstraktima rogača  $\eta$  (mPa s) uz dodatak mliječne i limunske kiseline izmjerene pri 22°C. Pektin stvara formu gela u vodenim otopinama pri povišenim temperaturama, a samo geliranje pektina je najvažnije svojstvo na kojem se temelji njegova sve raširenija upotreba. Značajan utjecaj na reološka svojstva pektinskih gelova također imaju i parametri poput pH, prisutnosti suotapala, prisutnosti kationa, prisutnosti šećera, kao i primjenjena temperatura

(Dhanapal i sur., 2012). Viskoznost kao važno reološko svojstvo može utjecati na debljinu pripremljenog filma, pa tako viskoznije otopine uvijek stvaraju deblje filmove.

Iz Slike 9. ako pogledamo vrijednosti viskoznosti u otopinama koje nisu pripremljene iz ekstrakata odnosno otopine koje su sačinjavale uzorke slijepe probe, vidljivo je da dodatak mliječne kiseline u otopinu pektina dovodi do nastajanja viskoznije otopine (65,9 mPa s) u odnosu na dodatak limunske kiseline (41,1 mPa s).

Iz slike je također vidljivo da viskoznost pripremljenih otopina pektina ovisi i o primjenjenom ekstraktu rogača. Najviskoznija otopina dobiva se iz ekstrakta šaframovog rogača uz dodatak mliječne kiseline (548,3 mPa s), dok je najniža vrijednost viskoznosti izmjerena u otopini s ekstraktom talijanskog rogača, također uz dodatak mliječne kiseline i to od 81,5 mPa s. Općenito se može primjetiti, da se dodatkom mliječne kiseline dobivaju otopine pektina s puno višom vrijednosti prividne viskoznosti (od 278,4 do 548,2 mPa s) u odnosu na one izmjerene s dodatkom limunske kiseline (od 135,1 do 257,2 mPa s). Ovakvi rezultati ukazuju da mliječna kiselina u otopini pektina ima bolje djelovanje, odnosno da njezinom upotrebom dobivamo umreženiju strukturu koja je poželjna u daljnjem oblikovanju i sušenju pripremljenih filmova i prevlaka.

Debljine pripremljenih pektinskih filmova izmjerene nakon 5 dana sušenja na sobnoj temperaturi prikazane su na Slici 10. Iz slike je vidljivo da su filmovi koji su pripremani iz ekstrakata rogača deblji u odnosu na pektinske filmove koji su pripremljeni samo s destiliranom vodom. Jedino odstupanje pokazuje film pripremljen iz ekstrakta talijanskog rogača (Nutrigold) uz dodatak mliječne kiseline, čija debljina iznosi svega 145  $\mu\text{m}$ . Također je primjećeno da debljine pektinskih filmova s dodatkom limunske kiseline imaju nešto niže vrijednosti od onih koji su pripremljeni uz dodatak mliječne kiseline. Ovakvi rezultati potvrđuju prethodno dobivene vrijednosti viskoznosti (viskoznija otopina deblji film).

Najdeblji film dobiven je od ekstrakta šaframovog rogača uz dodatak mliječne kiseline od čak 362  $\mu\text{m}$ , u odnosu na slijepu probu koja je iznosila 227  $\mu\text{m}$ .

U Tablici 7. dane su vrijednosti udjela vode i suhe tvari u pripremljenim pektinskim filmovima uz dodatak limunske kiseline. Iz tablice je vidljivo da se sadržaj vode kreće u rasponu od 16,6% do 20,5%. Ono što se može odmah primjetiti da film dobiven s ekstraktom mljevenog rogača s Korčule ima najmanji udio vode (16,1%), odnosno manji udio vode u

odnosu na film koji je predstavljao slijepu probu. Također, najveći udio vode sadržavao je film dobiven iz ekstrakta komiškog rogača.

U istoj tablici dane su i neke opaske koje se odnose na vizualni i taktilni pregled dobivenih filmova. Film koji je predstavljao slijepu probu, odnosno koji se sastojao samo od pektina uz dodatak limunske kiseline pokazao je dobro svojstvo elastičnosti i savitljivosti, dok su pripremljeni filmovi iz ekstrakata rogača pokazali nešto lošija svojstva. Najbolja svojstva elastičnosti pokazali su filmovi dobiveni iz ekstrakata šaframovog i komiškog rogača, iako je primjećeno da su na rubovima presušeni i dolazi do pucanja. Najlošija svojstva imali su filmovi iz ekstrakata mljevenog rogača s Korčule i talijanskog rogača koji su bili izrazito krhki i teško su se vadili iz Petrijevih zdjelica. Ovakvi rezultati su povezani i s udjelom vode, naime, upravo oni imaju puno manji udio vode u odnosu na ostale pripremljene filmove, što učito utječe na njihova svojstva.

Tablica 8. daje uvid u sadržaj vode, suhe tvari i primjećena svojstva elastičnosti i savitljivosti na pektinskim filmovima dobivenima uz dodatak mliječne kiseline. S druge strane, izgled navedenih pripremljenih filmova prikazan je na slici 11.

Iz tablice 8. vidljivo je da svi pripremljeni filmovi imaju veći udio vode u odnosu na uzorak slijepu probe (20,2 %), osim filma koji je dobiven iz ekstrakta talijanskog rogača koji je sadržavao svega 16,3% vode. Upravo ovaj film pokazuje i najlošija svojstva, odnosno teško se može izvaditi iz Petrijeve zdjelice i izrazito je krhak.

Najbolja svojstva i ovdje su pokazali filmovi pripremljeni iz ekstrakata šaframovog i komiškog rogača uz dodatak mliječne kiseline, odnosno dobiveni filmovi su elastični i pokazuju dobru savitljivost.

Iz slike 11. se može primjetiti da filmovi koji su pripremljeni iz ekstrakata rogača imaju znatno tamniju boju u odnosu na film koji je predstavljao kontrolni uzorak odnosno slijepu probu.

## 6. ZAKLJUČCI

Cilj ovog završnog rada bio je pripremiti filmove na bazi pektina s ekstraktima rogača, uz dodatak limunske i mliječne kiseline, te glicerola kao plastifikatora, a na temelju dobivenih rezultata zaključeno je sljedeće:

1. Najmanja količina šećera određena je u ekstraktu koji je dobiven iz mljevenog rogača s Korčule, dok je najveća količina izmjerena u komiškog rogaču.
2. Dodatkom mliječne kiseline dobivaju se otopine pektina s puno višom vrijednosti prividne viskoznosti u odnosu na one izmjerene s dodatkom limunske kiseline, što ukazuje da mliječna kiselina u otopini pektina stvara umreženiju strukturu koja je poželjna u daljnjem oblikovanju i sušenju pripremljenih filmova i prevlaka.
3. Filmovi koji su pripremani iz ekstrakata rogača deblji u odnosu na pektinske filmove koji su pripremljeni samo s destiliranom vodom, odnosno, filmovi pripremljeni uz dodatak mliječne kiseline deblji su u odnosu na one s limunskom kiselinom.
4. Najdeblji film pripremljen je iz ekstrakta šaframovog rogača s mliječnom kiselinom, a najtanji iz talijanskog rogača.
5. Filmovi koji su pripremani s dodatkom mliječne kiseline imaju veći sadržaj vode u odnosu na filmove s limunskom kiselinom. Također, što je veći udio vode u filmu, film pokazuje bolja svojstva elastičnosti i savitljivosti.
6. Najbolja svojstva pokazali su filmovi pripremljeni iz ekstrakata komiškog i šaframovog rogača uz dodatak mliječne kiseline.

## 7. LITERATURA

1. Anonymus (2021): Kazalo naziva aditiva, [https://e-brojevi.udd.hr/e\\_abeceda.htm](https://e-brojevi.udd.hr/e_abeceda.htm) pristupljeno (18.06.2021.)
2. Azmir J., Zaidul I., Rahman M., Sharif K., Mohamed A., Sahen F., Jahurul M., Ghafoor K., Norulaini N., Omar A. (2013) Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: a review. *Journal of Food Engineering* 117, 426-436.
3. Bastioli, C., Aaron, L., Brody, A.L., Marsh, K.S. (1997). *The Wiley encyclopedia of packaging technology*, (2nd ed.), John Wiley & Sons, pp. 77–83.
4. Battle, I., Tous, J. (1997) Carob tree (*Ceratonia siliqua* L.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
5. Bolton RP , Heaton KW i Burroughs LF , 1981 . Uloga prehrambenih vlakana u sitosti, glukozi i inzulinu: studije s voćem i voćnim sokom . *American Journal of Clinical Nutrition* , 34 , 211
6. Considine, D.M. (1982). *Foods and Food Production Encyclopedia*, 1. izd., Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York.
7. Dhanapal, A., Sasikala, P., Lavanya Rajamani, Kavitha, V., Yazhini, G., Shakila Banu, M.(2012) Edible films from Polysaccharides. *Food Science and Quality Management* 3, 9-18.
8. Dragojević Müller I. (2017): Morfološke, genetske i fitokemijske značajke populacije rogača u Hrvatskoj, Doktorski rad, PMF, Sveučilišteu Zagrebu.
9. Durazzo, A., Turfani, V., Narducci, V., Azzini, E., Maiani, G., Carcea, M. (2014) Nutritional characterisation and bioactive components of commercial carobs flours. *Food Chem.* 153, 109-113.
10. Galić, K. (2009) Jestiva ambalaža u prehrambenoj industriji. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*, str. 23-31.
11. Gennadios i sur. 1996, Cherian i sur. 1995; Kester i Fennema 1986; CisnerosZevallos i Krochta 2003a; 2003b; Dangaran i Krochta 2003).
12. Iipumbu, 2008, Battle i Tous, 1997; Marakis, 1996; Yousif i Alghzawi, 2000; Avallone i sur., 1997; Calixto i Canellas, 1982)
13. Iipumbu, L. (2008) Compositional analysis of locally cultivated carob (*Ceratonia siliqua*) cultivars and development of nutritional food products for a range market

sectors. Master of Science in Food Science, Department of Food Science, Faculty of AgriSciences, Stellenbosch University.

14. Kester, J. J., Fennema, O. R. (1986) Edible films and coatings: A review. *Food Technol Chicago* 40(12), 47-59.
15. Kester, J.J., Fennema, O.R. (1986). Edible films and coatings: A review. *Food Technology*, 40 (12), 47-59.  
Kibble: A Bioactive- Rich Food Ingredient. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 15, 63-72.
16. Milani, J., Maleki, G. (2012) *Hydrocolloids in Food Industry*. U: *Food Industrial Processes Methods and Equipment*, (Valdez B., ured.), InTech, str. 17-38.
17. Nasar- Abbas, S. M., Vu, T. H., Khan, M. K., Esbenshade, H., Jayasena, V. (2016) *Carob*
18. Owen R.W., Haubner R., Mier W., Giacosa A., Hull W. E., Spiegelhalder B., Bartsch H. (2003): Isolation, structure elucidation and antioxidant potential of the major phenolic and flavonoid compounds in brined olive drupes. *Food and Chemical Toxicology* 41, 703 – 717.
19. Pamuković, F. (2017.) *Razvoj jestivih filmova s bioaktivnim sastojcima ružmarina*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet
20. Popović, Senka (2013) *Istraživanje dobijanja i karakterizacija biorazgradivih NR kompozitnih filmova na bazi biljnih proteina*, str. 7
21. 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.
22. Shams K., Abdel-Azim N., Saleh I., Hegazy M., El-Missiry M., Hammouda F. (2015) *Green technology: economically and environmentally innovative methods for extraction of medicinal & aromatic plants (MAP) in Egypt*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 7(5), 1050–1074.
23. Singh, R., Singh, N. (2005) *Quality of packaged foods*. U: *Innovations in Food Packaging* (Han, J. H., ured.), Elsevier Science & Technology Books, London, str. 24-40.
24. Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F., Aguilera, J. M. (2010) *Food hydrocolloid edible films and coatings*. U: *Food Hydrocolloids: Characteristics, Properties and Structures*. (Hollingworth C. S., ured.), Nova Science Publishers, Inc., New York, str. 41-80.

25. Wüstenberg, T. (2015) Cellulose and Cellulose Derivate in the Food Industry: Fundamentals and Applications, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
26. Yousif, A.K., Alghzawi, H.M. (2000) Processing and characterization of carob powder. Food chem. 69, 283-287.
27. Youssef, M.K.E., El-Manfaloty, M.M., Ali, H.M. (2013) Assessment of proximate chemical composition, nutritional status, fatty acid composition and phenolic compounds of carob (*Ceratonia siliqua* L.). Food and Public Health. 3, 304-308.