

# Nutraceutska svojstva jestivih filmova

---

Lenard, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:519270>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

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



**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski studij Nutricionizam**

**Ivan Lenard**

7167/N

**NUTRACEUTSKA SVOJSTVA JESTIVIH FILMOVA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Predmet:** Trajnost upakiranih proizvoda

**Mentor:** doc. dr. sc. Mario Ščetar

**Zagreb, 2020.**

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

**Sveučilište u Zagrebu**

**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

**Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam**

**Zavod za prehrambeno – tehnološko inženjerstvo**

**Laboratorij za pakiranje hrane**

**Znanstveno područje: Biotehničke znanosti**

**Znanstveno polje: Nutricionizam**

## NUTRACEUTSKA SVOJSTVA JESTIVIH FILMOVA

*Ivan Lenard, 0054034989*

### **Sažetak:**

U ovom radu napravljen je teorijski pregled nutraceutika i jestivih filmova, te primjene nutraceutika u jestivim filmovima. Detaljno je objašnjena definicija nutraceutika kako bi se ukazalo na razliku od funkcionalne hrane i dodataka prehrani. Opisane su fitokemikalije s nutraceutskim svojstvima i potencijalno pozitivnim utjecajem na zdravlje čovjeka, te mogućnost liječenja kroničnih bolesti. Prikazane su neke od metoda ekstrakcije i analize nutraceutskih spojeva. Napravljen je pregled materijala od kojih se proizvode jestivi filmovi i prevlake, način njihove izrade i svojstva. Konačno, istražena je inkorporacija nutraceutika u jestive filmove i njihova sinergija.

**Ključne riječi:** funkcionalna hrana, jestivi filmovi, nutraceutici, prehrambeni proizvodi, rok trajnosti

**Rad sadrži:** 33 stranice, 10 slika, 2 tablice, 69 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** 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. Mario Ščetar

**Datum obrane:** 15. rujna, 2020.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Bachelor thesis**

**University of Zagreb**

**Faculty of Food Technology and Biotechnology**

**University undergraduate study Nutrition Science**

**Department of Food Technology Engineering**

**Laboratory for Food Packaging**

**Scientific area: Biotechnical Sciences**

**Scientific field: Nutrition Science**

### **NUTRACEUTICAL PROPERTIES OF EDIBLE FILMS**

***Ivan Lenard, 0054034989***

**Abstract:**

In this thesis, a theoretical review of nutraceuticals and edible films was made, and the application of nutraceuticals in edible films. The definition of nutraceuticals is explained in detail to indicate the distinction of functional food and food supplements. Phytochemicals with nutraceutical properties and potentially positive effects on human health and the possibility of treatment of chronic diseases have been described. Some of the methods of extraction and analysis of nutraceutical compounds are presented. An overview of the materials from which edible films and coatings are produced has been made, and also the way they are produced and their properties. Finally, the incorporation of nutraceuticals into edible films and their synergy was explored.

**Keywords:** edible films, food products, functional foods, nutraceuticals, shelf life

**Thesis contains:** 33 pages, 10 figures, 2 tables, 69 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:** Mario Ščetar, PhD, Assistant professor

**Defence date:** September 15<sup>th</sup> 2020.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1. Nutraceutici .....	2
2.1.1. Kako svjetske organizacije definiraju nutraceutike.....	2
2.1.2. Fitokemikalije s nutraceutskim svojstvima .....	5
2.1.3. Upravljanje kroničnim bolestima uz pomoć nutraceutika .....	9
2.1.4. Ekstrakcija nutraceutika.....	12
2.1.5. Analitičke metode u karakterizaciji nutraceutika .....	13
2.2. Jestivi filmovi .....	15
2.2.1. Materijali za izradu jestivih filmova i prevlaka.....	15
2.2.2. Izrada filmova.....	19
2.2.3. Svojstva jestivih filmova.....	20
2.3. Primjena nutraceutika u jestivim filmovima.....	21
2.4. Zakonski propisi .....	24
3. ZAKLJUČAK.....	26
4. POPIS LITERATURE.....	27

## 1. UVOD

Jestivi filmovi i prevlake, tj. održivi alternativni materijali, posljednjih godina dobivaju na pažnji zbog svojih prednosti pred sintetičkim filmovima. Sintetički filmovi i dalje su glavni izvor materijala za pakiranje proizvoda jer pružaju svestrana rješenja za različite vrste primjena. Međutim, konvencionalni polimeri korišteni za pakiranje sve više se dovode u pitanje zbog povećane brige o zaštiti okoliša. Osnovna prednost jestivih filmova pred tradicionalnim filmovima je njihova bio-razgradivost i mogućnost konzumiranja zajedno sa zapakiranim proizvodom. U industriji pakiranja hrane, korištenje ispravnih materijala i metoda kako bi se smanjili gubici hrane, te kako bi se osigurala cjelovita i sigurna hrana od uvijek je bio glavni interes. Svijest potrošača o utjecaju ambalaže na okoliš i interes za kvalitetnom hranom i zdravljem, ali i funkcionalnosti proizvoda nastavlja rasti. U pogledu zdravlja, nutritivni aspekti hrane postali su globalni interes zbog velikog utjecaja na kvalitetu života. Nutritivno cjelovita prehrana može poboljšati zdravlje i kvalitetu života normalne populacije, no pogotovo skupinama s posebnim prehranbenim režimima poput celijakičara i dijabetičara. Stoga bi prehrambena industrija trebala pronaći inovativne solucije za aktualna pitanja, a jestivi filmovi mogli bi biti jedno od rješenja. Posljedično, postoji velika potreba za pronalaskom i istraživanjem novih tehnika u razvoju jestivih filmova. Jestivi filmovi po definiciji predstavljaju tanak sloj materijala prigodan za konzumaciju, te pritom osiguravajući barijernu zaštitu proizvoda (prema plinovima, O<sub>2</sub>; vodenoj pari; mehanička zaštita; antimikrobna zaštita). Jedinstveno svojstvo jestivih filmova i prevlaka jest njihov kapacitet da vežu razne funkcionalne sastojke u svojoj mreži poput antimikrobnih tvari, antioksidansa, aroma i bojila. Integracija tih sastojaka u filmove može poboljšati stabilnost hrane, kvalitetu, funkcionalnost i sigurnost. No, nova generacija jestivih filmova posebno se konstruira kako bi se inkorporacijom nutraceutika u svoj sastav poboljšala nutritivna vrijednost hrane, a pogotovo voća i povrća koja su manjkava u svojem sastavu. Nutrijenti imaju fundamentalnu ulogu u ljudskom tijelu u prevenciji određenih bolesti, te ih možemo unijeti raznovrsnom prehranom. Međutim, promjenom prehranbenih navika, konzumacija povrća, voća, cjelovitih žitarica, mlijeka i mliječnih proizvoda, te ribe i plodova mora manja je nego što se preporuča. Prehranbeni referentni unos (Dietary Reference Intake - DRI) nekih nutrijenata (kalij, vlakna, kalcij i vitamin D) je dovoljno nizak da postane brigom javnog zdravstva. Dodatno, unos željeza, folata i vitamina B<sub>12</sub> od posebne su važnosti specifičnim populacijama. U ovom radu definirat će se nutraceutici, njihov potencijalan utjecaj na zdravlje i sposobnost liječenja bolesti. Dalje će se opisati svojstva jestivih filmova, te inkorporacija nutraceutika u mrežu jestivih filmova u svrhu stvaranja inovativne funkcionalne hrane u službi ljudskoga zdravlja i ekološke i ekonomske održivosti.

## **2. TEORIJSKI DIO**

### **2.1. Nutraceutici**

Termin "nutraceutik" prvi puta je iskorišten prije otprilike dvadesetak godina kako bi se opisalo sjedinjenje ključnih kontributora ljudskom wellnessu, nutricije i farmaceutike. Nutraceutici su sastojci hrane ili tvari dobivene iz prehrambenih proizvoda koje pružaju dodatnu zdravstvenu korist u odnosu na osnovnu nutritivnu vrijednost hrane, te se smatra da pružaju prevenciju kod kroničnih bolesti i pomažu u poboljšanju zdravlja čovjeka (Kaur, 2016). Prirodno poboljšavaju kvalitetu života, odgađaju starenje, te produžuju životni vijek. Prekobrojni dokazi potvrđuju zdravstvenu korist i vrijednost nutraceutika u tretmanu i prevenciji bolesti, te važnu ulogu koju te tvari igraju u fiziološkim procesima. Međutim, brojne zdravstvene koristi nutraceutika još uvijek ostaju misterijem i subjektom daljnjih znanstvenih istraživanja. No ono što zasigurno znamo jest to da djeluju u sinergiji s drugim vitaminima i nutrijentima prisutnima u voću i povrću kako bi održali naša tijela zdravima (Kaur, 2016).

U posljednjih dvadesetak godina velik broj znanstvenih radova posvećen je tzv. "funkcionalnoj hrani" i "nutraceuticima". Istraživanje funkcionalnih sastojaka pokazalo se obećavajuće u korištenju takvih sastojaka u prehrambenim proizvodima, te na taj način stvarajući dodatnu vrijednost za proizvođače i zdravstvenu dobrobit za potrošače (Lipi i sur., 2012; Sinéad i sur., 2011). Bioaktivni prirodni proizvodi, tj. nutraceutici glavni su izvor novih lijekova, funkcionalne hrane i prehrambenih aditiva. Oni su sekundarni metaboliti biljaka koji nastaju kroz različite biološke puteve u sekundarnim metaboličkim procesima. Neke od tipičnih karakteristika ovih bioaktivnih prirodnih proizvoda su: (1) raznovrsne strukture, tj. kemijski spojevi (flavanoidi, alkaloidi, steroli, terpeni, kinoni, fenil propanoidi, itd.); (2) molekulska masa između 200 i 1000, kompleksne strukture s kosturom od aromatskih prstena i više funkcijskih grupa; (3) raznovrsna fiziološka aktivnost; i (4) temperatura vrenja koja je većinom iznad 200°C, no neki su i termo senzibilni (Kaur, 2016).

#### **2.1.1. Kako svjetske organizacije definiraju nutraceutike**

Mnogo godina postoji konfuzija o definiciji "nutraceutika". Europska nutraceutska organizacija definira nutraceutike kao proizvode koji imaju nutritivnu vrijednost za ljudsku dobrobit (Anonymous 1, 2018). Nasuprot farmaceuticima koji su umjetne kemijske tvari s definitivnim

indikacijama, nutraceutici su sastojci hrane ili dobiveni iz hrane. Iz tog razloga definicija Europske nutraceutске organizacije ne uključuje dijetetske nenutritivne tvari uobičajeno reklamirane pod imenom "Nutraceutik" i koje uključuju polifenole i neke karotenoide. Američka nutraceutска asocijacija koristi definiciju koju je iskovao De Felice (1989). Citirajući De Felice-a, on opisuje nutraceutike kao hranu (ili sastojak hrane) koji pruža medicinsku ili zdravstvenu dobrobit, uključujući prevenciju i/ili liječenje bolesti. (Brower, 1998). Prema De Felice-u u kategoriju nutraceutika spada mnoštvo proizvoda koji sadrže nutrijente koji ne dijele sličnosti sa dodacima prehrani i prehrambenim režimima, genetski modificirana i dizajnirana hrana, proizvodi dobiveni od medicinskih biljaka, uvarci, juhe, procesirane i prezervirane žitarice i napitci. Ipak, direktna referenca na hranu ( žitarice, juhe i napitci) otkrivaju da se današnji koncepti "funkcionalne hrane" i "nutraceutika" preklapaju, te njihove definicije nisu dovoljno jasne (Kaur, 2016). Na primjer Health Canada dalje je prilagodila De Felice-ovu definiciju, te opisuje nutraceutike kao proizvod dobiven ili rafiniran iz nutrijenta koji se prodaje u medicinskom obliku ali ne nužno povezan s hranom, a verificiran je da pruža funkcionalne benefite ili štiti od kronične bolesti. Prema istoj definiciji, funkcionalna hrana je vizualno usporediva sa ili može biti tradicionalna hrana konzumirana u normalnoj prehrani, a otkriveno je da poboljšava tjelesno zdravlje uz normalne nutritivne funkcije. Osim toga može pomoći u smanjenju rizika od kroničnih bolesti (Kaur, 2016). Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA – European food safety authority) ne koristi termin nutraceutik već dodatak prehrani za koncentrirane izvore nutrijenata ili supstanci hrane s nutritivnim ili fiziološkim učinkom čija je uloga dopuniti normalnu prehranu. Prodaju se u "dozama" tj. pilulama, tabletama, kapsulama, tekućinama određenih doza itd. Neprehrambene i nenutritivne tvari poput ginsenga, kantariona, ginka itd., koje se uobičajeno prodaju kao nutraceutici EFSA smatra biljnim proizvodima (preparati proizvedeni iz biljaka, algi, gljiva ili lišajeva, široko dostupni na tržištu u obliku dodataka prehrani). Prema EFSA-inoj definiciji, biljni proizvodi mogu se smatrati vrstom dodatka prehrani, ali ne striktno nutraceutikom zbog svog neprehrambenog podrijetla. U SAD-u termin nutraceutik uobičajeno se koristi u reklamiranju, međutim ne postoji nikakva regulatorna definicija (Zeisel, 1999.). Agencija za hranu i lijekove (FDA - Food and drug administration) u aktu za dodatke prehrani "Dietary Supplement Health and Education Act (DSHEA)" iz 1994. navodi da je proizvođač dodatka prehrani ili prehrambene namirnice odgovoran za zdravstvenu ispravnost i sigurnost tog proizvoda (Anonymous 2, 2019). Dakle, ne postoji dovoljno jasnih informacija u literaturi o definiciji nutraceutika i funkcionalne hrane. Također, postoji i dvosmislenost u želji da se koriste na isti način. Vrlo je bitno, stoga, da razlikujemo percepciju o funkcionalnoj hrani, dodacima prehrani i nutraceuticima kako bismo ih mogli međusobno razlikovati (Kaur, 2016).



Funkcionalna hrana je ona hrana koja vrši znanstveno dokazano specifičnu zdravstvenu tvrdnju, neovisno o svojim nutritivnim svojstvima, a njena konzumacija nije neophodna za ljudski život. Oblik funkcionalne hrane je hrana ili derivat poput obogaćenih napitaka, sokova, mlijeka, jogurta, margarina, žitarica, itd. Dodaci prehrani su kako im i ime sugerira, proizvodi koji se konzumiraju kako bi dopunili normalnu prehranu. Konzumiraju se u obliku farmaceutika, npr. pilule, tablete, prašci, itd., ali ne i u obliku napitaka (juhe, sokovi, itd.) ili konvencionalne hrane (González-Sarrías i sur., 2013).

Dodaci prehrani dalje se mogu kategorizirati u tri skupine:

- Medicinska hrana
- Biljni proizvodi
- Nutraceutici

Medicinska hrana su dodaci s formulama namijenjenim da zadovoljavaju specifične nutritivne potrebe, najčešće pacijenata, stoga je konzumirana uz strog medicinski nadzor. Primjerice, nutritivno modificirani proizvodi za pacijente oboljele od karcinoma, s metaboličkim poremećajima, itd.

Biljni proizvodi su dodaci iz neprehrambenih izvora (biljke, alge, gljive ili lišajevi). Postoji 900 biljnih vrsta koje sadrže prirodne tvari potencijalno povoljne za ljudsko zdravlje ako se konzumiraju u hrani ili kao dodatak prehrani (EFSA, 2012). Nisu neophodni za ljudski život.

Nutraceutik je vrsta dodatka prehrani, a ne svojstvo ili vrijednost nečega. Nutraceutici su proizvodi koji nose koncentrirani oblik (ekstrakt, pročišćenu tvar ili kombinaciju) bioaktivne/bioaktivnih tvari (preferabilno identificirane u proizvodu), nutrijent ili nenutrijent, ali izvorom iz hrane ('nutra-') u većoj dozi od one koja se može osigurati normalnom hranom i uravnoteženom prehranom. Nutraceutici se koriste s namjerom poboljšanja zdravlja ('-ceutical') i wellnessa iz fiziološke ili psihološke perspektive, sa specifičnim tvrdnjama iznad konvencionalnih nutritivnih potreba (za prevenciju i odgodu bolesti ili poboljšanje stanja oboljelih, ili za komplementiranje farmakoloških tretmana pod medicinskim nadzorom, ali ne za liječenje patologija) (González-Sarrías i sur., 2013). Primjerice:

- Kapsule s ekstraktom grožđa visoke koncentracije resveratrola za smanjenje rizika od kardiovaskularnih bolesti
- Ekstrakt rajčice obogaćen likopenom za održavanje normalne razine kolesterola u krvi
- Pilula pročišćenog luteina za odgodu problema s vidom
- Hesperdin s ekstraktom citrusa koji mu poboljšava apsorpciju, itd.

Začini (ružmarin, kurkuma, itd.), prisutni u prehrani, također mogu postati nutraceuticima ako su u koncentriranom obliku kao ekstrakti. Također nutraceutik može dostaviti bioaktivne tvari u dozama zadovoljivim kroz normalnu prehranu, međutim te tvari moraju imati neka posebna svojstva poput poboljšane apsorpcije i/ili pojačanog fiziološkog učinka. Izolirane tvari (ali ne ekstrakti) iz neprehrambenih izvora mogu se koristiti u nutraceuticima samo ako su te tvari inače prisutne u hrani. Drugi dodaci poput vitamina, minerala, aminokiselina i drugih mikro i makro nutrijenta s vrlo poznatim ulogama u ljudskoj prehrani i/ili poznatim dnevnim potrebama (RDA - recommended daily allowance), mogu postati nutraceuticima samo ako je doza iznad vrijednosti RDA jasno povezana s pozitivnim učinkom na ljudsko zdravlje. Iako to nije zakonski regulirano, korištenje nutraceutika koji sadrže vitamine, minerale, itd. trebalo bi biti pod medicinskim nadzorom (González-Sarrías i sur., 2013).

### **2.1.2. Fitokemikalije s nutraceutskim svojstvima**

Biljkama je potreban snažan antioksidans da bi se zaštitile protiv staničnih oštećenja uzrokovanih velikim brojem slobodnih radikala koji nastaju tijekom fotosinteze. Antioksidativni biljni pigmenti, primarno karotenoidi i flavonoidi, tzv. fitokemikalije, pružaju najviše zaštite od oksidativnog stresa biljkama. Istraživanja su pokazala da ingestija tih tvari kod ljudi pruža sličnu zaštitu (Kaur, 2016). Fitokemikalije su širok pojam raznovrsnih tvari koje proizvode biljke. Alil sulfidi, antocijanidini, katehini, karotenoidi, flavonoidi, flavoni, izoflavoni, izotiocijanati i polifenoli poznate su fitokemikalije. Vjeruje se da postoji oko 4000 fitokemikalija, od kojih su neke identificirane ali nisu pobliže proučene. Međutim, sve se mogu pronaći u povrću, voću, grahoricama i žitaricama (González-Sarrías i sur., 2013). Antocijani (slika 1.) su snažni antioksidansi i prisutni su u plavom i ljubičastom voću i povrću kao što su crveno grožđe, smokve, borovnice, crni ribizl, crveni kupus, kupine itd. Osim što je bogato flavonoidima, crveno i plavo voće i povrće bogato je i antocijanima. Vjeruje se da intenzivnija boja znači veća koncentracija fitokemikalija u takvom voću i povrću. Antocijani pomažu u regulaciji krvnog tlaka, smanjuju rizik od kardiovaskularnih bolesti, poboljšavaju pamćenje, smanjuju rizik od karcinoma, poboljšavaju motoričke sposobnosti i sprječavaju adheziju bakterija na stanice. Prirodni biljni pigment klorofil (slika 2.) daje zelenu boju voću i povrću. Neka od njih poput tamno zelenog lisnatog povrća, pistacija, graška i krastavac sadrže fitokemikaliju lutein. Mnoge zelene jestive biljke bogate su izotiocijanatima, a špinat i brokula odličan su izvor vitamina B.

Likopen (slika 3.) je također snažan antioksidans. Prisutan je u biljkama poput rajčice, lubenice i grejpu. Crveno i rozo voće i povrće isto tako je bogato antocijanima, ali i nekim flavonoidima. Takvo voće i povrće posjeduju visoku razinu vitamina i folata. Brusnice sadrže antocijane i dobar su izvor tanina.



**Slika 1.** Voće i povrće koje prirodno sadrži antocijane (Kaur, 2016)



**Slika 2.** Voće i povrće koje prirodno sadrži klorofil (Anonymous 3)

Prirodni biljni pigmenti karotenoidi (slika 4.) čine voće i povrće žutim i narančastim. Neki od bitnih karotenoida su beta-kriptoksantin, beta-karoten i alfa-karoten jer se nakon ingestije kod ljudi mogu pretvoriti u vitamin A. Narančasto i žuto voće također je odličan izvor omega-3 masnih kiselina, vitamina C i folata. Folat je vitamin B skupine i dokazano smanjuje incidenciju porođajnih defekata.

Fitokemikalija alicin (slika 5.) nalazi se u brojnom bijelom voću i povrću poput krumpira, banane, češnjaka, repi, luku itd. Alicin pomaže u smanjenju krvnog tlaka i kolesterola u krvi, te smanjuje rizik od kardiovaskularnih bolesti i raka želudca.



**Slika 3.** Voće i povrće koje prirodno sadrži likopen (Kaur, 2016)



**Slika 4.** Voće i povrće koje prirodno sadrži karotenoide (Kaur, 2016)

Bez obzira na učinke „obojenih“ fitokemikalija, tj. pigmenata, postoji i velik broj vrlo korisnih bezbojnih fitokemikalija. One ne samo da djeluju kao snažni antioksidansi, već pomažu neutralizirati formaciju slobodnih radikala.



**Slika 5.** Voće i povrće koje prirodno sadrži alicin (Kaur, 2016)

U moderna vremena možemo znanstveno dokazati vjerovanja o ljekovitim svojstvima biljaka koja smo imali kroz našu povijest. Jako je puno dobro poznatih biljaka s nekolicinom obećavajućih učinaka. U modernoj medicini široka dostupnost i relativno niži troškovi čine medicinske biljke interesantnijim terapijskim agensima. Neke važne fitokemikalije i moguće zdravstvene koristi navedene su u tablici 1 (Kaur, 2016).

**Tablica 1.** Popis nekih bitnih fitokemikalija i njihovih mogućih zdravstvenih koristi (Kaur, 2016)

Fitokemikalije	Biljni materijal	Mogući zdravstveni učinak
Terpenoidi (izoprenoidi)		
Karoteni ( $\alpha$ , $\beta$ , $\delta$ , $\gamma$ , likopen)	Slatki krumpir, naranča, zeleno lisnato i crveno, narančasto i žuto voće i povrće	Antioksidans, antikancerogeni, metabolizam masti, antimikrobni
Ksantofili (zeaksantin, leutin, astaksantin, kantaksantin)	Mango, mandarina, naranča, špinat, repa, zeleno povrće, salate, mikro alge, kvasci	Antioksidans, antiinflamatorno, regulacija razvoja, reprodukcije i stanične diferencijacije, zaštita vida
Triterpenoidi (saponini, oleanolinska kiselina, ursolična kiselina)	Soja, grah, druge grahorice, med, brusnice, lavanda, origano	Antihipertenziv, antidijabetik, zaštita jetre
Fenoli		
Prirodni monofenoli		
Karvakrol	Origano, timijan, poljska grbica, divlji bergamot	Antibakterijski, antifungalni, antioksidans, antikancerogeni
Karnozol	Ružmarin, kadulja	Artritis, upala mišića i druge tegobe zglobova i mišića, antikancerogeni, neuro protektivni
Dilapiol	Kopar, komorač	Kemopreventivan, antiinflamatorni, antibakterijski, anti dijabetiski
Rozemarinol	Ružmarin	Hepato protektivni, antimirobni, anti trombotski, diuretik, anti dijabetiski,

		antiinflamatorni, antioksidans, anti kancerogen
Ferulinska kiselina	Zob, riža, naranča, ananas, kikiriki	Zaštita od karcinoma, degradacija kostiju, menopauzalne tegobe
Polifenoli		
Kurkuminoidi	Kurkuma, indijski šafran	Antihipertenziv, antiinflamatorni, antioksidans, prevencija karcinom
Kvercetin	Luk, heljda, mahune, jabuka, marelica, trešnja, grožđe, vino, zeleni i crni čaj	Snažan antioksidans reducira oksidaciju LDL-a (low density lipoprotein), vazodilatator, razrjeđivač krvi
Rezveratrol	Borovnica, kikiriki, grožđe, crveno vino	Antioksidans: prevencija starenja, raka, dijabetesa i srčanih bolesti. Potencijalno blokiranje aktivacije NF-kapaB, proteinskog kompleksa koji čini mnoge karcinome agresivnijima i otpornima na kemoterapiju
Antocijanini	Kupine, trešnja, naranča, ljubičasti kukuruz, maline, crveno grožđe	Antialergen, antiinflamatorni, antioksidans, pigmenti
Katehini	Čaj	Antioksidans, stimulans SŽS (središnjeg živčanog sustava), diuretik
Apigenin	Jabuka, artičoka, bosiljak, celer, trešnja, grožđe, orašasto voće, peršin	Antiinflamatorni, antioksidans, antispazmatik, kemopreventivan, inducira apoptozu i inhibira rak dojke i jajnika
Piperin	Papar	Aerometik, analgetik, hepatoprotektivan
Kofeinska kiselina	Artičoka, kruška, bosiljak, origano, mrkva, zeleno lisnato povrće i crveno, narančasto i žuto povrće, tikva	Antiinflamatorni, protiv umora, protiv stresa, antikancerogen, potiče otpuštanje imunogenih citokina IL-1 i TNF-alfa, zaštita kornee od UV zračenja, stimulacija enzima za popravak DNA
Elaginska kiselina	Brusnica, grožđe, pekan orasi, nar, malina, jagoda, orah	Antikancerogen, antioksidans
Galna kiselina	Čaj, mango, jagoda, soja	Citotoksičan, antioksidativna aktivnost, antileukemičan, antioksidans, antikancerogen, antineoplastičan, antiinflamatorni, antidijabetik
Steroidi		
Diosgenin	Sjeme piskavice	Hipolipidemičan
Stigmasterol	Soja, uljana repica, calabar grah	Frakture, mastitis, žutica, dizenterija, dijareja, glositis, hematurija, pobačaj, indigestija, hernija

### **2.1.3. Upravljanje kroničnim bolestima uz pomoć nutraceutika**

Nutraceutici posjeduju brojna terapijska svojstva. Sve se više prepoznaju zbog svojih utjecaja na pretilosti, kardiovaskularnih utjecaja, utjecaja na starenje, anti dijabetičkih utjecaja, jačanja imunološkog sustava, prirodne antioksidativne aktivnosti, utjecaja na karcinom, utjecaja na osteoartritis, te zbog antiinflamatornih utjecaja (Gerson, 1978; Holt, 1999; Kowaltowski i sur., 2009). Također pružaju zaštitu od ultra ljubičastog zračenja i patogena. Različite fitokemikalije apsorbiraju se na različitim mjestima u organizmu. Pogotovo oralno konzumirani nutraceutici, koji dolaze u dodir s raznovrsnim fiziološkim i fizikalno kemijskim barijerama smanjujući dozu koja u konačnici stiže u sistemsku cirkulaciju. Neki od uobičajeno korištenih nutraceutika koji se koriste u tretmanu bit će detaljnije obrađeni u nadolazećem tekstu (Kaur, 2016).

#### **2.1.3.1. Alzheimerova bolest**

Nutraceutici poput kurkumina, resveratrola, kvercetina, itd. već su dugo poznati za svoje sposobnosti liječenja i prevencije neurodegenerativnih poremećaja poput Alzheimerove bolesti (AB). AB je poremećaj vezan uz godine zajedno s metaboličkim poremećajima dijabetesom tipa 2 i pretilošću. Mehanizam ove bolesti potrebno je detaljnije istražiti, međutim u većini slučajeva smatra se da je porijeklo ove bolesti oksidativni stres, snižena razina antioksidansa krvne plazme, te ukupna aktivnost antioksidansa krvne plazme. Povišene razine reaktivnih oblika kisika (ROS – Reactive oxygen species) može rezultirati oštećenjima staničnih struktura. To vodi i do stvaranja amiloidnih naslaga i neurofibrilarnih čvorova. Prema tome, jedan od prvih koraka patogeneze AB jest oksidativni stres.

Katehini pokazuju antioksidativno svojstvo kelacijom metalnih iona, poput željeza ( $Fe^{2+}$ ) i bakra ( $Cu^{2+}$ ). To sprječava nastajanje hidroksilnih radikala Fentonovom reakcijom. Također polifenoli prenose elektron na ROS inducirane radikale na molekuli DNK (deoksiribonukleinska kiselina), te na taj način sprječavaju oksidativne modifikacije DNA (Singh i sur., 2008). Polifenol kurkumin prepoznat je kao supresor oksidativnih oštećenja, inflamacije, kognitivnih deficita, te akumulacije amiloida prevenirajući nastajanje fibrilarnih Abeta. Takva destabilizacija fibrilarnih Abeta u središnjem živčanom sustavu ima preventivan utjecaj na AB jer fibrili Abeta stvaraju neurotoksine koji imaju bitnu ulogu u patogenezi Alzheimerera. Slično tome, resveratrol stabilizira razinu amiloid-beta 40 ( $A\beta_{40}$ ) u cerebrospinalnoj tekućini zbog čega i on pruža preventivnu zaštitu protiv AB (Irvine i sur., 2008).

### **2.1.3.2. Kardiovaskularne bolesti**

Nutraceutici su se pokazali obećavajućima i u zaštiti protiv kardiovaskularnih bolesti (KVB). Dokazano je da povišene razine ROS i malondialdehida (MDA), metabolit koji nastaje kada ROS i oksidirani lipoproteini niske gustoće (LDL) napadaju masne kiseline staničnih membrana, rezultiraju srčanim infarktom (Ayala i sur., 2014; Bianca and Michael, 2001; Perez-Vizcaino i sur., 2009). Flavonoidi štite LDL od oksidacije i umanjuju aterosklerozu. Većina flavonoida poput kvercetina „hvataju“ ne sparene elektrone ROS-a čime smanjuju broj reaktivnih vrsta (Quiñones i sur., 2013). Također imaju i kapacitet stvaranja kompleksa s tranzitnim metalima poput  $Fe^{2+}$  i  $Cu^{2+}$  što dodatno izbjegava stvaranje ROS (Krinsky, 1992). Kurkumin pokazuje široki spektar pozitivnih djelovanja na organizam i kardiovaskularni sustav. Smanjuje cirkulaciju C reaktivnog proteina (Sahebkar, 2014), ometa proliferaciju perifernih mononuklearnih krvnih stanica i stanica vaskularnog glatkog mišićja, prevenira oksidaciju LDL-a, inhibira agregaciju trombocita i smanjuje incidenciju infarkta miokarda (Aggarwal i Shishodia, 2004). Osim navedenih, još neki od važnih svojstava kurkumina su da inhibira nastajanje amiloidnih beta oligomera i fibrila, veže plak, te smanjuje amiloide *in vivo* (Yang i sur., 2005; Prasad i sur., 2014). Resveratrol se pokazao dobrim protiv hipertenzije zbog sposobnosti da stimulira endotel-ovisne vazodilatacijske, ali i endotel-neovisne vazodilatacijske mehanizme (Beshay i sur., 2015).

### **2.1.3.3. Karcinom**

Vjeruje se da nastanak reaktivnih oblika kisika (ROS) u ljudskom tijelu može naškoditi normalnim stanicama, te da posljedično može doći do nastanka polipa koji se kasnije mogu razviti u različite vrste karcinoma. Nastali slobodni radikali mogu inducirati post transkripcijske preinake u karcinomu i dovesti do pretjerane ekspresije povezanih proteina. Primjerice, nastali slobodni radikali poput  $O_2^-$  i OH mogu povećati normalnu aktivnost humanih kolonocita, te na taj način uzrokovati nastanak polipa kolona. Prirodni antioksidansi poput kvercetina, kurkumina i resveratrola mogu limitirati oksidativna oštećenja na stanicama kolona, te mogu inducirati apoptozu stanica karcinoma kolona (Kuppusamy i sur., 2014).

Još jedna od fitokemikalija koja značajno smanjuje nastajanje karcinoma kolona u životinjskim modelima, a promovira produkciju bijelih krvnih stanica u humanim staničnim linijama je lentinan. Lentinan,  $\beta$ -1,3 beta-glukan s  $\beta$ -1,6 grananjem, je prirodni katalizator ekstrahiran iz gljive *Lentinula edodes* (Sia i Candlish, 1999). Lentinex je formula koja sadrži lentinan i odobrena je kao sigurna nova hrana u EU (Europska unija) (Carlo i sur., 2010).

#### **2.1.3.4. Bubrežne bolesti**

Oksidativni stres potiče i razna bubrežna oštećenja, od akutnog zatajenja bubrega, opstruktivne nefropatije i glomerularnog oštećenja do kroničnog zatajenja bubrega povezanog s upalnim procesima (Bhandari i Galanello, 2012; Park i sur., 2013). Postoje jasni dokazi u literaturi kako je prehrana bogata orašastim plodovima, voćem, povrćem i uljnim sjemenkama najbolji način za borbu protiv ROS, međutim istraživanja novijeg datuma pokazala su kako ekstrakti (nutraceutici) načinjeni od avokada, oraha, sjemenki lana i sjemenki *Eruca sativa* također imaju protektivna svojstva, te su se pokazali sigurnima za konzumaciju (Al-Okbi i sur., 2014). Kurkumin se isto tako pokazao protektivnim protiv dominantno autosomalne bolesti policističnog bubrega, tako što inhibira nastanak cista (Gao i sur., 2011). Fibrinogenezu bubrežnog tkiva sprječava resveratrol (Bai i sur., 2014)

#### **2.1.3.5. Osteoartritis**

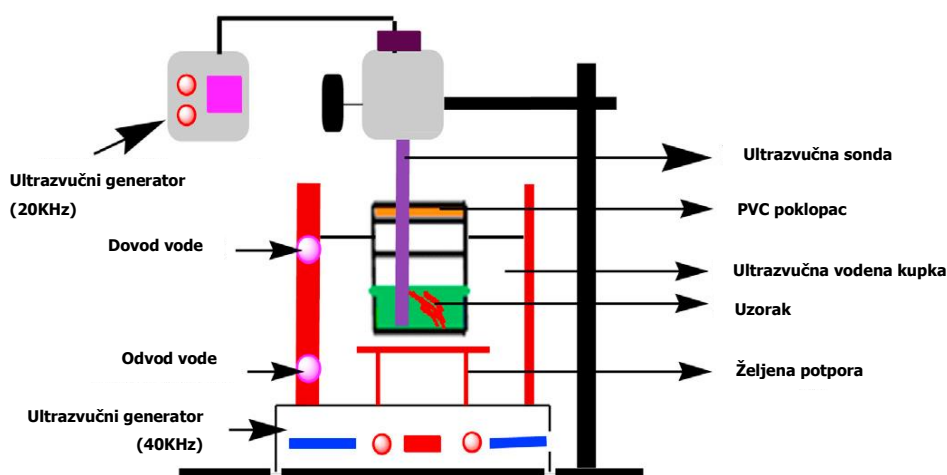
Osteoartritis (OA) je prevalentna bolest koja uzrokuje inflamaciju i bolove u zglobovima. Do sada još uvijek nije otkriven lijek za OA, a jedine dostupne terapije služe ublažavanju simptoma bolesti, tj. bolova i upale kako bi se očuvala mobilnost zglobova i ograničio gubitak funkcije. Nutraceutici pokazuju svojevrsan spas u terapiji OA. Omega-3 (višestruko nezasićene masne kiseline - PUFA; linolenska i eikozapentaenska - EPA) esencijalne masne kiseline kandidati su za ublažavanje inflamacije zbog svoje mogućnosti da supstituiraju arahidonsku kiselinu (glavni prekursor prostaglandina) u sintetskim putevima inflamatornih medijatora. Smanjenje upale također može imati utjecaja na kataboličke puteve, te time i na napredovanje bolesti. Omega-3 PUFA-e ekstenzivno su istraživane u raznim tipovima stanica, kao i u staničnim modelima zglobova za svoja antiinflamatorna i anti-OA svojstva. U tim istraživanjima korištene su alfa linolenska kiselina (ALA), EPA i dokozaheksaenska kiselina (DHA) (Curtis i sur., 2000). Simptomi OA efikasno se smanjuju nutrijentima poput omega-3 i omega-6 masnih kiselina, koje smanjuju potrebu za ne steroidnim lijekovima i pojavu štetnih učinaka. Mnogi dokazi potvrđuju blagotvoran učinak omega-3 masnih kiselina (pogotovo EPA) na napredovanje OA, te terapijski potencijal u prevenciji degradacije hrskavice prisutne u kroničnim upalama zglobova. Također, blagotvoran učinak na OA pokazuju i druge fitokemikalije poput kurkumina i kvercetina (Henrotin i sur., 2011; Sato i sur., 1997).



## 2.1.4. Ekstrakcija nutraceutika

Tradicionalno, Soxhlet ekstrakcija bila je osnovna metoda korištena za ekstrakciju nutraceutika. Međutim, ta metoda ima neka ograničenja: (1) zahtjeva veliku količinu otapala te (2) proces ekstrakcije može biti vrlo dugotrajan (par sati do nekoliko tjedana). Ta ograničenja potakla su razvoj novih ekstrakcijskih metoda koje osim što zahtijevaju manje vremena, imaju povećanu efikasnost ekstrakcije, zahtijevaju manje organskih otapala, te osiguravaju povećanu zaštitu od zagađenja okoliša. Zahtjevi za boljim standardom i uštedom vremena rezultirali su nastankom modernih ekstrakcijskih metoda poput mikrovalne ekstrakcije, ekstrakcije superkritičnim fluidom, ubrzane ekstrakcije otapalom, te ekstrakcije ultrazvukom (Kaufmann i sur., 2001a,b; Lang i Wai, 2001; Marr i Gamse, 2000; Vinatoru, 2001).

Ekstrakcija ultrazvukom je jednostavna i efikasna alternativa konvencionalnim ekstrakcijskim metodama. Mehanički učinci ultrazvuka uzrokuju pucanje bioloških membrana, te posljedično ispuštanje unutar staničnog sadržaja. Dva glavna razloga poboljšane ekstrakcije ultrazvukom su efikasno pucanje stanica i efikasan prijenos mase. Međutim, morfološke karakteristike biljke odlučujući su faktor efikasnosti ekstrakcije. Shematski dijagram procesa ekstrakcije ultrazvukom prikazan je na slici 6.

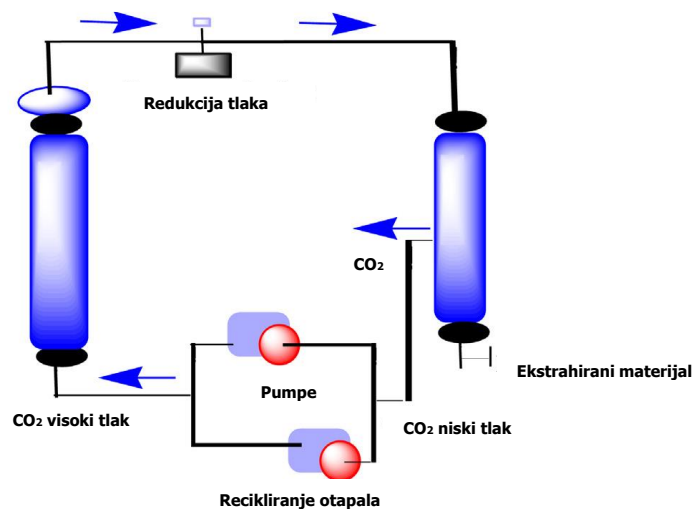


**Slika 6.** Dijagram ekstrakcije ultrazvukom (Kaur, 2016)

Osim što se ovim tipom ekstrakcije povećava prinos ekstrakta i postiže brža kinetika, ovaj proces omogućuje sniženu temperaturu rada zbog čega i ekstrakciju termolabilnih spojeva. Bilo koje otapalo može biti korišteno, što omogućuje ekstrakciju raznovrsnih prirodnih produkata. Međutim, vrlo je važno posvetiti posebnu pažnju u dizajniranju ultrazvučnih ekstrakcija zbog sposobnosti ultrazvuka da ošteti biljni materijal.

Mikrovalna ekstrakcija (ME) dokazana je tehnika koja pruža brzu ekstrakciju, koristi značajno manje količine otapala u odnosu na tradicionalne tehnike, te je vrlo povoljna. ME je proces zagrijavanja otapala u kontaktu s uzorkom za ekstrakciju mikrovalnom energijom u svrhu ekstrahiranja željenog spoja iz matrice uzorka u otapalo. Postoje dva tipa komercijalno dostupnih sustava za ME: (1) zatvoreni sustav pod kontroliranim tlakom i temperaturom i (2) otvorene mikrovalne pećnice pri atmosferskom tlaku (Kaufmann i Christen, 2002).

Ekstrakcija superkričnim fluidom (SFE) je proces separacije tvari za ekstrakciju od matrice korištenjem superkričnih fluida kao otapala za ekstrakciju (slika 7). Ekstrakcija se obično provodi na krutim matricama, ali može se ekstrahirati i iz tekućih. Najčešće korišteni superkrični fluid je CO<sub>2</sub>, iako je nekada modificiran otapalima poput metanola i etanola zbog toga što mnogi nutraceutici poput fenola, alkaloida i glikozida ne mogu biti ekstrahirani zbog slabe topljivosti u ugljikovom dioksidu. U svrhu povećanja solubilnosti polarnih tvari koriste se još neki spojevi kao modifikatori poput acetonitrila, acetona, vode, etil etera i diklormetana. Međutim u ekstrakciji nutraceutika najbolji izbor je etanol zbog niže toksičnosti (Hamburger i sur., 2004).



**Slika 7.** Dijagram ekstrakcije superkričnim fluidom (Kaur, 2016)

### 2.1.5. Analitičke metode u karakterizaciji nutraceutika

Zbog svojih već dobro poznatih utjecaja na zdravlje i pozitivne učinke na kronične bolesti nutraceutici se sve češće koriste u prevenciji i liječenju. Smatra se da su sigurniji, te da posjeduju manje sekundarnih nuspojava u odnosu na lijekove propisane za liječenje određenih simptoma. Međutim, iako je takav način proizvodnje skup, nutraceutici bi mogli biti beskorisni

ako se ne proizvode pod farmaceutskim standardom kontrola (McAlindon, 2006). Kvaliteta nutraceutika i njihovih aktivnih komponenti također ovisi o mjestu i vremenu kada je biljka uzgojena ili ubrana. Prema tome, faktori poput njihove identifikacije, kvantifikacije i standardizacije proizvodnog procesa kako bi se osigurala konzistencija i kvaliteta od iznimne su važnosti. Također potrošači počinju voditi sve više računa o kvaliteti hrane koju konzumiraju. Gore navedeni razlozi natjerali su prehrambenu industriju da se fokusiraju na više analitičkih metoda koje daju brze i vjerodostojne informacije o vrsti, sastavu i udjelu nutraceutika u hrani, a to je u konačnici povećalo potražnju za brzim, jeftinim, snažnim, osjetljivim i preciznim analitičkim metodama. Te analitičke metode su: masena spektrometrija (MS), nuklearna magnetna spektroskopija (NMR), tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti (HPLC), kapilarna elektroforeza (CE), HPLC-NMR, HPLC-MS, GC-MS, CE-MS, te atomska spektroskopija. Ove metode pomažu u razumijevanju kompleksnih prirodnih matrica i zdravstvenih učinaka nutraceutika. Pomažu nam i identificirati izloženost organizma i bioraspoloživost nutraceutika nakon konzumacije (Laporta i sur., 2004; Rafi, 2003). Trenutno se koristi velik broj bioloških tehnika kako bi se razvile nove metode karakterizacije nutraceutika. Neke od njih su imunoenzimski testovi (ELISA), imunoradiometrijska analiza (IRMA), imunodot test, radioimunološki test (RIA), fluorescencije: imunološki test fluorescencije, enzimatski imunološki test fluorescencije, polarizirajući imunološki test fluorescencije (FPIA), vremenski imunološki test fluorescencije (TRFI), imunološki test kemiluminiscencije (CIA), te lančane reakcije polimeraze (PCR). (Kaur, 2016).

## **2.2. Jestivi filmovi**

Ambalaža za pakiranje hrane ima važnu ulogu u proizvodnom lancu te je bitan dio posljednjeg procesa. Jestivi filmovi i premazi (prevlake) jedna su od rastućih strategija u optimizaciji kvalitete hrane, a njihova korist mjeri se sposobnošću produljenja roka trajanja proizvoda, očuvanjem kvalitete proizvoda te doprinosom ekonomskoj efikasnosti materijala za pakiranje (Arsimendi i sur., 2013). Dodatno, potrošači zahtijevaju proizvode visoke kvalitete koji sadrže isključivo prirodne sastojke. Zbog toga su stvoreni novi materijale za ambalažu iz prirodnih izvora. Međutim, takvi materijali poznati su u primjeni samo s određenim vrstama hrane, tj. nisu univerzalni, što predstavlja izazov pri razvoju specifičnih filmova za sve vrste hrane. Karakteristike koje jestivi filmovi moraju zadovoljiti primarno ovise o prehrambenom proizvodu na kojem će se primjenjivati. Kako svaki proizvod ima određena kemijska i fizikalna svojstva, pa i specifičan proizvodni proces (npr. način berbe, transporta i skladištenja kod voća i povrća) jestivi filmovi osiguravaju barijeru za plinove (poput kisika, ugljikovog dioksida, etilena i dr.), lipide, vodu (vodenu paru), sastojke arome iz okruženja te razne patogene ali i mehaničku zaštitu (faktore stresa) (Barbosa-Pereira i sur., 2014; Janjarasskul i sur., 2014). Te karakteristike treba prilagoditi primjenom različitih materijala (topivost u vodenom ili uljnom mediju) i aditiva (plastifikatori, arome, antimikotne tvari, antioksidansi, probiotici i prebiotici) koji se dodaju u filmove radi poboljšanja mehaničkih, senzorskih i zaštitnih svojstava (Galić, 2009). Jestivi filmovi i premazi mogu u potpunosti prekriti proizvod, ali mogu se koristiti i kao slojevi između komponenata hrane (Garcia i sur., 2016.). Glavna uloga jestivih filmova je povećati prirodnu barijeru voća i povrća dok u isto vrijeme moraju biti sigurni za ljudsku konzumaciju i ekološki prihvatljivi (Ali i sur., 2010). Međutim koriste se i u pakiranju drugih vrsta proizvoda poput ribe, sira, kobasica itd.

### **2.2.1. Materijali za izradu jestivih filmova i prevlaka**

Postoji veliki varijetet materijala koji se koriste u proizvodnji jestivih filmova iz čega proizlaze i različita ponašanja pri formiranju filmova. Proteini i polisaharidi formiraju filmove dobrih mehaničkih svojstava ali loše barijere za vlagu zbog svoje hidrofilne prirode. Funkcionalna svojstva lipida ovise o njihovoj kemijskoj strukturi (Rhim i Shellhammer, 2005) i njihovoj polarnosti, što dalje ovisi o distribuciji kemijskih grupa, duljine alifatskih lanaca, te stupnju saturacije. Zasićene masne kiseline su vrlo efikasne u kontroli prolaska vlage zbog niske polarnosti u usporedbi s nezasićenim masnim kiselinama (Morillon i sur., 2002). Kako bi se

neka svojstva (mehanička, prozirnost, barijerna svojstva te propusnost na vodenu paru) ovih materijala poboljšala proizvode se različiti kompoziti. Temeljeno prema materijalu od kojega je jestivi film izgrađen (Skurtys i sur., 2010), jestivi filmovi se dijele na:

- Hidrokoloide koje stvaraju proteini i polisaharidi
- Lipide
- Kompozite, tj. kombinacije različitih materijala, npr. hidrokoloida i lipida

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

<b>Funkcionalni sastav</b>	<b>Materijali</b>	
<b>Materijali za izradu filmova</b>	Proteini	Kolagen, želatina, kazein, proteini sirutke, zein, pšenični gluten, proteini bjelanjka
	Polisaharidi	Škrob, modificirani škrob, modificirana celuloza, alginat, karagenan, pektin, pululan, kitozan, ksantan guma, gelan guma
	Lipidi, voskovi	Voskovi (pčelinji vosak, parafin, karnauba vosak), smole, 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)	

### **2.2.1.1. Hidrokolooidni jestivi filmovi**

Hidrokolooidni materijali korišteni u proizvodnji jestivih filmova definirani su kao hidrofilni polimeri biljnog, životinjskog, mikrobnog ili sintetskog podrijetla (Dhapanal i sur.,2012). Njihova zajednička karakteristika je velik broj hidroksilnih skupina što im daje povećanu sposobnost vezanja vode, a mogu imati i ionsku i/ili ionizabilnu grupu (npr. alginat, karagenan, karboksimetilceluloza, pektin, ksantan guma i kitozan) (Skurtys i sur., 2010). U prisutnosti vode hidrokolooidi su dispergirani pri čemu nastaje složeni sustav koloidnih svojstava, tj. sustav koji nije ni prava otopina, ali nije ni suspenzija, već nešto između (Milani i Maleki, 2012). Filmovi i prevlake načinjeni od hidrokolooida topljivih u vodi, poput polisaharida i nekih proteina imaju dobra barijerna svojstva prema lipidima, te nižu propusnost za plinove, međutim zaštita od vlage je ograničena (Guilbert i sur.,1996).

Zbog svoje jedinstvene strukture, proteinski filmovi pokazuju bolja svojstva od polisaharidnih i lipidnih filmova, međutim barijerno svojstvo prema vlazi je ograničeno. Kako bi se taj nedostatak izbjegao svojstva proteina se poboljšavaju kemijskim, fizikalnim i enzimskim procesima, te kombiniranjem s hidrofobnijim materijalima (Bourtoom, 2009). Neki od primjera jestivih proteinskih filmova su filmovi bazirani na kolagenu, želatini, zeinu, kazeinu, proteinima sirutke te proteinima soje.

Polisaharidni jestivi filmovi i prevlake nastaju interakcijama specifičnih dijelova dugačkih ugljikohidratnih lanaca tijekom otapanja u otapalu, te nastajanjem novih hidrofilnih veza uslijed isparavanja otapala. Polisaharidi su ugljikohidrati veće molekulske mase, tj. polimeri mono- i disaharida povezanih glikozidnim vezama (Garcia i sur. 2016). Polisaharidi koji se koriste za proizvodnju jestivih filmova su : gume, vlakna, neškrobni ugljikohidrati, te najvažniji škrob, celuloza i glikogen. 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). Iako zbog svoje hidrofilnosti imaju slabiju otpornost na vodenu paru, svejedno mogu pridonijeti smanjenom gubitku vlage iz proizvoda (Kester i Fennema, 1986).

### **2.2.1.2. Voskovi, lipidi i derivati**

Od svih jestivih filmova, zbog svojih strukturnih svojstva, filmovi od voskova imaju najbolju barijernu zaštitu od vlage. Pčelinji vosak pokazao je 25 puta manju permeaciju vode kroz film

u odnosu s uljnim i čak 100-200 puta manju u odnosu na hidrokolojne filmove (Galić, 2009). Međutim, kako niti jedan materijal nije savršen sam po sebi, tako i voštani filmovi pokazuju nepoželjna svojstva poput užeglosti i masnije površine proizvoda. Još neke poteškoće vezano uz ovakve vrste filmova su neunificirana površina filma (različita debljina, pukotine), te loša organoleptička svojstva (npr. voštani okus). Neki od tih nedostataka mogu se umanjiti naprašivanjem proizvoda škrobom prije nanošenja filma ili prevlake (Galić, 2009).

#### **2.2.1.3. Složeni sustavi**

Uloga složenih sustava je uklanjanje nepoželjnih pojava i negativnih svojstva materijala kombinacijom dvokomponentnih ili višekomponentnih filmova, na način da svaka komponenta doprinosi novim svojstvima i kvaliteti novonastalog filma. Neke od kombinacija materijala su škrob i alginati, guma i škrob, pektin i želatina, dekstrin i polisaharidne želatine. Npr. kako bi se poboljšala mehanička i organoleptička svojstva lipidnih filmova hidrofobne strukture kombiniraju se s polarnim polimerima. Takav novonastali film ima zaštitnu barijeru prema vodi (lipidna komponenta) i čvršću strukturu (polarna komponenta) (Galić, 2009).

#### **2.2.1.4. Aditivi**

Kako bi se poboljšala zaštitna, nutritivna i organoleptička svojstva u proizvodnji filmova se koriste razni aditivi. Dodavanjem bojila, zaslađivača, kiselina i soli podiže se kvaliteta senzorskih svojstva, te se uklanjaju nepoželjni i neugodni mirisi. Zaštitna svojstva filmova poboljšavaju se dodatkom antimikrobnih tvari poput organskih kiselina, sorbinske kiseline i tokoferola. Primjerice korištenjem limunske kiseline i otopinom natrijevog klorida može se spriječiti mikrobno kvarenje mesa (Galić, 2009). Za poboljšanje nutritivne vrijednosti hrane u filmove se dodaju određeni nutritivni aditivi (nutraceutici) o kojima ćemo u kontekstu jestivih filmova pričati detaljnije u daljnjem tekstu.

### **2.2.1.5. Plastifikatori**

Plastifikatori se dodaju u filmove kako bi se smanjila njihova krhkost, te povećala fleksibilnost, žilavost i otpornost na pucanje tijekom rukovanja i skladištenja (Galić, 2009). Zbog jednolike raspodjele plastifikatora unutar strukture polimera od kojega je načinjen film, on postaje savitljiviji i rastezljiviji (Skurtys i sur., 2010). Neki od plastifikatora koji se koriste u prehrambenoj industriji su:

- mono-, di- i oligo-saharidi (glukoza ili fruktozno-glukozni sirup, med)
- polioli (sorbitol, glicerol, gliceril derivati i polietilen glikol)
- lipidi i derivati lipida (masne kiseline, monogliceridi, derivati estera, fosfolipidi)
- voda

Dodaju se ovisno o čvrstoći polimera, u količini od 10 do 60 % mase hidrokoloida (Skurtys i sur., 2010), a njihova učinkovitost je određuje iskustvom (Galić, 2009).

### **2.2.2. Izrada filmova**

U sustavu hrana-jestivi film prisutne su dvije vrste sila. Sile kohezije (djeluju među molekulama od kojega je sačinjen film) te sile adhezije (djeluju između filma i supstrata, tj. hrane). Svojstva filma (gustoća, kompaktnost, poroznost, permeabilnost, fleksibilnost i žilavost) određuje stupanj kohezije među molekulama filma. Prilikom izrade filmova, najčešće se preporuča upotreba tople otopine filma, ali vrlo je bitno voditi računa kako temperatura ne bi bila previsoka zbog povećane mogućnosti nastanka ne kohezivnog filma, ljuštenja te filma rupičaste strukture. Jakost filma raste proporcionalno debljini filma do određene vrijednosti, no nakon što se ta vrijednost dosegne, jakost filma ostaje ne promijenjena (Galić, 2009). Postoji nekoliko međusobno različitih procesa izrade filmova koji rezultiraju različitim svojstvima filmova, ali i vrsta filma određuje najpovoljniji proces izrade (Garcia i sur., 2016; Pamuković, 2017; Donhowe i Fennema, 1994; Novak, 2015) :

- ekstruzija
- lijevanje otopine jestivog filma
- premazivanje
- uranjanje
- prskanje



### **2.2.3. Svojstva jestivih filmova**

#### **2.2.3.1. Debljina**

Rok trajnosti proizvoda na kojega se nanosi jestivi film direktno ovisi o debljini filma. Debljina jestivog filma kontrolira se volumenom otopine i koncentracijom čvrste faze (Liu, 2005), ali ovisi i o viskoznosti otopine i tehnici koja se koristi. Za određivanje debljine filma postoje dvije metode, kontaktna i ne kontaktna, a konačna debljina filma mora biti manja od 0,25 mm. Kontaktna metoda provodi se mikrometrom, jednostavnija je, a nedostatak je mogućnost oštećenja proizvoda. Ne kontaktna metoda je djelotvornija, ne dolazi do oštećenja uzorka, ali je složenija.

#### **2.2.3.2. Mehanička svojstva jestivih filmova**

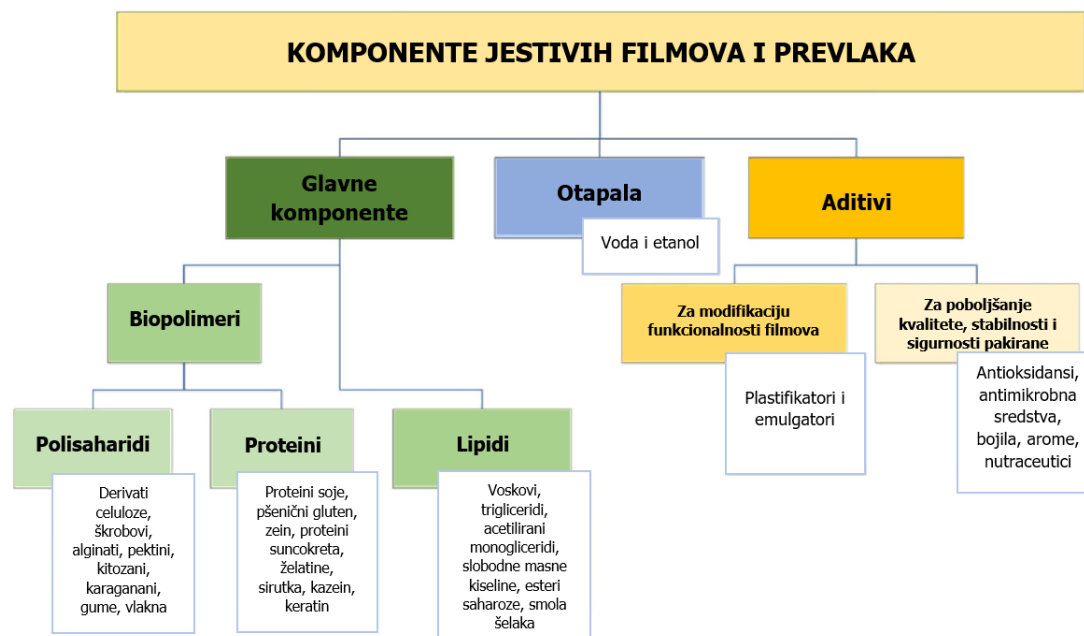
Jestivi filmovi imaju slabija mehanička svojstva u usporedbi sa sintetičkim, a hidrokolidni filmovi imaju bolja mehanička svojstva u usporedbi s lipidnim filmovima. Posebna se pažnja posvećuje savojnoj žilavosti i čvrstoći, otpornosti na odljepljivanje, fleksibilnosti, termo stabilnosti, otpornosti na vanjske utjecaje i fizičke stresove. Međutim, tri su parametra koji definiraju mehanička svojstva filmova: (1) Young-ov modul (modul elastičnosti), (2) vlačna čvrstoća (3) postotak produljenja prije pucanja (Skurtys i sur., 2010).

#### **2.2.3.3. Barijerna svojstva filmova**

Barijerna svojstva filmova karakteriziraju sposobnost filma da spriječi izmjenu vodene pare, plinova, aroma i ulja između proizvoda i atmosfere. Namirnica koja je obložena filmom podložna je kemijskim promjenama uslijed staničnog disanja, metabolizma i topljivosti plinova, a uvjeti u kojima je skladištena, te kemijski sastav i struktura polimera od kojega je film proizveden određuju njegovu učinkovitost i barijerna svojstva (Galić, 2009). Fluks plinova kroz jestive filmove događa se u tri faze: (1) adsorpcija na površinu, (2) difuzija čestica plina kroz film, te (3) desorpcija iz jestivog filma. Vrstu filma treba birati prema svojstvima namirnica, tako npr. materijali koji imaju dobru barijeru na kisik smanjuju užeglost i gubitak vitamina pa se koriste za namirnice osjetljive na oksidaciju, ili zbog staničnog disanja svježeg voća i povrća poželjno je da film ima određen stupanj propusnosti na kisik i ugljikov dioksid.

### 2.3. Primjena nutraceutika u jestivim filmovima

Jestivi filmovi i prevlake predstavljaju obećavajuću i inovativnu vrstu pakiranja proizvoda, primarno hrane, koja može služiti kao sredstvo nosača aktivnih sastojaka poput antioksidansa, antimikrobnih tvari, bojila, aroma, te nutraceutika. S obzirom na ambivalentno svojstvo jestivih filmova kao hrane i kao pakiranja, oni moraju zadovoljiti vrlo specifične potrebe (navedene u poglavlju 2.2.). Dodatkom aditiva, tj. bioaktivnih tvari efikasnije se postižu potrebe za očuvanjem kvalitete, sigurnosti, te senzorskih svojstava hrane (Salgado i sur., 2015). Osim što mogu očuvati, aditivi mogu i poboljšati kvalitetu hrane, npr. dodatkom vlakana ili rezistentnog škroba, vitamina E (antioksidativnih tvari), raznih minerala poput kalcija i cinka itd., čime hrana obložena takvim filmovima postaje funkcionalnom hranom. S obzirom na vrlo složenu i raznoliku strukturu jestivih filmova (slika 8) vrlo je bitno obratiti pozornost na to kako aditivi utječu na njihov integritet. Aditivi poboljšavaju svojstva filmova, međutim samo do jedne razine pri kojoj počinju interferirati s fizikalnim i mehaničkim svojstvima, te kompromitirati barijerna svojstva samih filmova (Ramos i sur., 2012). Nutraceutici su vrlo opširna kategorija aditiva u funkciji jestivih filmova i kao takvi predstavljaju niz prepreka i poteškoća pri izradi filmova s dokazanim djelovanjem u organizmu.

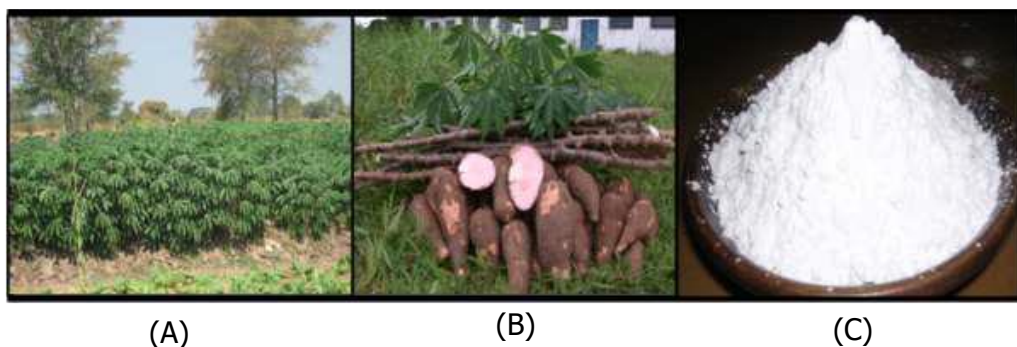


Slika 8. Komponente jestivih filmova i prevlaka (Salgado i sur., 2015).

Učinkovitost nutraceutika i pozitivno fiziološko djelovanje na organizam ovisi o njihovoj bioraspoloživosti. Stoga distribucija aktivnih molekula jestivim filmovima zahtjeva da proizvođači osiguraju zaštitne mehanizme kako bi se (1) osigurala aktivnost molekula do trenutka konzumacije, te (2) apsorpcija aktivnog oblika molekule na ciljanom mjestu ljudskog organizma uslijed konzumacije (Ramos i sur., 2012). U daljnjem tekstu razmotrit ćemo neke od primjera uspješno inkorporiranih nutraceutika u jestive filmove s jasno definiranim pozitivnim utjecajem na svojstva hrane, te posljedično i na zdravlje čovjeka.

Tapia i sur. (2008) dodatkom 1 % vol. askorbinske kiseline u jestive filmove na bazi alginata i gelan gume očuvali su prirodnu koncentraciju askorbinske kiseline u svježim narezanoj papaji, te na taj način osigurali nutritivnu kvalitetu proizvoda tijekom skladištenja. Han i sur. (2004) pokazali su da filmovi na bazi kitozana mogu vezati relativno visoke koncentracije kalcijevih kationa ili vitamina E, što bi povećalo njihov sastav u svježim i smrznutim jagodama i malinama. Tapia i sur. (2007) razvili su prve jestive filmove s probiotskim bakterijama u svrhu premazivanja svježih narezanih jabuka i papaje; broj živih bakterija *Bifidobacterium lactis* Bb-12 iznad  $10^6$  cfu/g očuvan je tijekom 10 dana hlađenog skladištenja i u jabuci i u papaji obloženoj filmom na bazi alginata ili gelan gume, čime je pokazana mogućnost inkorporiranja probiotika u filmovima korištenim za svježim narezano voće.

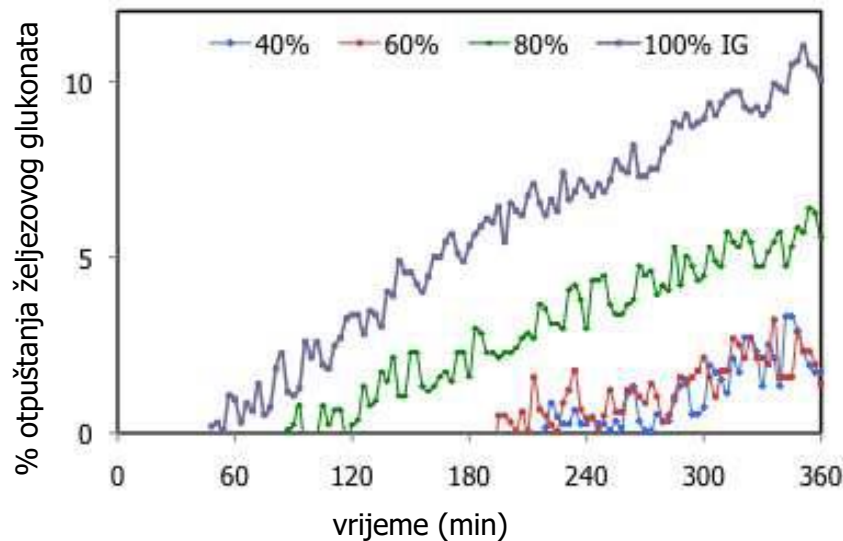
S jednim od pitanja vezanih uz inkorporaciju nutraceutika u jestive filmove bavila se De Cruz (2012) u svojem diplomskom radu. De Cruz je okarakterizirala jestive filmove na bazi škroba manioke i glicerola u koje je inkorporirala željezov glukonat (IG). Manioka je južnoamerička biljka porodice mlječikovki rasprostranjena u tropskom pojasu (Argentina, Brazil, Tajland itd.), te se smatra vrlo bitnim usjevom (slika 9). Prinos ugljikohidrata je 40 % veći nego u riži, te 20 % veći nego u kukuruzu. Željezo kao esencijalni mineral za metabolizam energije, strukturna komponenta mnogih enzima i glavna komponenta hemoglobina (nosača kisika) u eritrocitima, nutraceutik je od posebnog interesa. Deficit željeza kao glavni uzrok anemije



**Slika 9.** (A) drvo manioke, (B) korijen manioke, (C) škrob manioke (De Cruz, 2012).

globalni je problem koji utječe na zdravlje, kvalitetu života i produktivnost milijuna ljudi diljem svijeta.

Praćeno je nekoliko parametara u procjeni svojstava ovakvih filmova poput viskoznosti, boja i izgled, sorpcija vode, termička svojstva, mehanička svojstva, te kinetika otpuštanja željeza. Stopa otpuštanja željeza promatrana je u tri identična ispitivanja tijekom 6 sati. Kumulativni postotak otpuštanja željezovog glukonata u odnosu na vrijeme prikazan je na slici 10.



**Slika 10.** Profil otpuštanja željezovog glukonata iz manioka-glicerol jestivog filma (De Cruz, 2012)

Iz grafa se može zaključiti kako je maksimalna stopa otpuštanja željezovog glukonata bila oko 15 % tijekom 6 sati (100 % IG). Kinetika otpuštanja najbolje korespondira Higuchi modelu ( $R^2$  su između 0,931 i 0,978) sugerirajući prisutnost mehanizma prema Fickovom zakonu difuzije. Međutim, daljnjim istraživanjem drugih modela, zaključeno je kako je više od jednog mehanizma uključeno u kinetiku otpuštanja IG. Konačni rezultati istraživanja pokazali su kako je inkorporacija željeza u manioka-glicerol jestive filmove utjecala na neka svojstva filma poput izgleda (promjena boje u žućkastu), ali i poboljšala viskoznost. Pokazana je dobra interakcija IG sa škrobom, vodom i glicerolom. Otpuštanje IG je bilo zadovoljavajuće, iako točan mehanizam ne može biti potvrđen.

## 2.4. Zakonski propisi

Uredbom (EZ) br. 1935/2004 Europskog parlamenta i vijeća od 27. listopada 2004. o materijalima i predmetima koji dolaze u dodir s hranom i stavljanju izvan snage direktiva 80/590/EEZ i 89/109/EEZ u člancima 3 i 4 definirana su svojstva materijala koji dolaze u dodir s hranom kako slijedi:

(3) Načelo na kojemu se ova Uredba temelji je da svi materijali ili predmeti koji dolaze u izravan ili neizravan dodir s hranom moraju biti dovoljno inertni da se isključi prijenos tvari na hranu u količinama dovoljno velikima da ugroze zdravlje ljudi ili prouzroče neprihvatljivu promjenu u sastavu hrane ili pogoršanje njezinih organoleptičkih svojstava.

(4) Nove vrste materijala i predmeta namijenjene aktivnom zadržavanju ili poboljšanju stanja hrane (aktivni materijali i predmeti u dodiru s hranom) nisu osmišljene da budu inertne, za razliku od tradicionalnih materijala i predmeta koji dolaze u dodir s hranom. Druge vrste novih materijala i predmeta osmišljene su tako da prate stanje hrane (inteligentni materijali i predmeti u dodiru s hranom). Obje te vrste materijala i predmeta smiju doći u dodir s hranom.

Uredbom Komisije (EZ) br. 450/2009 od 29. svibnja 2009. o aktivnim i inteligentnim materijalima i predmetima koji dolaze u dodir s hranom člancima 13 i 14 definirani su zahtjevi koje moraju ispunjavati aktivni i inteligentni materijali u dodiru s hranom kako slijedi:

(13) U aktivnim materijalima i predmetima mogu biti namjerno ugrađene tvari koje su namijenjene otpuštanju u hranu. Kako se te tvari namjerno dodaju hrani, njih treba koristiti samo u skladu s uvjetima utvrđenim u relevantnim odredbama Zajednice ili nacionalnim odredbama o njihovom korištenju u hrani. Ako je odredbama zajednice ili nacionalnim odredbama predviđeno odobravanje tvari, tvar i njezina upotreba moraju udovoljavati zahtjevima za odobrenje u skladu s posebnim zakonodavstvom o hrani, kao što je zakonodavstvo o prehranbenim aditivima. Prehranbeni aditivi i enzimi se mogu također umetnuti ili imobilizirati na materijal i mogu imati tehnološku funkciju na hranu. Takve primjene su obuhvaćene zakonodavstvom o prehranbenim aditivima i enzimima i stoga s njima treba postupati na isti način kao s aktivnim tvarima koje se otpuštaju.

(14) Inteligentni sustavi pakiranja pružaju korisniku informacije o stanju hrane i ne smiju otpuštati svoje sastojke u hranu. Inteligentne sustave treba postavljati na vanjsku površinu pakovanja i mogu biti odvojeni od hrane funkcionalnom barijerom, a to je barijera unutar materijala ili predmeta koji dolaze u dodir s hranom koja sprečava migraciju tvari koje se nalaze iza te barijere u hranu. Iza funkcionalne barijere se mogu koristiti neodobrene tvari,

pod uvjetom da udovoljavaju određenim kriterijima i da njihova migracija ostane ispod određene granice detekcije. Uzimajući u obzir hranu za dojenčad i ostale posebno osjetljive osobe, kao i poteškoće kod ove vrste analize zbog velike analitičke tolerancije, treba utvrditi najveću dopuštenu količinu u hrani od 0,01 mg/kg za migraciju neodobrene tvari kroz funkcionalnu barijeru. Nove tehnologije kojima se proizvode tvari s veličinom čestica koje imaju kemijska i fizikalna svojstva koja se znatno razlikuju od onih većih dimenzija, na primjer nanočestice, treba procjenjivati od slučaja do slučaja u pogledu rizika od njih, dok ne bude na raspolaganju više informacija o takvim novim tehnologijama. Stoga one ne trebaju biti obuhvaćene načelom funkcionalne barijere.

### 3. ZAKLJUČAK

- Nutraceutik je vrsta dodatka prehrani, a ne svojstvo ili vrijednost nečega. Nutraceutici su proizvodi koji nose koncentrirani oblik bioaktivne/bioaktivnih tvari, nutrijent ili nenutrijent, ali izvorom iz hrane u većoj dozi od one koja se može osigurati normalnom hranom i uravnoteženom prehranom.
- Učinkovitost nutraceutika i pozitivno fiziološko djelovanje na organizam ovisi o njihovoj bioraspodjelivosti.
- Ingestija fitokemikalija poput alil sulfida, antocijanidina, katehina, karotenoida, flavonoida, flavona, izoflavona, izotiocijanata i polifenola pruža zaštitu od staničnih oštećenja uzrokovanih oksidativnim stresom.
- Nutraceutici poput kurkumina, resveratrola, kvercetina, katehina i omega-3 masnih kiselina potencijalno pomažu u liječenju Alzheimerove bolesti, kardiovaskularnih bolesti, karcinoma, bubrežnih bolesti i osteoartritisa.
- Jestivi filmovi i prevlake topljive u vodi, poput polisaharida i pojedinih proteina pružaju zaštitu od oksidacije lipida i drugih osjetljivih tvari.
- Materijali koji u svojem sastavu imaju hidrofilne grupe ne imaju dobra barijerna svojstva za vodu
- Jestivi filmovi na bazi lipida pokazuju dobra zaštitna svojstva prema vodi.
- Jestivi filmovi i prevlake predstavljaju vrstu pakiranja koja može služiti kao sredstvo nosača aktivnih sastojaka poput antioksidansa, antimikrobnih tvari, bojila, aroma, te nutraceutika.
- Dodatkom askorbinske kiseline u jestive filmove na bazi alginata i gelan gume očuvana je prirodna koncentracija askorbinske kiseline u svježe narezanoj papaji.
- Filmovi na bazi kitozana mogu vezati relativno visoke koncentracije kalcijevih kationa ili vitamina E.
- Inkorporacija probiotika u film na bazi alginata ili gelan gume pokazala se uspješnom kod premazivanja svježe narezanih jabuka i papaje.
- Iako primjena nutraceutika u jestivim filmovima pokazuje obećavajuću sudbinu, potrebna su daljnja istraživanja nutraceutika i jestivih filmova, te njihove sinergije kako bi se stvorili proizvodi povoljnih karakteristika s dokazanim djelovanjem na ljudsko zdravlje.

#### 4. POPIS LITERATURE

Anonymous 1 (2018) ENA - European Nutraceutical Association, <<https://www.enaonline.eu/>>. Pristupljeno 20. kolovoza 2020.

Anonymous 2 (2019) U.S. Department of Health and Human Services, FDA - Food and Drug Administration, <<https://www.fda.gov/food/dietary-supplements>> . Pristupljeno 20. kolovoza 2020.

Anonymous 3 (2012) Sargent Choice Nutrition Center, <http://blogs.bu.edu/sargentchoice/2012/04/18/green/>. Pristupljeno 1. rujna 2020.

Ali, A., Maqbool, M., Ramachandran, S., Alderson, P.G. (2010) Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* **58**, 42 – 47.

Aggarwal BB, Shishodia S. (2004) Suppression of the nuclear factor-kappaB activation pathway by spice-derived phytochemicals: reasoning for seasoning. *Annals of the New York Academy of Sciences* **1030**, 434–41.

Al-Okbi, S.Y., Mohamed, D.A., Hamed, T.A., Esmail, R. SH., Donya, S.M. (2014) Prevention of renal dysfunction by nutraceuticals prepared from oil rich plant foods. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* **4**, 618–626.

Arismendi, C., Chillo, S., Conte, A., Del Nobile, M.A., Flores, S., Gerschenson, L.N. (2013) Optimization of physical properties of xanthan gum/tapioca starch edible matrices containing potassium sorbate and evaluation of its antimicrobial effectiveness. *LWT- Food Science and Technology* **53**, 290–296.

Ayala, A., Muñoz, M.F., Argüelles, S. (2014) Lipid peroxidation: production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy- 2-nonenal. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* **2014**, 1–31.

Bai, Y., Lu, H., Wu, C., Liang, Y., Wang, S., Lin, C., Chen, B., Xia, P. (2014) Resveratrol inhibits epithelial-mesenchymal transition and renal fibrosis by antagonizing the hedgehog signaling pathway. *Biochemical Pharmacology* **92**, 484–493.

Barbosa-Pereira, L., Angulo, I., Lagarón, J.M., Paseiro-Losada, P., Cruz, J.M. (2014) Development of new active packaging films containing bioactive nanocomposites. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **26**, 310–318.



- Beshay, N.M., Zordoky, Ian, M.R., Jason, R.B. (2015) Preclinical and clinical evidence for the role of resveratrol in the treatment of cardiovascular diseases. *Dyck Biochimica et Biophysica Acta* **1852**, 1155–1177.
- Bhandari, S., Galanello, R. (2012) Renal aspects of thalassaemia: a changing paradigm. *European Journal of Haematology* **89**, 187–197.
- Bianca, F., Michael, A. (2001) Flavonoids protect LDL from oxidation and attenuate atherosclerosis. *Current Opinion in Lipidology* **12**, 41–48.
- Brower, V. (1998) Nutraceuticals: poised for a healthy slice of the healthcare market? *Nature Biotechnology* **16**, 728–7316.
- Bourtoom, T. (2009) Edible protein films: properties enhancement. *International Food Research Journal* **16**, 1-9.
- Carlo, V.A., Bresson, J.-L., Fairweather-Tait, S., Flynn, A., Golly, I., Heinonen, M., Korhonen, H., Lagiou, P., Løvik, M., Marchelli, R., Martin, A., Moseley, B., Monika, N.B., Przyrembel, H., Sanz, Y., Salminen, Strain, S.J.S.J., Strobel, S., Tetens, I., Tomé, D., Berg, H.V.D., Hendrik van, L., Verhagen, H. (2010) Scientific opinion on the safety of “Lentinus edodes extract” (Lentinex®) as a Novel Food ingredient. *EFSA Journal* **8**, 7.
- Curtis, C.L., Hughes, C.E., Flannery, C.R., Little, C.B., Harwood, J.L., Caterson, B. (2000) n-3 fatty acids specifically modulate catabolic factors involved in articular cartilage degradation. *The Journal of Biological Chemistry* **275**, 721–724
- Donhowe, G. I., Fennema, O. R. (1994) Edible films and coatings: Characteristics, formation, definitions, and testing methods. U: Edible Coatings and Films to Improve Food Quality (Krochta, J. M., Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. O., ured.), Technomic Publishing, Lancaster, str. 1-24.
- De Cruz E.N.C. (2012) Development and characterization of edible films based on cassava starch-glycerol blends to incorporate nutraceuticals (diplomski rad), Graduate School-New Brunswick Rutgers, The State University of New Jersey, New Brunswick, New Jersey.
- De Felice S. (1989) The nutraceutical revolution: fueling a powerful, new international market, <<https://fimdefelice.org/library/the-nutraceutical-revolution-fueling-a-powerful-new-international-market/>>. Pristupljeno 20. kolovoza 2020.
- 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.

EFSA (European Food Safety Authority) (2012) Compendium of botanicals reported to contain naturally occurring substances of possible concern for human health when used in food and food supplements. *EFSA Journal* **10**, 5.

Galić, K. (2009) Jestiva ambalaža u prehrambenoj industriji. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*. 4(1-2), 23-31.

Gao, J., Zhou, H., Lei, T., Zhou, L., Li, W., Li, X., Yang, B. (2011) Curcumin inhibits renal cyst formation and enlargement in vitro by regulating intracellular signaling pathways. *European Journal of Pharmacology* **654**, 92–99.

Garcia, M. P. M., Gomez-Guillen, M. C., Lopez-Caballero, M., Barbosa-Canovas, G. V. (2016) *Edible Films and Coatings: Fundamentals and Applications*, Taylor & Francis, Boca Raton.

Gerson, M. (1978) The cure of advanced cancer by diet therapy: a summary of 30 years of clinical experimentation. *Physiological chemistry and physics* **10**, 449–464.

González-Sarrías, A., Larrosa, M., García-Conesa, M.T., Francisco, A., Barberán, T., Espín, J.C. (2013) Nutraceuticals for older people: facts, fictions and gaps in knowledge. *Maturitas* **75**, 313–334.

Guilbert S. (1986) Technology and application of edible protective films. U: Food packaging and preservation, (Mathalouthi M. ured.), Elsevier Applied Science publishers Ltd, London, str. 371-394.

Han C., Zhao Y., Leonard S. W., and Traber M. G. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology* **33**, 67–78.

Hamburger, M., Baumann, D., Adler, S. (2004) Supercritical carbon dioxide extraction of selected medicinal plants—Effects of high pressure and added ethanol on yield of extracted substances. *Phytochemical Analysis* **15**, 46–54.

Henrotin, Y., Lambert, C., Couchourel, D., Ripoll, C., Chiotelli, E. (2011) Nutraceuticals: do they represent a new era in the management of osteoarthritis? A narrative review from the lessons taken with five products. *Osteoarthritis and Cartilage* **19**, 1–21.

Holt, P.R. (1999) Dairy foods and prevention of colon cancer: human studies. *Journal of the American College of Nutrition* **18**, 379S–391S.

- Irvine, G.B., El-Agnaf, O.M., Shankar, G.M., Walsh, D.M. (2008) Protein aggregation in the brain: the molecular basis for Alzheimer's and Parkinson's diseases. *Molecular Medicine* **14**, 451–464.
- Janjarasskul, T., Rauch, D.J., McCarthy, K.L., Krochta, J.M. (2014) Barrier and tensile properties of whey protein-candelilla wax film/sheet. *LWT- Food Science and Technology* **56**, 377–382.
- Kaufmann, B., Christen, P. (2002) Recent extraction techniques for natural products: microwave-assisted extraction and pressurized solvent extraction. *Phytochemical Analysis* **13**, 105–113.
- Kaufmann, B., Christen, P., Veuthey, J.L. (2001a) Parameters affecting microwave-assisted extraction of flavonoid glycosides. *Phytochemical Analysis* **12**, 327–331.
- Kaufmann, B., Christen, P., Veuthey, J.L. (2001b) Study of factors influencing pressurized solvent extraction of polar steroids from plant material. *Chromatographia* **54**, 394–398.
- Kaur, K., 2016. Functional nutraceuticals: past, present, and future. U: Nutraceuticals, (Grumezescu A., ed.), Elsevier Food Science, London, str. 41–78.
- Kester, J. J., Fennema, O. R. (1986) Edible films and coatings: A review. *Food Technol-Chicago* **40**(12), 47-59.
- Kowaltowski, A.J., Souza-Pinto, N.C., de Castilho, R.F., Vercesi, A.E. (2009) Mitochondria and reactive oxygen species. *Free Radical Biology and Medicine* **47**, 333–334.
- Krinsky, N.I. (1992) Mechanism of action of biological antioxidants. *Proceedings of the Society for Experimental Biology* **200**, 248–254.
- Lang, Q., Wai, C.M. (2001) Supercritical fluid extraction in herbal and natural product studies—a practical review. *Talanta* **53**, 771–782.
- Laporta, O., Perez-Fons, L., Balan, K., Paper, D., Cartagena, V., Micol, V. (2004) Bifunctional antioxidative oligosaccharides with anti-inflammatory activity for joint health. *Agro Food Industry Hi Tech* **15**, 30–33.
- Lipi, D., Eshani, B., Utpal, R., Runu, C. (2012) Role of nutraceuticals in human health. *Journal of Food Science and Technology* **49**, 173–183.
- Liu, Z. (2005) Edible films and coatings from starches. U: Innovations in Food Packaging, (Han J., ed.), Elsevier Science & Technology Books, London, str. 318-332.

- Marr, R., Gamse, T. (2000) Use of supercritical fluids for different processes including new developments—A review. *Chemical Engineering and Processing* **39**, 19–28.
- McAlindon, T.E. (2006) Nutraceuticals: do they work and when should we use them? *Clinical Rheumatology* **20**, 99–115.
- Milani, J., Maleki, G. (2012) Hydrocolloids in Food Industry. U: Food Industrial Processes- Methods and Equipment, (Valdez B., ur.), InTech, str. 17-38.
- Morillon, V., Debeaufort, F., Blond, G., Capelle, M., Voilley, A. (2002) Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **42** (1), 67–89.
- Novak J. (2015) Primjena prirodnih biopolimera za formiranje jestivih zaštitnih filmova. Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Pamuković F. (2017) Razvoj jestivih filmova s bioaktivnim sastojcima ružmarina (*Rosmarinus officinalis* L.). Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Park, S., Kim, C.S., Lee, J., Suk, K.J., Kim, J. (2013) Effect of regular exercise on the histochemical changes of d-galactose-induced oxidative renal injury in highfat diet-fed rats. *Acta Histochemica et Cytochemica* **46**, 111–119.
- Perez-Vizcaino, F., Duarte, J., Jimenez, R., Santos-Buelga, C., Osuna, A. (2009) Antihypertensive effects of the flavonoid quercetin. *Pharmacological Reports* **61**, 67–75.
- Prasad, S., Gupta, S.C., Tyagi, A.K., Aggarwal, B.B. (2014) Curcumin, a component of golden spice: from bedside to bench and back. *Biotechnology Advances* **32**, 1053–1064.
- Quiñones, M., Miguel, M., Aleixandre, A. (2013) Beneficial effects of polyphenols on cardiovascular disease. *Pharmacological Research* **68**, 125–131.
- Rafi, M.M. (2003) Significance of Bcl-2 protein phosphorylation in cancer cells for pharmaceutical and nutraceuticals discovery. U: Food Factors in Health Promotion and Disease Prevention, (Shahidi, F., Ho, C.T., Watanabe, S., Osawa, T., ured.), ACS Publications, Washington, DC, str. 72–85.
- Ramos Ó.L., Fernandes J.C., Silva S.I., Pintado M.E., and Malcata F.X. (2012). Edible Films and Coatings from Whey Proteins: A Review on Formulation, and on Mechanical and Bioactive Properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **52**(6), 533–552.

Rhim, J.W., Shellhammer, T.H. (2005) Lipid-based edible films and coatings. U: Innovations in Food Packaging, (Han J.H., ured.), Academic Press, London, UK, str. 362–383.

Sahebkar A. (2014) Are curcuminoids effective C-reactive protein-lowering agents in clinical practice? Evidence from a meta-analysis. *Phytotherapy Research* **28**, 633–642.

Salgado, P.R., Ortiz, C.M., Musso, Y.S., Di Giorgio, L., and Mauri, A.N. (2015). Edible films and coatings containing bioactives. *Current Opinion in Food Science* **5**, 86–92.

Sato, M., Miyazaki, T., Kambe, F., Maeda, K., Seo, H. (1997) Quercetin, a bioflavonoid, inhibits the induction of interleukin 8 and monocyte chemoattractant protein-1 expression by tumor necrosis factor-alpha in cultured human synovial cells. *Journal of Rheumatology* **24**, 1680–1684.

Sia, G.M., Candlish, J.K. (1999) Effects of shiitake (*Lentinus edodes*) extract on human neutrophils and the U937 monocytic cell line. *Phytotherapy Research* **13**, 133–13759.

Sinéad, L., Paul, R., Catherine, S. (2011) Marine bioactives as functional food ingredients: potential to reduce the incidence of chronic diseases. *Marine Drugs* **9**, 1056–1100.

Singh, M., Arseneault, M., Sanderson, T., Murthy, V., Ramassamy (2008) Challenges for research on polyphenols from foods in Alzheimer's disease: bioavailability, metabolism, and cellular and molecular mechanisms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**, 4855–4873.

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.

Tapia, M. S., Rojas-Grau, M. A., Carmona, A., Rodriguez, F. J., Soliva-Fortuny, R., and Martin-Belloso, O. (2008). Use of alginate and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. *Food Hydrocolloids* **22**, 1493–1503.

Tapia M. S., Rojas-Grau M. A., Rodríguez F. J., Ramírez J., Carmona A., and Martin-Belloso O. (2007). Alginate- and gellan-based edible films for probiotic coatings on fresh-cut fruits. *Journal of Food Science* **72**, E190–E196.

Vinatoru, M. (2001) An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry* **8**, 303–313.

Yang, F., Lim, G.P., Begum, A.N., Ubeda, O.J., Simmons, M.R., Ambegaokar, S.S., Chen, P.P., Kaye, R., Glabe, C.G., Frautschi, S.A., Cole, G.M. (2005) Curcumin inhibits formation of amyloid beta oligomers and fibrils, binds plaques, and reduces amyloid in vivo. *The Journal of Biological Chemistry* **280**, 5892–5901.

Zeisel SH. (1999) Regulation of "nutraceuticals". *Science*. **285**, 1853–1855.

## Izjava o izvornosti

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

A handwritten signature in blue ink, consisting of a first name and a last name, written in a cursive style.

ime i prezime studenta