

JESTIVI OMOTAČI - ODRŽIVI TRETMAN POSLIJE BERBE VOĆA I POVRĆA

EDIBLE COATINGS - SUSTAINABLE POST-HARVEST TREATMENT OF FRUITS AND VEGETABLES

Luna Maslov Bandić, Mirna Mrkonjić Fuka, Irina Tanuwidjaja, S. Jurić

SAŽETAK

Svježe voće i povrće nastavlja s biološkom aktivnosti i nakon berbe, što rezultira kontinuiranim gubitkom vode i otopljenih tvari te izmjenom plinova s okolinom. Primjena jestivih omotača nakon berbe pokazala se kao uspješan održivi tretman zaštite voća i povrća u cilju smanjenja gubitka vode, očuvanju svježine, nutritivne kvalitete i senzorskih svojstava, te povećanju antimikrobnih svojstava obloženih plodova. Razvoj omotača od jestivih biopolimera poput polisaharida najnovija je tehnologija namijenjena sigurnom održavanju i poboljšanju kvalitete plodova nakon berbe. U ovom radu prikazana su svojstva, vrste te primjena jestivih omotača u svrhu produljenja roka trajanja ubranih plodova voća i povrća.

Ključne riječi: biopolimeri, jestivi omotači, jestivi filmovi, tretman poslije berbe, polisaharidi

ABSTRACT

Even after harvest, fresh fruits and vegetables continue to lose water and dissolved compounds, as well as exchange gases with the environment. The use of edible coatings after harvest has been found to be a successful sustainable post-harvest treatment for minimizing water loss, preservation of freshness, nutritional quality and sensorial properties, and improving the antibacterial characteristics of coated fruits. The creation of edible coatings is cutting-edge technology aimed at ensuring the safety and quality of products after harvest. This study discusses the features, kinds, and applications of edible coatings for increasing the shelf life of harvested fruits.

Keywords: biopolymers, edible coatings, edible films, post-harvest treatment, polysaccharides

UVOD

U svakoj fazi rukovanja voćem i povrćem nakon berbe – čišćenje, pakiranje, transport, skladištenje, priprema i maloprodaja – postoji potencijal za kontaminaciju ili kvarenje, što dovodi do gubitaka plodova i mogućih problema sa sigurnošću hrane. Postoje mnoge metode za ublažavanje gubitaka i poboljšanje sigurnosti hrane koje uz osnovne tehnologije upravljanja temperaturom skladištenja nakon berbe, uključuju širok raspon drugih tehnologija poput fizičke (toplina, zračenje i jestivi omotači), kemijske (antimikrobna sredstva, antioksidansi i sprječavanje posmeđivanja) i plinske obrade (Mahajan i sur., 2014.). Prakse održivog upravljanja nakon berbe teže istim ciljevima smanjenja gubitaka i kontaminacije na načine koji povećavaju učinkovitost i ograničavaju korištenje energije i neobnovljivih izvora. Usklađivanje zahtjeva za očuvanjem i sigurnošću hrane s održivom poljoprivredom praksom sve je važniji cilj za proizvođače hrane, prerađivače, distributere i trgovce na malo.

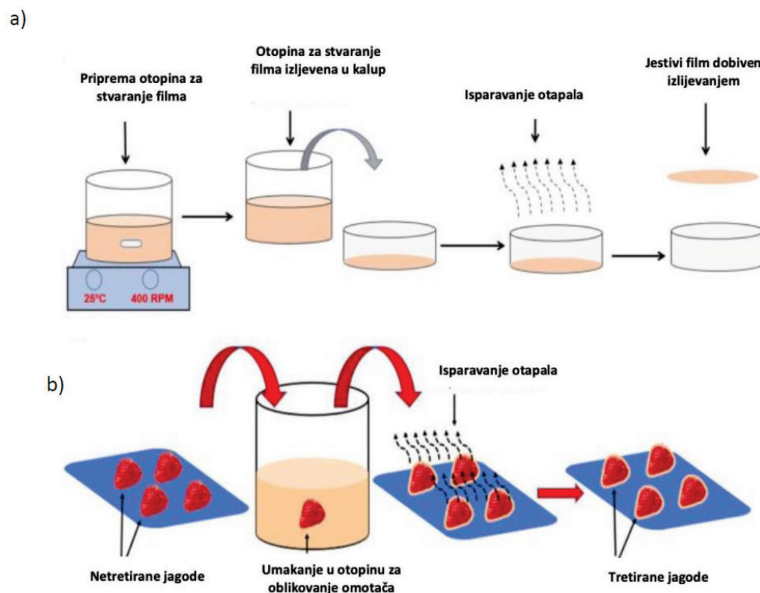
Jestivi omotači i filmovi definiraju se kao tanki slojevi napravljeni od jestivih materijala odnosno prirodnih polimera (biopolimera) koji se nanose na površinu hrane kako bi zaštitili i poboljšali njihovu kvalitetu (Aloui i Khwaldia, 2016.; Hassan i sur., 2018.). Razlika između jestivog omotača i filma je u tome što se filmovi prvo formiraju kao čvrsti slojevi i zatim se nanose na hranu, dok se omotači formiraju i nanose tekućim metodama izravno na hranu koja se oblaže (Mohamed i sur., 2020.; Yousuf i sur., 2018.). Sve veća potražnja potrošača za očuvanjem hrane na prirodan i održiv način dovela je do poboljšanja alternativnih metoda zaštite, stoga je upotreba biopolimera iz obnovljivih izvora aktualan pristup za produženje roka trajanja hrane i zaštite plodova nakon berbe od propadanja i kvarenja (Hassan i sur., 2018.).

Korištenje jestivih filmova kao premaza datira još iz 12. i 13. stoljeća. Voskovi su primijenjeni na naranče i limune u Kini kako bi se odgodio gubitak vode tijekom transporta i skladištenja u 12. stoljeću. Početkom 15. stoljeća, prvi jestivi film u Japanu napravljen je korištenjem proteina sojinog mlijeka nakon kuhanja u posudama i daljnjeg sušenja na zraku, što se naziva "Yuba" filmovi. Također, premazivanje voća, povrća, mesa i ribe bilo je uobičajeno u Engleskoj tijekom 16. stoljeća kako bi se spriječio gubitak vlage. Tijekom 19. stoljeća postignut je prvi američki patent za želatinske filmove kako bi se zaštitilo nekoliko mesnih proizvoda. Saharozu i derivati šećera korišteni su kao zaštitni premaz na lupinastim plodovima kako bi se spriječila oksidativna užeglost ograničavanjem transporta plinova kroz jestive premaze. Komercijalno

nanošenje voska i lipidnih premaza primijenjeno je na voće i povrće 1930-ih, što je omogućavalo prirodno disanje, ograničavajući dehidraciju tijekom transporta. Početkom 20. stoljeća, tijekom Prvog i Drugog svjetskog rata, velika potražnja za tekstilnim proizvodima od poljoprivrednih materijala na bazi proteina za proizvodnju tekstilnih proizvoda za vojnike kao što su uniforme, deke itd., povećala je stopu proizvodnje komercijaliziranih proteina. Kazein, protein kikirikija, soja i kukuruzni zein korišteni su za izradu komercijaliziranog tekstila, gumba, kutija i ručki za kišobrane (Erkman i Barazi, 2018.). Povećana potražnja navedenih tvari dovodi do traženja jeftinijih materijala kao što su proizvodi na bazi nafte za izradu pakiranja hrane. Tijekom 2005.-2006. dramatičan porast cijene nafte povećao je troškove materijala za pakiranje. Uz povećanje troškova izrade pakiranja hrane, posljednjih godina cilj je razviti održiva pakiranja za hranu.

SVOJSTVA JESTIVIH OMOTAČA I FILMOVA

Jestivi omotači i filmovi proizvode se od materijala koji imaju sposobnost stvaranja filma (Dhall, 2013.). Materijali koji tvore film po prirodi mogu biti hidrofilni ili hidrofobni (Hassan i sur., 2018.). Tijekom proizvodnje materijali moraju biti otopljeni u otapalu kao što je voda, etanol, mješavina vode i etanola ili mješavina drugih otapala (Maringgal i sur., 2020.; Medina- Jaramillo i sur., 2020.). S obzirom da moraju biti jestivi, samo se voda ili etanol mogu koristiti kao otapalo tijekom obrade (Hassan i sur., 2018.). U ovom procesu mogu se dodati funkcionalni sastojci kao što su plastifikatori, emulgatori, antioksidansi, antimikrobna sredstva, minerali, vitamini, boje ili arome (Dhall, 2013.; Maringgal i sur., 2020.; Medina- Jaramillo i sur., 2020.). Na površinu hrane nanose se izravno uranjanjem, prskanjem ili premazivanjem četkama (Aloui i Khwaldia, 2016; Davidović i sur., 2021.; Maringgal i sur., 2020.; Medina- Jaramillo i sur., 2020.) nakon čega slijedi sušenje (Dhall, 2013.). Debljina sloja koji se stvara na površini manja je od 0,3 mm (Senturk Parreidt i sur., 2018.), a ovisi o svojstvima otopine kao što su gustoća, viskoznost i površinska napetost (Lin i Zhao, 2007.). Omotač je jestiv i može se konzumirati kao dio proizvoda ili uz daljnje uklanjanje (Senturk Parreidt i sur., 2018.). Budući da se može konzumirati, materijal koji se koristi za pripremu jestivih omotača mora biti odobren od Uprave za hranu i lijekove (engl. Food and Drugs Administration, FDA) i općenito se smatrat sigurnim materijalom (engl. Generally Recognised As Safe, GRAS) te mora biti u skladu s propisima koji se primjenjuju na prehrambeni proizvod (Dhall, 2013.). Na Slici 1. prikazano je dobivanje jestivih omotača i filmova.



Slika 1. Različite metode koje se koriste za pripremu jestivih filmova i omotača,
a) više koraka uključenih u metodu izlivanja za stvaranje jestivog filma;
b) metoda uranjanja za nanošenje jestivog omotača na plodove jagoda
(Izvor: Kumar i sur., 2022.)

Figure 1 Different methods used to prepare edible films and coatings,
a) multiple steps involved in the casting method to create an edible film;
b) dipping method for applying an edible coating to strawberry fruits
(from: Kumar et al., 2022)

Jestivi omotači djeluju kao učinkovita polupropusna barijera za plinove i vodenu paru između voća i povrća i okolne atmosfere te mogu stvoriti modificiranu atmosferu koja odgađa sazrijevanje i starenje plodova na način sličan skladištenju u kontroliranoj ili modificiranoj atmosferi (Gol i sur., 2013.; Lin i Zhao, 2007.) koja zahtjeva puno veća materijalna ulaganja. Polupropusna barijera koja se stvara ima sposobnost smanjenja vlage, migracije otopljenih tvari, respiracije i transpiracije, reakcija oksidacije te zadržava čvrstoću plodova i općenito odgađa njihovo starenje (Al-Tayyar i sur., 2020.; Chiabrando i Giacalone, 2017.; Mannozi i sur., 2017.; Mannozi i sur., 2018.; Medina-

Jaramillo i sur., 2020.). Omotači i filmovi za svježe voće trebaju imati nisku propusnost vodene pare kako bi se smanjile stope isušivanja, dok bi propusnost kisika trebala biti dovoljno niska da uspori disanje, ali ne preniska za stvaranje anaerobnih uvjeta pogodnih za proizvodnju etanola i neugodnih mirisa i okusa (Mohamed i sur., 2020.).

Funkcionalna svojstva jestivih omotača ovise o različitim čimbenicima. Oni uključuju karakteristike omotača (sastav, kemijska struktura, viskoznost otopine, debljina), uvjete obrade omotača (temperatura, pH, vrsta otapala) te vrstu i koncentraciju aditiva (Aloui i Khwaldia, 2016.). Kako bi se poboljšala učinkovitost i stabilnost jestivih omotača, bitno je pronaći odgovarajući sastav njihovih formulacija.

Jedna od jedinstvenih funkcija jestivih omotača je sposobnost ugradnje funkcionalnih sastojaka u matricu omotača. Oni utječu na poboljšanje osnovne funkcionalnosti omotača (Lin i Zhao, 2007.; Yang i sur., 2019.).

Za poboljšanje mehaničkih svojstava omotača ugrađuju se plastifikatori. Plastifikatori se najčešće ugrađuju pri izradi omotača na bazi polisaharida i proteina jer je struktura takvih omotača obično krhka i kruta (Lin i Zhao, 2007.) te su potrebni kako bi se smanjila njihova lomljivost, poboljšala fleksibilnost i otpornost na kidanje (Davidović i sur., 2021.). Također, plastifikatori utječu na otpornost omotača pri prodiranju para i plinova, pri čemu hidrofilni plastifikatori povećavaju propusnost vodene pare omotača (Lin i Zhao, 2007.). Najčešći plastifikatori koji se upotrebljavaju su glicerol, sorbitol, propilen glikol, polietilen glikol saharoza, masne kiseline i monogliceridi (Hassan i sur., 2018., Zikmanis i sur., 2021.).

Emulgatori su površinski aktivni agensi koji se ugrađuju za stabilizaciju omotača, a neophodni su za stvaranje polisaharidnih ili proteinskih omotača koje sadrže čestice lipidne emulzije (Lin i Zhao, 2007.).

Ostali funkcionalni sastojci, kao što su antioksidansi, antimikrobni agensi, nutraceutici, prehrambena vlakna, arome i bojila, dodaju se jestivim omotačima radi poboljšanja kvalitete, nutritivne vrijednosti, stabilnosti i sigurnosti hrane (Alvarez i sur., 2017.; Lin i Zhao, 2007.; Mannozi i sur., 2018.).

Ugradnjom antimikrobnih agensa u jestive omotače mogu se povećati antimikrobna svojstva stvaranjem vanjske površine sposobne za inhibiciju rasta patogena te mikroorganizama kvarenja (Medina-Jaramillo i sur., 2020.). Uobičajeni antimikrobni agensi koji se mogu ugraditi u omotače su benzojeva

kiselina, natrijev benzoat, sorbinska kiselina, kalijev sorbat i propionska kiselina (Lin i Zhao, 2007.). Osim toga, mogu se smanjiti biokemijska pogoršanja uzrokovana obradom, poput razgradnje teksture, gubitak boje i razvoja neugodnih mirisa i okusa (Aloui i Khwaldia, 2016.). Osim poboljšanja fizičkih svojstava, većina aktivnih tvari ugrađenih u matricu omotača/filma pokazuje antimikrobno ili antioksidacijsko djelovanje koje se može prenijeti na omotač/film. Tvari poput fenolnih spojeva, tanina, eteričnih ulja te i sami biopolimeri posjeduju antimikrobno djelovanje te su pogodni za aplikaciju (Chiralt i sur., 2020.). Većina komercijalno dostupnih jestivih omotača za svježe voće i povrće temelji se na voskovima, no mnogi potrošači preferiraju hranu bez voska jer je povezuju sa zdravstvenim i ekološkim problemima. Zbog toga su razvijeni jestivi omotači na bazi prirodnih polimera od bioloških materijala kao što su škrob, alginat, pektin i kitozan koji su bez mirisa, okusa i boje te ne pokazuju štetne učinke na senzornu kvalitetu hrane (Medina-Jaramillo i sur., 2020.).

Biopolimeri kao što su proteini, polisaharidi, lipidi uobičajeni su materijali koji tvore omotače koji se mogu koristiti sami ili u kombinacijama. Fizikalne i kemijske karakteristike biopolimera uvelike utječu na učinkovitost omotača, stoga je važno odabrati prikladne materijale (Al-Tayyar i sur., 2020.; Lin i Zhao, 2007.). Izbor materijala općenito se temelji na njihovoj topljivosti u vodi, hidrofilnoj i hidrofobnoj prirodi, jednostavnom stvaranju omotača i senzornim svojstvima (Lin i Zhao, 2007.). Kako bi se produljio rok trajanja svježih proizvoda, formulacije i materijali za oblaganje moraju biti pažljivo odabrani i dizajnirani (Lin i Zhao, 2007). Idealnim omotačem smatra se onaj koji može produžiti vijek skladištenja svježeg voća i povrća bez izazivanja anaerobioze i smanjenjem propadanja bez utjecaja na njihovu kvalitetu (Dhall, 2013). Također, mora pružiti djelomičnu prepreku kretanju vode koja može smanjiti gubitak vlage s površine voća i modificirati atmosferu oko ploda djelujući kao prepreka izmjeni plinova (Maringgal i sur., 2020.).

Osim toga, biopolimeri imaju mnoge prednosti jer su iz obnovljivih izvora, biorazgradivi, biokompatibilni, netoksični, topljivi u vodi, jestivi i jeftini (Al-Tayyar i sur., 2020.; Medina-Jaramillo i sur., 2020.). Između širokog spektra primjene biopolimera, razvoj jestivih omotača i filmova za očuvanje hrane pokazao se izvrsnom alternativom jer su ekološki prihvatljivi te smanjuju gubitak i količinu otpada (Salehi, 2020.), ali i poboljšavaju sigurnost hrane (Medina-Jaramillo i sur., 2020.).

Jestivi omotači mogu se sastojati od hidrokoloida, lipida i njihovih kompozita. Hidrokoloidi su dugolančani hidrofilni polimeri koji uključuju polisaharide i proteine, koji kada su raspršeni u vodi mogu tvoriti viskozne disperzije ili gelove (Mohamed i sur., 2020.). Prema osnovnim materijalima za izradu jestivi omotači su klasificirani u sljedeće kategorije:

- 1.) Omotači na bazi polisaharida - škrob, celuloza i njeni derivati, pektin, kitozan, alginat, karagenan, agar, pululan, ksantan, dekstran
- 2.) Omotači na bazi proteina - protein sirutke, kazein, keratin, kolagen/želatina, pšenični gluten, zein kukuruza, protein soje, protein kikirikija, protein sjemena pamuka
- 3.) Omotači na bazi lipida - voskovi, acilgliceroli i masne kiseline
- 4.) Kompozitni omotači i filmovi - kombinacija lipidnih i hidrokoloidnih komponenti

OMOTAČI NA BAZI POLISAHARIDA

Polisaharidi su prirodni polimeri i koriste se kao jestivi zaštitni omotači na voću zbog svoje dobre barijere za ugljični dioksid i kisik. Takvi omotači se mogu koristiti za modificiranje unutarnje atmosfere, čime se smanjuje intenzitet disanja (Lin i Zhao, 2007.) i produžuje rok trajanja voća bez stvaranja anaerobnih uvjeta (Yousuf i sur., 2018.). Jestivi omotači obično djeluju na usporavanje gubitka vlage tijekom kratkotrajnog skladištenja. Međutim, polisaharidi su hidrofilne prirode i ne djeluju dobro kao fizička barijera za vlagu. Nasuprot tome, neke vrste polisaharidnih filmova manje su propusne za kisik, što može pomoći u očuvanju određenih namirnica (Dhall, 2013.). Stoga je prednost korištenja ovih materijala u stvaranju plinske barijere, a ne barijere za vodenu paru (Lin i Zhao, 2007.). Linearna struktura nekih polisaharida kao što su celuloza i kitozan, čini njihove filmove fleksibilnim, čvrstim, prozirnim i otpornim na masti i ulja (Dhall, 2013.). Polisaharidni omotači su bezbojni i imaju manji kalorijski udio te mogu se primijeniti za produljenje roka trajanja voća (Hassan i sur., 2018.).

Polisaharidi porijeklom mogu biti iz biljaka (škrob, celuloza i njeni derivati, pektin), životinja (kitozan), algi (alginat, karagenan, agar) (Mohamed i sur., 2020.) i mikroorganizama (pululan, ksantan, dekstran) (Zikmanis i sur., 2021.).

Škrob je rezervni polisaharid većine biljaka i jedan je od najzastupljenijih prirodnih polisaharida. Zbog svojeg širokog raspona funkcionalnosti i relativno niske cijene koristi se za proizvodnju biorazgradivih filmova (Lin i Zhao, 2007.).

Celuloza je strukturni materijal staničnih stijenki biljaka. Općenito, derivati celuloze kao što su metil-celuloza (MC), karboksimetil-celuloza (CMC), hidrokspipropil-celuloza (HPC) i hidrokspipropilmetil-celuloza (HPMC) koriste se za stvaranje omotača i filma (Lin i Zhao, 2007.).

Pektin je polisaharid ekstrahiran iz staničnih stijenki biljaka (Al-Tayyar i sur., 2020.). Filmovi i omotači na bazi pektina pokazuju dobru barijeru za kisik i ulje, ali su krhki i imaju slabu otpornost za vlagu. Uz dodatak plastifikatora postaju fleksibilniji, a isto tako umrežavanjem sa polivalentnim kationima kao što je kalcij, pokazuju dobra mehanička svojstva (Mohamed i sur., 2020.).

Kitozan je prirodni biopolimer koji se proizvodi deacetilacijom hitina u koncentriranoj otopini lužine (Nair i sur., 2020.; Hassan i sur., 2018.). Hitin se obično nalazi u egzoskeletima rakova, staničnim stijenkama gljiva i drugim biološkim materijalima iz kojih se može ekstrahirati. Nakon celuloze, hitin je drugi najzastupljeniji biopolimer u prirodi (Dhall, 2013.; Mohamed i sur., 2020.). Omotači i filmovi na bazi kitozana posjeduju dobra svojstva barijere za ugljikov dioksid i kisik, mehanička svojstva te imaju izvrsna antimikrobna svojstva (Nair i sur., 2020.; Hassan i sur., 2018.). Upravo su antimikrobna svojstva najvažnija kod kitozanskih omotača jer imaju sposobnost zaštititi hranu od mikrobnog kvarenja i kontaminacije (Al-Tayyar i sur., 2020.). Dokazano je da kitozan može inhibirati rast gljivica na površini raznog voća, zbog izvrsnih antifungalnih svojstva (Chiabrandi i Giacalone, 2017; Mannozi i sur., 2018.). Također, filmovi i omotači izrađeni od kitozana (Slika 2.) su biorazgradivi, netoksični i biokompatibilni te se mogu kombinirati s drugim materijalima (Mannozi i sur., 2018.; Mohamed i sur., 2020.).



Slika 2. Mandarina s jestivim omotačem kitozanom
Figure 2 Mandarin with edible coating chitosan

Karagenan je anionski polisaharid morskog podrijetla ekstrahiran iz crvenih morskih algi (*Rhodophyceae*), uglavnom iz *Chondrus crispus* (Lin i Zhao, 2007.). Koristi se kao sastojak za stabilizaciju, emulgiranje i želiranje u raznim industrijama. Stvaranje karagenanskog omotača uključuje geliranje tijekom sušenja na umjerenj temperaturi, što dovodi do stvaranja čvrstog filma nakon isparavanja otapala pomoću dvostrukih spirala polisaharida (Mohamed i sur., 2020.).

Agar je biopolimer ekstrahiran iz određenih crvenih algi (*Rhodophyceae*). Filmovi i omotači od agara su krhki, visoke propusnosti za vlagu i loše toplinske stabilnosti. Iz tog se razloga miješaju s drugim biopolimerima, ugrađuju plastifikatori, hidrofobne komponente ili antimikrobna sredstva u njihovu strukturu kako bi se poboljšala svojstva filma (Mostafavi i Zaeim, 2020.).

Pululan je ekstracelularni mikrobní polisaharid (Lin i Zhao, 2007.) kojeg sintetizira gljiva slična kvascu *Aureobasidium pullulans* i sastoji se od maltotrioznih jedinica (Zikmanis i sur., 2021.). Topljiv je u vodi i sposoban je stvarati jestive omotače i filmove koji su bez mirisa, okusa i boje te imaju dobra svojstva barijere za kisik i ulje (Mohamed i sur., 2020.).

Ksantan je egzopolisaharid poznatiji kao ksantan guma kojeg sintetizira bakterija *Xanthomonas campestris*. Općenito, smatra se sigurnim materijalom te se koristi kao stabilizator, emulgator i zgušnjivač u hrani. Jestivi omotač na bazi ksantanske gume koristi se za poboljšanje roka trajanja i kvalitete svježeg voća (Mohamed i sur., 2020.).

Dekstran je polimer glukoze, egzopolisaharid koji se dobiva uz pomoć mliječnih bakterija *Leuconostoc* spp., najčešće *Leuconostoc mesenteroides*, kada rastu na mediju bogatom saharozom (Davidović i sur., 2021.; Zikmanis i sur., 2021.). Prema Davidović i sur. (2021.) filmovi sa dekstranom plastificirani različitim koncentracijama poliglicerola pokazali su pozitivan učinak na kvalitetu i produljenje roka trajanja borovnica.

Alginati su prirodni polisaharidi ekstrahirani iz smeđih morskih algi (*Phaeophyceae*) (Mohamed i sur., 2020.). Općenito, alginati su soli alginske kiseline, koja je linearni kopolimer monomera α -l-guluronske kiseline (G) i β -d-manuronske kiseline (M) (Dhall, 2013.; Giri, 2016.; Medina-Jaramillo i sur., 2020.). Alginati su hidrofilni biopolimeri (Chiabrando i Giacalone, 2017.) koji posjeduju dobra svojstva stvaranja omotača i filma, proizvodeći prozirne, ujednačene i vodotopive filmove (Lin i Zhao, 2007.). Kao i drugi hidrofilni polisaharidi, imaju slabu barijeru za vodenu paru, no uz dodavanje kationa poput kalcija (Ca^{2+}) smanjuje se propusnost za vodenu paru (Mohamed i sur., 2020.). Također, dodatkom dvovalentnim ili polivalentnih kationa kao što su kalcij, željezo ili magnezij (Dhall, 2013.) mogu tvoriti netopive polimere ili jake gelove (Yousuf i sur., 2018.). Osim toga, imaju manju propusnost za masti, ulja i kisik što može usporiti oksidaciju lipida raznog voća, ali i pomoći u smanjenju gubitka mase i rasta mikroflora. Omotači na bazi alginata koriste se kao tretman nakon berbe za očuvanje kvalitete i produljenje roka trajanja voća (Nair i sur., 2020.).

Natrijev alginat, kalijev alginat, amonijev alginat i kalcijev alginat su monovalentne soli alginske kiseline. Alginska kiselina i kalcijev alginat su netopljivi u vodi dok su natrijev alginat, kalijev alginat i amonijev alginat topivi u vodi (Senturk Parreidt i sur., 2018.). Američka Uprava za hranu i lijekove (FDA) i Europska komisija, klasificiraju alginsku kiselinu i njezine soli kao siguran materijal (GRAS) i preporučuju njihovu upotrebu kao aditive hrani odnosno kao stabilizatore, emulgatore, zgušnjivače i sredstva za želiranje (Nair i sur., 2020.; Senturk Parreidt i sur., 2018.). Najčešća sol alginata je natrijev alginat (Senturk Parreidt i sur., 2018.). Natrijev alginat ima mnogo važnih fizičkih i bioloških svojstava, kao što je sposobnost stvaranja gela, zadržavanje vlage, biokompatibilnost, niska cijena i dostupnost (Mannozi i sur., 2017.). Do sada su provedena mnoga istraživanja upotrebe natrijevog alginata kao omotača koji se koristi za očuvanje kvalitete i produljenje roka trajanja svježih borovnica, među kojima se ističu istraživanja autora Chiabrando i Giacalone (2017.) te Chiabrando i Giacalone (2015.).

Chiabrando i Giacalone (2017.) proučavali su kvalitetu svježih borovnica tretiranih otopinama natrijevog alginata (1,5 % w/v), kitozana (2 % w/v) te kombinacijom otopina natrijevog alginata (1 % w/v) i kitozana (1,5 % w/v) tijekom 45 dana skladištenja na 0 °C. Netretirane borovnice služile su kao kontrola. Kvaliteta ploda procijenjena je za boju površine ploda, gubitak mase, čvrstoću, ukupnu kiselost, sadržaj ukupnih topljivih krutih tvari, ukupni sadržaj fenola, ukupni antioksidacijski kapacitet, ukupni sadržaj antocijana, te broj plijesni i kvasaca. Usporednom rezultata tretiranih borovnica otopinom natrijevog alginata i otopinom kitozana utvrdili su da je primjena omotača na bazi natrijevog alginata pokazala minimalni gubitak čvrstoće i antioksidacijskog kapaciteta, ali niže vrijednosti ukupne kiselosti i ukupnog sadržaja topljivih krutih tvari. Nadalje, ukupni sadržaj fenola jedino se povećao primjenom omotača na bazi natrijevog alginata. Međutim, utvrdili su da omotač natrijevog alginata pospješuje rast plijesni i kvasaca na kraju razdoblja skladištenja. Kitozanski omotač pokazao je manji gubitak mase, veći sadržaj ukupnih topljivih krutih tvari, antioksidacijski kapacitet te najveći gubitak čvrstoće u usporedbi s omotačem na bazi natrijevog alginata na kraju razdoblja skladištenja. Omotač na bazi kitozana pokazao je najbolja antifugalna svojstva te minimizirao rast plijesni i kvasaca na vrijednosti < 1 log CFU/g. Povećanje sadržaja antocijana na kraju razdoblja najviše su pokazali kontrolnih uzorci, iza kojih slijede omotači na bazi natrijevog alginata te omotači na bazi kitozana. Iz toga su zaključili da primjena jestivih omotača na bazi natrijevog alginata i na bazi kitozana utječe na brzinu promjena nekih kemijskih i fizioloških svojstava

borovnica tijekom skladištenja. Prema tome možemo reći da primjena jestivih omotača usporava brzinu propadanja i poboljšava kvalitetu borovnica nakon berbe.

OMOTAČI NA BAZI PROTEINA

Proteini se prema svom izvornom stanju odnosno obliku mogu podijeliti na vlaknaste i globularne proteine. Vlaknasti proteini su netopljivi u vodi i dobivaju se iz životinjskih tkiva (npr. protein sirutke, kazein, keratin, kolagen/želatina) dok su globularni proteini topljivi u vodi ili vodenim otopinama soli, baza ili kiselina i dobiveni su iz biljnog porijekla (npr. pšenični gluten, zein kukuruza, protein soje, protein kikirikija, protein sjemena pamuka) (Al-Tayyar i sur., 2020.; Dhall, 2013.). Omotači na bazi proteina pokazuju izvrsna svojstva barijere za ugljični dioksid i kisik te zadovoljavajuća mehanička svojstva (Chen i sur., 2019.; Yousuf i sur., 2018.), ali su loša barijeru za vodenu paru zbog hidrofilnosti proteina (Hauzoukim i Mohanty, 2020.). Svaki protein zahtijeva specifične uvjete obrade za stvaranje omotača. Kada se formiraju od otopina na bazi vode, takvi omotači postaju krhki i osjetljivi na pucanje kada se osuše (Coltelli i sur., 2015.). Stoga je kod proizvodnje omotača na bazi proteina neophodna upotreba kompatibilnih plastifikatora jer osim što mogu poboljšati mehanička svojstva, mogu povećati propusnost za vodenu paru dodatkom hidrofilnih plastifikatora (Lin i Zhao, 2007.).

OMOTAČI NA BAZI LIPIDA

Lipidi su spojevi koji potječu iz prirodnih izvora kao što su biljke, životinje i insekti (Mohamed i sur., 2020.). Lipidni omotači se dobivaju iz sirovina poput voskova, acilglicerola ili masnih kiselina. Prirodni voskovi kao što je karnauba vosak i pčelinji vosak najčešće su sirovine za izradu jestivih omotača na bazi lipida (Yousuf i sur., 2018.). Candelila vosak, mineralna ulja i smole te voskovi na bazi nafte poput polietilenskog i parafilnskog voska također se koriste za izradu omotača na bazi lipida (Dhall, 2013.). Zbog hidrofobnog karaktera i nepolarosti, lipidni omotači stvaraju učinkovitu barijeru za prijenos vodene pare (Debeaufort i Voilley, 2009.; Yousuf i sur., 2021.). Isto tako, zbog hidrofobnosti omotači i filmovi na bazi lipida obično su krhki i deblji (Al-Tayyar i sur., 2020.; Hassan i sur., 2018.). Stoga se čisti lipidni omotači i filmovi ne koriste te ih nije lako proizvesti jer su mehanički manje čvrsti (Yousuf i sur., 2021.). Kada se lipidi kombiniraju s drugim materijalima odnosno s polisaharidima i proteinima, tada takvi kompozitni omotači i filmovi pokazuju bolje mehaničke i barijerne karakteristike od samostalnih lipidnih omotača i filmova (Al-Tayyar i sur., 2020.; Paidari i sur., 2021.).

KOMPOZITNI OMOTAČI I FILMOVI

Kompozitni omotači i filmovi su kombinacija više materijala odnosno mješavina polisaharida, proteina i/ili lipida (Dhall, 2013.). Mogu biti u obliku suspenzije, emulzije ili disperzije ili u uzastopnim slojevima (dvoslojni) (Hassan i sur., 2018.). Primarni cilj formiranja kompozitnih omotača i filmova je poboljšati propusnost i/ili mehanička svojstva u usporedbi s omotačem ili filmom koji je napravljen od bilo kojeg pojedinačnog materijala (Dhall, 2013.; Hassan i sur., 2018.; Yousuf i sur., 2021.). Iako se takvi kompozitni omotači ili filmovi mogu formirati kombinacijom bilo koje vrste materijala koje tvore film, utvrđeno je da su omotači i filmovi koji se sastoje od hidrokoloida i lipida učinkovitiji od kompozitnih omotača i filmova dobivenih od mješavina sličnih vrsta materijala (Yousuf i sur., 2021.). Općenito, polisaharidi i proteini su hidrofilne prirode te dobri materijali za stvaranje omotača i mogu pružiti izvrsna strukturna i mehanička svojstva, ali pružaju slabu barijeru za vlagu dok su nasuprot tome lipidi hidrofobnog karaktera i imaju loša mehanička svojstva, ali djeluju kao izvrsna barijera vodene pare. Stoga su kompozitni omotači formulirani tako da kombiniraju prednosti lipidnih i hidrokoloidnih komponenti, a istovremeno prikrivaju ili smanjuju njihove pojedinačne nedostatke (Yousuf i sur., 2018.). Lipidi mogu biti ugrađeni u otopinu za stvaranje hidrokoloidnog filma tehnikom emulzije ili nanošenjem lipidnih slojeva na površinu prethodno formiranog hidrokoloidnog filma za dobivanje dvosloja (Debeaufort i Voilley, 2009.). Dvoslojni omotači ili filmovi pokazuju svoje nedostatke jer metoda pripreme uključuje četiri stupnja (dvije faze lijevanja i dvije faze sušenja) te takvi filmovi s vremenom se raslojavaju, stvaraju pukotine i pokazuju nejednoličnu površinu (Hassan i sur., 2018.).

Ma i sur. (2021.) istraživali su učinak kompozitnog omotača na bazi šelaka (prirodni biopolimer koji izlučuje ženska štitna uš *Kerria lacca*) i taninske kiseline te samog šelak omotača na produljenje roka trajanja i poboljšanje kvalitete ploda manga tijekom razdoblja skladištenja na sobnoj temperaturi. Istraživanje je pokazalo da je primjena kompozitnog omotača šelaka i taninske kiseline pokazala bolji učinak na očuvanje kvalitete manga u usporedbi sa samim shellac omotačem i kontrolom. Stoviše, dodavanje taninske kiseline omotaču shellaca poboljšalo je antifungalni učinak formulacije, što je pogodovalo produljenju roka trajanja manga. Ovi rezultati sugeriraju da je došlo do sinergijskog učinka između taninske kiseline i shellaca, što pokazuje veliki potencijal ove formulacije u produljenju roka trajanja i poboljšanju kvalitete manga. U Tablici 1. prikazane u različite vrste omotača koje su primijenjene na određene voće i povrće te njihov učinak na plod tijekom skladištenja.

Tablica 1. Primjena različitih vrsta jestivih omotača na voće i povrće tijekom skladištenja

Table 1 Application of different types of edible coatings to fruits and vegetables during storage

Vrsta voća/povrća Type of fruit/vegetable	Sastav jestivog omotača Composition of edible coating	Djelovanje na plod Effect on fruit	Referenca Reference
Jagoda Strawberry	Kitozan s funkcionalnim skupinama katehola Chitosan with functional groups of catechol	- smanjen gubitak mase - reduced weight loss - spriječavanje rasta mikroba - preventing the growth of microbes	Zhou i sur. (2023.) Zhou et al. (2023)
Narezana jabuka spremna za konzumaciju Ready-to-eat sliced apple	Pektin s esencijalnim uljem origana Pectin with essential oil of oregano	- produžena svježina narezane jabuke - prolonged freshness of sliced apple - smanjena pojava posmeđivanja - reduced appearance of browning	Kostić i sur. (2023.) Kostić et al. (2023)
Breskva Peach	Alginat s nanočesticom titanovog oksida (TiO ₂) i ekstraktom kore slatke limete Alginate with titanium oxide nanoparticle (TiO ₂) and sweet lime peel extract	- smanjen gubitak mase - reduced weight loss - smanjena pojava plijesni - reduced mold incidence	Khan i sur. (2023.) Khan et al. (2023)
Rajčica Tomatoes	Karboksimetil celuloza s ekstraktom spiruline Carboxymethyl cellulose with spirulina extract	- smanjen gubitak mase - reduced weight loss - smanjena promjena boje ploda - reduced fruit discoloration	Rahimah i sur. (2024.) Rahimah et al. (2024)
Mandarina Tangerine	Dvoslojni omotač na bazi kitozana i hidroksipropilmetil-celuloze Two-layer coating based on chitosan and hydroxypropyl-methyl-cellulose	- povišeni sadržaj bioaktivnih komponenti (organske kiseline, fenoli) - increased content of bioactive components (organic acids, phenols) - smanjen gubitak mase - reduced weight loss	Jurić i sur. (2023.) Jurić et al. (2023)
Paprika Bell pepper	Tragakant guma Tragacanth gum	- poboljšana čvrstoća ploda - improved fruit firmness - smanjen gubitak mase - reduced weight loss	Zare-Bavani i sur. (2023.) Zare-Bavani et al. (2023)

Avokado Avocado	Kompozitni omotač gume arabike, karboksimetil celuloze i ekstrakta lišća moringe Composite coating of gum arabic, carboxymethyl cellulose and moringa leaf extract	- smanjen rast C. gloeosporioides - reduced growth of C. gloeosporioides - smanjen gubitak mase - reduced weight loss - očuvana čvrstoća ploda - improved fruit firmness	Kubheka i sur. (2020.) Kubheka et al. (2020)
Šljiva Plum	Kompozitni omotač na bazi 3 % (w/v) škroba, 1,5 % (w/v) karagena i 1,5 % (w/v) estera šećera i masnih kiselina Composite coating based on 3% (w/v) starch, 1.5% (w/v) carrageenan and 1.5% (w/v) sugar and fatty acid esters	- očuvan sadržaj bioaktivnih komponenti - preserved content of bioactive components - očuvana čvrstoća ploda - preserved firmness of the fruit	Thakur i sur. (2018.) Thakur et al. (2018)

Jiao i suradnici (2019.) su primijenili dvije vrste omotača na plodovima breskve, kitozan (1 %, v/v) i kitozan (1 %, v/v) koji je sadržavao i klorogensku kiselinu. Mjerenjem osnovnih fizikalno - kemijskih parametara tijekom skladištenja plodovi breskve pokazalo se da breskve koje su sadržavale kombinaciju kitozana i kloregenske kiseline imaju puno bolju kvalitetu.

ZAKLJUČAK

Zbog nedostataka tradicionalnih praksi čuvanja i rukovanja ubranim voćem i povrćem, dolazi do značajnih gubitaka plodova nakon berbe. Potrošači zahtijevaju hranu visoke kvalitete, bez kemijskih konzervansa i s produljenim rokom trajanja. Kako bi se učinkovito produljio rok trajanja voća i povrća nakon berbe i smanjili gubici, jestivi omotači su prikladna i sigurna alternativa koje se sve više koristi u prehrambenoj industriji. Osim toga, jestivi omotači su potpuno bezopasni za okoliš i mogu se smatrati zelenom alternativom sintetičkim premazima i drugim kemijskim tretmanima nakon berbe. U budućnosti bi korištenje jestivih omotača moglo biti vrlo raširena metoda očuvanja voća i povrća nakon berbe kojom se povećava trajnost, tržišna vrijednost i kvaliteta ubranih plodova, ali potreban je daljnji razvoj proizvoda kako bi se uklonili nedostaci jestivih omotača poput topljivosti u vodi i osjetljivosti na pojedine mikroorganizme. Dodatno, potrebna je usklađenost s propisima i standardima o sigurnosti hrane. Korištenjem biopolimera koji se

smatraju otpadom u poljoprivredi, dodatno se daje na vrijednosti ovakvim inovativnim rješenjima koji imaju za cilj očuvanje namirnica i smanjenje gubitaka plodova nakon berbe.

LITERATURA:

1. Almenar E., Samsudin H., Auras R., Harte B., & Rubino M. (2008.): Postharvest shelf life extension of blueberries using a biodegradable package. *Food Chemistry*. 110(1): 120- 127.
2. Aloui H., & Khwaldia K. (2016.): Natural Antimicrobial Edible Coatings for Microbial Safety and Food Quality Enhancement. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 15(6): 1080-1103.
3. Al-Tayyar N. A., Youssef A. M., & Al-Hindi R. R. (2020.): Edible coatings and antimicrobial nanoemulsions for enhancing shelf life and reducing foodborne pathogens of fruits and vegetables: A review. *Sustainable Materials and Technologies*. 26: e00215.
4. Alvarez M. V., Ponce A. G., & Moreira M. R. (2017.): Influence of polysaccharide-based edible coatings as carriers of prebiotic fibers on quality attributes of ready-to-eat fresh blueberries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 98(7): 2587-2597.
5. Bambace M. F., Alvarez M. V., & del Rosario Moreira M. (2019.): Novel functional blueberries: Fructo-oligosaccharides and probiotic lactobacilli incorporated into alginate edible coatings. *Food Research International*. 122: 653-660.
6. Bell S. R., Montiel L. G. H., Estrada R. R. G., & Martínez P. G. (2021.): Main diseases in postharvest blueberries, conventional and eco-friendly control methods: A review. *LWT*. 149: 112046.
7. Chen H., Wang J., Cheng Y., Wang C., Liu H., Bian H., Pan Y., Sun J., & Han W. (2019.): Application of protein-based films and coatings for food packaging: A review. *Polymers*. 11(12): 2039.
8. Chiabrando V. & Giacalone G. (2017.): Quality evaluation of blueberries coated with chitosan and sodium alginate during postharvest storage. *International Food Research Journal*. 24(4): 1553-1561.
9. Chiabrando V., & Giacalone G. (2015.): Anthocyanins, phenolics and antioxidant capacity after fresh storage of blueberry treated with edible coatings. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 66(3): 248-253.
10. Chiabrando V., Giacalone G., & Rolle L. (2009.): Mechanical behaviour and quality traits of highbush blueberry during postharvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89(6): 989-992.

11. Chiabrando V., Peano C., Giacalone G. (2017.): The efficacy of different postharvest treatments on physico-chemical characteristics, bioactive components and microbiological quality of fresh blueberries during storage period. *Food Research*. 1(6): 240-248.
12. Chiralt A., Menzel C., Hernandez-García E., Collazo S., & Gonzalez-Martinez C. (2020.): Use of by-products in edible coatings and biodegradable packaging materials for food preservation. U: *Sustainability of the Food System* (Ur. Betoret N. & Betoret E.). Academic Press. str. 101-127.
13. Coltelli M. B., Wild F., Bugnicourt E., Cinelli P., Lindner M., Schmid M., Weckel V., Müller K., Rodriguez P., Staebler A., Rodríguez-Turienzo L., & Lazzeri A. (2015.): State of the art in the development and properties of protein-based films and coatings and their applicability to cellulose based products: An extensive review. *Coatings*. 6(1): 1.
14. Davidović S., Miljković M., Gordic M., Cabrera-Barjas G., Nestic A., & Dimitrijević- Branković S. (2021.): Dextran-Based Edible Coatings to Prolong the Shelf Life of Blueberries. *Polymers*. 13(23): 4252.
15. Debeaufort F., & Voilley A. (2009.): Lipid-based edible films and coatings. U: *Edible films and coatings for food applications* (Ur. Embuscado M. E. & Huber K. C.). Springer. New York, NY. str. 135-168.
16. Dhall R. K. (2013.): Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 53(5): 435-450.
17. Duan J., Wu R., Strik B. C., & Zhao Y. (2011.): Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. *Postharvest biology and technology*. 59(1): 71-79.
18. Erkmen, O., Barazi, A.O. (2018.): General Characteristics of Edible Films. *Journal of Food Biotechnology Research*. 2(1): 3
19. Gol N. B., Patel P. R., & Rao T. V. R. (2013.): Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*. 85: 185-195.
20. Halim A.L.A., Kamari A., & Phillip E. (2018.): Chitosan, gelatin and methylcellulose films incorporated with tannic acid for food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*. (120): 1119-1126.
21. Hassan B., Chatha S. A. S., Hussain A. I., Zia K. M., & Akhtar N. (2018.): Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 109: 1095-1107.
22. Hauzoukim S. S., & Mohanty B. (2020.): Functionality of protein-Based edible coating. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 8(4): 1432-1440.

23. Hur S. J., Kim D. H., Chun S. C., & Lee S. K. (2013.): Antioxidative changes of blueberry leaf extracts in emulsion-type sausage during in vitro digestion. *Food Science of Animal Resources*. 33(6): 689-695.
24. Jurić, S., Sigurnjak Bureš, M., Vlahoviček-Kahlina, K., Sopko Stracenski, K., Fruk, G., Jalšenjak, N., Maslov Bandić, L. (2023.): Chitosan-based layer-by-layer edible coatings application for the preservation of mandarin fruit bioactive compounds and organic acids. *Food Chemistry: X*, 17: 100575.
25. Khan, O.A., Zaidi, S., Ul Islam, R., Naseem, S., Junaid, P. M. (2023.): Enhanced shelf-life of peach fruit in alginate based edible coating loaded with TiO₂ nanoparticles. *Progress in Organic Coatings*. 182:107688.
26. Kostić, M., Bajac, B., Janjušević, Lj., Bajac, J., Antov, M. (2023.): Edible coatings based on plant components for active packaging of fresh/fresh-cut fruits. *South African Journal of Botany*. 161: 395-403.
27. Kumar, L., Ramakanth, D., Akhila, K., Gaikwad, K.K. (2022.): Edible films and coatings for food packaging applications: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 20: 875–900.
28. Lin D., & Zhao Y. (2007.): Innovations in the Development and Application of Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 6(3): 60-75.
29. Lires C. M., Docters A., & Horak C. I. (2018.): Evaluation of the quality and shelf life of gamma irradiated blueberries by quarantine purposes. *Radiation Physics and Chemistry*. 143: 79-84.
30. Ma J., Zhou Z., Li K., Li K., Liu L., Zhang W., Xu J., Tu X., Du L., & Zhang H. (2021.): Novel edible coating based on shellac and tannic acid for prolonging postharvest shelf life and improving overall quality of mango. *Food Chemistry*. 354: 129510.
31. Mahajan, P.V., Caleb, O.J., Singh, Z., Watkins, C.B., Geyer, M. (2014.): Postharvest treatments of fresh produce. *Philosophical transactions of the Royal Society A*. 372: 20130309
32. Mannozi C., Cecchini J. P., Tylewicz U., Siroli L., Patrignani F., Lanciotti R., Rocculi P., Dalla Rosa M., & Romani S. (2017.): Study on the efficacy of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life. *LWT - Food Science and Technology*. 85: 440-444.
33. Mannozi C., Tylewicz U., Chinnici F., Siroli L., Rocculi P., Dalla Rosa M., & Romani S. (2018.): Effects of chitosan based coatings enriched with procyanidin by-product on quality of fresh blueberries during storage. *Food Chemistry*. 251: 18-24.
34. Maringgal B., Hashim N., Tawakkal I. S. M. A., & Mohamed M. T. M. (2020.): Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. *Trends in Food Science & Technology*. 96: 253-267.

35. Medina-Jaramillo C., Quintero-Pimiento C., Díaz-Díaz D., Goyanes S., & López-Córdoba A. (2020.): Improvement of andean blueberries postharvest preservation using carvacrol/alginate-edible coatings. *Polymers*. 12(10): 2352.
36. Mohamed S. A., El-Sakhawy M., & El-Sakhawy M. A. M. (2020.): Polysaccharides, protein and lipid-based natural edible films in food packaging: A review. *Carbohydrate Polymers*. 238: 116178.
37. Mostafavi F. S., & Zaeim D. (2020.): Agar-based edible films for food packaging applications-A review. *International journal of biological macromolecules*. 159: 1165- 1176.
38. Nair M. S., Tomar M., Punia S., Kukula-Koch W., & Kumar M. (2020.): Enhancing the functionality of chitosan-and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 164: 304-320.
39. Okan O. T., Deniz I., Yayli N., ŞAT İ. G., Mehmet Ö. Z., & Serdar G. H. (2018.): Antioxidant activity, sugar content and phenolic profiling of blueberries cultivars: a comprehensive comparison. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 46(2): 639-652.
40. Olivas G. I., Dávila-Aviña J. E., Salas-Salazar N. A., & Molina F. J. (2008.): Use of edible coatings to preserve the quality of fruits and vegetables during storage. *Stewart Postharvest Review*. 3(6): 1-10.
41. Paidari S., Zamindar N., Tahergorabi R., Kargar M., Ezzati S., & Musavi S. H. (2021.): Edible coating and films as promising packaging: a mini review. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 15(5): 4205-4214.
42. Pérez-Lavalle L., Carrasco E., & Valero A. (2020.): Strategies for microbial decontamination of fresh blueberries and derived products. *Foods*. 9(11): 1558.
43. Picchio M. L., Linck Y. G., Monti G. A., Gugliotta L. M., Minari R. J., & Alvarez Igarzabal C. I. (2018.): Casein films crosslinked by tannic acid for food packaging applications. *Food Hydrocolloids*. (84): 424-434.
44. Quansah J. K., Gazula H., Holland R., Scherm H., Li C., Takeda F., & Chen J. (2019.): Microbial quality of blueberries for the fresh market. *Food Control*. 100: 92-96.
45. Raghav P. K., Agarwal N., & Saini M. (2016.): Edible coating of fruits and vegetables: A review. *Education*. 1: 2455-5630.
46. Rahimah, S., Ghassani, D., Martha, H., Nurhasanah, S., Satya, A., Chrismadha, T., Mardawati, E. (2024.): Incorporation of *Spirulina platensis* in Edible Coating for Shelf-Life Extension of Tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Umagna Variety. *BIO Web of Conferences*, 92: 02007.
47. Salehi F. (2020.): Edible coating of fruits and vegetables using natural gums: A review. *International Journal of Fruit Science*. 20(2): 570-589.

48. Senturk Parreidt T., Müller K., & Schmid M. (2018.): Alginate-based edible films and coatings for food packaging applications. *Foods*. 7(10): 170.
49. Tahir H. E., Zhihua L., Mahunu G. K., Xiaobo Z., Arslan M., Xiaowei H., Yang Z., & Mariod A. A. (2019.): Effect of gum arabic edible coating incorporated with African baobab pulp extract on postharvest quality of cold stored blueberries. *Food science and biotechnology*. 29(2): 217-226.
50. Tavassoli-Kafrani E., Gamage M. V., Dumée L. F., Kong L., & Zhao S. (2022.): Edible films and coatings for shelf life extension of mango: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 62(9): 2432-2459.
51. Thakur, R., Pristijono, P., Golding, J.B., Stathopoulos, C.E., Scarlett, C.J., Bowyer, M., Singh, S.P. Vuong, Q.V. (2018.): Development and application of rice starch based edible coating to improve the postharvest storage potential and quality of plum fruit (*Prunus salicina*). *Scientia Horticulturae*. 237: 59-66.
52. Widsten P., Cruz C. D., Fletcher G. C., Pajak M. A., & McGhie T. K. (2014.). Tannins and extracts of fruit byproducts: Antibacterial activity against foodborne bacteria and antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62(46): 11146-11156.
53. Wu V. C., & Kim B. (2007.): Effect of a simple chlorine dioxide method for controlling five foodborne pathogens, yeasts and molds on blueberries. *Food Microbiology*. 24(7- 8): 794-800.
54. Yang Z., Zou X., Li Z., Huang X., Zhai X., Zhang W., Shi J., & Tahir H. E. (2019.): Improved postharvest quality of cold stored blueberry by edible coating based on composite gum arabic/roselle extract. *Food and Bioprocess Technology*. 12(9): 1537-1547.
55. Yousuf B., Qadri O. S., & Srivastava A. K. (2018.): Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. *Lwt*. 89: 198-209.
56. Yousuf B., Sun Y., & Wu S. (2021.): Lipid and Lipid-containing Composite Edible Coatings and Films. *Food Reviews International*. 1-24.
57. Zare-Bavani, M. R., Rahmati-Joneidabad, M., & Jooyandeh, H. (2024.): Gum tragacanth, a novel edible coating, maintains biochemical quality, antioxidant capacity, and storage life in bell pepper fruits. *Food Science & Nutrition*. 00: 1-14.
58. Zikmanis P., Juhņeviča-Radenkova K., Radenkova V., Segliņa D., Krasnova I., Kolesovs S., Orlovskis Z, Šilaks A., & Semjonovs P. (2021.): Microbial Polymers in Edible Films and Coatings of Garden Berry and Grape: Current and Prospective Use. *Food and Bioprocess Technology*. 14(8): 1432-1445.
59. Zhou, C., Bai, J., Zhang, F., Zhang, R., Zhang, X., Zhong, K., Yan, B. (2023.): Development of mussel-inspired chitosan-derived edible coating for fruit preservation. *Carbohydrate Polymers*. 321:121293.

Adresa autora - Author's address:

izv. prof. dr. sc. Luna Maslov Bandić,
e-mail: lmaslov@agr.hr, dopisni autor
Dr. sc. Slaven Jurić,
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet,
Zavod za kemiju,
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb

Primljeno – Received:

18.03.2023.

Revidirano – Revised:

10.04.2024.

Prihvaćeno – Accepted:

27.05.2024.

Prof. dr. sc. Mirna Mrkonjić Fuka
Dr. sc. Irina Tanuwidjaja mag. ing. agr. ,
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet,
Zavod za mikrobiologiju,
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb

