

---

# Biodegradable packaging for storage of fruit and other horticultural products: materials, properties and its effect on fruit quality

## Biorazgradiva ambalaža za čuvanje voća i drugih hortikulturnih proizvoda: materijali, svojstva i učinak na kakvoću

Iva TOKIĆ<sup>1</sup>, Goran FRUK, Tomislav JEMRIĆ

<sup>1</sup>*Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za voćarstvo, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, studentica MS studija Hortikultura – Voćarstvo*

### ABSTRACT

The role of packaging material is to preserve the nutritional and sensory properties of product, inform consumers about the nutritional values, facilitate storage and handling. Today, the development and commercial production of biodegradable packaging materials, other than paper, is focused on materials from other renewable sources of plant origin. Further development of biodegradable polymer market is dependent on securing a permanent, reliable and cheap sources of raw materials. In the battle for their share of the market, biopolymers enjoy strong support from policy and legislation, particularly in Europe. Attractive and efficient packaging contribute to the development of new products, provides an interesting presentation to consumers, lowers production costs, improves the food product and defines the specific "brand".

**Keywords:** packaging, biopolimers, biodegradability, storage

### SAŽETAK

Uloga ambalažnog materijala je da se sačuvaju prehrambena i senzorička svojstva proizvoda, prema navedenim nutritivnim vrijednostima informira potrošača, olakša skladištenje i manipulativni uvjeti.

Danas se za razvoj i komercijalnu proizvodnju biorazgradive ambalaže, osim papira, koriste i materijali iz drugih obnovljivih izvora biljnog porijekla. Daljnji razvoj tržišta biorazgradivih polimernih materijala ovisi o osiguranju stalnog, pouzdanog i jeftinog izvora sirovina. Biorazgradiva ambalaža, osim minimalne kontaminacije okoliša mora održati kakvoću i svježinu voća i povrća. U borbi za svoj dio tržišta biopolimeri imaju jake adute poput proizvodnje iz održivih izvora i biorazgradivosti. U borbi za svoj dio tržišta biopolimeri uživaju veliku potporu politike i zakonodavstva, naročito u Europi.

**Ključne riječi:** ambalaža, biopolimeri, biorazgradivost, čuvanje

## DETAILED ABSTRACT

The aim of this review is to describe the advantages and disadvantages of biodegradable plastic packaging and to compare its impact on the quality of fruits and vegetables. Bioplastics cover a wide range of materials, each with different properties. It is applied in various fields of industry. Most biodegradable polymers have one feature in common - good resistance to water vapour, in some cases even several times greater than that of conventional polymers. Biopolymers and biodegradable polymeric materials are produced from renewable sources of animal or vegetable origin and can be decomposed into carbon dioxide, water, inorganic compounds and biomass. During this process, no harmful compounds are produced. There are two groups of commercially important biodegradable polymers. The first group includes naturally produced unmodified polymers (polymers based on starch and polyhydroxyalkanoates (PHA)), which are naturally susceptible to enzymatic degradation by microorganisms. The second group includes synthetic polymers (mainly polyesters), which are susceptible to biodegradation based on polylactic acid (PLA). Biodegradable materials with silver have a positive effect on the maintenance of microbiological safety of fruits and vegetables. Biodegradable packaging materials are produced in several different forms to accommodate the requirements for packaging and storage of various products: gels, films, bags, boxes with lids and trays. Biodegradable packaging materials must have sufficient strength, increased resistance to breakage and temperature change, increased durability and longevity. Biodegradation must be similar to those in conventional organic materials (within a few weeks), and during the composting process no residues should be created.

Further development of biodegradable polymer market is dependent on securing a permanent, reliable and cheap sources of raw materials.

In the battle for their share of the market, biopolymers enjoy strong support from policy and legislation, particularly in Europe. Attractive and efficient packaging contribute to the development of new products, provides an interesting presentation to consumers, lowers production costs, improves the food product and defines the specific "brand".

## Uvod

Bioplastike pokrivaju širok spektar materijala od kojih svaki ima različita svojstva, što im daje mogućnost primjene u raznim poljima industrije. Većina biorazgradivih polimera ima jednu zajedničko svojstvo - dobru otpornost na vodenu paru, u nekim slučajevima čak nekoliko puta veću nego kod konvencionalnih polimera (Petersen i sur., 1999). Siraccusa i suradnici (2008) već su napravili osvrt na stanje i budućnost uporabe biorazgradive ambalaže, pa se ne mogu iznijeti neke nove činjenice s tim u vezi. Stoga je cilj ovog rada osvrnuti se na prednosti i mane koje donosi ovaj način pakiranja te usporediti svojstva i učinke biorazgradive ambalaže na kakvoću voća i povrća u odnosu na klasičnu ambalažu.

Uloga ambalažnog materijala je: sačuvati prehrambena i senzorička svojstva proizvoda, prema navedenim nutritivnim vrijednostima informirati potrošača, olakšati skladištenje i manipulaciju. Biorazgradiva ambalaža nije i ne može postati otpad, odnosno onečišćavati okoliš. Danas se razvoj i komercijalna proizvodnja biorazgradive ambalaže osim od papira usmjerava i na druge obnovljive izvore biljnog porijekla (kukuruz, šećerna repa, krumpir, soja i dr.) odnosno na proizvodnju biopolimera. Razvoj proizvoda iz obnovljivih izvora, osim smanjenog negativnog utjecaja na okoliš, ima i dodatnu prednost u smanjenju potrošnje energije za njihovu proizvodnju.

## Biopolimeri – razgradivi polimeri

Biopolimeri ili biorazgradivi polimerni materijali proizvode se različitim postupcima iz obnovljivih izvora životinjskog ili biljnog podrijetla i mogu se razgraditi kompostiranjem na ugljični dioksid, vodu, anorganske sastojke i biomasu. Tijekom tog procesa ne stvaraju nikakve štetne spojeve (Chiellini i Solaro, 1996).

Biorazgradivi polimerni materijali poznati su već više od tri desetljeća, ali je tek posljednjih godina njihova proizvodnja dosegla komercijalnu razinu. Mogućnost uporabe dobiva sve više na važnosti. Biopolimeri se proizvode iz obnovljivih izvora kao što su škrob iz žitarica i krumpira ili celuloza iz slame i drva. Ovi se materijali pomoću fizikalnih, kemijskih i biokemijskih procesa pretvaraju u polimere, za čiju su proizvodnju do sada bila potrebna fosilna goriva.

Konvencionalni polimeri nisu biorazgradivi zbog dugih lanaca molekula koji su preveliki i previše dobro međusobno vezani da bi ih mikroorganizmi mogli razdvojiti i razgraditi. Za razliku od konvencionalnih, polimeri napravljeni od prirodnih biljnih tvari od žitnog, krumpirovog ili kukuruznog škroba imaju molekule koje su lako mikrobiološki razgradive. Za 1 kg bioplastike treba 1 do 2 kg kukuruza ili 5 do 10 kg krumpira, što bi značilo da 500 000 t bioplastike na godinu zahtjeva 50 000 do 100 000 hektara tla (Goodship i Ogar, 2004). Ujedno, to znači uništavanje velikih površina prašuma kako bi se uzgajale biljke za proizvodnju biorazgradivih materijala.

## Materijali za proizvodnju biorazgradive ambalaže

Postoji čitav niz polimernih materijala koji dolaze iz prirodnih izvora. To su prije svega prirodni polimeri, ali i oni koji su prošli brojne kemijske i fizikalne preinake kako bi ih se moglo nazvati biopolimerima (Russo i sur., 2009). Po kemijskoj strukturi slični su široko primjenjivim plastomerima, a mogu se prerađivati uobičajenim preradbenim postupcima: ekstrudiranjem, injekcijskim prešanjem i puhanjem. Istraživanja pokazuju da ambalaža od biopolimera dobro sprječava gubitak vlage, smanjuje oksidaciju lipida i poboljšava okus plodova, povećavajući njihovu trajnost i mikrobiološku stabilnost (Cutter, 2006). Kemijska struktura biorazgradivih polimernih materijala omogućuje posebne uporabne karakteristike gotovih proizvoda. Npr. od smjese škroba može se proizvoditi film koji bolje štiti od vlage i potpuno je proziran, za razliku od nekih konvencionalnih plastomera (Avella i sur. 2005).

Razlikuju se dvije skupine komercijalno važnih biorazgradivih polimera (Sebastien i sur., 2006). Prva skupina obuhvaća prirodno proizvedene nemodificirane polimere, koji su prirodno podložni razgradnji pomoću enzima mikroorganizama. To su polimeri na bazi škroba i polihidroksialkanoati (PHA). U drugu skupinu ubrajaju se sintetički dobiveni polimeri, uglavnom poliesteri, koji su podložni biorazgradnji. To polimeri na bazi polimljične kiseline (PLA).

## Škrob

U ekonomskom smislu škrob se može uspoređivati s petrokemikalijama, a na njegovoj osnovi izrađuje se nekoliko vrsta biorazgradive plastike. Danas se već može govoriti o trećoj generaciji bioplastike na osnovi škroba. Prva je generacija bila zapravo sintetski polimer sa škrobom kao punilom. Kod druge se generacije bioplastike udio škroba kretao od 50 do 80% te se miješao s hidrofilnim sintetskim polimerima. Ni prva niti druga generacija bioplastike na osnovi škroba nisu u potpunosti biorazgradive zbog manjeg ili većeg dodatka sintetskih polimera koji nakon raspada škroba ostaju u obliku malenih čestica (Rustogy i Chandra, 1998). Treća generacija bioplastike načinjena je u cijelosti od škroba te je potpuno biodegradabilna. Od biorazgradivih polimernih materijala na osnovi škroba izrađuju se različite vreće i vrećice, kruta pakovanja kao što su toplooblikovani podlošci i spremnici, te proizvodi za punjenje praznina u paketima. Ovim se materijalom uspješno zamjenjuje polistiren i polietilen u mnogim primjenama.

## Polihidroksialkanoati (PHA)

Osim iz obnovljivih izvora, biorazgradiva se plastika može proizvoditi od sintetskih polimera s pomoću bakterija. Naime, bakterija *Pseudomonas putide* pretvara monomer stiren u polihidroksialkanoat (PHA), biorazgradivu plastiku koja ima široki raspon primjene (Siraccusa i sur., 2008). PHA je netopiv u vodi, biorazgradiv i kompostabilan materijal na čijim se poboljšanjima intezivno radi prije njegove komercijalizacije.

## Polilaktid (PLA) - polimeri na bazi poli (mljične kiseline)

Polilaktid (PLA) je biorazgradivi termoplastični linearni poliester, po svojim svojstvima sličan polistirenu (Gupta i Kumar, 2010). Sirovina za njegovo dobivanje je mljična kiselina dobivena fermentacijom glukoze iz škroba ili drugih izvora (Bhatt i sur., 2008). U aerobnim uvjetima potpuno se razgrađuje preko mljične kiseline u vodu i ugljični dioksid, a biorazgradnja u povoljnim uvjetima traje 3-4 tjedna. PLA izvrsno propušta vodenu paru što je važno pri pakiranju svježe hrane, gdje je nužno da vodena para što brže ispari uz istodobno smanjenje orošavanja ambalaže (Mahalik i Numbiar, 2010).

PLA se najvećim dijelom prerađuje u toplooblikovane podloške i spremnike za pakiranje i serviranje hrane, filmove, te boce i drugu puhanu ambalažu.

Sorta maline 'Polana' tijekom čuvanja zadržava stabilnu koncentraciju antocijana u svim kombinacijama ambalaže s PLA debljine 25 ili 40  $\mu\text{m}$  (polipropilenske kutije u PLA vrećicama i kartonske kutije u PLA vrećicama) za razliku od polipropilenskih kutija s rupama i kartonskih kutija. PLA vrećice debljine 25 mikrometara zadržavaju optimalan sastav plinova (10 do 20%  $\text{CO}_2$  te 5 do 10%  $\text{O}_2$ ) za skladištenje maline (Seglia i sur., 2009).

#### Polihidroksi-butirat (PHB)

Polihidroksi-butirat (PHB) je biorazgradivi linearni poliestar. Proizvodi se bakterijskom fermentacijom šećera ili lipida (Bucci i sur., 2005). Može se koristiti za pakiranje hrane, kozmetičkih i farmaceutskih proizvoda, te u poljoprivredi. U aerobnim uvjetima se potpuno razgrađuje u vodu i ugljični dioksid. Biorazgradnja u povoljnim uvjetima traje 5 do 6 tjedana (Botana i sur., 2010).

#### Papir i karton

Papir i karton su materijali u obliku listova dobiveni od isprepletene mreže celuloznih vlakana izoliranih iz drveta, korištenjem sulfata i sulfita (Sedarlik i sur., 2008). Vlakna su zatim pretvorena u kašu i/ili izbijeljena i tretirana kemikalijama za ojačavanje u cilju dobivanja konačnog papirnog proizvoda.

Ovaj način pakiranja se pokazao dobrim za čuvanje gljiva (Guillaume i sur., 2010). Najbolji rezultati su dobiveni pri skladištenju gljiva u papirnoj ambalaži premazanoj glutenom jer nema kondenzacije i narušavanja kakvoće. Ova ambalaža održala je izvornu boju proizvoda, prihvatljivu teksturu za razliku od pakiranja od rastezljive folije gdje su se pojavile smeđe mrlje. Mana papirne ambalaže je povećani gubitak težine.. Papirna ambalaža nije dobra za manipulaciju zbog slabe mehaničke čvrstoće i povećanog razvoja mikroorganizama.

#### Stanje i razvoj novih biorazgradivih ambalažnih materijala

U 2005. godini najveći dio biorazgradivih polimernih materijala odnosio se na one načinjene od škroba (više od 47%). Na drugom mjestu po potrošenoj količini bili su PLA, a zatim sintetski alifatsko-aromatski kopoliesteri. Trenutačna potrošnja PHA vrlo je niska jer je još u razvojnoj fazi.

Najveće područje primjene biorazgradivih polimernih materijala u 2005. godini bila je kruta i savitljiva ambalaža. Daljnji razvoj tržišta biorazgradivih polimernih materijala ovisi o razvoju samih materijala za čiju proizvodnju treba osigurati stalan, pouzdan i jeftin izvor sirovina.

Palmino ulje zasigurno je nova sirovina za proizvodnju materijala na osnovu škroba (Azeredo, 2009). Usavršavaju se biorazgradivi dodaci za poboljšanje preradivosti ove skupine materijala. Nadalje, razvijaju se modificirani sintetski biorazgradivi polimerni materijali, kao npr. polibutilen sukcinat (PBS) poboljšane krutosti i toplinskih svojstava. Prema Palmeri i sur. (2010) postignut je znatan napredak u postupku

fermentacije i pronalaženja jeftinijih izvora sirovina za proizvodnju PHA kako bi se snizila cijena te skupine materijala.

Istražuju se i svojstva polimera dobivenog od keratina perja peradi. Otkriveno je kako se mijenjanjem strukture aminokiseline keratina može poboljšati čvrstoća i trajnost polimernog materijala (Chiellini i Solaro, 1996).

### Biorazgradiva ambalaža sa srebrom

Srebro je rabljeno u borbi protiv infekcija i kvarenja još u antičkoj Grčkoj i Rimu. U 19. stoljeću botaničar von Nägel je otkrio da i male koncentracije ili čestice srebra imaju antibakterijski učinak. Srebro se i danas rabi u sustavu pakiranja hrane. Dodatkom srebra u pakiranje, hrana dulje održava kakvoću i teksturu poboljšava joj se skladišna sposobnost i održava sigurnost hrane (Tharanthan i sur., 2003).

Srebro kao element u sustavu proizvodnje biorazgradive ambalaže ima antibakterijsku ulogu (Sorrentino i sur., 2007). Ono oštećuje stanične stijenke, stanične membrane ili citoplazmu bakterija. Novijim istraživanjima otkriveno je da srebro isto tako utječe na replikaciju DNA. Srebro se može ugraditi u biopolimere u obliku čistog srebra, obloženog srebra, ili u obliku mikro-čestica.

Biorazgradiva folija sa srebrom ima prednost ispred svih drugih ambalažnih materijala zbog svoje podatnosti te iznimne prijanjajuće sposobnosti na plodove. Koristi se za pakiranje svježeg voća i povrća, te za skladištenje i transport hrane. Zadovoljava norme: ASTM D 6400-99, DIN V 54900 i CERTCO. Proizvod ispunjava zahtjeve o zdravstvenoj ispravnosti predmeta koji dolaze u neposredni dodir sa hranom. Oblici folije prilagođeni potrebama kupaca uključuju: folije zavarene s jedne strane, folije zavarene s više strana, folije u roli, preklopljene folije, folije s patent zatvaračem, valovite folije i mnoge druge (Schreiner i sur., 2003).

Istraživan je učinak biorazgradive ambalaže uz prisutstvo srebra i nekih nano-materijala za pakiranje na očuvanje kvalitete kineske žižule (*Ziziphus jujuba* Mill.) tijekom čuvanja na sobnoj temperaturi. Kao nano-materijali korišteni su nano-srebro, kaolin i TiO<sub>2</sub>. Rezultati su pokazali da nano-materijali za pakiranje imaju blagotvoran učinak na fizikalnu i senzoričku kakvoću ploda u usporedbi s uobičajenom ambalažom. Nakon 12-dnevnog skladištenja smanjeno je omekšavanje plodova i gubitak težine, gubitak boje i razvoj mikroorganizama. (Li i sur., 2009).

### Ambalažni oblici

Biorazgradiva ambalaža proizvodi se u nekoliko različitih oblika kako bi se prilagodila zahtjevima za pakiranje i čuvanje različitih proizvoda. U uporabi su biorazgradivi gelovi, folije, vrećice, kutije s poklopcem i podlošci.

### Biorazgradivi gel

Gelovi se najčešće raba za sprečavanje mikrobiološke kontaminacije. Prema Farrisa i sur. (2009) u tu se svrhu rabe hidrogel, kemijski hidrogel i polimerna mreža (IPN). Kod salate, na primjer, impregnacija gelom nema vidljivih pozitivnih učinaka na održavanje kakvoće i sadržaja pektinskih tvari dok kod plodova *Solanum muricatum* Ait., zaštitni gel pozitivno utječe na održavanje sadržaja  $\beta$ -karotena (Schreiner i sur., 2003). Kod rotkvice se premaz gelom na bazi škroba pokazao učinkovitim za održavanje sadržaja pektina dok se isti nije pokazao dobrim za održavanje sadržaja glukozinata. Garcia i Berrett (2002) su utvrdili da kombinacija hidrogelova za različite polimerne materijale smanjio vijek trajanja ploda opuncije, vjerojatno zbog migracije vode iz okolnih prostora. Bijeli ekstrudirani ginseng ekstrat ima dobar potencijal za održavanje koncentracije antioksidanasa ako se primjenjuje zajedno s biorazgradivim rastezljivim folijama (Rico i sur., 2007; Norajit i sur., 2010).

### Biorazgradive folije

Biorazgradive folije su dizajnirane s namjerom da zamjene polietilenske folije korištene za različite namjene: od različitih industrijskih folija, pakiranja proizvoda sve do vrećica za prikupljanje organskog otpada. Takvi materijali imaju bolja svojstva od tradicionalnih nerazgradivih plastičnih materijala. Otporne su na vlagu, tople organske materijale i to u trajanju od nekoliko tjedana ili čak mjeseci bez promjene u fizičkim svojstvima. To omogućuje veću fleksibilnost programa kompostiranja. Dobra su zamjena za dosadašnje folije korištene u čuvanju, transportu i pakiranju proizvoda i potpuno su biorazgradive. Osim toga, ne sadrže polietilen, ne ostavljaju rezidue nakon kompostiranja i napravljene su obnovljivog biomaterijala (poliestera dobivenog iz dekstroze kukuruza).

Muratore i sur. (2005) su proveli komparativno istraživanje permeabilnosti biorazgradive folije za kisik i ugljični dioksid kao ambalažnog oblika za plod rajčice. Rezultati su pokazali da su folije sa slabom permeabilnoću negativno djelovale na kakvoću ploda. Međutim, kada se permeabilnost biorazgradive folije uskladi s respiracijom ploda, uz prevenciju onečišćenja mikroorganizmima i insektima ostvaruje se i pozitivan učinak na trajnost proizvoda i kakvoću. U usporedbi s polifenolnom folijom, vodopropusnost biorazgradivih folija je značajno manja.

Dvije vrste eksperimentalnih folija primijenjene su na svježe narezanu dinju i ananas te je praćen njihov utjecaj na mikrobiološku kontrolu i kvalitetu ploda tijekom čuvanja na 10 °C. Vrste folija koje su korištene u ovom istraživanju su komercijalne plastične rastezljive folije i eksperimentalna metil-celulozna folija koja uključuje vanilin kao prirodni antimikrobni agens. Svježe narezano voće, bez ikakve folije za omatanje služilo je kao kontrola. Metil-celulozna folija imala je inhibitorni učinak protiv bakterije *Escherichia coli*, te je zabilježen smanjen broj kvasaca. Metil-celulozna folija sa vanilinom povećala je intenzitet žute boje kod ananasa. Ananas koji je bio čuvan u običnoj komercijalnoj plastičnoj foliji je imao veću količinu etanola. Međutim, kod komadića ananasa obloženih biorazgradivom folijom sa vanilinom zabilježeno je smanjenje askorbinske kiseline za 90 % (Sungsuwan i sur. 2009).

### Biorazgradive vrećice

Biorazgradive vrećice su ekološki prihvatljiv proizvod koji je stabilan pri različitim atmosferskim uvjetima, a u tlu i prilikom kompostiranja se potpuno razgrađuje na CO<sub>2</sub> i vodu za šest tjedana. Za razgradnju vrećica potrebne su određene bakterije kojih nema u uvjetima klasičnog skladištenja vrećica kod kuće, u tvornici ili na klasičnom skladištu tako da ne postoji mogućnost da se vrećice počnu razgrađivati ili gubiti na čvrstoći dok su u uporabi (Sorrentino i sur., 2007). Osnovna sirovina je poliester dobiven iz dekstroze kukuruza. Proizvod je iznimno elastičan i nema negativnih učinaka na ljudsko zdravlje.

### Biorazgradive kutije s poklopcem

Kutija s poklopcem napravljena je od bi-orijentiranog polistirena, proizvedenog iz kukuruza. Takva ambalaža je biorazgradiva već nakon 47 dana, ovisno o uvjetima, i prilikom tog procesa nema ispuštanja tvari štetnih za okoliš. Kristalno je prozirna, što omogućava bolju vidljivost sadržaja, i otporna je na masti i podnosi temperature od -60 °C do +80 °C. (Rojas-Graú i sur., 2009).

PLA-kontejneri znatno bolje održavaju kakvoću plodova borovnice na temperaturama od 10 i 23 °C od standardnih ventiliranih preklopnih kontejnera (Alemar i sur., 2008).

### Podlošci za voće i povrće

Makino i Hirata (1996) su utvrdili su da se salata, rezana i cijela brokula, rajčica, slatki kukuruz i borovnica mogu uspješno čuvati na biorazgradivim podlošcima od citozan celuloze omotanih folijom za pakiranje od prolikaprolaktona.

### Biorazgradnja

Biorazgradiv je onaj polimerni materijal koji se razgrađuje s pomoću mikroorganizama kao što su određene vrste bakterija, gljivica ili algi. Brzina razgradnje ovisi o temperaturi (50-70°C), vlažnosti, broju i vrsti mikroorganizama (Ahvenainen, 1996). Kompostiranje je kontrolirani proces biološke razgradnje proizvoda i njegovo pretvaranje u kompost, proizvod sličan humusu. Sam proces za posljedicu ima mineralizaciju do CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O u aerobnim uvjetima, pri čemu nastaju stabilizirani organski ostaci, dok u anaerobnim uvjetima (biometanizacija) nastaje ugljični dioksid i metan (Bhatt i sur., 2008).

Brzina i stupanj razgradnje, osim o kemijskom sastavu, ovisi o osnovnoj sirovini, okolini i sastavu krajnjeg proizvoda, koji se može modificirati dodavanjem plastifikatora i punila da bi se poboljšala svojstva ili smanjila cijena (Pan i Inove, 2009).

Postoje mnogi standardi za mjerenje biorazgradivosti, pri čemu svaka država ima svoje standarde. Zahtjevi variraju od 90 do 60% razgradnje supstance u vremenskom periodu od 60 do 180 dana od stavljanja tvari u sredinu pogodnu za kompostiranje.

Pri tumačenju biorazgradnje važno je naglasiti da je proces biorazgradnje u potpunosti moguć u kompostirajućim uvjetima tj. uz vlagu, mikroorganizme te odgovarajuće temperaturne uvjete. U navedenim uvjetima, do potpune biorazgradnje proizvoda dolazi već unutar nekoliko mjeseci (Steinbuchel, 1992).

## Zakonska regulativa u proizvodnji biorazgradive ambalaže

Razvoj biomaterijala povezan je i s razvojem posebnih normi. Kvaliteta biopolimernog proizvoda osigurava se ne samo kontrolom biorazgradivih parametara već i procjenom stvarne funkcionalnosti proizvoda. Biorazgradivi proizvod je beskoristan ako nema ista ili bolja uporabna svojstva od trenutno prevladavajućeg proizvoda.

Biomaterijali za izradu ambalaže mora biti zadovoljavajuće čvrstoće, povećane otpornosti na lom i promjene temperature, povećane izdržljivosti i dugotrajnosti. Zatim, razgradnja se mora odvijati u obimu i brzini sličnima onima kod uobičajenog organskog materijala (unutar nekoliko tjedana), a prilikom kompostiranja ne smije biti rezidua (Restuccia i sur., 2010).

Proizvod mora biti izrađen prema ISO 14001 i ISO 9001 smjernicama i certifikatima, a također mora zadovoljavati međunarodne ASTM D 6400-99, DIN V 54900 i CERTCO norme.

Sustav ISO 9001 predstavlja garanciju kupcu da je proizvod ima kontroliranu zdravstvenu, ekološku ispravnost i da je usklađen s pozitivnim propisima i normama.

## Zaključak

Razvoj novih materijala za pakiranje hrane snažno je ubrzan posljednjih godina, naročito nakon velikih naftnih kriza koje su ubrzale potrebu za alternativnim sirovinama za proizvodnju ambalaže. Dodatni poticaj takvoj situaciji dao je i pojačani trend uporabe održivih ekološki prihvatljivih proizvoda u svakodnevnom životu.

Atraktivna i efikasna ambalaža daje mogućnost stvaranja novih vrsta proizvoda, pruža zanimljiviju prezentaciju, omogućava manje troškove proizvodnje, a ujedno i unapređuje prehrambeni proizvod i definira željeni "brend".

U borbi za svoj dio tržišta biopolimeri imaju jake adute: proizvodnju iz održivih izvora i biorazgradivost. Također uživaju i veliku potporu politike i zakonodavstva, naročito u Europi, koji stimuliraju razvoj tog tipa proizvoda zbog smanjivanja problema zagađenja okoliša ambalažnim otpadom. Osim toga što je ekonomski isplativija proizvodnja biorazgradiva ambalaža ima i bolji učinak na dužinu čuvanja i održavanja svježine plodova.

Ipak, svijest o korištenju materijala neopasnih za okoliš može kod ljudi rezultirati njihovom povećanom potrošnjom i nekontroliranim odbacivanjem u prirodu. To dovodi do problema s osiguranjem prostora za odlaganje i kompostiranje otpadnog

materijala u kontroliranim uvjetima jer se vrijeme potrebno za razgradnju uvelike produžuje.

Na temelju navedenog može se zaključiti da, unatoč prednostina koje pruža bioambalaža mora još prijeći dugi put da bi postala sastavni dio naše potrošačke svakodnevice.

## Literatura

Ahvenainen R., New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruits and vegetables. *Trends Food Sci. Technol.* (1996.) 7 (6): 179-186

Alemar E., Samsudin H., Auras R., Harte B. and Rubino M., Postharvest shelf life extension of blueberries using a biodegradable package. *Food Chem.* (2008.) 110 (1): 120-127

Avella M., De Lieger J. J., Errico M.E., Fischer S., Vacca P. and Volpe M. G., **Biodegradable starch/clay nanocomposite films for food packaging applications.** *Food Chem.* (2005.) 93 (3): 467- 474

Azeredo M., Nanocomposites for food packaging applications. *Food Res Int* (2009.) 42 (9): 1240–1253

Bhatt R., Shah D., Patel K. C. and Trivedi V., PHA - rubber blends: Synthesis, characterization and biodegradation. *Bioresource Technol.* (2008.) 99 (11): 4615- 4620

Botana A., Mollo M., Eisenberg P. and Torres Sanches R. M., Effect of modified montmorillonite on biodegradable PHB nanocomposites. *Bioresource Technol.* (2010.) 47 (2-4): 263- 270

Bucci D. Z., Tavares L. B. B. and Sell I., PHB packaging for the storage of food products . *Polym. Test.* (2005.) 24 (5): 564- 571

Chiellini E. and Solaro R., Biodegradable polymeric materials. *Adv. Mater.* (1996.) 8 (4): 305- 313

Cutter C. N., Opportunities for bio-based packaging technologies to improve the quality and safety of fresh and further processed muscle foods. *Meat Sci.* (2006.) 74 (1): 131–142

Farrisa S., Schaich K. M., Liu L. S., Piergiovanni L. and Yamb K. L. Development of polyion-complex hydrogels as an alternative approach for the production of bio-based polymers for food packaging applications: a review. *Trends Food Sci. Technol.* (2009.) 20 (8). 316-332

Garcia, E. and Barrett, D. M., Preservative treatments for fresh-cut fruits and

- vegetables. In: Lamikanra O. (Ed.), Fresh-cut fruits and vegetables. Science, technology and market. Boca Raton, FL: CRC Press. (2002.)
- Goodship V. and Ogar E. O., Polymer Processing with Supercritical Fluids. *Rapra. Rev. Rep.* (2004.) 15 (8)
- Guillaume C., Schwab I., Gastaldi E. and Gontard N., Biobased packaging for improving preservation of fresh common mushrooms (*Agaricus bisporus* L.) *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* (2010.) 11 (4): 690–696
- Gupta A. P. and Kumar V., New emerging trends in synthetic biodegradable polymers – Polylactide: A critique. *European Polymer J.* (2007) 43 (10): 4053–4074
- Li H., Li F., Wang L., Sheng J., Xin Z., Zhao L., Xiao H., Zheng Y. and Hu, Q., Effect of nano- packaging on preservation quality of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. var. *Inermis* (Bunge ) Rehd). *Food Chem.* (2009.)114 (2): 547- 552
- Mahalik N. P. and Nambiar A. N., Trends in food packaging and manufacturing systems and technology. *Trends Food Sci. Technol.* (2010.) 21 (3): 117-128
- Makino Y. and Hirata T., Modified atmosphere packaging of fresh produce with a biodegradable laminate of chitosan-cellulose and polycaprolactone. *Postharvest Biol. Technol.* (1996.) 10 (3): 247-254
- Muratore G., Del Nobile M. A., Buonocore G. G., Lanza C. M. and Asmundo C. N., The influence of using biodegradable packaging films on the quality decay kinetic of plum tomato (*Pomodoro Datterino*). *Int. J. Food Eng.* (2005.) 67 (4): 393–399
- Norajit K., Myong K. and Ryu G. H., Comparative studies on the characterization and antioxidant properties of biodegradable alginate films containing ginseng extract. *Int. J. Food Eng.* (2010.) 98 (3): 377–384
- Pan D. and Inove Y., Polymorphism and isomorphism in biodegradable polyesters. *Prog. Polym. Sci.* (2009.) 34 (7): 605- 640
- Palmeri R., Fragola M., La Porta S. and Catarac A. F., Potential applications of microbial biomass and PHA elastomer from glycerol to obtain biodegradable and compostable films. *J. Biotechnol.* (2010.) 150 (1), 73- 86
- Petersen, K., Nielsen, P. V., Bertelsen, G., Lawther, M., Olsen, M. B., Nilsson, N. H. and Mortenssen, G., Potential of biobased materials for food packaging. *Trends Food Sci. Technol.* (1999.) 10: 52-68.
- Restuccia D., Spizzirri U. G., Parisia O. I., Cirillo G., Curcio M., Iemma F., Puoci F., Vinci G. and Picci, N., New EU regulation aspects and global market et active intelligent packaging for food industry applications. *Food Control* (2010.) 21(11):

1425- 1435

Rico D., Martin- Diana A. B., Barat J. M. and Barry-Ryan C. (2007.) Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science & Technology* 18 (7): 373- 386

Rojas-Graú M. A., Solina- Fertunu R. and Martin-Belloso, O., Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh- cut fruits: a review: *Trends Food Sci. Technol.* (2009.) 20 (10): 438- 447

Russo M. A. L., O' Sullivan C., Rounsefel B., Halley P. J., Truss R. and Clarke, W. P., The anaerobic degradability of termoplastic starch: Polyvinyl alcohol blends: Potential biodegradable food packing materials. *Bioresource Technol.* (2009.) 100 (5): 1705- 1710

Rustogy R. and Chandra R., Biodegradable polymers. *Prog. Polym. Sci.* (1998.) 1273- 1335

Schreiner M., Huyskens- Keil S., Krumbein A., Prono-Widayat H. and Ludders P. Effect of film packaging and surface coating on primary and secondary plant compounds in fruit and vegetable products. *J. Food Eng.* (2003.) 56 (2-3): 237- 240

Sebastien F., Grelier S., Copinet A. and Coma V., Novel biodegradable films made from chitosan and poly(lactic acid) with antifungal properties against mycotoxinogen strains. *Carbohydr. Polym.* (2006.) 65 (2):185–193

Sedarlik V., Galya T., Sedalrikova J., Valasek P. and Saha P., The effect of preparation temperature on the mechanical and antibacterial properties of polyvinyl alcohol/ silver nitrate films. *Polym. Degradation Stab.* (2008.) 95 (3): 399- 404

Seglia D., Krasanova I., Heidemane G., Kampuse S., Dukalska L. and Kampus K., Packaging technology influence on the shelf life extension of fresh raspberries. *Acta Hort.* (2009.) 877: 433-440

Siraccusa V., Rocculi P., Romani S. and Dalla Rossa M., Biodegradable polymers for food packaging. *Trends Food Sci. Technol.* (2008.) 19 (12): 634- 643

Sorrentino A., Gorassi G. and Vittoria V., Potential perspectives of bio-nanocomposites coatings for food packaging applications. *Trends Food Sci. Technol.* (2007.) 18 (2), 84- 95

Steinbuchel A., Biodegradable plastics. *Curr. Opin. Biotech.* (1992.) 3 (3), 291-297

Sungsuwan J., Rattanapanone N. and Rachanapun P., Effect of chitosan/methyl cellulose films on microbial and quality characteristics of fresh-cut cantaloupe and pineapple. *Postharvest Biol. Technol.* (2008.) 49 (3): 403- 410

Tharanthan R. N. Biodegradable films and composites coatings: past, present and future. *Trends Food Sci. Technol.* (2003.)14 (3): 71- 78