

Biodegradabilni plastični materijali

Početakom ove godine, naučni savetodavni odbor OXO-BIODEGRADABLE PLASTICS ASSOCIATION u Londonu (www.biodeg.org), u sastavu Prof. G. Scott (V. Britanija), Prof. J. Lemaire (Francuska), Prof. I. Jakubowicz (Švedska) i Prof. T. Ojeda (Brazil), prezentovao je svoje saopštenje o biodegradabilnim plastičnim materijalima. U ovom tekstu se daje prikaz najnovijih viđenja eminentnih stručnjaka, kao i predlog za rešenje problema koji kod nas iznenada postaje veoma aktuelan u okviru prerađivača plastičnih materijala

Plastični materijali su postali uobičajeni deo našeg života, sa primenama u svim forma- ma ambalaže, komercijalnim primenama, kao i u domaćinstvu. Povoljne strane plastičnih materijala su veoma značajne, kao što su niska cena, mala težina, jačina, nepropustljivost za gasove i vodu, transparentnost, zaptivanje i mogućnost štampanja. S druge strane, velika jačina i trajnost koja ih čini korisnim i ekonomičnim materijalom, mogu da postanu ključni problem pri odlaganju nakon upotrebe. Nauka je pronašla odgovor i na ovaj problem.

Sredinom prošle godine, Dr C. Jackson, predsedavajuća Komiteta za životnu sredinu u Evropskom parlamentu, dala je sledeću izjavu za štampu: "Evropsko zakonodavstvo vezano za otpadne materijale se koncentrisalo na otpad koji se može sakupljati, kao i na podsticanje stanovništva da smanji, ponovo upotrebi i odloži otpadni materijal, a putem reciklovanja, spaljivanja uz vraćanje energije, ili drugim načinima.

Međutim, treba uzeti u obzir činjenicu da nikada nije moguće u potpunosti izvesti sakupljanje svog otpada i da će jedan deo sigurno ostati odložen u prirodi. Ovo je posebno važno u slučaju plastičnog otpada, od trgovačkih vrećica, pa do plastičnih materijala u poljoprivredi. Kada nema sakupljanja, dolazi do akumulacije ovih materijala u zemljištu i okeanima, što traje dugi niz godina.

Sada su na raspolaganju tehnologije koje mogu da ostvare proizvodnju plastičnih proizvoda, kao što su

trgovačke vrećice, kese za smeće, ambalaža, itd., koje odgovaraju nameni, ali bezopasno degradiraju na kraju svog radnog veka. Mogu se, u osnovi, svrstati u dve grupe:

- **Hydro-biodegradabilni plastični materijali**, izrađeni u potpunosti ili delom od obnovljivih izvora, koji biološki degradiraju u prisustvu velike koncentracije mikroorganizama, u okruženju koje nastaje pri kompostiranju;

- **Okso-biodegradabilni plastični materijali**, izrađeni na bazi petrohemijskih sirovina, koji degradiraju u okruženju putem procesa oksidacije koji inicira određeni aditiv, a zatim dolazi do biodegradacije usled smanjenja molekulske mase do tačke kada prirodno prisutni mikroorganizmi mogu da pristupe materijalu.

Potrebno je podržati oba tehnološka rešenja i obezbediti da se razvijaju evropski standardi pogodni za oba načina. Ipak, treba imati u vidu opštu zabrinutost usled korišćenja zemljišnih i vodenih

resursa širom sveta za proizvodnju sirovina za bio-dizel, umesto useva namenjenih proizvodnji hrane. Ista zabrinutost se odnosi i na uzgajanje useva za proizvodnju biodegradabilnih plastičnih masa, tako da je potrebno da Evropska komisija značajnije podrži okso-biodegradabilne plastične materijale."

Važno je napraviti razgraničenje između različitih tipova biodegradabilnih plastičnih materijala, jer su njihove cene i primene veoma različite. U slučaju okso-biodegradabilnih i hidro-biodegradabilnih, degradacija počinje abiotskim procesom (oksidacije i hidrolize, respektivno), nakon čega sledi biološki proces. Kod oba tipa dolazi do emitovanja ugljen-dioksida, ali kod hidro-biodegradabilnog može doći i do emisije metana. Kod oba tipa se može vršiti kompostiranje, ali se samo okso-biodegradabilni mogu ekonomično reciklovati. Treba napomenuti da su hidro-biodegradabilni materijali znatno skuplji u odnosu na okso-biodegradabilne.

SYMPHONY -
IN HARMONY WITH THE ENVIRONMENT

100%
OXO-BIODEGRADABLE PLASTICS
Additive & Products

www.degradable.net

Symphony
environmental

Distribution:
STAN4U

Contact:
Mirjana Gojak s.p. Zastopanje - Agenzia
Ferrarska 14, SI - 6000 Koper, Slovenija
T: +386 5 613 00 00, F: +386 5 639 74 08
E: agenzia@mirjanagojak.net

d₂w[®]
degradable
plastics

Okso-biodegradabilni plastični materijali

Ovom tehnologijom se proizvode plastični proizvodi koji degradiraju putem procesa okso-degradacije, koju uzrokuje veoma mala količina aditiva koji izaziva degradaciju, a uvedenog u proizvodni proces proizvoda. Degradacija počinje kada se završi programirani radni vek (što kontrolišu stabilizatori koji se nalaze unutar aditiva) i kada proizvod nije više potreban.

U prvoj fazi procesa degradacije aditiv razbija molekulske lance, tako da materijal prestaje da bude plastična masa, već materijal sa sasvim drugačijom molekulskom strukturom. Pored same fragmentacije materijala, u drugoj fazi, nakon što aditiv smanji molekulsku masu do nivoa koji omogućava živim mikroorganizmima da pristupe ugljeniku i vodoniku, dolazi do njegove konzumacije od strane bakterija i gljivica. Time je materijal biodegradabilan. Ovaj proces se nastavlja sve dok plastični materijal ne biodegradira do samo ugljen-dioksida, vode i humusa, bez ostajanja bilo kakvih fragmenata petrohemijskih polimera.

Okso-biodegradabilni plastični materijali degradiraju, a zatim biodegradiraju, na zemljištu ili vodi, na svetlosti ili u tami, u toplom ili hladnom, u bilo kom zadatom vremenskom roku, ne ostavljajući delove, metan ili bilo kakve štetne ostatke. Okso-bio produkti se izrađuju od nus-proizvoda rafinisanja nafte koji se obično smatraju otpadom, tako da za njih nije potreban dodatan uvoz nafte kao sirovine. Degradacija i biodegradacija uzorka okso-biodegradabilnog polietilena je u skladu sa promenama koje se očekuju prema stan-

dardu ASTM D 6954-04, kako izveštava RAPPRA. Okso-biodegradabilni plastični materijali se takođe uklapaju u tekst eko-toksičnosti koji propisuje stav 3 istog standarda, uključujući klijanje semena, rast biljaka i održavanje organizama. Postoje mali ili nikakvi dodatni troškovi uključeni u proizvod izrađen ovom tehnologijom, što se može vršiti na istoj opremi i mašinama, i sa istom radnom snagom, kao i kod konvencionalnih plastičnih proizvoda.

U rekama, jezerima i okeanima, najveći deo okso-biodegradabilnih polietilenskih filmova pliva po površini, gde dolazi do oksidacije, uz odgovarajuću fragmentaciju i biodegradaciju. Uslovi koji vladaju u okeanima su idealni za proces okso-biodegradacije. Postoji kiseonik i UV-zračenje na površini, dovoljni mikroorganizmi i vetar i talasi koji izlažu materijal naprezanjima. Čak iako materijal potone, i UV-zračenje je umanjeno, još uvek postoji kiseonik i dovoljno mikroorganizama, kao i naprezanja izazvanih morskim strujama.

Uzorci okso-biodegradabilnog polietilena niske gustine, polipropilena i polistirena su ispitivani i dokazano je da su pod uslovima ispitivanja u potpunosti u saglasnosti sa sadašnjim evropskim zahtevima za materijale u kontaktu sa hranom, kao i sa zahtevima američke FDA. Vrećice na bazi ovog materijala se distribuiraju i koriste u Velikoj Britaniji i supermarketima širom sveta, a koriste se u direktnom kontaktu sa hranom. Okso-biodegradabilni plastični materijal je idealan za pakovanje smrznute hrane, jer se može držati u dužem periodu na niskoj temperaturi, a zatim brzo degradira kada postane otpad na normalnoj temperaturi.

Okso-biodegradabilni plastični proizvodi se trenutno koriste od strane vodećih britanskih supermarketa. U Portugaliji, vodeći trgovački lanac Sonae je usvojio ovaj plastični materijal za svoje lance supermarketu Continente, Monde-
lo i Mondelo Bonjour. Među ostalim korisnicima su i TigerBrands iz Južne Afrike, Inditex Group (vlasništvo Zare), Bimbo Group u Južnoj Americi, Marriott Hotels, BUPA Care Homes, News International, Pizza Hut, KFC, French

Railways, The Brazilian Post Office, Barclays Bank, Marks & Spencer (Middle East) i Walmart (Argentina). Pre izvesnog vremena, britanska Asocijacija izdavača periodične štampe je preporučila svojim članicama da koriste okso-biodegradabilni film za pakovanje svojih izdanja.

Dužina vremena koje je potrebno za degradaciju okso-biodegradabilnih proizvoda se može programirati pri vremenu proizvodnje i može biti kratko, od samo nekoliko meseci, ili dugačko do nekoliko godina. Od degradacije su zaštićeni specijalnim antioksidantima, dok nisu spremni za upotrebu, a vek skladištenja će se produžiti ukoliko se proizvodi čuvaju u hladnim i mračnim uslovima. Za razliku od PVC-a, polimeri od kojih se izrađuju okso-biodegradabilni plastični materijali ne sadrže hlor. Takođe, ovi materijali ne sadrže polihlorovane bisfenole, niti emituju metan ili azotne okside, čak i pod anaerobnim uslovima.

Argument da su okso-biodegradabilni plastični materijali nepoželjni, usled toga što su njihove komponente projektovane tako da potpuno nestanu, zabluda je. Ukoliko se želi vršiti spaljivanje sa regeneracijom energije ili mehaničko reciklovanje, sa ponovnim korišćenjem, njihova cena koštanja je možda minimalno veća od konvencionalnih proizvoda. Ključno pitanje je šta se događa sa plastičnim proizvodima koji nisu sakupljeni ili se ne sakupljaju, a odlaze u životnu sredinu. Okso-biodegradabilnost nije opcija vezana za odlaganje otpada. To je veoma jeftino osiguranje od akumuliranja plastičnog otpada u životnoj sredini.

U svakom slučaju, okso-biodegradabilni plastični materijali nisu potpuno nestali, čak iako degradiraju u okolini, jer biodegradacija na zemljištu postaje izvor hranljivih sastojaka za biljke, kao što su i slama, trava, lišće, itd.

Fosilni izvori

Okso-biodegradabilni plastični materijali se trenutno izrađuju od teškog benzina, koji je usputni proizvod pri rafinisanju nafte, a nafta je ograničeni resurs. Međutim, ovaj nus-proizvod nastaje usled svetske potrebe za gorivom i uljima za mašine i raste bez obzira da li će biti upotrebljen za izradu plastičnih proizvoda. Osim



Današnja proizvodnja i primena plastičnih materijala je 20 puta veća nego pre 50 god.

ako nafta ne ostane pod zemljom, doći će do oslobađanja ugljen-dioksida, i dok su goriva i maziva razvijeni za potrebe mašina i motora, ekološki je pogodno koristiti ovaj nus-proizvod umesto spaljivati ga na baklji.

Početkom 2005. je bečka GUA izvršila procenu životnog veka, što je pokazalo sledeće: "Plastični proizvodi su izrađeni od energetskih resursa. Pored toga, za njihovu proizvodnju su potrebni dodatni energetski resursi. Ipak, plastični proizvodi često omogućuju energetske uštede iz perspektive energetskog balansa ukupnog životnog ciklusa u poređenju sa alternativnim materijalima. Primeri ovakvih energetskih ušteda kod plastičnih materijala su sledeći:

- Zamena materijala koji troše mnogo veću količinu energije za proizvodnju iste funkcionalne jedinice (npr. staklo);
- Vršu određenu funkciju sa mnogo manje materijala (npr. ambalaža);
- Dolazi do ušteda u gorivu usled smanjenja mase (transport);
- Energetske uštede usled termičke izolacije (gde bi izolacija sa drugim materijalima bila manje efikasna, tehnički komplikovana ili skupa);
- Uštede resursa izbegavanjem gubitka ili oštećenja upakovanih proizvoda."

Nedavno je zapaženo interesovanje za proizvodnju polietilena na bazi šećerne trske. Ovi materijali, nalik polietilenima na bazi petrohemijskih sirovina, nisu biodegradabilni, ali mogu da budu učinjeni okso-biodegradabilnim na isti način, odnosno, dodavanjem aditiva za izazivanje degradacije.

Hidro-biodegradabilni plastični materijali

Hidro-biodegradacija je inicirana procesom hidrolize. Neki plastični materijali u ovoj kategoriji poseduju visok sadržaj skroba i po nekima opravdavaju naziv da su izrađeni od obnovljivih sirovina. Međutim, mnogi od njih sadrže i do 50% sintetičkih plastičnih materijala dobijenih iz nafte, a neki (npr. alifatični poliesteri) su u potpunosti bazirani na intermedijerima nafte.

Genetski modifikovani usevi se isto tako mogu koristiti u proizvodnji hidro-biodegradabilnih plastičnih materijala.

Hidro-biodegradabilni plastični materijali nisu istinski obnovljivi, jer

je proces njihovog dobijanja iz useva značajan korisnik energije iz fosilnih goriva i time i proizvođač gasova koji uzrokuju efekat staklene bašte. Fosilna goriva se spaljuju u autoklavima u cilju fermentacije i polimerizacije materijala sintetisanog iz biohemijski proizvedenih intermedijera (npr. polilaktidna kiselina iz ugljenih hidrata, itd.). Goriva se koriste i za pogon poljoprivrednih mašina i vozila u proizvodnji, a takođe i proizvodnji i transportu đubriva i pesticida. Ponekad se opisuju i da su izrađeni od neprehrambenih useva, ali se u suštini najčešće proizvode od kukuruza, žitarica i drugih prehrambenih useva.

Za proizvodnju dovoljne količine sirovina za zamenu i izradu konvencionalnih plastičnih materijala je neophodno posedovati ogromne i nepostojeće površine zemljišta i velike količine vode, što nedostaje u mnogim delovima sveta za proizvodnju ljudske hrane.

Otpad od nekih prirodnih izvora skroba može da bude veoma toksičan, pa, na primer, ostaci tapioke sadrže visok nivo cijanovodoničnih glukozida, koji moraju da budu uklonjeni pažljivim pranjem.

Nedavni natpisi u medijima su pokrenuli priču o opasnosti korišćenja obnovljivih izvora umesto petrohemijskih. Fokusirani su na kukuruz i palmino ulje koji se koriste za izradu bio-dizela, a ista opasnost preti i od forsiranja hidro-biodegradabilnih plastičnih materijala. Tako se može saznati da je u Holandiji usvajanje održivih energetskih izvora na bazi biogoriva i prebacivanje elektrana na ovu proizvodnju postalo ekološka noćna mora, jer se umesto obećanog rešenja došlo do velikih problema. Takođe, meksička štampa postavlja pitanje da li je važnije šta će se koristiti za jelo, ciljajući na tradicionalne tortilje od kukuruza, ili šta će biti u rezervoaru automobila. Naime, etanol dobijen iz kukuruznog skroba je sirovina za bio-dizel, što je dovelo do enormnog povećanja cene ove osnovne sirovine za ishranu stanovništva. Takođe, iako se u SAD



Povećanje krтости i razaranje plastične vrećice kod degradacije



Nastavak fragmentacije vrećice kod degradacije

beleže rekordne žetve kukuruza, njega nema dovoljno za ishranu ljudi i životinja, jer ga proizvođači bio-dizela pretvaraju u skuplji proizvod. Ovo za posledicu ima nestašicu i znatno povećanje cene. Slična situacija se registruje i u Velikoj Britaniji, tako da je nedavno sa visokog naučnog mesta data izjava da će, ukoliko se ovakva situacija sa bio-dizelom nastavi, svet biti u nemogućnosti da obezbedi dovoljne količine hrane za ljude.

Slične stvari se odnose i na razvoj proizvodnje pamuka ili jute za izradu vrećica. One veoma brzo postaju nehigijenske i čvrsta forma otpada, ali se mogu proizvoditi i od okso-biodegradabilnih plastičnih materijala sa rokom trajanja do 5 godina. Okso-bio plastični materijali degradiraju u gornjim slojevima zemljišta, ali su potpuno inertni dublje u zemlji, u odsustvu kiseonika. Papirne kese za proizvodnju zahtevaju 300% više energije za proizvodnju, kabaste su i teške, a ne poseduju odgovarajuća mehanička svojstva, posebno kada su mokre. Posebno, sirovina za njih su šume, što je ekološki neprihvatljivo rešenje.

Foto-degradabilni plastični materijali

Ovi materijali reaguju na ultraljubičasto zračenje, ali iako su okso-biodegradabilni, neće degradirati ako se nalaze u zemljištu, kanalizaciji ili mračnom okruženju, odnosno, ako su naštampane.

Ekološke pogodnosti okso-biodegradabilnih plastičnih materijala

Postoji više oblasti u kojima okso-biodegradabilni plastični materijali mogu da imaju povoljan uticaj na životnu sredinu.

1. Reciklovanje

Reciklovani plastični materijali nisu degradabilni, pa će se i dalje akumulirati u životnoj sredini dugo vremena. Međutim, okso-biodegradabilni materijali se mogu reciklovati zajedno sa ostalim čistim komercijalnim poliolefinskim otpadom. Takođe, mogu se izrađivati od reciklata, što kod hidro-biodegradabilnih, uobičajeno izrađenih od biljaka, nije moguće.

Okso-biodegradabilni plastični materijali

Ukoliko se za proizvod koji se izrađuje od reciklata i sadrži okso-biodegradabilni materijal namerava da i sam bude okso-biodegradabilan, proces je potpuno jednostavan. Ovo se posebno odnosi na zatvorene sisteme, gde se ostaci iz pogona recikluju u istu vrstu proizvoda, sa istim svojstvima. Ukoliko novi proizvod iz reciklata okso-biodegradabilnog plastičnog materijala poseduje veoma debele poprečne preseke zidova (bašten-ski nameštaj, i sl.), proces je takođe jednostavan, pošto će zaostali efekat aditiva za degradaciju biti neprimetan.

Ukoliko je novi proizvod namenjen izradi plastičnog filma sa dugotrajnom stabilnošću, kao što su membrane, ovo u svakom slučaju neće biti rađeno od reciklata, već od čistog polimera. Bio bi izuzetak kada bi se dugotrajni proizvodi izrađivali od reciklata mešanog otpada, koji može ili ne mora da sadrži okso-biodegradabilne materijale. Čak i u ovom slučaju ne

postoji problem, ukoliko se dodaju stabilizatori pri izradi novog proizvoda. Naravno da polimeri gube neka od svojih svojstava tokom primene i odgovarajućeg procesa reciklovanja, pa je dobra praksa da se stabilizatori dodaju bez obzira da li osnova sadrži ili ne sadrži okso-biodegradabilne plastične materijale. Mešani plastični otpad nije poželjna sirovinska osnova za reciklovanje, jer je često kontaminiran, sa otpacima upakovanog sadržaja ili štampe, pa se proces poskupljuje usled čišćenja i separacije. Ukoliko se recikluje mešani plastični otpad, reciklat je obično namenjen izradi kratkotrajnih proizvoda nižeg kvaliteta, kao što su kese za smeće, ili za veoma debele proizvode, kao što je namštaj za eksterijere.

Hidro-biodegradabilni plastični materijali

Drugu klasu biodegradabilnih plastičnih materijala čine hidro-biodegradabilni materijali koji se zasnivaju na intermedijerima biološkog porekla, dobijenih iz useva. Ovi plastični materijali su razvijeni nekih dvadesetak godina nakon razvoja okso-biodegradabilnih i postoje dve osnovne podvrste, zavisno od porekla.

Najraniji je poli(3-hidroksi-butirat), poznat kao PHB, proizveden biološki iz saharoze. Ovo je skup proizvod, sa relativno niskom temperaturom termičke dekompozicije, što je delimično prevaziđeno variranjem alkanoatne strukture (PHA). Druga podgrupa su sintetički alifatični poliesteri, koji su zasnovani u nekim slučajevima na biološkim intermedijerima, kao što je polilaktidna kiselina (PLA).

Obe podgrupe su fizički nekompatibilne sa osnovnim strujama plastičnog otpada, pa čak i sa komercijalnim poliesterima, usled termičke nestabilnosti.

Plastifikovani skrob je posebna grupa biopolimera koja se primenjuje u ambalaži. Ovaj materijal poseduje prihvatljiva početna svojstva, ali je male trajnosti usled hidrolize u prisustvu kiseonika tokom upotrebe i ne može se ponovo koristiti za iste primene. Plastični materijali na bazi blendi sa skrobom su veoma hidro-biodegradabilni, ali samo u prisustvu mikroorganizama i uz



emitovanje metana u anaerobnim uslovima. Kao i ostali biopolimeri, nisu kompatibilni sa osnovnim polimerima koji se primenjuju u ambalaži i ne mogu se reciklovati u korisne sekundarne proizvode. Usled svega toga, hidro-biodegradabilni plastični materijali ne mogu biti reciklovani sa ostalim polimerima koji se nalaze u otpadu. Potrebno ih je izdvajati iz struje otpada i posebno tretirati, što nije ekonomično. Posebno, veoma je teško u postrojenjima za reciklovanje fizički razlikovati ove materijale od standardnih plastičnih, tako da samo stvaraju probleme pri procesu reciklovanja.

Hidro-biodegradabilni plastični materijali su dovedeni u pitanje i od strane postrojenja za reciklovanje, pa je sa mnogih strana stiglo upozorenje da ovi plastični materijali imaju negativan uticaj na reciklovanje plastičnih materijala uopšte.

2. Nesakupljeni otpad

Zakonodavci uvek moraju da imaju na umu šta se dešava sa otpadnim plastičnim proizvodima koji izbegnu sakupljanje i završe kao razbacani otpad. Da li direktor supermarketa želi da njegovi unuci posle 50 godina pronađu na plaži trgovačku vrećicu sa nazivom njegove firme? Velika količina plastičnog otpada danas pluta Pacifikom i pokriva alarmantnu zonu veličine SAD. Izloženost suncu ubrzava degradaciju, a proces okso-degradacije, jednom započet, nastavlja se i u odsustvu svetlosti, sve dok je prisutan vazduh.

O ovoj zanimljivoj i aktuelnoj temi biće reči i u narednim brojevima časopisa.

Prevod i obrada:
Borko Mijucić