Bioplastika kao rješenje za održivu budućnost

Marta Miketa, 8. razred

Ljudevita Gaja, Zaprešić
Mentor: *Đurđica Patafta*

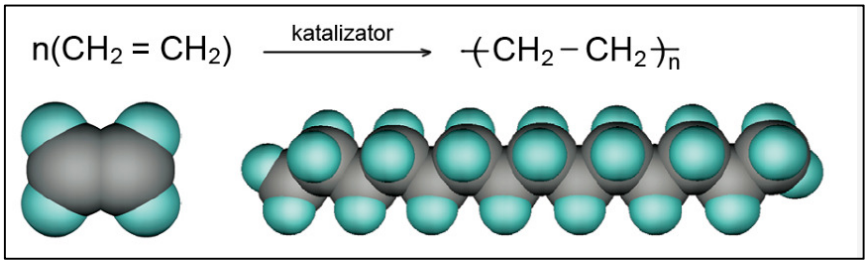
SAŽETAK

U ovom istraživanju ispitivana je mogućnost izrade bioplastike iz lako dostupnih materijala (kukuruzni škrob, voda, glicerol i ocat) te njezina primjena kao ekološki prihvatljive alternative polietenskoj (PE) plastici. Bioplastika je sintetizirana postupkom želatinizacije škroba, uz dodatak plastifikatora i stabilizatora, nakon čega su izrađeni jednostavni odljevi. Ispitana su fizikalna svojstva dobivene bioplastike, uključujući čvrstoću, fleksibilnost, stabilnost u vodi i stabilnost na povišenoj temperaturi te su uspoređena s PE-plastikom. Rezultati pokazuju da bioplastika ima zadovoljavajuću fleksibilnost, ali manju otpornost na vodu i toplinu u odnosu na PE-plastiku. Najznačajniji dio istraživanja odnosi se na biorazgradivost: bioplastika se u tlu razgradila znatno brže od PE-plastike, pri čemu je u vrtnoj zemlji potpuno nestala već nakon nekoliko dana, dok PE-plastika nije pokazala nikakve promjene. Ovi rezultati potvrđuju da škrobna bioplastika ima velik potencijal kao održiva zamjena za dio jednokratnih plastičnih proizvoda te može doprinijeti smanjenju plastičnog otpada i zaštiti okoliša.

Ključne riječi: *škrob; biorazgradnja; polietilen; okoliš; održivost*

UVOD

Plastika je neobnovljiv izvor energije, a njena uporaba rezultira dugotrajnim onečišćenjem okoliša. Zbog toga znanstvenici istražuju nove materijale koji bi mogli biti zamjena plastici dobivenoj iz nafte i njenih derivata (Kumar i sur., 2025). Kumar i sur. (2025) u svom istraživanju opisuju važnost plastike kao dijela suvremenog društva. Pojavljuje se u građevinarstvu, ambalaži, elektrotehnici, automobilskoj industriji, namještaju, poljoprivredi i kućanstvu. Plastika je po kemijskom sastavu polimerna molekula, a sama riječ polimer potječe od grčkih riječi poly, što znači mnogo, i meros što znači dijelovi. Svaka molekula koja sudjeluje u izgradnji polimera je monomer, a proces povezivanja molekula naziva se polimerizacija (Vladušić i sur., 2013). Polimeri se dijele na prirodne i umjetne. Umjetni polimeri uglavnom se proizvode iz ugljikovodika dobivenih frakcijskom destilacijom sirove nafte kao što je prikazano na slici 1. Najjednostavniji je umjetni polimer polieten (kratica PE) koji se dobiva polimerizacijom molekula etena. Vrećice za voće i povrće su upravo izrađene na taj način. Molekule su male gustoće (kratica LDPE), a svaka sadrži oko 500 monomernih jedinica. Takve su vrećice mekane, rastezljive i nisu osobito čvrste. Postoje različite vrsta umjetnih polimera, kao što su još npr. polivinil-klorid, polipropen, polistiren i dr. (Vladušić i sur., 2013).



Slika 1 Polimerizacija etena
Autori: Sikirica M. i Holenda K., 2013

Masovna proizvodnja i spora razgradnja doveli su do ozbiljnih ekoloških problema, uključujući onečišćenje tla, oceana i prehrambenih lanaca. Ghate i sur. (2020) istražili su da je biološka razgradnja polietenske plastike (kratica PE-plastika) u tlu vrlo ograničena. Mikroorganizmi mogu promijeniti samo površinsku strukturu u obliku oksidacijskih i mehaničkih oštećenja. S druge strane, spaljivanjem plastike proizvodi se ugljikov(IV) oksid, metan i druge štetne tvari koji utječu na klimatske promjene

Autori zadržavaju autorska prava te časopisu daju pravo prvog objavljivanja rada u skladu s licencijom CC BY 4.0, koja dopušta drugima dijeljenje rada uz navođenje autorstva i izvornog mjesta objavljivanja rada u časopisu.

(Kumar i sur., 2025). Kumar i sur. (2025) navode da je bioplastika dobivena iz prirodnih izvora ekološki prihvatljiva zbog svoje brze biorazgradivosti. Može se proizvesti djelovanjem mikroorganizama, iz biljaka (kao što je kukuruzni škrob, celuloza, voćni otpad i sl.), iz morskih algi i morskih trava, mlijeka, otpadnih novina, pilećeg perja, poljoprivrednog otpada i dr. Danas znanstvenici sve više istražuju njeno dobivanje od prirodnih, obnovljivih materijala, a u posljednjih desetak godina objavljena su različita istraživanja koja pokazuju kako je bioplastika dobra zamjena za običnu plastiku.

Vukelić (2020) u svom radu istražuje biopolimere koji se dobivaju od biljaka i životinja. Najzastupljeniji na tržištu dobiveni su iz celuloze, škroba, proteina sirutke, kazeina, proteina soje i dr. Navodi da se biopolimeri u prirodi nalaze u dijelovima tkiva životinja i biljaka, a njihove se strukture sastoje od nekoliko tisuća do nekoliko stotina tisuća monomera povezanih u lance. Neki od njih mogu se vidjeti na slikama 2 i 3. Nisu svi biorazgradivi pa se treba i o njima voditi briga kako ih reciklirati. Vukelić (2020) također navodi da su nove generacije ambalaže od škroba 100 % razgradive i da se od nje izrađuju vreće koje zamjenjuju običnu plastiku.

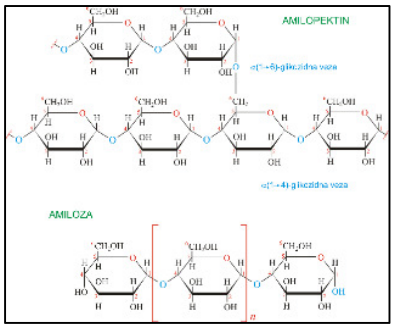


Slika 2 Primjeri proizvoda iz biorazgradive plastike
Izvor: Pekin Chem, 2021



Slika 3 Biorazgradivi kukuruzni škrob
Izvor: YI FU, 2007

Posebno su zanimljivi postupci dobivanja bioplastike za koje su potrebni lako dostupni sastojci koje imamo u kućanstvima ili se mogu izvoditi u školskim uvjetima. Jedan od jednostavnijih postupaka opisan je u istraživanju Wadea i sur. (2018), koji su eksperimentalno dobili bioplastični film korištenjem škroba, glicerola i octa. Na slici 4 prikazan je kemijski sastav škroba, opće formule $(C_6H_{10}O_5)n$, koji je zapravo smjesa dvaju polisaharida (amiloze i amilopektina) (Generalić, 2024).



Slika 4 Struktura škroba
Izvor: Kemijski riječnik, 2023

Wadea, Choudharija i Punvantwara (2018) upotrebljavali su npr. kukuruzni škrob ili škrob ekstrahiran iz povrća za dobivanje bioplastike. Škrob se miješa s vodom te zagrijava kako bi se potaknulo njegovo bubrenje. Molekule vode ulaze u škrob, prekidaju veze između lanaca amiloze i amilopektina, javlja se povećanje volumena tj. dolazi do bubrenja i nastaje škrobno ljepilo ili gel. Dalje se dodaje glicerol, koji djeluje kao plastifikator i ocat (etanska kiselina), koji pomaže u stabilizaciji strukture, vezanju škrobnih lanaca i poboljšavanju homogenost filma. Smjesa se zagrijava i miješa dok ne postane prozirna i viskozna. Kada se postigne željena gustoća, ulijeva se u ravnu posudu ili kalup. Površina se poravna kako bi se dobio ujednačen sloj.

Gurunathan i sur. (2025) istraživali su biorazgradivost bioplastike iz kukuruznog škroba u tlu i kompostu tako da su zakopali uzorke u kompost i vrtno tlo, pratili promjene boje i mehanička svojstva plastike tijekom 30 dana. Potvrdili su da se bioplastika izrađena iz kukuruznog škroba značajno razgrađuje u tlu i kompostu, pri čemu se struktura filma postupno raspada djelovanjem mikroorganizama. U kompostu je razgradnja bila najbrža, zbog više temperature, vlage i bogate mikrobiološke aktivnosti. U običnom tlu razgradnja je bila sporija nego u kompostu, ali i dalje jasno vidljiva. U vodi je razgradnja bila minimalna jer nedostaje mikroorganizama. Uzorci su nabubrili, ali nisu pokazali značajan gubitak mase. Zaključili su da škrobna bioplastika ima veliki potencijal kao ekološki prihvatljiv materijal, posebno za jednokratnu ambalažu i proizvode kratkog vijeka trajanja.

S obzirom kako je problem plastičnog otpada jedan od najvećih ekoloških izazova današnjice, ovaj rad ima veliko značenje. Bioplastika je zanimljiva jer se može izraditi od jednostavnih sastojaka koji se nalaze u kućanstvu, a pritom je biorazgradiva. Ovim radom razvija se svijest o zaštiti okoliša, a potiče se inovativna ideja da se u kućanstvima i školama mogu dobiti proizvodi koji bi zamijenili neke plastične potrepštine.

Ciljevi istraživanja su:
1. Eksperimentalno sintetizirati škrobnu bioplastiku korištenjem lako dostupnih materijala (kukuruzni škrob, voda, glicerol i ocat) te opisati proces njezina dobivanja.
2. Proizvesti jednostavne proizvode od bioplastike koji bi se mogli koristiti u kućanstvu ili školi (vrećica, čaša, žlica).
3. Odrediti fizikalna svojstva dobivene bioplastike, uključujući čvrstoću, fleksibilnost i stabilnost, u slučaju njezine uporabe te ju usporediti s plastikom od polietena dobivenog iz plastične vrećice (PE-plastike).
4. Usporediti brzinu biorazgradnje škrobne bioplastike i PE-plastike u humusnom tlu, vrtnoj zemlji i vodi te utvrditi utjecaj mikroorganizama na razgradnju materijala.

Pretpostavke istraživanja su:
- bioplastika se može izraditi od lako dostupnih sastojaka te se može koristiti u kućanstvima za izradu jednostavnih vrećica, čaša, žlica i sl.;
- bioplastika zakopana u humusno tlo ili vrtnu zemlju brže će se razgraditi, a PE-plastika se neće promijeniti;
- bioplastika zakopana u zemlji (humusu) pokazat će vidljive znakove razgradnje (omekšavanje, pucanje, raspadanje), dok PE-plastika u istom razdoblju neće pokazati značajne promjene;
- bioplastika iz škroba bit će podložna djelovanju mikroorganizama u tlu, za razliku od PE-plastike;
- bioplastika brže će se raspadati u vodi, za razliku od PE-plastike.

METODE RADA

Istraživanje je provedeno u kućanstvu tijekom siječnja i veljače 2026. godine.

Izrada bioplastike

Postupak izrade bioplastike eksperimentalno je proveden kao u istraživanjima Wadea i sur. (2018).

Pribor i materijal za dobivanje bioplastike

Potreban pribor sastojao se od: metalne posude od 1 L za zagrijavanje, kuhinjske žlice, menzure od 100 mL, plastične kapaljke, kućne vage (slika 5). Kemikalije potrebne za istraživanje bile su: kukuruzni škrob (Dolcela proizvođača Podravka), alkoholni ocat, glicerin (nabavljen u ljekarni), obična vodovodna voda,

prehrambena boja Aromar d.o.o. za bojanje bioplastike. Na slici 5 prikazan je kratak postupak dobivanja.



Slika 5 Pribor i materijal za dobivanje bioplastike te kratki prikaz postupka dobivanja bioplastike

Priprema škrobne smjese

Pomoću menzure je bilo odmjereno 50 mL vodovodne vode koja je prelivena u metalnu posudu za zagrijavanje. U vodu je dodano 10 g kukuruznog škroba i smjesa se miješala žlicom, dok se nije dobila homogena smjesa bez grudica. Voda je omogućila bubrenje škrobnih granula tijekom zagrijavanja.

Dodavanje plastifikatora (glicerina), octa (etanske kiseline) i boje po želji

U smjesu je bilo dodano 5 mL glicerina koji djeluje kao plastifikator, a to znači da povećava savitljivost buduće bioplastike i omogućuje bolju obradivost materijala. Dodalo se i 5 - 6 kapi octa, koji pomaže stabilizirati strukturu škrobne želatine, poboljšava homogenost i doprinosi stvaranju čvršće polimerne mreže. U smjesu se prema želji dodalo i nekoliko kapi prehrambene boje. Ovaj postupak nije naveden u istraživanju Wadea i sur. (2018), već je inovativni dodatak.

Zagrijavanje i početak želatinizacije

Smjesa se zagrijavala uz stalno miješanje. Kako je temperatura rasla, škrobne granule počele su apsorbirati vodu i bubriti. Ovaj proces je vrlo važan za stvaranje bioplastike. Smjesa se zagrijavala dok nije nastala viskozna i prozirna smjesa.

Lijevanje smjese u kalup

Kada se postigla željena gustoća, smjesa se ulila u ravnu posudu ili kalup i rasporedila po površini. Površina se poravnala kako bi se dobio ujednačen sloj. Ovaj korak određuje debljinu i ravnomjernost bioplastičnog filma. Za dobivanje željenih oblika (npr. čaše, posude za cvijeće ili olovaka) koristi se željeni kalup.

Sušenje bioplastike

Kalup se ostavio sušiti na sobnoj temperaturi 24 – 48 sati. Tijekom sušenja voda isparava, a polimerna mreža škroba, glicerina i octa se stabilizira. Nakon potpunog sušenja dobivena bioplastika se mogla pažljivo odvojiti od podloge.

Ispitivanje fizikalnih svojstava dobivene bioplastike

Ispitivanje se provelo kao i kod istraživanja Wadea i sur. (2018). Pripremio se po jedan uzorak bioplastike i plastike PE (dio plastične vrećice za dućan) jednake veličinom. PE-plastika je predstavljala kontrolnu skupinu s kojom su se uspoređivala svojstva dobivene bioplastike. Čvrstoća (tvrdoća i otpornost na lom) i savitljivost oba uzorka ispitao se metodom savijanja – pri tome se uzorak bioplastike i obične plastike trebaju saviti pod kutom od 90° i zabilježiti ako pucaju. Stabilnost u vodi ispitala se stavljanjem oba uzorka u čašu s vodom tijekom 24 sata, nakon čega su se zabilježile promjene kao što su bubrenje, omekšavanje, raspadanje. Stabilnost na temperaturi ispitala se tako da

su se uzorci ostavili na sobnoj temperaturi, a zatim na 50 °C (npr. u pećnici) te se promatrala pojava deformacije ili omekšivanja tijekom 2 sata. Dobiveni podaci sa svim opažanjima unijeti su u tablice za svako pojedino ispitivano svojstvo (tablica 1). U svakoj tablici bilježilo se vrijeme, opis uzoraka i uspoređivala su se svojstva bioplastike s PE-plastikom.

Tablica 1 Fizikalna svojstva bioplastike i polietenske plastike koji se prate u istraživanju

Svojstvo	Metoda ispitivanja
Čvrstoća i fleksibilnost	Savijanje pod kutom 90° bez pucanja
Stabilnost na vodi	Uroniti u vodu 24 h
Stabilnost na toplini	Izlaganje na 50 °C (pećnica)

Na temelju dobivenih rezultata o svojstvima bioplastike i PE-plastike izvedeni su odgovarajući zaključci o čvrstoći, stabilnosti u vodi i na toplini.

Ispitivanje biorazgradivosti dobivene bioplastike

Istraživanje je provedeno na sličan način kao što su ga proveli Gurunathan i sur. (2025). Pripremljeni su jednaki komadići prethodno pripravljene bioplastike te komadići PE-plastike (izrezani dio plastične vrećice). Kao medij za razgradnju koristila se vrtna zemlja, zemlja iz lončanice proizvođača *Florafin* te vodovodna voda.

Za provedbu je bilo potrebno 6 staklenki, vodovodna voda za održavanje vlažnosti tla, žlica, marker za označavanje posudica te bilježnica za sustavno praćenje promjena. Staklenke su bile raspoređene u 3 skupine kao što je prikazano na slici 6.



Slika 6 Pribor za ispitivanje biorazgradivosti bioplastike

U svaku staklenku dodana je jednaka količina vrtne zemlje namijenjene za lončanice kupljene u dućanu. U po jednu staklenku od svake skupine zakopao se uzorak bioplastike, a u drugu uzorak obične plastike. Uzorci zemlje lagano su se navlažili vodom, kako bi se osigurali uvjeti pogodni za razmnožavanje mikroorganizama. Staklenke su se označile markerom (bioplastika i PE-plastika) i ostavile na sobnoj temperaturi kao na slici 6. Tijekom 30 dana bilježe se promjene na svim uzorcima. Prati se pojava omekšavanja plastike, pucanja, promjene boje i sl. Rezultati praćenja brzine razgradnje bioplastike i PE-plastike prate se zasebno fotografiranjem i opisivanjem promjena za svaku vrstu plastike.

REZULTATI

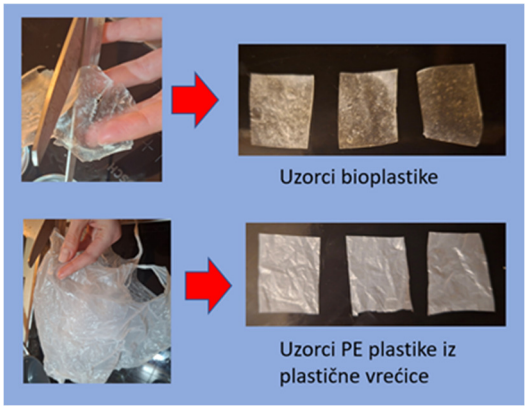
Dobiveni odljevi od bioplastike

Prema gore opisanom postupku izrađeni su odljevi bioplastike u tankom i debljem sloju kao na slici 7. Najlakše se izrađuju tanki premazi za npr. vrećice, dok deblji lakše pucaju. Tanki slojevi bioplastike po opipu i izgledu sliče PE-plastici (slika 7).

Za ispitivanje fizikalnih svojstava, iz obične PE-plastične vrećice i uzorka dobivene bioplastike izrezana su po tri jednaka komada plastike (slika 8), koji su se koristili u daljnjem istraživanju.



Slika 7 Posušeni tanji i deblji oblici bioplastike



Slika 8 Pripremljeni uzorci za ispitivanje fizikalnih i bioloških svojstava bioplastike i PE plastike

Na slici 9 vide se obojeni odljevi bioplastike dobiveni dodavanjem željene prehrambene boje.

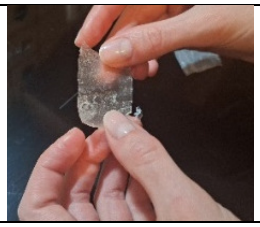
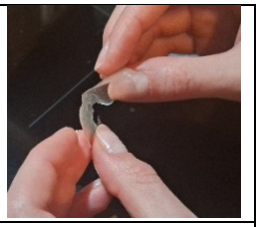
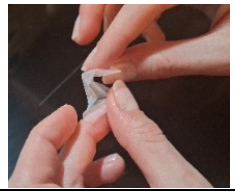


Slika 9 Obojena bioplastika

Ispitivanje fizikalnih svojstva dobivene bioplastike

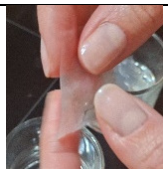
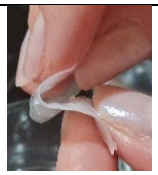
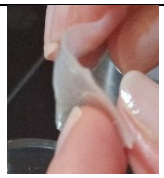
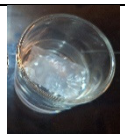
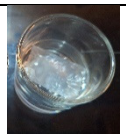
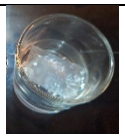
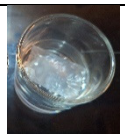
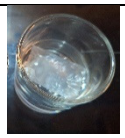
Metodom savijanja pod kutom od 90° bez pucanja obje plastike su se savijale i vraćale u početno stanje (tablica 2).

Tablica 2 Ispitivanje čvrstoće i fleksibilnosti bioplastike u odnosu na PE plastiku

Bioplastika (opažanje) Uzorak bioplastike savija se pod kutom od 90° i vraća se u početno stanje. 			
PE-plastika (opažanje) Uzorak PE plastike savija se pod kutom od 90° i vraća se u početno stanje. 			

Uzorci bioplastike izložene u vodi tijekom prvih 10 sati pokazali su dobru otpornost, ali njihovo početno svojstvo dosta se izgubilo tijekom 24 sata. Omekšala je, malo odebljala i raspadala se se. PE-plastika je ostala nepromijenjena (tablica 3).

Tablica 3 Ispitivanje stabilnosti bioplastike u vodi

Vrijeme promatranja	Nakon 1 sata	Nakon 5 sata	Nakon 10 sati	Nakon 16 sati	Nakon 24 sata
Bioplastika (opažanje) Uzorak bioplastike pada na dno čaše.	 Ostala je ista, savija se. Debljina je 0,65 mm.	 Ostala je ista, savija se. Debljina 0,72 mm.	 Sličnog je opipa kao i nakon 5 sati. Debljine 0,85 mm.	 Sličnog je opipa i nakon 10 sati, ali je lagano omekšala. 0,91 mm.	 Sličnog je opipa i nakon 16 sati. Mekanija je. Debljine 1,02 mm.
PE-plastika (opažanje) pluta na površini vode	 Ne mijenja se	 Ne mijenja se	 Ne mijenja se	 Ne mijenja se	 Ne mijenja se

Uzorci bioplastike izloženi toplini u pećnici na 50° tijekom 2 sata pokazali su dobru stabilnost na toplinu (tablica 4).

Tablica 4 Ispitivanje stabilnosti bioplastike na toplini

Vrijeme promatranja	Nakon 30 minuta	Nakon 1 sata	Nakon 1,5 sati	Nakon 2 sata
Bioplastika (opažanje) 	Ostala je ista, savija se. 	Ostala je ista, savija se i malo se smanjila u odnosu na PE plastiku. 	Sličnog je opipa i debljine kao i nakon 1 sata, savija se, osjeti se da se lagano stvrdnula. 	Sličnog je opipa i debljine kao i nakon 1,5 sati, i dalje je lagano stvrdnuta. Vraćanjem na sobnu temperaturu ponovno je omekšala. 
PE-plastika (opažanje)	 Ne mijenja se	 Ne mijenja se	 Ne mijenja se	 Ne mijenja se

Rezultati biorazgradivosti bioplastike

Istraživanje biorazgradivosti plastike postavljeno je 21.1. Nakon 3 dana (24.1.) na PE-plastici nije bilo vidljivih promjena. Bioplastika je omekšala i stanjila se u kupovnom humusu. U vrtnoj zemlji bioplastika se već vidljivo raspadala – primijetila se crna boja na površini (slika 10).



Slika 10 Rezultati biorazgradnje nakon 3 dana praćenja

Nakon 8 dana (29.1.) bioplastika se u vodi počela vidno raspadati. Na bioplastici u kupovnom humusu vidjele su se rupice i bioplastika je bila znatno savitljivija. U vrtnoj se zemlji bioplastika potpuno razgradila i više je nije bilo, dok na PE-plastici nije bilo vidljivih promjena (slika 11).



Slika 11 Rezultati biorazgradnje nakon 3 dana praćenja

Nakon 13 dana (2.2.) PE-plastika nije se promijenila. Bioplastika u vodi raspala se na dva dijela i postala je sluzava na dodir. U kupovnom humusu bioplastika se raspala na više manjih djelića, također je bila savitljiva i sluzava (slika 12).



Slika 12 Rezultati biorazgradnje nakon 12 dana praćenja

Nakon 20 dana (10.2.), u vodovodnoj vodi nije opažena velika promjena bioplastike. I dalje je bila sluzava i savitljiva. U kupovnom humusu vidjeli su se raspadnuti dijelovi bioplastike (slika 13).



Slika 13 Rezultati biorazgradnje nakon 20 dana praćenja

RASPRAVA

Na temelju istraživanja vidi se da je bioplastika dobivena iz kukuruznog škroba primjenjiva u kućanstvu i funkcionalna. Zbog jednostavne izrade i dostupnosti sastojaka bioplastika se može izlijevati u različitim debljinama, što dodatno potiče kreativnost i ekološku osviještenost. Rezultati pokazuju da se bioplastika lakše raspuca u debljem sloju. Zato je ovaj recept primjenjiviji u izradi vrećica za kućanstva što je u skladu s rezultatima Kumar i sur. (2025). To je posljedica njezine strukture jer se škrobna bioplastika sastoji od polisaharidnih lanaca koji nisu međusobno tako snažno povezani kao polietenski lanci u PE-plastici. Za funkcionalniju uporabu treba raditi na recepturi kako izraditi neki kućanski pribor (čvršći ili savitljiviji).

Metodom savijanja pod kutom od 90° utvrđeno je da se i bioplastika i PE-plastika savijaju bez pucanja. Ovaj rezultat pokazuje da dodatak glicerina kao plastifikatora učinkovito povećava fleksibilnost bioplastike, a to je u skladu s istraživanjem Wadea i sur. (2018), koji navode da glicerin smanjuje krutost škrobnih dijelova plastike i omogućuje elastičnost. Rezultati istraživanja pokazuju da se bioplastika ponašala slično PE-plastici, što potvrđuje da je škrobna bioplastika pogodna za izradu tankih, savitljivih predmeta poput vrećica ili tankih folija. Iako je savitljivost zadovoljavajuća, čvrstoća bioplastike ipak je manja od čvrstoće PE-plastike što se vidjelo djelovanjem vode i topline, gdje bioplastika gubi strukturu, dok PE-plastika ostaje nepromijenjena. To je očekivano jer PE-plastika je nerazgradiva i kemijski vrlo stabilna, dok je bioplastika građena od polisaharida koji lako upijaju vodu.

Rezultati bioplastike u vodi pokazuju da tijekom prvih 10 sati zadržava oblik, ali nakon 24 sata postaje mekana i zadebljana. PE-plastika ostaje potpuno nepromijenjena. To dokazuje da je škrob polisaharid koji snažno veže vodu, a njegova struktura lako bubri i tako gubi mehaničku stabilnost. Gurunathan i sur. (2025) također navode da je razgradnja u vodi minimalna, ali dolazi do bubrenja i gubitka mase, što se poklapa s dobivenim rezultatima. Bioplastika se nije potpuno raspala, ali je postala sluzava i mekana, što potvrđuje da voda narušava njezinu polimernu mrežu.

Što se tiče stabilnosti bioplastike na toplinu, pri izlaganju temperaturi od 50 °C pokazala je blage promjene jer se lagano stvrdnula i smanjila, ali nije se raspala. Nakon hlađenja ponovno je omekšala. PE-plastika nije pokazala nikakve promjene što je u skladu s istraživanjem Gurunathan i sur. (2025). Ovakvo ponašanje može se objasniti što škrobna bioplastika ima nižu stabilnost na toplinu od PE-plastike. Glicerol dodatno smanjuje toplinsku otpornost jer povećava pokretljivost molekula. Iako se bioplastika nije rastopila, vidljivo je da toplina utječe na njezinu strukturu, što ograničava njezinu primjenu u toplijim uvjetima.

Iz rezultata biorazgradivosti vidljivo je da se bioplastika najbrže razgradila u vrtnoj zemlji. Već nakon 8 dana gotovo je potpuno nestala. U kupovnom humusu razgradnja je sporija, ali vidljiva (rupice, omekšavanje, raspadanje). Iz rezultata može se zaključiti da u vrtnoj zemlji ima više mikroorganizama koji su brže razgradili uzorak bioplastike. U vodi nije primijećena razgradnja u pravom smislu, već dolazi do sluzavosti, ali ostaje savitljivost. PE-plastika se u svim uvjetima nije promijenila, što potvrđuje njezinu iznimnu otpornost i ekološki problem s kojim se svakodnevno susrećemo. Ovi rezultati u potpunosti se podudaraju s istraživanjem Gurunathana i sur. (2025), koji su također utvrdili da je razgradnja najbrža u kompostu zbog visoke mikrobiološke aktivnosti, a najsporija u vodi. Pojava crne boje, sluzavost i raspadanje ukazuju na aktivnost mikroorganizama koji razgrađuju polisaharidne strukture škroba. Ovo potvrđuje početnu pretpostavku da će se bioplastika brže razgraditi od PE-plastike te da je podložna djelovanju mikroorganizama.

Sve su pretpostavke istraživanja potvrđene. Rezultati potvrđuju da je bioplastika održiva zamjena za kratkotrajne proizvode. U skorijoj budućnosti nerazgardiva plastika na bazi naftnih derivata mogla bi se smanjiti i tako značajno smanjiti onečišćenje okoliša.

ZAKLJUČCI

Provedeno istraživanje pokazalo je sljedeće:

- bioplastika dobivena iz kukuruznog škroba jednostavna je za izradu, ekološki prihvatljiva i biorazgradiva, što je čini dobrom alternativom za jednokratne proizvode;
- u usporedbi s polietenskom plastikom, bioplastika ima manju čvrstoću, slabiju otpornost na vodu i toplinu, ali se zato znatno brže razgrađuje u tlu, osobito u vrtnoj zemlji bogatoj mikroorganizmima;
- PE- plastika tijekom cijelog istraživanja nije pokazala nikakve promjene, što potvrđuje njezinu iznimnu postojanost i objašnjava zašto predstavlja veliki ekološki problem; s druge strane, bioplastika se u svim uvjetima postupno raspadala, a u tlu se potpuno razgradila u vrlo kratkom vremenu.

Dobiveni rezultati potvrđuju sve početne pretpostavke istraživanja i pokazuju da bioplastika ima velik potencijal kao održiva zamjena za dio plastičnih proizvoda, posebno onih kratkog vijeka trajanja. Iako ne može u potpunosti zamijeniti PE-plastiku zbog slabijih fizikalnih svojstava, njezina biorazgradivost čini je važnim materijalom za smanjenje plastičnog otpada i zaštitu okoliša.

LITERATURA

Generalić E. 2024. Škrob – ilustracija. Glossary.periodni.com, https://glossary.periodni.com/preuzimanje_slike.php?name=skrob.png&source=škrob, pristupljeno: 12.1.2026.

Ghatge S., Yang Y., Ahn J.-H., Hur H.-G. 2020. Biodegradation of polyethylene. Applied Biological Chemistry 63: 27.

Gurunathan M. K., Navasingh R. J. H., Selvam J. D. R., Čep R. 2025. Development and characterization of starch bioplastics as a sustainable alternative for packaging. Scientific Reports 15: 221.

Kemijski riječnik. 2023. https://glossary.periodni.com/preuzimanje_slike.php?name=skrob.png&source=škrob, pristupljeno: 12.1.2026.

Kumar A., Kumar V., Kumar V., Kumar R., Rawat D. 2025. Production of bioplastics from biological materials. International Journal of Biology Sciences 7(7): 58–63.

Pekin Chem. 2021.Uvod U PBAT biorazgradive plastike. https://hr.pinjinchemical.com/info/introduction-to-biodegradable-plastics-pbat-55570689.html, pristupljeno: 12.1.2026.

Vukelić T. 2020. Biopolimerni materijali: utjecaj na okoliš i spremnost na korištenje. Diplomski rad. Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb

Wade R. R., Choudhari A. D., Punvantwar S. 2018. Manufacturing of bioplastic from waste vegetables. International Journal of Trend in Scientific Research and Development 2(3): 112–115.

YI FU. 2007. Biorazgradivi kukuruzni škrob PLA prozirna plastična folija za hranu, pakiranje cvijeća. https://ba.watersoluble-bag.com/biodegradable-bags/biodegradable-bagfilm-for-packaging-flowers/biodegradable-corn-starch-pla-transparent.html, pristupljeno: 12.1.2026.