# usmeritve za učitelje - 1. del

## Sinteza bioplastike iz bananinih olupkov

Ta učna enota je zasnovana kot eksperimentalno delo po korakih. Učenci bodo preko eksperimentalnega dela spoznali postopek sinteze bioplastike iz bananinih olupkov.

**STAROST UČENCEV**

To eksperimentalno delo je primerno za učence v 9. razredu osnovne šole (14–15 let).

### PREDVIDEN ČAS IZVEDBE

90 min

**učni CILJI**

Cilji so skladni z učnim načrtom za kemijo v osnovni šoli (Učni načrt za kemijo v osnovni šoli, 2011).

Učenci/-ke:

* opredelijo polisaharide kot naravne polimere;
* razumejo pomen in vpliv organskih kisikovih spojin na življenje oziroma okolje;
* uporabljajo eksperimentalnoraziskovalni pristop oziroma laboratorijske spretnosti;
* razumejo soodvisnost zgradbe, lastnosti in uporabe snovi;
* razvijajo odgovoren odnos do uporabe snovi, sposobnost in pripravljenost za zavzeto, odgovorno in utemeljeno ravnanje za zdravje in v okolju (kemijska varnost);
* spodbujamo k načrtnem opazovanju, zapisovanju in uporabi opažanj/meritev kot vira podatkov.

### Uvod

Plastični materiali (plastika) vsebujejo kot ključno sestavino umetne polimere, ki jih označujejo visoke molske mase. Zaradi enostavne predelave in številnih možnosti za pridelavo stroškovno učinkovitih proizvodov, ki višajo življenjski standard in kvaliteto ter lagodnost življenja, so polimerni materiali uspešno prodrli na svetovna tržišča. Polimere lahko glede na izvor delimo na naravne (beljakovine, polisaharidi, molekula DNK…) in umetne ali sintetične.

Trenutno skoraj vse polimerne materiale proizvede petrokemijska industrija (petrokemija je področje kemije, ki obsega tehnične postopke in kemijske sinteze za industrijsko pridobivanje produktov iz nafte in zemeljskega plina), torej so proizvedeni iz fosilnih (neobnovljivih) virov. S povečano rabo plastičnih polimerov se zaradi same proizvodnje plastike veča breme na okolje ter v povezavi z rabo plastike tudi breme odpadkov. Zaradi množične potrošnje izdelkov iz plastike za enkratno uporabo, ki je predvidena za zelo kratkotrajno uporabo (npr. plastični lončki, plastične nakupovalne vrečke) skokovito narašča količina odpadkov.

Nekateri kot alternativno možnost vidijo v bioplastiki, polimerih, ki so biološko razgradljivi ali narejeni iz obnovljivih virov. Trenutna definicija označuje bioplastiko kot biorazgradljivo plastiko in/ali plastiko iz obnovljivih virov. Po tej definiciji torej med bioplastiko prištevamo tudi plastiko, ki ni biorazgradljiva, je pa narejena iz obnovljivega vira (npr. polieten iz sladkornega trsa).

Glede na vir delimo bioplastiko na:

1. bioplastiko iz obnovljivih virov,
2. bioplastiko iz fosilnih virov in
3. bioplastiko iz mešanice obnovljivih in fosilnih virov.

V osnovi lahko polimere na osnovi obnovljivih virov razdelimo v tri kategorije:

1. Polimeri, neposredno ekstrahirani/odstranjeni iz biomase: polisaharidi, npr. škrob in celuloza; proteini, npr. kasein in gluten.
2. Polimeri, narejeni po klasičnih kemijskih sintezah z uporabo monomerov iz obnovljivih virov (npr. polieten).
3. Polimeri, pridobljeni s pomočjo mikroorganizmov ali genetsko spremenjenih bakterij.

Dobro poznana in že razširjena je bioplastika na osnovi škroba, ki je iz obnovljivih virov in je hkrati tudi biorazgradljiva za razliko od bioplastike iz polietena. V preteklosti so bile opravljene številne raziskave glede uporabe škroba kot naravnega biopolimera. Škrob je zgrajen iz dveh dolgih verig med seboj povezanih glukoznih enot in sicer amilopektina in amiloze, ki mu dajeta zrnato strukturo. Škrob lahko destrukturiramo z energijo in toploto in tako popolnoma razbijemo kristalno strukturo. Šele destrukturirani škrob se obnaša kot termoplast in ga lahko obdelujemo kot tradicionalno plastiko

Količina odpadne hrane iz različnih virov lahko ob nepravilnem odstranjevanju obremenjuje okolje, zato je izvajanje platforme za biorafiniranje živilskih odpadkov idealna možnost (npr. proizvodnja izdelkov z dodano vrednostjo ob hkratnem zmanjšanju količine odpadkov). Pričakuje se, da se bodo z izvajanjem takšnega postopka zmanjšali proizvodni stroški biorazgradljive plastike (npr. v primerjavi s tradicionalnimi proizvodnimi postopki, ki zahtevajo uporabo dražjih snovi (npr. glukoze)).

Eden izmed najpogostejših škrobnih odpadkov je bananin olupek. V nekaterih delih sveta se pojavi problem pri odstranjevanju več ton bananinih olupkov, zlasti v industrijah, ki proizvajajo bananine izdelke, kot so bananin kolač, bananin čips, bananin ocvrtek in drugi. Te industrije uporabljajo bananino meso kot surovino in ob koncu postopka odstranijo olupke.

Bananini olupki vsebujejo visok odstotek (približno 18,5 %) škroba. Ko bananini olupki dozorijo, se vsebnost glukoze poveča. Zato lahko nezrele bananine olupke uporabimo kot vir za sintezo bioplastike.

Kljub temu, da so živilski odpadki primerna surovina za sintezo bioplastike, jih je treba predhodno obdelati, da se izboljšajo ali spremenijo njihove fizikalne, kemične in biološke lastnosti. Postopki obdelave temeljijo na delni ali popolni sprostitvi monomerov iz živilskih virov odpadkov (npr. lignoceluloznih sestavin) z večjo vsebnostjo beljakovin, lipidov in polisaharidov (npr. škroba in celuloze) za nadaljnjo encimsko hidrolizo in fermentacijo. Z namenom izboljšanja lastnosti surovin je možno sočasno uporabiti več različnih postopkov obdelave.

### Ocena tveganja

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Navedite pomembne nevarnosti** | **Piktogrami in stavki o nevarnosti** | **Previdnostni ukrepi** | **Ukrepi, ki jih je treba sprejeti, če gre kaj narobe** |
| 0,2 M natrijev metabisulfit | GHS pictogram for health hazard.GHS pictogram for corrosive substances.  H302 Zdravju škodljivo pri zaužitju.  H318 Povzroča hude poškodbe oči. | P280 Nositi zaščito za oči.  P305 + P351 + P338 PRI STIKU Z OČMI: Previdno izpirati z vodo nekaj minut. Odstranite kontaktne leče, če jih imate in če to lahko storite brez težav. Nadaljujte z izpiranjem.  P313: Poiščite zdravniško pomoč/oskrbo. |  |
| 0,2 M klorovodikova kislina | Slika, ki vsebuje besede znak, ospredje, promet, ustavi  Opis je samodejno ustvarjen H290 Lahko je jedko za kovine. | P234 Hraniti samo v originalni embalaži.  P390 Odpraviti razlitje, da se prepreči materialna škoda. |  |
| 0,2 M natrijev hidroksid | Slika, ki vsebuje besede znak, ospredje, promet, ustavi  Opis je samodejno ustvarjen  H290 Lahko je jedko za kovine.  H314 Povzroča hude opekline kože in poškodbe oči. | P280 Nosite zaščitne rokavice/zaščito za oči/zaščito za obraz.  P301+P330+P331: PRI ZAUŽITJU: Izprati usta. Ne izzivati bruhanja.  P305+P351+P338: PRI STIKU Z OČMI: Previdno izpirati z vodo nekaj minut. Odstranite kontaktne leče, če jih imate in če to lahko storite brez težav. Nadaljujte z izpiranjem.  P309+P310+P101: Pri izpostavljenosti ali v primeru slabega počutja: pokličite CENTER ZA ZASTRUPITVE ali zdravnika. |  |

|  |  |
| --- | --- |
| **Odstranjevanje in druge pripombe** | Reakcijske produkte je treba odstraniti v skladu z navodili iz varnostnega lista in lokalnimi/regionalnimi/nacionalnimi/mednarodnimi predpisi.  Učenci morajo nositi osebno zaščitno opremo (rokavice, očala in laboratorijsko haljo). |
| **V nujnih primerih** | V nujnih primerih pokličite številko 112 ali osebnega zdravnika. |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Datum ocenjevanja** | 13-2-2023 | **Napisal** | CheSSE | **Razred / učna ura** | 9. razred / kemija |

#### Vprašanja za razmislek (primeri)

1. Kaj je bioplastika?   
   *Odgovori bodo različni. Bioplastika je definirana kot biorazgradljiva plastika in/ali plastika iz obnovljivih virov. Po tej definiciji torej med bioplastiko prištevamo tudi plastiko, ki ni biorazgradljiva, je pa narejena iz obnovljivega vira (npr. polieten iz sladkornega trsa).Glede na vir se bioplastika deli na (1) bioplastiko iz obnovljivih virov, (2) bioplastiko iz fosilnih virov in (3) bioplastiko iz mešanice obnovljivih in fosilnih virov*.
2. Naštejte druge rastlinske vire, ki bi jih lahko uporabili pri sintezi bioplastike.

*Odgovori bodo različni. Sladkorni trs, koruza, krompirjevi olupki itd.*

1. Kakšna je vloga dodanega glicerola pri sintezi bioplastike?

*Glicerol se dodaja kot plastifikator ali dispergator, torej dodatek, ki poveča plastičnost ali samo strukturo materiala.*

1. Naštejte vsaj tri dejavnike, ki bi lahko vplivali na lastnosti (npr. biorazgradljivost, trdnost, elastičnost) sintetizirane bioplastike.

*Odgovori bodo različni. Nekateri dejavniki, ki vplivajo na lastnosti sintetizirane bioplastike, so zrelost bananinih olupkov, izbira postopkov obdelave živilskih odpadkov (bananinih olupkov), količina in vrsta plastifikatorja itd.*

### Rezultati in RAZPRAVA (primer)

Učenci organizirajo, interpretirajo in predstavijo rezultate eksperimentalnega dela s pomočjo tabel, grafov in/ali diagramov ter predstavijo ugotovitve vrednotenja eksperimenta z metriko zelene kemije (Delovni list za učence – 2. del).

Tabela 1: Rezultati sinteze bioplastike iz bananinih olupkov

| **Opažanja** | **Sklepi** |
| --- | --- |
| **Priprava bananinih olupkov**  Tekstura bananine paste, pridobljene iz bananinih olupkov, ki so bili 45 minut navlaženi z 0,2 M raztopino natrijevega metabisulfita, je bila gladka in rjave barve. | **Priprava bananinih olupkov**  Dodajanje raztopine natrijevega metabisulfita izboljšalo rok uporabnosti materiala za sintezo bioplastike in preprečuje rast mikroorganizmov v folijah. Natrijev metabisulfit je antioksidant in konzervans za živila. |
| **Priprava bioplastike iz bananinih olupkov**  Po dodajanju glicerola, 0,5 M raztopine klorovodikove kisline in 0,5 M raztopine natrijevega hidroksida in segrevanju se zmes zgosti.  Po sušenju je bil pridobljen bioplastični film.  A picture of bioplastic film before drying. A picture of bioplastic film after drying. | **Priprava bioplastike iz bananinih olupkov** Klorovodikova kislina je bila uporabljena pri hidrolizi amilopektina z namenom prekinitve vodikovih vezi med molekulami glukoze v verigi amilopektina, saj le ta omejuje nastanek bioplastičnega filma. Natrijev hidroksid nevtralizira pH zmesi. Glicerol je bil uporabljen kot plastifikator, ki poveča ali izboljša plastičnost materiala. |

Iz Tabele 1 je razvidno, da je bila sinteza bioplastike iz bananinih olupkov uspešna. Vrednotenje sinteze bioplastike iz bananinih olupkov z metriko zelene kemije je pokazalo, da bi bilo mogoče eksperiment optimizirati zlasti glede 1, 5, 10 in 12 načela zelene kemije. V prihodnje bi lahko uporabo natrijevega metabisulfite nadomestili z uporabo natrijevega bikarbonata, čeprav je za njegovo učinkovitost potrebna višja temperatura (350˚C).

### Zaključek (primer)

V zaključku učenci povzamejo in ovrednotijo rezultate eksperimentalnega dela.

Odpadni bananini olupki so lahko zelo dostopen, poceni in okolju prijazen organski material. Uporaba bananinih olupkov za sintezo bioplastike namesto plastike iz fosilnih goriv lahko pomaga pri zmanjšanju rabe neobnovljivih virov. V prihodnje bi bilo zanimivo raziskati še druge lastnosti bioplastike (npr. topnost v vodi, sposobnost absorpcije vode, biorazgradljivost).

# USMERITVE za učitelje - 2. del

## Vrednotenje eksperimentalnega dela z metriko zelene kemije

Ovrednotite eksperimentalno delo *Sinteza bioplastike iz bananinih olupkov z* metriko zelene kemije. Pri tej aktivnosti boste: 

1. identificirali morebitne nevarne lastnosti snovi pri eksperimentalnem delu s pomočjo varnostnih listov in spoznali pomen stavkov o nevarnostih (H-stavki) in previdnostnih stavkov (P-stavki);
2. preučili izpolnjevanje principov zelene kemije pri eksperimentalnem delu;
3. izdelali zeleno zvezdo, s katero boste predstavili rezultate izpolnjevanja principov zelene kemije pri eksperimentalnem delu.

Sledite navodilom in si pri aktivnosti pomagajte tudi s prilogami 1-4.

### 1. IDENTIFIKACIJA MOREBITNIH NEVARNIH LASTNOSTI SNOVI PRI EKSPERIMENTALNEM DELU (PRIMER)

1. V prvi stolpec Tabele 1 zapišite vse snovi, s katerimi se srečate tekom eksperimentalnega dela.
2. Za vsako snov poiščite varnostni list in v drugi stolpec Tabele 1 zapišite kode stavkov o nevarnosti.
3. S pomočjo Priloge 2 "Kriteriji za razvrščanje nevarnih lastnosti snovi (KRNS)” pridobite točke (T), ki se nanašajo na morebitne nevarnosti za zdravje, okolje in fizikalne nevarnosti vsake od snovi pri eksperimentalnem delu. Točke zapišite v ustrezen stolpec v Tabeli 1 (tretji/četrti/peti). V kolikor določena snov ni nevarna, zanjo zapišite točko 1.

Tabela 1: Nevarne lastnosti snovi pri eksperimentalnem delu *Sinteza bioplastike iz bananinih olupkov*.

|  | Koda Stavka o nevarnosti | KRNS [T]\* povezani z  določeno vrsto nevarnosti | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nevarnosti za zdravje | Nevarnosti za okolje | | Fizikalne nevarnosti |
| bananini olupki | - | 1 | 1 | 1 | |
| natrijev metabisulfit  (CAS 7681-57-4) | H302, H313, H319 | 2 | 1 | 1 | |
| 0,2 M klorovodikova kislina | - | 1 | 1 | 1 | |
| 0,2 M natrijev hidroksid | H290, H315, H319 | 2 | 1 | 2 | |
| glicerol  (CAS 56-81-5) | - | 1 | 1 | 1 | |
| voda | - | 1 | 1 | 1 | |
| bioplastike |  | 1 | 1 | 1 | |

\* Točke (T), dodeljene za določeno vrsto nevarnosti lahko znašajo od 1 (najmanjša nevarnost) do 3 (največja nevarnost).

### 2. IZPOLNJEVANJE PRINCIPOV ZELENE KEMIJE PRI EKSPERIMENTALNEM DELU (PRIMER)

1. Pri izpolnjevanju Tabele 2 si pomagajte s Prilogo 4 “Kriteriji izpolnjevanja principov zelene kemije pri eksperimentalnem delu (KPZK)”.
2. Določite smiselno število principov zelene kemije, ki jih boste upoštevali pri vrednotenju eksperimentalnega dela z vidika zelene kemije (npr. 6 ali 10 principov).
3. Število doseženih točk (T) pri izpolnjevanju principov zelene kemije pridobite s pomočjo Prilog 2-4. Za vsak princip je mogoče zbrati 1 (dosežen princip) do 3 (nedosežen princip) točke. Kjer točk ni mogoče ali ni smiselno določiti, zapišite X.

Tabela 2: Izpolnjevanje principov zelene kemije za izdelavo zelene zvezde eksperimentalnega dela *Sinteza bioplastike iz bananinih olupkov.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 12 principov zelene kemije | KPZK [T] | Opis (izbirno) |
| P1 – Preprečevanje nastajanja odpadkov | 2 | raztopina natrijevega metabisulfita, raztopina natrijevega hidroksida |
| P2 – Atomska ekonomičnost\* |  |  |
| P3 – Varnejša kemijska sinteza\* |  |  |
| P4 – Izbor sinteznih strategij za zmanjšanje toksičnosti vseh uporabljenih snovi \*\* |  |  |
| P5 – Uporaba bolj varnih topil in pomožnih snovi | 2 | raztopina natrijevega metabisulfita, raztopina natrijevega hidroksida |
| P6 – Večja energetska učinkovitost | 2 | sobni tlak in temperatura med 0 in 100 ºC, kadar je potrebno ogrevanje. |
| P7 – Uporaba obnovljivih surovin in materialov | 2 | bananini olupki |
| P8 – Izogibanje dodatnim pretvorbam\* |  |  |
| P9 – Uporaba katalizatorjev\* |  |  |
| P10 – Uporaba snovi, ki se po uporabi razgradijo | 2 | raztopina natrijevega metabisulfita |
| P11 – Analiza v realnem času za preprečevanje onesnaževanja\*\* |  |  |
| P12 – Zmanjšati možnost nesreč | 2 | raztopina natrijevega metabisulfita, raztopina natrijevega hidroksida |

\* Izpolniti pri upoštevanju 10 ali 12 principov.   
\*\* Izpolniti pri upoštevanju 12 principov.

### 3. IZDELAVA ZELENE ZVEZDE (PRIMER)

Z izdelavo zelene zvezde predstavite rezultate vrednotenja eksperimentalnega dela s principi zelene kemije (nanašajoč se na aktivnost pri 2. točki ''Izpolnjevanje principov zelene kemije pri eksperimentalnem delu'').

1. V kolikor izpolnjujete ta delovni list v tiskani obliki, ustrezno pobarvajte krake zvezde na sliki 1. Krak zvezde, ki ustreza določenemu principu zelene kemije (npr. P1, P2, P3 itd.), obarvajte glede na podatke zbrane v Tabeli 2.
2. V kolikor izpolnjujete ta delovni list v elektronski obliki, si lahko pri izdelavi zelene zvezde pomagate s Prilogo 1 (Excel datoteko) in izdelano sliko zelene zvezde nato vstavite v ta Wordov dokument.
   * Odprite prilogo 1 (Excel dokument) in izberite zavihek “Zelena zvezda (10 principov)”.
   * Podatke zbrane v Tabeli 2 vstavite v ustrezna polja, ki so obarvana zeleno.
   * Kopirajte sliko zelene zvezde in jo zamenjajte s spodnjo sliko.

|  |
| --- |
| A radar chart of greenness assessment of the experimental work based on 6 green chemistry principles. |

Slika 1: Zelena zvezda eksperimentalnega dela *Sinteza bioplastike iz bananinih olupkov.*

**4.** **na podlagi rezultatov vrednotenja eksperimentalneda dela z metriko zelene kemije, RAZMISLite O možnostih optimizacije eksperimentalnega dela**

### VIRI

Program osnovna šola kemija. Učni načrt. (2011). Ministrstvo za šolstvo in šport: Zavod RS za šolstvo. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN\_kemija.pdf

Ribeiro, M. G. T., Costa, D. A. in Machado, A. A. (2010). "Zelena zvezda": celostna metrika zelene kemije za vrednotenje učnih laboratorijskih poskusov. *Green Chemistry Letters and Reviews, 3*(2), 149-159. https://doi.org/10.1080/17518251003623376

Ribeiro, M. G. T. in Machado, A. A. (2014). Gradnja zelene zvezde. http://educa.[fc.up.pt/documentosQV/EV/Construction%20of%20Green%20Star\_6\_points\_GSAI.xlsx](http://educa.fc.up.pt/documentosQV/EV/Construction%20of%20Green%20Star_6_points_GSAI.xlsx)