



Povzetek projekta Po kreativni poti do znanja 2017 – 2020, 2. odpiranje, za namen objave in predstavitve na spletni strani sklada

1. Polni naslov projekta: Antimikrobna učinkovitost modificiranih polimernih materialov

- V katero področje na prvi klasifikacijski ravni KLASIUS-P-16 se uvršča projekt glede na vsebinsko zasnovo (neustrezno področje izbrišite):

07 - Tehnika, proizvodne tehnologije in gradbeništvo

2. V sodelovanju z: (navede se univerza oz. samostojni visokošolski zavod, ki je prijavil projekt in članica, ki je nosilka projekta ter partner/ja – podjetje/ji oz. organizacija, ki je/sta bilo/i vključeno/i v projekt)

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo in

ISOKON proizvodnja in predelava termoplastov, d.o.o., Slovenske Konjice

3. Besedilo:

- Opredelite problem, ki se je razreševal tekom izvajanja projekta

Dandanes je pri proizvajalcih proizvodov iz polimernih materialov vedno večja težnja po proizvodnji le-teh z antimikrobnimi učinki, predvsem za namene prehranske industrije. S pravilnim vgrajevanjem določenih antimikrobnih sredstev v polimerne materiale lahko zagotovimo večji antimikrobni učinek določenega proizvoda. Antimikrobni polimerni materiali so torej tisti, ki imajo dodatek z antimikrobno aktivnostjo in s tem povečan antimikrobni učinek. Antimikrobna sredstva se delijo na anorganska in organska sredstva. Za slednje velja, da so največkrat pri visokih temperaturah in tlakih manj stabilna kot anorganska sredstva. Vedno bolj so torej pomembna anorganska sredstva, ki so odporna na ostrejšje pogoje, ki so zahtevani pri njihovih aplikacijah. Za nanodelce je značilno, da delujejo antimikrobno proti različnim patogenim bakterijam. Še posebej nanodelci cinkovega oksida (ZnO) imajo širok spekter antibakterijske aktivnosti proti različnim mikrobom. Za potrebe industrije polimerov smo testirali antimikrobno učinkovitost modificiranih polimernih materialov, ki smo jih pripravili v sodelovanju s podjetjem ISOKON d.o.o. Slovenske Konjice. Pri tem smo spreminjali koncentracijo in vrsto ZnO ter drugih modifikatorjev. Na FKKT, UM smo testirali vpliv različnih antimikrobnih sredstev, kot so npr. ZnO različnih oblik na antimikrobno učinkovitost modificiranih polimernih materialov. Pripravljene modificirane polimerne materiale smo tudi okarakterizirali s pomočjo FTIR in TGA/DSC analiz. Antimikrobno učinkovitost smo določevali po ISO standardu 22196. Pri tem smo antimikrobno učinkovitost modificiranih polimernih materialov testirali na dveh mikroorganizmih: gram-negativni bakteriji *Escherichia coli* in gram-pozitivni bakteriji *Staphylococcus aureus*. Glede na literaturne podatke smo ovrednotili tudi vpliv posameznih komponent modificiranih polimernih materialov na človeški organizem. Na podlagi izvajanja projekta se je krepilo sodelovanje in povezovanje med FKKT, UM z okoljem iz gospodarstva (ISOKON, d.o.o.). Študenti, ki so sodelovali na projektu, so na podlagi praktičnih izkušenj, ki so jih pridobili med potekom projekta, razširili kompetence, ki so potrebne pri kasnejši zaposlitvi. Projekt smo nadgradili z dodatnimi raziskavami s področja antimikrobne učinkovitosti modificiranih polimernih materialov, kar bo osnova za izdelavo diplomske naloge.

- Opišite potek reševanja problema oz. kratek povzetek projekta

Člani projektne skupine so najprej v PC učilnici FKKT, UM ter knjižnicah UM opravili literaturni pregled na področju uporabe različnih antimikrobnih sredstev za modifikacijo polimernih materialov na osnovi polipropilena (PP) in polietilena (PE), uporabe različnih metod določevanja antimikrobne učinkovitosti polimernih materialov in obstoječih ISO standardov ter metod za karakterizacijo pripravljenih modificiranih polimernih materialov. Ugotovili so, da je ZnO primerno antimikrobno sredstvo, ki se lahko enostavno dodaja v kompozite in je primerno tudi za polimerne materiale, ki se uporabljajo v prehrabne namene. Tako smo skupaj s podjetjem ISOKON, d.o.o. pripravili modificirane polimerne materiale z različnimi koncentracijami dodanega ZnO ter z različnimi oblikami ZnO (z različnimi karakteristikami), spreminjali smo tudi koncentracije drugih modifikatorjev (kot npr. stearinska kislina itd.). S postopkom kompondiranja smo na laboratorijskem ekstruderju pripravili modificirane polimerne materiale iz PP in PE. Nato smo dobljene granule modificiranih polimernih materialov še stisnili na stiskalnici v plošče debeline 1 mm. Sledil je razrez plošč na želeno velikost. Pripravljene modificirane polimerne materiale smo na FKKT, UM okarakterizirali s pomočjo FTIR in TGA/DSC analiz. Na osnovi literaturnega pregleda smo se s podjetjem Isokon d.o.o. odločili, da za določevanje antimikrobne učinkovitosti pripravljenih modificiranih polimernih materialov uporabimo metod po ISO standardu, saj bi podjetje tako imelo že vpeljana metod po ISO standardu, kar je dandanes v primeru lansiranja novega proizvoda na tržišče nujno potrebno. Odločili smo se za metodo ISO 22196, ki je nekako najbolj standardizirana in se največkrat uporablja kot metoda za določevanje antimikrobne učinkovitosti polimernih materialov predelanih v obliko plošč, filmov itd. Antimikrobno učinkovitost modificiranih polimernih materialov smo testirali na dveh mikroorganizmih: gram-negativni bakteriji *E. coli* in gram-pozitivni bakteriji *S. aureus*. V znanstveni literaturi smo poiskali študije vpliva posameznih komponent modificiranih polimernih materialov na humani organizem.

- Navedite in opišite rezultate projekta ter njihov doprinos k družbeni koristnosti

Na podjetju Isokon d.o.o. smo uspešno pripravili različne modificirane polimerne materiale. Študije antimikrobne učinkovitosti pripravljenih modificiranih polimernih materialov so pokazal, da je antimikrobna učinkovitost modificiranih polimernih materialov boljša, če je v materialu dodano več ZnO in upada z zniževanjem koncentracije dodanega ZnO. Prav tako smo ugotovili, da različne karakteristike ZnO vplivajo na antimikrobno učinkovitost modificiranih polimernih materialov. Ugotovili smo, da boljše antimikrobno učinkovitost izkazuje ZnO, ki ni modificiran in da prisotnost drugih modifikatorjev negativno vpliva na antimikrobno učinkovitost polimernih materialov. Izkazalo se je, da vsi modificirani polimerni materiali neglede na koncentracijo dodanega antimikrobnega sredstva bolj inhibirajo rast gram-pozitivne bakterije *S. aureus*, kot gram-negativne bakterije *E. coli*. To lahko pripišemo strukturnim in kompozicijskim razlikam v zgradbi celic. FTIR spektri kažejo značilno močno absorpcijsko območje med 420 in 510 cm^{-1} zaradi dveh transverzalnih optičnih raztezkov ZnO. Glede na karakteristiko ZnO je zaznati še druge vrhove, ki so značilni za organske dele, ki se nahajajo na površini nekaterih ZnO delcev. Rezultati TGA/DSC analiz kažejo, da ZnO neglede na dodano koncentracijo nima pomembnega vpliva na temperaturo tališča in entalpijo taljenja kompozitov s PE oz. PP matriko. Literaturni pregled študij na področju vpliva modificiranih polimernih materialov na humani organizem kaže, da znanstveniki nekako niso poenoteni, saj nekateri govorijo o morebitnem vplivu na humani organizem, medtem ko drugi navajajo, da so omenjeni materiali varni za človeka. Na osnovi dobljenih rezultatov je podjetje ISOKON, d.o.o. dobili vpogled v karakteristike modificiranega polimernega materiala z dodanim antimikrobnim sredstvom, ki bi ga potencialno lahko ponudili na tržišču. Vsekakor so potrebne dodatne raziskave na področju mehanskih lastnosti teh materialov za kar smo v okviru projekta že pripravili tudi preizkušance.

Z medsebojno izmenjavo znanj, izkušenj in dobrih praks strokovnih delavcev, tako pedagoških mentorjev iz visokošolskega zavoda, kot delovnih mentorjev iz gospodarstva se bogati družba in se

povečuje družbena korist. V okviru projektnih aktivnosti so študenti proučevali različne kreativne in inovativne rešitve za izzive gospodarskega in družbenega okolja. Razvijali so znanja, potrebna za neposredno udejstvovanje pri uresničevanju idej, razvijali so tudi podjetnost in ustvarjalnost. Z izvedenimi aktivnostmi v okviru projekta so se študenti opremili s kompetencami, potrebnimi za lažji prehod iz izobraževanja na trg dela.

Prenos strokovnega znanja in razvijanje kompetenc je bil omogočen tudi pri študentih in drugih osebah, ki niso bili vključeni v projekt. Izkušnje, ki so jih študenti na projektu in ostali sodelujoči pridobili s projektom, bodo razširili tudi v širše lokalno okolje z namenom osveščanja širše javnosti o uporabi modificiranih polimernih materialov z antimikrobno učinkovitostjo za namene uporabe v gospodinjstvu (deske za pulte, rezanje zelenjave, mesa itd.).

4. Priloge:

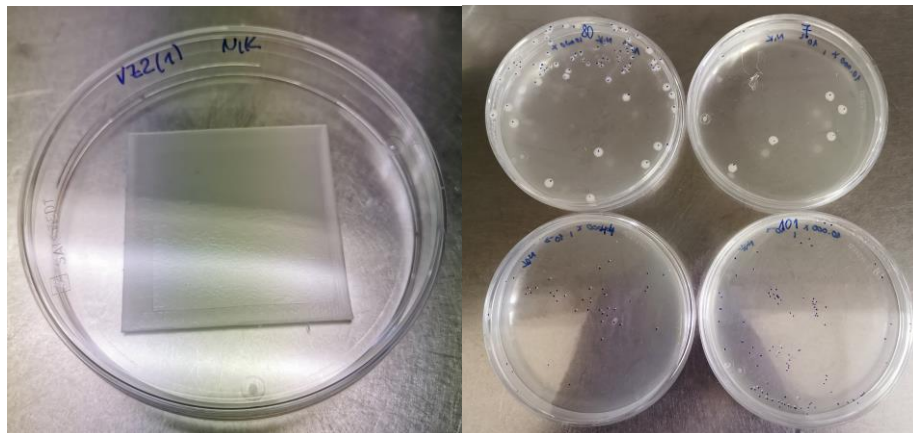
- Slikovno gradivo: Priložite vsaj dve sliki npr. sliko končnega produkta, sliko študentov pri delu na projektu, sliko s sestankov ipd. Pri pošiljanju slik bodite pozorni, v kolikor gre za končni produkt, da bo zadoščeno zahtevam glede informiranja in obveščanja (ustrezni logotipi itd.).



Sestanek projektne skupine.



Člani projektne skupine pred laboratorijem na FKKT, UM.



Vzorec modificiranega polimernega materiala z dodano celično suspenzijo *E. coli* po končani 24 urni inkubaciji (leva slika); določevanje velikosti mikrobne populacije (CFU/mL) z gojitveno metod (štetje zrastle kolonij na trdih gojiščih) (desna slika).