

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/99



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J2-2040
Naslov projekta	Uporabna biokataliza
Vodja projekta	534 Maja Habulin
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4650
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	794 Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.02 Kemijsko inženirstvo 2.02.06 Biokemijsko inženirstvo
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.04
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.04 Kemijsko inženirstvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

V okviru projekta smo sintetizirali različne ionske tekočine (ILs), ki smo jih nato uporabili kot reakcijski medij za encimske reakcije. Izvedli smo encimsko kataliziran kinetični razcep kiralnega alkohola v ILs, SC CO₂ in v dvofaznem sistemu SC CO₂/IL. Kot modelno reakcijo smo izbrali transesterifikacijo (R,S)-1-feniletanola z vinil acetatom. Izmed testiranih ILs smo dosegli najvišjo začetno hitrost reakcije in 49,7% presnovo po 5 h reakcije, ko smo kot

reakcijski medij uporabili [bmim][BF₄] in kot biokatalizator imobilizirano lipazo B iz *Candida antarctica*. Podrobneje smo študirali vpliv izbranih topil (ILs in SC CO₂) ter vpliv drugih reakcijskih parametrov; koncentracije biokatalizatorja in substratov, temperature, tlaka ter vrste donorja acilne skupine na potek encimsko katalizirane reakcije. V sistemu SC CO₂/IL smo proučili tudi vpliv koncentracije [bmim][BF₄] na potek reakcije. V nadaljevanju smo delo na projektu razširili s študijo encimsko katalizirane sinteze L-mlečne kisline in n-butanola v SC CO₂. Najvišjo presnovo L-mlečne kisline smo dosegli po 26 urni reakciji v sistemu SC CO₂/n-heksan pri tlaku 40 MPa in 55°C. Drugi del raziskav na projektu je predstavljala priprava magnetnih nanodelcev za imobilizacijo encimov. Sintezo maghemitnih (γ -Fe₂O₃) delcev smo izvedli s termično koprecipitacijo železovih ionov v alkalni amonijevi raztopini. Sledila je kemijska modifikacija površine γ -Fe₂O₃ nanodelcev z dvostopenjsko reakcijo (polimerizacija s siliko in silanizacija z aminosilanom). Na magnetne nosilce smo imobilizirali encim holesterol oksidazo (ChOx). Optimalni pogoji za reakcijo zamreženja površine magnetnih nanodelcev z mrežnim povezovalcem gluteraldehidom (GA) so bili pri pH medija 8, času zamreženja 2h in koncentraciji GA 2,9% (v/v). Pri danih pogojih je bila najvišja dobit imobilizacije ChOx na aktivirane magnetne nanodelce 92%. Kovalentno vezana ChOx je ohranila 57% svoje začetne aktivnosti. Študija večkratne ponovne uporabe imobilizirane ChOx je pokazala, da je imobilizacija ChOx na magnetne nanodelce perspektivna metoda, saj se je relativna aktivnost tako imobilizirane ChOx prvih 10 ciklov zmanjšala le za 10%.

Tretji del raziskav na projektu je zajemal sintezo zamreženih encimskih skupkov. Z uporabo različnih agregacijskih sredstev ter zamreženjem encima s pomočjo GA smo uspešno pripravili katalitično aktivne encimske skupke (CLEAs) peroksidaze iz korenine hrena (HRP). Najboljše rezultate smo dosegli, kadar smo CLEAs sintetizirani ob prisotnosti albumina iz kokošjih jajc (4 mg/mL) in pentaetilenheksamina (100 mM). Sledila je optimizacija koncentracije mrežnega povezovalca GA, ki je znašala 1,2% (v/v). Končna aktivnost HRPCLEAs je bila 83%. Stabilnost HRPCLEAs in proste HRP smo proučevali pri 50°C v SC CO₂ pri tlaku 20 MPa in pri atm. tlaku. Boljšo stabilnost izkazuje HRPCLEAs, saj je ne glede na pogoje inkubacije ohranila višjo aktivnost.

ANG

Within the project, a variety of ionic liquids (ILs), further used as reaction media for enzymatic reactions, were synthesized. Enzyme-catalyzed kinetic cleavage of chiral alcohol in ILs, SC CO₂ and in the two-phase system CO₂/ILs was performed. As a model reaction, the transesterification of (R,S)-1-phenylethanol with vinyl acetate was chosen. Among the tested ILs, the highest initial reaction rate and 49.7% conversion after 5 h of reaction was achieved when as a reaction medium [bmim][BF₄] and as biocatalyst immobilized lipase B from *Candida antarctica* were used. More specifically, the impact of the selected solvent (ILs and SC CO₂) as well as the influence of other reaction parameters; biocatalyst and substrates concentrations, T, p and type of donor acyl groups on the performance of enzyme catalyzed reactions was studied. In a system SC CO₂/IL the influence of [bmim][BF₄] concentration on the conversion of reaction was also studied. In addition, the work on the project was expanded with the study of enzyme-catalyzed synthesis of L-lactic acid and n-butanol in SC CO₂. The highest conversion of L-lactic acid was achieved after 26h of reaction in SC CO₂/n-hexane at 40 MPa and 55°C.

The 2nd part of the project represented the preparation of magnetic nanoparticles (MNPs) for the immobilization of enzymes. Synthesis of maghemite (γ -Fe₂O₃) particles was carried out by thermal coprecipitation of Fe ions in the alkaline solution of ammonium. Next, the chemical surface modification of γ -Fe₂O₃ nanoparticles with a two-step reaction (polymerization with silica and silanization with aminosilane) was performed. On MNPs enzyme cholesterol oxidase (ChOx) was immobilized. Optimal conditions for the cross-linking reaction of MNPs with crosslinker glutaraldehyde (GA) were at pH medium 8, cross-linking time of 2h and concentration of GA 2.9% (v/v). At the given conditions, the highest immobilization yield of ChOx onto MNPs was 92%. Covalently bound ChOx has maintained 57% of its initial activity. Reuse of immobilized ChOx study showed that the immobilization of ChOx onto MNPs is prospective method, since the relative activity of the immobilized ChOx dropped only for 10% after first 10 cycles. The 3rd part of the project included the synthesis of cross-linked enzyme aggregates (CLEAs). Using a variety of aggregation resources and cross-linking of the enzyme with GA, a catalytically active CLEAs of peroxidase from horseradish roots (HRP) have been successfully prepared. The best results were achieved when CLEAs was synthesized in the presence of egg albumin (4 mg/mL) and pentaethylenehexamine (100 mM). The optimization of GA concentration was performed, and the optimal concentration was amounted at 1.2% (v/v). Final HRPCLEAs activity was 83%. The stability of HRPCLEAs and free HRP was studied at 50°C in SC CO₂ at 20 MPa and at atm. pressure. HRPCLEAs shows better stability, since higher activity of HRPCLEAs was preserved, regardless of incubation conditions.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Pridobivanje enantiomerno čiste komponente iz racemata

Pripravili smo različne ionske tekočine (ILs), ki jih lahko uporabimo kot reakcijski medij za encimske reakcije. Vse ILs pa niso ustrezen medij za encimske reakcije. Encimi so aktivni predvsem v tistih ILs, ki vsebujejo tetrafluoroboratne, heksafluorofosfatne ali bis [(trifluorometil)sulfonyl]imidne anione. V okviru projekta smo podrobneje proučili kinetiko encimsko kataliziranega kinetičnega razcepa kiralnega alkohola v ILs, SC CO₂ in v SC CO₂/IL dvofaznem sistemu, kjer smo kot modelno reakcijo izbrali transesterifikacijo (R,S)-1-feniletanola z vinil acetatom. Proučili smo tudi vpliv treh različnih imobiliziranih lipaz na potek reakcije acilacije in kot najboljši kiralni biokatalizator izbrali imobilizirano lipazo B iz *Candida antarctica* (CALB). Izmed testiranih ILs smo dosegli najvišjo začetno hitrost reakcije in 49,7% presnovo po 5 h reakcije, ko smo kot reakcijski medij uporabili hidrofilno ionsko tekočino [bmim][BF₄]. Podrobneje smo študirali vpliv izbranih topil (ILs in SC CO₂) ter vpliv drugih reakcijskih parametrov, kot so temperatura, koncentracija biokatalizatorja in substratov, tlak ter vrste donorja acilne skupine, s katerimi lahko znatno izboljšamo končni izkoristek reakcije, na aktivnost CALB. Z naraščanjem koncentracijskega razmerja CALB/substrati od 4,3 do 19,9, temperature od 40 °C do 80 °C in tlaka od 10 MPa do 30 MPa so naraščale presnove in začetne reakcijske hitrosti. Nadaljnje naraščanje temperature od 80 °C do 120 °C in tlaka od 20 MPa do 30 MPa je povzročilo znižanje tako presnove kot začetne reakcijske hitrosti. Nadalje smo za transesterifikacijo (R,S)-1-feniletanola v SC CO₂, katalizirano z imobilizirano CALB, uporabili kot donorje acilne skupine vinil estre z verigami različnih dolžin. Najvišjo začetno reakcijsko hitrost smo dosegli z vinil butiratom, čeprav smo 50 % presnovo hitreje dosegli kadar smo kot donor uporabili vinil acetat. V dvofaznem sistemu SC CO₂/IL smo proučili vpliv koncentracije ionske tekočine [bmim][BF₄] na potek reakcije. Najvišjo začetno hitrost reakcije smo dosegli, ko smo reakcijo izvedli s 50 mmol (70% w/w reakcijske zmesi) [bmim][BF₄]. V nadaljevanju smo delo na projektu razširili s študijo encimsko katalizirane sinteze L-mlečne kisline in n-butanola v SC CO₂. Esterifikacijo L-mlečne kisline in n-butanola, katalizirane z imobilizirano lipazo B iz *Candida antarctica*, smo izvedli v visokotlačnem mešalnem šaržnem reaktorju pri določenem tlaku in temperaturi z dodatkom oz. brez dodatka kotopila (n-heksan). Proučevali smo vpliv temperature, tlaka, množinskega razmerja substratov, dodatka molekularnih sit, hitrosti mešanja in večkratne uporabe encima na presnovo. Najvišjo presnovo L-mlečne kisline (99 %) smo dosegli po 26 urni reakciji v sistemu SC CO₂/n-heksan pri tlaku 40 MPa in 55 °C. Podrobnejši opis rezultatov s področja encimskih reakcij v ionskih tekočinah je objavljen kot poglavje v monografski publikaciji *Ionic liquids: applications and perspectives* in v treh znanstvenih člankih. S področja uporabe ionskih tekočin za biotransformacije imamo še skupno objavo članka s partnerji iz Univerze v Veszpremu, in sicer v reviji *Acta Chimica Slovenica*. S partnerji iz ZDA smo s področja uporabe encimsko kataliziranih estrov v biomedicini skupaj objavili članek v reviji *Aids research and human retroviruses*. S partnerji iz Univerze v Cluju smo s področja kinetične študije encimsko katalizirane acidolize objavili poglavje v monografski publikaciji v *Chemical Engineering Transactions*. S področja encimsko katalizirane esterifikacije mlečne kisline v superkritičnem ogljikovem dioksidu imamo skupno objavo članka s partnerji iz Univerze v Veszpremu, in sicer v reviji *The Journal of Supercritical Fluids*.

Sinteza magnetnih nanodelcev in njihova funkcionalizacija

V prvi fazi smo pripravili magnetne nanodelce za imobilizacijo encimov. Sintezo maghemitnih (γ -Fe₂O₃) delcev s poprečnim premerom 13 nm smo izvedli s termično koprecipitacijo železovih ionov v alkalni amonijevi raztopini. Z namenom pridobitve fino dispergiranih magnetnih nanodelcev (MNP) smo dodali citronsko kislino. Sledila je kemijska modifikacija površine γ -Fe₂O₃ nanodelcev z dvostopenjsko reakcijo. Najprej smo površino γ -Fe₂O₃ nanodelcev prevlekli s polimerizirano siliko (SiO₂) nato je sledila reakcija silanizacije z aminosilanom (AEAPS). S siliko prevlečeni maghemitni nanodelci ne agregirajo zlahka, saj izkazujejo večjo stabilnost v primerjavi z neprevlečenimi nanosferami. Premer funkcionalne silika prevleke je bil ocenjen na 3 nm. Razen tega skorja silike, ki je bila formirana okoli maghemitnih delcev, izkazuje biokompatibilnost. Materiali so bili analizirani s pomočjo SEMEDS elementarne analize pri čemer je bila dokazana prisotnost silike v našem vzorcu. Visoka gostota prostih amino skupin (NH₂) na zunanji strani površine delca predstavlja odlične pogoje za nadaljnjo kemijsko modifikacijo površine delca, kot je vezava encima z glutaraldehidom (GA). Aminirani nosilci so bili aktivirani z raztopino GA.

Imobilizacija encima na magnetne nanodelce

Na magnetne nosilce smo imobilizirali encim holesterol oksidazo (ChOx). ChOx je primeren encim v biosenzorjih za določevanje holesterola v bioloških vzorcih. Encim ChOx je bil imobiliziran na magnetne nosilce, ki so bili predhodno aktivirani z GA in na MNP, ki so bil samo silirani z AEAPS (brez aktivacije z GA). Količina vezane ChOx na aktivirane in z AEAPS obdelane magnetne silika nanosfere je bila skoraj dvakrat večja kot v primeru, ko delci niso bili predhodno obdelani z GA. GA omogoča namreč kot homobifunkcionalni reagent močno vezavo med molekulami encima in funkcionaliziranim magnetnim nosilcem, kar se kaže v višji

koncentraciji encima na dobljenem preparatu. Na z GA predhodno aktivirane magnetne nosilce smo imobilizirali različne koncentracije ChOx. Optimalni pogoji za reakcijo zamreženja površine magnetnih nanodelcev z GA so bili pri pH medija 8, času zamreženja 2 h in koncentraciji GA 2,9 % (v/v). Pri danih pogojih je bila najvišja dobit imobilizacije ChOx na aktivirane magnetne nanodelce 92 %. Najvišja relativna aktivnost v primerjavi z aktivnostjo prostega encima je bila dosežena pri koncentraciji 1000 µg ChOx/g nosilca. Kovalentno vezana holesterol oksidaza je ohranila 57% svoje začetne aktivnosti. Ugotovili smo, da masa uporabljenega magnetnega nosilca za imobilizacijo ni imela nobenega neposrednega vpliva na postopek ali učinkovitost imobilizacije. Imobilizirana ChOx je pokazala tudi dobro stabilnost pri različnih testnih pogojih, kot sta variacija pH medija (optimalni med 6,5 in 7,5) in temperature. Ugotovljeno je bilo, da je imobilizirana ChOx bolj termično stabilna kot prosta ChOx. Študija večkratne ponovne uporabe imobilizirane ChOx je pokazala, da je imobilizacija ChOx na magnetne nanodelce perspektivna metoda, saj se je relativna aktivnost tako imobilizirane ChOx prvih 10 ciklov zmanjšala le za 10%.

Rezultati s področja sinteze, funkcionalizacije in imobilizacije encima na magnetne nanodelce so predstavljeni v dveh znanstvenih člankih, ki sta objavljena v revijah Journal of Magnetism and Magnetic Materials in Applied Surface Science.

Sinteza zamreženih encimskih skupkov

Z uporabo različnih agregacijskih sredstev ter zamreženjem encima s pomočjo GA smo uspešno pripravili katalitično aktivne encimske skupke (CLEA) peroksidaze iz korenine hrena (HRP). V prvi fazi stopnje priprave CLEAs smo encim HRP izločili iz raztopine z obarjalno reakcijo. Kot optimalni obarjalni reagent smo izbrali aceton. Kot stabilizacijski protein smo uporabili albumin iz kokošjih jajc (EA). Ker metoda priprave CLEAs dovoljuje koimobilizacijo proteinov in polimerov, smo opravili študijo vpliva dodatka različnih donorjev aminoskupin, kot npr. polilizin hidrobromida, polietilenimina (60 in 600 kDa) in pentaetilenheksamina (PEHA) na encimsko aktivnost. Najboljše rezultate smo dosegli, kadar smo CLEAs sintetizirani ob prisotnosti EA (4 mg/mL) in PEHA (100 mM). Albumin je igral pomembno vlogo pri stabilizaciji CLEA delcev in PEHA pri pridobitvi v celoti zamreženih HRP agregatov. Ker ima HRP le šest lizinskih (Lys) preostankov, je dodajanje PEHA povečalo število prostih amino skupin na zunanji površini encima, kar pospešuje zamreženje. Dodatek proteina albumina olajša proces nastajanja encimskih skupkov, še posebno v tistih primerih, pri katerih je koncentracija encima zelo nizka ali je aktivnost encima občutljiva na količino GA, ki je potrebna za zamreženje encimskih skupkov. Obarjanje encima ob prisotnosti inertnega stabilizacijskega proteina izboljša stabilnost encima. Naslednji korak pri pripravi CLEAs je reakcija zamreženja encimskih skupkov. Optimizacija reakcije zamreženja je potekala z iskanjem optimalne koncentracije mrežnega povezovalca GA, ki je znašala 1,2% (v/v). Končna aktivnost HRCLEAs je bila 83%. Metoda CLEAs je v primerjavi z metodo imobilizacije biokatalizatorja na nosilec enostavnejša. CLEAs delci so sestavljeni samo iz molekul encima, ki predstavljajo glavni strošek proizvodnje. Ta tehnologija je primerna izključno za pripravo imobiliziranega encima s koncentracijo nad 1 mg/mL. Stabilnost CLEAs in proste HRP smo proučevali pri 50 °C pri atm. tlaku in v SC CO₂ pri tlaku 20 MPa. Preostala aktivnost z naraščanjem inkubacijskega časa ne glede na pogoje izpostavitve (atm. tlak ali SC CO₂) upada. Preostala aktivnost proste HRP in HRCLEAs je bila nižja v primeru kadar sta le ti bili izpostavljeni v SC CO₂. Boljšo stabilnost izkazuje HRCLEAs saj je ne glede na pogoje inkubacije ohranila višjo aktivnost. Možnost uporaba HRP agregatov se kaže na področju biosenzorjev za reakcijo oksidacije s holesterol oksidazo.

S partnerji iz Univerze v Delftu smo pripravili članek s področja priprave imobilizacije encima v nanostrukturirane materiale, ki je bil v letu 2011 objavljen v reviji Process Biochemistry.

Vsebinsko raziskav na projektu smo nadgradili z uporabo SC CO₂ kot medija za odpiranje mikrobnih celic in izločanje proteinov oz. encimov iz njih. Namen je kombinirana uporaba te metode za izločanje encimov iz mikrobnih celic in njihove in imobilizacije na relativno enostaven način.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

V okviru projekta smo sintetizirali tri različne ILs, in sicer [bmim][Cl], [bmim][BF₄] in [bmim][PF₆]. Ustreznost sintetiziranih ILs kot medijev za encimske reakcije smo testirali na treh modelnih encimskih reakcijah (hidrolizi CMC in sončničnega olja ter esterifikaciji oktanola in oleinske kisline) in potrdili, da [bmim][Cl] ni ustrezno topilo za encimske reakcije medtem, ko so encimi v preostalih dveh sintetiziranih ILs ohranili svojo aktivnost. [bmim][BF₄] smo nato uporabili kot reakcijski medij in določili optimalne reakcijske parametre za encimsko

katalizirano transesterifikacijo racemata (R,S)-1-feniletanola pri atm. tlaku, v SC CO₂ in v dvofaznem sistemu IL/SC CO₂. Kot biokatalizator smo uporabili CALB, kot donor acilne skupine pa vinil acetat. To področje smo uspešno razširili in nadgradili z izvedbo encimsko katalizirane esterifikacije mlečne kisline pri atm. tlaku in v SC CO₂. Zastavljeni cilji s področja pridobivanja enantiomerno čistih komponent iz racematov v različnih medijih so bili v celoti realizirani in celo preseženi saj smo delo na projektu razširili s študijo encimsko katalizirane sinteze butil laktata v SC CO₂. Za imobilizacijo encima ChOx smo predhodno pripravili maghemitne superparamagnetne nanodelce, prevlečene s siliko in funkcionalizirane z amino silanam ter aktivirane z GA. Dobljene magnetne nanodelce smo okarakterizirali. Kovalentno vezavo ChOx na fino dispergirane in aktivirane nanaodelce smo izvedli pri optimalnih pogojih za imobilizacijo. Testirali smo stabilnost na MNP imobilizirane ChOx pri različnih pogojih ter potrdili, da je bolj termično stabilna kot prosta ChOx. Prav tako smo uspešno sintetizirali CLEAs na katere smo vezali HRP. Sintetizirane CLEAs smo okarakterizirali in določili njihovo aktivnost ter jo primerjali z aktivnostmi drugih imobiliziranih preparatov z namenom možnosti uporabe sintetizirane CLEAs v komercialne namene (npr. biosenzorji). Prav tako smo proučevali stabilnost CLEAs in proste HRP pri 50°C in atm. tlaku ter v SC CO₂ pri tlaku 20 MPa. V primerjavi s prosto HRP, HRP-CLEAs izkazuje boljše stabilnost saj je ne glede na pogoje inkubacije ohranila višjo aktivnost. Na osnovi zgoraj navedenih rezultatov lahko trdimo, da so bili zastavljeni cilj v programu raziskovalnega dela, ki se nanaša na sintezo magnetnih nanodelcev in zamreženih encimskih skupkov, njihovo površinsko obdelavo, celovito karakterizacijo ter uporabo in študijo stabilnosti uspešno realizirani. Rezultati raziskav v okviru tega projekta so omogočili razširitev temeljnih spoznanj na področjih biosintez enantiomernih čistih komponent iz racematov v različnih medijih, nanostrukturiranih materialov ter imobilizaciji biokatalizatorjev brez nosilca. Obseg raziskovalnega dela, ki je bil načrtan za obdobje 36 mesecev, je bil v celoti realiziran, kar dokazujejo objave na mednarodnih konferencah, v 9 izvornih znanstvenih člankih (I. četrtina = 2, II. četrtina = 2, III. četrtina = 5) ter v 3 poglavjih v monografskih publikacijah.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine ni bilo.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek														
1.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>15598102</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Esterifikacija mlečne kisline v superkritičnem ogljikovem dioksidu, katalizirana z lipazo</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>Lipase-catalyzed esterification of lactic acid in supercritical carbon dioxide</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Laktatni estri se lahko uporabljajo v živilski industriji za konzerviranje in kot aroma, pa tudi v farmacevtski in kozmetični industriji. Neposredna esterifikacija n-butanola in mlečne kisline (LA), katalizirana z imobilizirano lipazo B iz Candida antarctica (Novozyme 435), je bila izvedena v superkritičnem ogljikovem dioksidu (SC CO₂) z ali brez kotopila. Za optimizacijo reakcijskih pogojev (temperature in tlaka) so bili poskusi izvedeni v visokotlačnem šaržnem mešalnem reaktorju pri obratovalnem tlaku v območju od 7,5 do 40 MPa in pri temperaturi 35 °C in 55 °C. Najvišja presnova LA po 26 urah reakcije je bila dosežena pri 40 MPa in 55 °C v SC CO₂ z dodatkom n-heksana kot kotopila. Optimalna temperatura in tlak za sintezo butil laktata v SC CO₂ mediju sta bila določena pri 55 °C in 30 MPa. Proučevana so bila tudi fazna ravnotežja za sistem LA/nbutanola/SC CO₂ in sistem LA/ nbutanol/n-heksan/ SC CO₂ pri različnih tlakih in temperaturah.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Lactate esters can be used in food industry for preservation and flavouring purpose, as well as in the pharmaceutical and cosmetic industries. Direct esterification of n-butanol and lactic acid (LA), catalyzed by immobilized lipase B from Candida antarctica (Novozyme 435), was performed in supercritical carbon dioxide</td> </tr> </table>	COBISS ID	15598102	Vir: COBISS.SI	Naslov	<i>SLO</i>	Esterifikacija mlečne kisline v superkritičnem ogljikovem dioksidu, katalizirana z lipazo	<i>ANG</i>	Lipase-catalyzed esterification of lactic acid in supercritical carbon dioxide	Opis	<i>SLO</i>	Laktatni estri se lahko uporabljajo v živilski industriji za konzerviranje in kot aroma, pa tudi v farmacevtski in kozmetični industriji. Neposredna esterifikacija n-butanola in mlečne kisline (LA), katalizirana z imobilizirano lipazo B iz Candida antarctica (Novozyme 435), je bila izvedena v superkritičnem ogljikovem dioksidu (SC CO ₂) z ali brez kotopila. Za optimizacijo reakcijskih pogojev (temperature in tlaka) so bili poskusi izvedeni v visokotlačnem šaržnem mešalnem reaktorju pri obratovalnem tlaku v območju od 7,5 do 40 MPa in pri temperaturi 35 °C in 55 °C. Najvišja presnova LA po 26 urah reakcije je bila dosežena pri 40 MPa in 55 °C v SC CO ₂ z dodatkom n-heksana kot kotopila. Optimalna temperatura in tlak za sintezo butil laktata v SC CO ₂ mediju sta bila določena pri 55 °C in 30 MPa. Proučevana so bila tudi fazna ravnotežja za sistem LA/nbutanola/SC CO ₂ in sistem LA/ nbutanol/n-heksan/ SC CO ₂ pri različnih tlakih in temperaturah.		Lactate esters can be used in food industry for preservation and flavouring purpose, as well as in the pharmaceutical and cosmetic industries. Direct esterification of n-butanol and lactic acid (LA), catalyzed by immobilized lipase B from Candida antarctica (Novozyme 435), was performed in supercritical carbon dioxide
COBISS ID	15598102	Vir: COBISS.SI												
Naslov	<i>SLO</i>	Esterifikacija mlečne kisline v superkritičnem ogljikovem dioksidu, katalizirana z lipazo												
	<i>ANG</i>	Lipase-catalyzed esterification of lactic acid in supercritical carbon dioxide												
Opis	<i>SLO</i>	Laktatni estri se lahko uporabljajo v živilski industriji za konzerviranje in kot aroma, pa tudi v farmacevtski in kozmetični industriji. Neposredna esterifikacija n-butanola in mlečne kisline (LA), katalizirana z imobilizirano lipazo B iz Candida antarctica (Novozyme 435), je bila izvedena v superkritičnem ogljikovem dioksidu (SC CO ₂) z ali brez kotopila. Za optimizacijo reakcijskih pogojev (temperature in tlaka) so bili poskusi izvedeni v visokotlačnem šaržnem mešalnem reaktorju pri obratovalnem tlaku v območju od 7,5 do 40 MPa in pri temperaturi 35 °C in 55 °C. Najvišja presnova LA po 26 urah reakcije je bila dosežena pri 40 MPa in 55 °C v SC CO ₂ z dodatkom n-heksana kot kotopila. Optimalna temperatura in tlak za sintezo butil laktata v SC CO ₂ mediju sta bila določena pri 55 °C in 30 MPa. Proučevana so bila tudi fazna ravnotežja za sistem LA/nbutanola/SC CO ₂ in sistem LA/ nbutanol/n-heksan/ SC CO ₂ pri različnih tlakih in temperaturah.												
		Lactate esters can be used in food industry for preservation and flavouring purpose, as well as in the pharmaceutical and cosmetic industries. Direct esterification of n-butanol and lactic acid (LA), catalyzed by immobilized lipase B from Candida antarctica (Novozyme 435), was performed in supercritical carbon dioxide												

		(SC CO ₂) with or without co-solvent. Process conditions (pressure and temperature) were optimized performing experiments in a high-pressure batch-stirred tank reactor. Experiments were carried out in the operative pressure range from 7.5 to 40 MPa and at temperatures 35 °C and 55 °C. The highest conversion of LA after 26 h of reaction performance was obtained in SC CO ₂ with n-hexane serving as a co-solvent, at 40 MPa and 55 °C. The optimal temperature and pressure for butyl lactate synthesis in SC CO ₂ medium was determined at 55 °C and 30 MPa. Phase behavior for LA/nbutanol/ SC CO ₂ system and LA/n-butanol/n-hexane/ SC CO ₂ system at different pressures and temperatures was also studied.
	Objavljeno v	PRA Press; The Journal of supercritical fluids; 2012; Vol. 66; str. 192-197; Impact Factor: 2.860; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; A': 1; Avtorji / Authors: Knez Željko, Kavčič Sabina, Gubicza László, Bélafi-Bakó Katalin, Németh Gergely, Primožič Mateja, Habulin Maja
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	14712598 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Imobilizacija peroksidaze iz hrena v obliki zamreženih encimskih skupkov (CLEAs)
		ANG Immobilization of horseradish peroxidase as crosslinked enzyme aggregates (CLEAs)
	Opis	SLO Predstavljeni so rezultati uspešne priprave katalitično aktivnih zamreženih encimskih skupkov (CLEAs) peroksidaze (HRP, EC 1.11.1.7) iz korenin hrena (<i>Cochlearia armoracia rusticana</i> ali <i>armoracia</i>) z uporabo različnih obarjalnih reagentov za tvorbo skupkov, ki ji sledi zamreženje z glutaraldehidom. CLEAs iz HRP je ohranila 83 % aktivnosti v primerjavi z aktivnostjo prostega encima. CLEAs so bile pripravljene v prisotnosti jajčnega albumina (37 mg/ml) in pentaetilenheksamina (PEHA, 10 mm). Albumin je imel pomembno vlogo pri stabilizaciji CLEA delcev in PEHA je služil za popolno zamreženje HRP skupkov. Ker ima HRP le šest Lys (lizin) ostankov, dodajanje PEHA poveča število prostih amino skupin (NH ₂) na zunanji površini encima, ter tako olajša zamreženje. Potencialna uporaba HRP skupkov je predvidena za reakcije oksidacije s holesterol oksidazo na področju biosenzorjev.
		ANG Herein we report the successful preparation of catalytically active crosslinked enzyme aggregates (CLEAs) of peroxidase (HRP, EC 1.11.1.7) from horseradish roots (<i>Armoracia rusticana</i> or <i>Cochlearia armoracia</i>) using various aggregation agents, followed by crosslinking with glutaraldehyde. The percent activity recovery of the HRP-CLEAs was 83% of that of the native enzyme. The CLEAs were prepared in the presence of egg albumin (37 mg/mL) and pentaethylenehexamine (PEHA; 10 mM). The albumin played a significant role in stabilizing the CLEA particles, and the PEHA was necessary to obtain fully crosslinked HRP aggregates. Because HRP possesses only six Lys (lysine) residues, the addition of PEHA increases the number of free amino groups (-NH ₂) on the outer surface of the enzyme, thus facilitating the crosslinking. A potential application of HRP aggregates is envisaged for coupled oxidation reactions with cholesterol oxidase in the biosensor field.
	Objavljeno v	Elsevier Applied Science; Process biochemistry; 2011; Vol. 46, iss. 3; str. 765-769; Impact Factor: 2.627; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; A': 1; Avtorji / Authors: Šulek Franja, Pérez Fernández Daniel, Knez Željko, Habulin Maja, Sheldon Roger A.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	14858262 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Uporaba ionskih tekočin v biokatalizi

		ANG	Application of ionic liquids in biocatalysis
Opis		SLO	Nedavne raziskave so pokazale možnosti za izvedbo celovitih zelenih biokataliziranih procesov z združevanjem SC CO ₂ in ILS z encimi, ker njihove različne mešljivosti povzročijo tvorbo dvofaznih sistemov, ki kažejo izjemno sposobnost za sočasno izvedbo biotransformacije in ekstrakcije produktov. V naših raziskavah smo ILS uporabili kot reakcijske medije za kinetično resolucijo (R,S)1-feniletanola z vinil acetatom, katalizirano z lipazo. Transesterifikacija kiralne spojine (R, S)1-feniletanola z vinil acetatom, je bila izvedena v različnih ILS pri atmosferskem tlaku in v dvofaznem sistemu SC CO ₂ /IL. Proučevan je bil vpliv različnih parametrov, kot sta koncentracija IL in vrsta IL, na presnovo ali hitrost transesterifikacije. Nato smo testirali stabilnost imobilizirane CALB v izbrani IL. Glede na nedavni pregled dela na področju biokatalize v ILS imajo dejavniki, kot so polarnost in nukleofilnost aniona, pH, čistost IL in vsebnost vode, velik vpliv na aktivnost, stabilnost in topnost encimov v teh nekonvencionalnih medijih. Ugotovljeno je bilo, da je vpliv koncentracije IL na aktivnost CALB odločilni dejavnik za izvedbo kinetične resolucije (R, S)1feniletanola pri atmosferskem tlaku, kot tudi v SC CO ₂ /[bmim][BF ₄] sistemu. Biokataliza s CALB, ki je odličen kiralni biokatalizator za stereoselektivno acilacijo racemnih alkoholov, daje zelo visoko presnovo in selektivnost kinetično ločenega (R)enantiomere.
		ANG	Recent researches have demonstrated the possibility to carry out integral green biocatalytic processes by combining SC CO ₂ and ILs with enzymes, because their different miscibilities produce the twophase systems that show an exceptional ability to carry out both the biotransformation and the products extraction steps simultaneously. In our studies, ILs were used as reaction media for lipase catalyzed kinetic resolution of (R,S)1-phenylethanol with vinyl acetate. Transesterification of chiral substrate, (R,S)1-phenylethanol with vinyl acetate was performed in different ILs at atmospheric pressure and in SC CO ₂ /IL biphasic system. Influence of different parameters such as concentration of IL, type of IL on conversion or reaction rate of transesterification were studied. Next, stability of immobilized CALB in selected IL was tested. According to a recent review work on biocatalysis in ILs, factors such as polarity and nucleophilicity of the anion, pH, purity of the IL and water content, have a major effect on the activity, the stability and the solubility of enzymes in these nonconventional media. The influence of IL concentration on the CALB activity was found to be a determining factor for the performance of the (R,S)1-phenylethanol kinetic resolution at atmospheric pressure, as well as in SC CO ₂ /[bmim][BF ₄] system. Biocatalysis with CALB, which is an excellent chiral biocatalyst for the stereoselective acylation of racemic alcohols, gave very high kinetic resolution (R)enantiomer yields and selectivity.
	Objavljeno v		Intech; Ionic liquids: applications and perspectives; 2011; Str. 461-480; Avtorji / Authors: Habulin Maja, Primožič Mateja, Knez Željko
	Tipologija		1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
4.	COBISS ID	13418262	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Površinska funkcionalizacija s siliko prevlečenih magnetnih nanodelcev za kovalentno vezavo holesterol oksidaze
		ANG	Surface functionalization of silica-coated magnetic nanoparticles for covalent attachment of cholesterol oxidase
			Izvedena je bila sinteza maghemitnih nanodelcev s termalno koprecipitacijo železovih ionov v alkalni raztopini amoniaka pri ekstremnih

Opis	SLO	reakcijskih pogojih. Sledila je primarna površinska modifikacija maghemitnih nanodelcev s pravilnim vezanjem silike na površino nanodelcev pod strogo predpisanimi reakcijskimi pogoji. Sekundarna površinska funkcionalizacija je bila dosežena, ko smo nanodelce prevlekli z organosilanom in aktivirali z glutaraldehydom. Sledil je poskus kovalentne imobilizacije holesterol oksidaze.	
	ANG	A systematic approach towards the fabrication of highly functionalized silica shell magnetic nanoparticles, presently used for enzyme immobilization, is herein fully presented. The synthesis of bare maghemite (γ -Fe ₂ O ₃) nanoparticles was accomplished by thermal co-precipitation of iron ions in ammonia alkaline solution at harsh reaction conditions, respectively. Primary surface engineering of maghemite nanoparticles was successfully performed by the proper deposition of silica onto nanoparticles surface under strictly regulated reaction conditions. Next, the secondary surface functionalization of the particles was achieved by coating the particles with organosilane followed by glutaraldehyde activation in order to enhance protein immobilization. Covalent immobilization of cholesterol oxidase was attempted afterwards. The structural and magnetic properties of magnetic silica nanocomposites were characterized by TEM and vibrating sample magnetometer (VSM) instruments. X-ray diffraction measurements confirmed the spinel structure and average size of uncoated maghemite nanoparticles to be around 20nm in diameter. SEM-EDS spectra indicated a strong signal for Si, implying the coating procedure of silica onto the particles surface to be successfully accomplished. Fourier transform infrared (FT-IR) spectra analysis confirmed the binding of amino silane molecules onto the surface of the maghemite nanoparticles mediated Si-O-Si chemical bonds. Compared to the free enzyme, the covalently bound cholesterol oxidase retained 50% of its activity. Binding of enzyme onto chemically modified magnetic nanoparticles via glutaraldehyde activation is a promising method for developing biosensing components in biomedicine.	
	Objavljeno v	North-Holland Publishing Co; Journal of Magnetism and Magnetic Materials; 2010; Vol. 322, iss. 2; str. 179-185; Impact Factor: 1.689; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.13; Avtorji / Authors: Šulek Franja, Drofenik Mihael, Habulin Maja, Knez Željko	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	15901462	Vir: COBISS.SI
Opis	Naslov	SLO	Uporaba superkritičnega ogljikovega dioksida za izločanje proteinov in alkohol dehidrogenaze iz kvasovk <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
		ANG	Use of supercritical carbon dioxide for proteins and alcohol dehydrogenase release from yeast <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
		SLO	Študija obravnava uporabo superkritičnega ogljikovega dioksida (SC CO ₂) za izolacijo proteinov in encimov iz kvasovk <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . Ugotavljali smo spremembe v preživelosti in morfologiji celic, izločanje celičnih proteinov in sprememb v aktivnosti encima alkohol dehidrogenaze (ADH) iz <i>S. cerevisiae</i> kot rezultat izpostavitve v SC CO ₂ . Suspenzijsko kulturo <i>S. cerevisiae</i> smo inkubirali v SC CO ₂ pri različnih tlakih (7.5, 15 and 30 MPa) in različnih inkubacijskih časih (30–300 min) pri konstantni temperaturi (35 °C). Študirali smo vplive teh parametrov na skupno koncentracijo proteinov, aktivnost ADH in spremembo absorbance nukleinskih kislin v suspenzijski kulturi <i>S. cerevisiae</i> med tretmanom s SC CO ₂ . Uporaba SC CO ₂ je primerna metoda za doseg celične smrti ter posledičnega izločanja proteinov in ADH iz celic <i>S. cerevisiae</i> .
			In this study, supercritical carbon dioxide (SC CO ₂) was used to obtain proteins and enzymes from yeast <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . The changes in viability and cell morphology, the release of the cellular proteins and the activity alteration of the enzyme alcohol dehydrogenase

	ANG	(ADH) from <i>S. cerevisiae</i> resulting from the exposure to SC CO ₂ were investigated. The suspension of the <i>S. cerevisiae</i> culture was incubated in SC CO ₂ at different pressures (7.5, 15 and 30 MPa) for different treatment times (30–300 min) and at constant temperature (35 °C). The influences of these parameters on total protein concentration, ADH activity and changes in absorbance of nucleic acids in the suspension of <i>S. cerevisiae</i> during SC CO ₂ treatment were studied. The use of SC CO ₂ is a suitable option to achieve cell death and consequently the secretion of proteins and ADH from cells of <i>S. cerevisiae</i> .
Objavljeno v		PRA Press; The Journal of supercritical fluids; 2012; Vol. 65; str. 11-17; Impact Factor: 2.860; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.785; A': 1; Avtorji / Authors: Čolnik Maja, Primožič Mateja, Knez Željko, Habulin Maja
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	12966934 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Kinetični razcep sekundarnih alkoholov v nekonvencionalnih medijih ANG Kinetic resolution of sec-alcohol in non-conventional media
	Opis	SLO Kinetični razcep rac-1-feniletanola z vinil acetatom, kataliziran z imobilizirano lipazo B iz <i>Candida antarctica</i> , smo izvedli v dveh vrstah nekonvencionalnih topil; v ionskih tekočinah in v superkritičnem ogljikovem dioksidu ter v šaržnem mešalnem reaktorju in v visokotlačnem šaržnem mešalnem reaktorju z variabilnim volumnom. Študirali smo vpliv različnih ionskih tekočin, temperature in razmerja substratov na to encimsko katalizirano reakcijo. Najvišjo začetno hitrost reakcije in končno presnovo 100 % smo dosegli pri uporabi hidrofilne [bmim][BF ₄] kot topila. ANG Kinetic resolution of rac-1-phenylethanol with vinyl acetate, catalyzed by immobilized lipase B from <i>Candida antarctica</i> , was performed in two different unconventional solvents; ionic liquids and supercritical carbon dioxide and in a batch stirred-tank reactor and in a high-pressure batch-stirred variable-volume reactor. The influence of different ionic liquids, temperature and substrate ratio on this enzyme-catalyzed reaction was studied. The highest initial reaction rate and final conversion of 100 % was achieved in the case when hydrophilic [bmim][BF ₄] was used as solvent.
	Šifra	F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	Objavljeno v	Wiley-VCH; Modern biocatalysis; 2009; Str. 109-121; Avtorji / Authors: Habulin Maja, Primožič Mateja, Knez Željko
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
2.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO Zaposlitev mlade raziskovalke po opravljenem doktoratu ANG Employment of young researcher after defense of the thesis
		Mlada raziskovalka Franja Šulek se je po uspešno opravljenem doktoratu zaposlila v Ortopedski Bolnišnici Valdoltra v okviru projekta TRANS2CARE (Transregional Network for Innovation and Technology Transfer to Improve Health Care). Projekt ima velik potencial za realizacijo pomembnih novacij v biomedicini, ki jih opredeljujejo trije

	Opis	SLO	glavni cilji. Na osebni nivoju bodo posamezniki deležni izboljšanja splošnega počutja in zdravja, predvsem v senilnem starostnem obdobju (healthy ageing). Na družbenem nivoju bo splošno izboljšanje zdravstvenih pogojev omogočilo prihranke v zdravstvenem sektorju. Navsezadnje bo prodor novih storitev in biotehnoloških produktov ter usposabljanje mladega, vrhunsko izobraženega kadra, vključenega v projekt, vzpodbudilo razvoj novih poslovnih niš v zdravstvenem sektorju kot tudi pospešilo zaposlovanje visoko kvalificiranega kadra.
		ANG	Young Researcher Franja Šulek is after successful defense of doctoral thesis employed in the Orthopaedic Hospital Valdoltra in the frame of the project TRANS2CARE (Transregional Network for Innovation and Technology Transfer to Improve Health Care). The project has great potential for realization of significant innovation in biomedicine by defining three main objectives. On a personal level, individuals will be benefited from improving the general welfare and health, especially in senile age (Healthy aging). On the social level, the general improvement of health conditions will lead to savings in the health sector. Finally, the penetration of new services and biotechnological products and qualifying of young, highly educated workers, involved in the project, will encourage the development of new business niche in the health sector as well as the recruitment of highly qualified personnel will be facilitated.
	Šifra	F.03 Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Objavljeno v	trans2care brochure 09.11.2011	
	Tipologija	3.25 Druga izvedena dela	
3.	COBISS ID	15541782	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Novi trendi v biokatalizi
		ANG	New trends in biocatalysis
	Opis	SLO	Predavanje je zajemalo zgodovinski pregled biokatalize in prednosti ter slabosti oziroma omejitve pri uporabi le-te v aplikativne namene. Pregled novih trendov v razvoju biokatalize je bil prikazan z vidika uporabe nekonvencionalnih reakcijskih medijev (npr. superkritičnega ogljikovega dioksida ter ionskih tekočin oziroma kombinacije obeh) ter sinteze enantiočistih spojin z uporabo selektivnih biokatalizatorjev. Podrobneje je bila opisana tudi uporaba imobiliziranih biokatalizatorjev na različnih nosilcih ali brez njih.
		ANG	The lecture covered a historical overview of biocatalysis and the advantages and disadvantages or limitations of its use in applicative purposes. Review of new trends in the development of biocatalysis in terms of non-conventional reaction media (e.g. supercritical carbon dioxide and ionic liquids, or combinations of both) and the synthesis of enantiopure compounds using selective biocatalysts were demonstrated. Use of immobilized biocatalysts on different carriers or without them was described in details.
Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi		
Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Habulin Maja		
Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi		
4.	COBISS ID	67904513	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	2. Konferenca o Uporabni biokatalizi in 7. Srečanje študentov in univerzitetnih profesorjev iz Maribora in Zagreba, 7. in 8. november 2011, Maribor, Slovenija, HABULIN, Maja (ur.), PRIMOŽIČ, Mateja (ur.). 2. Konferenca o "Uporabni biokatalizi" in 7. Srečanje študentov in univerzitetnih profesorjev iz Maribora in Zagreba, 7. in 8. november 2011, Maribor, Slovenija. Maribor: Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo; Zagreb: Fakulteta za kemijsko inženirstvo in tehnologijo,

		2011. 1 optični disk (CDROM). ISBN 9789612482992.
	ANG	2nd Conference on Applied Biocatalysis and 7th Meeting of Students and University Professors from Maribor and Zagreb, November 7th and 8th 2011, Maribor, Slovenia, HABULIN, Maja (ed.), PRIMOŽIČ, Mateja (ed.). 2nd Conference on "Applied Biocatalysis" and 7th Meeting of Students and University Professors from Maribor and Zagreb, November 7th and 8th 2011, Maribor, Slovenia. Maribor: Faculty of Chemistry and Chemical Engineering; Zagreb: Faculty of Chemical Engineering and Technology, 2011. 1 optical disc (CDROM). ISBN 9789612482992.
Opis	SLO	Dne 7. in 8. novembra 2011 je na Univerzi v Mariboru, Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo potekala 2. Konferenca o Uporabni Biokatalizi in že tradicionalno 7. Srečanje Študentov in Univerzitetnih Profesorjev iz Maribora in Zagreba v okviru znanstveno tehnološkega sodelovanja med Slovenijo in Hrvaško. Na konferenci je v obliki predavanj 78 avtorjev v 36 prispevkih predstavilo rezultate svojega raziskovalnega dela. Poleg avtorjev iz Slovenije so bili na konferenci prisotni tudi avtorji iz Hrvaške (Univerza v Zagrebu), Madžarske (Univerza v Veszpremu in Univerza v Budimpešti) in Romunije (Univerza Cluj-Napoca). Prof. dr. Laszlo Gubicza in prof. dr. Katalin Bélafi Bakó iz Univerze v Veszpremu, Madžarska sta v uvodnih predavanjih predstavila osnove in pregled bioreaktorjev in encimske proizvodnje biogoriv, medtem ko je prof. dr. Gyula Vatai predstavil uporabo membranskih separacijskih procesov v prehrabeni tehnologiji.
	ANG	On November 7th and 8th, 2011 was at the University of Maribor, Faculty of Chemistry and Chemical Engineering organized the 2nd Conference on Applied Biocatalysis and the traditional 7th Meeting of Students and University Professors from Maribor and Zagreb in the frame of scientific technological cooperation between Slovenia and Croatia. On the conference 78 authors presented their research work in 36 contributions. The conference attended besides authors from Slovenia also authors from Croatia (University from Zagreb), Hungary (University from Veszprem and University from Budapest) and Romania (University Cluj-Napoca). Prof. Dr. Laszlo Gubicza and Prof. Dr. Katalin Bélafi Bakó from Veszprem University, Hungary held keynote lectures where they introduced basics and overview of bioreactors and enzymatic production of biofuels. Prof. Dr. Gyula Vatai introduced in his keynote lecture the use of membrane separation processes in food technology.
Šifra	C.01 Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige	
Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Habulin Maja	
Tipologija	2.30 Zbornik strokovnih ali nerecenziranih znanstvenih prispevkov na konferenci	
5.	COBISS ID	16723734 Vir: vpis v poročilo
Naslov	SLO	Sodobna biokataliza
	ANG	Modern biocatalysis
Opis	SLO	Vabljen predavateljica na seminarju "Supercritical Fluid Technology", ki se je odvijal v Centru za analize in sinteze, Univerza Lund, Lund, Švedska, od 10. aprila do 11. maja, 2012.
	ANG	Invited lecturer at the advanced course "Supercritical Fluid Technology", that took place in the Centre for Analysis and Synthesis, Lund University, Lund, Sweden from the 10th of April to the 11th of May, 2012.
Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
Objavljeno v	zbornik ni izšel	
Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

--

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹**10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰**

SLO

Raziskovalni rezultati, doseženi v na projektu, so zelo pomembni za razvoj znanosti in še posebej specialnega področja biokatalize. Uspešna uporaba t.i. zelenih topil, kot so ionske tekočine (ILs) in superkritičnih fluidov (SCFs), kot medijev za encimsko katalizirane reakcije, bo pripomogla k razumevanju in utemeljitvi vzročno posledičnih zvez ter delovanja reakcijskih parametrov, ki jih je potrebno upoštevati pri načrtovanju industrijskih procesov. Vemo namreč, da je v zadnjem času na področju znanosti zelo velik poudarek na iskanju alternativnih metod sintez različnih produktov, predvsem z vidika varnosti in okolju prijaznih tehnologij. Uporaba rezultatov, dobljenih na projektu, omogoča izvedbo reakcij, ki so katalizirane z naravnimi katalizatorji v nekonvencionalnih topilih, kot so ILs in SCFs, s katerimi nadomestimo uporabo vnetljivih in toksičnih konvencionalnih organskih topil in omejimo vpliv nevarnih kemikalij na okolje. Prav tako je danes v znanosti trend proučevanje sintez kiralnih spojin na podlagi prej omenjenih tehnologij. Naše raziskave so potrdile uporabnost nekaterih ILs v biokatalitičnem procesu priprave kiralnih substanc. Prav tako so na podlagi naših raziskav znani optimalni parametri za pripravo nekaterih kiralnih substanc, tako v ILs, kot v SC CO₂. Zato nudijo v mednarodnih znanstvenih publikacijah objavljeni rezultati projekta velik doprinos k znanosti na omenjenem področju. To potrjujejo tudi citati naših znanstvenih objav že v prvem letu po objavi in tudi kasneje. Tako ima članek HABULIN Maja, KNEZ Željko: Optimization of (R,S)-1-phenylethanol kinetic resolution over *Candida antarctica* lipase B in ionic liquids. *J. mol. catal., B Enzym.* 2009, 58 (1), 2428 po Scopus 29 citatov, od tega 29 čistih citatov.

Rezultati raziskovalnega dela na področju uporabe nanostrukturiranih materialov za imobilizacijo učinkovin imajo velik vpliv na razvoj in izboljšanje stroke s področja načrtovanja nanostrukturiranih materialov z velikim pomenom tako v znanosti kot v industriji. Povpraševanje po načrtovanju nanostruktur za klinične aplikacije je veliko, zato je ideja o pripravi enojnih magnetnih nanodelcev za biomedicinske aplikacije kot potencialno diagnostično sredstvo zanimiva za razvoj znanosti. Razvoj in vpeljava tehnik imobilizacije, osnovanih na principu nanotehnologije, v praksi predstavlja pomemben korak naprej, tako konceptualno kot znanstveno, in zato obljublja nov, pomemben in bolj podroben vpogled v sestavo nankompozitnih materialov, predvsem tistih, ki so uporabni za stabilizacijo ali vezavo učinkovin. Razpoložljivost miniaturiziranih sistemov za imobilizacijo učinkovin bo potisnilo v ospredje predvsem raziskave z imobiliziranimi bioaktivnimi učinkovinami v kliničnih raziskavah in industrijskih biotransformacijah. Prav tako bo možno dobiti nove metodologije za proučevanje funkcije in strukture imobiliziranih učinkovin bolj podrobno. Dandanes so raziskave na področju nanotehnologij podprte s strani številnih razvitih držav, med drugim tudi v Sloveniji, kar kaže na željo po hitrem razvoju te vede, k čemur bodo doprinesli tudi rezultati raziskovalnega dela. Zato pomeni slediti, uvajati in s svojim znanjem prispevati k razvijanju novih tehnologij na področju nanotehnologij dvig gospodarske rasti in tehnični napredek. Pomen rezultatov projekta potrjuje tudi citiranost rezultatov raziskav. Tako ima npr. članek ŠULEK Franja, DROFENIK Mihael, HABULIN Maja, KNEZ Željko: Surface functionalization of silica-coated magnetic nanoparticles for covalent attachment of cholesterol oxidase. *J. magn. mater.* 2010, 322 (2), 179 po Scopus 25 citatov, od tega 25 čistih citatov.

ANG

Results of the research, achieved on the project, are very important for the development of research and its special field biocatalysis. Successful application of so called green solvents, such as ionic liquids (ILs) and supercritical fluids (SCFs) as media for enzyme-catalyzed reactions, is essential for the understanding and reasoning of cause and effect connections and also of the impacts of different reaction parameters, which have to be considered in the design and planning of industrial processes. It is well known that in the field of research there is lately much attention given on searching alternative methods for syntheses of different products, especially from the sight of safe and environmentally friendly technologies. Application of the

results obtained in the frame of the project enables to perform reactions, which are catalyzed by nature catalysts in non-conventional solvents, such as ILs and SCFs, which may replace flammable and toxic conventional organic solvents, as well as limitation of the influence of dangerous chemicals on the environment. At the same time the research in the world is focused on synthesis of chiral substances on the basis of aforementioned technologies. Results of our research confirmed the use of some ILs for biocatalytical process of chiral substances preparation. Optimal parameters for preparation of some chiral substances in ILs and SC CO₂ are known on the basis of our research, as well. Therefore, the results of the project, disseminated in international scientific publications, offer an important contribution to the research in the field of biocat. This fact is confirmed by citation of our scientific papers in the first year after publication and lately, as well. The paper HABULIN, Maja, KNEZ, Željko: Optimization of (R,S)1-phenylethanol kinetic resolution over *Candida antarctica* lipase B in ionic liquids. *J. mol. catal., B Enzym.* 2009, 58 (1), 2428 has been cited 29 times in Scopus. The results of the research in the field of application of nanostructured materials for immobilization of bioactive substances have an immense impact on the scientific development and improvement in the field of nanofabrication of thin structural elements and have a great scientific and industrial importance. There has been a great demand of projecting nanostructures also for clinical purposes, thus, the idea to prepare single magnetic nanoparticles for biomed. applications as potential diagnostic tool is interesting for the progress of science. The opening up of immobilization techniques based on nanotechnol. tools represents an important step forward in practice, both conceptually and scientifically, and promises to yield important new insights into how nanocomposites are assembled, particularly those which are used in the stabilization or immobilization of substances. The availability of miniaturized systems for use in immobilization of bioactive substances will not only catalyze the exploration of immobilized bioactive substances in clinics and ind. biotransformations, but will also provide important new methodologies by which the function and structure of immobilized substances may be studied in more details. Nowadays, the research in nanotechnol. field is supported by several developed countries, including Slovenia, based on a common wish for a rapid development of this science, to which the results of this research would also contribute significantly. Thus, to increase the economy and the technical progress means to follow and contribute professionally towards the development of new technol. of big impact in the field of nanotechnologies. The importance of the results of our project is evident also from citations of our research papers. The article ŠULEK Franja, DROFENIK Mihael, HABULIN Maja, KNEZ Željko: Surface functionalization of silica-coated magnetic nanoparticles for covalent attachment of cholesterol oxidase. *J. magn. magn. mater.* 2010, 322(2), 179 has been cited 25 times in Scopus.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Rezultate projekta bo lahko uporabila slovenska farmacevtska in kemijska industrija v smislu človeku in okolju bolj prijaznega pridobivanja kiralnih oz. optično čistih komponent, ki predstavljajo potrebne sestavine za njihove tržne izdelke. Uvedli bi lahko pridobivanje kiralnih oz. optično čistih komponent na podlagi biokatalize v ti. "zelenih topilih" namesto z uporabo težkih metalnih katalizatorjev ter strupenih organskih topil. Encimske reakcije potekajo pri blažjih reakcijskih pogojih, njihovi produkti pa ne potrebujejo dodatnega prečiščevanja, kar posledično omogoča enostavno industrializacijo postopkov pridobivanja zelenih produktov, kot tudi zmanjšanje proizvodnih stroškov. Slovenska farmacevtska podjetja bi z uporabo rezultatov projekta imela možnost optimiranja stroškovne verige svojih tržnih izdelkov, kar pa je v času gospodarske recesije bistvenega pomena za obstoj podjetja na trgu. Z nadomestitvijo vnetljivih in toksičnih konvencionalnih organskih topil z ILs in SCF bi omejili vnos nevarnih kemikalij v okolje (zrak, vodo, zemljo) in izboljšali delovno okolje delavcev. Načrtovanje novih alternativnih metod priprave optično čistih produktov v nekonvencionalnih reakcijskih medijih je ciljno usmerjeno tudi k stalnemu izobraževanju. Rezultati raziskovalnega projekta bodo lahko služili tudi izobraževanju študentov kemijske tehnologije, kot tipičnih predstavnikov bodočih razvojnih tehnologov.

V Sloveniji sledijo raziskave na področju nanotehnologij evropskim raziskovalnim smernicam s poudarkom predvsem na pripravi nanodelcev z izboljšanimi in inteligentnimi lastnostmi za biomedicinske aplikacije. Uvajanje nanotehnologij v slovenski prostor je ciljno usmerjeno tudi v izgradnjo novih in kvalitetnih kadrov s področja raziskovanja novih, naprednejših materialov, ki

bi bili s pravo kompetenco in dovolj znanja tudi evropsko konkurenčni. Dobro zastopana je tudi interdisciplinarnost nanotehnologij, ki spodbuja množično, vzajemno sodelovanje številnih slovenskih raziskovalnih inštitucij in izobraževalnih ustanov s ciljem, da se možnosti za opravljanje raziskav na področju nanotehnologij v Sloveniji celo izboljšajo in okrepijo. Statistika kaže, da je nanoznanost v Sloveniji dobro zastopana, kar se kaže v konstantnem napredku in rednem sodelovanju Slovenije v različnih evropskih raziskovalnih projektih. Zagotovo bi vključitev Slovenije v razvojno znanstveno sfero v zvezi z nanotehnologijami doprineslo pomembne napredke in izboljšave na področju nanoznanosti in tehnologije nasplošno. Nanotehnologije so označene kot napredne tehnologije, ki bodo odprle veliko zanimivih priložnosti za ekonomsko rast v Sloveniji z znatnim poudarkom na formaciji močnih raziskovalnih skupin in »spin-off« podjetij. Ker majhna podjetja navadno nimajo vseh raziskovalnih potencialov in strokovnjakov za pridobitev zadostnega znanja in za izoblikovanje močne znanstvene mreže, bo pozornost še posebej usmerjena v usposabljanje inovativnih in k ciljem usmerjenih znanstvenikov na univerzitetnih inštitucijah, ki se bodo zavzeli za konstanten napredek v državnih podjetjih in za vzajemno sodelovanje z drugimi raziskovalnimi središči tako v Sloveniji kot tudi v Evropi. Na osnovi dejstva, da bo nanotehnologija v prihodnjih letih znatno spreobrnila naš način življenja, je slovenska znanstvena sfera odločena za vlaganje v razvoj v nanotehnologije kot tudi za vključitev le-te v naša vsakdanja življenja. Z razvijanjem novih tehnoloških postopkov za imobilizacijo učinkovine pomeni tudi lastno promocijo RS in možno implikacijo slovenskih podjetij ter kadrov v evropski in svetovni trg delovne sile.

ANG

Slovenian pharmaceutical and chemical industry could use the results of the project in the sense of human and environmentally friendly way to obtain optically pure components, which represent required components for their market products. Production of chiral or optically pure compounds on the basis of biocatalysis in so called "green solvents" instead of using heavy metal catalysts and toxic organic solvents could be realized. Enzymatic reactions are performed in mild reaction conditions and obtained products do not require additional cleaning, which enables simple industrialization of processes for obtaining requested products and reduction of production costs. Slovenian pharmaceutical companies would with the use of the project results have the possibility to optimize expense series of one's own market products, which is in the time of economic depression of principal significance for existence of company on the market. Emissions of dangerous compounds in environment (air, water, earth) could be limited by replacing flammable and toxic conventional organic solvents with ILs and SCF and consecutively, workers working environment will be improved as well. Planning new alternative methods for preparation of optically pure products in unconventional reaction media is aimed also to continual education. Results of the research project may serve also for education of students of chemical engineering, as typical representatives of future evolutionary engineers. In Slovenia the research in nanotechnology is actually following the European investigation trends concerning the generation of nanoparticles with improved and intelligent properties mostly for biomedical purposes. The implementation of nanotechnologies in the Slovenian territory is chiefly oriented towards the construction of novel and well qualified professions in the field of advanced materials, that would with good competence in knowledge compete with other European professionals. The interdisciplinary nature of nanotechnologies has forced many of the Slovenian research institutes and faculties to cooperate jointly in order to improve and integrate the research based on nanotechnologies in Slovenia that is well defended currently. The statistics shows that nanoscience in Slovenia is outstandingly well established resulting in its progressive growth and participation in European research projects regularly. Undoubtedly, the participation of Slovenia in the developmental and scientific sphere of nanotechnology would considerably trigger up important advancements in the field of nanotechnology and technology in general. Nanotechnologies are designated as novel technologies that will open up new exciting opportunities of economy growth in Slovenia with a substantial increase in the formation of strong research groups and spin-off companies. Since small companies usually do not have the power and critical mass to form a sufficient knowledge base and create a scientific network by themselves, a special attention should be dedicated to the development of innovative scientists at the universities that would bring a constant progress to national companies as well as to cooperate jointly with other research centers in Slovenia and Europe. Due to the fact that nanotechnology will revolutionize our lives significantly in the near future, Slovenian scientific sphere is doing huge investments to fully develop this rapidly growing science as well as to implement it slowly into citizen's everyday lives. With the development of novel methods to immobilize a bioactive substance we would promote Slovenia and assure that

Slovenian companies and professionals are directly implemented in the European and world markets of human resources.

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljaljskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26 Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27 Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28 Priprava/organizacija razstave		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29 Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30 Strokovna ocena stanja		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31 Razvoj standardov		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32 Mednarodni patent		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33 Patent v Sloveniji		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34 Svetovalna dejavnost		

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

12.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

13.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

	Sofinancer			
1.	Naziv			
	Naslov			
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra		
		1.		
		2.		
		3.		
		4.		
		5.		
	Komentar			
	Ocena			

14.Izjemni dosežek v letu 2012¹³

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

Raziskave na projektu Uporabna biokataliza usmerjene tudi v sintezo zamreženih encimskih skupkov (CLEAs) iz encima hrenove peroksidaze. CLEAs so posebna oblika imobiliziranega encima, pri kateri je trdni nosilec nepotreben. Postopek sinteze CLEAs je razdeljen na dva ključna dela, in sicer na obarjanje topnega encima s pomočjo ustreznega obarjalnega reagenta, in nadaljnjo zamreženje tako izoborjenega encima s pomočjo mrežnega povezovalca. Pomen dosežka je dodatno izkazan s št. citatov.

Dosežek je opisan v ŠULEK Franja, PÉREZ FERNÁNDEZ Daniel, KNEZ Željko, HABULIN Maja, SHELDON Roger A. Immobilization of horseradish peroxidase as crosslinked enzyme aggregates (CLEAs). Process biochem. (1991) 2011, 46 (3), 765-769, doi: 10.1016/j.procbio.2010.12.001. [COBISS.SI-ID 14712598], [JCR, WoS do 7. 11. 2012: št. citatov (TC): 11, čistih cit. (CI): 11, normirano št. čistih citatov (NC): 6, Scopus do 6. 2. 2013: št. citatov (TC): 12, čistih citatov (CI): 12, normirano št. čistih citatov (NC): 7]

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Mariboru, Fakulteta za
kemijo in kemijsko tehnologijo

Maja Habulin

ŽIG

Kraj in datum: Maribor, 13.3.2013

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/99

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v

zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priložitev/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00
04-7E-7D-6E-1A-C6-1E-8A-B4-9C-44-C1-EE-98-8C-89-8E-E6-46-B9

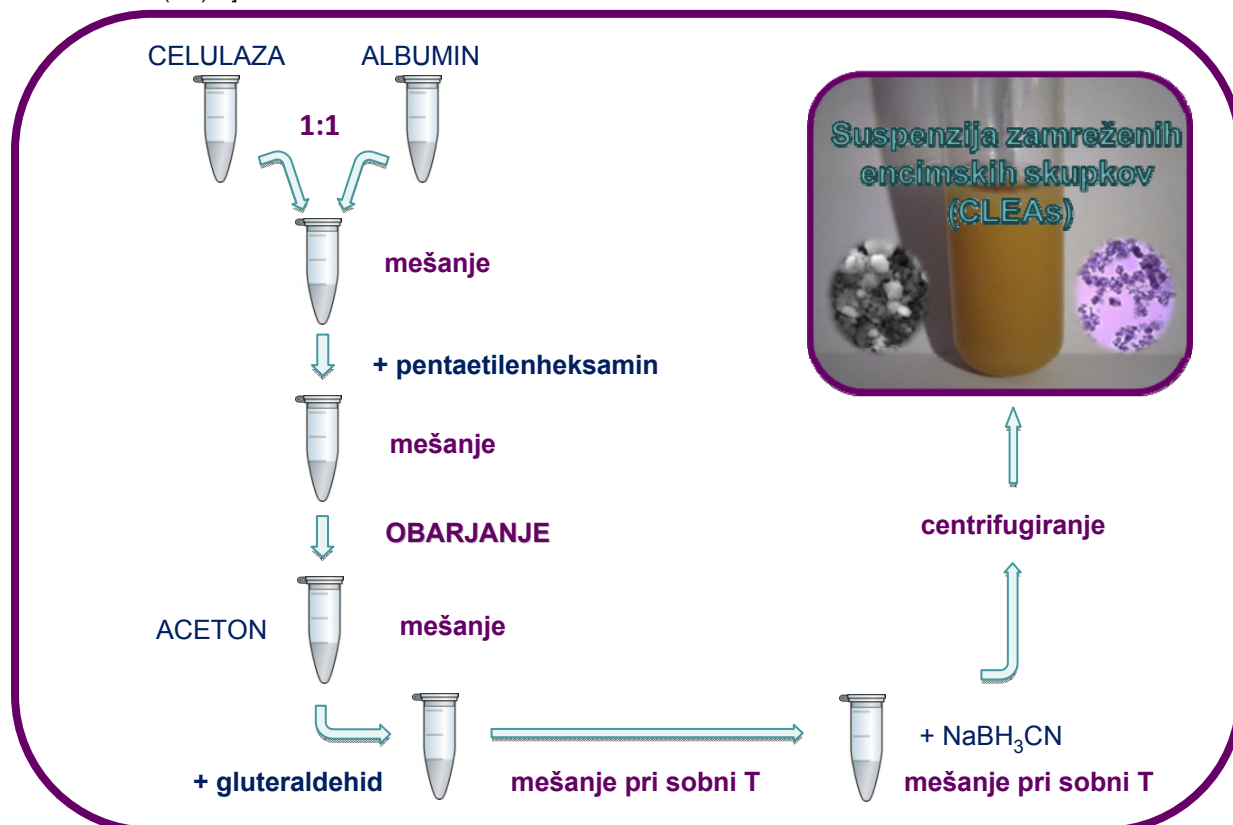
VEDA

Področje: 2.02 Kemijsko inženirstvo

Dosežek 1: Imobilizacija hrenove peroksidaze v zamrežene encimske skupke

(CLEAs), Vir: ŠULEK Franja, PÉREZ FERNÁNDEZ Daniel, KNEZ Željko, HABULIN Maja, SHELDON Roger A.

Immobilization of horseradish peroxidase as crosslinked enzyme aggregates (CLEAs). *Process biochem.* (1991), 2011, 46 (3), 765-769, doi: [10.1016/j.procbio.2010.12.001](https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.12.001). [COBISS.SI-ID [14712598](https://www.cobiss.si/id/14712598)], [JCR, WoS do 7. 11. 2012: št. citatov (TC): 11, čistih citatov (CI): 11, normirano št. čistih citatov (NC): 6, Scopus do 6. 2. 2013: št. citatov (TC): 12, čistih citatov (CI): 12, normirano št. čistih citatov (NC): 7]



Raziskave na projektu Uporabna biokataliza usmerjene tudi v sintezo zamreženih encimskih skupkov (CLEAs) iz encima hrenove peroksidaze. CLEAs so posebna oblika imobiliziranega encima, pri kateri je trdni nosilec nepotreben. Postopek sinteze CLEAs je razdeljen na dva ključna dela, in sicer, na obarjanje topnega encima s pomočjo ustreznega obarjalnega reagenta, in nadaljnjo zamreženje tako izoborjenega encima s pomočjo mrežnega povezovalca.

Raziskave so obsegale:

- Določitev ustreznega obarjalnega reagenta.
- Optimiranje funkcionalnega aditiva (PEHA) in albumina.
- Sinteza zamreženih encimskih skupkov.
- Določevanje učinkovitosti vezave encima in aktivnosti CLEAs.
- Preverjanje stabilnosti CLEAs.