

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/203



## ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	L2-4060
<b>Naslov projekta</b>	Funkcionalizacija celuloznih materialov za razvoj novih sanitetnih ter medicinskih tekstilij
<b>Vodja projekta</b>	19753 Lidija Fras Zemljič
<b>Tip projekta</b>	L Aplikativni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	8430
<b>Cenovni razred</b>	B
<b>Trajanje projekta</b>	07.2011 - 06.2014
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	377 Zavod za zdravstveno varstvo Maribor 481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta 2318 TOSAMA Tovarna sanitetnega materiala d.o.o. 3334 NACIONALNI LABORATORIJ ZA ZDRAVJE, OKOLJE IN HRANO
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	2 TEHNIKA 2.14 Tekstilstvo in usnjarstvo 2.14.02 Tekstilna kemija
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	07. Zdravje
<b>Raziskovalno področje po šifrantu FOS</b>	2 Tehniške in tehnološke vede 2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

#### 2. Povzetek raziskovalnega projekta<sup>1</sup>

SLO

Projekt predstavlja funkcionalizacijo celuloznih vlaknatih materialov ob uporabi alternativnih aaminskih polisaharidov za doseg protimikrobne učinkovitosti. V prvi fazi smo tako preučili adsorpcijo le teh na vlaknotvorne polimere; celulozo. Poudarek je bil na študiju manipulacije vezave tovrstnih formulacij z namenom ugotavljanja optimalnih

učinkov delovanja le-teh, bodisi permanentno vezanih na mejni površini celuloznega materiala (obstojna vezava) ali adsorbiranih tako, da bo omogočeno sproščanje le-teh s površine materiala v kontaktno območje. Eden izmed najpomembnejših aspektov projekta je sistematična študija interakcij med protimikrobno funkcionalizirano površino celuloznih materialov in širokim spektrom patogenih bakterij in gliv. Na področju raziskav interakcij med bakterijskimi in glivnimi sistemi ter bioaktivnimi površinami polimernih materialov namreč obstaja še vedno velika vrzel, saj večina testiranj poteka le v tekočih medijih in ne na kompleksnih heterogenih sistemih kot so funkcionalizirani vlaknati materiali.

V okviru projekta so tako razvita nova znanja na področju mikrobiološkega testiranja, saj smo natančno preučili prednosti in slabosti uporabe določenih standardiziranih protimikrobnih metod, ki temeljijo na klasičnih gojitvenih tehnikah in so v splošni uporabi v tekstilni industriji. Še pomembneje pa je, da smo raziskali možnosti vpeljave in uporabe novih, bolj natančnih in zanesljivih postopkov protimikrobnega testiranja z uporabo naprednih tehnik za protimikrobno funkcionalizirane tekstilije.

Razvoj novih naprednih protimikrobno funkcionaliziranih tekstilij in zanesljivih metod za analizo mikrobioloških parametrov bo Tosami d.d. omogočil lasten razvoj izdelkov z visoko dodano vrednostjo v prihodnosti, s tem pa možnost ohranjanja konkurenčnosti na svetovnih trgih. Prav tako bo omogočil resnejši pristop k testiranju protimikrobnih tekstilij, ki predstavljajo v Tosami kar velik segment produktov.

ANG

The project presents the functionalization of cellulose material using biodegradable alternative amino polysaccharides for introducing of antimicrobial properties. The interaction studies between cellulose and polysaccharides were done. Adsorption and desorption processes were analysed. One of the most important aspects of the project is also a systematic study of interactions between functionalized surface of cellulose fibers and a broad spectrum of pathogenic bacteria and fungi. There is still a large gap in the research field of interactions between bacterial and fungal systems and bioactive surfaces of polymeric cellulose materials that are most frequently used in numerous advanced industrial branches, as majority of tests have been performed only in liquid media and not on complex heterogeneous systems such as functionalized fibrous materials. The project is based on the establishment of applicable protocols to test the presence / absence of pathogens, and as a verification of the activity of the functionalized surfaces of the mentioned functionalized cellulose polymers.

The proposed project significantly contributes to the new knowledge on the field of microbiological testing. It points out the advantages and disadvantages of certain standardized culture dependent antimicrobial methods that are generally used in textile industry. But the most important aspect is focused toward the development of new, more reliable procedure of antimicrobial testing of functionalized textiles by using new techniques.

The development of the new antimicrobial functionalised medical textiles and the accurate and reliable methods for the analyses of microbiological activity parameters will enable Tosama d.d. its own future development of high value added products, and as such, to get better chances in world market positioning.

### 3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu<sup>2</sup>

Raziskovalno delo je potekalo v skladu z načrtovanimi delovnimi sklopi.:

#### **DS1 Selekcija in modifikacija polisaharidov**

V raziskavah je bil poudarek na pripravi in karakterizaciji hitozanskih raztopin in disperzij hitozanskih nanodelcev. Pri tem sta bila uporabljena medicinski hitozan (CS) in derivat hitozana, *N,N,N*-trimetil hitozan (TMC), pridobljena iz užitnih gob *Agaricus bisporus*. Naboj raztopin in disperzij hitozana je bil preučen z uporabo potenciometrične in polielektrolitske titracije. pH odvisno nabijanje CS in različnih TMC raztopin je bilo določeno s potenciometrično titracijo, kjer je CS pokazal najvišjo stopnjo naboja med

vsemi testiranimi produkti. Naboj pri analiziranih TMC-jih je variiral glede na stopnjo trimetil substitucije (stopnjo kvarternizacije; *ang. degree of quaternization* - DQ); višja kot je bila DQ, manjši je bil pozitiven naboj zaradi manjšega števila prostih aaminskih skupin, ki lahko protonirajo. Množina aaminskih in/ali kvarternih amonijevih skupin po sintezi CS nanodelcev (CSNP) in TMC nanodelcev (TMCNP) je bila preučena s polielektrolitskimi titracijami. Preostanek skupin je bil pri CSNP 67 % in pri TMCNP 72 %. Določitev pozitivnega naboja raztopin in disperzij nanodelcev je bila izrednega pomena za nadaljnje razumevanje antimikrobne aktivnosti hitozanov, kakor tudi adsorpcijskih in desorpcijskih procesov na/z celuloznih površin (modelnih filmov ali realnih sistemov – celuloznih vlaken). Posebna pozornost v projektu je bila usmerjena ravno k evalvaciji antimikrobne aktivnosti raztopin in disperzij v odvisnosti od dostopnega pozitivnega naboja oz. prisotnosti nanodelcev. Ugoden vpliv pozitivnega naboja na inhibicijo mikrobov se je pokazal pri določevanju minimalne inhibitorne koncentracije (MIC), kjer je CS učinkoval najboljše na vse testirane mikroorganizme (*S. aureus*, *E. coli*, *C. albicans*). Raztopina CS je pokazala boljšo učinkovitost v primerjavi z disperzijo nanodelcev CSNP, kar kaže na to, da ima polikationski značaj hitozana bistveno vlogo pri inhibiciji mikrobov. TMC (z DQ 66 %, TMC 66) kljub temu, da nosi permanenten pozitiven naboj na polimerni verigi, ni pokazal boljše antimikrobne aktivnosti kot CS. Zanimivo je tudi, da disperzije CSNP in TMCNP niso učinkovale bolje v primerjavi z raztopinami CS in TMC. MIC vrednosti so bile najvišje pri kandidi, kar kaže na dejstvo, da je kandida med vsemi testiranimi mikroorganizmi najbolj rezistentna na hitozan, še posebej na TMC. Natančna določitev MIC vrednosti raztopin in disperzij nanodelcev je bila izredno pomembna z vidika izbire koncentracijskega območja za kasnejšo funkcionalizacijo celuloznih vlaken.

#### **DS2: Karakterizacija naravnih in regeneriranih celuloznih vlaknatih materialov**

Celuloznim vlaknom (bombažu in viskozi), predobdelanim in neobdelanim smo določili pomočjo tenziometrične metode hidrofilni/hidrofobni karakter, opredelili naboj vlaken ter določili s SEM mikroskopijo morfologijo površin. Ugotovili smo da se z pred-obdelavo vlaken zviša hidrofilni značaj, kakor tudi dostopnost karboksilnih skupin.

#### **DS3: Študij adsorpcije polisaharidov in postopkov za manipulacijo vezave (permanentna/nepermanetna) in DS6: Karakterizacija protimikrobno funkcionaliziranih celuloznih materialov**

Z namenom kreiranja medicinskih tekstilij je bil viskozni tamponski trak funkcionaliziran s CS in TMC ter CSNP in TMCNP. Imobilizacija različnih formulacij hitozana na viskozna vlakna je bila potrjena s številnimi fizikalno-kemijskimi metodami. Raziskane elektrokinetične lastnosti obdelanih vlaken so potrdile pozitiven naboj na vlaknih, ki je posledica adsorbiranega hitozana, kajti vlakna imajo sama po sebi skupine, ki kažejo negativen značaj. Določitev zeta potenciala (ZP) je prispevala k poznavanju interakcij na mejnih površinah trdo-tekoče (vlakno – elektrolit). ZP je pokazal, da imajo TMC-obdelana vlakna pozitiven značaj tudi v alkalnem področju, ki je posledica permanentnega pozitivnega naboja na trimetil amonijevih skupinah, medtem ko imajo CS-obdelana vlakna še vedno rahlo negativen značaj, tipičen za celulozo. Čeprav je ZP kvalitativna tehnika, je omogočila vpogled v kvantifikacijo adsorpcije, ki je indicirala na višjo adsorpcijo pri obdelavi z disperzijami nanodelcev pri pH 7. Kvantitativna določitev pozitivnega naboja na vlaknih je bila izvedena spektrofotometrično s konvencionalno metodo C.I. Acid Orange 7. Večja vsebnost aaminskih skupin je bila detektirana na vlaknih funkcionaliziranih pri pH 7, kot pri tistih s pH 4. Obdelava z disperzijo hitozanskih nanodelcev pri pH 7 je prispevala k najboljši adsorpciji, kar je bilo razvidno iz večjega števila dostopnih aaminskih skupin, ki so lahko formirala kompleks z anionskimi skupinami barvila Acid Orange 7. Elementarna sestava površine vlaken preučena s fotonsko elektronsko spektroskopijo (XPS) je potrdila rezultate dobljene z ZP in Acid Orange 7 tehniko. Prav tako soToF-SIMS analize potrdile prisotnost hitozana na površini, vendar so pokazale, da so obdelave neenakomerne, kar vodi do večjih odstopanj pri rezultatih. Morfologija obdelanih vlaken je bila preučena z vrstično elektronsko mikroskopijo. Različne obdelave vlaken so prispevale k drugačnim morfologijam, od tankih, filmu-podobnih prevlek do debelejših, grobih površinskih obdelav. Sorpcijske in mehanske lastnosti funkcionaliziranih vlaken so bile prav tako testirane. Rezultati

sposobnosti zadrževanja vode so pokazali, da različne hitozanske obdelave nimajo negativnega vpliva na absorpcijske lastnosti vlaken. Pri mehanskih lastnostih so po obdelavi bile zaznane neznatne spremembe pretržne sile in raztezka, ki pa naj ne bi v veliki meri vplivale na končne lastnosti izdelka. Spremljanje desorpcije CS in TMC ter CSNP in TMCNP so bile prav tako zasledovane pri vseh vzorcih. Meritve kinetike desorpcije so pokazale, da se na začetku (že po 1 h) desorbira večina produkta, po 4 h pa je dosežen maksimum desorpcije. Večja desorpcija je bila zaznana pri vlaknih obdelanih pri pH 4, kot tistih obdelanih pri pH 7. pH desorpcijskega medija ni imel bistvenega vpliva na samo desorpcijo hitozana in hitozanskih nanodelcev; večji vpliv je bil zaznan pri pH-ju uporabljenem za obdelavo vlaken.

#### **DS4: Uvajanje in optimizacija metod za analizo protimikrobnosti vlaknatih površin**

Sprva smo preverili uporabnost različnih testov za referenčna vlakna. Kemijsko-fizikalne parametre vlaken smo, kot že rečeno, določili s pomočjo tenziometra, potenciometričnih titracij in elektronske mikroskopije. Mikrobiološke lastnosti pa smo testirali v različnih laboratorijih v skladu z različnimi standardnimi metodami (ASTM E2315, »time kill« metoda. ASTM E 2149 in JIS L 1902) na različnih institucijah, kjer so te metode dobro vpeljane. Na osnovi rezultatov raziskave ne moremo z gotovostjo trditi, da imajo površinska energija, polarnost površin, hidrofilno/hidrofobni karakter ali morfologija površin vlaknatih vzorcev signifikantni vpliv na njihov protimikrobni učinek. Ugotovili smo, da so rezultati metod za določanje mikrobiološkega učinka v največji meri odvisni od natančnosti izvedbe postopka, pa tudi od interpretacije rezultatov. Najbolj ponovljivi sta bili metodi ASTM 2149 in Time-kill metoda. Ti metodi smo uporabili za funkcionalizirana vlakna. Obe metodi sta pokazali, da imajo CS-obdelana vlakna v splošnem boljšo sposobnost inhibicije mikroorganizmov kot TMC-obdelana vlakna. Takšni rezultati so bili pričakovani glede na to, da so rezultati MIC za CS in TMC pokazali enako. Prav tako sta obe metodi potrdili, da so vlakna obdelana s TMC popolnoma neučinkovita proti *E. coli* in da imajo zmanjšano aktivnost na *C. albicans*, kakor ugotovljeno že pri testiranju raztopin in nanodelcev.

#### **DS5: Uvajanje molekularnih tehnik za analizo protimikrobnosti vlaknatih površin - verižna reakcija polimeraz (PCR)**

PCR v realnem času (real-time PCR) ali kvantitativna PCR (qPCR) je različica PCR tehnike uporabna za kvantifikacijo DNA ali RNA v vzorcu. Z uporabo sekvenčno-specifičnih primer, lahko določimo relativno število kopij določene DNA ali RNA. Kvantifikacija je mogoča z merjenjem količine pomnoženih produktov v vsaki stopnji tekom PCR cikla. Pomnožene produkte pa lahko kvantificiramo z uporabo fluorescentnih sond ali fluorescentnih barvil, ki se vežejo na DNA in z uporabo qPCR naprav, ki merijo fluorescenco, medtem ko izvajajo temperaturne spremembe, potrebne za PCR cikle. Naredili smo preliminarne teste za normalizirano DNA koncentracijo izolirane *Staph. aureus* bakterije in sicer smo spremljali rast na inokuliranem vzorcu, pred in po izpostavitvi celuloznim vlaknom. Ugotovili smo, da hitozan deluje reduktivno samo pri nižjih temperaturah (12 °C).

Nadalje smo v tem sklopu vpeljali še dve novi tehniki; i) difuzijska magnetna resonanca ter določanje intracelularnega kationskega kalija z atomsko emisijsko spektroskopijo ter potenciometrično titracijo z kalijevo ion-selektivno elektrodo.

Z namenom natančne preučitve mehanizma delovanja hitozana na laktobacile- kot predstavnika zdravih mikroorganizmov - je bil vpeljan nov pristop z uporabo difuzijske magnetne resonance (D-NMR), ki je omogočila spremljanje izmenjave intra- in ekstracelularne vode iz celic laktobacilov. Rezultati so pokazali, da hitozan reagira s celično membrano in povzroči iztekanje intracelularnih komponent ter posledično vodi do smrti celic.

Za kvantitativno določitev intracelularnega kationskega kalija, smo uporabili kemijski analizni tehniki, in sicer atomsko emisijsko spektroskopijo ter potenciometrično titracijo z kalijevo ion-selektivno elektrodo. Vzoredno smo kot kontrolno tehniko izvedli še mikrobiološko *time-kill* metodo. Tehnike smo medsebojno primerjali. Ugotovili smo, da je protimikrobno delovanje hitozana časovno odvisno in šele po 18 urah daje zadovoljivi

učinek. To podaja dvome v standardne tehnike protimikrobnega testiranja vlaken, ki največkrat opredelijo delovanje protimikrobnega agensa po 1 urni inkubaciji. Zaključimo lahko, da smo uspešno vzpostavili tehniko določitve kalija z potenciometričnimi titracijami s kalijevo ion-selektivno elektrodo. Analizna metoda sovpada z atomsko emisijsko spektroskopijo, kakor tudi z mikrobiološko *Time-kill* metodo, vendar je za razliko od slednjih zelo enostavna za uporabo, hitra in poceni.

#### 4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>3</sup>

Ocenjujemo, da smo zelo dobro realizirali zastavljeni program. Ugotovili smo, da sistematični pristop k protimikrobnem testiranju vlaken omogoča poznavanje protimikrobnih lastnosti vlaken do potankosti. Potrebna je kombinacija različnih metod ter "Round Robin" testiranje. V okviru projekta smo dosegli še več od pričakovanih ciljev. Skupaj z našimi mednarodnimi partnerji (UNI Lund, Švedska ter UNI Zagreb) smo razvili dve znanstveni metodi za protimikrobno testiranje vlaknotvornih polimerov: i) difuzijska magnetna resonanca ter določanje intracelularnega kationskega kalija z atomsko emisijsko spektroskopijo ter potenciometrično titracijo z kalijevo ion-selektivno elektrodo, kar predstavlja znanstveno novost.

Z namenom natančne preučitve mehanizma delovanja hitozana na laktobacile je bil vpeljan nov pristop z uporabo difuzijske magnetne resonance (D-NMR), ki je omogočila spremljanje izmenjave intra- in ekstracelularne vode iz celic laktobacilov. Rezultati so pokazali, da hitozan reagira s celično membrano in povzroči iztekanje intracelularnih komponent ter posledično vodi do smrti celic.

Za kvantitativno določitev intracelularnega kationskega kalija, smo uporabili kemijski analizi tehniki, in sicer atomsko emisijsko spektroskopijo ter potenciometrične titracije z kalijevo ion-selektivno elektrodo. Vzoredno smo kot kontrolno tehniko izvedli še mikrobiološko *time-kill* metodo. Tehnike smo medsebojno primerjali. Ugotovili smo, da je protimikrobno delovanje hitozana časovno odvisno in šele po 18 urah daje zadovoljivi učinek. To podaja dvome v standardne tehnike protimikrobnega testiranja vlaken, ki največkrat opredelijo delovanje protimikrobnega agensa po 1 urni inkubaciji. Zaključimo lahko, da smo uspešno vzpostavili tehniko določitve kalija z potenciometričnimi titracijami s kalijevo ion-selektivno elektrodo. Analizna metoda sovpada z atomsko emisijsko spektroskopijo, kakor tudi z mikrobiološko *Time-kill* metodo, vendar je za razliko od slednjih zelo enostavna za uporabo, hitra in poceni.

#### 5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine<sup>4</sup>

Tekom projekta ni prišlo do večjih sprememb. Sestava projektne skupine se je zaradi zaposlitev drugje ali porodniških staležov spremenila. Pomeni, da so bili raziskovalci zamenjani z drugimi ustreznimi raziskovalci in tako vsebinska izvedba projekta ni bila motena.

#### 6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine<sup>5</sup>

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	17938454	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nova sinergistična formulacija med kationskim tenzidom in hialuronsko kislino kot protimikrobni premaz vlaken.
		ANG	A novel synergistic formulation between a cationic surfactant from lysine and hyaluronic acid as an antimicrobial coating for advanced cellulose materials
	Opis	SLO	Podana je študija nanosa nove protimikrobne formulacije hialuronska kislina-naravni tenzid na površino vlaken. Podana je karakterizacija vlaken

		ter njegove protimikrobne lastnosti.
	ANG	Study presents the adsorption of synergistic formulation of hyaluronic acid and lysine based surfactant onto fibres. The physico-chemical properties of fibres were determined as well as antimicrobial efficiency.
Objavljeno v		Chapman & Hall;Kluwer Academic Publishers; Cellulose; 2014; Vol. 21, issue 4; str. 2647-2663; Impact Factor: 3.033;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.853; A'': 1;A': 1; WoS: PJ, QJ, UY; Avtorji / Authors: Bračič Matej, Pérez Lourdes, Martinez-Pardo Rosa Infante, Kogej Ksenija, Hribernik Silvo, Šauperl Olivera, Fras Zemljič Lidija
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	17387030 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Protimikrobna in antioksidativna funkcionalizacija viskoznih vlaken z uporabo formulacije hitozankurkuma
	ANG	Antimicrobial and antioxidant functionalization of viscose fabric using chitosan-curcumin formulations
Opis	SLO	Namen raziskovalnega dela je razvoj novih sinergističnih formulacij med hitozanom in kurkuminom, ki bodo izkazovale protimikrobne in antioksidativne lastnosti. Formulacije smo adsorbirali na viskozno tkanino z namenom protimikrobne in antioksidativne funkcionalizacije, ki je bistvena za medicinske tekstilije. Izvedli smo različne tehnike nanosa z različnimi kombinacijami obeh raztopin polimerov (hitozankurkumin) ter med njimi poiskali tisto, ki nam podaja optimalno delovanje vseh želenih lastnosti. Preučili smo tudi vezavo teh dveh spojin na tekstilni material ter ugotoviti naravo vezave oz. desorpcijo substanc s površine vlaken. Ugotovili smo, da formulacija deluje sinergistično.
	ANG	The purpose of this work was to develop new additive combinations between chitosan and curcumin in solutions as a fiber-coating. Diverse additive combinations between chitosan and curcumin in solutions were adsorbed onto viscose fabrics in order to reach the essential antimicrobial and antioxidant functionalization for medical textiles. The goal of this paper was to examine the adsorption of these two compounds as an additive formulation on viscose textile material as well as to analyze the desorptions of both substances from the fabric surface. Finally, the antimicrobial and antioxidant properties of viscose fabrics functionalized by chitosan-curcumin formulations were respectively examined. Curcumin as an adsorbate for textiles in combination with chitosan represents an added-value because of its anti-oxidative properties, and showing the potential to enhance existing antimicrobial performance of chitosan when applied using the preferred procedure.
Objavljeno v		Sage Publications; Textile research journal; 2014; Vol. 84, no. 8; str. 819-830; Impact Factor: 1.332;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.907; A': 1; WoS: QJ; Avtorji / Authors: Fras Zemljič Lidija, Volmajer Valh Julija, Ristić Tijana, Bračič Matej, Šauperl Olivera, Kreže Tatjana
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

## 7.Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine<sup>6</sup>

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	17585942 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Nano-functionalised tampons for gynaecological use
		ANG Nano funkcionalizirani tamponi za ginekološko uporabo

Opis	SLO	Podane so razsikave tehnologij priprave nanodelcev za razvoj novih tamponov.	
	ANG	The description of different technologies of nanoparticles preparation as fibre coating toward new tampon development.	
Šifra	D.05 Akreditacija laboratorija		
Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo; 2013; [34] str.; Avtorji / Authors: Fras Zemljič Lidija, But Igor, Ristić Tijana, Zabret Andrej, Kralj Kunčič Marjetka, Seme Katja, Poljak Mario, Bele Marjan, Maver Uroš, Strnad Simona, Šauperl Olivera, Kreže Tatjana, Hribernik Silvo, Bračič Matej, Žižek Vida, Kos Tanja		
Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav		
2.	COBISS ID	17598230	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Protimikrobne medicinske tekstilije z inkorporiranimi nanodelci hitozana za ginekološko uporabo	
	ANG	Antimicrobial medical textiles based on chitosan nanoparticles for gynaecological treatment	
Opis	SLO	<p>Celulozna vlakna so bila funkcionalizirana s nanodelci hitozana. Izvedena je bila študija interakcij nanodelci-vlakno in podana podrobna fizikalno kemijska in protimikrobna karakterizacija le-teh. Vlakna pripravljena v sklopu doktorske disertacije se lahko uporabljajo kot napredne medicinske tekstilije na področju ginekologije kot preventiva (antimikrobno delovanje) ali kurativa (dostavni sistemi za zdravila) brez negativnih učinkov na naravno mikrobioto. Glede na dobljene rezultate je bila hipoteza zastavljena v uvodu disertacije potrjena. Nanos hitozanskih nanodelcev na celulozna vlakna zagotavlja antimikrobni učinek na mikroorganizme, ki običajno povzročajo vaginalne infekcije. Pripravljeni materiali nimajo negativnega učinka na laktobacile in tako ne vplivajo na naravno mikrobioto in niso citotoksični. Takšna vlakna so ustrezna rešitev za alternativno ginekološko zdravljenje.</p> <p>Vlakna pripravljena v sklopu doktorske disertacije se lahko uporabljajo kot napredne medicinske tekstilije na področju ginekologije kot preventiva (antimikrobno delovanje) ali kurativa (dostavni sistemi za zdravila) brez negativnih učinkov na naravno mikrobioto. Glede na dobljene rezultate je bila hipoteza zastavljena v uvodu disertacije potrjena. Nanos hitozanskih nanodelcev na celulozna vlakna zagotavlja antimikrobni učinek na mikroorganizme, ki običajno povzročajo vaginalne infekcije. Pripravljeni materiali nimajo negativnega učinka na laktobacile in tako ne vplivajo na naravno mikrobioto in niso citotoksični. Takšna vlakna so ustrezna rešitev za alternativno ginekološko zdravljenje.</p>	
			<p>The aim of this dissertation was to develop a novel medical tampon for alternative gynaecological treatment using chitosan nanoparticles as an antimicrobial agent or as a drug delivery system. For this purpose viscose tampon band was used and functionalized with chitosan and trimethyl chitosan nanoparticles. A comprehensive study of interactions between chitosan and cellulose as well as characterization of prepared materials was done. At the beginning, chitosan (CS) and trimethyl chitosan (TMC) solutions, as well as nanoparticles synthesised from CS and TMC were studied. Their characterization was focused on determining the charge and antimicrobial properties against common pathogenic microorganism. The influence of cationic charge on the inhibition of microbial growth was confirmed. Since CS and TMC solutions and nanoparticles dispersions exhibited antibacterial activity against Lactobacillus, a detailed investigation in chitosan's antimicrobial mode of action was performed using a novel diffusion nuclear magnetic resonance (D-NMR). D-NMR allowed the monitoring of intra- and extracellular water exchange from the cells indicating the membrane alteration and leakage of intracellular</p>



	ANG	constituencies. In order to study the adsorption phenomena and molecular interactions between CS/TMC (solution or nanoparticles) and cellulose material, model cellulose surfaces were used, and adsorption was studied by quartz crystal microbalance with dissipation. CS and TMC were favourably deposited onto cellulose model surface at higher ionic strength, higher pH values, i.e. factors causing lower solubility, where the presence of electrostatic interactions was negligible and non-electrostatic interactions were dominant. The knowledge gained from the model surfaces was extremely helpful in characterization of real systems, i.e. functionalized cellulose fibres and for understanding the obtained results. Immobilization of CS and TMC (in the form of solution and/or nanoparticles) onto cellulose viscose fibres was confirmed with several analytical methods. The attachment of chitosan onto fibres was reversible, as endorsed with desorption studies mimicking the conditions of vaginal usage. Evaluation of antimicrobial properties was performed using two different techniques, both revealing a high inhibition of the tested microorganism. In addition, Lactobacillus susceptibility testing has shown that chitosan-coated fibres do not have any negative influence on the resident microbiota. Assessment of in vitro cytotoxicity demonstrated that samples do not cause a cytotoxic effect in direct contact. Additionally, model drug was incorporated into chitosan nanoparticles and subsequently attached onto fibres in order to create modern, vaginal drug delivery systems. Antimicrobial medical textiles investigated in the scope of this dissertation show the potential for their exploitation in gynaecological field as preventive or curative treatment without triggering any adverse effects for the user.
Šifra	D.09	Mentorstvo doktorandom
Objavljeno v	T. Ristić; 2014; XV, 183 str.; Avtorji / Authors: Ristić Tijana	
Tipologija	2.08	Doktorska disertacija

### 8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine<sup>Z</sup>

Kot že rečeno, je bila v okviru projekta zaključena doktorska naloga Tijane Ristić z naslovom: PROTIMIKROBNE MEDICINSKE TEKSTILJE NA OSNOVI HITOZANSKIH NANODELCEV ZA GINEKOLOŠKO ZDRAVLJENJE /RISTIĆ, Tijana. Antimicrobial medical textiles based on chitosan nanoparticles for gynaecological treatment : doktorska disertacija. [Maribor: T. Ristić, 2014. XV, 183 str., ilustr. <http://dkum.uni-mb.si/IzpisGradiva.php?id=43329>. [COBISS.SI-ID 17598230]/ . Nadalje je ta mlada raziskovalka dobila zaposlitev v Tosamo d.o.o in tako to predstavlja rezultat k prehodu raziskovalcev v gospodarstvo.

Prav tako so bile zaključene sledeče magistrske naloge:

- MUNDA, Marko. Določitev protimikrobnega učinka medicinskih tekstilij : magistrsko delo. Maribor: [M. Munda], 2014. IX, 47 f., ilustr. <http://dkum.uni-mb.si/IzpisGradiva.php?id=44063>. [COBISS.SI-ID 17852950]

- VODIŠEK, Nives. Vpliv fizikalno-kemijskih parametrov vlaken na rezultate protimikrobnih testiranj : magistrsko delo. Maribor: [N. Vodišek], 2014. IX, 77 f., ilustr. <http://dkum.uni-mb.si/IzpisGradiva.php?id=44002>. [COBISS.SI-ID 17849622]

- BRAČIČ, Matej. Funkcionalizacija vlaken s sinergistično formulacijo tenzid-polisaharid : magistrsko delo. Maribor: [M. Bračič], 2011. IX, 82 f., ilustr. <http://dkum.uni-mb.si/Dokument.php?id=26267>. [COBISS.SI-ID 15766806]

Pomembni dosežek projekta je tudi ta, da smo v okviru projektne konzorcija vzpostavili protokole za mikrobiološka testiranja funkcionaliziranih vlaken. Vzpostavljena projektna skupina se je izkazala kot ploden konzorcij, saj trenutno nadgrajujejo svoja znanja pri prijavi novih mednarodnih projektov.



## 9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine<sup>8</sup>

### 9.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>9</sup>

SLO

Izjemni znanstveni dosežek je vpeljava DNMR metode na področje študija mehanizma delovanja hitozana na laktobacile. Po naši oceni, smo prva raziskovalna skupina, ki je z tovrstno tehniko preučila mehanizem protimikrobnega delovanja hitozana oz. hitozanskih nanodelcev. Prav tako smo na področju vlaken vpeljali znanstveno tehniko določitve intracelularnega kalija z atomsko absorpcijsko spektrofotometrijo ter potenciometrično titracijo. Za obe tematiki smo pripravili članek in ju poslali v revijo z visokim IF in sta trenutno v fazi evalvacije. Projekt rezultira v nova pridobljena nova znanja na področju mikrobiološkega testiranja vlaken in je osvetlil prednosti/ slabosti uporabe določenih standardiziranih protimikrobnih metod, ki temeljijo na klasičnih gojitvenih tehnikah in so v splošni uporabi v tekstilni industriji. Nazorno je bilo pokazano, da je potrebno nekatere standardne tehnike modificirati oz. za verodostojno oceno učinka uporabiti vsaj dve. Vsi sodelujoči partnerji si bodo z tovrstno gradnjo konzorcija povečali obseg aplikativnih raziskav, saj so že v fazi prijav novih mednarodnih projektov in kreiranja novih idejnih predlogov.

ANG

Results of this work present new contribution to the fundamental knowledge on the interactions of chitosan formulations (solutions and nanoparticle dispersions) with the cellulose surfaces and to applied science of medical textiles, especially from the following viewpoints:  
- NMR study of chitosan's mode of action and comprehensive study of antimicrobial properties and correlation between techniques as well as novel method of potassium efflux using spectrophotometry and potentiometry by potassium ion-selective electrode.  
It was shown that antimicrobial techniques need to be modified or at least two techniques need to be combined when fibres are tested. All of the involve partners will continue scientific work within new EU proposals.

### 9.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>10</sup>

SLO

Tematika projekta je v celoti usklajena s predlaganim Nacionalnim raziskovalnim in inovacijskim programom 2011-2020, ki predvideva povezovanje med različnimi znanstvenimi vedami v zvezi z oblikovanjem širokih raziskovalnih tem na področjih, ki predstavljajo gospodarski in družbeni izziv. Osnovna tematika raziskav in razvoja, ki jo obravnava pričujoči projekt namreč povezuje dve prioritetni tematiki, definirani v nacionalnem raziskovalnem programu: področje trajnostnega razvoja in področje izboljšanja zdravja in kvalitete življenja ljudi. Projektni cilji pokrivajo vse raziskovalne prioritete Slovenske tekstilne tehnološke platforme, ki je gonilna podpora tekstilni industriji v Sloveniji. Uporaba obnovljivih funkcionalnih polimerov za izboljšanje protimikrobnih lastnosti celuloznih vlaknatih materialov bo kot produkt prispevala k zmanjšanju obremenjevanja okolja, hkrati pa bistveno prispevala k zmanjšanju števila in možnosti prenosa okužb in vnetij ter komplikacij, ki jih le-ta povzročajo. Z uporabo učinkovitih protimikrobnih biopolimerov na površinah celuloznih vlaknatih materialov, uporabnih v medicini in higieni se bo bistveno izboljšala splošna kvaliteta življenja ljudi na različnih področjih in nivojih. V okviru tega projekta razviti novi funkcionalizirani materiali bodo v paleti obstoječih izdelkov dobili posebno mesto zaradi večje dodane vrednosti (kupcu in okolju prijazen proizvod) in nenazadnje zato, ker bodo rezultat domačega znanja. Tosama bo v prihodnosti razširila svoje prodajne niše na medicinsko in farmacevtsko področje, kar vključuje sledeče potencialne proizvode: gaze, medicinske tampone, obliže. Tosama bo poleg plasiranja novih izdelkov na nove segmente trgov, vzpostavila tudi kakovosten laboratorij za protimikrobno testiranje tekstilij. Na ta način bo omogočila kvalitetno notranjo kontrolo izdelkov in hkrati izvajala zunanje storitve, kar bo dvignilo njihov dobiček ter število zaposlenih. Tehnologije in protokoli mikrobiološkega testiranja, ki bodo razviti v okviru projekta se bodo lahko aplicirali za produkcijo visoko kvalitetnih inovativnih produktov tudi na druga industrijska področja v Sloveniji (gradbeništvo, papirna in kemijska industrija, farmacija, itd.) Nenazadnje, varovanje okolja je izredno pomemben prispevek projekta. Dana tehnologija bo ponudila izdelke, ki so okolju in zdravju neškodljivi in katerih obdelava in predelava ne povzroča obremenjevanja

okolja, ob hkratnem doseganju visoke funkcionalnosti za medicinske namene. Pomembno je tudi to, da znanje v okviru projekta prispeva k razvoju obstoječih, kakor tudi novih standardov.

ANG

The project topic is entirely adjusting with Republic Slovenian national research program's priorities for time period 2011-2020. Based on that, the fields which are extra perspective for Slovenia enables the deep engaged knowledge, scientific level rise and economic efficiency and are founded on human society valuableness like the fields that directly support rapid development of basic economic branch. Goals of the project are consistent with all research priorities of Slovenian textile technology platform, which represents major support to textile industry in Slovenia. Basic research and development topic that the project is dealing with is the connection of two priority themes, defined in national research programme such as: i) Development of complex systems and innovative technologies as well as ii) Improvement of Health and human life quality. Results of project are functionalized materials which will in the near future accelerate competitiveness of the Tosama in the market and from the view of technological aspect will increase the possibility to be in the line with the most progressive world companies. New functionalized materials will be result of an entirely domestic knowledge and experience and will be friendly products for environment and for customer, respectively. New technology is basing on the use of natural and biologically degradable substances; production will be performed without the use of expensive and harmful organic reagents, therefore the strictest European ecological regulations will be fulfilled. In the frame of existing products, new products will differ in considerable higher added value which means that the company Tosama could extend its potential products as are gauzes, medical tampons, plasters etc., on the field of medicine and pharmacy, respectively. In the company Tosama due to the project results certificated laboratory will be established shortly primarily intended for an internal monitoring of antimicrobial treatments. Even more the optimization of standard microbiological tests as well as establishing of new ones will contribute to development of new methods and standards. Moreover, the technology for fibre functionalization as well as the methodology of antimicrobial testing that would be developed during this project could in this way also be applied in other industrial fields within Slovenia such as: the paper industry, the chemical industry, pharmacy and medicine.

#### 10. 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		
<b>F.01</b>	<b>Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
<b>F.02</b>	<b>Pridobitev novih znanstvenih spoznanj</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
<b>F.03</b>	<b>Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
<b>F.04</b>	<b>Dvig tehnološke ravni</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
<b>F.05</b>	<b>Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
<b>F.06</b>	<b>Razvoj novega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
<b>F.07</b>	<b>Izboljšanje obstoječega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.08</b>	<b>Razvoj in izdelava prototipa</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.09</b>	<b>Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.10</b>	<b>Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
<b>F.11</b>	<b>Razvoj nove storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.12</b>	<b>Izboljšanje obstoječe storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
<b>F.13</b>	<b>Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno

<b>F.14</b>	<b>Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
<b>F.15</b>	<b>Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.16</b>	<b>Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.17</b>	<b>Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
<b>F.18</b>	<b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
<b>F.19</b>	<b>Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.20</b>	<b>Ustanovitev novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.21</b>	<b>Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.22</b>	<b>Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.23</b>	<b>Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.24</b>	<b>Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Delno"/>
<b>F.25</b>	<b>Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.26</b>	<b>Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen bo v naslednjih 3 letih"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Delno"/>
<b>F.27</b>	<b>Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.28</b>	<b>Priprava/organizacija razstave</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.29</b>	<b>Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
<b>F.30</b>	<b>Strokovna ocena stanja</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen bo v naslednjih 3 letih"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Delno"/>
<b>F.31</b>	<b>Razvoj standardov</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen bo v naslednjih 3 letih"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Delno"/>
<b>F.32</b>	<b>Mednarodni patent</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.33</b>	<b>Patent v Sloveniji</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.34</b>	<b>Svetovalna dejavnost</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.35</b>	<b>Drugo</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>

**Komentar**

Projekt je bil uspešen. Večina kazalnikov doseženih.

**11.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	
<b>G.01</b>	<b>Razvoj visokošolskega izobraževanja</b>					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.02</b>	<b>Gospodarski razvoj</b>					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" 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"/>	

<b>G.03</b>	<b>Tehnološki razvoj</b>					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.04</b>	<b>Družbeni razvoj</b>					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.05.</b>	<b>Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete</b>					
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>					
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" 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"/>	
<b>G.08.</b>	<b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b>					
<b>G.09.</b>	<b>Drugo:</b> Transfer znanja v gospodarstvo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	

**Komentar**

Projekt je bil uspešen. Večina kazalnikov doseženih.

**12.Pomen raziskovanja za sofinancerje<sup>11</sup>**

	Sofinancer		
1.	Naziv	Tosama d.o.o	
	Naslov	Šaranovičeva Šaranovičeva cesta 25a 1230 Domžale	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	89.948	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	Izvirni znanstveni članek COBISS.SI-ID17387030	A.01
	2.	Poglavje v knjigi COBISS.SI-ID	A.03



	3.	Mentorstvo doktorandu COBISS.SI-ID 17598230]	D.09
	4.	Referat mednarodni COBISS.SI-ID 16010006	B.03
	5.	Pridobitev novih spoznanj	F.02
Komentar	Ocenjuje se, da je delo v okviru projekta uspešno potekalo in vodilo do pomembnih rezultatov raziskovanja, razvoja uspešnih mikrobioloških testiranj.		
Ocena	Ocenjujemo, da je sodelovanje v okviru projekta potekalo zelo dobro in plodno in si želimo še več tovrstnih projektov.		

### 13. Izjemni dosežek v letu 2014<sup>12</sup>

#### 13.1. Izjemni znanstveni dosežek

Izjemni znanstveni dosežek je vpeljava DNMR metode na področje študija mehanizma delovanja hitozana na laktobacile. Po naši oceni, smo prva raziskovalna skupina, ki je z tovrstno tehniko preučila mehanizem protimikrobnega delovanja hitozana oz. hitozanskih nanodelcev. Na to temo smo pripravili članek, ki je v fazi evalvacije. Prav tako je bil izjemni znanstveni dosežek vzpostavitev tehnike določitve intracelularnega kalija z atomsko absorpcijsko spektrofotometrijo ter potenciometrično titracijo na področju vlaken. Tudi na to temo smo pripravili članek, ki je v fazi evalvacije.

#### 13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Izjemne družbene ekonomske dosežke smatramo zaključitev doktorata Tijane Ristić, ki se je zaposlila v Tosami in tako prenesla znanja iz institucij znanja v gospodarstvo. Enako smatramo za magisterij Marko Munde, ki se je zaradi tematike zaposlil v v podjetju Konus Konex in ponovno prispeval k transferu znanja v gospodarstvo. Uspeh sta torej tudi ti dve novi zaposlitvi ter vzpostavitev mreženja trenutno najbolj aktualnih tekstilnih podjetij z UNI MB.

## 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  
strojništvo

Lidija Fras Zemljič

**ŽIG**

Kraj in datum:

Maribor

12.3.2015

**Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/203**

- <sup>1</sup> Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)
- <sup>2</sup> 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](#)
- <sup>3</sup> Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)
- <sup>4</sup> 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](#)
- <sup>5</sup> 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](#)
- <sup>6</sup> 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](#)
- <sup>7</sup> Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)
- <sup>8</sup> 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](#)
- <sup>9</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)
- <sup>10</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)
- <sup>11</sup> 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](#)
- <sup>12</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (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 priponko/-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/2015 v1.00a  
A5-73-FF-44-7C-1B-66-CE-2F-8D-0A-04-A4-29-51-3F-6F-87-26-AE

## **Priloga 1**

2. Tehniške in tehnološke vede  
2.05 Materiali

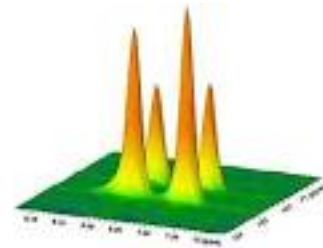
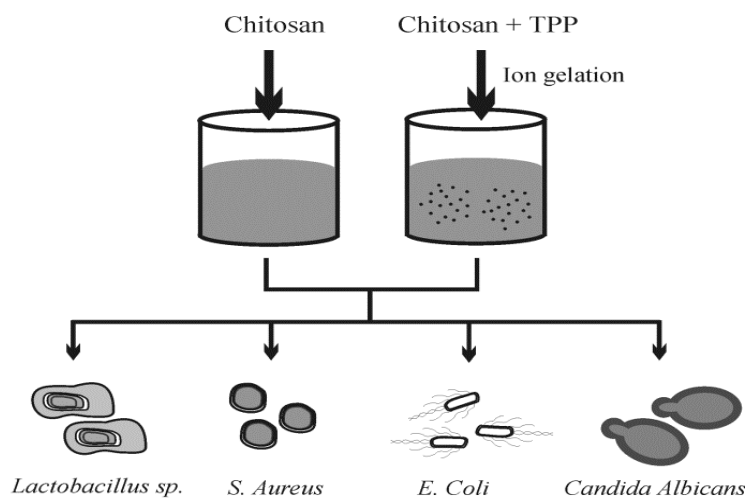
Področje: šifra in naziv področja

Dosežek 1: Izvirni znanstveni članek, *submitted to the Journal of Macromolecular Chemistry and Physics*

Vir:

**The effect of chitosan nanoparticles onto *Lactobacillus* cells**

Tijana Ristić, Samo Lasič, Ivan Kosalec, Matej Bračič, Lidija Fras-Zemljič



Microbial species	MIC average (%) (w/v)			
	CS	CSNP	TMC	TMCNP
S. aureus	0,003906	0,007812	0,03125	0,0625
E. coli	0,003906	0,007812	0,25	0,0625
Lactobacillus sp.	0,015625	0,03125	0,0625	0,0625
C. albicans	0,25	>0,25	>0,25	>0,25

**Opis dosežka:**

V reviji bomo predstavili uporabo z namenom natančne preučitve mehanizma delovanja hitozana na laktobacile je bil vpeljan nov pristop z uporabo difuzijske magnetne resonance (D-NMR), ki je omogočila spremljanje izmenjave intra- in ekstracelularne vode iz celic laktobacilov. Rezultati so pokazali, da hitozan reagira s celično membrano in povzroči iztekanje intracelularnih komponent ter posledično vodi do smrti celic.

## 2. Tehniške in tehnološke vede

### 2.05 Materiali

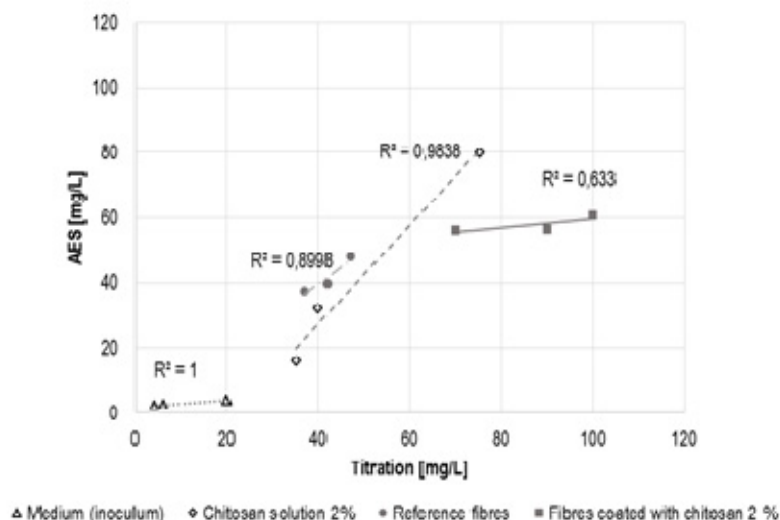
Področje: šifra in naziv področja

Dosežek 1: Izvirni znanstveni članek, *submitted to the Cellulose*

Vir:

#### **Antimicrobial efficiency evaluation by monitoring potassium efflux for cellulose fibres functionalised by chitosan**

•Lidija Fras-Zemljič<sup>a\*</sup>, Ivan Kosalec<sup>b</sup>, Marko Munda<sup>c</sup>, Simona Strnad<sup>a</sup>, Mitja Kolar<sup>d</sup>, Matej Bračič<sup>a</sup>, Olivera Šauperl<sup>a</sup>



#### **Opis dosežka:**

Pri inhibiciji mikroorganizmov se sprošča intracelularni kationski kalij, z njegovo kvantitativno določitvijo pa lahko spremljamo baktericidni učinek protimikrobnih sredstev. V magistrskem delu smo uporabili protimikrobne materiale, in sicer raztopino hitozana, kakor tudi celulozna vlakna funkcionalizirana z raztopino hitozana. Protimikrobna materiala smo izpostavili gojišču mikroorganizma *Candida albicans*, z namenom degradacije celičnih sten mikroorganizmov in posledično izteku kalija.

Za kvantitativno določitev intracelularnega kationskega kalija v magistrskem delu, smo uporabili kemijski analizni tehniki, in sicer atomsko emisijsko spektroskopijo ter potenciometrične titracije z kalijevo ion-selektivno elektrodo. Vzporedno smo kot kontrolno tehniko izvedli še mikrobiološko *time-kill* metodo. Tehnike smo medsebojno primerjali. Zaključimo lahko, da smo uspešno vzpostavili tehniko določitve kalija z potenciometričnimi titracijami s kalijevo ion-selektivno elektrodo. Analizna metoda sovпада z atomsko emisijsko spektroskopijo, kakor tudi z mikrobiološko *Time-kill* metodo, vendar je za razliko od slednjih zelo enostavna za uporabo, hitra in poceni.