

### 5L-01 NANOČÁSTICE STŘÍBRA PRO BIOLOGICKÉ A KATALYTICKÉ APLIKACE

**ROBERT PRUCEK<sup>a</sup>, LIBOR KVÍTEK<sup>a</sup>, ALEŠ PANÁČEK<sup>a</sup>, JANA SOUKUPOVÁ<sup>a</sup>, MARTINA KILANOVÁ<sup>a</sup>, ARIANA FARGAŠOVÁ<sup>a</sup>, MARTINA KARLÍKOVÁ<sup>a</sup>, MILAN KOLÁŘ<sup>b</sup> a RADEK ZBOŘIL<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> Regionální centrum pokročilých technologií a materiálů a Katedra fyzikální chemie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, 17. Listopadu 12, 771 46 Olomouc, <sup>b</sup> Ústav mikrobiologie, Lékařská fakulta, Univerzita Palackého, I. P. Pavlova 35, 771 26 Olomouc  
robert.prucek@upol.cz

Nanočástice stříbra (AgNPs) mají mezi kovovými nanomateriály výjimečnou pozici nejen díky jejich unikátním katalytickým a optickým vlastnostem, ale hlavně díky jejich vysoké biologické aktivitě. Biologická aktivita kovového stříbra je známa již tisíce let, ale nanočástice mají mnohem vyšší aplikační potenciál ve srovnání s makroskopickými formami kovového stříbra včetně jeho sloučenin<sup>1</sup>.

V současné době převládají v praxi tzv. „wet“ metody přípravy AgNPs, kdy je rozpustná sloučenina stříbra redukována vhodným redukčním činidlem. Přidavkem dalších látek do reakčního systému (polymery, povrchově aktivní látky atd.) lze navíc snadno ovlivňovat velikost, morfologii či agregační stabilitu vznikajících nanočástic. Jedna z takových metod, založená na známé Tollensově reakci, představuje velmi spolehlivou metodu přípravy AgNPs. V tomto případě je komplexní kation  $[Ag(NH_3)_2]^+$  redukován za použití redukujících cukrů jako jsou glukosa, fruktosa či maltosa<sup>2</sup>. Metoda umožňuje jednoduchou a vysoce reprodukovatelnou přípravu vodné disperze nanočástic stříbra o průměrné velikosti 25 nm s velice úzkou velikostní distribucí. Tyto nanočástice nabízejí vysoký aplikační potenciál zejména díky své vysoké antibakteriální aktivitě při nízké toxicitě vůči vyšším organismům. Využitelné jsou rovněž jako efektivní substrát pro povrchem zesílenou Ramanovu spektroskopii, kdy po aktivaci vysokými koncentracemi chloridů i vysoké zesílení Ramanova signálu i s lasery o vlnové délce v blízké infračervené oblasti. Obdobný efekt zesílení Ramanova signálu lze získat i s podstatně většími částicemi stříbra (stovky nm), které lze připravit jednoduchou modifikací výše uvedeného postupu, kdy místo amoniaku je jako komplexotvorné činidlo použit siřičitanový anion. Dalšího zvýšení aplikačního potenciálu připravených AgNPs lze dosáhnout tvorbou kompozitů s inertními substráty. Typicky je lze navázat na uhlíkaté materiály pro aplikace v oblasti dezinfekce vod či na mg. částice, umožňující jejich manipulaci pomocí mg. pole.

*Tato práce vznikla za podpory projektů OP VaVpI reg. číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0058, GAČR GAP304/10/1316, OPVK 2.3 (CZ.1.07/2.3.00/20.0056), IGA UP Olomouc (PřF\_2012\_028).*

#### LITERATURA

- Chen X., Schluesener H. J.: *Toxicol. Lett.* 176, 1 (2008).
- Kvítek L., Prucek R., Panacek A., Novotny R., Hrbac J., Zboril R.: *J. Mater. Chem.* 15, 1099 (2005).

### 5L-02 VYUŽITÍ NANOTECHNOLOGIÍ PRO ČIŠTĚNÍ VOD

**MIROSLAV ČERNÍK<sup>a</sup>, PETR KVAPIL<sup>b</sup> a RADEK ZBOŘIL<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace, Technická univerzita v Liberci, Studentská 2, 461 17, Liberec, <sup>b</sup> AQUATEST a.s., Husitská 133, Liberec, <sup>c</sup> Univerzita Palackého v Olomouci, Křížkovského 8, Olomouc  
miroslav.cernik@tul.cz

Předmětem tohoto článku je „inventura“ současného stavu a perspektiva použití nanotechnologií a biotechnologií pro čištění vod a půd. Oblast *in-situ* metod, jejichž součástí jsou výše uvedené metody, se v posledních letech dostala z oblasti výzkumu do praxe. V rámci těchto metod došlo k výraznému pokroku v použití elementárního nanoželeza jako představitel aplikovaných nanomateriálů. Jeho využití je v mnoha reakcích vedoucích k redukčnímu působení na kontaminující látky a jejich změna na látky méně toxické, méně rozpustné či sorbovatelné na vznikající koloidní částice oxidů Fe. Vedle této technologie existují však i další nanotechnologie, aplikovatelné v procesech čištění vod. Jednou z možností je využití nanočásticových ferátů (sloučenin Fe ve vysokém oxidačním stavu) pro oxidaci kontaminantů, které lze takto likvidovat. Příkladem jsou ropné látky, polyaromatické sloučeniny apod. Vedle nanočástic jsou v problematice čištění vod použitelné i nanovláknenné struktury pro čištění odpadních vod či ve spojení s membránovými technologiemi. Makrovláknna s povrchovou modifikací nanovláknny lze velmi úspěšně použít pro tvorbu biofilmu a tím výrazně zvýšit biodegradaci. Tento příspěvek nejen hodnotí současný stav těchto metod, ale ukazuje i perspektivu využití těchto technologií.

### 5L-03 VPLYV PARAMETROV IMPULZOVÉHO POKOVOVANIA NA KVALITU ZLIATINOVÝCH POVLAKOV Ni-W

**MATILDA ZEMANOVÁ, RÓBERT KURINEC,  
VLADIMÍR JORÍK a MAGDALÉNA KADLEČÍKOVÁ**

STU v Bratislave, FCHPT, ÚACHTM, Radlinského 9, 812 37 Bratislava  
matilda.zemanova@stuba.sk

Zmyslom používania impulzového pokovovania je modifikácia kvality vylúčených povlakov v porovnaní s pokovovaním jednosmerným prúdom. Rozhodujúcimi parametrami impulzového pokovovania sú pracovný cyklus a špičkový prúd. Pokovovanie impulzovým prúdom sa použilo na prípravu zliatinových povlakov Ni-W. Príprava v týchto povlakov okrem vynikajúcich mechanických vlastností zahŕňa aj environmentálny faktor (náhrada povlakov chrómu). Skúmala sa morfológia, zloženie a vlastnosti povlakov za rôznych podmienok pokovovania impulzovým prúdom s použitím elektrolytov s rozdielnou koncentráciou volfrámanu (0,282 M

a 0,4 M). Morfologie sa študovala riadkovacou elektrónovou mikroskopiou. Zloženie povlakov sa zisťovalo rtg mikroanalýzou a rtg práškovou difrakciou. Jednoznačne sa zistila súvislosť medzi podmienkami pokovovania a morfológiou a zložením povlakov. Zo získaných výsledkov vyplýva, že zvyšovaním pracovného cyklu sa dosiahne kompaktný, hladký povlak. Povlak vylúčený z elektrolytu s vyššou koncentraciou volfrámanu prispieva k tvorbe intermetallickej fázy s vyšším zastúpením volfrámu vo vrstve. Vlastnosti zliatinových povlakov sa študovali so zameraním na korózne vlastnosti. Korózne vlastnosti sa skúmali v agresívnom chloridovom médiu potenciodynamickou polarizáciou v klasickom trojelektrodovom systéme. Polarizačná krivka sa snímala v intervale od  $-0,2$  V do  $0,2$  V od samovoľného korózneho potenciálu. Použitím metódy polarizačného odporu sa vypočítala korózna rýchlosť povlakov pripravených za rozdielnych podmienok. Zloženie korózných produktov na povlakoch zdegradovaných koróznymi testami sa zisťovalo Ramanovou spektroskopiou. Na základe týchto meraní sa stanovil počet vymenených elektrónov v procese korózie v chloridovom médiu. Zistilo sa, že kompaktný, hladký povrch spolu s obsahom volfrámu 30 at.% v povlaku získaný z elektrolytu s koncentraciou 0,4 M prispieva ku vyššej korózne odolnosti v porovnaní s povlakmi pripravenými z elektrolytu s koncentraciou volfrámanu 0,282 M.

*Táto práca vznikla za podpory grantu VEGA 1/0588/11.*

#### 5L-04

#### PŘÍPRAVA A AKTIVACE NANOČÁSTIC STŘÍBRA PRO ÚČELY POVRCHEM ZESÍLENÉ RAMANOVY SPEKTROSKOPIE

**ARIANA FARGAŠOVÁ<sup>a</sup>, ROBERT PRUCEK<sup>a</sup>, ALEŠ PANÁČEK<sup>a</sup>, VÁCLAV RANČ<sup>b</sup>, VLASTIMIL MAŠEK<sup>c</sup>, LIBOR KVÍTEK<sup>a</sup> a RADEK ZBOŘIL<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> Regionální centrum pokročilých technologií a materiálů, Katedra fyzikální chemie, PřF UP, tř. 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, <sup>b</sup> Katedra analytické chemie, PřF UP, tř. 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, <sup>c</sup> Ústav farmakologie, Lékařská fakulta, Univerzita Palackého, Hněvotínská 3, 775 15 Olomouc  
ariana.fargasova@upol.cz

Nanočástice stříbra se staly běžnou součástí moderní civilizace díky jeho optickým, magnetickým či elektronickým vlastnostem. Na základě těchto unikátních vlastností se pak v nanosvětě objevují zcela nové fenomény a zcela nové formy hmoty. Zejména pak v povrchem zesílené Ramanové spektroskopii hraje velmi důležitou roli velikost a morfologie nanočástic stříbra, kde se uplatňují jako substrát při detekci jednotlivých molekul<sup>1</sup>. Maximální hodnota zesílení Ramanova signálu pro různé excitační vlnové délky použitého laseru závisí na určité velikosti částic. Např. pro běžně používaný argonový laser s excitační vlnovou délkou 514,5 nm bylo dokázáno, že částice nejvíce zesilující signál mají velikost v rozsahu 80–100 nm (cit.<sup>2,3</sup>). Naopak při excitaci v blízké infračervené oblasti spektra (1064 nm) se předpokládá, že

nejvyššího zesílení signálu bude dosaženo s částicemi o velikostech okolo 400 nm.

Uvedená práce se proto zabývá aktivací nanočástic stříbra, připravených redukcí amoniakálního komplexu stříbrných iontů D-maltosou, o průměrné velikosti 28 nm. Jako aktivací činidla primárních nanočástic stříbra byly použity halogenidové ionty ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ) o výsledné koncentraci 400 mM. Na základě měření průměrné velikosti částic, zaznamenáváním UV/Vis spekter a pozorováním snímků z transmisní elektronové mikroskopie byla v případě použití chloridu sodného prokázána rychlá a reprodukovatelná tvorba krystalů primárních nanočástic stříbra dosahujících velikostí až 400 nm po 15 minutách od přidavku NaCl. Tyto rekrystalizované nanočástice stříbra poskytují zesílení Ramanova signálu adeninu jak při excitaci ve viditelné oblasti spektra (488 nm), tak v blízké infračervené oblasti spektra (1064 nm).

*Tato práce vznikla za podpory projektů OP VaVpI reg. číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0058, GAČR GAP304/10/1316, OPVK 2.3 (CZ.1.07/2.3.00/20.0056) a vnitřního grantu UP Olomouc (PřF\_2012\_028).*

#### LITERATURA

1. Lee S. Y., Hung L., Lang G. S., Cornett J. E., Mayergoz I. S., Rabin O.: ACS Nano 4, 5763 (2010).
2. Kneipp K., Wang Y., Dasari R. R., Feld M. S.: Appl. Spectrosc. 49, 780 (1995).
3. Garrell R. L.: Anal. Chem. 61, A401 (1989).

#### 5L-05

#### STUDIUM PŘÍPRAVY A VLASTNOSTÍ KOMPOZITNÍCH MATERIÁLŮ OBSAHUJÍCÍCH NANOČÁSTICE STŘÍBRA

**MARTINA KARLÍKOVÁ<sup>a</sup>, LIBOR KVÍTEK<sup>a</sup>, ALEŠ PANÁČEK<sup>a</sup>, JAN FILIP<sup>b</sup> a JIŘÍ PECHOUŠEK<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Katedra fyzikální chemie, PřF UP, tř. 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, <sup>b</sup> Centrum výzkumu nanomateriálů, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, Šlechtitelů 11, 783 71 Olomouc  
mar.karlikova@centrum.cz

Užití nanočástic v praktických aplikacích s sebou nese v poslední době velmi diskutovaná ekologická rizika. Jedním ze způsobů jak zachovat výhodné optické, elektrické, katalytické či biologické vlastnosti nanočástic a současně předcházet jejich uvolňování do životního prostředí, je jejich zakotvení na pevném substrátu.

Naše pozornost byla věnována studiu přípravy kompozitních materiálů obsahujících nanočástice stříbra (Ag NPs) zakotvené na pevném substrátu, jimiž byly tři druhy různě povrchově modifikovaného aktivního uhlí – AC1 (94), AC2 (83) a AC3 (72), kde v závorkách je uveden obsah uhlíku stanovený elementární analýzou vzorků AC v procentech. Kompozitní materiály byly připraveny prostou adsorpcí Ag NPs z vodné disperze na vybraných adsorbentech, přičemž jejich naadsorbované množství bylo vyhodnoceno spektrofotometricky a výsledky potvrzeny metodou AAS. Získaná

data adsorpce nanočástic Ag, vynesena do podob adsorpčních izoterm ukazují, že zatímco adsorpce Ag NPs na aktivním uhlí AC1 je řízena Langmuirovým modelem adsorpční izotermy, adsorpce na aktivním uhlí AC2 a AC3 probíhá do více vrstev a lze ji popsat izotermou BET. Následně provedená studie desorpce Ag NPs z povrchu kompozitního materiálu ve vodě ukázala na vysokou afinitu nanočástic k povrchu AC, kdy v případě nanokompozitu nanoAg@AC1 dokonce metodou AAS žádné desorbované Ag ve vodném výluhu detegováno nebylo. Připravené nanokompozitní materiály byly charakterizovány metodou RTG práškové difrakce a získaná data byla podpořena TEM snímky vybraných kompozitních materiálů. U všech testovaných typů nanokompozitních materiálů byla prokázána vysoká antibakteriální aktivita vůči širokému spektru G(+) i G(-) bakterií, přičemž zjištěné MIC byly srovnatelné s inhibičními koncentracemi „volných“ Ag NPs v disperzi, připravenými rovněž modifikovaným Tollensovým procesem<sup>1</sup> za použití maltosy jako reduktantu a pohybovaly se v řádu jednotek až desítek  $\mu\text{g Ag} \cdot \text{ml}^{-1}$ .

*Tato práce vznikla za podpory projektů OP VaVpI reg. číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0058, GAČR GAP304/10/1316, OPVK 2.3 (CZ.1.07/2.3.00/20.0056) a vnitřního grantu UP Olomouc (PřF\_2012\_028).*

#### LITERATURA

1. Panáček A., Kvítek L., Prucek R., Kolář M., Večeřová R., Pizúrová N., Sharma V. K., Nevěčná T., Zbořil R.: *J. Phys. Chem. B* 110, 16248 (2006).

#### 5L-06

#### VLIV NANOČÁSTIC STŘÍBRA NA FOTOSYNTÉZU ZELENÝCH ŘAS

**MONIKA SMĚKALOVÁ<sup>a</sup>, ALEŠ PANÁČEK<sup>a</sup>, PETR ILÍK<sup>b</sup>, LIBOR KVÍTEK<sup>a</sup> a MARTIN SIVERA<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> Katedra fyzikální chemie, PřF UP, Tř. 17. listopadu 1192/12, 771 46 Olomouc; <sup>b</sup> Katedra biofyziky, PřF UP, Tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc  
monika.smekalova@upol.cz

Díky své antibakteriální aktivitě našly nanočástice stříbra široké uplatnění v mnoha spotřebitelských produktech. Různými cestami vstupují do vodního prostředí, kde mohou představovat riziko pro vodní organismy. Toxicita již byla prokázána u různých organismů, jako jsou řasy<sup>1</sup>, dafnie<sup>2</sup>, ryby<sup>3</sup> apod.

Mechanismus toxicity nanočástic stříbra není zcela vysvětlen. Není jasné, do jaké míry je toxicita spojená s vlastnostmi nanočástic samotných. Bývá připisována rozpuštění iontovému stříbru<sup>1</sup>, na které jsou vodní organismy mimořádně citlivé<sup>4</sup>.

Práce posuzuje vliv nanočástic stříbra a iontového stříbra (AgNO<sub>3</sub>) na fotosyntézu sladkovodní zelené řasy *Desmodesmus subspicatus* pomocí fluorimetrie. Fluorescenční parametry vypovídají o efektivitě fotosyntetických procesů v chloroplastech a maximální kvantový výtěžek fotochemie fotosystému II přímo odráží vitalitu organismu<sup>5</sup>.

Současně se studovala akutní toxicita (72 h) nanočástic stříbra i iontového stříbra přímým stanovením počtu jedinců. Množství iontového stříbra v disperzi se měřilo elektrochemicky.

Toxicita závisí na povrchové modifikaci a velikosti nanočástic<sup>6</sup>. Z tohoto důvodu byly použity jednak nanočástice o průměrné velikosti 29 nm, připravené redukcí amoniakálního komplexu stříbra D-maltosou a stabilizované želatinou, a jednak nanočástice o průměrné velikosti 8 nm, připravené redukcí amoniakálního komplexu stříbra borohydridem sodným a stabilizované PVA.

Ukázalo se, že nanočástice stříbra nemají na rozdíl od iontového stříbra vliv na fotosyntézu. Potvrdil se také předpoklad, že toxicita je vyšší u stabilizovaných a menších nanočástic.

*Tato práce vznikla za podpory projektů OP VaVpI reg. číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0058, GAČR GAP304/10/1316 a vnitřního grantu UP Olomouc PřF\_2012\_028.*

#### LITERATURA

1. Navarro E., Piccapietra F., Wagner B., Marconi F., Kaegi R., Odzak N., Sigg L., Behra R.: *Environ. Sci. Technol.* 42, 8959 (2008).
2. Park S. Y., Choi J.: *Environ. Eng. Res.* 15, 23 (2010).
3. Kim J., Kim S., Lee S.: *Nanotoxicology* 5, 208 (2011).
4. Ratte H. T.: *Environ. Toxicol. Chem.* 18, 89 (1999).
5. Roháček K.: *Photosynthetica* 40, 13 (2002).
6. Asghari S., Johari S. A., Lee J. H., Kim Y. S., Jeon Y. B., Choi H. J., Moon M. Ch.: *J. Nanobiotechnology* 10, (2012).

#### 5L-07

#### VLIV PŘÍRODNÍCH LÁTEK A JEJICH DERIVÁTŮ NA REDUKČNÍ PŘÍPRAVU A VLASTNOSTI NANOČÁSTIC STŘÍBRA

**MARTIN SIVERA, LIBOR KVÍTEK, ALEŠ PANÁČEK a ROBERT PRUCEK**

Katedra fyzikální chemie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc  
MartinSivera@seznam.cz

V současnosti patří studium a příprava nanočástic stříbra k jedné z nejprogresivnějších se rozvíjejících oblastí v nanotechnologickém výzkumu. Hlavním aplikačním problémem nanočástic stříbra je proces agregace, způsobující ztrátu jejich unikátních vlastností. Proto se výzkum zaměřuje na hledání vhodných látek, které zvyšují jejich agregátní stabilitu. Vhodné látky můžeme najít mezi polymery (polyvinylalkoholy, polyakrylamidy) a mezi surfaktanty (Tweeny)<sup>1</sup>. Použitím přírodních látek namísto toxických syntetických polymerů můžeme pozitivně ovlivnit toxikologické vlastnosti bez nepříznivého ovlivnění aplikačního využití<sup>2</sup>.

Cílem této práce bylo studium vlivu přírodních látek (želatiny, hydroxyethyl celulosy, xantánové gumy) na přípravu a vlastností nanočástic stříbra. Při přípravě byla použita modifikovaná Tollensova metoda, která spočívá v redukcí diaminstříbrného kationtu vhodnou redukcí látkou (maltosa,

fruktosa, kyselina askorbová, tetrahydridoboritan sodný). K charakterizaci nanočástic stříbra byla použita UV/VIS spektrometrie, dynamický rozptyl světla (DLS) a transmisní elektronový mikroskop (TEM). Nejdůležitějším sledovaným parametrem byla velikost částic, která byla stanovena s pomocí obrazové analýzy TEM snímků. Použití metody DLS se ukázalo jako nepřesné, protože metoda je vzhledem k přítomnosti přírodních polymerů a vzniku rozměrných útvarů nanočástic Ag propojených polymerními řetězci nepoužitelná. Baktericidní působení připravených nanočástic bylo stanoveno z hodnot minimální inhibiční koncentrace (MIC), což je koncentrace stříbra zastavující růst testovaných bakteriálních kmenů.

Z testovaných látek bylo nejlepších výsledků dosaženo s želatinou. Ta nejen že vykazuje obrovský stabilizační efekt, ale také ovlivňuje velikost částic (s rostoucí koncentrací želatiny získáme menší částice) a zlepšuje antibakteriální aktivitu nanočástic stříbra.

*Tato práce vznikla za podpory projektů OP VaVpl CZ.1.05/2.1.00/03.0058, GAČR GAP304/10/1316, OPVK 2.3 CZ.1.07/2.3.00/20.0056 a vnitřního grantu UP Olomouc PŘF\_2012\_028.*

#### LITERATURA

1. Kvítek L., Panáček A., Soukupová J., Kolář M., Večeřová R., Pruček R., Holecová M., Zbořil R.: *J. Phys. Chem. B* 112 (2008).
2. Wei D., Sun W., Qian W., Ye Y., Ma X.: *Carbohydr. Res.* 2009, 334.

#### 5L-08

##### VLIIV RŮZNÝCH TYPŮ SUŠENÍ NA POVRCHOVÉ VLASTNOSTI UHLÍKATÝCH AEROGELŮ

#### TOMÁŠ ZELENKA

*Katedra chemie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita v Ostravě, 30. dubna 22, 701 03 Ostrava  
tomas1.zelenka@seznam.cz*

Uhlíkaté aerogely jsou unikátní skupinou uměle připravených uhlíkatých materiálů, jejichž hlavní komponentou je vzduch (95 obj.%) rozptýlený v jejich pevnolátkové struktuře. Jedná se o materiály s nízkou hustotou, otevřenými póry, velkým vnitřním povrchem a elektrickou vodivostí. Připravují se sol-gel polykondenzací vhodných organických monomerů jako je např. resorcinol a formaldehyd za vzniku organického gelu<sup>1,2</sup>. Takto zformovaná pevná struktura je vyplněná kapalnou fází, která je prostřednictvím procesu sušení nahrazena vzduchem za vzniku organického aerogelu, ten následně skrz pyrolyzní proces přechází v uhlíkatý aerogel<sup>3</sup>, což je předurčuje pro široké aplikační spektrum v podobě adsorbentů, nosičů katalyzátorů či superkondenzátorů<sup>3-5</sup>.

Byly připraveny kyselce a zásaditě katalyzované organické gely, jež byly podrobeny různým metodám sušení. Po jejich pyrolyze proběhla charakterizace a vzájemné porovnání měrných povrchů takto vzniklých uhlíkatých aerogelů. Konkrétně se jednalo o aerogely sušené v horkovzdušné sušárně,

pod infralampou, v mikrovlnné troubě, při pokojové teplotě a s absencí sušení. Sekundárně byl kladen důraz na časovou efektivitu sušícího procesu. Bylo zjištěno, že prakticky žádná ze zvolených metodik sušení, včetně jeho absence, nemá výrazný dopad (co do velikosti měrného povrchu) na pevnou a kompaktní strukturu zásaditě katalyzovaného gelu. Tento typ uhlíkatého aerogelu si zachovával hodnoty měrného povrchu v rozmezí od 699 do 860 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. Nejvyšší hodnoty se pohybovaly u gelů sušených v sušárně a při pokojové teplotě. Nejméně vhodná je kombinace infralampy a mikrovlnného sušení. Naopak u kyselce katalyzovaných gelů se sušení při pokojové teplotě prokázalo jako nejméně vhodné (244 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>), avšak sušení v sušárně mělo za důsledek povrch o velikosti 802 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. Mikrovlnné sušení lze ovšem považovat bezkonkurenčně za nejrychlejší a trvalo několik málo desítek minut.

#### LITERATURA

1. Moreno-Castilla C., Maldonado-Hódar F. J.: *Carbon* 43, 455 (2005).
2. Job N., Théry A., Pirard R., Marien J., Kocon L., Rouzaud J.-N., Béguin F., Pirard J.-P.: *Carbon* 43, 2481 (2005).
3. Hüsing N., Schubert U.: *Angew. Chem. Int. Ed.* 37, 22 (1998).
4. Wu D., Fu R., Zhang S., Dresselhaus M. S., Dresselhaus G.: *Carbon* 42, 2033 (2004).
5. Kraiwattanawong K., Tamon H., Praserttham P.: *Microporous Mesoporous Mater.* 138, 8 (2011).

#### 5L-09

##### MAGNETIC CARRIERS FOR IMMOBILIZATION OF BIOTINYLATED TRYPSIN FOR PROTEIN DIGESTION

**MICHAELA PEČOVÁ<sup>a,\*</sup>, MAREK ŠEBELA<sup>a</sup>, ZDENKA MARKOVÁ<sup>b</sup>, KATEŘINA POLÁKOVÁ<sup>b</sup>, KATEŘINA HOLÁ<sup>b</sup>, JAN ČUDA<sup>b</sup>, KLÁRA ŠAFÁŘOVÁ<sup>b</sup>, and RADEK ZBOŘIL<sup>b</sup>**

*<sup>a</sup> Department of Protein Biochemistry and Proteomics, Centre of the Region Haná for Biotechnological and Agricultural Research, Faculty of Science, Palacký University, Šlechtitelů 11, 783 71 Olomouc, Czech Republic; <sup>b</sup> Regional Centre of Advanced Technologies and Materials, Departments of Physical Chemistry and Experimental Physics, Faculty of Science, Palacký University, Šlechtitelů 11, 783 71 Olomouc  
pecovamichaela@seznam.cz*

Magnetic micro- and nanoparticles of iron oxides with a suitable surface modification have shown many potential bioapplications including immobilization of biocomponents, use in biosensors, magnetic resonance imaging, tumor hyperthermia, cell labeling, targeted drug delivery systems and immunoassays<sup>1</sup>. The most suitable magnetic carriers are surface-stabilized to prevent agglomeration. Such a stabilization may reside in coating with polymeric substances (chitosan, cellulose, dextran, PEG etc.), which results in biocompatibility, biodegradability and nontoxicity. These appropriate coating materials usually contain active groups which can bind

e.g. drugs, proteins or even intact cells. Magnetic iron oxide nanoparticles are commonly obtained either using synthetic methods or from biological sources. As an example, the bacterium *Magnetospirillum gryphiswaldense* can be cultured for the extraction of octahedral magnetite crystals ranging in size from 20 to 50 nm. The modified magnetic particles can be used as an excellent solid support for the immobilization of enzymes.

In this work, we used two different magnetic carriers for trypsin immobilization. Firstly, avidin was immobilized onto chitosan-coated biogenic magnetite from *M. gryphiswaldense* and then a biotinylated trypsin was attached. Secondly, synthetic nanoparticles obtained by thermal decomposition of an iron-bearing precursor (BYAFERROX 110) in reductive atmosphere were modified with hydroxyl groups<sup>2</sup> and activated by sodium periodate. Then biotin-hydrazide, avidin and finally biotinylated trypsin were bound on the magnetic carrier. Both magnetic materials with differently immobilized trypsin were applied for protein digestion and characterized by thermostability, pH optimum and reusability. Magnetic properties were determined by SQUID magnetometer, size and morphology using SEM and TEM microscopy.

*This work was supported by grant ED0007/01/01 Centre of the Region Haná for Biotechnological and Agricultural Research.*

#### REFERENCES

1. Ansari S. A., Husain Q.: *Biotechnol. Adv.* 30, 512 (2012).
2. Luo X., Liu S., Zhou J., Zhang L.: *J. Mater. Chem.* 19, 3538 (2009).

#### 5L-10

#### CHÉMIA V ROZVOJI POZNANIA MDF MATERIÁLOV

**MILAN DRÁBIK<sup>a,b</sup>, EUBICA GÁLIKOVÁ<sup>a</sup>, PETER BILLIK<sup>b</sup> a MARTA KULIFFAYOVÁ<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> Ústav anorganickej chémie SAV, 842 36 Bratislava,

<sup>b</sup> Katedra anorganickej chémie PRIFUK, 842 15 Bratislava,

<sup>c</sup> Ústav stavebníctva a architektúry SAV, 845 03 Bratislava  
drabik@fns.uniba.sk

Materiálová chémia sa ako samostatná disciplína výrazne rozvíja v ostatných 15–20 rokoch, pričom jej autoritatívna definícia sa objavila len pred tromi rokmi [P. Day, L. V. Interrante, A. R. West; “Towards defining materials chemistry” (IUPAC Technical Report); *Pure & Appl. Chem.* 81, 9, 1707–1717 (2009)]. Súčasné pokroky v poznatkoch o „chemicky viazaných“ keramických a kompozitných materiáloch na báze cementu sú významne ovplyvnené materiálovou chémiou, náukou o materiáloch ako aj rozvojom súvisiacich technológií. Anorganické cementy môžu byť kombinované s niektorými polymérmi, pričom vznikajúce materiály s unikátnymi vlastnosťami – MDF materiály, neobsahujú vo svojej štruktúre makro defekty, ktoré sú typické pre hydraulické materiály na báze cementu. Reakcie tvorby MDF mate-

riálov prebiehajú v heterogénnom systéme cementu (*s*) s polymérom (*s* alebo *l*) a vodou (*l*). Stredne vysoký tlak a špecifický spôsob miešania, predstavujúce v podstate mechanochemické podmienky syntéz, vedú k sieťovaniu atómov na rozhraniach cementovej a polymérnej zložky.

Mechanochemické úpravy surovín pred samotnými MDF syntézami však dosiaľ neboli testované, sú prezentované v tomto príspevku. MDF syntézam, ktorých postup je dostatočne známy, boli predradené mechanochemické úpravy surovinovej zmesi; suroviny boli vo vysokoenergetickom planetárnom mlyne TB 1 s oceľovými guľami predupravované v dávkach navažovaných tak, aby sa zachoval mlecí pomer 1:10; mletie trvalo 1–10 minút. Výsledky fyzikálno-chemických analýz ukazujú, že takýmito predúpravami vzniká prekurzor MDF materiálu; priamo po mechanochemických úpravách bol totiž metódami termickej analýzy v upravených surovinách potvrdený určitý rozsah sieťovacích interakcií typu Al(6)–O–P(4). Podmienky mechanochemických predúprav boli z tohto aspektu optimalizované. Mechano-chemické efekty teda iniciujú atomárne sieťovanie na rozhraní cement / polymér, takáto úprava surovinových zmesí MDF materiálov zefektívňuje samotné reakcie tvorby MDF materiálov prebiehajúce pod tlakom a pri použití špecifických spôsobov miešania. Ako predúpravy tak aj následné syntézy majú potenciál zvýšiť odolnosť MDF materiálov voči vlhkosti. Ďalšie štúdium bude však vyžadovať aj technologicky relevantné podmienky spracovania a využiteľnosti.

*Práca vznikla za podpory VEGA, projekt 2/0020/11 (Slovensko) a Comet K2, projekt A2. 15 (Rakúsko).*