

# Doktorské studium na ústavu chemie a technologie sacharidů VŠCHT Praha

Příspěvek na Cukrovarnicko-lihovarnické konferenci 2011

DOCTORAL STUDIES (PHD) AT ICT PRAGUE, DEPARTMENT OF CARBOHYDRATE CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

Evžen Šárka, Zdeněk Bubník, Pavel Kadlec, Vladimír Pour  
Ústav chemie a technologie sacharidů, VŠCHT Praha

## Organizace doktorského studia na VŠCHT

VŠCHT Praha uskutečňuje vysokoškolské studium ve třech typech studijních programů – bakalářském, magisterském nebo doktorském. Doktorské studijní programy (DSP) jsou zaměřeny na vědeckou a samostatnou tvůrčí činnost studentů v oblasti výzkumu a vývoje.

Forma doktorského studia ve studijních programech uskutečňovaných na VŠCHT Praha je:

- prezenční s časově standardně rozloženým studijním plánem a kontrolou plnění studijních požadavků; studium trvá čtyři roky,
- kombinací prezenční a distanční formy, tzn., umožňuje doktorandům plnit své pracovní povinnosti a současně si zvýšit kvalifikaci; v případě kombinované formy DSP je maximální doba studia sedm let.

V současnosti se ústav chemie a technologie sacharidů věnuje sedmi doktorandům prezenčního studia a pěti doktorandům studia kombinovaného.

Studium DSP probíhá podle individuálního studijního plánu pod vedením školitele. Školitele jmenuje děkan z řad profesorů a docentů VŠCHT Praha a jiných vysokých škol a z řad dalších významných odborníků daného oboru. Jmenování školitele, jemuž nebylo ukončeno habilitační řízení je podmíněno schválením vědeckou radou fakulty.

Součástí každého studijního plánu je složení minimálně tří vybraných zkoušek doktorského programu, obhájení prováděné práce v angličtině na tzv. anglické konferenci a složení doktorských státních zkoušek před komisí. Studium končí obhájením doktorské disertační práce.

Doktorand je každý rok hodnocen podle dosažených výsledků, kde je zvaženo složení zkoušek a výzkumná a publikační aktivita. Tyto výsledky se přímo projeví ve výši stipendia. Další motivujícím prvkem je účast v grantových projektech, a to jednak školních (oborových a badatelských) a jednak ve standardních projektech různých agentur ČR i zahraničních. Významná činnost doktorandů zejména v technologických programech je navázána na společný výzkum s průmyslovými podniky a výzkumnými organizacemi. Další velmi důležitou aktivitou je účast studentů doktorského studia v programu ERASMUS, ve kterém studují 1 až 2 semestry na vybrané zahraniční universitě.

Ústav chemie a technologie sacharidů zahrnuje čtyři výzkumné týmy, jejichž představitelé jsou současně školiteli doktorského studia. Jde o tyto skupiny:

Skupina procesů *prof. Ing. Z. Bubníka, CSc.* má dlouholeté zkušenosti se separačními technikami – tlakovými membránovými procesy, chromatografickou separací a krystalizačními procesy. Kromě toho je zde k dispozici i dostatek zkušeností s potřebnou analytickou technikou – např. isotachoforesou a HPLC kapalinovou chromatografií.

Skupina chemie a technologie škrobu *Ing. E. Šárky, CSc.* má zkušenosti v oblasti měření velikosti částic, zabývá se heterogenními reakcemi na bázi škrobu a podílí se na vývoji biodegradabilních plastů.

Skupina polysacharidů *prof. Ing. J. Čopíkové, CSc.* se řadu let věnuje izolacím a analytice polysacharidů. Má množství zkušeností v oblasti spektrálních metod. Prof. Čopíková je spolu s Ing. Šárkou hlavním organizátorem mezinárodní vědecké konference Polysaccharides-Glycoscience.

Skupina cereální chemie a technologie, která zahrnuje *doc. Ing. J. Příbodu, CSc., doc. Ing. M. Hruškovou, CSc. a Ing. M. Slukovou, Ph.D.* se věnuje vývoji receptur nových cereálních výrobků, jejich analytickému a senzorickému hodnocení.

## Zaměření doktorského prezenčního studia

V současnosti je hlavní pozornost doktorského prezenčního studia věnována studiu polysacharidů.

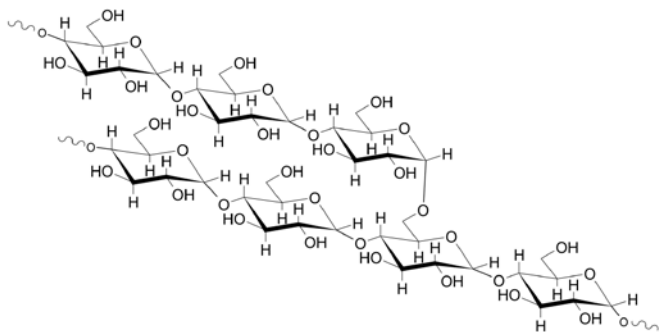
Polysacharidy jsou důležitou složkou živé hmoty spolu s proteiny a nukleovými kyselinami. Tyto *makromolekulární látky* se v přírodě vyskytují v tkáních živočichů, v pletivech a buňkách rostlin, řas vyšších hub a mikroorganismů. Slouží jako zásobní zdroj energie, jako součást stavebních struktur tkání a ochranných částí organismů a jako ochranné látky.

Polysacharidy jsou *důležitými surovinami* v řadě průmyslových odvětví. Celulosa, ve které jsou glukosové jednotky vázány  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4) glykosidovou vazbou, se využívá především v papírenském průmyslu. V potravinářství je využíván např. pektin, což je strukturální heteropolysacharid obsahující řetězce  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) D-galakturonové kyseliny.

K řadě potravinářských i nepotravinářských aplikací se používá *izolovaný škrob*, skládající se ze dvou  $\alpha$ -D-glukanů – lineární amylosy, což je polymer glukosy s glykosidovou vazbou  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4), a z rozvětveného amylopektinu s vazbami  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) a  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6) (obr. 1.)

Škrob je základním polysacharidem, který se ve světě – kromě vedlejších produktů z výroby cukru – využívá k výrobě bioethanolu, perspektivně se uvažuje i s využitím lignocelulosové

Obr. 1. Amylopektin jako jedna ze složek škrobu



biomasy (1). Podobné suroviny lze předpokládat i pro výrobu biobutanolu (2).

V ČR se škrob v současnosti získává ze zrn pšenice a hlíz brambor, importuje se ale i škrob kukuřičný, rýžový či tapiokový. Zrna *pšeničného škrobu* obsahují dvě velikostní frakce – A škrob s širokou oblastí využití a malá zrna B-škrobu. Kromě tvaru a velikosti se bimodální škrobová zrna liší dalšími charakteristikami: podílem amylosy, obsahem lipidů a bílkovin, délkou řetězců amylopektinu, krystalinitou, teplotami mazovatění apod. (3).

V poslední době se pšeničný B-škrob produkuje i v sušené formě, a proto jsou hledány další směry jeho využití. Jednou z takových možností je využití škrobu *do biodegradabilních plastů*, které vychází z biologické rozložitelnosti tohoto polysacharidu jako uhlíkatého zdroje. Výhodou je přitom i to, že škrob patří mezi levné obnovitelné suroviny (4, 5).

Jsou hledány i další cesty pro zvýšení ekonomické efektivity výroby bramborového škrobu, např. kombinací výroby bramborového škrobu s výrobou škrobu hrachového, nebo nepotravinářským využitím tohoto výrobku.

*Větvené (1→3)β-glukany*, kde základní strukturu tvoří řetězce anhydroglukosových jednotek vázaných β-(1→3) glykosidovou vazbou, jsou produkovány vyššími houbami, zvláště dřevními, např. rodu *Phellinus* (obr. 2.) a *Inonotus* (čeleď *Hymenochaetaeae*). Tyto (1→3)β-glukany podporují imunitu a vykazují léčivé účinky nejen při vnitřním, ale i při zevním použití. Byly popsány pozitivní účinky β-glukanů na hojení popálenin, rozsáhlých poranění, otevřených zlomenin a běrcových vředů.

Dřevní houby určené k těmto aplikacím se většinou získávají sběrem nebo se kultivují v pěstírnách. Poměrně novým postupem je submersní kultivace těchto organismů, avšak složení produktu získaného submersní kultivací se může výrazně lišit od složení plodnic, což se může projevit i na biologických účincích získaných produktů.

*Nižší řasy* obsahují ve svých buněčných stěnách různé polysacharidy, které až na celulosu jsou strukturně odlišné od polysacharidů vyšších rostlin. Řada z těchto polysacharidů je biologicky aktivní, a proto je lze použít v lékařství a farmacii. Mezi polysacharidy řas se řadí i látky s širokým uplatněním v potravinářství jako např. již uvedené *karagenany* nebo *alginové kyseliny* – lineární kopolymery β-D-mannurové kyseliny a α-L-guluronové kyseliny spojené glykosidovými vazbami (1→4) (6).

Součástí buněčných stěn vyšších rostlin jsou kromě již zmíněné celulosy a pektinu *bemicelulosy*, což je společný název pro strukturní necelulosové polysacharidy buněčných stěn rostlin, které vyplňují prostory mezi celulosovými vlákny, mezi tyto látky patří např. xyloglukan (7). V současnosti se studují modelové systémy syntézy, struktury a funkce stěny rostlinných buněk (8).

Obr. 2. *Phellinus chrysoloma* 879 II, původ – Moravský kras, NPR Vývěry Punkvy, smrč

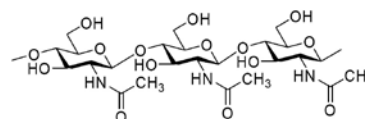
*Chitin* (obr. 3.) je lineární kopolymer N-acetyl-β-D-glukosaminu a β-D-glukosaminu. Je součástí schránek korýšů, hmyzu a dalších bezobratlých živočichů. Parciální alkalickou hydrolyzou se z něj připravuje polysacharid *chitosan*, který se využívá v potravinářství a ve farmacii (9). Tato látka má pozitivní účinky na obsah cholesterolu a tuků v krevním séru (10).

*Chemická modifikace* polysacharidů vede k výrazným změnám fyzikálních a chemických vlastností polysacharidů. Např. navázání benzylových, alkylových nebo acylových skupin na polysacharid zvyšuje jeho *hydrofobní vlastnosti* (11, 12, 13). Může být změněn i elektrický náboj – kvarternizace aminových skupin vede ke vzniku polyelektrolytu. U *modifikovaných škrobů* využívaných v potravinářství se sledují především reologické vlastnosti a náchylnost k retrogradaci. Modifikací cereálních, fungálních a mikrobiálních β-glukanů, u kterých byl prokázán příznivý vliv na zdraví, mohou vznikat nové deriváty, které svými vlastnostmi předčí základní materiál.

*Celulosa* může být přeměněna na široké spektrum derivátů s požadovanými vlastnostmi pro různé aplikace. Oxidovaná celulosa patří mezi netoxické, biokompatibilní a biodegradabilní materiály a z tohoto důvodu nachází široké uplatnění v potravinářském a ve farmaceutickém průmyslu (14, 15).

V některých aplikacích je výhodné, aby řetězce monosacharidových jednotek byly kratší, než u polysacharidů. Klasickým příkladem jsou galaktooligosacharidy (GOS) – nestavitelné sacharidy s krátkým řetězcem podporující a udržující růst prospěšných bakterií, hlavně bifidobakterií v tlustém střevu. Využívají se jako prebiotika a funkční přísady potravin, mají vliv na omezení rizika vzniku rakoviny tlustého střeva a na celkovou podporu imunity organismu. GOS dále vykazují zajímavý fyziologický efekt, a to nízkou hodnotu energie (jen asi 6,3 kJ.g<sup>-1</sup>). GOS jsou nekariogenní (nejsou vstřebávány mikroorganismem *Streptococcus mutans* v ústech) a zvyšují absorpci minerálů (16).

Obr. 3. Chitin



Polysacharidy jsou v rostlinném materiálu často doprovázeny i dalšími látkami, které si zasluhují pozornost ve vazbě na kvalitu konečných potravinářských produktů – jde např. o bílkoviny, monosacharidy a oligosacharidy, lipidy, vitaminy, minerální látky či antioxidanty. Při izolaci polysacharidů z přírodních materiálů je často velmi účelné řešit paralelně separaci i těchto doprovodných biologicky cenných látek. Typickým příkladem jsou cereální suroviny, kde za klíčovou složku jsou považovány bílkoviny lepků, skládajícího se ze dvou frakcí: gliadinu a glutelinu.

### Plán oborového projektu ústavu v rámci interní grantové agentury na rok 2011

Doktorandi zahrnutí v projektu mají zkušenosti s prací na analytických přístrojích a mají již zkušenosti i s publikací naměřených dat ve formě přednášek, posterů a článků.

Předkládaný projekt má následující zaměření: Aplikace moderních separačních metod, umožňujících izolaci vybraného polysacharidu od ostatních látek:

Práce bude v této oblasti zaměřena zejména na extrakce a izolace škrobu z různých odrůd brambor a hrachu (17), exopolysacharidu z řasy *Dictyosphaerium*,  $\beta$ -glukanů vyskytujících se ve plodnicích dřevních hub rodů *Phelelimus* a *Inonotus*, kontinuální chromatografickou separací galaktooligosacharidů z hydrolyzátů syrovátky (18).

### Aplikace enzymových, spektrálních, chromatografických a další instrumentálních metod určených k identifikaci nativních a modifikovaných polysacharidů a oligosacharidů

Studium a vývoj uvedených metod bude zaměřen na následující aplikace: stanovení molární hmotnosti pomocí gelové chromatografie; analýza enzymovými metodami (19); proměření infračervených a UV-Vis spekter (20, 21) ke studiu modifikovaných polysacharidů, bílkovin, k porovnání změn ve složení polysacharidů buněčných stěn *Arabidopsis thaliana*, k určení struktury exopolysacharidu z řasy *Dictyosphaerium* a polysacharidů z plodnic a submersních kultur dřevních hub (22); HPLC-kapalinový chromatograf (Dionex) s anexovou náplní a pulzní amperometrickou detekcí a izotachoforéza budou využívány k analýze frakcí GOS, izolovaných polysacharidů a bílkovin po předchozí hydrolyze; struktura polysacharidů bude analyzována pomocí NMR a methylační analýzy s GC-MS detekcí.

### Studium kinetiky a průběhu reakce vybraných polysacharidů

Bude proměřena kinetika hydrolyzy pšeničného B-škrobu. Bude sledován průběh acetylace a benzylace B-škrobu, bude hledán vhodný postup pro přímou amidaci oxidované celulosy bez nutnosti přípravy methylesteru jako reaktivnějšího meziprojektu. Dále se předpokládá provést i specifickou oxidaci chitinu a chitosanu.

### Využití modifikovaných polysacharidů k přípravě biodegradabilních plastů a kompozitů

Připravené deriváty B-škrobu a  $\beta$ -glukanů budou využity k přípravě nových zajímavých materiálů, zejména biodegradabilních plastů. Budou připraveny plastové fólie a testovány mechanické vlastnosti a schopnost biodegradability.

## Připravenost pracoviště

### Analytická technika

Ústav chemie a technologie sacharidů má dlouholeté zkušenosti s technikou infračervené spektroskopie, které byly publikovány v řadě vědeckých prací. Je vybaven infračerveným spektroskopem Nicolet 6700, který pracuje v oblasti vlností 400–10 000  $\text{cm}^{-1}$  s rozlišením 0,1 až 8  $\text{cm}^{-1}$ . Kromě toho disponujeme také UV-Vis spektrometrem UV4 (Unicam, Velká Británie) pro měření absorpčních spekter a analýzu barvy.

Ústav je dále vybaven přístrojem na kapalinovou chromatografii na anexech Dionex BioLC. S touto technikou jsou na ústavu rovněž rozsáhlé zkušenosti a je bohatě využívána k analýze širokého spektra monosacharidů a oligosacharidů s nízkou mezí stanovitelnosti. Ke stanovení distribuce molekulových hmotností oligosacharidů nebo polysacharidů je ústav vybaven stavebnicí na gelovou chromatografii, přičemž jsou využívány kombinace tří kolon PL-aquagel s různým rozsahem molekulových hmotností.

Pro získání NMR spekter, XRD difraktogramů či hodnot elementární analýzy využíváme možností centrálních laboratoří VŠCHT.

### Procesní vybavení

Na Ústavu chemie a technologie sacharidů VŠCHT v Praze byla ve spolupráci s Ústavem počítačové a řídicí techniky VŠCHT v Praze a firmou Mikropur, s. r. o., vyvinuta kontinuální chromatografická separační stanice KCHS-SMB-8-N umožňující diskontinuální i kontinuální separaci (23, 24).

## Doktorské práce ukončené pro průmysl v posledních letech a výhled do budoucnosti

Od roku 1993 bylo úspěšně obhájeno následujících dvacet doktorských prací (vč. roku obhajoby):

- Jana Žáčková: Enzymová hydrolyza škrobu, 1993.
- Vladimír Pour: Identifikace procesu krystalizace, 1994.
- Pavla Brůhová: Hodnocení technologické jakosti cukrovky, 1996.
- Pavel Blatný: Využití kapilární analýzy v analytice krmiv, 1996.
- Juraj Kilian: Homogenita krmných směsí z hlediska obsahu specificky účinných látek, 1997.
- Jolana Křížová-Tarkošová: Využití spektrálních a chromatografických metod v potravinářské analytice, 2000.
- Andrii Synytsya: Biological role of acid polysaccharides, 2000.
- Andrea Hinková: Utilisation of agricultural products and waste material in non-food applications, 2002.
- Petra Vaňátová: Mikrobiologické procesy v pekárenských provozech, 2002.
- Markéta Hrstková: Čištění přírodních extraktů membránovými procesy, 2003.
- Petra Jankovská: Studium minoritních látek vázaných na potravinářské významné polysacharidy, 2003.
- Marcela Černá: Polysacharidy v potravinách a jejich identifikace, 2003.
- Irena Šmídová: Studium fyzikálně-chemických vlastností cukrovinkářských hmot, 2005.
- Jitka Pinkrová-Kaasová: Chemické, fyzikální a biochemické změny při mikrovlnném ohřevu obilovin, 2006.

- Michaela Skulinová: Chemické a biochemické změny při klíčení a sušení obilovin, 2006.
- Petra Blafková: Studium potravinářsky důležitých polysacharidů a jejich derivátů, 2006.
- Ondřej Jirsa: Predikce vlastností cereálních surovin, meziproduktů a výrobků, 2007.
- Ivan Švec: Reologie fermentovaných těst, 2007.
- Anežka Veselá-Trilčová: Využití fyzikálně-chemických metod při hodnocení kakaového prášku, 2010.
- Svatopluk Henke: Modelování, simulace a řízení separačních procesů, 2010.

Osvědčuje se forma jak denního studia, tak zvláště studia kombinovaného, které je výrazem spolupráce vzdělávací instituce s průmyslem. Při něm doktorandi-zaměstnanci potravinářského podniku řeší výzkumné problémy, z kterých má jejich mateřská firma konkrétní užitek. Zvláště tuto formu předpokládáme do budoucna jako perspektivní.

*Doktorské studium je financováno z účelové podpory na specifický vysokoškolský výzkum MŠMT (Rozhodnutí č. 21/2011).*

### Souhrn

Článek je věnován organizaci doktorského studia na ústavu chemie a technologie sacharidů VŠCHT Praha. Základní témata oboru doktorského studia v denním studiu se týkají polysacharidů – článek charakterizuje jednotlivé skupiny polysacharidů, uvádí používané techniky k jejich studiu, vybavenost pracoviště a související literaturu. Od roku 1993 úspěšně absolvovalo doktorské studium 20 studentů. V kombinovaném studiu se osvědčuje spolupráce doktorandů s potravinářským průmyslem.

**Klíčová slova:** doktorské studium, polysacharidy, škrob,  $\beta$ -glukany, analýzy, potravinářství.

### Literatura

1. HROMÁDKO, J. ET AL.: Výroba bioetanolu. *Listy cukrov. řepář.*, 126, 2010, s. 267–269.
2. PATÁKOVÁ, P. ET AL.: Exploitation of food feedstock and waste for production of biobutanol. *Czech J. of Food Sci.*, 27, 2009, s. 276–283.
3. ŠÁRKA, E.; BUBNÍK, Z.: Morfologie, chemická struktura, vlastnosti a možnost využití pšeničného B-škrobu. *Chem. listy*, 104, 2010, s. 318–325.
4. SAHOO, P. K.; RANA P. K.: Synthesis and biodegradability of starch-g-ethyl methacrylate/sodium acrylate/sodium silicate superabsorbing composite. *Journal of Materials Science*, 41, 2006, s. 6470–6475.
5. WILLET, J. L.: Starch in polymer compositions. In BE-MILLER J., WHISTLER, R. (edit.): *Starch: Chemistry and Technology*. Burlington/London/San Diego/New York: Academic Press/Elsevier, 2009, s. 715–743.
6. DOMOZYCH, D. S.: Algal cell walls. In *Encyklopedia of life sciences*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2006.
7. ZABLACKIS, E. ET AL.: Characterization of the cell-wall polysaccharides of *Arabidopsis thaliana* leaves. *Plant Physiol.*, 107, 1995, s. 1129–1138.
8. REITER, W.-D.: Arabidopsis thaliana as a model system to study synthesis, structure, and function of the plant cell wall. *Plant Physiol. Biochem.*, 36, 1998, s. 167–176.
9. VAVŘÍKOVÁ, E.; VINŠOVÁ, J.: Chitosan a jeho farmaceutické aplikace. *Chem. listy*, 103, 2009, s. 56–65.
10. NOTIN, L. ET AL.: Morphology and mechanical properties of chitosan fibers obtained by gel-sinching: Influence of the dry-jet-stretching step and ageing. *Acta Biomaterialia*, 2, 2006, s. 387–402.
11. ŠÁRKA, E. ET AL.: Preparation of acetates with high degree of substitution from wheat B-starch. In *19<sup>th</sup> International Congress CHISA*, Praha, 2010, CD-ROM of Full Texts.
12. KOLÁČEK, J. ET AL.: Charakterizace acetylovaného B-škrobu měřením velikosti částic pomocí image analysis a laserové difrakce a hodnocením spekter NMR a FT-IR spektroskopie. In *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Polysaccharides-Glycoscience*. Praha, 2009, CD-ROM.
13. ŠÁRKA, E. ET AL.: Effect of reaction time on the acetylation of wheat B-starch and characterization of the product. In *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Polysaccharides-Glycoscience*. Praha, 2010, str. 200–205.
14. TAUBNER, T. ET AL.: Deriváty oxidované celulosy. In *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Polysaccharides-Glycoscience*. Praha, 2009, CD-ROM.
15. KONSECK, E.: Oxidized cellulose (GELFOAM) as a haemostatic factor in general surgery. *Canad. M. A. J.*, 742, 1955, s. 218–219.
16. DELZENNE, N. M.: Oligosaccharides: state of the art. In *Proceedings of the Nutrition Society*. 62, 2003, s. 177–182.
17. HRUŠKOVÁ, K.; ŠÁRKA, E.; BUBNÍK, Z.: Isolation of starch and protein from pea seeds. In *19<sup>th</sup> International Congress CHISA*. Praha, 2010, CD-ROM of Full Texts.
18. HINKOVÁ, A. ET AL.: A study of filtration kinetics and separation efficiency during whey purification and fractionation. In *19<sup>th</sup> International Congress CHISA*. Praha, 2010, CD-ROM of Full Texts.
19. SYNITSYA, A. ET AL.: Enzymová a fluorescenční analýza polysacharidů izolovaných z ječmenu: Vliv plísňové infekce a rozdílů odrůd. *Chemické listy*, 104, 2010, s. 684–691.
20. LHOTÁKOVÁ, E. ET AL.: Classification of barley using vibration spectroscopy and multivariate analysis. *Potravinářstvo*, 4, 2010 (mimoriadne vyd.), s. 52–56.
21. GOMBA, G. K. ET AL.: The multivariate analysis of FT-IR and FT-NIR spectra of wood-destroying mushrooms of the genera *Phellinus* and *Inonotus*. In *11<sup>th</sup> European Training Course on Carbohydrates*. Wageningen, 2010.
22. NOVÁK, M. ET AL.: Polysacharidové komplexy dřevních hub rodů *Phellinus* a *Inonotus*. *Chem. listy*, 104, 2010, s. 236–242.
23. BUBNÍK, Z. ET AL.: Application of continuous chromatographic separation in sugar processing. *Journal of Food Engineering*, 61, 2004, s. 509–513.
24. HENKE, S.; KUBÁT, M.; BUBNÍK, Z.: The new simulated moving bed pilot plant-modelling, simulation and application. *Journal of Food Engineering*, 87, 2008, s. 26–33.

### Šárka E., Bubník Z., Kadlec P., Pour V.: Doctoral Studies (PhD) at ICT Prague, Department of Carbohydrate Chemistry and Technology

The paper is devoted to the organization of PhD studies at ICT Prague, Department of Carbohydrate Chemistry and Technology. The basic topics for full-time PhD students are related with polysaccharides. The article describes chosen polysaccharides, gives the used techniques, instrumentation and related references. Since 1993, 20 PhD students finished successfully their studies. Students working in food factories have proved themselves to be helpful for employers.

**Key words:** PhD studies, polysaccharides, starch,  $\beta$ -glucans, analyses, food industry.

### Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Evžen Šárka, CSc., Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav chemie a technologie sacharidů, Technická 5, 166 28 Praha 6 Dejvice, Česká republika, e-mail: evzen.sarka@vscht.cz