

**PRIRODZENÉ ZDROJE OBILNINOVÉHO β -D-GLUKÁNU
A JEHO ZDRAVIU PROSPEŠNÝ EFEKT
NATURAL SOURCES OF CEREAL β -D-GLUCAN
AND IT'S HEALTH BENEFICIAL EFFECTS**

**Havrlentová Michaela, Kraic Ján, Šupová Jana, Hozlár Peter, Benková Michaela,
Čičová Iveta, Hauptvogel Pavol**

Centrum výskumu rastlinnej výroby Piešťany, Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany

Summary

β -D-glucan is a cell wall polysaccharide occurred in selected cereals. Oat (especially naked with the mean value of 4.75 %) and barley (4.16 %) seeds are natural sources of this substance characterized by broad spectrum of health beneficial effects (lowering cholesterol and glucose levels, modeling the immune system, scavenging free radicals and others). 3 g of β -D-glucan during a day are sufficient for those effects. Oat flakes and peeled barley contain 3.67 and 3.55 % of β -D-glucan, respectively, so consuming 80 g of such products can help to prevent the organism against some diseases.

Key words: β -D-glucan, cereals, oat, health benefits

ÚVOD

(1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -D-glukán (zjednodušene β -D-glukán) je polysacharid bunkovej steny nachádzajúci sa iba v obilninách a v trávach a v malom množstve druhov radu *Poales*. Jeho najvýznamnejšími zdrojmi sú ovos a jačmeň (Havrlentová a Kraic, 2006), najmä otruby ich zŕn (Butt et al., 2008). β -D-glukán je lineárny, vo vode čiastočne rozpustný homopolysacharid (Mäkki a Virtanen, 2001). Tvoria ho glukózové jednotky pospájané β -(1 \rightarrow 3)- a β -(1 \rightarrow 4)-glykozidovými väzbami (Beer et al., 1995; Rimsten et al., 2003) zastúpenými v rôznom pomere.

Štruktúra β -D-glukánu má vplyv na jeho rozpustnosť vo vode. Molekulové hmotnosti, zistené pomocou vysoko účinnej kvapalinovej chromatografie (HPLC), boli 500.000 g.mol⁻¹ pre rozpustný a menej než 200.000 g.mol⁻¹ pre nerozpustný β -D-glukán. Vzhľadom k zdraviu prospešným účinkom sa práve rozpustný β -D-glukán (s vyššou molekulovou hmotnosťou a schopnosťou tvoriť gély) študuje podrobnejšie (Böhm a Kulicke, 1999a; b). Jeho zastúpenie v zrne obilnín klesá v poradí: ovos > jačmeň > pšenica (Gajdošová et al., 2007). Podľa definície však oba druhy β -D-glukánu patria medzi potravinovú vlákninu (AACC, 2001).

β -D-glukán má široké spektrum pôsobenia na ľudský aj živočíšny organizmus. Ako aktívna zložka rozpustnej potravinovej vlákniny vzhľadom k svojim viskóznym vlastnostiam veľmi účinne znižuje posprandiálnu glykémiu diabetikov aj inzulínovú odpoveď (Alminger a Eklund-Jonsson, 2008). Denný príjem potravín obohatených o zdroje β -D-glukánu výrazne znižuje riziko vzniku srdcovo-cievnych chorôb (Keogh et al., 2003) a tiež znižuje hladinu celkového aj LDL-cholesterolu v krvi (Kerckhoffs et al., 2003; Ruxton a Derbyshire, 2008).

Okrem toho je β -D-glukán veľmi účinným aktivátorom imunitných procesov. Jeho pravidelná denná konzumácia výrazne stimuluje bunky imunitného systému (Ross et al., 1999) a pomáha odštartovať celý rad ďalších obranných mechanizmov (Olsson a Sundler, 2007). β -D-glukán má jedinečné bioaktívne účinky, pretože priamo aktivuje bunky imunitného systému a organizmus nezaplavuje nežiadúcimi chemickými látkami a zápalovými cytokínmi (Yun et al., 1997; 1998).

β -D-glukán sa už dávno používal v orientálnej medicíne ako prostriedok pri liečbe rakoviny. Z roku 1975 (Mansell et al., 1975) pochádza prvá vedecká zmienka o účinku β -D-glukánu na činnosť nádorového tkaniva. Kolektív autorov lokálne injekčne podával β -D-

glukánovú suspenziu do lézie melanómu. Následný histologický obraz tkaniva preukázal zmiznutie tumoru a zvýšené množstvo makrofágov. Už dávka 0,6 mg β -D-glukánu na 1 kg živej váhy má protinádorovú aktivitu (Murphy et al., 2004) a výskum v tejto oblasti naďalej pokračuje. Nedávno sa zistilo, že ovsené otruby majú vďaka vysokému obsahu β -D-glukánu významný preventívny účinok pre vznik niektorých chorôb tráviaceho traktu, najmä ulceróznej kolitídy a rakoviny (Nilsson et al., 2008).

V klinickej praxi sa β -D-glukán využíva ako významný stimulátor hemopoetickej aktivity kostnej drene aj ako účinný lapač a zhášač voľných radikálov (Hirasawa et al., 1999; Mattila et al., 2005). Pôsobí i ako podpora organizmu pri nadmernej fyzickej či psychickej záťaži, pri liečbe antibiotikami, pri chemoterapii a rádioterapii (Charalampopoulos et al., 2002).

MATERIÁL A METÓDY

Obsah β -D-glukánu sme v práci sledovali v jačmeni siatom (*Hordeum vulgare* L.) formy jarnej (111 genotypov) a nahej (9 genotypov), v ovse siatom (*Avena sativa* L.) plevnatom (75 genotypov) a nahom (10 genotypov), v pšenici (*Triticum aestivum* L., 14 genotypov), v tritordeu (*Tritordeum Aschers&Graebn*, 2 genotypy), v raži (*Secale cereale* L., 2 genotypy) a v tritikale (*Triticosecale* Wittm., 1 genotyp). Z pseudoobilnín sme hodnotili pohánku jedlú (*Fagopyrum esculentum* Moench., 14 genotypov), proso siate (*Panicum miliaceum* L., 10 genotypov) a láskavec (*Amaranthus* sp. L., 10 genotypov). Zo strukovín sme sledovali obsah celkovej potravinovej vlákniny v cíceri baraňom (*Cicer arietinum* L., 16 genotypov), lupine bielej (*Lupinus albus* L., 3 genotypy) a sóji fazuľovej (*Glycine max* L. Merr., 6 genotypov). Všetky rastlinné materiály boli poskytnuté kurátormi genetických zdrojov, ktorí pracujú pri Génovej banke SR a všetky materiály jednotlivých rastlinných druhov boli vypestované na jednej lokalite v jednom roku.

Obsah β -D-glukánu sme stanovili pomocou analytickej súpravy „Mixed linkage beta-glucan assay procedure“ od firmy Megazyme (Megazyme International Ireland). Princípom stanovenia β -D-glukánu vo vzorke (v súlade s AOAC 995.16) je suspenzácia a hydratácia vzorky v roztoku pufru s pH 6,5 pri teplote 100 °C, následná reakcia a inkubácia s enzýmom lichenáza pri teplote 50 °C, pričom z β -D-glukánu prirodzene obsiahnutý vo vzorke vznikajú beta-oligosacharidy. Nasleduje centrifugácia a po nej supernatant reaguje s enzýmom beta-glukozidáza, z beta-oligosacharidov vzniká glukóza a tá sa následne otestuje pomocou činidla GOPOD (glukóza oxidázo/peroxidáza) spektrofotometricky pri vlnovej dĺžke 510 nm. Výsledné percentuálne zastúpenie β -D-glukánu v danej vzorke sa prepočíta na hodnotu sušiny (McCleary, 2006).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V troch opakovaniach sme hodnotili 120 genotypov jačmeňa siateho, formy jarnej predovšetkým slovenského a českého pôvodu. Zistili sme významné genotypové rozdiely. Hodnoty β -D-glukánu v bunkových stenách zŕn sa pohybovali v hodnotách od najnižšej 1,86 % (odroda Nitran) po najvyššiu hodnotu 5,37 % (odroda Merkur). Zastúpenie β -D-glukánu v zrne jačmeňa je v zhode s výsledkami iných autorov (napr. Ehrenbergerová et al., 2003; Grausgruber et al., 2004), kde sa obsah danej látky pohybuje v rozmedzí 3,0-4,5 % (Kuusela et al., 2004), príp. 4,38 % (Izydorczyk et al., 2000). My sme pozorovali priemernú hodnotu 4,16 % v prepočte na sušinu. Literárne zdroje však dokumentujú, že na obsah β -D-glukánu obilnín má okrem genotypu významný podiel i prostredie. Holthaus et al. (1996) uvádza heritabilitu v rozmedzí 0,27 - 0,58, pričom genotyp je prostrediu nadradený.

Prítomnosť β -D-glukánu v bunkových stenách jačmeňa v nerozpustnej forme však, okrem pozitívneho vplyvu na nutričné a preventívno-lekárske parametre, negatívne ovplyvňuje extraktívnosť sladu a v pivovarníckej technológii niektoré vlastnosti sladu, akými sú filtrovateľnosť a penivosť piva. Zvýšená prítomnosť β -D-glukánu spôsobuje tvorby zrazenín, ktoré negatívne vplyvajú na kvalitu i skladovateľnosť výsledného tekutého produktu (Bamforth, 1982, Batty et al., 1991), preto je všeobecným cieľom šľachtiteľov znižovať obsah tejto látky v jačmeňoch určených na sladovnícke účely.

Ovos obsahuje menej β -D-glukánu v bunkovej stene v porovnaní s jačmeňom. Jeho priemerná hodnota bola pri našom hodnotení 85 genotypov ovsa 3,49 %. Obsah β -D-glukánu v odrodách ovsa siateho európskeho pôvodu sa v literatúre uvádza v rozmedzí 2,57-5,26 % s priemernou hodnotou 3,89 % (Redaelli et al., 2003), prípadne 3,64 % (Grausgruber et al., 2004). Treba však pripomenúť, že na obsah β -D-glukánu má významný vplyv prostredie i genotyp. Vplyvom genotypu môže obsah β -D-glukánu kolísať v rozmedzí 1,8 - 8,5 % (Ames, 2002). Pri bežne pestovaných ovsoch sa obsah β -D-glukánu pohybuje v rozmedzí 1,5-4 % pre plevnaté genotypy (Hubík a Tichý, 1996) a 3,3 - 6,1 % pre nahé (Štěrba, 2002). Odrody s najvyšším obsahom β -D-glukánu sa však bežne nepestujú.

Najvyšší obsah β -D-glukánu vykazoval genotyp Neon (5,37 %) a najnižší sme pozorovali pri odrode Kubanskij (1,89 %). V hodnotení sa vynímal nahý genotyp SV-5 (šľachtiteľský materiál VŠS Vígľaš-Pstruša) s priemernou hodnotou 8,07 %. Genotyp má dobrú úrodnosť a vyznačuje sa aj dobrou odolnosťou voči múčnatke, do štátnych odrodových skúšok však nepostúpil pre nevyrovnanosť.

Z našich výsledkov celkovo vyplýva, že nahé odrody ovsa disponujú vyšším obsahom β -D-glukánu (v priemere 4,75 %) než plevnaté, v ktorých sa obsah tejto látky pohyboval v rozmedzí 1,89 - 4,80 % (priemerná hodnota 3,20 %), preto sú nahé ovsy veľmi vhodné prirodzené zdroje zdraviu prospešného β -D-glukánu a možno ich odporúčať do šľachtiteľskej i priemyselnej praxe ako jeho prirodzené donory. Obsah β -D-glukánu v súbore nahých ovsov stúpá v poradí: Abel < Adam < Avenuda < Izak < Salomon < Detvan < PS-106 < PS-90 < SV 5 < Neon. Genotypy s najvyšším obsahom β -D-glukánu (viac než 4 %), čo je väčšina nahých genotypov okrem odrody Abel a Detvan, možno označiť ako vhodné zdroje tejto zdraviu osožnej látky pre ďalšie šľachtenie. Z hľadiska potravinárskeho priemyslu odporúčame nahé odrody Izak (priemerný obsah β -D-glukánu 4,19 %) a Avenuda (4,31 %), ktoré sú zaradené v Listine registrovaných odrôd Slovenskej republiky. Vzhľadom k tomu, že ovos nahý nemá zrno pokryté plevami, môže byť ľahšie využiteľný ako vhodný prirodzený zdroj β -D-glukánu v potravinárskom priemysle.

Obsah β -D-glukánu sme sledovali v 14 odrodách pšenice a priemernú hodnotu sme stanovili na 0,48 %. V jednotlivých odrodách sme sledovali výrazný genotypový rozdiel. Najvyššia hodnota bola zaznamenaná pri dvoch odrodách pšenice letnej, formy jarnej (0,67g a 0,65 g β -D-glukánu na 100 g vzorky) a najmenej β -D-glukánu obsahovala pšenica jednozrnová formy jarnej (0,20 %). Pšenica nie je z hľadiska obsahu β -D-glukánu jej vhodným prirodzeným donormom.

Náš záujem sa sústredil i na obsah β -D-glukánu v bunkových stenách niektorých zástupcov pseudocereálií a strukovín (tab. 1). Hodnotili sme obsah danej zdraviu prospešnej zložky potravinovej vlákniny v 14 odrodách pohánky, v 10 odrodách prosa, cícer a laskavca. Priemerné hodnoty všetkých týchto rastlinných druhov boli veľmi nízke, pohybovali sa v hodnotách 0,057 g až 0,068 g β -D-glukánu na 100 g vzorky stanovenej sušiny. Pohánku, proso, cícer a ani laskavec vzhľadom k ich veľmi nízkemu obsahu zdraviu prospešného β -D-glukánu nemôžeme považovať za jeho vhodné zdroje. Na druhej strane sa však všetky spomínané plodiny vyznačujú vysokým obsahom potravinovej vlákniny a vynikajú i v obsahu iných nutrične a zdravotne hodnotných látok.

Tab. 1 Priemerný obsah β -D-glukánu v genotypoch vybraných druhov pseudoobilnín a strukovín

	Por. číslo	Genotypy	Obsah beta-glukánu (g.100 g ⁻¹ dwb)		
			Priem. hodnota	SD	
				-	+
Pohánka	1	Vých. krajová	0,02	0,0004	0,0005
	2	Bogatyr	0,03	0,0006	0,0008
	3	FAG 120/82	0,04	0,0008	0,0010
	4	La Harpé	0,05	0,0010	0,0013
	5	FAG 29/79	0,06	0,0012	0,0015
	6	FAG 38/82	0,06	0,0012	0,0015
	7	Hruszowska	0,06	0,0012	0,0015
	8	Kora	0,06	0,0012	0,0015
	9	PY-EP-2	0,06	0,0012	0,0015
	10	Pyra	0,06	0,0012	0,0015
	11	Ballada	0,07	0,0014	0,0018
	12	Špačinská 1	0,07	0,0014	0,0018
	13	Emka	0,08	0,0016	0,0020
	14	FAG 88/84	0,15	0,0029	0,0038
Proso	1	Charkovskoje 57	0,01	0,0001	0,0000
	2	IHAR 2	0,02	0,0001	0,0001
	3	Unikum	0,05	0,0005	0,0002
	4	Voroneškoje 420	0,05	0,0003	0,0002
	5	A-Y-BS 4011.00	0,06	0,0004	0,0003
	6	IHAR 13	0,06	0,0007	0,0002
	7	PAN 14/80	0,06	0,0004	0,0003
	8	IHAR 3	0,07	0,0008	0,0002
	9	Jugoslavia	0,09	0,0010	0,0003
	10	PAN 1/71	0,11	0,0012	0,0004
Cícer	1	Alfa	0,04	0,0003	0,0002
	2	87 192	0,05	0,0003	0,0002
	3	Slovák	0,05	0,0003	0,0002
	4	89 ETA 403	0,05	0,0003	0,0002
	5	BG 004233	0,05	0,0003	0,0002
	6	88 194	0,06	0,0004	0,0003
	7	PK 51 833	0,06	0,0004	0,0003
	8	189 (SLOKRE 99)	0,07	0,0005	0,0003
	9	88 193	0,07	0,0005	0,0003
	10	KNOOR 91	0,07	0,0005	0,0003
Láskavec	1	5 DF 118	0,03	0	0,0018
	2	PI 604672	0,05	0	0,0030
	3	AMES 5127	0,05	0	0,0030
	4	5 DF 106	0,05	0,0005	0,0002
	5	29 USA	0,07	0	0,0041
	6	AMES 5125	0,07	0	0,0041
	7	PI 604671	0,07	0,0008	0,0002
	8	BURGUNDY	0,08	0	0,0047
	9	ELBRUZ	0,10	0,0011	0,0003
	10	AMES 5685	0,11	0	0,0065

Analýze na obsah β -D-glukánu sme podrobili i päť druhov ovsených vločiek a dva druhy jačmenných krúp. Postupovali sme podľa tej istej enzymatickej metódy (Megazyme Mixed-Linkage Beta-glucan), podľa ktorej sme analyzovali i obsah β -D-glukánu v zrnách primárnych potravinových zdrojov. Používaná metóda je adaptovaná na meranie β -D-glukánu vo výrobkoch z ovsu a konkrétne ovsenej vlákniny. Ako sme očakávali (na základe obsahu β -

D-glukánu vo východiskovom materiále, ovse a jačmeni), β -D-glukánu bol vo výrobkoch z ovsu a jačmeňa zastúpený vo významnej miere. V ovsených vločkách sa obsah β -D-glukánu pohyboval v hodnotách 2,64 g až 4,60 g na 100 g výrobku danej sušiny. Jačmenné krúpy vykazovali 3,35 %, resp. 3,74 %- ný podiel β -D-glukánu na 100 g sušiny.

Tab. 2 Priemerný obsah β -D-glukánu v komerčných výrobkoch na báze ovsu a jačmeňa.

Por. číslo	Označenie výrobku	Sušina (%)	Obsah beta-glukánu (g.100 g ⁻¹ dwb)		
			Priem. hodnota	SD	
				-	+
1	Ovsené vločky Štúrovo	91,40	2,64	0,1239	0,1208
2	Ovsené vločky Balpo	91,50	3,21	0,1504	0,1466
3	Jačmenné krúpy Balpo	90,80	3,35	0,1570	0,1530
4	Ovsené vločky Dobrý život	90,70	3,61	0,1695	0,1652
5	Jačmenné krúpy č. 7 Lagris	91,20	3,74	0,1756	0,1711
6	Ovsené vločky Vlára	91,60	4,28	0,2007	0,1956
7	Ovsené vločky Vince	92,10	4,60	0,2159	0,2105

ZÁVER

Veľmi vhodnými prirodzenými zdrojmi β -D-glukánu, ktorý sa vyznačuje množstvom zdraviu prospešných účinkov na ľudský organizmus, sú zrná ovsu a jačmeňa. V jačmeni je v priemere 4,16 % β -D-glukánu a v ovse 3,49 %, pričom v nahých zrnách ovsu je to až 4,75 %. Vzhľadom k tomu sú práve nahé zrná ovsu ľahko uplatniteľné v potravinovom priemysle. Pšenica a taktiež pseudoobilniny a strukoviny nie sú, vzhľadom k nízkemu obsahu β -D-glukánu (0,5 % a menej), vhodnými prirodzenými donormi tejto látky. V našej práci sme β -D-glukán detekovali i v ovsených vločkách a jačmenných krúpoch, kde sa nachádzal v priemernom množstve 3,67 % (vločky) a 3,55 % (krúpy). Keďže denná dávka β -D-glukánu by mala byť 3 g, je vhodné denne skonzumovať približne 80 g týchto potravín pre zabezpečenie zdraviu prospešných efektov β -D-glukánu v organizme.

Pod'akovanie: Táto štúdia vznikla vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt: Vývoj nových typov rastlín s geneticky upravenými znakmi hospodárskeho významu ITMS: 26220220027, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

LITERATÚRA

1. AACC. 2001. The definition of dietary fiber. In *Cereal Foods World*, vol. 46, 2001, p. 112-129.
2. ALMINGER, M., EKLUND-JONSSON, CH. 2008. Whole-grain cereal products based on a high-fibre barley or oat genotype lower post-prandial glucose and insulin responses in healthy humans. In *European Journal of Nutrition*, vol. 47, 2008, p. 294-300.
3. AMES, N. 2002. The Effect of Genotype, Environment, and Genotype – by – Environment Interaction on Oat Processing and End Product Quality Characteristics. Manitoba : ARDI Project: #98-204. Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives. 10 s.
4. BAMFORTH, C.W. 1982. Barley beta-glucans. Their role in malting and brewing. In *Brewers Digest*, vol. 35, 1982, p. 22-27.
5. BATTY, R.S., MACGREGOR, A.W., ROSSNAGEL, B.G. 1991. Total and acid-soluble β -glucan content of hull less barley and its relationship to acid-extract viscosity. In *Cereal Chemistry*, vol. 68, 1991, p. 221-227.

6. BEER, M.U., ARRIGONI, E., AMADO, R. 1995. Effects of oat gum on blood cholesterol levels in healthy young men. In *European Journal of Clinical Nutrition*, vol. 49, 1995, p. 517-524.
7. BÖHM, N., KULICKE, W.-M. 1999a. Rheological studies of barley (1→3, 1→4)-beta-D-glucan in concentrated solution: Investigation of the viscoelastic flow behaviour in the sol-state. In *Carbohydrate Polymers*, vol. 315, 1999, p. 293-301.
8. BÖHM, N., KULICKE, W.-M. 1999b. Rheological studies of barley (1→3, 1→4)-beta-D-glucan in concentrated solution: Mechanistic and kinetic investigation of the gel formation. In *Carbohydrate Polymers*, vol. 315, 1999, p. 302-311.
9. BUTT, M.S., TAHIR-NADEEM, M., KHAN, M.K.I. et al. 2008. Oat: unique among the cereals. In *European Journal of Nutrition*, vol. 47, 2008, p. 68-79.
10. EHRENBERGEROVÁ, J., VACULOVÁ, K., PSOTA, V. et al. 2003. Effects of cropping system and genotype on variability in important phytonutrients content of the barley grain for direct food use. In *Plant Soil and Environment*, vol. 49, 2003, p. 443-450.
11. GAJDOŠOVÁ, A., PETRULÁKOVÁ, Z., HAVRLETOVÁ, M. et al. 2007. The content of water-soluble and water-insoluble β-D-glucans in selected oats and barley varieties. In *Carbohydrate Polymers*, vol. 70, 2007, p. 46-52.
12. GRAUSGRUBER H., SCHEIBLAUER J., SCHÖNLECHNER R. et al. 2004. Genetic variation for plant breeding. In *17th EUCARPIA General Congress : Proceedings*. Tulln : Vollmann J., Grausgruber H., Ruckenbauer P., eds., 2004, p. 23-26.
13. HAVRLETOVÁ, M., KRAIC, J. 2006. Content of beta-D-glucan in cereal grains. In *Journal of Food Research and Nutrition*, vol. 45, 2006, p. 97-103.
14. HIRASAWA, M., SHOUJI, N., NETA T. et al. 1999. Three kinds of antibacterial substances from *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. (Shiitake, an edible mushroom). In *International Journal of Antimicrobial Agents*, vol. 11, 1999, p. 151-157.
15. HOLTHAUS J.F., HOLLAND, J.B., WHITE, P.J. et al. 1996. Inheritance of β-glucan content of oat grain. In *Crop Science*, vol. 36, 1996, p. 567-572.
16. HUBÍK, K., TICHÝ, F. 1996. Vliv ekologických a pěstitelských faktorů na obsah beta-glukanů v ovsu. In *Rostlinná výroba*, vol. 42, 1996, p. 29-33.
17. CHARALAMPOPOULOS, D., WANG, R., PANDIELLA, S.S. et al. 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. In *International Journal of Food Microbiology*, vol. 79, 2002, p. 131-141.
18. IZYDORCZYK, M.S., STORSLEY, J., LABOSSIERE, D. et al. 2000. Variation in total and soluble beta-glucan content in hullless barley: effects of thermal, physical, and enzymic treatments. In *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, vol. 48, 2000, p. 982-988.
19. KEOGH, G.F., GARTH, J.S., MULVEY, T.B. et al. 2003. Randomized controlled crossover study of the effect of a highly β-glucan-enriched barley on cardiovascular disease risk factors in mildly hypercholesterolemic men. In *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 78, 2003, p. 711-718.
20. KERCKHOFFS, D.A.J.M., HORNSTRA, G., MENSINK, R.P. 2003. Cholesterol-lowering effect of β-glucan from oat bran in mildly hypercholesterolemic subjects may decrease when β-glucan is incorporated into bread and cookies. In *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 78, 2003, p. 221- 227.
21. KUUSELA, P., HÄMÄLÄINEN, J.J., REINIKAINEN, P. et al. 2004. A simulation model for the control of beta-glucanase activity and beta-glucan degradation during germination in malting. 2004. In *Scientific Societies* [online]. 2004. [cit. 2005-04-25]. Dostupné na internete: <http://www.scientificsocieties.com/jib/papers/2004/G-2004-1303-243.pdf>.

22. MANSELL, P.W., ICHINOSE, H., REED, R.J. et al. 1975. Macrophage-mediated destruction of human malignant cells *in vivo*. In *Journal of National Cancer Institution*, vol. 54, 1975, p. 571-580.
23. MATTILA, P., PIHLAVA, J.-M., HELLSTRÖM, J. 2005. Contents of phenolic acids, alkyl- and alkenylresorcinols, and avenathramides in commercial grain products. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 53, 2005, p. 8290-8295.
24. MÄLKKI, Y., VIRTANEN, E. 2001. Gastrointestinal effects of oat bran and oat gum – a review. In *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, vol. 34, 2001, p. 337-347.
25. MCCLEARY, B.V. 2006. *Megazyme: Mixed-linkage beta-glucan assay procedure (McCleary method)*. 1. vyd. Bray : Bray Business Park, 2006, 15 s.
26. MURPHY, E.A., DAVIS, J.M., BROWN, A.S. et al. 2004. Effects of moderate exercise and oat beta-glucan on lung tumor metastases and macrophage antitumor cytotoxicity. In *Journal of Applied Physiology*, vol. 97, 2004, p. 955-959.
27. NILSSON, U., JOHANSSON, M., NILSSON, A. et al. 2008. Dietary supplementation with beta-glucan enriched oat bran increases faecal concentration of carboxylic acids in healthy subjects. In *European Journal of Clinical Nutrition*, vol. 62, 2008, p. 978-984.
28. OLSSON, S., SUNDLER, R. 2007. The macrophage β -glucan receptor mediates arachidonate release induced by zymosan: Essential role for Src family kinase. In *Molecular Immunology*, vol. 44, 2007, p. 1509-1515.
29. REDAELLI, R., SGRULLETTA, R., DESTEFANIS, E. 2003. Genetic variability for chemical components in sixty European oat (*Avena sativa* L.) cultivars. In *Cereal Research Communications*, vol. 31, 2003, p. 185-192.
30. RIMSTEN, L., STENBERG, T., ANDERSSON, R. et al. 2003. Determination of beta-glucan molecular weight using SEC with calcofluor detection in cereal extracts. In *Cereal Chemistry*, vol. 80, 2003, p. 485-490.
31. ROSS, G.D., VETVICKA, V., YAN, J. et al. 1999. Therapeutic intervention with complement and beta-glucan in cancer. In *Immunopharmacology*, vol. 42, 1999, p. 61-74.
32. RUXTON, C.H.S., DERBYSHIRE, E. 2008. A systematic review of the association between cardiovascular risk factors and regular consumption of oats. In *British Food Journal*, vol. 110, 2008, p. 1119-1127.
33. ŠTERBA, Z. 2002. Vliv genotypu a agroekologických podmínek na kvalitu bezpluchého ovsa : autoreferát dizertačnej práce. Školiteľ J. Moudrý. České Budejovice : Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity. 22 s.
34. YUN, C.H., ESTRADA, A., VAN KESSEL, A. et al. 1997. Beta-(1→3, 1→4) oat glucan enhances resistance to *Eimeria vermiformis* infection in immunosuppressed mice. In *International Journal of Parasitology*, vol. 27, 1997, p. 329-337.
35. YUN, C.H., ESTRADA, A., VAN KESSEL, A. et al. 1998. Immunomodulatory effects of oat beta-glucan administered intragastrically or parenterally on mice infected with *Eimeria vermiformis*. In *Microbiology and Immunology*, vol. 42, 1998, p. 457-465.

Kontaktná adresa:

RNDr. Michaela Havrlentová, PhD., CVRV Piešťany, VÚRV Piešťany, Bratislavská cesta 122, 921 68 Piešťany, e-mail: havrlentova@vurv.sk