

EVALUATION OF STORAGE PROTEINS OF TRITICAE GENOTYPES*Milan Chňapek, Zdenka Gálová, Marián Tomka, Monika Kečkešová***ABSTRACT**

Bread wheat is one of the most important cereals for human nutrition. The main goal of our work was to compare technological and nutritive quality color bread wheat genotypes, traditional bread wheat genotypes, spelt wheat genotypes and durum wheat genotypes on the basis of High Molecular Weight Glutenin Subunits (HMW-GS) composition. Glutenin macropolymers were analyzed by electrophoretic methods in vertical polyacrylamide gels (SDS-PAGE) and HMW-GS compositions were evaluated according to standard International Seed Testing Association (ISTA) method. Our results show that all analyzed genotypes had good bread-making quality except of spelt wheat cultivars and durum wheat cultivars. There were also observed that only two evaluated genotypes weren't homogenous and single lines. Analysis of HMW-GS by SDS-PAGE and Glu-score calculation shows the high technological quality 11 of 21 lines of analyzed wheat genotypes. There were also observed HMW-GS which are not present in the traditional wheat cultivars and there will be the possibility for their usage as a donor of new characteristics in cereal breeding.

Key words: wheat, technological quality, SDS-PAGE, HMW-GS

ÚVOD

Cereálie tvoria ekonomicky, agronomicky a spotrebiteľsky najdôležitejšiu skupinu plodín v štruktúre celej rastlinnej výroby. Pestujú sa predovšetkým z hľadiska potravinárskeho využitia, ale tiež slúžia pre výživu zvierat, na priemyselné spracovanie a pod. (Weegels et al., 1996; Prugar, 1999; Jakubecová, 2004; Sahlström, S. - Knutsen, S. H., 2010). Zástupcovia rodu *Triticaceae*, hlavne pšenice letná forma ozimná (*Triticum aestivum*, L.), pšenica špalda (*Triticum spelta*, L.) a pšenica tvrdá (*Triticum durum*, Desf.), patria z celosvetového hľadiska k najvýznamnejším cereáliám z pohľadu produkcie a využitia. Vysoká miera prispôsobenia sa podmienkam prostredia a plasticita jednotlivých druhov determinujú celosvetovo najvyššiu mieru pestovania s odhadovanou produkciou na úrovni 2065 miliónov ton (FAO, 2005).

Zrelé pšeničné zrno obsahuje 8-20 % bielkovín, z ktorých až 80 % predstavujú zásobné bielkoviny zodpovedné za extenzibilitu a elasticitu cesta (Shewry et al., 1995; Michalík et al., 2006; Biel, et al., 2009). Zásobné bielkoviny pšenice reprezentované monomérnymi gliadínmi a polymérnymi glutenínmi sú základnou zložkou lepku, ktorý v najväčšej miere ovplyvňuje reologické a pekárské vlastnosti pšeničnej múky. Lepkové bielkoviny sú zodpovedné za visko-elastické vlastnosti pšeničného cesta. Gluteníny sú polymérne bielkoviny obsahujúce inter- a intramolekulárne disulfidové väzby spájajúce jednotlivé glutenínové polypeptidy, ktoré je možné elektroforetickými analýzami separovať do dvoch skupín a to na vysokomolekulové (HMW-GS) a nízkomolekulové (LMW-GS) glutenínové podjednotky, ktoré sa navzájom odlišujú rozdielnym aminokyselinovým zložením a molekulovou hmotnosťou. Gliadíny sú monomérne bielkoviny rozpustné v etanole tvoriace len intramolekulárne disulfidové väzby, ktoré je možné rozdeliť do štyroch skupín (α -, β -, γ - a ω) (Shewry et al., 1986; Michalík et al., 2006; Guo et al., 2010; She et al., 2010).

Cieľom našej práce bolo porovnať pekársku kvalitu vybraného súboru genotypov rodu *Triticaceae* na základe

analýzy zastúpenia vysokomolekulárných glutenínových podjednotiek (HMW-GS) a vypočítaním Glu-hodnotenia.

MATERIÁL A METODIKA

V práci boli analyzované 4 odrody pšenice letnej formy ozimnej (*Triticum aestivum*, L.), 3 purpurovo sfarbené a 4 modro sfarbené genotypy pšenice letnej formy ozimnej (*Triticum aestivum*, L.), 4 genotypy pšenice špalda (*Triticum spelta*, L.) a 4 genotypy pšenice tvrdej (*Triticum durum*, Desf.), ktoré boli získané z Génovej banky semenných druhov SR CVRV VÚRV v Piešťanoch (Tabuľka 1).

Elektroforetická separácia gluténových bielkovín bola uskutočnená v systéme diskontinuálnej SDS-PAGE podľa štandardnej metodiky ISTA (Wrigley, 1992). Vizualizácia elektroforeogramov bola realizovaná v roztoku pripravenom zmiešaním kyseliny trichlóroctovej a Comassie Brilliant Blue R250. Elektroforetické profily sa načítali pomocou čierno-bielej CCD kamery UVP s filtrom a šošovkami H6x8-II 8-48 mm a boli vyhodnotené pomocou dokumentačného a vyhodnocovacieho systému Grab-It a GelWorks 1D pre Windows. Ako štandardy boli použité odrody pšenice letnej (*Triticum aestivum* L.) Chinese Spring a Marquis. Genetická interpretácia alelickej zostavy v lokusoch Glu – A1, Glu – B1 a Glu – D1 a následný výpočet Glu-hodnotenia sa realizoval podľa katalógu alel (Payne et al., 1987).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Triticum aestivum, L. (pšenica letná) je nahý, hexaploidný typ pšenice s počtom chromozómov 42. V súčasnosti pestované odrody pšenice letnej prešli dlhým šľachtiteľským procesom zameraným hlavne na zvyšovanie kvantity a kvality produkcie dôsledkom čoho sa znižuje diverzita pšenice letnej (Tisová et al., 1998; Morris et al., 2002). Požiadavky na zvyšovanie kvality produkcie, ako aj snaha o prípravu tzv. funkčných potravín vedú k tomu, že do popredia sa dostávajú netradičné suroviny. Nedávne výskumy zaoberajúce sa sledovaním zloženia zrna netradične sfarbených kultivarov pšenice letnej potvrdili v nich zvýšený obsah biologicky aktívnych látok patriacich do skupiny fenolických zlúčenín (Pennington et al., 2002; Martinek et al., 2006; Knievel et al., 2009).

Tabuľka 1 Analyzované genotypy rodu *Triticace*

Názov	Krajina pôvodu	Farba zrna
Konvenčné genotypy pšenice letnej		
Samanta	SVK	žltá
Lívia	SVK	žltá
Astela	SVK	žltá
Torysa	SVK	žltá
Modré genotypy pšenice letnej		
Modré zrno	ČR	modrá
UC 66094	USA	modrá
Barevná 25 - modrá	ČR	modrá
Barevná 9	ČR	modrá
Purpurové genotypy pšenice letnej		
Tr. Etiopicum Araratica - červená	Etiópiia	purpurová
Tr. Etiopicum Jakubz	Etiópiia	purpurová
Purple feed-červená iné gény	Austrália	purpurová
Genotypy pšenice špaldy		
Spelta Line 3/96	Nemecko	žltá
Bauländer Spelz	Nemecko	žltá
Renval	Nemecko	žltá
Ostro	Nemecko	žltá
Genotypy pšenice tvrdej		
Macoun	CAN	žltá
Wakooma	CAN	žltá
Wascana	CAN	žltá
Istrodur	SVK	žltá

Triticum spelta L. (pšenica špalda), patrí medzi hexaploidné, plevnaté typy pšeníc, ktoré sa vyskytujú ako v ozimnej, tak aj v jarnej forme, pričom v prevažnej miere sa pestujú ozimné formy. Pšenica špalda sa vyznačuje vyšším obsahom bielkovín, vitamínov a je vhodná na pestovanie aj v klimaticky chladnejších oblastiach bez zníženia výšky úrody a jej kvality (Vlasák, 1996; Bonafaccia et al., 2000).

Triticum durum Desf. (pšenica tvrdá) patrí ku kultúrne nahým, tetraploidným typom pšeníc s počtom chromozómov $2n = 28$. Po pšenici letnej je najviac rozšírenou plodinou a vyskytuje sa prevažne len v jarnej forme (Rychtárik et al., 1993; Troccoli et al., 2000).

V nadväznosti na uvedené sme sa v našej práci zamerali na porovnanie technologickkej kvality vybraného súboru genotypov rodu *Triticace*, pričom sme hodnotili obsah a zastúpenie vysokomolekulárnych glutenínových podjednotiek (HMW-GS).

Z našich výsledkov vyplýva (Tabuľka 2), že analyzované konvenčné genotypy pšenice letnej, tri modré genotypy pšenice letnej, všetky purpurové pšenice a genotypy pšenice tvrdej sú homogénne a jednolíniové, čo je v súlade s výsledkami zistenými inými autormi, ktorí analyzovali rôzny sortiment pšenice letnej

(Gregová et al. 1995; Kraic 1999; Gálova et al., 2003; Gregová 2002). Česká odroda modrej pšenice Barevná 9 vykazovala dva elektroforetické profily 1,7+9, 5+10 resp. 1,7+9, 2+12. V analyzovaných štyroch odrodách pšenice letnej sme zistili štyri rozdielne bielkovinové profily. V pšenice modrej sme detegovali vzácnne sa vyskytujúcu podjednotku 20.

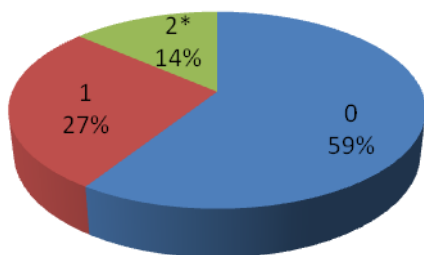
Tabuľka 2 Zastúpenie glutenínových podjednotiek a Glu-skóre v analyzovaných genotypoch

Názov	HMW-GS			Glu-skóre
	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1	
Samanta	0	7+8	5+10	8
Lívia	0	7+9	5+10	7
Astela	2*	7+9	5+10	9
Torysa	0	7+8	2+12	6
Modré zrno	1	20	5+10	8
UC 66094	1	7+8	5+10	10
Barevná 25 - modrá	0	20	5+10	6
Barevná 9	1	7+9	5+10	9
	1	7+9	2+12	7
Tr. Etiopicum Araratica - červená	0	7+8	5+10	8
Tr. Etiopicum Jakubz	0	7+8	5+10	8
Purple feed-červená iné gény	1	7+8	2+12	8
Spelta Line 3/96	0	14+15	2+12	4
Bauländer Spelz	0	17+18	2+12	6
Renval	2*	6+8	2+12	6
Ostro	0	6+8	2+12	4
	2*	6+8	2+12	6
	1	6+8	5+10	8
Macoun	0	6+8	-	2
Wakooma	0	6+8	-	2
Wascana	0	6+8	-	2
Istrodur	0	7+8	-	4

Genotypy pšenice špaldy sú podľa Vlasáka (1996) a Schobera et. al (2006) viaclíniové, čo sa nepotvrdilo v našich analyzovaných vzorkách. V odrode Ostro sme detegovali viaclíniovosť, pričom sme zistili tri rozdielne elektroforetické spektrá (0, 6+8, 2+12 resp. 2*, 6+8, 2+12 resp. 1, 6+8, 5+10). Ďalšie tri odrody boli jednolíniové, v ktorých sme však stanovili zriedkavo sa vyskytujúcu dvojicu podjednotiek 14+15 a 17+18. Naše výsledky sú v súlade so závermi autorov Caballero (2001); Yan (2003); Zeller (2005) a ďalšími, ktorí svojimi analýzami potvrdili alelickú variabilitu HMW-GS v rámci jednotlivých genotypov pšenice špaldy, ako aj potenciálne možnosti jej ďalšieho využitia v procesoch šľachtenia.

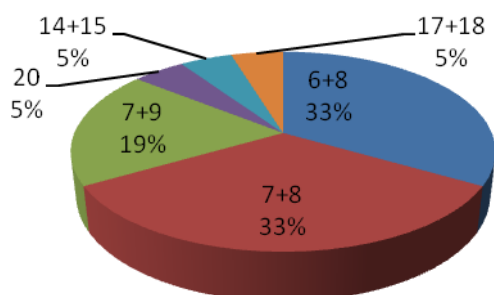
V štyroch odrodách pšenice tvrdej sme zistili dva elektroforetické profily a to 0, 6+8 resp. 0, 7+8.

Analýzou zastúpenia jednotlivých HMW-GS v kolekcii 19 genotypov rodu *Triticum* sme stanovili prítomnosť 17 elektroforetických profilov (Tabuľka 2) s dominantným zastúpením profilu so zložením HMW-GS 0, 7+8 a 5+10. Z výsledkov ďalej vyplýva (Tabuľka 2), že z génov kódovaných na lokuse Glu-A1 (Obrázok 1) sa najčastejšie vyskytovala nulová alela (59 % genotypov), potom bola identifikovaná podjednotka 1 v šiestich kultivaroch a 2* v troch kultivaroch.



Obrázok 1 Alelická zostava na lokuse Glu-A1

Lokus Glu-B1 (Obrázok 2) bol najčastejšie reprezentovaný HMW-GS 6+8, resp. 7+8 (32 % genotypov), v štyroch kultivaroch boli detegované HMW-GS 7+9 a 17+18, najmenej frekventované boli HMW-GS 20 a 14+15, ktoré boli detegované iba v jednom genotype.

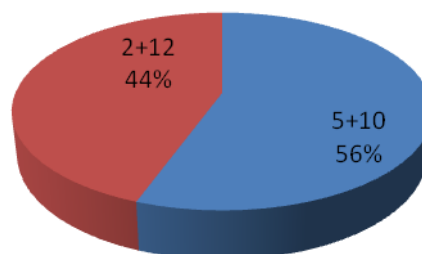


Obrázok 2 Alelická zostava na lokuse Glu-B1

Najvyšší vplyv na technologickú kvalitu múky zrna pšenice majú alely lokalizované na lokuse Glu-D1, ktoré sa však pozitívne prejavujú len v kombinácii s vysokokvalitnými HMW-GS kódovanými lokusmi Glu-A1 a Glu-B1 (Kolster et al., 1992). Z dosiahnutých výsledkov vyplýva (Obrázok 3), že na pekársku kvalitu múky kladne vplývajúca dvojica HMW-GS 5+10 bola identifikovaná v 10 genotypoch (56 % genotypov), kým v 8 genotypoch (38 %) bola stanovená dvojica subjednotiek 2+12, resp. v dvoch genotypoch podjednotky 3+12 (10 %), ktoré negatívne ovplyvňujú technologickú kvalitu zrna pšenice.

Zo zastúpenia jednotlivých HMW glutenínových podjednotiek možno predpovedať technologickú kvalitu zrna pšenice vypočítaním Glu-hodnotenia (Payne et al. 1987), ktorého najvyššia hodnota môže byť 10. V tomto smere najvyššie bodové Glu-hodnotenie (10) bolo zistené v modro sfarbenom genotype pšenice letnej UC

66094 (Tabuľka 2), kým najnižšiu hodnotu (4) dosiahla jedna z línií pšenice špaldy Ostro a línia Spelta Line 3/96. Nízke Glu-hodnotenie genotypov tvrdých pšeníc (2 a 4) je spôsobené absenciou D-genómu, čo však neznižuje ich využitie na výrobu cestovín a cukrovínek. Uvedené je v zhode s rozsiahlymi prácami venovanými vplyvu bielkovín na technologickú kvalitu realizované Veraverbekom et al. (2002); Laszitym (2003) a ďalšími.



Obrázok 3 Alelická zostava na lokuse Glu-D1

Získané výsledky podporujú publikované práce iných autorov (Branlard et al., 2003; Demir et al., 2004; Sun et al., 2006), ktorí veľkú variabilitu v zastúpení HMW-GS na jednotlivých lokusoch pripisujú hlavne genetickým odlišnostiam jednotlivých druhov pšeníc. Taktiež kladú dôraz na vplyv rozdielnych agroklimatických podmienok pestovania v danom geografickom území na obsah zásobných bielkovín zrna.

ZÁVER

Zloženie HMW-GS a na ich základe vypočítané Glu-skóre je rýchlym a presným nástrojom vhodným na predikciu technologické kvality pšenice v procese šľachtenia. Na základe našich výsledkov môžeme skonštatovať, že pekárská kvalita hodnotených genotypov konvenčnej pšenice letnej a farebných genotypov pšenice letnej detegovaná zo zastúpenia HMW-GS a Glu-skóre bola vo väčšine prípadoch dobrá až veľmi dobrá. Pekárská kvalita pšenice špaldy bola nižšia v porovnaní so pšenickou letnou, avšak v jej genóme sa vyskytujú gény kódujúce vzácne HMW-GS, ktoré sa bežne v sortimente konvenčných pšeníc nevyskytujú a môžu byť zdrojom týchto génov pre šľachtiteľské účely. Genotypy tvrdých pšeníc z dôvodu absencie D-genómu sú vhodné len pre cestovinárske či cukrárske spracovanie.

Na základe našich výsledkov môžeme konštatovať, že analýza HMW-GS potvrdila potrebu introdukcie nových génov, kódujúcich netradičné bielkoviny do pšenice letnej s využitím cereálnych biotechnológií. Farebné genotypy pšenice letnej by mohli predstavovať zdroj novej funkčnej vlastnosti pre pšenicu letnú v dôsledku zvýšeného obsahu antioxidantívne pôsobiacich látok.

LITERATÚRA

- BIEL, W., BOBKO, K., MACIOROWSKI, R., 2009. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. In *Journal of Cereal Science*, 49, 2009, s. 413-418.
- BONAFACCIA, G., GALLI, V., FRANCISCI, R., MAIR, V., SKRABANJA, V., KREFT, I., 2000. Characteristics of

- spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. In *Food Chemistry*, 68, 2000, s. 437-441.
- BRANLARD, G., DARDEVER, M., AMIOUR, N., IGREJAS, G., 2003. Allelic diversity of HMW and LMW glutenin subunits and omega-gliadins In *French bread wheat (Triticum aestivum L.)*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, č. 50, 2003, s. 669-679.
- CABALLERO, L. 2001. Allelic variation of the HMW glutenin subunits in Spanish accessions of spelt wheat (*Triticum aestivum ssp spelta* L. em. Thell.). In *Theoretical and Applied Genetics*, 103, 2001, s. 124-128
- DEMIR, Z., ATLI, A., BARAN, I., 2004. Glutenin subunits composition of some old and new wheat varieties in winter wheat growing regions of Turkey. In *9th International Wheat Genetics Symposium Saskatoon*, 2004.
- FAO, 2005. OECD-FAO agricultural Outlook : 2005-2014 global information and early warning system on food and agriculture (GIEWS). In *Food Outlook No. 4*, December 2005.
- GÁLOVÁ, Z., MICHALÍK, I., KNOBLOCHOVÁ, H., GÁLOVÁ, Z., STAROVIČOVÁ, M., KNOBLOCHOVÁ, H., GREGÁŇOVÁ, Ž., 2003. Biochemical and molecular characterization of new wheat genotypes. In *Biologia*, č. 58, 2003, s. 1061-1066.
- GREGOVÁ, E., KRAIC, J., ŽÁK, I., 1995. Charakterizácia odrôd pšenice pomocou glutenínov. In *Biochemické, molekulárne a morfológické techniky v identifikácii odrôd rastlín*, ÚKSÚP, 1995, s. 11-14
- GREGOVÁ, E., 2002. Variation in HMW glutenin subunits of different species of wheat. In *Rostlinná výroba*, č. 44, 2002, s. 111-116.
- GUO, X., GUO, J., LI, X., YANG, X., LI, L., 2010. Molecular characterization of two novel *Glu-D1*-encoded subunits from Chinese wheat (*Triticum aestivum* L.) landrace and functional properties of flours possessing the two novel subunits. In *Genet. Resour. Crop. Evol.*, 57, 2010, s. 1217-1225.
- JAKUBECOVÁ, H., 2004. Znovuobjavenie jačmeňa. In *Výž. Zdravie*, 1, 2004, s. 28-29.
- KNIEVEL, D. C., ABDEL-AAL, E.-S. M., RABALSKI, I., NAKAMURA, T., HUCL, P., 2009. Grain color development and the inheritance of high anthocyanin blue aleurone and purple pericarp in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). In *Journal of Cereal Science*, 50, 2010, s. 113-120.
- KOLSTER, P., KRECHTING, C. F., Van GELDER, W. M. J., 1992. Quantification of individual high molecular weight glutenin subunits of wheat using SDS-PAGE and scanning densitometry. In *Journal Cereal Science*, č. 15, 1992, s. 49-61
- KRAIC, J., 1999. Molekulárna diferenciácia a charakterizácia genotypov rastlín. In *Doktorandská dizertačná práca*, VÚRV Piešťany, 1999, 109 s.
- LASZTITY, R., 2003. Prediction of wheat quality – success and doubts, In *Periodica Polytechnica*, č. 46, 2003, s. 39-49.
- MARTINEK, P., COUFALOVÁ, O., KUREČKA, R., NOVÁKOVÁ, E., MIKULCOVÁ, J., 2006. Netradiční barva obiliek pšenice (*Triticum aestivum*, L.), její genetická podmíněnost a možnost využití v potravinářství. In *Nové poznatky z genetiky a šlachtenia poľnohospodárskych rastlín*. Zborník z 13. vedeckej konferencie, Piešťany, VURV, 2006 .
- MICHALÍK, I., GÁLOVÁ, Z., URMINSKÁ, D., KNOBLOCHOVÁ, H., 2006. Biellokovinový komplex zrna obilnín a pseudoobilnín. In *Výživná a technologická kvalita rastlinných produktov a ich potravinárske využitie*, 2006, ISBN 80-8069-780-9.
- MORRIS, P. C., BRYCE, J. H., 2002. Cereal biotechnology, 2002, s. 252, ISBN 978-1-85573-498-2.
- PAYNE, P. I., NIGHTINGALE, M. A., KRATTIGER, A. F., HOLT, L. M., 1987. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties, In *Journal of the Science of Food and Agriculture.*, č. 40, 1987, s. 51-65.
- PENNINGTON, J. A. T., 2002. Food composition databases for bioactive food components. In *J. Food Comp. Anal.*, č. 15, 2002, s. 419
- PRUGAR, J., 1999. Kvalita rastlinných produktů ekologického zemědělství. Praha: Studijní informace ÚZPI. 1999. 80s. ISBN 80-7271-048-6.
- RYCHTÁRIK, J. 1993. In *Genetické zdroje pšenice*. VÚRV Piešťany, 1993, s. 282
- SAHLSTRØM, S., KNUTSEN, S. H., 2010. Oats and Rye: Production and Usage in Nordic and Baltic Countries. In *Cereal Foods World*, 55, 2010, s. 12.
- SHE, M., YE, X., YAN, Y., HOWIT, C., BELGARD, M., MA, W., 2010. Gene networks in the synthesis and deposition of protein polymers during grain development of wheat. In *Funct. Integr. Genomics*, 2010.
- SHEWRY, P. R., TATHAM, A. S., FORDE, J., KREIS, M., MIFLIN, B. J., 1986. The classification and nomenclature of wheat gluten proteins: a reassessment. In *Journal of Cereal Science*, 4, 1986, s. 97-104.
- SHEWRY, P. R., TATHAM A. S., BARRO, F., BARCELO, P., LAZZERI, P., 1995. Biotechnology of breadmaking: unravelling and manipulating the multi-protein gluten complex. In *BioTechnology*, 13, 1995, s. 1185-1190.
- SCHOBER, J. T., BEAN, R. S., KUHN, M., 2006. Gluten proteins from spelt (*Triticum aestivum ssp. spelta*) cultivars: A rheological and size-exclusion high-performance liquid chromatography study. In *Journal of Cereal Science*, 44, 2006, s. 161-173.
- SUN, X., HU, S., LIU, X., QIAN, W., 2006. Characterization of the HMW glutenin subunits from *Aegilops searsii* L. and identification of a novel variant HMW glutenin subunit. In *Theoretical and Applied Genetics.*, č. 113, 2006, s. 631-641.
- TISOVÁ, V. 1998. In *Genetické zdroje obilnín*. VÚRV Piešťany, 1998, s. 247
- TROCCOLI, A., BORRELLI, G. M., DE VITA, P., FARES, C., DI FONZO, N., 2000. Burum Wheat Quality: A multidisciplinary Concept. In *Journal of Cereal Science*, 32, 2000, s. 99-113.
- VERAVERBEKE, W. S., DELCOUR, J. A., 2002. Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality, In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, roč. 42, 2002, s. 179-208.
- VLASÁK, M. 1996. Možnosti pěstování pšenice špaldy (*Triticum spelta* L.) v České a Slovenské republice. In *Genetické zdroje rostlín*, 6, 1996, 2, s. 43 – 48
- WEEGELS, P. L., van de PIJPEKAMP, A. M., GRAVELAND, A., HAMER, R. J., 1996. Depolymerisation

and re-polymerisation of wheat glutenin during dough processing. I. Relationship between glutenin macropolymer content and quality parameters. In *Journal of Cereal Science*, 23, s. 103-111.

WRIGLEY, C. W., 1992. Identification of cereal varieties by gel electrophoresis of the grain proteins. In *Seed Analysis*, 1992, s. 17 – 41.

YAN, Y., HSAM, S.L.K., YU, J., JIANG, Y., OHTSUKA, I., ZELLER, F. J., 2003. HMW and LMW glutenin alleles among putative tetraploid and hexaploid European spelt wheat (*Triticum spelta* L.) progenitors. In *Theor. Appl. Genet.*, 107, 2003, s. 1321–1330.

ZELLER, F. J., XUELI, AN., QIAOYUN LIL., YUEMING, YAN., YINGHUA, XIAO, HSAM, S.L.K., 2005. Genetic diversity of European spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. em. Thell.) revealed by glutenin subunit variations at the *Glu-1* and *Glu-3* loci. In *Euphytica*, 146, 2005, s. 193–201.

Pod'akovanie:

Táto práca bola riešená v rámci grantovej výskumnej úlohy VEGA č. 1/0471/09, KEGA č. 3/7382/09 a projektu OP výskumu a vývoja ITMS 26220120054. Kolektív autorov ďakuje Génovej banke semenných druhov SR SCPV VÚRV v Piešťanoch za poskytnutie vzoriek.

Kontaktná adresa:

Ing. Milan Chňapek, PhD., Department of Biochemistry and Biotechnology, Faculty of Biotechnology and Food Science, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku

2, 949 76 Nitra Slovakia, Email: milan.chnapek@uniag.sk

prof. RNDr. Zdenka Gálová, CSc., Department of Biochemistry and Biotechnology, Faculty of Biotechnology and Food Science, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, Email: zdenka.galova@uniag.sk

Ing. Monika Kečkešová, Department of Biochemistry and Biotechnology, Faculty of Biotechnology and Food Science, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, Email: monika.keckesova@uniag.sk

Ing. Marián Tomka, Department of Biochemistry and Biotechnology, Faculty of Biotechnology and Food Science, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, Email: marian.tomka@uniag.sk