

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V
NITRE**

FAKULTA BIOTECHNOLÓGIE A POTRAVINÁRSTVA

1130726

**NUTRIČNÁ A TECHNOLOGICKÁ KVALITA PŠENICE
LETNEJ, TVRDEJ A ŠPALDOVEJ**

2011

Tomáš Bulla

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V
NITRE
FAKULTA BIOTECHNOLÓGIE A POTRAVINÁRSTVA**

**NUTRIČNÁ A TECHNOLOGICKÁ KVALITA PŠENICE
LETNEJ, TVRDEJ A ŠPALDOVEJ**

Bakalárska práca

Študijný program:	Aplikovaná biológia
Študijný odbor:	1536700 Biológia
Školiace pracovisko:	Katedra biochémie a biotechnológie
Školiteľ:	prof. RNDr. Zdenka Gálová, CSc.

Nitra, 2011

Tomáš Bulla

Čestné vyhlásenie

Podpísaný Tomáš Bulla týmto vyhlasujem, že som bakalársku prácu na tému Nutričná a technologická kvalita pšenice letnej, tvrdej a špaldovej vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade ak hore uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 12. mája 2011

Tomáš Bulla

Pod'akovanie

Touto cestou si dovoľujem poďakovať vedúcej práce prof. RNDr. Zdenke Gálovej, CSc. za podnetné rady, metodické usmernenia a pomoc pri spracovaní práce.

Abstrakt

Nutričná a technologická kvalita pšenice letnej, tvrdej a špaldovej

Pšenica patrí medzi najdôležitejšie obilniny pestované na svete. Dobrá technologická kvalita pšenice je dôležitá z hľadiska jej pekárenského spracovania. V nadväznosti na uvedené cieľom našej práce bolo analyzovať päť odrôd pšenice letnej formy ozimnej (*Triticum aestivum* L.), päť odrôd pšenice špaldovej (*Triticum spelta* L.) a dve odrody pšenice tvrdej (*Triticum durum* DESF.) z hľadiska ich nutričnej a technologickej kvality. Na základe niektorých biochemických ukazovateľov ako je obsah bielkovín, frakčné zloženie bielkovinového komplexu, koeficient nutričnej kvality, aktivita α -amylázy, alkalických, neutrálnych, kyslých proteáz sme porovnali tri rozdielne druhy pšenice. Z hľadiska obsahu bielkovín možno hodnotiť analyzované materiály ako genotypy so stredným obsahom bielkovín (9,95 – 11,03 %). Najvyššiu nutričnú kvalitu na základe obsahu albumínov a globulínov a koeficienta nutričnej kvality dosiahli odrody pšenice tvrdej. Na druhej strane najlepšiu technologickú kvalitu z hľadiska obsahu zásobných bielkovín vykázali genotypy pšenice letnej a pšenice špaldovej. Aktivita sledovaných hydrolytických enzýmov bola vo všetkých analyzovaných genotypoch nízka, čo svedčí o ich dobrej osivárskej a pekárskej hodnote. Detekciu genetických markerov technologickej kvality pšenice v analyzovaných vzorkách budeme realizovať v rámci riešenia diplomovej práce.

Kľúčové slová: obilniny, pšenica, technologická kvalita, nutričná kvalita

Abstract

Nutritional and technological quality of winter wheat, durum and spelled

Wheat is one of the most important cereals grown in the world. Good technological quality of wheat is essential to its baking process. Following that the aim of our study was to analyze the five varieties of winter wheat (*Triticum aestivum* L.), five varieties spelled (*Triticum spelta* L.) and two varieties of durum wheat (*Triticum durum* DESF.) in terms of their nutritional and technological quality. On the basis of some biochemical indicators such as protein content, fractional composition of the protein complex, the nutritional quality factor, the activity of α -amylase, alkaline, neutral, acidic protease, we compared three different types of wheat. In terms of protein content can be analyzed to evaluate materials as genotypes with moderate protein content (9.95 to 11.03%). Highest nutritional quality of the content of albumin and globulin and the coefficient of the nutritional quality of durum wheat varieties reached. On the other hand, the best technological quality in terms of stock protein content showed the winter wheat genotypes and spelled. Activity of hydrolytic enzymes was observed in all analyzed genotypes is low, indicating their good seed value and bakery. Detection of genetic markers in wheat technological quality of the samples analyzed we will implement the solutions of the thesis.

Key words: cereals, wheat, technological quality, nutritional quality

Obsah

Úvod	7
2. Prehľad literatúry	9
2.1 Obilniny	9
2.2 Botanická a genetická charakteristika pšenice	10
2.3 Chemické zloženie zrna pšenice	13
2.4 Význam hydrolytických enzýmov v zrne pšenice	16
2.5 Nutričná hodnota zrna pšenice	18
2.6 Technologická kvalita zrna pšenice	20
2.7 Polymorfizmus bielkovín	23
2.8 Genetické markery a ich využitie v šľachtení	25
2.9 Využitie HMW glutenínových podjednotiek pri identifikácii genotypov pšenice	28
3 Cieľ práce	31
4 Materiál a metodika	32
4.1 Charakteristika biologického materiálu	32
4.2 Biochemické rozbory	32
4.2.1 Stanovenie celkového dusíka podľa Kjeldalha	32
4.2.2 Výpočet hrubého proteínu	32
4.2.3 Stanovenie frakčnej skladby bielkovinového komplexu podľa Golenkova (ICC metóda)	33
4.2.4 Stanovenie obsahu bielkovín podľa Bradforda	35
4.2.5 Stanovenie aktivity alfa-amyláz SPOFA testom	35
4.2.6 Stanovenie kyslých, zásaditých a neutrálnych proteáz	36
4.2.7 Matematicko – štatistické metódy	38
5 Výsledky a diskusia	39
6 Záver	50
7 Použitá literatúra	51

Úvod

Obilniny sú rovnako ako mäsové a mliečne výrobky nevyhnutnou zložkou ľudskej potravy. Patria k najstarším potravinovým zdrojom a v celosvetovom meradle sú najdôležitejším dodávateľom energie a bielkovín. Vhodne upravené a spracované obilniny sú z hľadiska výživy významné tým, že podporujú využitie a stráviteľnosť biologicky dôležitých látok a sú relatívne lacným zdrojom energie.

Výživná kvalita obilných bielkovín (z hľadiska vyrovnaného podielu esenciálnych aminokyselín) nie je optimálna. Ich podiel na dotácii energie a bielkovín je približne na úrovni 40 – 59 %. Okrem bielkovín sú dôležitým zdrojom energie, vitamínov hlavne B1 (tiamínu), B2 (riboflavínu), vitamínu PP (niacín) a minerálnych látok (K, Na, Fe, Mg, P) vo výžive ľudí.

Významný podiel obilnín pripadá na pšenicu, ktorá produkuje asi 55 % bielkovín z celkového množstva obilných bielkovín. Kvalitu pšenice priamo podmieňuje jej technologické spracovanie v mlynsko – pekárskom priemysle a efektívnosť využitia pri výrobe živočíšnych bielkovín. Pšenica je výživovo najcennejšia v celozrnnnej forme, pretože obsahuje najviac vlákniny a vitamínov skupiny B.

Pšenica tvrdá (*Triticum durum* DESF.), patrí k tetraploidným druhom a je vhodná pre výrobu kvalitných cestovín. Pšenica letná s kvalitným lepkom sa používa na výrobu chleba.

Pšenica špaldová patrí medzi alternatívne plodiny, obsahuje v porovnaní s pšenicou letnou viac vlákniny, kvalitný tuk, viac bielkovín, minerálnych látok. Je súčasťou racionálnej výživy a liečebných diét, svoje využitie má v kozmetike a vo farmácii.

Na Slovensku sa venuje pozornosť pestovaniu a šľachteniu obilnín. Pestovateľské výmery obilnín sa pohybujú približne na úrovni 840 – 850 tisíc hektárov. Najväčšie zastúpenie má pšenica letná, ktorá sa v roku 2010 pestovala na výmere okolo 370 tisíc hektárov a dosiahla produkcia viac ako 4,5 tony z hektára.

K zvyšujúcej úrovni poľnohospodárskej výroby prispieva aj šľachtenie nových odrôd. Šľachtenie je cieľavedomá ľudská činnosť zlepšovania hospodárskeho využitia rastlín v záujme zabezpečenia zdravej výživy pre človeka. Genetickým pokrokom v súčasnej dobe je metóda MAS (markermi podporovaná selekcia), ktorá je založená na detekcii markerov hospodársky významných znakov a vlastností využiteľných pri cielenom šľachtení novej odrody.

Cieľom našej práce bolo analyzovať a porovnávať súbor genotypov pšenice letnej formy ozimnej (*Triticum aestivum* L.), pšenice tvrdej (*Triticum durum* DESF.) a pšenice špaldovej (*Triticum spela* L.) z hľadiska nutričnej a technologickej kvality.

2. Prehľad literatúry

2.1 Obilniny

Cereálie a výrobky z nich, pečivo, cestoviny, ovsené vločky, tvoria veľkú časť bežnej ľudskej stravy. Hlavnou surovinou na ich výrobu sú obilniny (Li et al., 2002). Sú rozhodujúcou súčasťou všetkých uvedených druhov potravín. Pri ich výrobe sa uplatňujú predovšetkým vo forme mlynských výrobkov, či už klasických, nízko a vysoko vymletých, alebo celozrnných múk, prípadne upravených otrubnatých častí zrna, ktoré môžu slúžiť spolu s netradičnými druhmi na inováciu pekárskeho výrobkov (Bojňanská - Frančáková, 2002).

Obilniny tvoria ekonomicky, agronomicky a spotrebiteľsky najdôležitejšiu skupinu plodín. Pestujú sa predovšetkým pre zrno na konzum, na výživu zvierat, priemyselné spracovanie a na osivo. Obilniny možno dlhodobo uskladniť, majú výhodné chemické zloženie pre výživu človeka a zvierat a možno ich bez väčších ťažkostí prepravovať na veľmi dlhé vzdialenosti (Jakubecová, 2004).

Kľúčovú skupinu plodín rastlinnej výroby Slovenska tvoria obilniny, ich pestovanie je dominantné, pretože sa podieľajú 40-timi percentami na energetickej hodnote spotrebovaných potravín a 35-timi percentami energetickej hodnoty vo výžive zvierat. Takmer 70 % sa ich využíva na kŕmenie, 25 % v ľudskej výžive a asi 5 % ako surovina pre ďalšie priemyselné spracovanie (Chňapek, 2008).

Obilniny sú najstarším a najlacnejším zdrojom energie, preto zrno obilnín je hlavnou zložkou ľudskej výživy. Obilniny sú pestované na viac ako 73 % celkovej svetovej pestovateľskej plochy (Charalampopoulos et al., 2002).

Vo všeobecnosti patria obilniny medzi plodiny, ktoré majú dobré schopnosti využívať agrometeorologické faktory prostredia na tvorbu úrody. Vegetačné obdobie ozimných obilnín možno rozčleniť do štyroch období: obdobie jesennej vegetácie, obdobie zimného pokoja, obdobie jarnej vegetácie do klasenia a obdobie od klasenia do plnej zrelosti. Pre jaré obilniny platia iba posledné dve obdobia vegetácie. V každom z týchto období sa vzťahy obilnín k agroklimatickým podmienkam formujú špecificky (Líška et al., 2008).

Rastlinné bielkoviny predstavujú dôležitý zdroj bielkovín vo výžive ľudí, pričom celková ročná svetová spotreba bielkovín rastlinného pôvodu je 52 %. Jednotlivé druhy rastlín sa na produkcii bielkovín podieľajú nasledovne: obilniny – 68 %, strukoviny – 18 %,

okopaniny – 6 % a ostatné plodiny asi 8 % (Urminská et al., 2008). Obilniny v ľudskej výžive zabezpečujú dnes rozhodujúcu časť energetického príjmu z potravín a nemalý podiel z celkového príjmu bielkovín. (Wieser - Koehler, 2008).

Obilniny sa rozdeľujú do dvoch skupín, ktoré sa líšia morfológickými znakmi, biologickými vlastnosťami a ekologickými požiadavkami. Do prvej skupiny patria pšenica, raž, jačmeň, ovos a tritikale. V druhej skupine sa nachádzajú kukurica, cirok, proso, mohár, čumíza, ryža, pohánka a láskavec, ktoré sa nazývajú aj pseudoobilninami.

Vhodne upravené a spracované obilniny predstavujú relatívne lacný potravinový zdroj energie a podporujú využitie a stráviteľnosť mnohých biologicky významných látok (Urminská et al., 2008). Výrazne ovplyvňujú výživovú bilanciu svetovej populácie a do objemu konzumu majú medzi ostatnými poľnohospodárskymi produktmi výsadné postavenie (Gajdošová - Šturdík, 2004).

2.2 Botanická a genetická charakteristika pšenice

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. (Jakubecová, 2004; Sahlstrøm - Knutsen, 2010).

Rod pšenica (*Triticum* L.) patrí do čeľade lipnicovitých (*Poaceae*), zahŕňa niekoľko druhov a veľký počet foriem a kultivarov. Hlavné sú dva druhy: pšenica letná (*Triticum aestivum* L.) a pšenica tvrdá (*Triticum durum* DESF.). Rod pšenica sa delí spravidla na tri podrody:

- diploidné pšenice so 14 chromozómami (napr. *Triticum monococcum*),
- tetraploidné pšenice s 28 chromozómami (napr. *Triticum durum*, *Triticum polonicum*, *Triticum dicoccum*),
- hexaploidné pšenice so 42 chromozómami (napr. *Triticum aestivum*, *Triticum turgidum*, *Triticum spelta*) (Grundas, 2003; McIntosh, 2004).

Zástupcovia rodu *Triticae*, 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 (FAO, 2005).

Pšenica je celosvetovo jedna z najdôležitejších obilnín a má nezastupiteľné miesto vo výžive človeka (Scudamore, 2005). Patrí medzi najdôležitejšie potravinové zdroje (Gregorová et al., 2006). Využíva sa nielen v potravinárstve, ale aj k priemyselným účelom a pre krmné účely (Petr, 2001). Mnohé medzinárodné a národné výskumné programy sú zainteresované v šľachtení pšenice, pričom pre pestovateľskú prax boli vytvorené úrodné odrody pšenice (Gregová et al., 2006).

Triticum aestivum, L. (pšenica letná) je nahý, hexaploidný typ pšenice s počtom chromozómov 42. V súčasnosti pestované odrody pšenice letnej prešli dlhým šľachtiteľských procesom zameraným hlavne na zvyšovanie kvantity a kvality produkcie dôsledkom čoho sa znižuje diverzita pšenice letnej (Morris - Bryce., 2002).

Hrdza pšeničná (*Puccinia triticinia Eriks.*) je jednou z najrozšírenejších chorôb pšenice letnej (*Triticum aestivum* L.) po celom svete. Pestovanie odolných odrôd je dôležitým preventívnym opatreniam (Gregáňová, 2005).

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 (Troccoli et al., 2000).

Na Slovensku patrí pšenica tvrdá medzi tradičné obilniny, pre jej pestovanie sú priaznivé pôdno - klimatické podmienky najmä v teplých oblastiach kukuričnej výrobné oblasti (http://www.agroporadenstvo.sk/rv/obilniny/pest_psenice.htm). Podstatná časť produkcie smeruje na export do spracovateľských kapacít prevažne v Rakúsku, Nemecku a Taliansku (Šmehylová, 2009).

Cesto na výrobu makarónov, špagiet, rezancov a všetkých ostatných druhov cestovín musí byť kompaktné, viskózne, pružné a pritom netrhavé, nelepivé, dostatočne plastické pri tvarovaní a sušení. Tieto vlastnosti môžu cestu zabezpečiť len špeciálne hrubé múky, tzv. semoliny zo zrna pšeníc *Triticum durum*, a to z kultivarov, ktoré obsahujú v zrne minimálne 14 % bielkovín tvorených predovšetkým tuhším a pružným lepkom (Prugar – Hraška, 1986). Pšenica tvrdá pre jej špecifickú kvalitu je určená na výrobu nevaječných cestovín, ktoré sa pripravujú zo špeciálne zomletého zrna (semoliny), sú cenovo drahšie ako z múky pšenice letnej a majú vyššiu nutričnú hodnotu. Zrno pšenice tvrdej je sklovité, s vyšším obsahom lepku a žltých pigmentov, ktoré v rozhodujúcej miere ovplyvňujú farbu finálneho produktu. Lepok má špecifické vlastnosti, charakteristické len pre tento druh, vhodné na výrobu cestovín, menej vhodné na výrobu chleba.

Jednou z príčin nedostatočného záujmu poľnohospodárskej praxe o pšenicu tvrdú je jej nižšia produktivnosť (o 15-20 %) oproti pšenici letnej, nižšia úrodová stabilita a kolísanie

technologické kvality v súčasnosti pestovaných odrôd. V súvislosti s nižšími dosahovanými úrodami a zároveň perspektívou rastúceho záujmu spracovateľského priemyslu, je nutné hľadať cesty ako najlepšie využiť genetický potenciál daných odrôd s cieľom dosiahnuť ekonomicky efektívnu úrodu požadovanej kvality (http://www.agroporadenstvo.sk/rv/obilniny/pest_psenice.htm). V procese šľachtenia pšenice tvrdej sú reologické vlastnosti cesta zo semoliny dôležitým selekčným kritériom pre výber vhodných kultivarov (Sissons et al., 2005)

Väčšina odrôd pestovaných vo svete patrí do skupiny jarných odrôd, ktoré sú kvalitnejšie. Ozimné odrody sú menej kvalitné než jarné a väčšinou sú menej mrazuvzdorné i zimuvzdorné. Na Slovensku je v prevahe pestovanie pšenice tvrdej formy ozimnej. Pšenica tvrdá v porovnaní s pšenicou letnou má celý rad biologických odlišností, ktoré spôsobujú jej nižší úrodový potenciál, stabilitu úrod a slabšie produktívne odnožovanie, slabšiu kompenzačnú schopnosť porastu, nižšiu produktivitu klasu a slabšiu zimuvzdornosť (http://www.agroporadenstvo.sk/rv/obilniny/pest_psenice.htm).

Pšenica špaldová (*Triticum spelta* L.) je staroveká pekárska obilnina podobná pšenici letnej (*Triticum aestivum* L.), pestovaná stovky rokov a v súčasnosti znovu objavená v Európe a severnej Amerike. Jej pravlast'ou je Blízky Východ a do Európy bola dovezená asi 2000 rokov p. n. l. (Šmehylová, 2008; Buchtová – Dodok – Šindlerová, 2004).

Pšenica špaldová (*Triticum spelta*) patrí do čeľade lipnicovité (*Poaceae*), rodu pšenice (*Triticum aestivum* L. (Poradenské listy svazu PRO-BIO, 2002). Spoločne s jednozrnkou (*Triticum monococcum* L.) – Einkorn a dvojzrnkou (*Triticum dicoccum* L.) – Emmer, patrí do skupiny tzv. plevnatých pšeníc (Michalová et al., 2002). Má mohutný koreňový systém, ktorý umožňuje získavať živiny i z hlbších vrstiev a zaručuje vyššiu suchovzdornosť. Klas je riedky s ostňami, častejšie bez osti. Steblo je duté, tenkostenné a dlhé. Klasy sú zložené z 3-5 kvetov, zvyčajne dozrievajú len 2, maximálne 3 obilky a sú uložené protistojne. Pestujú sa viac formy ozimné ako jarné (Kohajdová – Karovičová, 2008).

Pšenica špaldová v porovnaní s pšenicou letnou má vyššie (150 – 200 cm), dlhšie klasy (15 – 20 cm) a má pomalší počiatočný rast (Zanetti et al., 2001). Vytvára však viac odnoží na rastlinu, a tak je počet klasov na m² pred zberom rovnaký. Vysoká vschádzavosť aj za menej priaznivých podmienok, vysoká odnožovacia schopnosť a tvorba veľkých zrn sú hlavnými dôvodmi stabilnej úrodnosti špaldy. Je nenáročná na bonitu pôdy, znáša i vyššiu skeletovitosť, dobre znáša chlad a darí sa jej aj nad hornou hranicou pestovania iných obilnín. Pšenica špaldová je menej napádaná chorobami a prakticky nemá škodcov (Lacko-Bartošová - Otepka, 2001).

Špalda v porovnaní so pšenickou letnou obsahuje viac bielkovín, vlákniny, minerálnych látok (Hozová et al., 2004) a je vhodná na pestovanie aj v klimaticky chladnejších oblastiach bez zníženia výšky úrody a jej kvality (Bonafaccia et al., 2000).

Pšenica špaldová je charakterizovaná vyšším obsahom bielkovín vďaka vyššiemu obsahu bielkovín v aleurónovej vrstve (Ruibal-Mendieta et al., 2005; Zielinsky – Ceglinska - Michalska, 2008). Celozrnná špaldová múka má vyšší obsah popola (1,82 %) a vyšší obsah minerálnych látok v porovnaní s ostatnými obilninami (Kohajdová - Karovičová, 2008; Zielinsky – Ceglinska - Michalska, 2008).

Pšenici špaldovej sú pripisované viaceré priaznivé medicínske vlastnosti, využíva sa v alternatívnej medicíne na liečenie alergií, vysokého cholesterolu v krvi, prevencii proti depresiám, rakovinovým a reumatickým ochoreniam (Lacko - Bartošová – Otepka, 2001).

2.3 Chemické zloženie zrna pšenice

Chemické zloženie pšeničného zrna je rôznorodé (Prugar – Hraška, 1986), odlišnosti nie sú len medzi druhmi (plevnaté, neplevnaté), ale aj v rámci druhu. Zloženie kolíše v závislosti od odrody, lokality, počasia, agrotechnických opatrení, vrátane výživy a hnojenia, doby zberu, dĺžky a kvality skladovania. Údaje od rôznych autorov, z rôznych krajín sa často líšia. V tabuľke č. 1 sú uvedené rozpätia obsahu hlavných zložiek pšeničného zrna *Triticum aestivum*, L. – sacharidy, bielkoviny, tuky, popoloviny, niektoré minerálne látky a vitamíny – zostavené podľa zistení viacerých autorov (Prugar – Hraška, 1986; Anderson et al., 2000).

Tabuľka č.1: Zloženie pšeničného zrna (Prugar – Hraška, 1986; Anderson et al., 2000).

Hlavné zložky	(%)	Vitamíny	(mg.kg ⁻¹)	Minerálne látky (mg.kg ⁻¹)	
Sacharidy	65-72	Karotén	0,09-5,9	P 1514-6000	S 950-1800
Bielkoviny	8,5-18	RE*	0,15-0,25	K 2500-8000	Zn 8-100
Tuky	1,5-3,5	Tokoferoly	14-613	Mg 688-1900	Na 25-65
Popol	1,6-3,5	B-komplex	32-149	Ca 183-6700	Fe 13-110

*RE – retinol ekvivalent

Jednotlivé zložky sú zastúpené v rôznych množstvách aj v závislosti od anatomickej časti zrna, v ktorej sa nachádzajú. Oplodie (vonkajší obal zrna) sa skladá z niekoľkých vrstiev: pokožky (epidermis epicartium), podkožky (hypodermis), vrstvy stredných, priečných, rúrkovitých, alebo vakových buniek (Antoine et al., 2002) a tvorí ho prevažne vláknina (1,9 – 2 %) (Prugar - Hraška, 1986).

Ďalej nasleduje vonkajšie a vnútorné osemenie a aleurónová vrstva. Aleurónová vrstva sa skladá z vrstvy obdĺžnikových buniek, botanicky je vonkajšou vrstvou endospermu, ale jej tendencia zostávať pri mletí v spojení s vnútornými obalovými vrstvami je príčinou, že mlynári považujú aleurónovú vrstvu za vnútornú vrstvu obalov zrna. Tvorí asi 7 % hmotnosti zrna (Antoine et al., 2002). Je zložená hlavne z bielkovín a sacharidov s malým podielom tukov a minerálnych látok (Prugar – Hraška, 1986).

Zárodok tvorí len malú časť zrna, dobre vyvinutý zaberá 2-3 % jeho hmotnosti, obalové vrstvy 13-17 % a zvyšná časť pripadá na škrobový endosperm (Antoine et al., 2002). Endosperm sa skladá hlavne zo škrobu, bielkovín, tukov a minerálnych látok (Prugar - Hraška, 1986).

Dôležitou zložkou zrna pšenice je voda a sušina. Všetky biologické a chemické procesy v pšenici prebiehajú za účasti vody. Z technologického hľadiska podľa obsahu vody môžeme hovoriť o obilí mokrom (nad 17 %), vlhkom (nad 15,5 %), stredne suchom (nad 14 %) a suchom (do 14 %). Sušina sa skladá prevažne zo sacharidov (okolo 75 %), bielkovín (10-15 %) a lipidov (2 %) (Macevilly, 2004).

Sacharidy tvoria najpodstatnejší podiel pšeničného zrna. Patria sem predovšetkým polysacharidy, škrob, vláknina (celulóza), hemicelulózy a pentózy (slizy, jednoduchšie cukry a oligosacharidy a monosacharidy) a nakoniec sacharidy ako súčasť zložitých komplexov s lipidami a proteínmi – glykolipidy a glykoproteíny (Prugar – Hraška, 1986).

Základnou a dominantnou komponentov zrna je škrob, ktorý predstavuje 60-70 % hmotnosti zrna (Skylas – Van Dyk – Wrigley, 2005). Škrob ako zásobná látka v zrne pšenice sa tvorí a ukladá najmä vo vnútorných vrstvách endospermu, menšie množstvo je lokalizované v obalových vrstvách a v zárodku. Z chemického hľadiska škrob predstavuje vysokomolekulárny polysacharid, tvorený amylopektínom a amylozou, teda zložkami z rozvetvených a lineárnych α – glukozidicky prepojených glukózových jednotiek (Prugar – Hraška, 1986). Špaldový škrob sa vyznačuje vyššou teplotou mazovania (87,5 až 90,8 °C) v porovnaní s pšeničným škrobom (72,8 až 91,1 °C) a má podobnú teplotu mazovania ako pšenica dvojzrnka (90,8 až 82,8 °C) (Loje et al., 2003).

Malý hmotnostný podiel predstavujú v zrne pšenice aj lipidy. Ich obsah sa pohybuje v rozsahu od 1,5 – 3 %. Hlavný podiel lipidov sa sústreďuje v klíčkovej časti zrna (Prugar – Hraška, 1986).

Významnú úlohu z hľadiska výživy človeka a zvierat majú vitamíny a minerálne látky. Vitamíny v pšenici sú rozpustné vo vode okrem tokoferolu a retinolu (A, E), sú hlavne

zastúpené vitamíny skupiny B, vitamín A ako provitamín, vitamín C, D a E. Prevažne sa vyskytujú v klíčkoch a aleurónovej vrstve zrna (Prugar – Hraška, 1986).

V zárodku a obalových vrstvách je najviac zastúpený fosfor a draslík. Z ostatných minerálnych látok sú v zrne pšenice obsiahnuté aj síra, vápnik, železo, mangán, zinok, bór a meď. Minerálne látky majú aj technologický význam, nakoľko mlynársky proces sa riadi a hodnotí aj podľa obsahu popola (Prugar – Hraška, 1986).

Zrelé pšeničné zrnko obsahuje 8-20 % bielkovín, z ktorých až 80 % predstavujú zásobné bielkoviny zodpovedné za extenzibilitu a elasticitu cesta (Biel – Bobko - Maciorowski, 2009). Pšenica je najvýznamnejším producentom obilných bielkovín, pretože produkuje asi 55 % z celkového množstva bielkovín. Obsah bielkovín v zrne pšenice okrem kultivarov predovšetkým závisí od klimatických podmienok, agrotechnických opatrení, výživy, pôdy atď. Bielkoviny sú v zrne lokalizované vo všetkých jeho častiach, najviac však v škrobovom endosperme, v ktorom sa nachádza až 72,5 % celkového obsahu bielkovín zrna a v aleurónovej vrstve (15,5 %). Zárodok obsahuje 8,0 % a oplodie s osemením 4,0 %.

Bielkoviny sú základné zlúčeniny živej hmoty. Majú zložitú štruktúru a charakteristické vlastnosti. Bielkoviny sú veľmi heterogénne, zložené z viacerých frakcií, ktoré sa rozčleňujú na subfrakcie s charakteristickými vlastnosťami. Sú to vysokomolekulárne látky, ktoré sú zložené zo zvyškov 20 rôznych aminokyselín a 2 amidov pospájaných peptidovou väzbou (Prugar – Hraška, 1986).

Vzhľadom na svoju veľkú relatívnu molekulovú hmotnosť majú bielkoviny niektoré vlastnosti makromolekúl. Ide predovšetkým o schopnosť bobtnania, schopnosť tvorby silno viskózných roztokov s fyzikálnymi vlastnosťami podobnými anorganickým koloidom a schopnosť tvorby plošných a vláknitých anizotropných štruktúr (filmov). Molekuly majú elektrický náboj, ktorý sa mení v závislosti od stupňa disociácie. Môžu sa pohybovať v elektrickom poli, čo sa účinne využíva pri ich separácii (Chňapek, 2008).

Proteíny možno deliť podľa rôznych kritérií:

- podľa štruktúry: globulárne (vo vode rozpustné), fibrilárne (väčšinou vo vode nerozpustné, sú to bielkoviny s veľkou relatívnu molekulovou hmotnosťou)
- podľa rozpustnosti: albumíny (vo vode rozpustné), globulíny (rozpustné v roztoku NaCl), gluteníny (rozpustné v zriedených zásadách), prolamíny (rozpustné v 70 – 80 % etanole), históny (rozpustné vo vode), protamíny (rozpustné vo vode).
- podľa neproteínovej zložky: jednoduché (zložené len z proteínovej zložky), zložené (obsahujú aj neproteínovú zložku)

- podľa stavu degradácie: prírodné (s biologickou aktivitou), denaturované (zmenenou, alebo úplne deštruovanou pôvodnou biologickou aktivitou), upravené proteíny (majú chemicky naviazané zvyčajne nízko molekulové látky)
- podľa biologickej funkcie: štruktúrne, katalytické, transportné, pohybové, obranné, zásobné, výživové, senzorické, regulačné
- podľa výživových kritérií: plnohodnotné proteíny, neplnohodnotné proteíny (Velíšek, 2002).

Zásobné bielkoviny slúžia ako zdroj dusíka pre rastúci organizmus. Charakterizuje ich vysoký obsah glutamínu a kyseliny glutámovej (Prugar – Hraška, 1986). Hydratované gliadíny a gluteníny majú schopnosť vytvárať súvislú lepidlivú mriežkovitú štruktúru, označovanú ako lepok (glutén). Tento jav je dôležitý z hľadiska prípravy kysnutého cesta a pečených produktov (Petr et al., 2003).

2.4 Význam hydrolytických enzýmov v zrne pšenice

Aktivita enzýmov v zdravom zrne je nízka, zvyšuje sa pri klíčení zrna. (Kučerová, 2004). Klíčenie je proces, pri ktorom dochádza k zmene fyzikálnych, chemických a fyziologických vlastností zrna. Zrno naklíči vo vode, mení svoj objem, napučí a aktivujú sa v ňom enzýmy, ktoré rozkladajú zložité látky na jednoduchšie a tieto vyživujú zárodok, ktorý sa zväčšuje a preráža obaly (Prugar – Hraška, 1986). Vo vnútorných častiach endospermu je aktivita enzýmov nižšia ako v aleurónovej vrstve a klíčku (Kučerová, 2004).

Enzýmy sú špecifické bielkoviny, ktoré majú schopnosť katalyzovať biochemické reakcie (Šajter et al., 2006). Ich aktivita je do značnej miery závislá od reakčného prostredia, predovšetkým od teploty a hodnoty pH. Vyššia teplota a príliš kyslé alebo zásadité prostredie spôsobujú denaturáciu bielkoviny, a tým inaktiváciu enzýmu (Murthy, 2008). Enzýmy sú z chemického hľadiska jednoduché (jednozložkové), alebo zložené (viaczložkové) bielkoviny (Šajter et al., 2006).

Enzýmy sa podľa typu katalyzovanej reakcie klasifikujú do šiestich tried, pričom enzýmy, ktoré katalyzujú rozklad látok za prítomnosti vody, sa nazývajú hydrolázy a tvoria tretiu triedu enzýmov (Prugar – Hraška, 1986). Katalyzujú hydrolytické štiepenie väzby, ktorá vznikla kondenzáciou (Šajter et al., 2006).

Z hľadiska kvality zrna majú veľký význam hydrolytické enzýmy nakoľko determinujú technologickú, osivársku a výživnú hodnotu zrna. K najvýznamnejším patria amylolytické a proteolytické enzýmy, ktoré štiepia makromolekuly bielkovín

a polysacharidov na aminokyseliny a monosacharidy, ktoré sú potrebné pre syntézu látok nevyhnutných pre rast (Urminská – Michalík, 1996).

Z hydrolytických enzýmov sú najdôležitejšie enzýmy štiepiace bielkoviny (proteázy, peptidázy), sacharidy (amyláza, maltáza, sacharázy) a tuky (lipázy) (Kučerová, 2004). Proces štiepenia prebieha spočiatku ako napučanie, neskôr sa uvoľňujú väčšie molekulárne celky a potom nasleduje ďalšie štiepenie na aminokyseliny a amidy, sprevádzané nárastom obsahu voľných aminových a karboxylových skupín (Prugar – Hraška, 1986).

Medzi amylolytické enzýmy sa zaraďujú α – amylázy, β – amylázy, maltáza, α – glukánfosforyláza, amylo – 1,6 – glykozidáza. Amylázy, alebo diastázy (inak hydrolázy) spôsobujú hydrolýzu škrobu. Hydrolýzou polysacharidov α - amylázou vznikajú glukóza, maltóza a α - dextríny (Hrabě – Rop – Hoza, 2006). β – amyláza hydrolyzuje väzby 1,4 od neredukujúceho konca reťazca tak, že sa oddelia posledné glukózové jednotky vo forme maltózy. Amylopektín štiepi na 60 %, pretože nie je schopný rozložiť väzbu 1-6 (Hoza – Kramářová, 2005).

Proteolytické enzýmy, proteázy, peptidázy, sú nevyhnutné pre život organizmov, ich zdrojom sú rastliny, živočíchy a mikroorganizmy. Sú fyziologicky a ekonomicky dôležitou skupinou enzýmov (Urminská et al., 2006). Predstavujú 60 % svetového predaja enzýmov. Majú dôležitú úlohu v metabolizme trávenia potravy a živín, v odstránení abnormálnych proteínov, v mnohých limitujúcich proteolytických reakciách, ako aj v kontrole trávenia, hormonálnom dozretí, v imunitnej reakcii a v mnohých ďalších procesoch (Michalík et al., 2006).

Peptidázy katalyzujú hydrolytické štiepenie peptidických väzieb v bielkovinách (Brestenská – Lisá, 2002). Podľa účinku na substrát sa proteolytické enzýmy delia na proteinázy (štiepia bielkoviny na peptóny a polypeptidy) a na peptidázy (štiepia peptidy až na voľné aminokyseliny) (Prugar – Hraška, 1986). Endopeptidázy (proteinázy) pôsobia na peptické väzby v bielkovinách a peptidoch vo vnútri molekúl, kým exopeptidázy (peptidázy) štiepia peptické väzby na konci molekúl. Rýchlosť a špecifita štiepenia peptidových väzieb je závislá od štruktúry bielkovín, prítomnosti, alebo neprítomnosti blízkych funkčných skupín a nezávisí od veľkosti polypeptidového reťazca (Urminská et al., 2006).

2.5 Nutričná hodnota zrna pšenice

V požiadavkách na zvýšenie produkcie bezpečných a nutrične kvalitných potravín rastlinného pôvodu sa kladie stále väčší dôraz na optimálny obsah esenciálnych aminokyselín a esenciálnych mastných kyselín a zloženia polysacharidovej zložky (Higaschi et al., 2001, Pilvi et al., 2006, Bettzieche et al., 2009).

Esenciálne aminokyseliny si živočíšny organizmus nevie sám syntetizovať z dôvodu vysokej energetickej náročnosti, a preto musia byť dodané v potrave. Nedostatok akejkoľvek esenciálnej aminokyseliny v krmive (v potrave) ohraničuje vyžitie všetkých ostatných aminokyselín (Gálová – Trebichalský - Palenčárová, 2011).

Obilniny tvoria najvýznamnejšiu skupinu plodín rastlinnej výroby, pretože sú hlavným zdrojom energie a bielkovín a tiež poskytujú mnoho ďalších nutrične významných látok (Ciccocioppo – Sabatino - Corazza, 2005; Yalcin, 2010).

Výživovo najkvalitnejšie sú chemické zložky aleurónu a vnútorných obalových vrstiev (Antoine et al., 2002; Nandini - Salimanth, 2003). Aleurónová vrstva tvorí asi 7 % hmotnosti zrna a po obsahovej stránke má najviac mikronutrientov, fytochemikálií a hlavne kvalitné bielkoviny (Antoine et al., 2002; 2004)

Zo všetkých látok obsiahnutých v zrne pšenice majú najväčší význam bielkoviny, a to z hľadiska technologického, ale aj nutričného. V rozličných častiach pšeničného zrna obsah bielkovín kolíše. Ich relatívne najvyšší obsah je v aleurónovej vrstve a v klíčku, kde sa vyskytujú okrem iného vo forme metabolicky dôležitých látok, ako sú enzýmy a nukleoproteidy. V endosperme obsah bielkovín smerom do stredu je nižší (Prugar – Hraška, 1986).

Bielkoviny sú biopolyméry tvorené reťazcami aminokyselín spojených peptidovou väzbou (Příhoda – Skřivan - Hrušková, 2003). Biologická hodnota bielkovín je súčasťou výživnej hodnoty bielkovín, a ide o zhodu aminokyselinového zloženia daných bielkovín s aminokyselinovým zložením tých bielkovín, ktoré sa využívajú na stavbu organizmu človeka, resp. živočícha. Biologická hodnota a využiteľnosť bielkovín je daná aminokyselinou, ktorá je prítomná v najmenšom množstve tzv. limitujúca aminokyselina (Gálová – Trebichalský - Palenčárová, 2011).

Bielkovinový komplex pšenice je veľmi heterogénny, obsahuje protoplazmatické bielkoviny – albumíny, globulíny (cca 20 %) a komplex zásobných bielkovín – gliadíny, gluteníny (cca 80 %) (Branlard et al., 2003).

Nízka výživná hodnota rastlinných bielkovín a najmä obilnín je podmienená vysokým podielom bielkovinových frakcií typu prolamínov, ktoré sa vyznačujú nízkym obsahom esenciálnych aminokyselín a naproti tomu vysokým podielom neesenciálnych aminokyselín. K ďalším nepriaznivým osobitostiam bielkovinového komplexu zrna obilnín patrí prítomnosť bielkovín vykazujúcich antinutritívne vlastnosti (Michalík et al., 2006).

Prolamínové bielkoviny sú bohaté na aminokyseliny prolín a glutamín, preto sú prolamíny relatívne rezistentné voči proteolyze v gastrointestinálnom trakte z dôvodu nedostatočnej post – prolínovej štiepiacej aktivity (Arendt - Dal Bello, 2008).

Je všeobecne známe, že prolamíny sú hlavným spúšťajúcim faktorom celiakálneho ochorenia (Hill - Mcmillan, 2006). Celiakálne ochorenie je jednou z najčastejšie sa vyskytujúcich vážnych potravinových intolerancií v ekonomike vyspelých štátov (Ciacci et al., 2002; Wieser - Koehler, 2008).

Nutričná kvalita zrna pšenice je ovplyvnená predovšetkým zastúpením albumínov a globulínov (Michalík et al., 2006), ktoré sú charakteristické vysokým zastúpením esenciálnych aminokyselín, preto ich z hľadiska nutričného považujeme za plnohodnotné, ktoré zodpovedajú požiadavkám pre výživu ľudí a zvierat. Aminokyselinovým zložením, najmä zastúpením esenciálnych aminokyselín, sa tieto bielkoviny plne vyrovnávajú živočíšnym bielkovinám (Prugar, 2008).

V pšeničnom zrne sa vyskytujú niektoré vitamíny, ktoré sú dôležité pre výživu človeka a hospodárskych zvierat. Vitamíny sú zväčša nahromadené v klíčkoch a v aleurónovej vrstve zrna. Tieto časti prechádzajú pri spracovaní v mlynoch väčšinou do otrúb a tmavých kŕmnych múk, preto sú svetlé múky určené pre výživu podstatne ochudobnené o vitamínový podiel (Prugar – Hraška, 1986). Vo svetlých múkach zostáva podľa stupňa vymletia len 10-20 % pôvodného obsahu vitamínov skupiny B. V tmavých múkach môže byť zachované až 40 % pôvodného obsahu. Kyselina nikotínová a nikotínamid, ďalší z vitamínov skupiny B, sú vo väčšom množstve prítomné v pšenici. Z lipofilných vitamínov treba spomenúť vitamín E (tokoferol), ktorý nájdeme vo vysokej koncentrácii v pšeničných klíčkoch, z ktorých sa izoluje pri výrobe vitamínových preparátov vo farmaceutickom priemysle (Příhoda – Skřivan - Hrušková, 2003).

Požiadavky na zvyšovanie kvality produkcie, ako aj snaha o prípravu tzv. funkčných potravín vedú k tomu, že do popredia sa dostávajú netradičné suroviny. 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, 2002; Martinek et al., 2006; Knievel et al., 2009). Bolo dokázané, že fenolické

látky obsiahnuté v rastline ovplyvňujú jej vzhľad, chuť a vôňu (Harborne - Williams, 2000; Naczka - Shahidi, 2004), obmedzujú výskyt voľných radikálov, inhibujú lipoxygenázy a pôsobia ako nešpecifické inhibítory (Lachman et al., 2003). Pšenica s rôzne farebnou obilkou je bohatá nielen na prírodné pigmenty, ale aj vitamíny, proteíny, aminokyseliny a prospešné mikroelementy, a preto je odporúčaná pre ľudskú výživu (Li et al., 2002; Čňapek et al., 2010). Prírodné pigmenty majú aj preukázateľný vplyv na úžitkovosť a kvalitu produkcie hospodárskych zvierat, napr. sliepok (Rückschloss et al., 2010). Zaradenie obilných potravín s vyšším obsahom antioxidantov do jedálneho lístka by za predpokladu dlhodobej a pravidelnej konzumácie mohlo mať priaznivý vplyv na ľudské zdravie (Knievel et al., 2009; Trojan et al., 2010; Rückschloss et al., 2010).

Pšenica ako nepostrádateľná obilnina pre ľudskú výživu musí spĺňať kvalitatívne požiadavky nielen z hľadiska obsahu nutričných látok, ale aj hygienickú kvalitu (Magan et al., 2003). Pšeničné zrno môže byť počas rastu na poli, zberu, skladovania a spracovania z potravinárskeho hľadiska znehodnocované vláknitými mikroskopickými hubami a ich mykotoxínmi (Samson et al., 2002, Tančinová – Labuda, 2006). Spôsobujú redukciu kvality, znižujú klíčivosť a nutričné vlastnosti (Samson et al., 2002; Medina et al., 2006).

2.6 Technologická kvalita zrna pšenice

Pojem kvality pšenice je veľmi široký, tak ako je široká paleta aspektov, podľa ktorých ju posudzujeme (Zálešáková et al., 2004). Technologická kvalita je všeobecný faktor, ktorý zvyšuje úžitkovú hodnotu zrna obilnín a určuje jeho ďalšie využitie v závislosti na jeho chemickom zložení (Hauptvogel – Čičová - Tisová, 2003).

Medzi znaky rozhodujúce o technologickej hodnote pšenice patria znaky obchodné (napr. druh, odroda, vlhkosť, obsah prímiesí a nečistôt, zdravotný stav, hmotnosť tisíc zrn, senzorické vlastnosti), mlynárske (napr. vyrovnanosť zrna, objemová hmotnosť zrna, veľkosť a tvar, podiel obalov a endospermu, výmeľnosť endospermu, pokusný zámel, obsah popola, výťažnosť krupíc a múk, výťažnosť šrotových a krupičných otrúb, granulácia múky, poškodenie škrobu, merná spotreba energie) a pekárske (obsah lepku, jeho vlastnosti, tvorba cesta, väznosť, fyzikálne vlastnosti cesta, plynotvorná schopnosť, aktivita amyláz a proteáz, obsah pentóz, obsah tukov a lipidov, obsah pigmentov, stupeň peptizácie bielkovín, obsah bielkovín, mikrobiálna kontaminácia, pekársky pokus) (Zálešáková et al., 2004).

Kritéria pre posudzovanie technologickej akosti zrna odrôd pšenice sú predmetom mnohých štúdií, v zásade však rozhodujú o akosti znaky hovoriace o obsahu

a vysokoelastických vlastnostiach lepkových bielkovín (Šíp et al., 2000). Obsah bielkovín z pohľadu množstva je kvantitatívny polygénny znak a je v kladnom vzťahu k objemu pečiva (Gavurníková et al., 2009).

Z pekárenského hľadiska sú veľmi dôležité dve skupiny bielkovín - prolamíny a glutelíny. Tradične sú popisované (prolamíny) pšenice ako jednoreťazcové makromolekuly, zatiaľ čo glutelíny majú makromolekuly zložené z viacerých reťazcov (Hrušková, 2001).

Zrelé pšeničné zrno obsahuje 8-20 % bielkovín, z ktorých až 80 % predstavujú zásobné bielkoviny zodpovedné za extenzibilitu a elasticitu cesta (Biel – Bobko – Maciorowsky, 2009). Zásobné bielkoviny pšenice reprezentované monomérnymi gliadínmi a polymérnymi glutenínmi sú základnou zložkou lepku, ktorý v najväčšej miere ovplyvňuje reologické a pekárske vlastnosti pšeničnej múky. Lepkové bielkoviny sú zodpovedné za visko-elastické vlastnosti pšeničného cesta (Guo et al., 2010).

Schopnosť pšeničnej múky tvoriť vysokoelastické vlastnosti cesta závisí na povahe pšeničných proteínov. Keď je múka zmiešaná s určitým množstvom vody, proteíny hydratujú, vstupujú do interakcií s určitými karbohydrátmi a lipidmi a tvoria lepok. Lepok má visko-elastické vlastnosti, ktoré v procese kysnutia umožňujú zadržovať oxid uhličitý, a tým zvyšovať objem chleba (Gavurníková et al., 2009). Kvalita lepku pre konečné využitie závisí na kombinácii mnohých chemických a fyzikálnych vlastností proteínového komplexu a je hlavne určená optimálnou kombináciou zásobných gluténových proteínov. Viskozita je ovplyvňovaná gliadínmi (rozpuštnými v alkohole) a elasticita glutenínmi (rozpuštnými v slabých roztokoch hydroxidu a kyselín (Bushuk - Bekes, 2002).

Gliadíny sú monoméne bielkoviny rozpustné v etanole tvoriace len intramolekulárne disulfidové väzby, ktoré je možné rozdeliť do štyroch skupín (α -, β -, γ - a ω) (Guo et al., 2010; She et al., 2010). Majú značný podiel na kvalite múky, počas formovania cesta netvoria veľké kovalentné viazané siete, ale majú vplyv na plasticitu cesta, teda na extenzibilitu, ktorá je dôležitou reologickou charakteristikou cesta (Zálešáková et al., 2004).

Druhou významnou frakciou sú gluteníny (Zálešáková et al., 2004), ktoré obsahujú 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 (She et al., 2010). Gluteníny sú heterogénnou zmesou polymérov, ktoré formujú disulfidové väzby polypeptidov (Zálešáková et al., 2004).

Vysokomolekulové glutenínové podjednotky (HMW-GS) patria medzi zložky lepku spolu s nízko molekulovými glutenínovými podjednotkami a gliadínmi, ktoré zásadne ovplyvňujú pekársku kvalitu pšeničnej múky. Ich zmenou po kvantitatívnej, ale i kvalitatívnej stránke je možné manipulovať s vlastnosťami múky, a teda jej konečným využitím (Gregová – Gavurníková – Šilková, 2011). Z výsledkov výskumu Gregovej et al. (2001) vyplýva, že niektoré vysokomolekulárne glutenínové podjednotky (HMW-GS) prispievajú k zlepšeniu pekárskej kvality pšenice letnej. Za zdroje vysokej pekárskej kvality sú označované odrody s HMW – Glu komplexnými alelami 1 alebo 2* (lokus Glu-1A), 7+8, 17+18, 13+16 (lokus Glu-1B), 5+10 (lokus Glu-1D).

Technologické správanie múk je výsledkom zložitých interakcií, ktoré musia byť analyzované s ohľadom na niektoré špecifické kvalitatívne parametre (Popa, 2007). Na kvalitu múky má primárny vplyv kvalita osív, zaradenie pšenice v osevnom postupe, spracovanie pôdy pred sejbou, ďalej výživa a hnojenie počas vegetácie, ochrana proti chorobám a škodcom (Zimolka et al., 2005). Ako ďalšie činiteľ sa čoraz častejšie uvádza počasie a jeho nestabilita. Priebeh počasia počas vegetácie ovplyvňuje prakticky všetky parametre technologickej kvality pšeničného zrna. Požiadavky na kvalitu zrna pšenice určené pre pekárske využitie potom možno zhrnúť nasledovne: vlhkosť najviac 14 %; objemová hmotnosť najmenej 76 kg.hl⁻¹; obsah dusíkatých látok najmenej 11,5 %; prímеси a nečistoty najviac 6 % (Burešová - Palík, 2008). Takto kvalitné zrna je potom pripravené na mletie, pri ktorom sa spracováva endosperm zrna. Štruktúra endospermu patrí k tým kritériám, ktoré ovplyvňujú technologické parametre zrna (Hrušková - Švec, 2009).

V zmysle štandardov SR (zväz mlynárov PN01/93 : 2006) sú povinnými akostnými znakmi: mokrý lepok v sušine (minimálne 24 % pre múku 00 Extra špeciál a minimálne 26 % pre múku T 650), číslo poklesu (najmenej 170 s), obsah popolovín (T 650 najviac 0,78 %, 00 Extra špeciál najviac 0,60 %) a vlhkosť (maximálne 15 %). V praxi sa zohľadňujú ešte doplnkové ukazovatele: Zeleného index, obsah dusíkatých látok, prípadne ďalšie. Najlepšie charakteristiky kvality múk poskytujú reologické analýzy cesta ako viskoelastického materiálu, ktorý má zložitú fyzikálno-chemickú vlastnosť (Muchová – Ťitný – Frančáková, 2009). Tieto sú kľúčové v mnohých mechanických krokoch spracovania (miesenie, tvarovanie), ale aj počas kysnutia a pečenia (Launay - Michon, 2006).

2.7 Polymorfizmus bielkovín

Bielkoviny sú organické makromolekuly, tvorené aminokyselinami, ktoré sú pospájané peptidovými väzbami medzi aminoskupinou a karboxylovou skupinou susedných aminokyselín, usporiadaných do lineárneho polypeptidového reťazca (Šajter et al., 2006). Štruktúru bielkovín môžeme charakterizovať na štyroch úrovniach – primárna, sekundárna, terciárna a kvartérna štruktúra (Velišek, 2002).

Primárna štruktúra je určená sekvenciou a počtom jednotlivých aminokyselín v polypeptidovom reťazci, je geneticky determinovaná. Priestorové usporiadanie a biologickú funkciu proteínu priamo ovplyvňuje poradie aminokyselín v reťazci..

Sekundárna štruktúra bielkovín je určená geometrickým usporiadaním peptidového reťazca. Rozhodujúce pre jej vznik je usporiadanie atómov v blízkosti peptidovej väzby a tvorba vodíkových väzieb medzi –CO- a –NH- skupinami peptidových väzieb (Ferenčík et al., 2000).

Priestorové usporiadanie jednotlivých reťazcov v molekule bielkovín vyjadruje terciárna štruktúra. Na stabilizácii terciárnej štruktúry a na spojení jednotlivých úsekov sa podieľajú väzby medzi bočnými reťazcami aminokyselín. Ide hlavne o vodíkové väzby medzi aminoskupinami a hydroxylovými skupinami, iónové väzby medzi zásaditými aminokyselinami a kyslými aminokyselinami, van der Walsove sily medzi aromatickými a alifatickými bočnými reťazcami aminokyselín a hydrofóbne interakcie medzi vodou a hydrofóbnymi bočnými reťazcami aminokyselín (Velišek, 2002). Terciárna štruktúra dáva molekule definitívnu priestorovú konfiguráciu, ktorá má podstatný význam pre jej biologickú aktivitu (Repka - Michalík, 1988).

Bielkoviny zložené z podjednotiek majú kvartérnu štruktúru. K interakciám proteín - proteín dochádza pri utváraní proteínových komplexov s kvartérnou štruktúrou.(Ferenčík et al., 2000).

Pre zásobné bielkoviny je charakteristický polymorfizmus daný existenciou viacerých diskrétnych foriem ako dôsledok heterozygotnosti. Polymorfizmus vzniká v dôsledku hybridizácie „*in vivo*“ subjednotiek kontrolovaných nezávislými génmi rôznych lokusov chromozómov, ktoré sa exprimujú v rôznu dobu. Polymorfizmus môže byť vyvolaný aj posttranslačnými zmenami bielkovín ako sú acylácia, glykozilácia, fosforilácia, dezaminácia, dekarboxylácia, metylácia a podobne (Repka - Michalík, 1988).

Polymorfizmus v bielkovinách odhaľuje variabilitu v produktoch kódujúcich DNA sekvencií, DNA polymorfizmus v celom genóme. Rastlinný genóm obsahuje úseky, ktoré

kódujú bielkoviny a obsahuje tiež úseky, ktoré nekódujú žiadny finálny produkt. V genóme pšenice nekódujúce úseky DNA zastupujú viac ako 90 % genómu (Kraic, 2004).

Každá odroda má svoju genetickú štruktúru, ktorá je špecifická, a pri každej odrode je iná. Tým je daná rozmanitosť medzi odrodami a charakteristika jednotlivých parametrov. Odrody majú svoje vlastnosti geneticky fixované (Barić et al., 2008). Jednou z najdôležitejších ciest získavania informácií o odrode je štúdium polymorfizmu bielkovín pomocou elektroforetických a chromatografických metód. Princíp bielkovinových markerov umožňuje podľa bielkovín semien stanoviť pôvod kultúrnych rastlín, určiť štruktúru ich genómu, uskutočniť ich genómovú analýzu, presne a rýchlo identifikovať odrody. Pri pšenici sa ako markery pre diferenciáciu genotypov využívajú zásobné bielkoviny. Sú reprezentované predovšetkým gluténom, ktorý je lokalizovaný v endosperme zrna (Gálová et al., 2006).

V prípade polymorfných odrôd je ich genetická štruktúra charakterizovaná počtom gliadínových a glutenínových línií (Bradová, 2006). Gluténové bielkoviny (gliadíny a gluteníny) tvoria okolo 80 % z celkového obsahu bielkovín zrna pšenice (Gálová et al., 2006).

Pšeničné gliadíny (Gli) sú vysokou polymorfickou skupinou zásobných bielkovín semien zložených zo sérií komplexných genetických lokusov nájdených na niekoľkých ramenách chromozómov. Predstavujú gliadínové bielkoviny lepku, ktoré sa nachádzajú v extrakte múky ako monomerické polypeptidy. Monoméne gliadíny (40 %) sú charakterizované štyrmi odlišnými proteínovými typmi – alfa, beta, gama a omega gliadíny. Existuje rozlíšenie, podľa ktorého sa polypeptidy gliadínov vyskytujú v skupinách (blokoch) podľa génov, ktoré ich kódujú. Hlavné bloky gliadínov sú umiestnené na krátkych ramenách prvej a šiestej skupiny chromozómov (označené ako Gli-1 a Gli-2 lokusy) pre všetky tri genómy (A, B a D). Poloha génu zabezpečuje pojmové rozdiely medzi polypeptidmi gliadínov a glutenínov a tiež komplementaritu, z ktorej vychádzajú názvy jednotlivých gliadínových polypeptidov zodpovedajúcich ich špecifickým alelám na daných lokusoch (napríklad Gli-A1a, Gli-A1b,...) (Branlard et al., 2003). Alely kódujúce gliadíny sú početné a ich frekvencia sa líši podľa oblastí z ktorých odrody pšenice pochádzajú (Wrigley – Békés - Bushuk, 2006).

Agregovaný glutén možno na základe molekulovej hmotnosti jeho podjednotiek diferencovať na nízkomolekulárne komponenty gluténu (LMW-GS) a vysokomolekulárne komponenty gluténu (HMW-GS) (Gálová et al., 2006). HMW-GS sú kódované lokusmi *Glu-1*, lokalizovanými na dlhých ramenách chromozómov skupiny 1 (lokusy *Glu-A1*, *Glu-B1* a *Glu-D1*). Gény na *Glu-1* lokusoch kódujú dva typy HMW-glutenínových pojednotiek: x-typ s vyššou molekulovou hmotnosťou a y-typ s menšou molekulovou hmotnosťou. Keďže *Glu-1*

lokusy vykazujú značnú genetickú variabilitu, HMW-GS sa využívajú aj ako markery pri identifikácii, diferenciacii a charakterizácii jednotlivých odrôd a genotypov (Shewry – Halford – Lafiandra, 2006). Výsledky viacerých štúdií ukázali, že polymorfizmus alel kódovaných *Glu-1* lokusmi závisí od regiónu, z ktorého daná odroda pšenice pochádza (Nakamura, 2000; XU et al., 2009).

HMW-GS a LMW-GS nemôžeme samostatne a bez účasti gliadínu k identifikácii odrôd účelne využiť. Pomocou LMW-GS možno spoľahlivo rozlíšiť iba 24 % odrôd a u HMW-GS je schopnosť rozlíšiť odrody ešte nižšia (19 %) (Bradová, 2006). Gény determinujúce gliadíny a gluteníny v dôsledku väzby s lokusmi, resp. bloky polygénov významne ovplyvňujú vlastnosti pšenice, môžu markerovať tieto vlastnosti. Ide hlavne o pekárenskú akosť (Branlard et al., 2003).

2.8 Genetické markery a ich využitie v šľachtení

Pšenica v celosvetovom meradle patrí medzi najdôležitejší potravinové zdroje. Mnohé medzinárodné a národné výskumné programy sú zainteresované v šľachtení pšenice, pričom pre pestovateľskú prax boli vytvorené úrodné odrody pšenice. Avšak, moderné odrody pšenice majú úzky genetický základ. Súčasťou práce s genetickými zdrojmi pri jednotlivých druhoch je aj popis znakov a vlastností za účelom rozlíšenia a detekcie hospodársky najcennejších genotypov pre ďalšie využitie v šľachtiteľských programoch alebo v pestovateľskej praxi. V súčasnosti sa na vyhodnocovanie rozdielov medzi genotypmi a taktiež medzi populáciami používajú moderné metódy detekcie ako sú molekulárne a biochemické markery (Gregová et al., 2006).

Základným a hlavným prostriedkom verifikácie a identifikácie rastlinných genotypov sú genetické markery. Ponúkajú možnosť verifikovať a identifikovať vzorky na základe znakov, ktoré sú odvodené z ich genetickej podstaty a tiež spoznať potenciálny význam z toho vyplývajúci (Kraic, 2004).

Pod pojmom genetický marker sa rozumie označovanie evidentného genotypového znaku, ktorý je spojený s variabilitou iného znaku. Pravdepodobnosť spoločného dedenia je daná vzájomnou vzdialenosťou markera na chromozóme a sledovaného génu (Bežo, 1998).

Genetické markery odhaľujú genóm rastliny prejavujúci sa v určitých podmienkach vonkajšieho prostredia. Jednotlivé typy markerov nie sú rovnako citlivé na ich vplyv. Podľa

ich závislosti od vplyvu vonkajších podmienok sa posudzuje ich výpovedná hodnota, praktická použiteľnosť a hodnovernosť (Kraic, 2004).

Vhodný genetický marker by mal spĺňať všeobecne platné kritéria: vysoký stupeň dedičnosti, stabilita rôznych vonkajších podmienkach, jednoduchá genetická interpretácia, vysoká úroveň polymorfizmu, distribúcia po celom genóme rastliny, ľahká a rýchla dostupnosť bez potreby opakovania, jasnosť a presnosť, nízka cena jeho stanovenia, vysoká reprodukovateľnosť, možnosť sledovania vo všetkých fázach rastu (Kraic, 2004).

Základné štúdium a popis genetických zdrojov sú spojené s poznávaním a štúdiom fenotypového prejavu (Kraic, 2004). Na tento účel sa používali agromorfologické markery aj keď majú obmedzené použitie pre hodnotenie stupňa variability, pretože sú veľakrát ovplyvňované environmentálnymi faktormi a podmienkami rastu. Pre hodnotenie genetickej variability rastlín sa preto používajú rôzne biochemické a molekulárne metódy. Biochemické metódy na rozdiel od morfologických sú viac premenlivé, menej závislé na prostredí a informatívne v akomkoľvek vývojovom štádiu rastlín (Leistumaitė - Paplauskienė, 2007). Molekulárne markery, ktoré sa používajú pri štúdiu rastlín sú bielkovinové markery a DNA markery (Kraic, 2004).

Niektoré bielkoviny sú konzervatívne vo svojej štruktúre v takej miere, že medzi individuami v rámci toho istého rastlinného druhu a dokonca i medzi druhmi sú prakticky identické. Porovnávaním takýchto bielkovinových profilov medzi individuami získame monomorfické profily, ktoré sú pre účely identifikácie a špeciálneho hodnotenia genetických zdrojov väčšinou nevhodné. Existujú ale i frakcie bielkovín vykazujúce vysoký polymorfizmus (variabilitu) medzi i v rámci rastlinného druhu. Polymorfické profily sú vhodné na vyhľadávanie rozdielov medzi individuami, ich vzájomné porovnávanie a rozlišovanie (Kraic, 2004).

Zásobné bielkoviny zrna obilnín (prolamíny a gluteníny) sú v praxi najviac používaným typom rastlinných bielkovín pre účely identifikácie a diferenciacie genotypov. (Gálová et al., 2006). Sú lokalizované v špecializovaných rastlinných pletivách alebo orgánoch, kde sa nachádzajú v dostatočnom množstve a sú relatívne ľahko extrahovateľné (Chňapek, 2008).

Pri využití a štúdiu gliadínových markerov sa zistilo, že niektoré gliadínové zložky sa dedia spoločne ako blok. Tento blok predstavuje skupinu na seba viazaných gliadínových zložiek. Gliadínové zložky vystupujú ako mendelistické štiepne jednotky, nerekombinujú sa v procese crossing-over a dedia sa spoločne. Gliadínové lokusy tvoria alelické série s rozličnými gliadínovými blokmi. Alelické gliadínové bloky sa môžu odlišovať počtom

gliadínových zložiek, čo podmieňuje genotypové rozdiely v zložení gliadínov jednotlivých línií kultivarov pšenice. Na ich identifikáciu sa používa hybridologická analýza F_2 , elektroforetické analýzy a monozomická analýza pšeničných zŕn. Gény podmieňujúce gliadínové bloky sú lokalizované v 1A, 1B, 1D, 6A, 6B, 6D genómoch (Prugar – Hraška, 1986).

Základnú charakteristiku genotypov pšenice je možné dokresliť elektroforetickými analýzami na PAGE v prítomnosti SDS pomocou, ktorých sa gluténové bielkoviny rozdelia na monoméne gliadíny (alfa-, beta-, gama- a omega- gliadíny) a agregované gluteníny tvorené vysokomolekulárnymi (HMW-GS) a nízkomolekulárnymi glutenínovými podjednotkami (LMW-GS) (Bushuk - Bekes, 2002).

Popri bielkovinových analýzach sa do popredia dostávajú aj DNA analýzy. DNA markery sa využívajú pri mapovaní genómu, v štúdiu genetickej diverzity, pri selekcii genotypov s hospodársky významným génom tesne viazaným k určitému molekulárnemu markeru atď. (Vivodík - Gálová, 2010). DNA markery, ktoré sa využívajú pri selekcii požadovaných genotypov, nie sú ovplyvnené agroekologickými podmienkami pestovania a nezávisia od štádia vývoja rastliny, v ktorom sú analyzované. Je ich vhodné použiť vtedy, keď je ťažké a časovo náročné použiť bežné šľachtiteľské metódy. Molekulárne markery založené na metóde PCR sa využívajú napríklad aj pri príprave geneticky modifikovaných rastlín, ale tiež pri detekcii vnesených génov do vybraných genotypov, čím je možné odlišiť modifikované genotypy od nemodifikovaných (Vivodík - Gálová - Balážová, 2011).

V rámci markerov DNA sú mikrosatelitné markery (SSRS - Simple Sequence Repeats) zvlášť vhodné, pretože majú vysoký stupeň polymorfizmu a kodominantný charakter dedičnosti (Chandra et al., 2010). Mikrosatelity sú jednoduché repetitívne sekvencie dlhé iba niekoľko bázových párov (1–6). Sú to markery genómovo špecifické s kodominantnou dedičnosťou a stávajú sa veľmi užitočným nástrojom na štúdium genetických vzťahov medzi druhmi, populáciami a odrodami. Na pšenici boli mikrosatelitné analýzy študované napr. Harkerom et al. (2001), Guptom et al. (2002), Akkaya&Buyukunal – Bal (2004) a inými. Mikrosatelitné analýzy preukázali vysoký stupeň polymorfizmu, schopnosť detekcie heterozygotov i heterogenitu (Röder et al., 2002). Navyše sú tieto markery reprodukovateľné medzi laboratóriami a analýzy čím ďalej viac automatizované, preto je možné pomocou týchto markerov analyzovať veľký súbor genotypov a vytvoriť databázy na základe detegovaných mikrosatelitných alel (Roussel et al., 2004). Do popredia sa dostávajú aj nové mikrosatelitné markery, ktoré sú odvodené od kódujúcich repetitívnych sekvencií genómu, tzv. EST-SSR markery, ktoré navyše odhaľujú funkčnú diverzitu (Eujayl et al. 2002).

Aplikácia molekulárnych markerov pri výbere, príprave a hodnotení rastlinných materiálov nadobúda čoraz väčší význam ako z hľadiska teoretického, tak aj v praktických aplikáciách. Zvlášť aktuálna je problematika detekcie markerov na úrovni polymorfizmu DNA a bielkovín pri cielej tvorbe nového genetického materiálu s požadovanými kvalitatívnymi ukazovateľmi (Reynolds – Borlaug, 2006).

2.9 Využitie HMW glutenínových podjednotiek pri identifikácii genotypov pšenice

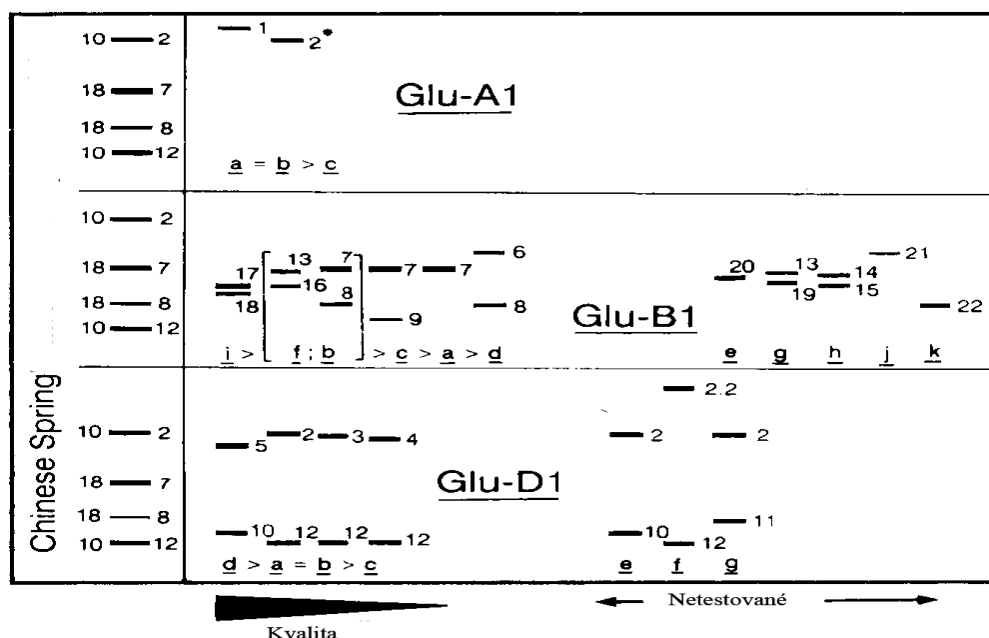
Vysoký polymorfizmus zásobných bielkovín pšenice je výsledkom komplexnosti jej genómu. Genóm pšenice (*Triticum aestivum* L.) je zložený z troch samostatných genómov (A, B a D) rôzneho pôvodu, pričom každý prispieva k celkovej bielkovinovej variabilite (Kraic, 2004). Delenie glutenových bielkovín (gliadíny a gluteníny) elektroforetickými metódami (SDS-PAGE a A-PAGE) umožňuje posúdiť výživnú a technologickú kvalitu zrna pšenice z hľadiska obsahu a kompetentného zastúpenia HMW glutenínových podjednotiek, ale aj antinutritívne vlastnosti zrna podľa zastúpenia alfa gliadínových bielkovín (Gálová et al., 2006).

Glutenínové bielkoviny tvoria 35-40 % bielkovín pšeničnej múky, diverzita v nich je relatívne vysoká. HMW-GS sú kódované génmi lokusu Glu-1 (Gregová – Šliková, 2010), lokalizovanými na dlhom ramene chromozómov 1 (1A,1B a 1D) (Wrigley – Békés - Bushuk, 2006). HMW-GS sú tvorené z podjednotiek s vysokou relatívnou molekulovou hmotnosťou ($M_r > 106$), stabilizovaných medzimolekulovými disulfidickými väzbami a sú významné z hľadiska ich vzťahu k pekárskej kvalite múky. Sledovaním vzťahu jednotlivých HMW-GS a pekárskej kvality pšenice bolo zistené, že existuje medzi nimi súvislosť. Dokázané bolo, že jednotlivé podjednotky, resp. ich páry ovplyvňujú chlebopekársku kvalitu rôzne. Informácie o zastúpení jednotlivých alel Glu lokusov umožňujú aj predikovať technologickú kvalitu genotypov pšenice (Gregová – Šliková, 2010). Gény na Glu-1 lokusoch kódujú dva typy HMW-glutenínových podjednotiek: x-typ s vyššou molekulovou hmotnosťou a y-typ s menšou molekulovou hmotnosťou (Shewry – Halford - Lafiandra, 2006).

Pekársku kvalitu odrôd pšenice ovplyvňujú rôzne kombinácie glutenínových podjednotiek s HMW – Glu komplexnými alelami 1 alebo 2*. Alelické varianty ako *Glu-A1* (0), *Glu-B1* (6+8) alebo *Glu-D1* (2+12) poukazujú na nižšiu technologickú kvalitu. K vysokej technologickej kvalite sa vzťahujú podjednotky bielkovín označené ako *Glu-A1*

(1), *Glu-A1* (2*), *Glu-B1* (7+9), *Glu-B1* (17+18) alebo *Glu-D1* (5+10) (Gianibelli, 2002). Za podjednotky s najpozitívnejším vplyvom na pekársku kvalitu sa považuje pár HMW-GS 5+10 (Gregová – Šliková, 2010).

Zóny podjednotiek HMW sa označujú podľa katalógu glutenínových génov (Payne et al., 1987).



Obrázok č. 1 Základný katalóg alel kódujúcich HMW glutenínové podjednotky (Payne et al., 1987).

Pekársku akosť zrna vyjadruje bodové hodnotenie tzv. Glu-skóre, ktoré je odvodené od prítomnosti, resp. neprítomnosti špecifických vysokomolekulových glutenínov. Jej najvyššia hodnota môže byť 10 (Gregová – Šliková, 2010). Zloženie HMW-GS a na ich základe vypočítané Glu-skóre je rýchlym a presným nástrojom vhodným na predikciu technologickkej kvality pšenice v procese šľachtenia. Analýza HMW-GS potvrdzuje potrebu introdukcie nových génov (Chňapek et al., 2011).

Veľká variabilita v zastúpení HMW-GS na jednotlivých lokusoch sa pripisuje hlavne genetickým odlišnostiam jednotlivých druhov pšeníc. Taktiež sa kladie dôraz na vplyv rozdielnych agroklimatických podmienok pestovania v danom geografickom území na obsah zásobných bielkovín zrna (Branlard et al., 2003; Demir – Atli - Baran, 2004; Sun et al., 2006).

Horšie technologické parametre pšenice špaldovej sú spôsobené dominantným zastúpením podjednotiek 6+8 na lokuse *Glu-B1*, alebo 2+12 na lokuse *Glu-D1*, ktoré nedosahujú technologické parametre prezentované inými podjednotkami (Zeller, 2005). To však neznižuje využitie pšenice špaldovej na výrobu cestovín a cukroviniek (Veraverbeke – Delcour, 2002; Lasztity, 2003). Tento negatívny fakt bol čiastočne kompenzovaný vysokým

zastúpením kvalitatívne vhodnejšej podjednotky 1 kódovanej na lokuse Glu-A1, ktorej pozitívne vlastnosti sa môžu využiť v programoch šľachtenia pre zvyšovanie technologickej kvality pšenice špaldy (Gálová – Knoblochová, 2000; Gálová et al., 2002).

Poznanie genetickej determinácie glutenínov je základným predpokladom ich využitia ako selekčného kritéria a genetického markera v šľachtení odrôd pšenice s vyššou pekárskou kvalitou (Gálová – Gregáňová, 2001). Je známy inhibičný účinok sekalínového bloku Gld 1B3 translokovaného z ražného chromozómu 1R do genómu pšenice na 1B chromozóm, ktorý slúži ako marker akosti, avšak súčasne aj ako marker odolnosti k hrdzi trávovej. Z jeho prítomnosti vyplýva, že genóm pšenice je obohatený o sekalínové gény, ktoré majú za následok výrazné zhoršovanie kvality pšeničného lepku a gény odolnosti voči hrdzi trávovej Sr31 (Šašek – Černý – Sýkorová, 2000).

3 Cieľ práce

Cieľom predkladanej bakalárskej práce bolo:

- spracovať dostupné literárne zdroje z oblasti technologickej a nutričnej kvality zrna pšenice letnej (*Triticum aestivum* L.), pšenice špaldovej (*Triticum spelta* L.) a pšenice tvrdej (*Triticum durum* DESF.),
- analyzovať päť odrôd SOLARA, SAMANTA, ILONA, TORYSA, EVA pšenice letnej formy ozimnej (*Triticum aestivum* L.), päť odrôd FRANCENKORN, ROQUIN, HOLSTENKORN, SCHWABENKORN, BAULANDER SPELTZ pšenice špaldovej (*Triticum spelta* L.) a dve odrody ISTRODUR, MARTONDUR pšenice tvrdej (*Triticum durum* DESF.) z hľadiska kvalitatívnych ukazovateľov,
- výsledky vyhodnotiť matematicko-štatistickou metódou.

4 Materiál a metodika

4.1 Charakteristika biologického materiálu

Ako biologický materiál boli použité zrná odrody pšenice letnej formy ozimnej a to odroda SOLARA, SAMANTA, ILONA, TORYSA, EVA, pšenice špaldovej (FRANCENKORN, ROQUIN, HOLSTENKORN, SCHWABENKORN, BAULÄNDER SPELTZ) a pšenice tvrdej (ISTRODUR, MARTONDUR). Vzorky boli získané z Génovej banky semenných druhov SR v CVRV Piešťany.

4.2 Biochemické rozbory

4.2.1 Stanovenie celkového dusíka podľa Kjeldalha

Princíp stanovenia:

Kjeldalhovú metódu je založená na spaľovaní rastlinnej hmoty v Kjeldahlovej banke v prostredí koncentrovanej kyseliny sírovej a vhodného katalyzátora. Organicky viazaný N sa v prostredí koncentrovanej kyseliny sírovej prevedie na amoniak. Amoniak sa viaže na kyselinu sírovú a vzniká síran amónny. Zo síranu amónneho sa amoniak ako slabšia zásada vytesní prebytkom alkalického hydroxidu. Vytesnený amoniak sa predestiluje do predlohy zo známym množstvom kyseliny sírovej s presnou koncentráciou a jeho množstvo sa stanoví titráciou s $0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ NaOH. zo spotreby sa vypočíta množstvo N vo vzorke a nakoniec sa vyjadrí v %.

4.2.2 Výpočet hrubého proteínu

Obsah hrubého proteínu sa vypočíta prepočtom z obsahu celkového dusíka podľa Kjeldahla. Používa sa nasledovný vzorec:

$$\% \text{ HP} = \% \text{ N} \cdot 5,7$$

4.2.3 Stanovenie frakčnej skladby bielkovinového komplexu podľa Golenkova (ICC metóda)

Pšeničné zrná ešte pred uskutočnením analýz sme zhomogenizovali na laboratórnom mlyne Fritis pulveri sette, na zrnitosť 0,2 mm. Základné bielkovinové frakcie: albumíny, globulíny, gluteníny a gliadíny sme získali extrakciou v príslušných rozpúšťadlách podľa unifikovanej Golenkovej metódy.

Globulíny a albumíny sme extrahovali pomocou 10 % - ného NaCl (I. frakcia), gliadiníny pomocou 70 % etanolu (II. frakcia), gluteníny 0,2 % - ným NaOH (III. frakcia) a na koniec nám ostal nerozpustný zvyšok (IV. frakcia). Každú extrakciu sme uskutočnili 3x a v supernatantoch I, II, III a vo frakcii IV nerozpustný zvyšok, sme metódou podľa Kjeldalha stanovili obsah dusíka. Na záver sme uskutočnili prepočet na sušinu a vypočítali percentuálne zastúpenie jednotlivých bielkovinových frakcií.

Výpočty sme uskutočnili podľa nasledujúcich vzorcov:

$$N_{\text{SUM}} = N_{\text{I}} + N_{\text{II}} + N_{\text{III}} + N_{\text{IV}}$$

$$\text{Obsah albumínov + globulínov (\%)} = \frac{N_{\text{I}}}{N_{\text{SUM}}}$$

$$\text{Obsah glutenínov (\%)} = \frac{N_{\text{III}}}{N_{\text{SUM}}}$$

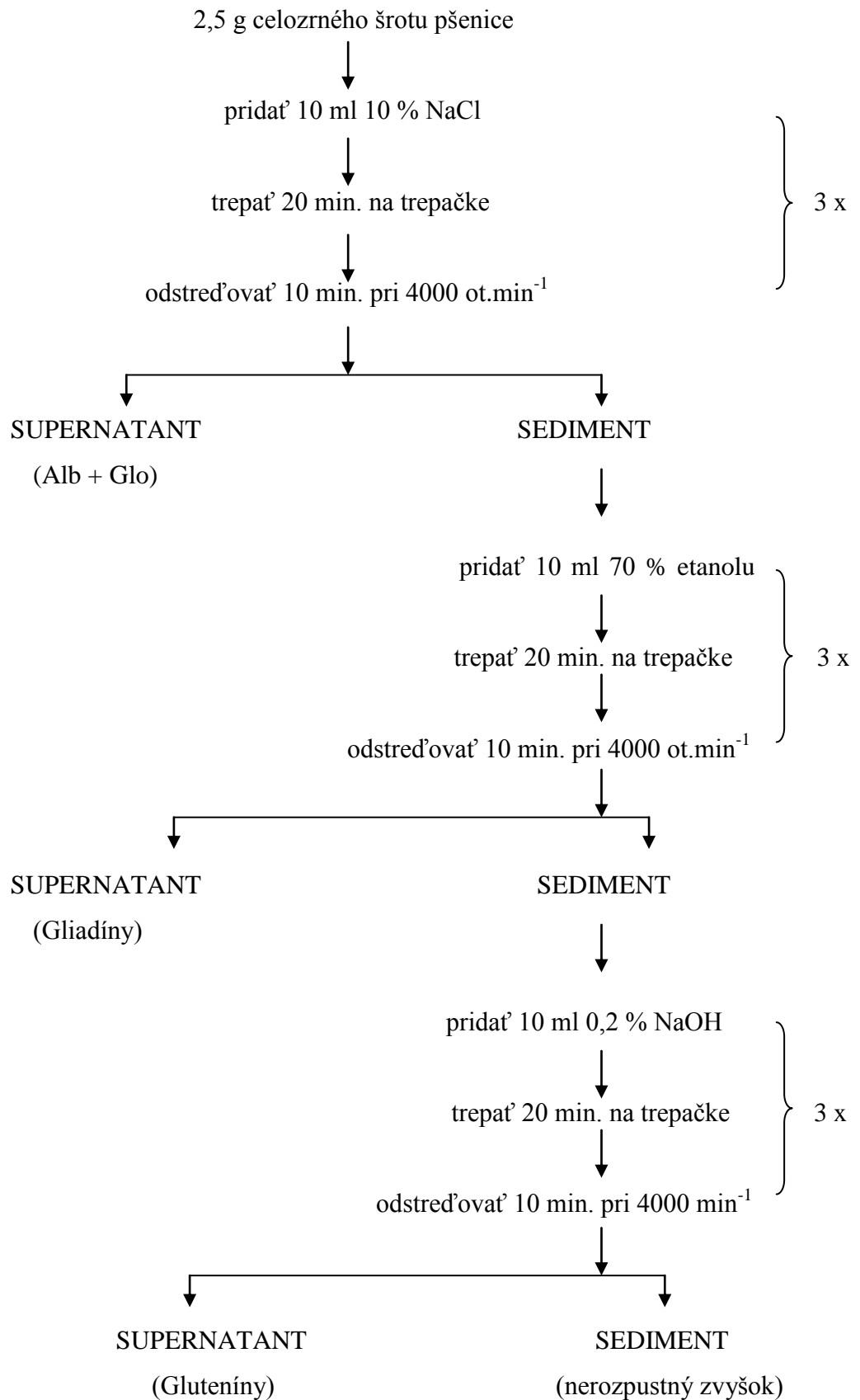
$$\text{Obsah gliadinínov (\%)} = \frac{N_{\text{II}}}{N_{\text{SUM}}}$$

$$\text{Obsah zvyšku (\%)} = \frac{N_{\text{IV}}}{N_{\text{SUM}}}$$

Výpočet koeficienta nutričnej kvality (KNK):

$$\text{KNK} = \frac{\% \text{ Albumíny} + \% \text{ Globulíny} + \% \text{ Zvyšok} \times 100}{\% \text{ Prolamíny}}$$

Schéma izolácie jednotlivých bielkovinových frakcií podľa Golenkova (ICC metóda):



4.2.4 Stanovenie obsahu bielkovín podľa Bradforda

Do 1 gramu pšeničného šrotu sme pridali 5 ml acetátového tlmivého roztoku a nechali sme trepať 10 minút. Vzniknutý supernatant sme odfiltrovali a z filtrátu sme odpipetovali 50 μ l. Potom sme do odobratého filtrátu pridali 950 μ l extrakčného (acetátového) tlmivého roztoku. Zo vzniknutého roztoku sme odpipetovali 100 μ l, ktoré sme pridali do 5 ml roztoku BRADFORDA. Na záver sme merali absorbanciu pri vlnovej dĺžke 595 nm. Pomocou získaných hodnôt sme určili obsah bielkovín.

4.2.5 Stanovenie aktivity alfa-amyláz SPOFA testom

Aktivitu alfa-amyláza sme stanovili pomocou tabletiiek Spofa – testu (Zentiva a.s., Hlohovec).

Princíp stanovenia:

Testovacie tablety Spofa – testu obsahujú nerozpustný sieťovaný škrob s kovalentne viazaným farbivom, zložky fosfátového tkanivového roztoku (pH7), aktivátor enzýmu a ako neaktívnu zložku mikrokryštalickú celulózu. Ak je v skúmanej vzorke prítomný enzým alfa – amyláza, hydrolyzuje nerozpustný farebný škrob, ktorý prechádza do roztoku a zafarbuje ho. Aktivita prítomnej alfa – amylázy je úmerná zaferbeniu roztoku. Absorbancia roztoku sa meria spektrofotometricky pri vlnovej dĺžke 620 nm.

Príprava roztokov:

Extrakčný roztok:

A: 0,2 mol.dm⁻³ kyselina octová:

1,155 ml koncentrovanej CH₃COOH sme doplnili do 100 ml destilovanou vodou

B: 0,2 mol.dm⁻³ CH₃COONa.3H₂O:

5,44 gramu CH₃COONa.3H₂O sme rozpustili v malom objeme vody a následne doplnili do 200 ml

C: Zmiešali sme 8,8 ml roztoku A s 41,2 ml roztoku B a doplnili vodou do 100 ml

Zastavovací roztok:

Do 1gramu Na₂CO₃ sme pridali 90 ml destilovanej vody a 10 ml acetónu. Potom sme ich zmiešali do 100 ml.

Extrakcia alfa – amylázy:

Enzým sme extrahovali z čerstvo pomletého pšeničného šrotu príslušnej skúmanej odrody. 1g šrotu sme zaliali 5 ml 0,2 mol.dm⁻³ acetátového tlmivého roztoku a dali sme na 10 minút do trepačky.

Vlastné stanovenie:

Po uplynutí 10 minút sme odfiltrovali supernatant. Následne sme z filtrátu odpipetovali 0,5 ml a pridali sme 1 ml acetátového tlmivého roztoku. Vzniknutú zmes sme následne temperovali asi 5 minút pri teplote 37 °C. Potom sme pridali jednu tabletku Spofa testu, následne sme inkubovali vo vodnom kúpeli 10 minút pri teplote 37 °C a pridali sme 4 ml zastavovacieho roztoku. Roztok sme dobre premiešali a následne prefiltrovali. Na záver sme merali absorbanciu pri vlnovej dĺžke 620 nm oproti slepému pokusu. Objemovú aktivitu alfa – amylázy sme určili z kalibračnej krivky a tabuľky hodnôt aktivity alfa-amylázy (μkat.dm⁻³) SPOFA testom v závislosti na absorbancii (A) podľa šarže č. 2 041286. Obsah bielkovín sme stanovili podľa Bradforda. Zo získaných údajov sme vypočítali špecifickú aktivitu pomocou vzorca:

$$\text{Špecifická aktivita} = \frac{\text{objemová aktivita}}{\text{obsah bielkovín}} \quad [\mu\text{kat}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot 10^{-1}]$$

4.2.6 Stanovenie kyslých, zásaditých a neutrálnych proteáz

Aktivitu kyslých, zásaditých a neutrálnych proteáz sme stanovili tabletkami S – test proteáza univerzál (Lachema Brno, a.s.).

Princíp stanovenia:

Účinnou zložkou tablety S – TEST proteáza univerzál je nerozpustný proteín z kovalentne viazaným farbivom, ktorý sa pôsobeným proteolytických enzýmov hydrolyzuje a prechádza do roztoku vo forme rozpustných zafarbených peptidov. Intenzita zafarbenia filtrátu je úmerná aktivite prítomnej proteázy. Testovacia tableta neobsahuje zložky plnivého roztoku, ktorá sa musia pridávať podľa potreby pri stanovení príslušných proteáz.

Príprava tlmivých roztokov:

Pre každý stanovený proteolytický enzým sme pripravili tlmivý roztok, ako je znázornené v priloženej tabuľke č. 2:

Typ proteáz	pH	Zložky tlmivého roztoku
Zásadité proteázy	8	4g Na ₂ HPO ₄ .12H ₂ O + 0,2g NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O + 1,5g NaCl v 1000ml dest. H ₂ O
Neutrálne proteázy	7	4g Na ₂ HPO ₄ .12H ₂ O + 1g NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O + 1,5g NaCl v 1000 ml dest. H ₂ O
Kyslé proteázy	1,5	0,05-0,1 mol.dm ⁻³ HCl
Zastavovací roztok	-	10g Na ₂ CO ₃ + 100ml acetónu + 900ml dest. H ₂ O

Extrakcia:

K 0,5 g pšeničného šrotu sme pridali 10 ml príslušného fosfátového tlmivého roztoku a nechali trepať na 15 minút. Vzniknutý roztok sme prefiltrovali do centrifugačných skúmaviek.

Vlastné stanovenie:

Do skúmavky sme napipetovali 0,5 ml zásobného roztoku s príslušným pH a 0,1 ml enzýmu. Následne sme skúmavky vložili do vodného kúpeľa a nechali temperovať pri teplote 37 °C počas 5 minút. Potom sme skúmavky vybrali a do každej sme pridali 1 tabletku S – testu. Skúmavky sme znovu vložili do vodného kúpeľa na 15 minút pri 37 °C. Po uplynutí času sme pridali do skúmaviek 4 ml zastavovacieho roztoku, rekčnú zmes sme premiešali. Po uplynutí 5 minút sme zmes prefiltrovali a následne sme merali absorbanciu pri vlnovej dĺžke 620 nm. Z nameraných hodnôt sme vypočítali objemovú aktivitu podľa vzorca:

$$\text{Objemová aktivita} = A:T.2.10^6$$

A – absorbancia nameraná pri vlnovej dĺžke 620 nm

T – absorbancia nameraná po úplnej hydrolýze testovacej tablety (4,8).

U – jednotka proteolytickej aktivity

Do novej skúmavky sme pridali 50 µl filtrátu a 950 µl fosfátového roztoku. Dostali sme 1000 µl roztok, z ktorého sme odobrali 100 µl a pridali do 5 ml BRADFORDA. Následne sme merali absorbanciu pri vlnovej dĺžke 595 nm. Z nameraných výsledkov sme zistili obsah bielkovín.

Výpočty:

$$U \cdot \text{dm}^{-3} = A : T \cdot 2000 \ 000$$

Obsah bielkovín určíme pomocou BRADFORDA.

$$\text{Objemová aktivita} = A : T \cdot 2 \cdot 10^6$$

A – absorbanca nameraná pri vlnovej dĺžke 620 nm

T – absorbanca nameraná po úplnej hydrolýze testovacej tablety (4,8).

$$\text{Špecifická aktivita enzýmu} = \frac{\text{objemová aktivita}}{\text{obsah bielkovín}}$$

4.2.7 Matematicko – štatistické metódy

Výsledky sme vyhodnotili matematicko – štatistickou metódou Microsoft Excel, ktorou sme vypočítali základné štatistické údaje ako sú priemer a smerodajná odchýlka.

5 Výsledky a diskusia

Obilniny predstavujú pre prevažnú časť ľudstva najdôležitejšiu a základnú potravinu, ktorá dodáva obsahovo vysokohodnotné bielkoviny, vitamíny, vlákninu a sacharidy. Obilniny výrazne ovplyvňujú výživovú bilanciu svetovej populácie a čo do objemu spracovania majú medzi ostatnými poľnohospodárskymi produktmi výsadné postavenie (Žajová – Porubská, 1997). Významné postavenie medzi obilninami patrí pšenici.

V našej bakalárskej práci sme sa zamerali na hodnotenie technologickej kvality súboru odrôd pšenice letnej, pšenice tvrdej a pšenice špaldovej. Pozornosť sme sústredili hlavne na kvalitatívne ukazovatele ako sú frakčná skladba bielkovín, obsah celkového dusíka, obsah hrubých bielkovín, aktivitu alfa – amylázy; aktivitu kyslých, zásaditých a neutrálnych proteáz.

Kritéria pre posudzovanie technologickej kvality zrna pšenice sú predmetom mnohých štúdií, v zásade však rozhodujú znaky súvisiace s obsahom bielkovín a vysokoelastickými vlastnosťami lepkových bielkovín (Šíp et al., 2000). Obsah bielkovín z pohľadu množstva je kvantitatívny polygénny znak, ktorý je v kladnom vzťahu k objemu pečiva (Gavurníková et al., 2009).

Obsah celkového dusíka (Tabuľka č. 3) v skúmaných vzorkách pšenice letnej dosahoval priemernú hodnotu 1,94 %. Najvyššie hodnoty celkového dusíka sme zistili pri odrode SOLARA (1,99 %), najnižšie zastúpenie vykazovala odroda SAMANTA (1,82 %). Zistené hodnoty celkového dusíka v jednotlivých odrodách pšenice letnej sa líšia od priemeru o 0,07 %.

Pšenica špaldová dosahovala priemernú hodnotu celkového dusíka 1,77 %, pričom najvyšší obsah celkového dusíka sme zistili pri odrode SCHWABENKORN (1,96 %) a najnižší pri odrode ROQUIN (1,49 %). Ďalšie analyzované odrody pšenice špaldovej sa odlišujú od priemeru o 0,19 %.

Obsah celkového dusíka vo vzorkách pšenice tvrdej bol v priemere 1,75 %, pričom odroda MARTONDUR dosiahla obsah celkového dusíka 1,76 % a odroda ISTRODUR 1,74 %.

Pšenica letná dosiahla v priemere najvyššie zastúpenie celkového dusíka oproti pšenici špaldovej a pšenici tvrdej. Pšenica špaldová dosahovala o 0,02 % vyššie hodnoty celkového dusíka ako pšenica tvrdá. Uvedené výsledky nie sú v súlade s prácou Michalík et al. (2006), nakoľko pri pšenici letnej sme zistili obsah celkového dusíka o 0,3 % nižší, pri pšenici špaldovej o 0,19 % nižší a pri pšenici tvrdej bol obsah celkového dusíka o 0,01 % vyšší.

Tabuľka č. 3: Obsah dusíka, bielkovín a KNK v jednotlivých vzorkách

Druh	Názov vzorky	Celk. N (%)	Obsah bielkovín (%)	KNK
Pšenica letná	SOLARA	1,99	11,35	72,38
	SAMANTA	1,82	10,40	88,69
	ILONA	1,96	11,19	87,13
	TORYSA	1,94	11,04	84,45
	EVA	1,96	11,19	71,67
štatistika	Priemer	1,94	11,03	80,86
	smerodajná odchýlka	0,07	0,37	8,21
Pšenica špaldová	FRANCENKORN	1,80	10,24	77,93
	ROQUIN	1,49	8,48	88,46
	HOLSTENKORN	1,68	9,59	73,80
	SCHWABENKORN	1,96	11,19	76,65
	BAULANDER SPELZ	1,91	10,88	68,21
štatistika	priemer	1,77	10,08	77,01
	smerodajná odchýlka	0,19	1,08	7,41
Pšenica tvrdá	ISTRODUR	1,74	9,91	93,45
	MARTONDUR	1,76	9,99	93,49
štatistika	priemer	1,75	9,95	93,47
	smerodajná odchýlka	0,01	0,06	0,03

Vysvetlivky: Celk. N – celkový dusík, KNK – koeficient nutričnej kvality

Obsah bielkovín (Tabuľka č. 3) v analyzovaných vzorkách pšenice letnej dosahoval priemernú hodnotu 11,03 %. Najvyšší obsah bielkovín sme zistili pri odrode SOLARA (11,35 %), najnižšie zastúpenie vykazovala odroda SAMANTA (10,40 %). Zistené hodnoty obsahu bielkovín v jednotlivých odrodách pšenice letnej sa líšia od priemeru o 0,37 %.

Pšenica špaldová vykázala obsah bielkovín v priemere 10,08 %, pričom najvyšší obsah bielkovín sme zistili pri odrode SCHWABENKORN (11,19 %) a najnižší pri odrode ROQUIN (8,48%). Jednotlivé odrody pšenice špaldovej sa odlišujú od priemeru o 1,08 %.

Obsah bielkovín vo vzorkách pšenice tvrdej dosahoval priemernú hodnotu 9,95 %. Odroda MARTONDUR mala obsah hrubých bielkovín 9,99 % a odroda ISTRODUR 9,91 %. Tieto odrody sa odlišujú od priemeru o 0,06 %.

Najvyšší obsah hrubých bielkovín dosiahla pšenica letná, ktorá vykazuje obsah bielkovín v priemere o 0,95 % vyšší ako pšenica špaldová a o 1,08 % vyšší ako pšenica tvrdá. Naše výsledky vykazujú nižší percentuálny obsah bielkovín v porovnaní s výsledkami Michalík et al. (2006), pričom pri pšenici letnej sme zistili obsah bielkovín nižší o 1,76 %, pri pšenici špaldovej o 1,12 % a pri pšenici tvrdej o 1,25 %.

Koeficient nutričnej kvality (KNK) charakterizuje výživnú kvalitu zrna. Hodnota KNK (Tabuľka č. 3) v analyzovaných vzorkách pšenice letnej bola v priemere 80,86 %. Najvyššiu hodnotu KNK sme zistili pri odrode SAMANTA (88,69 %), najnižšiu vykazovala odroda EVA (71,67 %). Hodnoty KNK v jednotlivých odrodách pšenice letnej sa líšia od priemeru o 8,21 %.

Pšenica špaldová dosiahla priemernú hodnotu 77,01 % KNK. Najvyššia hodnota KNK bola zistená v odrode ROQUIN (88,46 %) a najnižšia hodnota v odrode BAULANDER SPELZ (68,21 %). Jednotlivé odrody pšenice špaldovej sa odlišujú od priemeru o 7,41 %. KNK vo vzorkách pšenice tvrdej dosahovala priemernú hodnotu 93,47 %, pričom v odrode MARTONDUR bola 93,49 % a v odrode ISTRODUR 93,45 %.

Z prezentovaných výsledkov vyplýva, že pšenica tvrdá dosiahla najlepšie priemerné hodnoty koeficienta nutričnej kvality oproti pšenici letnej o 12,61 % a oproti pšenici špaldovej o 16,46 %. Naše zistenia v porovnaní s prácou Gálová – Trebichalský – Palenčárová (2011) sú nižšie pri pšenici letnej o 8,16 % a vyššie pri pšenici tvrdej o 8,81 %.

Pšeničné zrno obsahuje 8-20 % bielkovín, z ktorých až 80 % predstavujú zásobné bielkoviny zodpovedné za extenzibilitu a elasticitu cesta (Biel – Bobko - Maciorowski, 2009). Bielkovinový komplex pšenice je veľmi heterogénny (Branlard et al., 2003). Zásobné bielkoviny pšenice reprezentované monomérnymi gliadínmi a polymérnymi glutenínmi sú základnou zložkou lepku (Guo et al., 2010), ktorý zodpovedá za pekársku kvalitu pšenice.

Tabuľka č. 4: Frakčná skladba bielkovín v zrne analyzovaných druhov pšenice

Druh	Názov vzorky	Alb+Glob %	Prolamíny %	Glutelíny %	Zvyšok %	Pro+Glu %
Pšenica letná	SOLARA	22,64	42,17	26,66	7,88	68,83
	SAMANTA	21,71	35,91	31,58	10,14	67,49
	ILONA	23,47	36,05	32,23	7,94	68,28
	TORYSA	24,54	37,81	29,18	7,39	66,99
	EVA	21,69	38,44	34,11	5,86	72,55
štatistika	priemer	22,81	38,08	30,75	7,84	68,83
	smerodajná odchýlka	1,22	2,54	2,89	1,53	2,19
Pšenica špaldová	FRANCENKORN	24,22	41,37	26,39	8,02	67,76
	ROQUIN	25,62	38,47	26,29	8,41	64,76
	HOLSTENKORN	22,58	41,95	26,50	8,38	68,45
	SCHWABENKORN	22,71	39,92	28,72	7,89	68,64
	BAULANDER SPELZ	20,44	42,56	27,57	8,59	70,13
štatistika	priemer	23,11	40,85	27,09	8,26	67,95
	smerodajná odchýlka	1,94	1,65	1,04	0,29	1,98
Pšenica tvrdá	ISTRODUR	25,01	36,92	27,03	9,49	63,95
	MARTONDUR	27,14	37,63	26,45	8,04	64,08
štatistika	priemer	26,08	37,27	26,74	8,76	64,01
	smerodajná odchýlka	1,51	0,50	0,41	1,02	0,09

Vysvetlivky: Alb+Glob – Albumíny + Globulíny, Pro+Glu – Prolamíny + Glutelíny

Frakčná skladba bielkovín v podstatnej miere rozhoduje o technologickej a nutričnej kvalite zrna pšenice. Nutričná kvalita zrna pšenice je ovplyvnená zastúpením albumínov a globulínov (Michalík et al., 2006), charakteristických vysokým zastúpením esenciálnych aminokyselín (Prugar, 2008). Z tohto pohľadu najvyššie zastúpenie albumínov a globulínov pšenice letnej (Tabuľka č. 4) mala odroda TORYSA (24,54 %) a najnižšie zastúpenie odroda EVA (21,69 %). Priemerné zastúpenie týchto frakcií v pšenici letnej je 22,81 % s odchýlkou 1,22 %

Pšenica špaldová dosahovala priemernú hodnotu 23,11 % albumínov a globulínov s odchýlkou 1,94 %. Najvyššiu hodnotu dosiahla odroda ROQUIN (25,62 %). Najnižšie hodnoty vykazovala odroda BAULANDER SPELZ (20,44 %).

Zastúpenie albumínov a globulínov v pšenici tvrdej bolo v priemere 26,08 % s odchýlkou 1,51 % (MARTONDUR 27,14 % a ISTRODUR 25,01 %).

Najvyššie priemerné zastúpenie albumínov a globulínov sme zistili v odrodách pšenici tvrdej, nižšie hodnoty o 2,97 % dosiahla pšenica špaldová a najnižšie hodnoty v porovnaní s pšenicou tvrdou (o 3,27 %) sme zistili pri pšenici letnej. Naše výsledky korešpondujú s prácou Michalíka et al. (2006), ktorí zistili priemerné zastúpenie albumínov a globulínov v pšenici letnej 23 % a v pšenici špaldovej 23,84 % .

Z pekárenského hľadiska sú veľmi dôležité dve skupiny bielkovín - prolamíny a glutelíny (Hrušková, 2001), ktoré sú súčasťou lepkových bielkovín. Pri skúmaných odrodách pšenice letnej dosiahla najvyššie zastúpenie prolamínov (42,17 %) odroda SOLARA a najnižšie 35,91 % sme zistili pri odrode SAMANTA. Priemerné zastúpenie prolamínov v pšenici letnej bolo 38,08 % s odchýlkou 2,54 %.

Najvyššie zastúpenie prolamínov pri pšenici špaldovej sme zistili v odrode BAULANDER SPELZ (42,56 %) a najnižšie zastúpenie v odrode ROQUIN (38,47 %). Pri pšenici špaldovej bola priemerná hodnota prolamínov 40,85 % s odchýlkou 1,65 %.

Pšenica tvrdá dosahovala priemerné zastúpenie prolamínov 37,27 % s odchýlkou 0,50 %. Pri odrode MARTONDUR bola hodnota prolamínov 37,63 % a pri odrode ISTRODUR 36,92 %.

Najvyššie zastúpenie prolamínov má pšenica špaldová. Pšenica letná má zastúpenie prolamínov o 2,77 % nižšie ako pšenica špaldová a pšenica tvrdá má zastúpenie prolamínov o 0,83 % nižšie ako pšenica letná. K podobným výsledkom sa dopracoval vo svojom výskume aj Michalík et al. (2006), ktorí analyzovali súbor pšenice letnej, špaldovej resp. tvrdej.

Pri pšenici letnej je priemerná hodnota glutelínov 30,75 % s odchýlkou 2,89 %. Najvyššiu hodnotu dosiahla odroda EVA (34,11 %), najnižšiu odroda SOLARA (26,66 %).

Pri pšenici špaldovej je priemerná hodnota glutelínov 27,09 % s odchýlkou 1,04 %. Odroda SCHWABENKORN má zastúpenie glutelínov 28,72 %, pričom odroda ROQUIN má zastúpenie glutelínov iba 26,29 %.

Pri pšenici tvrdej je priemerná hodnota glutelínov 26,74 % s odchýlkou 0,41 %. Pričom odroda ISTRODUR má zastúpenie glutelínov 27,03 % a v odrode MARTONDUR sú glutelíny zastúpené vo výške 26,45 %.

Pri porovnávaní troch druhov pšenice má najvyššie zastúpenie glutelínov pšenica letná, o 3,66 % menej pšenica špaldová a najnižší obsah glutelínov je pri pšenici tvrdej. Naše

výsledky v porovnaní s prácou Michalík et al. (2006) sú pri pšenici letnej nižšie o 1,6 % a pri pšenici špaldovej sú nižšie o 0,37 %.

Z našich nameraných výsledkov vyplýva, že pšenica tvrdá je významná z nutričného hľadiska. Z technologického hľadiska významnejšia úloha pripadá pšenici letnej a pšenici špaldovej.

Aktivita enzýmov v zdravom zrne je nízka, zvyšuje sa pri klíčení zrna (Kučerová, 2004). Z hľadiska kvality zrna majú veľký význam hydrolytické enzýmy nakoľko determinujú technologickú, osivársku a výživnú hodnotu zrna. K najvýznamnejším patria amylolytické a proteolytické enzýmy (Urminská – Michalík, 1996). Medzi amylolytické enzýmy sa zaraďujú α – amylázy, ktoré spôsobujú hydrolýzu škrobu (Hrabě – Rop – Hoza, 2006).

Špecifická aktivita alfa – amyláz pri pšenici letnej (Tabuľka č.5) dosiahla priemernú hodnotu $5,26 \mu\text{kat. mg}^{-1} \cdot 10^{-4}$ s odchýlkou $1,47 \mu\text{kat. mg}^{-1} \cdot 10^{-4}$. Najvyššiu špecifickú aktivitu dosiahla odroda SOLARA a najnižšiu odroda EVA. Pri pšenici špaldovej špecifická aktivita alfa – amyláz má priemer $3,23 \mu\text{kat. mg}^{-1} \cdot 10^{-4}$ s odchýlkou $0,59 \mu\text{kat. mg}^{-1} \cdot 10^{-4}$. Najvyššiu aktivitu alfa – amyláz má odroda FRANCENKORN a najnižšiu odroda ROQUIN. Priemerná špecifická aktivita pri pšenici tvrdej je $2,59 \mu\text{kat. mg}^{-1} \cdot 10^{-4}$ s odchýlkou $0,54 \mu\text{kat. mg}^{-1} \cdot 10^{-4}$. Odroda ISRODUR má vyššiu špecifickú aktivitu alfa – amyláz ako odroda MARTONDUR. Najvyššia priemerná aktivita alfa – amyláz je pri pšenici letnej. Nižšia aktivita alfa – amyláz o $2,03 \mu\text{kat. mg}^{-1} \cdot 10^{-4}$ vykazuje pšenica špaldová. Pri pšenici tvrdej v porovnaní k pšenici letnej sme zaznamenali priemernú aktivitu alfa – amyláz o $2,67 \mu\text{kat. mg}^{-1} \cdot 10^{-4}$ nižšiu.

Rozdiely v aktivite alfa – amylázy v jednotlivých odrodách pravdepodobne môžu súvisieť s genetickými vlastnosťami odrôd, ale aj s inhibičnými vlastnosťami bielkovín, nakoľko rýchlosť klíčenia je podmienená prítomnosťou hydrolytických enzýmov, ich vysokou aktivitou a absenciou látok inhibičnej povahy v zrne (Urminská – Michalík, 1996).

Podľa Gálovej et al. (2003) vplyvom zvýšenej vlhkosti v dobe dozrievania, zberu úrody a v čase uskladnenia zrna dochádza k predčasnému klíčeniu, pričom klíčenie zrna je sprevádzané prudkým nárastom aktivity hydrolytických enzýmov. Ako prvý štartovací enzým, ktorého aktivita prudko stúpa je alfa – amyláza.

Tabuľka č.5: Aktivita alfa – amyláz v zrne analyzovaných druhov pšenice

Druh	Názov vzorky	Objemová aktivita	Obsah bielkovín	Špecifická aktivita
		$\mu\text{kat.dm}^{-3}$	mg.ml^{-1}	$\mu\text{kat. mg}^{-1} \cdot 10^{-4}$
Pšenica letná	SOLARA	3,84	5,34	7,19
	SAMANTA	2,46	5,39	4,60
	ILONA	3,15	5,32	5,92
	TORYSA	2,92	5,46	5,34
	EVA	1,75	5,39	3,25
štatistika	priemer	2,82	5,38	5,26
	smerodajná odchýlka	0,78	0,06	1,47
Pšenica špaldová	FRANCENKORN	2,22	5,38	4,13
	ROQUIN	1,51	5,77	2,61
	HOLSTENKORN	2,92	10,42	2,80
	SCHWABENKORN	1,98	5,98	3,31
	BAULANDER SPELZ	3,15	9,57	3,29
štatistika	priemer	2,36	7,42	3,23
	smerodajná odchýlka	0,67	2,38	0,59
Pšenica tvrdá	ISTRODUR	1,75	5,89	2,97
	MARTONDUR	1,98	8,94	2,21
štatistika	priemer	1,86	7,41	2,59
	smerodajná odchýlka	0,16	2,16	0,54

Proteolytické enzýmy zodpovedajú za rýchlosť klíčenia, akumuláciu bielkovín v procese formovania zrna, a tým podstatne ovplyvňujú aj technologickú kvalitu zrna (Urminská – Michalík, 1996). Podľa účinku na substrát sa delia na proteínázy (štiepia bielkoviny na peptóny a polypeptidy) a na peptidázy (štiepia peptidy až na voľné aminokyseliny) (Prugar – Hraška, 1986).

Tabuľka č.6: Aktivita zásaditých proteáz v zrne analyzovaných druhov pšenice

Druh	Názov vzorky	Objemová aktivita	Obsah bielkovín	Špecifická aktivita
		U. dm ⁻³	mg. ml ⁻¹	U.ml ⁻¹
Pšenica letná	SOLARA	4048,58	4,36	0,93
	SAMANTA	6072,87	4,03	1,51
	ILONA	2024,29	4,17	0,49
	TORYSA	4048,58	4,75	0,85
	EVA	6072,87	4,63	1,31
štatistika	priemer	4453,44	4,39	1,02
	smerodajná odchýlka	1693,64	0,30	0,40
Pšenica špaldová	FRANCENKORN	6072,87	4,91	1,24
	ROQUIN	8097,17	4,38	1,85
	HOLSTENKORN	4048,58	5,03	0,80
	SCHWABENKORN	8097,17	5,15	1,57
	BAULANDER SPELZ	4048,58	4,91	0,82
štatistika	priemer	6072,87	4,88	1,26
	smerodajná odchýlka	2024,29	0,29	0,46
Pšenica tvrdá	ISTRODUR	2024,29	4,91	0,41
	MARTONDUR	2024,29	4,75	0,43
štatistika	priemer	2024,29	4,83	0,42
	smerodajná odchýlka	0	0,11	0,01

Špecifická aktivita zásaditých proteáz (Tabuľka č. 6) pri pšenici letnej dosiahla priemer 1,02 U.ml⁻¹, pričom najvyššie hodnoty sme zistili pri odrode SAMANTA (1,51U.ml⁻¹) a najnižšiu špecifickú aktivitu pri odrode ILONA (0,49 U.ml⁻¹).

Pri pšenici špaldovej je priemerná špecifická aktivita zásaditých proteáz 1,26 U.ml⁻¹ s odchýlkou 0,46 U.ml⁻¹. Najvyššiu špecifickú aktivitu sme zistili pri odrode ROQUIN (1,85 U.ml⁻¹) a najnižšiu hodnotu pri odrode HOLSTENKORN (0,80 U.ml⁻¹)

Tabuľka č. 7: Aktivita neutrálnych proteáz v zrne analyzovaných druhov pšenice

Druh	Názov vzorky	Objemová aktivita	Obsah bielkovín	Špecifická aktivita
		U. dm ⁻³	mg. ml ⁻¹	U.ml ⁻¹
Pšenica letná	SOLARA	1960,78	4,47	0,44
	SAMANTA	24 705,88	4,75	5,20
	ILONA	29 411,76	4,79	6,14
	TORYSA	26 666,67	5,15	5,18
	EVA	33 725,49	4,79	7,04
štatistika	priemer	23 294,12	4,79	4,8
	smerodajná odchýlka	12 396,75	0,24	2,56
Pšenica špaldová	FRANCENKORN	38 431,37	4,91	7,83
	ROQUIN	32 156,86	5,03	6,39
	HOLSTENKORN	30 196,08	4,25	7,10
	SCHWABENKORN	33 333,33	4,79	6,96
	BAULANDER SPELZ	31 372,55	5,03	6,24
štatistika	priemer	33 098,04	4,80	7,03
	smerodajná odchýlka	3 193,13	0,32	0,65
Pšenica tvrdá	ISTRODUR	35 294,12	4,91	7,19
	MARTONDUR	40 000	5,03	7,95
štatistika	priemer	37 647	4,97	7,57
	smerodajná odchýlka	3 328	0,08	0,54

Pri pšenici tvrdej bola priemerná špecifická aktivita zásaditých proteáz 0,42 U.ml⁻¹ s odchýlkou 0,01 U.ml⁻¹, pričom vyššiu špecifickú aktivitu vykazovala odroda MARTONDUR oproti odrode ISTRODUR.

Pšenica špaldová dosiahla najvyššiu priemernú špecifickú aktivitu zásaditých proteáz.

Pri pšenici letnej (Tabuľka č. 7) je priemerná aktivita neutrálnych proteáz 4,8 U.ml⁻¹ s odchýlkou 2,56 U.ml⁻¹. Odroda EVA dosiahla najvyššiu aktivitu neutrálnych proteáz (7,04U.ml⁻¹), pričom najnižšiu špecifickú aktivitu sme zistili pri odrode SOLARA.

Tabuľka č. 8: Aktivita kyslých proteáz v zrne analyzovaných druhov pšenice

Druh	Názov vzorky	Objemová aktivita	Obsah bielkovín	Špecifická aktivita
		U. dm ⁻³	mg. ml ⁻¹	U.ml ⁻¹
Pšenica letná	SOLARA	41960,78	4,91	8,55
	SAMANTA	78039,22	5,15	15,15
	ILONA	17647,06	5,40	3,27
	TORYSA	34901,96	4,32	6,56
	EVA	13333,33	5,39	2,47
štatistika	priemer	37 176,47	5,03	7,2
	smerodajná odchýlka	25 728	0,48	5,08
Pšenica špaldová	FRANCENKORN	20784,31	5,89	3,53
	ROQUIN	88235,29	4,79	18,42
	HOLSTENKORN	118823,53	5,36	22,17
	SCHWABENKORN	33333,33	5,28	6,31
	BAULANDER SPELZ	34901,96	5,32	6,56
štatistika	priemer	59 215,68	5,33	11,40
	smerodajná odchýlka	42 229,30	0,39	8,31
Pšenica tvrdá	ISTRODUR	119215,69	5,03	23,70
	MARTONDUR	54509,80	5,03	10,84
štatistika	priemer	86 862,74	5,03	17,27
	smerodajná odchýlka	45 753,97	0	9,09

Pri pšenici špaldovej je priemerná špecifickú aktivita neutrálnych proteáz 7,03 U.ml⁻¹ s odchýlkou 0,65 U.ml⁻¹. Odroda FRANCENKORN má najvyššiu špecifickú aktivitu neutrálnych proteáz (7,83 U.ml⁻¹) a najnižšiu špecifickú aktivitu sme zaznamenali pri odrode BAULANDER SPELZ (6,24 U.ml⁻¹).

Pšenica tvrdá má priemernú špecifickú aktivitu neutrálnych proteáz 7,57 U.ml⁻¹. Odroda MARTONDUR má špecifickú aktivitu neutrálnych proteáz o 0,76 U.ml⁻¹ vyššiu ako odroda ISTRODUR.

Pšenica tvrdá má najvyššiu priemernú špecifickú aktivitu neutrálnych proteáz, pričom pšenica letná dosiahla priemernú špecifickú aktivitu neutrálnych proteáz o 2,77 U.ml⁻¹ nižšiu.

Priemerná špecifická aktivita kyslých proteáz (Tabuľka č. 8) pšenice letnej je 7,2 U.ml⁻¹ s odchýlkou 5,08 U.ml⁻¹. Najvyššiu špecifickú aktivitu kyslých proteáz 15,15 U.ml⁻¹ vykazuje odroda SAMANTA a najnižšiu odroda EVA (2,47 U.ml⁻¹). U pšenice špaldovej je priemerná aktivita kyslých proteáz 11,40 U.ml⁻¹ s odchýlkou 8,31 U.ml⁻¹. Odroda HOLSTENKORN má najvyššiu špecifickú aktivitu (22,17 U.ml⁻¹) a odroda FRANCENKORN má špecifickú aktivitu 3,53 U.ml⁻¹.

Pšenica tvrdá dosiahla v priemere špecifickú aktivitu kyslých proteáz 17,27 U.ml⁻¹ s odchýlkou 9,09 U.ml⁻¹. Z odrôd pšenice tvrdej, odroda ISTRODUR dosiahla špecifickú aktivitu kyslých proteáz 23,70 U.ml⁻¹ a odroda MARTONDUR 10,84 U.ml⁻¹.

Najvyššiu špecifickú aktivitu kyslých proteáz dosiahla pšenica tvrdá (17,27 U.ml⁻¹), pričom pšenica špaldová má špecifickú aktivitu o 5,87 U.ml⁻¹ nižšiu. Najnižšiu špecifickú aktivitu kyslých proteáz má pšenica letná.

Priemerne najvyššiu špecifickú aktivitu v zrne analyzovaných odrôd pšenice vykazovali kyslé proteázy, na druhej strane mali zásadité proteázy priemerne najnižšiu aktivitu.

Z našich výsledkov vyplýva, že v suchom zrne pšenice najvyššiu aktivitu z enzýmov vykázali kyslé proteázy, nižšiu neutrálne proteázy a najnižšiu alfa – amyláza a zásadité proteázy. Gálová et al. (2004) vo svojich výsledkoch uvádza, že najvyššiu aktivitu v suchom zrne vykázala z hydrolytických enzýmov alfa - amyláza, potom alkalické, kyslé a neutrálne proteázy.

Zrno v plnej fyziologickej zrelosti vykazuje nízku aktivitu alfa – amylázy, kyslých, zásaditých a neutrálnych proteáz, čo pozitívne vplýva na osivársku, ale aj technologickú kvalitu pšenice.

6 Záver

Cieľom bakalárskej práce bolo analyzovať päť odrôd SOLARA, SAMANTA, ILONA, TORYSA, EVA pšenice letnej formy ozimnej (*Triticum aestivum* L.), päť odrôd FRANCENKORN, ROQUIN, HOLSTENKORN, SCHWABENKORN, BAULANDER SPELTZ pšenice špaldovej (*Triticum spelta* L.) a dve odrody ISTRODUR, MARTONDUR pšenice tvrdej (*Triticum durum* DESF.) z hľadiska niektorých kvalitatívnych ukazovateľov.

Na základe dosiahnutých výsledkov vyplývajú nasledovné závery:

- Z hľadiska obsahu hrubých bielkovín možno hodnotiť analyzované odrody ako pšenice so stredným obsahom bielkovín. Najvyšší obsah bielkovín dosiahla pšenica letná (v priemere 11,03 %), potom pšenica špaldová (v priemere 10,08 %) a nakoniec pšenica tvrdá (v priemere 9,95 %).
- Najvyššie zastúpenie albumínov a globulínov, ktoré kladne ovplyvňujú nutričnú kvalitu zrna pšenice, bolo zistené v odrodách pšenice tvrdej (v priemere 26,08 %), potom pšenici špaldovej (v priemere 23,11 %) a v pšenici letnej (v priemere 22,81 %).
- Koeficient nutričnej kvality (KNK) poukazuje na výživnú hodnotu pšenice. Z analyzovaných druhov pšeníc najvyššiu hodnotu KNK dosiahla pšenica tvrdá, potom pšenica letná a pšenica špaldová.
- Z hľadiska obsahu lepkotvorných bielkovín možno konštatovať, že najlepšiu pekársku kvalitu vykázala pšenica letná (v priemere 68,83 %), potom pšenica špaldová (v priemere 67,95 %) a pšenica tvrdá (v priemere 64,01 %).
- Aktivita pšeničných amyláz a proteáz, je dôležitá z hľadiska ich schopnosti ovplyvňovať technologickú kvalitu zrna. Analyzované genotypy troch druhov pšenice vykazovali nízku aktivitu ako alfa – amylázy, tak aj zásaditých, neutrálnych a kyslých proteáz.

Z uvedeného vyplýva, že analyzované genotypy pšenice letnej a pšenice špaldovej vykazujú dobrú technologickú kvalitu a možno ich odporučiť na potravinárske využitie, kým pšenicu tvrdú len na špeciálne pekárske a cukrárske využitie.

7 Použitá literatúra

1. ANDERSON, J.W. - HANNA, T.J. - PENG, X. - KRYSCIO, R.J. 2000. Whole grain foods and heart disease risk. In: *Journal of the American College of Nutrition*, vol. 19, suppl. 3, p. 291-299.
2. ANTOINE, C. - LULLIEN-PELLERIN, V. - ABECASSIS, J. - ROUAU, X. 2002. Intéret nutritionnel de la couche á aleurone du grain de blé. In *Sciences des Aliments*, vol. 22, 2002, p. 545-556.
3. ANTOINE, C. - LULLIEN-PELLERIN, V. - ABECASSIS, J. - ROUAU, X. 2004. Effect of wheat bran ball-milling on fragmentation and marker extractability of the aleurone layer. In *Journal of cereal Science*, vol 40, 2004, p. 275-282.
4. ARENDT, E. K. - DAL BELLO, F. 2008. *Gluten-free cereal products and beveragep.* USA: Elsevier Inc., 2008, 445 p. ISBN 978-0-12-373739-7.
5. AKKAYA, M. S. - BUYUKUNAL-BAL, E. B. 2004. *Assessment of genetic variation of bread wheat varieties using microsatellite markers.* In: *Euphytica*, vol. 135, 2004, p. 179-185.
6. BARIĆ, M. - JURMAN, M. - HABUŠ-JERČIĆ, I. - KEREŠA, S. - ŠARČEVIĆ, H. 2008. Procjena strukture uroda zrna sorti i linija ozime pšenice (*Triticum aestivum* L.). In *Sjemenarstvo*, vol. 25, 2008, no. 2, p. 91-101.
7. BETTTZIECHE, A. - BRANDSCH, C. - EDER, K. - STANGL, G.L. 2009. Lupin protein acts hypocholesterolemic and increases milk fat content in lactating rats by influencing the expression of genes involved in cholesterol homeostasis and triglyceride synthesis. In: *Mol. Nutr. Food Res.*, 2009. 53 (9),1134 – 42.
8. BEŽO, M. 1998. Metódy molekulovej biológie, genetikya biotechnológií v šľachtení pšenice na kvalitu. In: *Kvalita zrna pšenice: Zborník referátov z I. vedeckej konferencie.* Nitra : SPU, 1998. S. 21-23. ISBN: 80-7137-505-5.
9. 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, p. 413-418.
10. BOJŇANSÁ, T. - FRANČÁKOVÁ, H.: The use of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) for baking applications In *Plant Production*. No. 4, 48, 2002, p. 141 – 147.
11. 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, p. 437-441.
12. BRADOVÁ, J. (2006): *Optimalizovaná metóda SDS- PAGE pro analýzu LMW-podjednotiek gluteninu pšenice*, Praha, VÚRV, 2006, 12 s. ISBN: 80-86555-98-4.

13. BRANDLARD, G. – DARDEVET, M. – NARDJIS, A. – IGREJAS, G. 2003. *Allelic diversity of HMW and LMW glutenin subunits and omega-gliadins in French bread wheat (Triticum aestivum L.)*. *Gen. Res. and Crop Evol.*, 50, 2003, p. 669-679.
14. BRESTENSKÁ, B. – LISÁ, V. 2002. *Organická chémia a biochémia*. Bratislava: Príroda, 2002, 297 s. ISBN 8007011854.
15. BUCHTOVÁ, V. - DODOK, L. - ŠINDLEROVÁ, L. 2004. Sledovanie nutritívnych zložiek v múke z pšenice špalda. In: *XXXV. Symposium o nových smerech výroby a hodnocení potravin*. Skalský Dvůr, 2004, s. 313-317.
16. BUREŠOVÁ, I. - PALÍK, S., 2008. Kvalita zrna potravinárskej pšenice sklizené v roce 2007. In *Obilnářské listy*, vol. 1, 2008, s. 11–14. ISSN 1212-138X.
17. BUSHUK, W. - BEKES, F. (2002): *Contribution of protein to flour quality. Proceedings of the ICC Conference "Novel Row Materials, Technologies and products – new Callange for the Quality Control"* Budapešť, pp. 14-19.
18. CIACCI, C. - CIRILLO, M. - CAVALLARIO, R. - MAZZACCA, G. 2002. Long-term follow-up of celiac adults on gluten-free diet: prevalence and correlates of intestinal damage. In: *Digestion*, vol. 66, 2002, no. 3, p. 178-185.
19. CICCOCIOPPO, R. - DI SABATINO, A. - CORAZZA, G.R., 2005. The immune recognition of gluten in celiac disease. In: *Clinical and Experimental Immunology*, vol. 140, 2005, no. 3, p. 408-416.
20. 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.
21. EUJAYL, I. - SORRELLS, M.E. - BAUM, M. et al. 2002. Isolation of EST-derived microsatellite markers for genotyping the A and B genomes of wheat. In: *Theor Appl Genet*, 104, 2002, 399-407.
22. 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.
23. FERENČÍK, M. - ŠKÁRKA, B. - NOVÁK, M. - TURECKÝ, L. 2000. *Biochémia*. Bratislava : Slovak Academic Press, 2000. 924 s. ISBN 80-88908-58-2.
24. GAJDOŠOVÁ, A. - ŠTURDÍK, E., 2004. Biologické, chemické a nutričnozdravotné charakteristiky pekárskeho zrna. *Nova Biotechnologica*, IV-1, 2004, s. 133-154.
25. GAVURNÍKOVÁ, S. - HAUPVOGEL, P. - MENDEL, Ľ. - ZIRKELBACHOVÁ, K. - BIELIKOVÁ, M: Technologická kvalita vybraných Európskych odrôd pšenice letnej. In:

Nové poznatky z genetiky a šľachtenia poľnohospodárskych rastlín. Zborník z 16. vedeckej konferencie, Piešťany : VÚRV, 2009, s.103-104.

26. GÁLOVÁ, Z. – KNOBLOCHOVÁ, H. 2000. High molecular weight glutenin subunits variation and relative quantification in winter spelt wheat cultivars. *Rostlinná výroba*, 46, 2000, p. 255-260.

27. GÁLOVÁ, Z. – GREGÁŇOVÁ, Ž. 2001. Využitie genetických markerov v šľachtení pšenice. In: *Biotechnologické metódy v šľachtení rastlín : Zborník referátov z VII, vedeckej konferencie a medzinárodnou účasťou*. Nitra : SPU, 2001. S. 79-82. ISBN 80-7137-915-8.

28 GÁLOVÁ, Z. - MICHALÍK, I. - KNOBLOCHOVÁ, H. - GREGOVÁ, E. 2002. Variation in HMW glutenin subunits of different species of wheat. *Rostlinná výroba*, 44, 2002, p. 111-116.

29. GÁLOVÁ, Z. – KNOBLOCHOVÁ, H. – GREGÁŇOVÁ, Ž. – STAROVIČOVÁ, M. 2003. Hodnotenie kolekcie zrna novošľachtencov pšenice letnej, z hľadiska biochemických ukazovateľov. In: *Hodnotenie genetických zdrojov rastlín: Zborník z 3. odborného seminára*. Piešťany: VÚRV, 2003, s. 36-38, ISBN 80-88790-27-1.

30. GÁLOVÁ, Z. - CHRENKOVÁ, M. - CHŇAPEK, M. - KNOBLOCHOVÁ, M. 2004. Výživová hodnota zrna špaldovej pšenice. In: *Proteíny 2004*. Brno: Mendelová zemná univerzita a lesnícka univerzita v Brne, 2004. S. 6-9. ISBN 80-7157-779-0.

31. GÁLOVÁ, Z. - GREGÁŇOVÁ, Ž. - MICHALÍK, I. - LIBANTOVÁ, J. - MORAVČÍKOVÁ, J. - PREŤOVÁ, A. - MATUŠÍKOVÁ, I. 2006. *Biotechnológie v rastlinnej produkcii*, Nitra: Vydavateľstvo SPU v Nitre, 2006, p. 147, ISBN 80-8069-803-1.

32. GÁLOVÁ, Z. - TREBICHALSKÝ, A. - PALENČÁROVÁ, E. 2011. Protein profil of triticale (*TRITICOSECALE WITT.*), wheat (*TRITICUM AESTIVUM L.*) and rye (*SECALE CEREALE*). In: *Potravinárstvo*, vol. 5, 2011, mimoriadne číslo, p. 274 – 277.

33. GIANIBELLI, M. C. (2002): Biochemical, Genetic, and Molecular Charakterization of Wheat Endosperm Proteins. *Cereal Chem.* 78(6): 635-646.

34. GREGÁŇOVÁ, Ž. 2005. *Molekulárne markery v identifikovaní a charakteristike pšenice letnej*: dizertačná práca. Nitra : SPU, 2005. 142 s.

35. GREGOVÁ, E. - MUCHOVÁ, D. - KRAIC, J. - ONDREJČÁK, F. 2001. Využitie štúdia bielkovinových markerov v tvorbe genotypov pšenice na VŠS Malý Šariš. In: *Nové poznatky z genetiky a šľachtenia poľnohospodárskych rastlín*. Piešťany, 2001, s. 110 – 111, ISBN 80-88790-19-0.

36. GREGOVÁ, E. - HERMUTH, J. - KRAIC, J. - DOTLAČIL, L. 2006. Protein heterogeneity in european wheat landraces and obsolete cultivars In: *Genetic Resources and Crop Evolution*. vol. 53, no. 5, 2006, p.867-871.
37. GREGOVÁ, E. - ŠLIKOVÁ, S. 2010. Identification, diferencation and charakterization of genotypes of grain wheat collocation by SDS-PAGE. In: *Hodnotenie genetických zdrojov rastlín pre výživu a poľnohospodárstvo: zborník zo 6. vedeckej konferencie, Piešťany : CVRV, 201, 2010, s.127-128.*
38. GREGOVÁ, E. - GAVURNÍKOVÁ, S. - ŠLIKOVÁ, S. 2011. Wheat technological quality with new glutenin subnits. In *Potravinárstvo*, roč. 5., 2011, mimoriadne číslo, s. 278.
39. GRUNDAS, S.T.: Wheat. Encyclopedia of Food Science and Nutrition, vol.10, *Academic Press*, Oxford, 2003, p. 6130-6146.
40. GUPTA, P.K. - BALYAN, H.S. - EDWARDS, K.J. et al. 2002. Genetic mapping of 66 new microsatellite (SSR) loci in bread wheat. In: *Theor Appl Genet*, 105, 2002, p. 143-422.
41. 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, p. 1217-1225.
42. HARBORNE, J. B. - WILLIAMS, C. A. 2000. Advances in flavonoids research since 1992. In: *Phytochemistry*, no. 55, 2000, p. 481.
43. HARKER, N. - RAMPLING, L. - SHARIFLOU, M. et al., 2001. *Microsatellites as markers for Australian wheat improvement*. In: *Austr J Agric Res*, vol. 52, 2001, p. 1121-1130.
44. HAUPTVOGEL, P. - ČIČOVÁ, I. - TISOVÁ, V: Zhodnotenie kvality odrôd pšenice letnej (*Triticum aestivum* L.). In: *Nové poznatky z genetiky a šľachtenia poľnohospodárskych rastlín. Zborník z 10. Odborného seminára, Piešťany : VÚRV, 2003, s. 93-96.*
45. HIGASCHI, K. - TABATA, S. - IWAMOTO, N. - OGURA, M. - YMAMASHITA, T. - ISHIKAWA, T. - OHSUZU, F. 2001. Effects of soya protein on level of remon-like particles cholesterol and Vitain E in healthy men. *Nutr. Sci.* 2001. *Vitaminol.* 47, p. 282 – 288.
- 46.HILL, P. G. - McMILLAN, P. A. 2006. Anti-tissue transglutaminase antibodies and their role in the investigation of coeliac disease. In: *Annals of Clinical Biochemistry*, vol. 43, 2006, no. 2, p. 105-117.
47. HOZA, I. - KRAMÁŘOVÁ D.: *Potravinářská biochemie I.*, ZLÍN: UTB, 1. vyd., 2005, 168s. ISBN 80-7318-295-5.

48. HOZOVÁ, B. - DODOK, L. - OLEKŠÁKOVÁ, J. - MORAVČÍKOVÁ, P. 2004. Senzorické hodnotenie pečiva vyrobeného z pšeničnej, ražnej a špaldovej múky s rôznym prídavkom vybraných aditívnych látok. In: *Výživa – potraviny – Legislatíva*. Detva, 2004, s. 252-255.
49. HRABĚ, J. - ROP, O. - HOZA, I.: *Technologie výroby potravin rostlinného původu*, Zlín: UTB, 1. vyd., 2006, 178s. ISBN 80-7318-372-2.
50. HRUŠKOVÁ, M. 2001. Význam vysokomolekulárných pšeničných bílkovin v pekárenské technologii. *Ročenka pekaře a cukráře*. Praha, Pekař a cukrář, 2001 s. 39–43.
51. HRUŠKOVÁ, M. - ŠVEC, I. 2009. Wheat hardness in relation to other quality factors. *Czech Journal of Food Science*, vol. 27, 2009, p. 240–247.
52. http://www.agroporadenstvo.sk/rv/obilniny/pest_psenice.htm.
53. CHANDRA, R. - GUPTA, S. - AHMAD, A. - IQBAL, M. - PRASAD, M. 2010. Variability in Indian bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties differing in nitrogen efficiency as assessed by microsatellite markers. In: *Protoplasma*, vol. 242, 2010, no. 1-4, p. 55-67. ISSN 1615-6102.
54. CHARALAMPOPOULOS, D. - WANG, R. - PANDIELLA, S.S. - WEBB, C. 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods: a review, In: *International Journal of Food Microbiology*, vol. 79, 2002., p. 131 – 141
55. CHŇAPEK, M. 2008. *Využitie bielkovinových markerov pri identifikácii, diferenciacii a charakteristike genotypov pšenice letnej, tvrdej, špaldovej a jačmeňa jarného* : doktorandská dizertačná práca. Nitra : SPU, 2008. 142 s.
56. CHŇAPEK, M. - GÁLOVÁ, Z. - TOMKA, M. - RŮCKSCHLOSS, E. 2010. Nutričná a technologická kvalita darebných genotypov pšenice letnej formy ozimnej (*Triticum aestivum* L.). In: *Potravinárstvo*, roč. 4, 2010, č. 1, s. 20-25. ISSN 1337-0960.
57. CHŇAPEK, M. - GÁLOVÁ, Z. - TOMKA, M. - KEČKEŠOVÁ, M. 2011. Evolution of storage proteins of triticae genotypes In: *Potravinárstvo*, vol. 5, 2011, mimoriadne číslo, p. 18-22.
58. JAKUBECOVÁ, H., 2004. Znovuobjavenie jačmeňa. In: *Výž. Zdravie*, 1, 2004, s. 28-29.
59. 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, p. 113-120.
60. KOHAJDOVÁ, Z. - KAROVIČOVÁ, J. 2008. Pšenica špaldová. In: *Potravinárstvo* [online]. 2. február 2008, roč. 2, č. 1 [cit. 2008-02-08]. 69 - 81 Dostupné na internete:

< http://www.potravinarstvo.com/dokumenty/potravinarstvo_no1_2008.pdf >. ISSN 1337-0960.

61. KRAIC, J. 2004. *Genetické markery rastlín*. 1. vyd. Nitra: SPU, 2004. 67 s. ISBN 80-8069-381-1.

62. KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií*, 1. vyd. Brno: MZLU, 2004, 141 s., ISBN 80-7157-811-8.

63. LACKO-BARTOŠOVÁ, M. - OTEPKA, P. 2001. Evaluation of chosen yield components of spelt wheat cultivars. In: *Journal of Central European Agriculture*, vol. 2, 2001, no. 3-4, p. 279-284.

64. LACHMAN, J. - DUDJAK, J. - ORSÁK, M. - PIVEC, V. 2003. Effect of accelerated ageing on the content and composition of polyphenolic complex of wheat (*Triticum aestivum* L.) grains. In: *Plant, Soil Environ.*, vol. 49, 2003, no. 1, p. 1-7. ISSN 1214-1178.

65. LAUNAY, B. L. - MICHON, C. 2006. Rheology of Wheat Flour Doughs: Measurement. In: *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*, 2006, doi: 10.1081/E-EAFE-120041501.

66. LASZTITY, R., 2003. Prediction of wheat quality – success and doubts, In: *Periodica Polytechnica*, no. 46, 2003, p. 39-49.

67. LEISTRUMAITĖ, A. – PAPLAUSKIENĖ, V. 2007. Genetic Resources of Spring Barley: Analysis of Hordein Polymorphism. In: *Biologija*, vol. 53, no. 3, 2007, p. 30-33.

68. LI, X.P. - HOU, H.J. - LIU, Y.P. - LAN, S.Q. - ZHU, Y.Y. 2002. Studies of grain nutritional quality on wheat with blue or purple kernels. In: *Acta Agri. Boreali-Sin.*, vol. 17, 2002, no. 1, p. 21–24. ISSN 0496-3490.

69. LÍŠKA, E. – BAJLA, J. – CANDRÁKOVÁ, E. et al., 2008. *Všeobecná rastlinná výroba*. 1. vyd. Nitra : SPU, 2008. 452 s. ISBN 978 – 80 – 552 – 0016 – 3.

70. LOJE, H. - MOLER, B. - LAUSTSEN, M. - HANSEN. A. 2003. Chemical composition, functional properties and sensory profiling of einkorn (*Triticum monococcum* L). In: *Journal of Cereal Science*, vol. 37, 2003, p. 231-240.

71. MACEVILLY, C. Cereals, *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*, vol. 2, Oxford: Academic Press, 2004, p. 1008-1033.

72. MAGAN, N. – HOPE, R. – CAIRNS, V. – ALDRED, D. 2003. Post-harvest fungal ecology: Impact of fungal growth and Mycotoxin accumulation in stored grain. In: *European Journal of Plant Pathology*, vol.109, 2003, no.7, p. 723-730.

73. MARTINEK, P. - COUFALOVÁ, O. - KUREČKA, R. - NOVÁKOVÁ, E. - MIKULCOVÁ, J. 2006. Netradiční barva obilek pšenice (*Triticum aestivum*, L.), její

genetická podmínenosť a možnosť využitia v potravinárstve. In: *Nové poznatky z genetiky a šľachtenia poľnohospodárskych rastlín. Zborník z 13. vedeckej konferencie*, Piešťany, VURV, 2006 .

74. MCINTOSH, R.A.: Wheat. *Encyclopedia of Grain Science.*, vol. 3, *Academic Press*, Oxford, 2004, p. 323-329.

75. MEDINA, Á. - VALLE-ALGARRA, F. M. - MATEO, R. - GIMENO-ADELANTADO, J. V. - MATEO, F. - JIMÉNEZ, M. 2006. Survey of the mycobiota of Spanish malting barley and evaluation of the mycotoxin producing potential of species of *Alternaria*, *Aspergillus* and *Fusarium*. In: *International Journal of Food Microbiology*, 2006, vol. 108, no. 2, p. 196-203.

76. MICHALÍK, I. – GÁLOVÁ, Z. – URMINSKÁ, D. – KNOBLOCHOVÁ, H. 2006. Bielkovinový komplex zrna obilnín a pseudoobilnín. In: *Výživná a technologická kvalita rastlinných produktov a ich potravinárske využitie*. 1. vyd. Nitra : SPU, 2006. s. 68 – 101. ISBN 80-8069-780-9.

77. MICHALOVÁ, A. - STEHNO, Z. - HERMUTH, J. - VALA, M. 2002. Opojované a alternatívne druhy poľných plodín a ich využitie pre zdravú výživu a podporu setrvalého rozvoja poľnohospodárstva. In: *Genofond poľnohospodárskych plodín a jeho využitie pre rozšírenie agrobiodiverzity*. Praha: VÚRV, 2002, s. 30-38.

78. MORRIS, P. C. - BRYCE, J. H., 2002. *Cereal biotechnology*, 2002, p. 252, ISBN 978-1-85573-498-2.

79. MUCHOVÁ, Z. - ŤITNÝ, B. - FRANČÁKOVÁ, H. 2009. Variabilita kvalitatívnych parametrov pšeničných múk a modifikácia vlastností ciest miesením. In: *Acta fytotechnica et zootechnica*, Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, roč. 12, mimoriadne č. na CD (2009), s. 486 – 498. ISSN 1335-58X

80. MURTHY, V. S. 2008. Market insights: US enzyme markets - Food enzymes expected to be the growth area. In: *Industrial Bioprocessing*, vol. 30, no. 5, 2008, p. 10-11.

81. NACZK, M. - SHAHIDI, F. 2004. Extraction and analysis of phenolics in food. In: *J. Chromatogr. A*, no. 95, 2004, 1054.

82. NAKAMURA, H.: *Allelic variation at high-molecular-weight glutenin subunit loci Glu-A1, Glu-B1, Glu-D1 in Japanese and Chinese hexaploid wheat*. *Euphytica*, 112, 2000, p. 187-193.

83. NANDINI, CH. D. - SALIMANTH, P. V. 2003. Carbohydrate composition of wheat, wheat quality. In: *Journal of Science of Food and Agricultural*, vol. 83, 2003, no. 13, p.11.

84. 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. *J. Sci. Food Agric.*, 40, 1987, p. 51-65.
85. PENNINGTON, J. A. T. 2002. Food composition databases for bioactive food components. In: *J. Food Comp. Anal.*, no. 15, 2002, p. 419.
86. PETR, J. *Pěstování pšenice podle užitkových směrů*. Ústav zemědělských a potravinář. Informací, Praha, 2001, 40 s. ISBN 80-7271-090-7.
87. PETR, J. - MICHALÍK, I. - TLASKALOVÁ, H. - CAPOUCHOVÁ, I. - FAMĚRA, O. - URMINSKÁ, D. - TUČKOVÁ, L. - KNOBLOCHOVÁ, H. (2003): Extention of the spectra of plant products for the diet in coeliac disease. In: *Czech Journal of Food Sciences*, 21(2): 59-70.
88. PILVI, T K. - JAUHNAIMEN, T. - CHENG, Z. J. - MERVAALA, E. M. - VAPATALO, H. - KORPELA, R. 2006. Lupin protein attenuates the development of hypertensin and normalises the vascular function of NaCl-loaded goto-kakizaki rats. In: *J. Physiology and Pharmacology* 2006. 57, 2, p. 167 – 176.
89. POPA, N.C. 2007. *Influența unor amelioratori de origine vegetală și microbială asupra parametrilor de calitate ale făinurilor din grâu*, PhD Thesys, The Faculty of Horticulture, the University of Agronomical Sciences and Veterinary Medicine, Bucharest.
90. PORADENSKÉ LISTY svazu PRO-BIO. Pšenica špalda (*Triticum spelta* L.) metodika pěstování v ekologickém zemědělství.. Příloha 06, 2002, s. 9-12.
91. PRUGAR, J. - HRAŠKA, Š. 1986. *Kvalita pšenice*. Příroda Bratislava, 1986, 220 s.
92. PRUGAR, J. 2008. *Kvalita rostlinných produktu na prahu 3. tisíciletí*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský Praha, 2008, ISBN: 978-80-86576-28-2, s. 327.
93. PŘÍHODA, J. - SKŘIVAN, P. - HRUŠKOVÁ, M., 2003. *Cereální chemie a technologie*. 1. vyd. Praha, Vysoká škola chemicko-technologická, 2003. 202 s. ISBN 80-7080-530-7.
94. REPKA, J. - MICHALÍK, I. 1988. *Biochemicko – fyziologické základy šľachtenia rastlín*, Nitra, 1988, s. 195.
95. REYNOLDS, M. P. - BORLAUG, N. E., 2006. Impacts of breeding on international collaborative wheat improvement, In: *J Agric Sci*, 144, 2006, p. 3–17.
96. ROUSSEL, V. - KOENIG, J. - BECKERT, M. - BALFOURIER, F. 2004. Molecular diversity in French bread wheat accessions related to temporal trends and breeding programmes. In: *Theor Appl Genet*, vol. 108, 2004, p. 920-930.
97. RÖDER, M.S. - WENDEHAKE, K. - KORZUN, V. et al. 2002. Construction and analysis of a microsatellite-based database of European wheat varieties. In: *Theor Appl Genet*, 106,

2002, p. 67-73.

98. RUIBAL-MENDIETA, N. L. - DELACROIX, D. L. - MIGNOLET, E. - PYCKE, J. M. - MARQUES, C. - ROZENBERG, R. - PETITJEAN, G. - HABIB-JIWAN, J. L. - MEURENS, M. - QUETIN-LECLERCQ, J. - DELZENNE, N. M. - LARONDELLE, Y. 2005. Spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) as a Source of Breadmaking Flours and Bran Naturally Enriched in Oleic Acid and Minerals but Not Phytic Acid. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2005, p. 2751-2759.

99. RŮCKSCHLOSS, E. - MATŮŠKOVÁ, K. - HANKOVÁ, A. - JANČÍK, D. 2010 Vplyv pšenice s purpurovou farbou zrna na parametre úžitkovosti nosníc a kvalitu vajec. In: *Potravinárstvo*, roč. 4, 2010, č. mimoriadne, s. 231-235. ISSN 1337-0960.

100. SAHLSTRØM, S. - KNUTSEN, S. H., 2010. Oats and Rye: Production and Usage in Nordic and Baltic Countries. In: *Cereal Foods World*, 55, 2010, p. 12.

101. SAMSON, R. A. - HOEKSTRA, E. S. - FRISVAD, J. C. - FILTENBORG, O. 2002. *Introduction to food - and airborne fungi. Utrecht: Centraalbureau voor Schimmecultures*, 2002. 389 p. ISBN 90-70351-42-0.

102. SCUDAMORE, K. A., 2005. Identifying Mycotoxins is Paramount in the fight against their spread. In: *World Grain*, vol. 23, 2005, p. 36-39s.

103. 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.

104. SHEWRY, P. R. - HALFORD, N.G. - LAFIANDRA, D.: The high-molecular-weight subunits of glutenin. str. 143-170. In: *Wrightly, C., Bekes, F., Bushuk, W.(eds) Gliadin and glutenin, the unique balance of wheat. AACCI International, Minnesota, USA, 2006, 466 p.*

105. SISSONS, M.J. - AMES, N.P. - HARE, R.A. - CLARKE, J.M. 2005. Relationship between glutenin subunit composition and gluten strength measurements in durum wheat, In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 85, 14, 2005, p. 2445-2452, ISSN 0022-5142.

106. SKYLAS, D. J. - VAN DYK, D. - WRIGLEY, C. W. 2005. Proteomics of wheat grain. In: *J. Cereal Sci.*, 2005, 41, p. 165-179.

107. 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*., no. 113, 2006, p. 631-641.

108. ŠAJTER, V. - TURECKÝ, L. - KADLEČÍK, R. - BOŽUTA, P. 2006. *Biofyzika, biochémia a radiológia*. Martin: Osveta, 2006. 271 s. ISBN 80-8063-210-3.

109. ŠAŠEK, A. – ČERNÝ, J. – SÝKOROVÁ, S. 2000. *Use of proteins as genetic markers in cereals and potatoes. Proceedings of the 50th Anniversary Conference "Crop Science on the Verge of the 21st Century - Opportunities and Challenges", Research Institute of Crop Production, Prague, 2000, p. 50.*
110. ŠÍP, V. - ŠKORPÍK, M. - CHRPOVÁ, J. - ŠOTTNÍKOVÁ, V. - BÁRTOVÁ, Š. (2000): Vliv udrůdy a pěstitelských opatření na výnos zrna a potravinářskou jakost ozimé pšenice. *Rostlinná výroba*, 46(4): 159-167.
111. ŠMEHYLOVÁ, K. 2008. Renasancia špaldy. In: *Farmár*, [online] 2008, číslo 18 [cit. 2010-04-11]. Dostupné na internete: < <http://www.agroserver.sk/news/renasancia-spaldy.html>>.
112. ŠMEHYLOVÁ, K. 2009. Pšenica tvrdá otvára pestovateľom nové možnosti. In: *Farmár*, [online] 2009, číslo 47 [cit. 2011-04-11]. Dostupné na internete: < <http://www.agroserver.sk/news/psenica-tvrda-otvara-pestovatelom-nove-moznosti/> >.
113. TANČINOVÁ, D. - LABUDA, R. 2006. Mykotická kontaminácia vybraných surovín rastlinného pôvodu. In: *Výživná a technologická kvalita rastlinných produktov a ich potravinárske využitie*. Nitra: SPU, 2006, s. 167-194. ISBN 80-8069-780-9.
114. 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, p. 99-113.
115. TROJAN, V. – MUSILOVÁ, M. – VYHNÁNEK, T. – OLIŠAR, M. – MARTINEK, P.: *Možnosti využitií genů pro rozdílné zabarvení zrna pšenice v potravinářství. Zborník prác z medzinárodnej vedeckej konferencie Bezpečnosť a kontrola potravín*. Nitra, 24.-25. 3. 2010, SPU v Nitre, 2010: 326-329.
116. URMINSKÁ, D. - MICHALÍK, I. 1996. Analýza štartovacích enzýmov klíčenia zrna pšenice. In: *Rostlinná výroba*, roč. 42, 1996, č. 3, s. 97-100.
117. URMINSKÁ, D. - SENDREJOVÁ, E. - SZABOVÁ, E. - MICHALÍK, I. 2006. Zvýšenie výživnej kvality enzymatickou transformáciou. In: *Kolektív autorov .: Výživná a technologická kvalita rastlinných produktov a ich potravinárske využitie*. 1. vyd. Nitra: SPU, 2006. s. 104-136..ISBN 80-8069-780-9.
118. URMINSKÁ, D. - HOBLÍK, J. - SOCHA, P. - MICHALÍK, I. - PETR, J. 2008. Proteins of cereal and pseudocereal grains and their relation to gluten - sensitive enteropathy. In: *Proteiny 2008: sborník příspěvku V. ročníku mezinárodní konference*. Zlín : Univerzita Tomáše Bati, 2008, s.196-197.

119. VELÍŠEK, J. 2002. *Chemie potravin 1*. Praha: OSSIS, 2002. 344 s. ISBN 80-86659-00-3.
120. 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*, vol. 42, 2002, p. 179-208.
121. VIVODÍK, M. - GÁLOVÁ, Z. - BALÁŽOVÁ, Ž. 2011. Identification, differentiation and characterization of barley genotypes using SSR markers. In: *Potravinárstvo*, roč. 5, 2011, mimoriadne číslo, s. 96-100.
122. VIVODÍK, M. - GÁLOVÁ, Z. 2010. Study of wheat (*Triticum Aestivum* L.) genetic diversity using microsatellite markers. In: *Potravinárstvo*, roč. 4, 2010, mimoriadne číslo, s.537-544.
123. WIESER, H. - KOEHLER, P. 2008. The biochemical basis of celiac disease. In: *Cereal Chemistry*, vol. 85, 2008, no. 1, p. 1-14.
124. WRIGLEY, C. – BÉKÉS, F. – BUSHUK, W. 2006. *Gliadin and Glutenin*. 2006, 466 p., ISBN 1-891127-51-9.
125. ZÁLEŠÁKOVÁ, A. - BIELKOVÁ, S. - GREGOVÁ, E. - KRAIC, J. 2004. Vyhľadávanie zdrojov kvality v kolekcii genetických zdrojov pšenice. In: *Nova Biotechnologica*, 2004, p. 235-245.
126. ZANETTI, S. - WINZELER, M. - FEULLET, C. - KELLER, B. - MESSNER, M. 2001. Genetic analysis of bread-making quality in wheat and spelt. In: *Plant Breeding*, vol. 120, 2001, p. 13-19.
127. 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*. *Euphytica*, 146, 2005, p. 193–201.
128. ZIELINSKI H. - CEGLINSKA A. - MICHALSKA A. 2008. Bioactive compounds in spelt bread. In: *European Food Research and Technology*, 226, 2008, p. 537-544.
129. ZIMOLKA, J. - HŘIVNA, L. - JÁNSKÝ, J. - MAREČEK, J. - RICHTER, R. 2005. *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*. 1. vyd. Praha, Profi Press, 180 s. ISBN 80-86726-09-6.
130. ŽAJOVÁ, A. - PORUBSKÁ, M.: *Obilniny vo výžive zdravých i chorých ľudí. Obilniny (zborník)*, VÚRV Piešťany, 1997, Nitra, 400 s.

131. XU, L.-L. - LI, W. - WEI, Y.-M. - ZHENG, Y.-L. 2009. Genetic diversity of HMW glutenin subunits in diploid, tetraploid and hexaploid *Triticum* species. In: *Genet Resour Crop Evol* 56, p. 377-391.
132. YALCIN, E., 2010. Effect of partial removal of prolamins on some chemical and functional properties of barley flours. In: *Food Science and Biotechnology*, vol. 19, 2010, no. 3, p. 735-742.

.