EFFECT OF PROTEIN COMPOSITION ON TECHNOLOGICAL QUALITY OF WHEAT IN RELATION TO DIFFERENT WAYS OF UTILIZATION

VLIV SKLADBY BÍLKOVIN NA TECHNOLOGICKOU KVALITU PŠENICE S OHLEDEM NA RŮZNÉ SMĚRY VYUŽITÍ

Krejčířová L., Capouchová I.

Katedra rostlinné výroby, Fakulta agrobiologie potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 - Suchdol, Česká republika.

E-mail: krejcirova@af.czu.cz, capoucho@af.czu.cz

ABSTRACT

The quality of gluten for specific final utilization depends on optimal combination of storage proteins – gliadins and glutenins. The aim of this project was to find the effect of protein composition to technological quality of wheat for different ways of utilization. Selected set of 15 varieties of winter wheat from different groups of quality (E, A, B, C) and from different soil-climatic conditions of the Czech Republic was used for evaluation of protein fractions composition, using discontinual sequential fractionation according to Osborne and determination of parameters of technological quality of the wheat grain. According to our results varieties with higher content of glutenins behaved as a technologically better varieties, suitable for baking utilization. These varieties reached for higher values of Zeleny sedimentatin index, better values of rheological parameters (farinograph, extensograph) and higher yield of bread in baking experiments.

Keywords: wheat quality, varieties, cultivation locality, protein composition,

ABSTRAKT

Kvalita lepku pro specifické finální využití je dána zejména optimální kombinací zásobních bílkovin – gliadinů a gluteninů. Cílem práce bylo zjistit vliv skladby bílkovin na technologickou kvalitu pšenice pro různé směry využití. U vybraného souboru 15 odrůd pšenice ozimé z různých skupin jakosti (E, A, B, C) a z různých půdně-klimatických podmínek ČR (OZ ÚKZÚZ Domanínek, Lípa, Hradec, Nechanice a ŠS Stupice) byla hodnocena skladba bílkovin metodou diskontinuální sekvenční frakcionace dle Osborna a dále byly stanoveny vybrané parametry technologické jakosti. Odrůdy s vyšším obsahem gluteninů chovaly jako technologicky kvalitnější odrůdy, vhodné pro pekařské využití. Tyto odrůdy dosahovaly vyšších hodnot sedimentačního indexu podle Zelenyho, lepších hodnot reologických parametrů (farinograf, extenzograf) a vyššího objemu pečiva při pekařském pokusu.

Klíčové slova: kvalita pšenice, odrůdy, pěstitelská lokalita, skladba bílkovin,

ÚVOD

Podstatná část pšenice je dosud pěstována s cílem dosáhnout potravinářskou kvalitu s vyšší hladinou realizační ceny; v osevních sledech tak stále v České republice převažují odrůdy pšenice, zařazené z hlediska pekařské jakosti do jakostní skupiny A – kvalitní, elitní odrůdy – E zaujímají druhé místo a na třetím místě jsou pšenice chlebové, doplňkové – jakostní skupina B. Tato situace je zcela nevyhovující a vůbec nezohledňuje strukturu spotřeby a využití pšenice v ČR, neboť k potravinářským účelům se využívá jen asi 35% z celkové produkce pšenice, ke krmným kolem 58%, na osivo asi 6% a na technické využití asi 2%. Dochází k opomíjení principu rajonizace pěstování pšenice z pohledu schopností dosahovat potravinářské, pekařské jakosti. Současně značná část zrna pekárenských odrůd končí v krmných fondech, přestože je zrno z těchto odrůd ke krmným účelům nevhodné (vysoký podíl gliadinů a pro ně typických aminokyselin – prolin, glutamin, kyselina glutamová, nízký podíl esenciálních aminokyselin, horší stravitelnost, často vysoká tvrdost zrna).

V posledních letech se však stále více začíná prosazovat orientace na dosažení jakosti pšenice podle požadavků odběratelů – zpracovatelů. Má-li být dosaženo pěstitelského úspěchu, je tedy mimo jiné nutné si stanovit užitkový směr a na základě toho zvolit nejvhodnější odrůdy se zřetelem na místní agroekologické podmínky.

Kritéria pro posuzování technologické jakosti zrna odrůd pšenice jsou předmětem mnoha studií, v zásadě však rozhodují o jakosti zrna znaky vypovídající o obsahu a viskoelastických vlastnostech lepkových bílkovin. K tomu přistupuje posuzování hmotnosti a tvrdosti zrna, výtěžnosti mouky, vaznosti, obsahu minerálních látek a viskozity (aktivity hydrolytických enzymů). Znaky technologické jakosti zrna jsou ovlivněny jak odrůdou, tak podmínkami stanoviště a ročníků a pěstitelskými opatřeními (Branlard et al., 1991; Novotný, Jurečka, 2000; Šíp et al., 2000).

Schopnost pšeničné mouky tvořit viskoelastické vlastnosti těsta závisí na povaze pšeničných proteinů. Když je mouka smíchána s určitým množstvím vody, proteiny hydratují, vstupují do interakcí s určitými karbohydráty a lipidy a tvoří lepek. Kvalita lepku pro specifické finální užití závisí na kombinaci mnoha fyzikálních a chemických vlastností proteinového komplexu a je určena zejména optimální kombinací zásobních glutenových proteinů – gliadinů a gluteninů. Každý z nich přispívá unikátním způsobem reologii – viskozita je ovlivňována gliadiny (rozpustnými v alkoholech) a elasticita gluteniny (rozpustnými ve slabých roztocích hydroxidů a kyselin) (Bushuk, Bekes, 2002).

Zásobní, glutenové proteiny tvoří cca 60% celkového proteinu zrna pšenice. K charakterizování glutenových proteinů a pochopení jejich role na zpracovatelských vlastnostech mouky a těsta se užívá řada biochemických, biofyzikálních a molekulárních postupů. Určující pro sílu lepku jsou zejména vysokomolekulární (HMW) gluteninové podjednotky (Bushuk, Wrigley, 1971; Mecham et al., 1981; Liu, Rathjen, 1996).

Informace o skladbě bílkovinného komplexu zrna pšenice lze získat diskontinuální sekvenční frakcionací dle Osborna (resp. prostřednictvím různých modifikací klasické

Osbornovy metody), která umožňuje stanovit zastoupení frakcí cytoplazmatických bílkovin (albuminů a globulinů) a zásobních bílkovin (gliadinů a glutelinů) (Prugar, Hraška, 1986). Mezi albuminy a globuliny patří všechny obilné enzymy a řada dalších proteinů. Z technologického hlediska jsou však nejvýznamnější zásobní proteiny obsažené v endospermu obilovin (prolamin a glutelin), určených pro pekařské použití. Zásobní proteiny pšenice se svými vlastnostmi liší od obdobných proteinů ostatních obilovin a jsou příčinou výjimečného postavení pšenice v cereální technologii (Příhoda, 2003).

Funkční vlastnosti lepku závisí na poměru gliadinů a gluteninů, na velikosti molekul gluteninů, na struktuře gluteninů, na vazebných silách mezi gliadiny a gluteniny, na redukční, resp. oxidační činnosti gluteninů (Graveland, 1988).

Hlavní rozdíl mezi těmito dvěma skupinami zásobních bílkovin byl nalezen, když byla analyzována jejich funkčnost. Pokud gliadiny jsou jednoduché polypeptidové řetězce (monomerní bílkoviny), gluteniny jsou víceřetězcové struktury polypeptidů, které jsou pospojované dohromady disulfidickými vazbami. Velmi vysoká molekulová velikost těchto polymerních struktur je zodpovědná za jejich částečnou nerozpustnost a za jejich jednoznačný podíl funkčnosti v porovnání s gliadiny (Payne, Lawrence, 1983).

Gliadiny jsou odpovědné za viskozitu a gluteniny dodávají elasticitu a odolnost k roztahování systému. Pro reologické vlastnosti je důležitá rovnováha mezi těmito dvěmi bílkovinnými frakcemi (Janssen et al. 1996a,b).

Podle nejnovějších výzkumů bylo několikrát prokázáno, že rozpustnější (nebo lépe bobtnající) složky gluteninu, izolované samy o sobě, snižovaly objem pečiva. Naopak nerozpustné nejvýšemolekulární složky prokazatelně zvyšovaly objem pečiva.

Pšeničný lepek je charakteristický tažností, pružností a schopností bobtnat ve zředěném roztoku kyseliny mléčné. Tyto jeho vlastnosti předurčují do značné míry vlastnosti těsta. Z ostatních obilovin podobný gel vyprat nelze (Příhoda, 2003).

MATERIÁL A METODIKA

Princip řešení spočíval v hodnocení vybraného souboru odrůd ozimé pšenice z různých skupin jakosti a z různých pěstitelských lokalit, reprezentujících výrobní oblast řepařskou, obilnářskou a bramborářskou (stručná charakteristika pokusných lokalit je uvedena v tab.1). Vzorky zrna pšenice použité pro laboratorní hodnocení pochází z odrůdových zkušeben ÚKZÚZ Domanínek, Hradec nad Svitavou, Lípa a Nechanice a ze šlechtitelské stanice Stupice.

Pokusy byly zakládány na pokusných stanovištích podle zásad platných pro vedení Státních odrůdových pokusů v ČR – metodou znáhodněných bloků, ve 4 opakováních, velikost pokusné parcely cca 15 m^2. V pokusech bylo použito mořené osivo proti sněti mazlavé a sněti zakrslé, celková dávka dusíku se v souvislosti s předplodinou a lokalitou pohybovala v rozmezí cca 120 – 140 kg N.ha-1. Dávka N byla rozdělena do 3 dílčích dávek: regenerační, první produkční a druhá produkční. V průběhu vegetace byl aplikován

morforegulátor a fungicid proti chorobám pat stébel (dle potřeby) a proti listovým a klasovým chorobám.

Po sklizni zrna na pokusných stanovištích (OZ ÚKZÚZ a ŠS Stupice) byly odebrány cca 2 kg vzorky zrna pro jakostní hodnocení. To probíhalo v Laboratoři zkoušení jakosti obilovin FAPPZ ČZU v Praze.

V roce 2003 byly sledovány odrůdy Ebi, Ludwig, Sulamit (jakostní skupina E), Alibaba, Bill, Clever, Globus, Ilias, Karolinum, Samanta (jakostní skupina A), Apache, Meritto, Šárka (jakostní skupina B), Clarus, Corsaire, Rapsodia (jakostní skupina C) a v roce 2004 odrůdy Ebi, Ludwig, Sulamit (jakostní skupina E), Alibaba, Ilias, Samanta (jakostní skupina A), Apache, Meritto, Šárka (jakostní skupina B), Clarus, Corsaire, Mladka, Rapsodia, Semper, Versailles (jakostní skupina C).

Vzorky zrna byly sešrotovány na laboratorním mlýnku se sítkem s otvory o průměru 0,8 mm. U vyrobeného šrotu byla stanovena frakční skladba bílkovinného komplexu pšeničného zrna diskontinuální frakcionací dle Osborna (modifikace dle Michalíka, 2002); dále byl stanoven obsah N-látek (ČSN 46 1011-18) a obsah mokrého lepku (ČSN ISO 5531) a sedimentační test dle Zelenyho (ČSN ISO 5529). Zbývající část zrna byla přečištěna, nakropena a semleta na laboratorním mlýnu Bühler (typ MLU-202). Poté byly jednotlivé pasáže smíchány takovým způsobem, aby odpovídaly běžné pekařské mouce hladké. Vyrobená mouka byla použita pro farinografické hodnocení – stanovení farinografické vaznosti (ČSN ISO 5530-1) a pro pekařský pokus (dle metodiky bývalého Výzkumného ústavu mlýnského a pekárenského průmyslu v Praze).

Tab. 1 Stručná charakteristika pokusných lokalit

Pokusná lokalita	**Výrobní oblast**	**Nadmořská výška (m)**	**Průměrná roční teplota (°C)**	**Průměrný roční úhrn srážek (mm)**	**Půdní typ**	**Půdní druh**
Domanínek	bramborářská	565	6,4	565	hnědá půda	písčitohlinitá
Hradec	bramborářská	450	6,5	624	hnědozem	písčitohlinitá
Lípa	obilnářská	505	6,6	675	hnědá půda	písčitohlinitá
Nechanice	řepařská	235	8,1	582	hnědozem	hlinitá
Stupice	řepařská	295	8,4	575	hnědozem	jílovitohlinitá

VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky stanovení vybraných jakostních parametrů zrna a laboratorně vyrobené mouky a zastoupení jednotlivých frakcí bílkovin ze sklizně roku 2003 jsou uvedeny v tab. 2 a 3, výsledky ze sklizně roku 2004 uvádí tab. 4 a 5.

Z výsledků hodnocení nově povolených a vybraných starších odrůd ozimé pšenice z různých půdně klimatických podmínek OZ ÚKZÚZ (Nechanice – řepařská oblast, Lípa – obilnářská oblast) a ŠS Stupice (řepařská oblast), v roce 2003 a OZ ÚKZÚZ (Domanínek, Hradec – bramborářská oblast, Nechanice – řepařská oblast), ŠS Stupice (řepařská oblast) v roce 2004 je zřejmé, že v obsahu N-látek a mokrého lepku v sušině zrna byly zaznamenány poměrně výrazné rozdíly mezi jednotlivými hodnocenými lokalitami, kdy pokusné lokality v řepařské, případně obilnářské oblasti dosahovaly lepších výsledků než odrůdy z bramborářské oblasti. Ve sklizňovém roce 2004 byly přitom tyto rozdíly ve prospěch řepařské oblasti výraznější. Určité rozdíly byly zaznamenány i mezi jednotlivými skupinami odrůd, kde odrůdy z jakostní skupiny E dosahovaly mírně lepších výsledků. Tyto údaje jsou v souladu se závěry řady autorů (Mc Guire, Blackwood, 1990; Peltonen, 1992; Payne et al., 1984, Capouchová, 2003), podle kterých obsah bílkovin a lepku v zrnu pšenice vykazuje vysokou míru ovlivnění podmínkami prostředí a nižší ovlivnění genotypem.

Tab. 2 Obsah N-látek a mokrého lepku v sušině zrna, Sedimentační index podle Zelenyho, Farinografická vaznost laboratorně vyrobené mouky a měrný objem pečiva vybraných odrůd pšenice z různých agroekologických podmínek – sklizeň 2003

Sklizeň	Lokalita	Jakostní skupiny	Obsah N-látek (%)	Obsah mokrého lepku (%)	Sedimentační index (ml)	Farinografická vaznost (%)	Měrný objem pečiva (ml)
2003	Nechanice	E	13,95	34,55	61	56,7	442
		A	13,59	34,89	48	54,2	400
		B	12,65	33,67	30	56,7	392
		C	13,38	33,87	25	51,5	355
	Stupice	E	12,64	30,57	56	55,3	367
		A	12,36	30,49	44	53,4	360
		B	11,89	27,81	45	52,3	314
		C	12,56	28,09	26	52,4	320
	Lípa	E	13,53	28,20	61	55,6	375
		A	12,61	32,29	42	53,3	385
		B	12,79	33,74	37	56,1	392
		C	12,92	27,73	23	50,5	329

Tab. 3 Zastoupení jednotlivých frakcí bílkovin v zrnu hodnocených odrůd pšenice – sklizeň 2003

Sklizeň	Lokalita	Jakostní skupiny	Albuminy, globuliny (%)	Prolaminy (%)	Gluteliny (%)	N – zbytek (%)
2003	Nechanice	E	18,31	29,42	32,56	19,71
		A	21,21	36,01	29,96	12,76
		B	15,80	40,80	26,08	18,03
		C	20,79	41,50	22,09	15,63
	Stupice	E	21,01	33,67	30,79	14,54
		A	21,49	36,73	32,13	9,66
		B	20,54	33,59	31,49	14,38
		C	21,98	40,44	24,80	12,79
	Lípa	E	19,85	38,33	32,47	9,35
		A	19,72	35,46	29,46	15,58
		B	16,32	40,79	32,63	10,26
		C	20,44	41,34	26,54	11,70

Tab. 4 Obsah N-látek a mokrého lepku v sušině zrna, Sedimentační index podle Zelenyho, Farinografická vaznost laboratorně vyrobené mouky a měrný objem pečiva vybraných odrůd pšenice z různých agroekologických podmínek – sklizeň 2004

Sklizeň	Lokalita	Jakostní skupiny	Obsah N-látek (%)	Obsah mokrého lepku (%)	Sedimentační index (ml)	Farinografická vaznost (%)	Měrný objem pečiva (ml)
2004	Nechanice	E	12,45	31,52	42	55,83	370
		A	11,61	29,30	32	51,63	347
		B	12,32	31,01	28	53,63	333
		C	10,87	24,85	22	51,53	317
	Stupice	E	9,52	23,32	33	55,25	341
		A	11,01	27,64	34	52,83	344
		B	11,65	27,75	25	52,93	331
		C	9,94	18,20	22	48,35	300
	Domanínek	E	10,85	24,29	29	60,10	344
		A	9,81	22,66	26	56,23	294
		B	9,98	21,02	21	55,70	308
		C	9,42	19,86	17	54,05	294
	Hradec	E	9,92	21,98	30	54,33	302
		A	10,28	24,39	30	53,67	302
		B	10,41	22,77	27	54,77	313
		C	9,71	20,86	24	53,35	328

Tab. 5 Zastoupení jednotlivých frakcí bílkovin v zrnu hodnocených odrůd pšenice – sklizeň 2004

Sklizeň	Lokalita	Jakostní skupiny	Albuminy, globuliny (%)	Prolaminy (%)	Gluteliny (%)	N – zbytek (%)
2004	Nechanice	E	20,17	36,62	30,37	12,83
		A	23,00	34,01	30,31	12,69
		B	21,68	36,86	28,74	12,72
		C	24,76	37,83	24,61	12,80
	Stupice	E	18,27	40,06	34,10	7,58
		A	18,12	38,97	31,93	10,97
		B	19,49	37,14	30,70	12,66
		C	24,97	32,03	28,37	14,64
	Domanínek	E	20,37	36,48	30,66	12,48
		A	21,92	36,19	30,11	11,79
		B	23,20	34,87	28,95	12,97
		C	25,19	35,61	27,35	11,87
	Hradec	E	20,93	37,55	29,49	12,03
		A	21,14	35,68	30,27	12,90
		B	22,07	36,98	28,93	12,02
		C	24,37	34,59	28,73	12,30

Sedimentační hodnota vyjadřuje souhrnně množství i kvalitu pšeničných bílkovin a její podstatou je bobtnání bílkovin v kyselině mléčné. Podle objemu sedimentu se usuzuje na jakost pšenice (Pelikán, 2004). SDS- test stanovený ve šrotu či Zelenyho sedi-test stanovovaný v mouce jsou znaky technologické jakosti, charakterizující viskoelastické vlastnosti bílkovin zrna pšenice, tzn. kvalitu lepku. Tu lze definovat jako příznivou kombinaci zásobních bílkovin zrna pšenice (gliadinů a gluteninů) (Graybosch, 1993). Sedimentační testy jsou jakostní ukazatele, u nichž se uvádí relativně nižší ovlivnění prostředím (vyšší heritabilita) (Matuz, 1998). I z našich výsledků jsou patrné poměrně výrazné rozdíly mezi jednotlivými jakostními skupinami odrůd v hodnotách Zelenyho sedimentačního testu, kdy odrůdy z jakostní skupiny E i odrůdy z jakostní skupiny A dosahovaly lepších hodnot než odrůdy z jakostních skupin B a C; rozdíly mezi jednotlivými pokusnými lokalitami byly méně výrazné.

Hanišová, Horčička (2002) uvádí, že zjistili u reologických charakteristik vyšší ovlivnění genotypem a nižší podmínkami prostředí. Výsledky potvrdily známou skutečnost, že vysokou vazností vody moukou se vyznačují odrůdy s výbornou pekařskou jakostí. Lepších výsledků dosahovaly odrůdy z jakostní skupiny E, nejhorších odrůdy z jakostní skupiny C.

Pekařský pokus je konečným přímým ukazatelem pekařské jakosti pšenice. Součástí pekařských pokusů je komplexní hodnocení pečiva. Zahrnuje kromě hodnocení měrného objemu i posouzení vlastností těsta a pečiva (Jurečka, Novotný, 1998).

Výrazný vliv genotypu je uváděn i u měrného objemu pečiva, a opět to potvrdily i naše výsledky – nižších hodnot dosáhly odrůdy z jakostních skupin B a C. Při senzorickém hodnocení technologických vlastností těsta dosáhly vyššího bodového ohodnocení odrůdy z jakostních skupin E a A, které se vyznačovaly těstem pružným, málo lepivým, se kterým se dobře pracovalo. Nejhorší bodové ohodnocení získaly odrůdy z jakostní skupiny C, které se vyznačovaly těstem výrazně lepivým, nepružným, se kterým se špatně pracovalo

Z hlediska hodnocení zastoupení jednotlivých frakcí bílkovin byl zaznamenán v roce 2003 vyšší obsah nutričně hodnotných albuminů a globulinů u odrůd z jakostní skupiny C, nižší obsah byl naopak zaznamenán u odrůd z jakostní skupiny E.

Opačný trend byl zaregistrován u obsahu gluteninů, kdy pekařsky kvalitní odrůdy z jakostní skupiny E a A obsahovaly vyšší množství těchto vysokomolekulárních bílkovin. Nejnižší obsah gluteninů byl zaznamenán u odrůd z jakostní skupiny C, současně však byl u odrůd z jakostní skupiny C naměřen nejvyšší obsah gliadinů.

Při zjišťování bílkovinné skladby pšeničného zrna diskontinuální frakcionací dle Osborna se vyznačovaly odrůdy pocházející z obilnářské oblasti vyšším obsahem gliadinů a gluteninů než odrůdy řepařských oblastí.

Při hodnocení frakční skladby bílkovin vzorků ze sklizně 2004 se při porovnání jednotlivých lokalit výrazné rozdíly neprojevily. Výraznější rozdíly se stejně jako v roce 2003 projevily při posuzování jednotlivých odrůd – jakostních skupin. Zde byl jednoznačně zaznamenán trend vyššího obsahu gluteninů – vysokomolekulárních bílkovin, které mají vliv na elasticitu lepkových bílkovin – u odrůd z jakostní skupiny E případně A, které jsou nejvhodnější pro pekárenské zpracování. U odrůd nevhodných pro pekárenské zpracování (jakostní skupina C), byl obsah gluteninů nejnižší.

ZÁVĚR

Z dosažených výsledků lze zaznamenat určitý trend v rozdílnosti frakční skladby bílkovinného komplexu ve vztahu k vybraným parametrům technologické jakosti pšenice.

Bylo zjištěn mírně vyšší obsah gluteninů – vysokomolekulárních bílkovin, které mají vliv na elasticitu lepkových bílkovin – u odrůd z jakostní skupiny E případně A, které jsou nejvhodnější pro pekárenské zpracování – pro výrobu výrobků z kynutých těst.

U odrůd nevhodných pro pekárenské zpracování (jakostní skupina C), byl obsah gluteninů nejnižší.

Při sledování frakční skladby vybraného souboru odrůd z rozdílných agroekologických lokalit bramborářské, obilnářské a řepařské výrobní oblasti již byly rozdíly méně znatelné.

Zároveň u odrůd z jakostní skupiny E a A byly většinou zaznamenány příznivější hodnoty ukazatelů předurčující dobrou pekařskou kvalitu. Tyto odrůdy se vyznačovaly vyšší farinografickou vazností, delší dobou stability těsta, vyššími hodnotami extenzografického maxima. Současně tyto odrůdy vykazovaly vyšší hodnoty měrného objemu vyrobeného pečiva.

Výzkum byl podpořen Výzkumným záměrem FAPPZ ČZU v Praze, MSM 6046070901 a grantovým projektem FRVŠ 235/2005/G4.

LITERATURA

Branlard, G., Rousset, M., Loisel, W., Autran, J.C. (1991): Comparsion of 46 technological parameters used in breeding for bread wheat quality evaluation. J. of Agronomy, 6(3-4):145-154.

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.

Bushuk,W., Wrigley,C.W. (1971): Gluten in developing wheat grain. Cereal Chem., 48:448-455.

Capouchová, I. (2003): Vliv odrůdy a agroekologických faktorů na škrobárenskou a pečivárenskou jakost ozimé pšenice. Habilitační práce, ČZU v Praze, 194 s.

ČSN 46 1011-18

ČSN ISO 5531

ČSN ISO 5529

ČSN ISO 5530-1

Graveland, M. (1988): Struktur und funktionelle Eigenschaften von Gluteninen. Getreide, Mehl u. Brot, 42, (2):35-38.

Graybosh, R.A., Petrson, C.J., Shelton, D.R., Seo, Y.W. (1993): In: "Gluten Proteins 1993", Proc. 5th Internation Gluten Workshop, Assoc. of Cereal Research, Detmold, Germany, pp. 280-291.

Hanišová, A., Horčička, P., (2002): Šlechtění pšenice na jakost pro různé směry využití. Sb. 8. semináře "Nové poznatky z genetiky a šlachtenia polnohospodárských rastlín - šlachtenie obilnín na kvalitu", VÚRV Piešťany, 29.5.2002:18-25.

Janssen, A.M., van Vliet, T., Vereijken, J.M. (1996a): Reological behaviour of wheat glutens at small and large deformations. Comparison of two glutens differing in bread making potential. Journal of Cereal Science 23, 19-31.

Janssen, A.M., van Vliet, T., Vereijken, J.M. (1996b): Reological behaviour of wheat glutens at small and large deformations. Effect of gluten composition. Journal of Cereal Science 23, 33-42.

Jurečka, D., Novotný, F. (1998): Hodnocení jakosti. Speciální příloha k pěstování a kvalitě pšenice. Zemědělec, 1998, str. 14-17

Liu, C.Y., Rathjen, A.J. (1996): Characterisation of gluten quality differences of genetically modified durums in field trials. Proceedings of the Sixth International Gluten Workshop, Sydney, 2.-4.9.1996, pp.53-55.

Matuz, J. (1998): Inheritance of SDS sedimentation volume of flour in crosses of winter wheat (*Triticum aestivum L.*). Cereal res. Commun., 26:203-210.

Mc Guire, C.F., Blackwood, L.G. (1990): End-use quality of Montana grown hard red spring compared to hard red winter wheat. Can J. Pl. Sci., 70-629-637.

Mecham, D.K., Fullington,J.G., Greene,F.C. (1981): Gliadins proteins in the developing wheat seed. J. Sci. Food Agric.,32:773-780.

Michalík, I. (2002): Unifikovaná metóda diskontinuálnej frakcionácie beilkovinového komplexu zrna obilnín. Agriculture (Poĺnohospodárstvo), č. 48, 2002 (7): s. 333 – 341.

Novotný,F., Jurečka, D., (2000): Odrůdová skladba a technologická jakost pšenice a ječmene. Sb. semináře ZVU Kroměříž, 25.10.2000,s.68-74.

Payne, P.I., Holt, M.N., Jackson, E.A., Law, C.N. (1984): Wheat storage proteins: their genetics and potential for manipulation by plant breeding. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B, 359-371pp.

Payne, P.I., Lawrence, G.J. (1983): Catalogue of allelas for the complex gene loci, Glu-A1, Glu-B1 and Glu-D1 which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. Cereal Res. Commun., 11:29-35.

Pelikán, M. (2004): Pekařská jakost pšenice. Potravinářský zpravodaj 9/2004, s. 30.

Peltonen, J. (1992): Influence of environment and genotype on spring wheat yield and bread-making quality under Finnish conditions. Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci. 42(2):111-117.

Prugar, J., Hraška, Š. (1986): Kvalita pšenice. Príroda Bratislava. 220 s.

Příhoda, J., Humpolíková, P., Novotná, D. (2003): Základy pekárenské technologie. Odborné nakladatelství Pekař a cukrář s.r.o., 2003, 363 s.

Šíp, V., Škorpík, M., Chrpová, J., Šottníková, V., Bártová, Š., (2000): Vliv odrůdy a pěstitelských opatření na výnos zrna a potravinářskou jakost ozimé pšenice. Rostlinná výroba, 46(4):159-167.