

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra kvality zemědělských produktů

Hodnocení vztahu reologických charakteristik těsta a vlastností pečiva
u genotypů pšenice
Diplomová práce

Autor práce: Barbora Příborská
Vedoucí práce: Ing. Oldřich Faměra, CSc.
2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Hodnocení vztahu reologických charakteristik těsta a vlastností pečiva u genotypů pšenice vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze dne:

Děkuji Ing. O. Faměrovi, CSc. za konzultace, odborné rady a pomoc, kterou mi poskytl v průběhu práce. Poděkování také patří paní Ing. Hálové za pomoc a projevenou ochotu při laboratorním měření.

SOUHRN

Tato diplomová práce se zabývá hodnocením vztahu reologických charakteristik těsta a vlastností pečiva u genotypů pšenice.

Teoretická část pojednává o chemickém složení pšenice, popisuje vlastnosti pšeničné mouky a v neposlední řadě pak přístroje a metody používané při reologické analýze těsta.

Praktická část práce se zabývá vlivem odrůd pšenice ozimé odlišného genetického původu na reologické vlastnosti těsta, měřením na extenzografickém přístroji. Veškerá zjištění z reologických měření byla ověřena laboratorním pekařským pokusem jako jedinou rozhodující přímou metodou a senzorickým hodnocením.

Z naměřených výsledků bylo zjištěno, že mezi nejkvalitnější odrůdy, vhodné pro pekařské využití patří Šárka a Rada. Tyto odrůdy dosahovaly lepších reologických parametrů a vyššího objemu pečiva při pekařském pokusu. Odrůda RU 440-6 nedosahovala optimálních hodnot extenzografického měření, ale přesto vykazovala vysoké hodnoty objemu pečiva a je tedy také považována za odrůdu vhodnou pro výrobu kynutého pečiva.

Za nejméně kvalitní lze považovat odrůdy triticales SW Talentro a Pawo. Tyto odrůdy měly extenzografickou křivku vždy nízkou a krátkou, což odpovídalo u pekařského pokusu pečivu s malým objemem a těstem nepružným a velmi lepivým. Tyto odrůdy nejsou vhodné pro pekařské zpracování.

Klíčová slova: pšenice, reologie, extenzograf, pekařský pokus, senzorické hodnocení

SUMMARY

This thesis deals with the evaluation of rheological characteristics of the relationship of dough and baking properties of wheat genotypes.

The theoretical part deals with the chemical composition of wheat, wheat flour describes the properties and last but not least, the apparatus and methods used for analysis of rheological dough.

The practical part deals with the influence of winter wheat varieties of different genetic origin of the rheological properties of dough at extensograph measuring device. Any findings from the rheological measurements were verified by laboratory baking tests as the sole method of determining direct and sensory evaluation.

From the measured results were found to be among the best varieties, suitable for use include baking Sarka and the Rada. These varieties produce superior rheological parameters and higher volume of bread at the bakery attempt. Variety RU 440-6 extensograph not achieve the optimum values of measurements, but showed a high value and volume of bread i also considered a variety suitable for the production of leavened bread.

For the lowest quality can be considered varieties of triticale SW Talentro and Pawo. These varieties have always extensograph curve low and short, which corresponded to an attempt at baking bread with a small amount of batter and inflexible and very sticky. These varieties are not suitable for baking processing.

Key words: wheat, rheology, extensograph, test baking, sensory analysis

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	VĚDECKÁ HYPOTÉZA A CÍLE PRÁCE.....	2
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	3
3.1	Anatomická stavba obilky pšenice.....	3
3.2	Chemické složení obilného zrna.....	5
3.2.1	Voda.....	5
3.2.2	Sacharidy.....	5
3.2.2.1	Jednoduché cukry.....	5
3.2.2.2	Škrob.....	5
3.2.2.2.1	Hydrolýza škrobu.....	6
3.2.2.3	Neškrobové polysacharidy.....	6
3.2.2.3.1	Celulosa.....	7
3.2.2.3.2	Pentosany.....	7
3.2.3	Bílkoviny.....	7
3.2.3.1	Lepek a jeho struktura.....	8
3.2.4	Lipidy.....	9
3.2.5	Minerální látky.....	9
3.2.6	Vitamíny.....	10
3.3	Vlastnosti a kvalita pšeničné mouky.....	10
3.3.1	Granulace mouky.....	10
3.3.2	Síla mouky a vlastnosti bílkovin.....	11
3.3.3	Schopnost tvorby plynu a vlastnosti škrobu.....	12
3.3.4	Barva mouky.....	13
3.3.5	Vlastnosti lipidů ovlivňující jakost mouky.....	13
3.4	Odrůda jako faktor kvality pšenice.....	14
3.4.1	Agroekologické faktory ovlivňující kvalitu pečivářské pšenice.....	16
3.5	Charakteristika reologie.....	18
3.5.1	Fyzikální podstata tvorby těsta.....	19
3.5.2	Vliv mechanických procesů na reologii těsta.....	20
3.5.2.1	Míchání.....	20
3.5.2.2	Tvarování.....	21
3.5.2.3	Kynutí a pečení.....	21

3.5.3	Přístroje na měření reologických vlastností.....	22
	Rozdělení laboratorních mlýnských a pekářenských přístrojů založených na principu reologických měření:	22
3.5.3.1	Farinograf	23
3.5.3.2	Extenzograf.....	25
3.5.3.3	Pokusné pečení	27
4	MATERIÁL A METODY	29
4.1	Analyzované odrůdy	29
4.2	Charakteristika lokalit	29
4.3	Stanovení reologických vlastností na extenzografu.....	31
4.4	Zkoušení vlastností těsta pokusným pečením	32
5	VÝSLEDKY A DISKUSE	35
5.1	Skližeň 2010	35
5.1.1	Extenzografické hodnocení - sklizeň 2010.....	35
5.1.2	Pokusné pečení – sklizeň 2010	38
5.1.3	Hodnocení sklizně 2010	40
5.2	Skližeň 2011	42
5.2.1	Extenzografické hodnocení – sklizeň 2011	42
5.2.2	Pokusné pečení – sklizeň 2011	45
5.2.3	Hodnocení sklizně 2011	47
5.3	Celkové shrnutí sklizně 2010 a 2011	48
6	ZÁVĚR	49
7	SEZNAM LITERATURY	50

1 ÚVOD

Obiloviny patří k nejstarším zdrojům potravy pro lidstvo. Jsou zdrojem energie ve formě sacharidů, ale i jiných životně důležitých látek (lipidů, vitaminů a minerálních látek).

Pšenice je celosvětově nejvýznamnější obilovinou zajišťující výživu lidské populace. Je nejrozšířenější obilovinou pro pekařské využití. Její roční produkce se pohybuje kolem 680 mil. tun. Je současně nejvýznamnější obchodní komoditou na úseku potravin. K největším producentům se řadí země EU, Čína, Indie, Rusko, USA.

Pšenice poskytuje zrno, které se používá jako potravina, krmivo a jako surovina. Zpracovávají se také stébla (sláma) a otruby (semenné slupky a mouka). Výhodou pšenice, tak jako u jiných obilovin, je poměrně jednoduchá skladovatelnost a dlouhá trvanlivost. Pšenice má vysokou výživnou hodnotu. V Evropě je základní potravinářskou surovinou pro výrobu pečiva, těstovin a rozmanitých pokrmů.

Průmyslově se využívá jako surovina k výrobě škrobu, lihu nebo piva, uvažuje se o energetickém využití pšeničné biomasy jako obnovitelného zdroje energie.

Po roce 1990 došlo v zemědělství Československa a později České republiky k řadě změn. Důvodů bylo mnoho. Za hlavní lze označit liberalizaci trhu, nárůst konkurence a s ním souvisejících problémů s pokrytím vstupů do pěstebního systému (nákup kvalitních osiv, průmyslových hnojiv, přípravků na ochranu rostlin, moderní mechanizace apod.). Ceny těchto vstupů vzrostly několikanásobně, zatímco výkupní cena obilí jen málo. Pro nedostatek finančních prostředků byli pěstitelé nuceni omezit nákup kvalitních hnojiv a pesticidů, čímž brzy došlo i k poklesu kvality výsledného produktu. Tato situace, spojená se zvýšením požadavků na kvalitu dodávané pšenice, vedla k významné změně v charakteru pěstování obilovin. Pro rentabilní pěstování se stala rozhodující kvalita pšenice.

K hodnocení kvality slouží celá řada parametrů charakterizujících jednotlivé vlastnosti pšenice. V pekárenské technologii hrají významnou roli v utváření kvalitního produktu mechanické vlastnosti surovin a poloproduktů. Proto se v metodách hodnocení surovin rozsáhle využívá metod a přístrojů založených na měření reologických vlastností. To umožnila letitá zkušenost a znalost vztahů mezi objektivně měřitelnými reologickými veličinami a výslednou technologickou nebo spotřebitelskou kvalitou materiálu. Reologické metody dokážou dokonale vyjádřit základní fyzikálně-chemické a mechanické (plastické) vlastnosti pšeničného těsta. Mezi nejznámější přístroje, které popisují reologické vlastnosti pšeničného těsta, patří farinograf, extenzograf, alveograf.

2 VĚDECKÁ HYPOTÉZA A CÍLE PRÁCE

Mezi hodnocenými genotypy a odrůdami pšenice ozimé budou nalezeny genetické zdroje vhodných vlastností pro využití ve šlechtění odrůd pšenice s pekařskou kvalitou zrna.

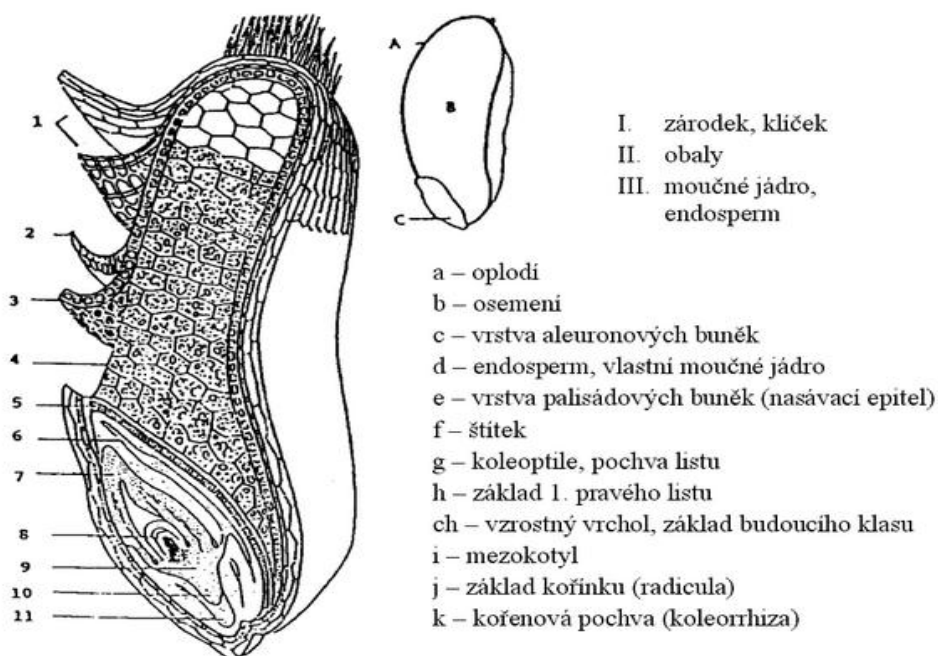
Zjistit vliv odrůd pšenice ozimé odlišného genetického původu na extenzografické vlastnosti těsta. Vyhodnotit senzorické vlastnosti pečiva a jeho objemové charakteristiky z pekařského pokusu. Vyhodnotit vliv genotypů na jednotlivé sledované vlastnosti a doporučit jednotlivé genotypy pro určité směry využití.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Anatomická stavba obilky pšenice

Anatomická stavba obilného zrna (Obr. 1) má význam nejen při jeho hodnocení, ale také při skladování a následném zpracování. Každá obilka se skládá z obalových vrstev, endospermu a klíčku. Hmotnostní podíl jednotlivých částí zrna je rozdílný u jednotlivých obilovin a je proměnlivý vlivem vnitřních a vnějších faktorů. Jednotlivé složky zrna mají různé strukturní, mechanické a fyzikálně chemické vlastnosti a plní v životě obilky i při následném využití a zpracování své specifické funkce (Pelikán, 1996).

Obr. 1 Řez obilkou pšenice



Zdroj: <http://etext.czu.cz>

Obalové vrstvy chrání obilku před nepříznivými vnějšími vlivy. Jejich podíl na celkové hmotnosti zrna činí asi 8 – 12,5 %. Obalové vrstvy mají dvě hlavní části: oplodí a osemení. Oplodí (perikarp) je tvořeno pokožkou (epidermis), buňkami podélnými (epikarp), buňkami příčnými (mesokarp) a buňkami hadicovými (endokarp). Oplodí má za úkol chránit zrna před mechanickým poškozením a krátkodobými účinky vody a škodlivých látek. Osemení (perisperm) je tvořeno vrstvou barevnou a skelnou (hyalinní). Osemení nese v buňkách barviva a určuje tak vnější barevný vzhled zrna, dále obsahuje polysacharidické látky,

schopné vázat vodu a do jisté míry bobtnat, čímž přispívají k udržování rovnováhy vlhkosti zrna (Příhoda *et al.*, 2004).

Všechny obalové vrstvy tvoří pevnou houževnatou vrstvu, která je při mletí zrna označována jako otruby. Podíl obalů stoupá s pluchatostí zrna (Kent and Evers, 1994).

Aleuronová vrstva se nachází mezi obalovými vrstvami a endospermem, tvoří asi 8 % celého zrna a obsahuje především protoplasmatické bílkoviny, tuky, vitamíny a minerální látky. Technologicky bývá zahrnována do celého endospermu a skládá se z jedné vrstvy buněk krychlového tvaru. Obsahuje podstatně více bílkovin než ostatní endosperm, ale tyto bílkoviny nepatří většinou k lepkotvorným a nejsou nositelem pekařské síly mouky (Kučerová, 2004).

Endosperm (vnitřní obsah zrna) představuje největší podíl zrna je technologicky nejdůležitější částí. Zaujímá asi 80 – 85 % hmotnosti obilky. Vlastní endosperm je tvořen velkými tenkostěnnými buňkami se škrobovými zrny. Kromě velkého množství škrobu (kolem 62 %) obsahují buňky endospermu další polysacharidy, bílkoviny, tuky, minerální látky aj. Nacházejí se zde zásobní bílkoviny, gliadiny a gluteniny. Jejich obsah se zpravidla pohybuje v rozmezí 10 – 14 % a jejich rozdílná kvalita je určující pro pekárenskou zpracovatelskou kvalitu pšeničné mouky (Kadlec *et al.*, 2002; Čepička, 1995).

Klíček (embryo) tvoří nejmenší, avšak nejvíce kolísající podíl zrna. U pšenice 2,5 % až 3 %. Je vlastním zárodkem nové rostliny a nositelem genetických informací. Je cenným zdrojem tuků, jednoduchých cukrů, bílkovin, enzymů a vitamínů (vit. E, B). Významnou součástí klíčku je štítek, obsahující až 33 % bílkovin. Při mlýnském zpracování je klíček oddělován, protože má na vzduchu nízkou stabilitu, vzhledem k vysokému obsahu tuku (Kučerová, 2004).

3.2 Chemické složení obilného zrna

Největší procentuální podíl v sušině pšeničné mouky zaujímají polysacharidy a bílkoviny. Dále se v malých množstvích vyskytují minerální látky, lipidy, vitamíny. Obsah těchto látek se různí podle stupně vymletí.

3.2.1 Voda

Obilné zrna se skládá ze dvou hlavních částí a to z vody a sušiny. Voda je důležitou složkou obilného zrna, protože se podílí na všech biologických procesech probíhajících během růstu, dozrávání, skladování a zpracování. Podle obsahu vody mluvíme z technologického hlediska o zrnu mokřím (nad 17 %), vlhkém (nad 15,5 %), středně suchém (nad 14 %) a suchém (do 14 %). Sušinu tvoří nejčastěji kolem 75 % sacharidy, 10 – 15 % bílkoviny a 2 % lipidy (Dudáš, 1981).

3.2.2 Sacharidy

3.2.2.1 Jednoduché cukry

Jsou stavební jednotkou polysacharidů. Volně se v obilce vyskytují nejvíce v klíčku, který je během procesu mletí odstraňován. Do mouky se tedy dostane jen nepatrné množství jednoduchých sacharidů. Z monosacharidů se v mouce vyskytují glukóza a fruktóza, z disacharidů je to sacharóza a maltóza, která je předposledním stupněm hydrolázy škrobu. V cereálních výrobcích je obsah jednoduchých sacharidů různý, závisí na stupni hydrolýzy škrobu (Dudáš, 1981; Kučerová, 2004).

3.2.2.2 Škrob

Škrob je zásobní polysacharid, který se v mouce vyskytuje v největším procentuálním zastoupení. Mouka se mele převážně z endospermu, proto je obsah škrobu v mouce vyšší než v obilce. Škrob je uložen v nerozpustných miscelách, které se nazývají škrobová zrna nebo škrobové granule. Pšeničný škrob má dva velikostní typy granulí. Velké granule (typu A) mají tvar čočky o velikosti 15 – 25 μm a malé granule (typu B) jsou sférické částice o velikosti 4 – 6 μm (Příhoda *et al.*, 2003).

Škrob v endospermu tvoří přibližně 60 - 75 % sušiny obilky. Obsah škrobu v mouce, která je tvořena převážně endospermem, je 80 %. Škrob není sám o sobě chemickým

individuem, neboť se skládá ze dvou frakcí – amylosy a amylopektinu. Obě frakce jsou tvořeny molekulami glukosy, které jsou však v případě amylosy spojeny α -1,4 glykosidickou vazbou, zatímco v molekulách amylopektinu se vyskytují i vazby α -1,6. Amylosa a amylopektin jsou zastoupeny v obilných škrobech v různém poměru. U pšenice se uvádí poměr cca 25 % amylosy a 75 % amylopektinu. Obě frakce se díky různé struktuře liší také svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi. Amylosa je rozpustná ve vodě za studena, amylopektin pouze bobtná a není schopen vytvořit roztok (Příhoda *et al.*, 2004; Kadlec *et al.*, 2002; Kent and Evers, 1994).

3.2.2.2.1 Hydrolýza škrobu

Hydrolýzu škrobu způsobují dva typy enzymů, a to α -amylasa a β -amylasa. Katalyzují štěpení glykosidických vazeb mezi molekulami glukózy.

α -amylasa způsobuje štěpení zevnitř molekuly škrobu. Tímto štěpením se postupně vytváří maltotriosa, maltosa a dextriny. Aktivita α -amylasy se zvyšuje u naklíčených nebo jinak poškozených zrn, u neporušených zrn je její aktivita poměrně nízká. Mouka s takto poškozeným zrnem je pro pekárenské využití nevhodná. Díky vysoké aktivitě α -amylasy se v těstě vyskytuje příliš velké množství zkvasitelných cukrů a těsto se stává lepivým. Pečivo má pak mazlavou či drolivou strídu (Příhoda *et al.*, 2003).

Větší obsah poškozeného škrobu mají mouky z tvrdé pšenice než z měkké. Tím je ovlivněna také absorpce vody, kdy s vyšším obsahem poškozeného škrobu roste absorpce vody (Dendy and Dobraszczyk, 2001).

β -amylasa je enzym zcukřující. Štěpí molekulu škrobu od neredukujícího konce řetězce, kdy odštěpí vždy poslední dvě molekuly glukosy. β -amylasa není schopna rozštěpit α -1,6 glykosidickou vazbu, proto štěpí amylopektin pouze ze 60 %, naopak amylosu štěpí úplně.

3.2.2.3 Neškrobové polysacharidy

Za významnou skupinu přirozeně se vyskytujících látek sacharidové povahy jsou považovány tzv. neškrobové polysacharidy. Průměrný obsah v zrně pšenice se obvykle pohybuje okolo 5 % - nicméně v porovnání s ostatními sacharidy vykazují odlišné fyzikálně-chemické vlastnosti. Uvádí se, že mohou v průměru vázat 10-15 krát více vody než je jejich hmotnost, a tak mohou mít vliv na technologické vlastnosti mouky. Svou vazebnou schopností ovlivňují i jakostní ukazatele pečiva, výživnou hodnotu zrna a případně i možnosti

nepotravinářského využití. Z hlediska chemického složení jsou neškrobové polysacharidy řazeny k potravní vláknině (Vaculová a Horáčková, 2007).

3.2.2.3.1 Celulosa

Celulosa je složena z glukosových jednotek, které jsou složeny β -1,4 glykosidickou vazbou. Celulosa je zcela nerozpustná a nebobtná ani při zvýšených teplotách. Celulosa je v obilkách obsažena převážně v obalových vrstvách. Její obsah v mouce tedy závisí na stupni vymletí (Příhoda a Hrušková, 2007).

3.2.2.3.2 Pentosany

Jedná se o vysokomolekulární polysacharidy, které obsahují ve svých molekulách velké množství pentos. Strukturně se jedná o polysacharid arabinoxylan s lineárním řetězcem, který je tvořený jednotkami xylosy spojenými β -1,4 glykosidickými vazbami s krátkými postranními řetězci arabinosy (Příhoda et al., 2004).

3.2.3 Bílkoviny

Obsah bílkovin v mouce je jednou z nejdůležitějších vlastností pšeničné mouky. Jejich význam spočívá v tvorbě trojrozměrné sítě, která tvoří strukturu pšeničného těsta. Vlastnosti bílkovin závisí na chemickém složení a na jejich strukturním uspořádání. Jejich množství kolísá ve velmi širokém rozpětí od 8 do 20 % v sušině zrna. V meteorologicky normálním roce nejčastěji dosahuje hodnot v rozmezí 12-13 % bílkovin v sušině. Je známo, že pšenice se sklovitým zrnem obsahují větší množství bílkovin v obilce. Obsah bílkovin kolísá v různých částech zrna, relativně nejvyšší je v aleuronové vrstvě a v klíčku, kde se vyskytují mj. i ve formě metabolicky a geneticky důležitých látek, jako jsou enzymy a nukleoproteidy. V endospermu ubývá obsah bílkovin směrem do středu. Tyto bílkoviny přecházejí do mouky a jsou hlavními nositeli technologických vlastností (Prugar *et al.*, 2008).

Z chemického hlediska jsou bílkoviny biopolymery složené z aminokyselin. Jednotlivé aminokyseliny jsou spojené peptidovou vazbou -CO-NH-. V obilovinách je obsaženo všech 20 základních aminokyselin.

V roce 1907 publikoval Osborne frakcionaci pšeničných proteinů na základě jejich rozpustnosti v různých rozpouštědlech. Bílkoviny tak byly rozděleny do čtyř skupin:

- albuminy, rozpustné ve vodě;
- globuliny, rozpustné v roztocích soli;
- prolaminy, rozpustné v 70 % etanolu;
- gluteliny, rozpustné ve zředěných roztocích kyselin (Cauvain and Young, 2001; Sluková, 2003).

Z technologického hlediska jsou však nejvýznamnější zásobní bílkoviny obsažené v endospermu obilovin (prolaminy a gluteliny), které mají pekařské využití. Jsou zde zastoupeny ve vzájemném poměru 2 : 3. Zásobní bílkoviny pšenice se liší svými vlastnostmi od zásobních bílkovin ostatních obilovin a jsou příčinou výjimečného postavení pšenice v cereální technologii. Prolaminy a gluteliny nejsou rozpustné ve vodě. Ve vodě však bobtnají a vytváří vysoce viskózní koloidní gely - lepek (Kadlec *et al.*, 2000).

3.2.3.1 Lepek a jeho struktura

Lepek je tradičním prvkem jakosti potravinářské pšenice a definuje se jako soubor bílkovin pšeničného zrna, které po navlhčení nabobtnají a vytvoří souvislou lepkavou mřížku, která je pružná a tažná. To umožňuje těstu zvětšovat svůj objem působením kvasných plynů.

Lepek je tvořen trojrozměrnou sítí peptidických řetězců, různým způsobem zřasených a propojených navzájem různými můstky a vazbami, kde určitý význam má i vrstvička lipidů. Vypraný lepek sestává průměrně z 90 % proteinů, 8% lipidů a 2 % sacharidů v sušině. Tradičně byly za klíčovou složku uvažovány již zmíněné proteiny dvou frakcí – prolaminů a glutelinů.

Pšeničné prolaminy poskytují lepku tažnost, zatímco gluteliny jsou naopak vysokomolekulární frakcí a poskytují lepku pružnost.

Strukturu prolaminu si lze představit jako jeden spojitý řetězec bílkoviny tvořený zčásti úseky helixů a zčásti náhodnými ohyby. Helixy jsou udržovány vodíkovými vazbami a ohyby řetězce jsou drženy pevnými disulfidickými vazbami.

Glutenin je představován jako složitý komplex tvořený mnoha řetězci různé velikosti. Nízkomolekulární řetězce jsou uvnitř také udržovány disulfidickými a vodíkovými vazbami, ale navenek jsou s ostatními řetězci spojeny kromě toho vodíkovými vazbami a udržovány hydrofobními silami. V koncových doménách nízkomolekulárních řetězců se vyskytují -SH skupiny aminokyselin. Vysokomolekulární složky mají dva druhy disulfidických vazeb: intrařetězové obdobně jako gliadin a interřetězové, které udržují pevnou a pružnou strukturu (Pelikán, 1996; Příhoda *et al.*, 2003; Yada, 2004).

3.2.4 Lipidy

Celkový obsah lipidů v zrně je velmi malý, pouze 1 – 2 % hmotnosti. Největší zastoupení lipidů se nachází v samotném klíčku pšeničného zrna a v aleuronové vrstvě. Podstatný podíl lipidů tvoří nenasycené mastné kyseliny. Z mastných kyselin se nejvíce vyskytuje kyselina linolová, linolenová a olejová. Dále se v mouce vyskytují fosfolipidy a to ve formě fosfatidylcholinu (lecitin) a fosfatidylatenolaminu (kefalin). Přes nízký obsah hrají lipidy zřejmě poměrně důležitou úlohu při tvorbě těsta. Značná část lipidů se při hnětení váže do struktury pšeničného lepku. Přitom mají velký význam zejména polární lipidy, kterých je v pšenici cca 30 % z celkového počtu lipidů (Příhoda *et al.*, 2004; Prugar *et al.*, 2008).

3.2.5 Minerální látky

Souhrně označujeme tyto látky jako „popel“, to znamená anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. Obsah popela se pohybuje v rozmezí 1,25 – 2,5 %, přičemž jeho koncentrace je nejvyšší v podobalových vrstvách. Obsah popela v mouce vzrůstá se stupněm vymletí a je základem pro klasifikaci mouk a pro jejich dřívě u nás a stále ještě v zahraničí používané typové označení. Popel obilovin je tvořen převážně oxidem fosforečným, nejhodnějšími kovy jsou hořčík, vápník a železo (Kučerová, 2004).

3.2.6 Vitamíny

Vitamíny jsou zastoupeny v klíčku a obalových vrstvách, zejména v aleuronové vrstvě. Endosperm obilovin je na vitamíny chudý. Během mletí přechází podle stupně vymletí do konzumních mouk v průměru dvou třetin původního obsahu vitamínů. Významné jsou hlavně vitamíny skupiny B. Ve světlých moukách zbývá podle stupně vymletí jen cca 10 – 20 % původního obsahu. V tmavých moukách může být zachováno až 40 % původního obsahu vitamínu B (Kučerová, 2004).

3.3 Vlastnosti a kvalita pšeničné mouky

Mouka patří mezi základní pekařské suroviny a zároveň je také nejdůležitější pekárenskou surovinou, poněvadž ve většině těst tvoří až 70 % hmotnosti všech surovin. Rozhodující význam má pšeničná mouka, která se používá pro výrobu mnoha pekařských výrobků, jako jsou např. chléb, běžné pečivo, koláče, koláčky, těstoviny.

V rámci hodnocení pekařské kvality mouky jsou uváděny ukazatele jako schopnost tvorby kypřících plynů, pekařská síla mouky, barva mouky a granulační spektrum mouky, atd.

Vlastnosti mouky jsou ovlivňovány bílkovinami, sacharidy, lipidy a dalšími složkami pšeničného zrna, jejich vzájemným poměrem a interakcemi.

3.3.1 Granulace mouky

Granulace mouky je poměrná velikost částic mouky. Je to podíl propadu předepsanými síty s určitou velikostí ok, vyjádřených v hmotnostních procentech. Granulace ovlivňuje vlastnosti a kvalitu konečného výrobku.

Dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 333/1997 Sb. ve znění posledních předpisů jsou pro jednotlivé typy mouk požadovány určité podíly propadů stanovenými síty. Pro hladké mouky je požadována velikost podílu částic, které propadají sítem o velikosti ok 257 µm nejméně 96 % a podíl částic, propadajících sítem o velikosti ok 162 µm nejméně 75 %.

Velikost částic mouky může ovlivňovat zpracovatelské vlastnosti mouky. Ze zkušenosti je známo, že mouky s velkým granulačním rozpětím frakcí dávaly nestandardní výrobky sušenkového typu a těstovin. Jemné (hladké) mouky mají větší sorpční povrch, proto bobtnají rychleji než mouky hrubé. Jisté je, že čím intenzivnější je vymílání mouky, tím více škrobu je

poškozeno a takto poškozený škrob snáze podléhá enzymovému odbourávání a je rychleji hydrolyzován na zkvasitelné cukry a také rychleji mazovatí (Sluková, 2003; Pelikán, 1996).

3.3.2 Síla mouky a vlastnosti bílkovin

Vysokomolekulární bílkoviny (prolaminy a gluteliny) vytvářejí vysokoelastickou strukturu – lepek, který zadržuje plyn (vzniklý činností droždí nebo chemickými kypřidly), vytváří kostru těsta a po tepelné denaturaci i pečiva, čímž umožňuje propečení a stravitelnost pekařského výrobku. Lepek je příčinou jedinečných viskoelastických vlastností těsta, kdy rovnováha mezi tažností a elasticitou určuje konečnou kvalitu (Příhoda a Hrušková, 2007; Yada, 2004).

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 a Hrušková, 2007; Cauvain and Young, 2001).

Pšeničný lepek je pružný gel. Z těsta lze izolovat vypíráním proudem vody, přičemž se vyplavují látky rozpustné ve vodě a škrob a po určité době zůstává substance, kterou nazýváme „mokrý lepek“. Obsah mokrého lepku u našich pšeničných mouk kolísá v rozmezí 21 – 36 %. Dle obsahu mokrého lepku se dělí mouka na slabou a silnou.

Pekařská síla mouky je spjata s kvalitou a množstvím lepku a je předurčena genetickými vlastnostmi odrůdy pšenice a podmínkami jejího pěstování. Na objem běžného pšeničného pečiva má nejvýznamnější vliv obsah lepkové bílkoviny v mouce vyjadřovaný obvykle jako obsah mokrého lepku. Obsah lepku je stanovován ve mlýně a měl by být deklarován při dodávce mouky odběrateli. Nejvíce pekařsky kvalitních bílkovin obilného zrna je obsaženo v krupicích a v prvních moukách z počátečních chodů ve mlýně (přední mouky).

Silná mouka má vyšší obsah lepku, dává pevná, pomalu zrající těsta a je schopná poutat hodně vody – má vysokou vaznost. Lepek se vyznačuje nízkým obsahem enzymů, je málo tažný a tuhý. Vyžaduje se delší doba kynutí a přídavek enzymatického přípravku. Těsto z této mouky je tužší, elastičtější, zadržuje dobře CO₂ a výrobky jsou objemnější. Silné mouky jsou vhodné pro výrobu chleba a těstovin. Za silnou mouku se považuje obsah mokrého lepku nad 30 %.

Slabá mouka má opačné extrémní vlastnosti oproti mouce silné. Má příliš vysokou aktivitu enzymů, dává měkká těsta, která rychle kvasí a brzy se začnou roztékat. Mouky jsou

vhodné pro výrobu sušenek a cukrářského pečiva (Pelikán, 1996; Příhoda *et al.*, 2004; Yada, 2004).

Mouka se vyznačuje velkým aktivním povrchem, snadno přijímá páry a plyny z okolního prostředí, je hygroskopická. Čerstvě namletá mouka nemá plnou pekařskou hodnotu a získá ji po 2 – 6 týdnech skladování. Změny pekařských vlastností během skladování se nazývají dozrávání mouky. Dozrávání mouky je spojeny se změnami bílkovinného komplexu, především lepku. Snižuje se jeho tažnost a rozplývavost a zvyšuje pružnost (Pelikán, 1996).

3.3.3 Schopnost tvorby plynu a vlastnosti škrobu

Mouka musí mít dostatečnou plynotvornou schopnost, tj. schopnost vytvořit těsto, které dokáže zadržet dostatečné množství kvasných plynů. Pro správný průběh fermentace je důležitý obsah zkvasitelných cukrů, tj. glukosy, fruktosy a maltosy. Zmíněné cukry jsou v mouce přítomny přirozeně a dále mohou vznikat při působení amylolytických enzymů při přípravě těsta. Mouka s dobrou kvalitou by neměla obsahovat větší množství zkvasitelných cukrů a příliš velké množství porušených makromolekul škrobu. Současně by měla mít dostatečnou aktivitu amylolytických enzymů po celou dobu přípravy těsta. To se pak projeví stabilní produkcí dostatečného objemu oxidu uhličitého od vyhnětení těsta až do umrtvení kvasinek po dosažení příslušné teploty střídy pečiva v peci. Předpokladem dobré plynotvorné schopnosti je tedy dobrý stav amylaso-škrobového komplexu v mouce (Příhoda *et al.*, 2003).

Z fyzikálních vlastností škrobu jsou nejvýznamnější schopnost bobtnání, mazovatění a retrogradace. Proces mazovatění během jeho zahřívání lze charakterizovat určitým rozmezím teplot a určitou dobou (Sluková, 2003).

Škrobová zrna se ve vodě nerozpouští, pouze ve studené vodě mírně bobtnají, přijímají asi 30 % vody a postupně začínají ztrácet svoji původní strukturu. Bobtnání však nabývá na intenzitě se zvyšující se teplotou a pokračuje i při stejné teplotě s časem. Postupně dochází k mazovatění: se zvyšující se teplotou stoupá viskozita suspenze, postupně se uvolňují molekuly amylosy a rozrušují se plně nabobtnalé části zbylého amylopektinu. Po zmazovatění veškerého škrobu začíná viskozita při neustálém míchání směsi klesat. Při zchlazení vzniklého gelu začnou molekuly amylosy a amylopektinu spolu zpětně asociovat a

viskozita se začne zvyšovat. Teploty počátku mazovatění jsou u různých škrobů rozdílné. Zpravidla se pohybují mezi 55 a 70 °C (Kadlec *et al.*, 2002; Narvhus and Sørhaug, 2006).

V pekařském těstě však v průběhu pečení nikdy nedojde k úplnému zmazovatění škrobových zrn. Je to způsobeno nedostatkem vody. Změna struktury těsta při pečení je způsobena změnou uspořádání struktury amylosy a amylopektinu. Předpokládá se, že helixy amylosy jsou před pečením rovnoměrně poskládány mezi amylopektinovými rozvětveními. Po zahřátí se amylosa částečně rozpustí a nabobtná a dojde k jejímu rozptýlení do gelu. U amylopektinu dojde pouze k rozevření jeho struktury, nikoliv k jeho rozrušení. Po ochlazení se vytvoří pružný škrobový gel, který je hlavním nositelem vláčnosti z důvodu vody obsažené ve střídě výrobku. S postupem času však gel uvolňuje část vody a ztrácí svoji původní pružnost. Tento proces známe jako stárnutí pečiva, neboli retrogradaci škrobu, a probíhá již 12 hodin po upečení (Sluková, 2003).

3.3.4 Barva mouky

Sledování barvy mouky byl v minulosti přisuzován větší význam než v dnešní době, kdy se rozšířilo používání přísad celozrnných mouk nebo šrotů, šrotových produktů z jiných obilovin, luštěnin a zrnin. Tyto přísady ovlivňují barvu střídy pečiva mnohem výrazněji než jen mouka z různě vymleté pšenice. Sama barva mouky může ukazovat svým naředlým odstínem na tzv. zadní mouku s vyšším podílem poškozeného škrobu a horší pekařskou zpracovatelností. Barva mouky ale také závisí na původní barvě pšenice, která může být od světle žluté až do oranžové a načervenalé. Krémová barva mouky je u pekařů v ČR hodnocena příznivěji než sněhově bílá barva (Sluková, 2003).

3.3.5 Vlastnosti lipidů ovlivňující jakost mouky

Vlastnosti těsta i pekařských výrobků silně ovlivňují i další složky pšeničného zrna, především lipidy a to hlavně zásluhou tvorby komplexů s bílkovinami a škrobem (značná část lipidů se při hnětení váže do struktury pšeničného lepku). Moderní poznatky naznačují, že právě tvorba těchto komplexů má velký vliv na charakteristické vlastnosti těst.

Kvalita pšeničného výrobku může být nepříznivě ovlivněna v důsledku dlouhodobého skladování mouky a následnou oxidací nasycených mastných kyselin v ní obsažených. Jednou

z majoritně zastoupených mastných kyselin je kyselina linolová, která vlivem oxidace způsobuje žluknutí mouky. Toto žluknutí je katalyzováno příslušnou lipázou a projevuje se zvýšením kyselosti. Je důležité dodat, že tato vlastnost ovlivňující kvalitu pšeničného těsta není dána ani způsobem pěstování, ani vnějšími okolnostmi, je ovlivněna pouze zacházením s namletým zrnem, které čeká na zpracování, a nemá tedy nic společného s prvotní kontrolou jakosti. Nenasycené mastné kyseliny ovlivňují vzájemné přeměny sulfhydrylových a disulfidických skupin bílkovin a tím i reologické vlastnosti těsta. Při dlouhodobém skladování mouka hořkne, což je způsobeno oxidací nenasycených mastných kyselin vzdušným kyslíkem nebo působením enzymu lipoxidázy za vzniku aldehydů a ketonů (Příhoda *et al.*, 2004; Čepička, 1995; Narvhus and Sørhaug, 2006; Pelikán, 1996).

3.4 Odrůda jako faktor kvality pšenice

Šlechtění v současné době představuje rozhodující faktor pro zvyšování výnosů i odolnost proti stresům. Na významu nabývá též potřeba zajištění potravin s vysokou nutriční a hygienickou kvalitou. Jedním ze základních předpokladů úspěšného pěstování pšenice je volba vhodné odrůdy (Chrpová, 2010).

Volba vhodné odrůdy je velmi důležitým faktorem pěstování a musí respektovat několik závažných hledisek. Jde zejména o konkrétní podmínky vybraného honu, předplodiny, celý soubor geneticky založených odrůdových vlastností včetně ranosti, adaptability a odolnosti stresovým biogenním i abiogenním faktorům, respektování možností intenzity produkce a ekonomiky produkce. Vliv ročníku a pěstební technologie (zejména předplodina, způsob založení porostu, jeho regulace, výživa a ochrana proti plevelům, chorobám a škůdcům) jsou dalšími významnými faktory, které ovlivňují prakticky všechny parametry nutriční a technologické kvality pšeničného zrna (Slavoj *et al.*, 2009).

Pšenice je naší nejrozšířenější obilninou, tomu odpovídá i vysoký počet registrovaných odrůd. Odrůdy jsou považovány za významný intenzifikační faktor. Správná volba odrůd umožňuje zvýšit ekonomickou efektivnost pěstování obilnin. Při výběru odrůd je nutno brát v úvahu následující kritéria:

- Kvalitu odpovídající záměru uplatnění produkce
- Adaptaci na dané půdně - klimatické podmínky
- Vhodnost pro daný způsob hospodaření na půdě (způsob zpracování půdy a zakládání porostů, termín setí, intenzita hnojení atd.)
- Odolnost proti škodlivým činitelům (Křen, 1998).

Vysoký počet registrovaných odrůd dává možnost sestavení vhodné odrůdové skladby pro konkrétní podmínky zemědělského podniku. Orientace na výsev domácích odrůd spočívá v jejich dobré adaptaci pro podmínky České republiky, výnosové stabilitě a převaze odrůd s dobrou potravinářskou kvalitou (Palík, 2009).

Pšenice se vyznačuje vysokým produkčním potenciálem a mírou kvality odpovídající zařazení odrůdy do skupiny, která charakterizuje možnosti jejího užití.

Odrůdy potravinářské pšenice se dělí do kategorií podle způsobu jejich dalšího využití:

1. pšenice pro pekárenské využití, tj. převážně pro výrobu kynutých těst
2. pšenice pečivářské, tj. pro výrobu sušenek a oplatek
3. pšenice pro speciální použití
4. pšenice pro výrobu těstovin
5. krmné pšenice (Zimolka *et al.*, 2005).

V ČR existuje Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ), který je pověřen Ministerstvem zemědělství provádět u vybraných plodin pokusy a následně je zařadit podle výsledků do Seznamu doporučených odrůd. Odrůdy jsou nejprve hodnoceny v rámci zkoušek pro registraci ÚKZÚZ. Po registraci odrůdy může udržovatel nebo zmocněný zástupce podat žádost o zařazení do zkoušek pro Seznam doporučených odrůd. Podle délky zkoušení a dosažených výsledků ve zkouškách je pak odrůdě na základě výchozích kritérií pro doporučování přidělena kategorie doporučení.

Z hlediska doporučování jsou odrůdy rozděleny do několika kategorií:

- Odrůdy předběžně doporučené – odrůdy nově zařazené do zkoušek pro doporučování s nejméně tříletými výsledky zkoušení
- Odrůdy doporučené – odrůdy zkoušené nejméně čtyři roky a splňující výchozí kritéria pro doporučení
- Odrůdy ostatní – odrůdy nesplňující některé z výchozích kritérií pro doporučení (Horáková *et al.*, 2011).

Základní užitkový směr, který se sleduje u všech registrovaných odrůd, je jejich pekárenská jakost. Pro zařazení odrůdy je rozhodujících šest základních parametrů: měrný objem pečiva, hodnota sedimentačního testu podle Zelenyho, číslo poklesu, obsah dusíkatých látek, vaznost mouky a objemová hmotnost (Prugar *et al.*, 2008). Podle těchto parametrů jsou potom pšenice pro pekařské zpracování členěny dle jakosti do následujících skupin:

E – (elitní pšenice) – dříve označované jako velmi dobré, zlepšující

A – (kvalitní pšenice) – dříve označované jako dobré, samostatně zpracovatelné

B – (chlebové pšenice) – dříve označované jako doplňkové, zpracovatelné ve směsi

C – (nevhodné pšenice) - odrůdy nevhodné pro výrobu kynutých těst

Pro zařazení odrůdy do jakostní skupiny je rozhodující znak, v němž dosahuje nejnižší úrovně, např. odrůda, která dosahuje v pěti znacích úrovně kategorie E a v jednom znaku A, je celkově zařazena do kategorie A (Zimolka *et al.*, 2005; Prugar *et al.*, 2008).

3.4.1 Agroekologické faktory ovlivňující kvalitu pečivářské pšenice

Schopnost odrůdy plně projevit produkční i jakostní potenciál je do značné míry ovlivněna vnějšími vlivy. Nejvýznamněji se zde promítá vliv stanoviště a ročníku. Důležitou roli při tvorbě výnosu a jeho kvality sehrávají genetické vlastnosti odrůd, které jsou pro efektivnost agrotechnických zásahů určující.

Dodržování rajonizace odrůd přispívá význačnou měrou k dosahování vyšší kvality. Kromě stanoviště a plasticity dané odrůdy sehrává významnou roli také agrotechnika. Důležité je již samotné zařazení pšenice v rámci osevního sledu, příprava půdy před setím,

základní hnojení při předseťové přípravě půdy, volba výsevku a termín výsevu. Významnou roli sehraává ošetřování v průběhu vegetace a do kvality zrna se promítají také podmínky sklizně (Prugar *et al.*, 2008).

Pro pěstování pečivářenských odrůd budou vhodné oblasti řepařské, obilnářské i bramborářské s přiměřenou s přiměřenou dávkou dusíku v rozmezí 70 – 80 kg na 1 ha podle úrodnosti půdy, předplodiny, nejlépe však podle obsahu N min v půdě, aby nedošlo ke zvýšení obsahu bílkovin (Petr, 2001).

Úhrn srážek výrazně ovlivňuje obsah bílkovin v zrně a tím i celkovou jakost. Vlhké počasí v období tvorby obilky podporuje výnos a vyvolává snížení obsahu dusíkatých látek. Teplota a vlhkost se také významně podílejí na utváření fyzikálně chemických vlastností bílkovin. Vodní deficit se může projevovat krátkodobým i dlouhodobým nedostatkem srážek či sníženou hladinou spodní vody. Působí-li sucho a vysoká teplota v průběhu vegetace od plného odnožování, mění se chemické složení zrna jinak, než při často se vyskytujícím suchu během vegetace v době od kvetení. Změna má vliv na vitalitu klíčnicích rostlin a tedy i na vývoj porostu (Bláha *et al.*, 2008).

Vedle teploty je i velmi důležité světlo. Dobré sluneční osvětlení působí příznivě v období odnožování na tvorbu krátkých a silných dolních internodií a tvorbu produktivních odnoží.

Volba předplodiny je pro výslednou jakost zrna velmi důležitým faktorem (Prugar *et al.*, 2008).

Obsah bílkovin a lepku je významně ovlivněn úrovní dusíku. Při růstu jsou důležitou podmínkou pro vstřebávání dusíku environmentální faktory. Rostoucí úroveň dusíkatých hnojiv zvyšuje viskoelastické vlastnosti lepku. Zvyšuje se maximální napětí a vyrovnání napětí. Toto zvýšení viskózního chování je přisuzované vyššímu procentu gliadinu/gluteninu v lepku. Různé aplikační strategie hnojení neovlivňují reologické vlastnosti nijak významně (Pedersen and Jorgensen, 2007).

Optimální termín sklizně pšenice je dán obsahem vody v obilkách, který limituje skladovatelnost zrna. Podle ČSN 46 1100-2 je základní hodnota vlhkosti zrna pečivářské pšenice 14,0 % a snahou pěstitelů je sklízet porosty s vlhkostí zrna příliš nepřekračující tuto hranici. Vlhké počasí velmi nepříznivě působí na významný ukazatel kvality pečivářské pšenice – číslo poklesu. Opožděná sklizeň za vlhka snižuje množství a jakost lepku. V krajním případě může dojít až ke klíčení obilek v klasu nebo jejich zaplesnivění. Stále častějším jakostním a zdravotním problémem je vzrůstající výskyt zrn napadených polními

houbami, především rodu *Fusarium* a *Alternarium*. Největší nebezpečí spočívá v produkci mykotoxinů (Prugar *et al.*, 2008).

Obilná zrna, napadená patogeny rodu *Fusarium*, se od zrn zdravých liší v mnoha ohledech, předně v jejich chemickém složení, které vede ke snížení kvality zrn. Změny v chemickém složení jsou doprovázeny změnami ve fyzikálních vlastnostech, např. blednutí zrn a snížení hmotnosti. Mezi poškozením zrn a obsahem mykotoxinů je uváděna závislost Jirsa *et al.*, 2008).

3.5 Charakteristika reologie

Pojem reologie zdomácněl v cereální chemii po zavedení mechanizované a automatizované pekárenské výroby. Tehdy se ukázalo, že pro zachování neklesající kvality finálních produktů je nutno dokonale poznat základní fyzikálně-chemické a mechanické (plastické) vlastnosti pšeničného těsta. Tyto vlastnosti se ukázaly být velmi komplikovanými a nelze na ně aplikovat jednoduché zákony pružnosti. Vzniklo tedy nové odvětví koloidní chemie – reologie, jejímž obsahem je věda o toku vysokomolekulárních látek, jejich plasticitě, viskozitě a elasticitě (Prugar a Hraška, 1986).

V pekárenské technologii hrají významnou roli v utváření kvalitního produktu mechanické vlastnosti surovin. Proto se v metodách hodnocení surovin rozsáhle využívá metod a přístrojů založených na měření reologických vlastností.

Obecná reologie je jedním z odvětví fyziky a zabývá se fyzikálním a matematickým popisem chování látek za deformace. Reologické měření nám poskytuje informace o vlastnostech měřených materiálů. Reologie dává jednoznačný, fyzikálně významný, kvantitativní parametr materiálů. Tyto parametry mohou korelovat se strukturou hmoty, jejich chemickou nebo fyzikální stavbou. Dále charakterizuje a simuluje výkonnost materiálů během procesu a kontroly kvality. Studuje vztahy mezi třemi veličinami: napětím, kterému je materiál vystaven, velikostí deformace materiálu a časem. Reologické vlastnosti materiálu mají přímou souvislost s jeho zpracovatelskou a spotřebitelskou kvalitou.

Obecné cíle reologických měření jsou:

- získat kvantitativní popis materiálů, mechanických vlastností,
- získat informace týkající se molekulární struktury a složení materiálu,
- předvídat chování materiálu během technologického procesu, event. získat podklady k provádění včasných zásahů (Malkin a Isayev, 2006; Dobraszczyk and Morgenstern, 2003).

Reologické vlastnosti pšeničného těsta, zejména pružnost, tažnost a stabilita, ovlivňují výrobní operace v pekárnách a mají značný vliv na spotřebitelskou kvalitu pekařských výrobků. Základní mechanické vlastnosti pšeničného těsta jsou důležité pro určování chování těsta během zpracování, kvalitu finálního výrobku. Dále určují tvorbu plynů a stabilitu během kynutí a pečení.

Reologické vlastnosti pšeničného těsta jsou ovlivněny hlavně škrobem, proteiny (lepek) a přídavkem vody. Škrob vyskytující se ve vysokých koncentracích tvoří nepřetržitou síť částecek, které způsobují viskoelastické chování. Lepek má schopnost tvořit souvislou makromolekulární síť, která vzniká dostatečným přídavkem vody a mechanickou energií při míchání. Tyto dva nezávislé zdroje a jejich možné interakce udávají reologii pšeničného těsta (Amemiya a Menjivar, 1992; Wang a Kokini, 1995; Hrušková *et al.*, 2004).

3.5.1 Fyzikální podstata tvorby těsta

Pšeničné těsto patřilo mezi první z potravinářských materiálů, jejichž reologické vlastnosti se sledovaly. Základem těsta je mouka, voda a sůl, v některých speciálních případech ještě tuk a povrchově aktivní látky. Při míchání mouky a vody částice mouky zvolna hydratují, nevytváří se však hned spojitá masa těsta. Ke vzájemnému styku molekul bílkovin a hydratovaných polysacharidů dochází až během hnětení, které přispívá k jejich orientování a tvorbě příčných vazeb. Tím se vytváří trojrozměrná síť, dávající elasticitu zejména pšeničnému těstu. Kromě toho vzniká z nabobtnalé bílkoviny a příp. polysacharidů gel, který umožňuje těstu vykazovat viskózní tečení.

V této trojrozměrné struktuře jsou dispergována škrobová zrna, buňky kvasinek a vzduchové bublinky. Pro tvorbu pšeničného těsta jsou z počátku hnětení nejdůležitější

bílkoviny. Škrobová zrna, která přijímají vodu a částečně bobtnají, jsou významná až v konečných fázích (pečení), kdy dochází k jejich mazovatění. Během mechanického hnětení se zpevňuje trojrozměrná bílkovinná síť, čímž se mění tekutost, tuhost a elasticita. Těsto se pak stává homogennější. V průběhu zrání a kynutí napomáhá činnost enzymů a účinky organických kyselin k bobtnání a změnám chemických vazeb. V některých případech se uplatňuje ještě přetužování, kterým dojde k dosažení žádoucích reologických vlastností těsta (Příhoda *et al.*, 2003).

3.5.2 Vliv mechanických procesů na reologii těsta

Těsto lze charakterizovat jako polydisperzní soustavu (soustava, složená nejméně ze dvou druhů hmot, kdy jedna je rozptýlena ve druhé). Disperzním prostředím bývá v těstě většinou voda. Z fyzikálního hlediska se systém rozděluje na fáze (část hmoty, která má stejné vlastnosti). Jednotlivé fáze jsou odděleny fázovým rozhraním, které v tomto případě představuje povrch rozptýlených částic. Částice v těstě se rozlišují na pravé a koloidní roztoky. Koloidní roztoky vytvářejí v těstě hlavně některé bílkoviny a slizy. Pravé roztoky se v těstě vyskytují ve formě vodných roztoků sacharidů, solí, kyselin atd. Pevné částice, větší jak koloidní roztoky, vytvářejí v kapalinách suspenze. V těstě jsou to nezbobtnalá škrobová zrna. Pro kvalitu těsta jsou důležité disperzní systémy tzv. gely. Ty mají kromě spojitého disperzního prostředí také spojitý disperzní podíl. Vytvářejí spojitou strukturu, která umožňuje zadržovat kvasné plyny a udržovat tvar při pečení. Mezi gely patří lepek (Skoupil *et al.*, 1981).

3.5.2.1 Míchání

Míchání je rozhodující operací. Suroviny musí mít kromě obvyklých vlastností také určitou strukturu a musíme také zohlednit množství suroviny, které používáme. Například při výrobě past z těsta záleží hodně při míchání na viskoelasticitě a schopnosti přijímat vzduch. Vždy je třeba brát ohled na poměry míchání, reologické vlastnosti a provzdušněnost. Znalost reologie suroviny může mít vliv na získání požadované struktury výrobku, můžeme zkracovat čas výroby a použít vhodnou konstrukci míchadel (Campbell and Shah, 1999; Dobraszczyk and Morgenstern, 2003).

3.5.2.2 Tvarování

Opakované válení je používáno pro aktivaci glutinu v těstě chleba. Válením se zvyšuje a zlepšuje soudržnost těsta. Vliv válení na reologické vlastnosti je podmíněn tlakem, který na těsto vytváříme, a také by nemělo docházet k mechanickému poškození těsta. Použité válení musí být z tohoto pohledu adekvátní použitému druhu těsta. Nejvíce poznatků takto bylo získáno k chlebu. Čím více je těsto váleno, tím více se v chlebovém těstu tvoří vhodná struktura glutenu a těsto získává na pružnosti. Je logické, že u jednotlivých výrobních fází se stanovuje množství energií, které bude nutno použít. U válení je to asi jen 10 - 15 % energie ve srovnání s mícháním.

Provzdušněné pekařské výrobky se dělají z těsta, do kterého se přidává máslo nebo i jiný tuk. Válením se potom usměrňuje tloušťka těsta i výrobku. Opakovaným válením a střídavým používáním tuku se docílí vrstevnaté struktury takovýchto výrobků. Reologické vlastnosti jsou potom ve srovnání s chlebovým těstem zcela rozdílné. Těsto je méně pružné a snáze se trhá na menší kousky (Dobraszczyk and Morgenstern, 2003).

3.5.2.3 Kynutí a pečení

Znalost struktury bublin plynu a jejich těkavost a stabilita v těstě jsou významné z hlediska ovlivnění ztrát hmoty těsta v průběhu pečení. Nakypřenost a roztíratelnost těsta, stabilita bublin a další jsou vhodnými reologickými metodami, zvláště pokud simulujeme v laboratoři stejné podmínky, jako jsou v pekárenském provozu. Ztráta bublinek plynu je v přímé závislosti s protahováním těsta. S protahováním těsta je také možno spojit statisticky vysoce průkazné snižování ohebnosti vláken - tzv. J-stres, je nutno ho mít na zřeteli při chlazení polymerních vláken, při kypření těsta, při expanzi plynu, při výrobě chleba a vůbec při všech operacích, kde s těstem provádíme nějaké mechanické zákroky (Dobraszczyk and Roberts, 1994).

Současné práce poukazují na skutečnost, že pro pekařský průmysl jsou vlastnosti jako protahovatelnost, tvrdost, tvorba plynu velmi důležité. Tvrdost těsta ovlivňuje tvorbu bublinek plynu. Bublínky mohou být tenčí, menší, více stabilní a z těsta nejsou tolik prchavé. Těsto, kde je správná tvrdost je potom po upečení dobře a správně drobné (malé bublinky plynu, užší stěny buněk). Takovéto těsto s vyšší tvrdostí se potom lépe nakypřuje a není potřeba takové množství plynu (Dobraszczyk and Roberts, 1994; Dobraszczyk *et al.*, 2003).

3.5.3 Přístroje na měření reologických vlastností

Těsto; kombinace mouky, vody, soli, popřípadě jiných surovin, je pravděpodobně nejkompexnějším materiálem z pohledu potravinářské reologie. Z toho důvodu bylo vytvořeno mnoho přístrojů na měření reologických vlastností. Přístroje mohou být rozděleny do dvou hlavních kategorií:

- přístroje, které měří jednotlivé vlastnosti vytvořeného těsta
- přístroje, které měří výkon dodávaný během vytváření těsta

Tyto přístroje měří mechanické vlastnosti těsta pod různými deformačními podmínkami (viskozita, elasticita, konzistence a další.). Většina těchto testů jsou používané pro předvídání pečícího výkonu a chování těsta během zpracování před vlastním pečením (Dendy a Dobraszczyk, 2001)

Rozdělení laboratorních mlýnských a pekářských přístrojů založených na principu reologických měření:

- zjišťování vybraných uzančních charakteristik reologického chování těsta
extenzograf a mikro-extenzograf; promylograf TS 6; Texture analyser TA.XT2i;
alveograf
- zjišťování chování těsta během hnětení, simulace hnětacího procesu
farinograf a rezistograf; Do-Corder; valorigraf; promylograf T 6; mixograf; GRL
mixer; konzistograf
- zjišťování chování těsta v průběhu fermentačního procesu (zrání, kynutí)
fermentograf; maturograf; rheofermentometer
- zjišťování chování těsta v průběhu pečení
- zjišťování vlastností moučných suspenzí při mazovatění (aktivita α -amylasy)
amylograf a viskograf; Hagbergův přístroj „Faling Number“; promylograf T2VQ;
Rapid Visco Analyzer
- měření tuhosti, tvrdosti a pružnosti
penetrometry; Struct-o-graph; Texture Analyzer TA.XT2
- přístroje stimulující v laboratorním měřítku extruzi (Příhoda *et al.*, 2003).

Dále je uvedena pouze charakteristika přístrojů farinografu, extenzografu a pekařského pokusu, které byly v diplomové práci využity.

3.5.3.1 Farinograf

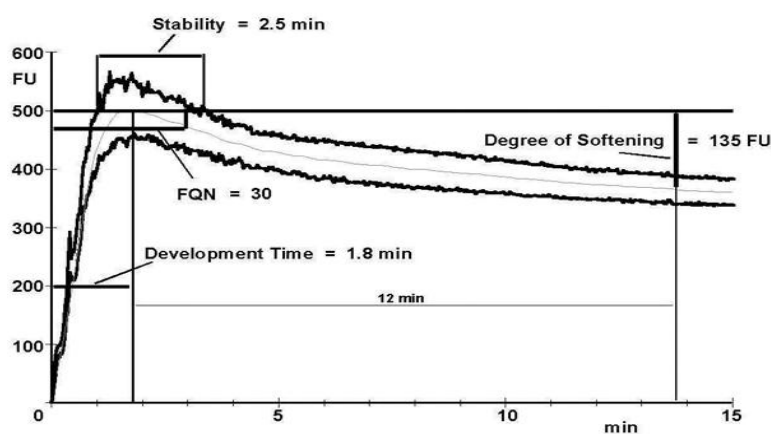
Tento přístroj byl vytvořen v roce 1930 v německé firmě Brabender. Farinograf patří k nejpoužívanějším přístrojům pro určení kvality mouky. Používá se v mlynářské a pekárenské praxi, ale využití také našel v praxích šlechtitelských a pěstitelských. Měří točivý moment během míchání malého množství těsta dvěma protiběžnými lopatkami ve tvaru Z. Přístroj zaznamenává odpor těsta (změnu konzistence) při hnětení za definovaných podmínek, kterými jsou velikost hnětačky, počet otáček lopatek a teplota (Příhoda *et al.*, 2003).

Jeho hlavní využití spočívá v určení vaznosti vody (množství vody potřebné k vytvoření těsta pevné konzistence), určení vlastnosti mouky během míchání, předpovídání pekařského výkonu, zhodnocení účinků dalších sypkých přísad v mouce a ke kontrole homogennosti mouky (Dendy a Dobraszczyk, 2001).

Mouka s kvalitnější bílkovinou má vyšší vaznost, delší dobu vývinu a větší stabilitu při hnětení. Doba vývinu se u středoevropské pšenice příliš neliší. Doba vývinu je však důležitá jako ukazatel pro pekárenskou technologii z hlediska spotřeby energie (Příhoda *et al.*, 2003).

Měření na farinografu se provádí dle ČSN ISO 5530-1. Množství mouky odpovídající 300 g mouky při vlhkosti 14 % se umístí do hnětačky vytemperované na 30 °C. Mouka se míchá při dané frekvenci otáček 1 min. V okamžiku, kdy pero přechází linku celé minuty, se začne přidávat voda z byrety do pravého předního rohu hnětačky. Přidá se tolik vody, kolik se předpokládá k dosažení maximální konzistence 500 FJ. Průběh hnětení se registruje v podobě farinografické křivky.

Obr. 2 Farinogram



Zdroj: <http://www.brabender.com/>

Mouky různé kvality mají rozdílný průběh křivky. Křivka se obvykle rozděluje na několik částí. Vzestupná část křivky odpovídá času, po který mouka rychle absorbuje vodu. Po dosažení maxima začíná křivka různou rychlostí klesat. U kvalitních pšenic je tento pokles velmi mírný. Čím slabší mouka, tím je pokles rychlejší. Pokles tak charakterizuje odolnost těsta vůči dalšímu namáhání. Měření konzistence je důležité pro zjištění chování těsta během zpracování. Pokud je přidáno velké množství vody, těsto má nízkou konzistenci a sklon k lepkavosti. Naopak u nízké vaznosti má těsto sklon být tuhé a má nízkou výtěžnost (Příhoda *et al.*, 2003).

Množství vody, potřebné k dosažení maximální konzistence, se označuje jako farinografická vaznost mouky. Vyjadřuje se v procentech, vztažených na hmotnost mouky a má přímý vztah k výtěžnosti těsta a výtěžnosti pečiva. Na vaznost mouky má vliv původní vlhkost mouky a stupeň vymletí. Pečivářenské pšenice mají vaznost v intervalu 50 – 55 %. Pšenice, určené pro výrobu kynutého pečiva, mají vaznost v intervalu 54 – 60 % (Příhoda *et al.*, 2003).

Ze záznamu farinografické křivky se odvozují následující znaky:

Doba vývinu: je doba od počátku přidávání vody, až do okamžiku kdy se objeví první pokles od maximální konzistence. Uvádí se v minutách s přesností na 0,5 minuty. Tento čas bývá rozdílný, u českých a středoevropských pšenic se pohybuje od 2 do 6 minut. U kvalitních tvrdých pšenic z Kanady, USA a Austrálie bývá přes 10, až někdy kolem 20 minut.

Stupeň změknutí: je rozdíl mezi hodnotou konzistence (střední hodnotou šíře křivky) v okamžiku maxima a za 12 minut od maxima. Uvádí se ve FJ s přesností na 5 FJ. Z tohoto údaje lze usuzovat na chování těsta při hnětení a zrání. U středně silných mouk se pokles konzistence pohybuje v rozmezí 60 až 100 FJ. Pekařsky silné mouky vykazují pokles jen mírný, do 50 FJ. Obecně platí, že čím vyšší je hodnota, tím slabší je mouka. S vyšším obsahem bílkovin se tedy snižuje stupeň změknutí těsta.

Stabilita těsta: je čas v minutách od doby, kdy horní linie křivky poprvé překročí konzistenci 500 FJ, do doby, kdy ji překročí naposledy. Stabilita je ukazatelem síly mouky. Čím vyšší hodnota, tím silnější těsto. Kvalitní pekařské mouky se vyznačují dobrou stabilitou, někdy až po celou dobu hnětení, středně jakostní mouky mají stabilitu kolem 5 minut.

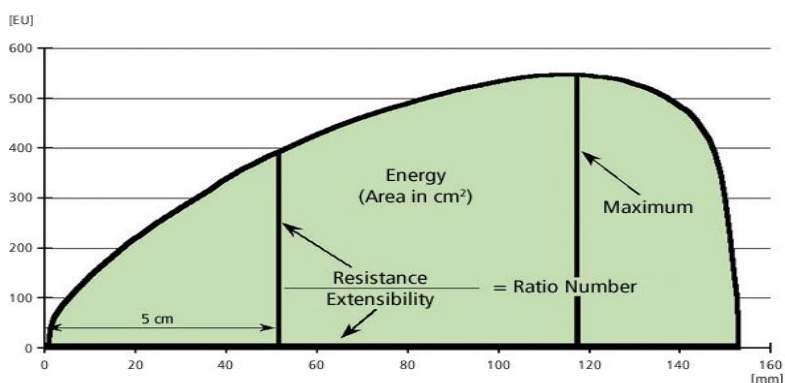
Číslo kvality: je délka na časové ose od okamžiku přidání vody do okamžiku, kdy konzistence poklesla o 30 FJ od maxima. Uvádí se v mm (Příhoda a Hrušková, 2007; Příhoda *et al.*, 2003; Wheat and flour testing methods, 2008)

3.5.3.2 Extenzograf

Extenzograf, vyráběný na principu statického namáhání těsta již více než 70 let firmou Brabender, umožňuje na základě měření průběhu délkové deformace těsta a jeho napětí posoudit pekařskou kvalitu zkušební mouky. Extenzograf se používá k měření odporu těsta a tažnosti těsta. Výsledky z extenzografu jsou užitečné při určování pevnosti lepku a vlastností mouky k přípravě pečiva. Nachází široké uplatnění ve mlýnech, pekárnách, při zkoušení zlepšovacích prostředků atd. (Příhoda a Hrušková, 2007).

Princip měření na extenzografu a interpretace výsledků je uvedena v ČSN ISO 5530-2. Těsto z mouky, vody a soli pro extenzografickou zkoušku je připravováno na hnětače farinografu vyhnětením do konzistence 500 FJ. Vyhnětené těsto se nejprve skuluje na skulovači, který je umístěn na extenzografu. Z kulatého klonku se vytvoří váleček potřebný pro měření na rozvalovacím zařízení. Vzniklý váleček se umístí do podložního žlábků, ve kterém zůstává až do měření. Na žlábek se seshora nasadí kryt, který na obou krajích má několik zubů, jež zasahují do těsta. Žlábek s těstem se ukládá do temperovaného prostoru extenzografu k odležení. Po uplynutí doby odležení se žlábek umístí na držáky. Rovnoměrným klesáním háku dochází k napínání volné části válečku těsta, až dojde k jeho přetržení. Odpor, který těsto háku klade při natahování, se zaznamenává registračním zařízením přístroje. Výsledný záznam se nazývá extenzografická křivka, která je znázorněna na Obr. 3 (Příhoda *et al.*, 2003).

Obr. 3 Extenzografická křivka



Zdroj: <http://www.brabender.com/>

Z grafického záznamu se určují tyto charakteristiky:

Maximální odpor: je výška křivky v nejvyšším bodě udávaná v uzančních extenzografických jednotkách EJ. Nízké maximum je typické pro velmi slabé mouky. Těsto připravené z takové mouky je roztékavé a lepivé. Vytvarovaný těstový kus špatně drží tvar. Vysoké maximum svědčí o pevném, málo tažném lepku. Kvalitní mouky vykazují maximum kolem 450 až 600 EJ.

Odpor při konstantní deformaci: je definován jako výška křivky při délce 50 mm a udává se v EJ. Představuje sílu, kterou těsto působí proti natahování.

Extenzografická tažnost: je délka křivky od počátku natahování do přetržení těsta, měřená na nulové základně. Udává se v mm. Čím vyšší tažnost, tím je výsledné těsto povolnější a tažnější. Znamená to, že těsta vydrží velké prodloužení. Tím lze předpokládat, že při dostatečném vývinu kypřících plynů bude plyn udržován v těstě. Tak může být dosaženo velkého objemu pečiva. Vysoká tažnost však nezaručuje vysoké klenutí výrobku a správné držení tvaru.

Extenzografická energie: je plocha pod celou křivkou až do přetržení vyjádřená v cm^2 . Energie je měřítkem zpracovatelnosti mouky. Ukazuje, zda těsto bude během zrání a kynutí měknout (povolovat) rychle, nebo zda bude elastické s dobrými zpracovatelskými

vlastnostmi. Čím nižší je energie, tím je těsto citlivější k podmínkám zpracování a výsledný objem výrobku je malý. Za pekařsky dobré jsou označovány mouky s energií nad 110 cm², za limitní se považuje hodnota 90 cm². Mouky průměrné jakosti se pohybují na této limitní hodnotě.

Poměrové číslo: je poměr odpor/tažnost, kde odpor je buď maximální odpor, nebo odpor při konstantním prodloužením. Tato hodnota určuje kvalitu těsta. Poměrové číslo je dobrý ukazatel rovnováhy mezi elastickými a viskózními složkami těsta (Příhoda a Hrušková, 2007; Příhoda *et al.*, 2003; Wheat and flour testing methods, 2008).

3.5.3.3 Pokusné pečení

Metoda pokusného pečení je nejvýznamnější ze souboru metod, používaných k hodnocení obilí určeného ke zpracování na mlýnské a následně na pekárenské výrobky.

Metody pokusného pečení lze členit v základním schématu:

- metody používané v mikro- a makro- měřítku pro hodnocení šlechtitelských materiálů,
- metody používané pro hodnocení odrůd pšenice (žita) pro zařazování do jakostních tříd,
- metody používané při nákupu obilí v prvovýrobě a ve mlýnech,
- metody používané k hodnocení komerčních druhů mouk pro dané cereální zpracování nebo jejich úpravy na standardní kvalitu vlivem aktivních látek.

Nejčastěji jsou standardizovány metody pokusného pečení pro hodnocení nových odrůd a posouzení vlivu režimu pěstování a ročníku sklizně na jejich jakostní znaky. Získané výsledky, spolu s dalšími znaky základními a doplňkovými spolehlivě vypovídají o uplatnění nových odrůd a novošlechtění pšenice (Příhoda a Hrušková, 2007).

Přestavuje hlavní a nejdůležitější kritérium kvality a má hlavní vliv pro zařazení odrůd pšenice do kvalitativních skupin pro pekárenské zpracování dle metodiky ÚKZÚZ v Brně. Používá se pro pekařsko-technické posouzení pšenice. Metodika je charakteristická

intenzivním hnětením, vysokou hybnou silou a krátkou dobou odležení těsta s následným strojním zpracováním těsta na chlebičky. Tyto předpoklady dovolují provedení pokusu během tří hodin. Součástí pekařského pokusu je také komplexní hodnocení pečiva. Pomocí bodové stupnice se pak hodnotí kromě objemové výtěžnosti další vlastnosti těsta a pečiva, jako např. pružnost těsta a pečiva, vzhled povrchu těsta, lepivost těsta, stejnoměrnost pórů, pružnost střídy a chuť pečiva (Prugar *et al.*, 2008; Zimolka *et al.*, 2005).

Pokusné pečení za definovaných podmínek poskytuje nejúplnější přehled o pekařské síle mouky a dává objektivní možnost posouzení vlivu recepturních složek na charakteristiky finálního výrobku. Pro pokusné pečení musí být obecně definována receptura, použité zařízení a podmínky vedení technologického procesu.

4 MATERIÁL A METODY

4.1 Analyzované odrůdy

V rámci pozorování byla testována skupina mouk odrůd pšenice seté a triticales. Uvedené odrůdy potravinářské pšenice byly mlynářsky zpracované za stejných technologických podmínek na hladkou mouku. Testovaný soubor devíti mouk zahrnoval následující odrůdy pšenice seté: RU 440-6, Šárka, Dart, Rada, Olivin, Florett, Rheia a dvě odrůdy triticales SW Talentro, Pawo. Přehled všech odrůd a jejich původu uvádí tabulka 1. Veškeré analýzy byly prováděny v laboratoři zkoušení jakosti obilovin na ČZU.

Tab. 1 Seznam testovaných odrůd a původu pšenice seté

Genotyp - Odrůda	Původ
RU 440-6	CZE
Šárka	CZE
SW Talentro	FRA
Pawo	POL
Dart	GBR
Rada	RUS
Olivin	DEU
Florett	FRA
Rheia	CZE

4.2 Charakteristika lokalit

Polní pokusy byly vedeny ve dvou lokalitách: Humpolec Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. a Kroměříž Zemědělského výzkumného ústavu Kroměříž, s.r.o.

Vzorky pšenice byly pěstovány za stejných agrotechnických podmínek. Přehled základních podmínek pokusných stanic uvádí tabulka č. 2.

Tab. 2 Přehled základních podmínek pokusných stanic

Stanice	Nadm. výška (m.n. m)	Zeměpisná šířka (sev.š.)	Zeměpisná délka (vých.d.)	Zemědělská výrobní oblast a podoblasti		Pedologická charakteristika		
				oblast	region	půdní typ	půdní druh	matečný substrát
Humpolec	525	49°32'88''	15°32'99'	B2	MT4	KM ^g	ph	pararula
Kroměříž	235	49°17'56''	17°23'26'	Ř		CM	h	

Stanice	pH půdy (KCl)	pH půdy	Obsah humusu (%)	Obsah (mg/kg půdy)				Meteor. hlediska	
				P	K	Ca	Mg	prům. teplota (°C)	prům. srážky (mm)
Humpolec	6,9	7,56	3,22	82,9	113	2255	115	6,6	667
Kroměříž								8,7	559

Vysvětlivky:

- Výrobní oblast: K - kukuřičná, Ř - řepařská, B - bramborářská, P - pícninářská
- Klimatický region: T - teplý, CH - chladný, M - mírně, V- velmi
- Půdní typ: CM - černozem, SM - šedozem, HM - hnědozem, KM - kambizem, m - modální, g - oglejená, sg - slabě oglejená d - dystrická
- Půdní druh: p - písčítá, h - hlinitá, j - jílovitá

Založení pokusných parcelek

Předplodinou byl na pokusné lokalitě hrách setý – polní, jako zlepšující předplodina. Příprava pokusného pozemku je provedena klasickým konvenčním způsobem (orba, předseťová příprava rotačními branami nebo kompakory). Vlastní založení a udržování polního experimentu během vegetace je za pomoci maloparcelové mechanizace (bezezbytkový secí stroj Oyord, postřikovač, maloparcelový kombajn Wintersteiger aj.).

Aplikace průmyslových hnojiv

Po sklizni předplodiny (hrách setý) a před založením obilného pokusu byly provedeny odběry půdy v rámci pokusné plochy z hloubky 30 cm a jsou stanoveny základní hladiny živin (N, P, K, Mg a Ca) metodou Mehlich 3. Na základě zjištěných hodnot živin jsou předseťově aplikovány k dosycení půdního komplexu fosforečná, draselná nebo

hořečnatovápená hnojiva. Dusíkatá hnojiva nejsou na podzim aplikována, pouze v jarním období k regeneraci porostů po zimě 30 kg N.ha⁻¹.

Aplikace pesticidů

Na základě míry zaplevelení a druhového spektra plevelů byly na podzim postemergentně aplikovány herbicidy (např. přípravky Maraton + Glean). Proti tlaku přenašečů viróz (křísové a mšice) byl aplikován insekticid (Decis Mega). Aplikace fungicidů ani růstových morforegulátorů se neprovádí s ohledem na zjišťování výšky rostlin a reakce jednotlivých odrůd na napadení.

4.3 Stanovení reologických vlastností na extenzografu

Přístroje a pomůcky:

extenzograf s termostatem (zajišťuje konstantní teplotu vodní lázně 30 °C)

farinograf s termostatem (zajišťuje konstantní teplotu vodní lázně hnětačky 30 °C)

byreta pro 300 g hnětačku, dělená od 135 ml do 225 ml

analytické váhy s přesností 0,01 g

měkká stěrka z plastu

kuželová baňka na 250 ml

Chemikálie:

destilovaná voda

chlorid sodný

Postup zkoušky:

Na farinografu se vytvoří těsto z mouky, vody a soli (NaCl) jako při stanovení vaznosti vody. Roztok soli se připraví rozpuštěním 6,0 g NaCl v 135 ml vody. Naváží se 3 kusy těsta po 150 g. Zkušební kus těsta se vytvaruje na zkulovači a vyvalovači extenzografu do standardního tvaru. Váleček těsta se upne do speciální vaničky a umístí se do vytemperované komory (30 °C). První měření se provádí po 45 minutách. Po uplynutí daného času se zkušební kus těsta natáhne hákem extenzografu až do přetržení těsta a zaznamená se průběh potřebné síly při natahování. Toto těsto se opět spojí a postup se opakuje jako před prvním

měřením. Měření a temperování se provádí ještě dvakrát po 90 a 135 minutách od konce hnětení.

Měřené ukazatele:

- odpor k natahování
 - maximální odpor - je výška křivky v maximu (průměr 3 opak.), přesnost na 5 EJ.
 - odpor při konstantní deformaci - je výška křivky po 50 mm natažení těsta (od počátku natahování těsta), přesnost na 5 EJ.
- tažnost - je vzdálenost na ose x v mm od začátku napínání po okamžik přetržení těsta, přesnost na 1 mm.
- extenzografická energie - je plocha vymezená osou x a křivkou v cm^2 , měří se planimetry.
- extenzografický poměr - je poměr hodnoty odporu (EJ.) a tažnosti (mm) (Novotný, 2006).

4.4 Zkoušení vlastností těsta pokusným pečením

Přístroje a pomůcky:

farinograf

laboratorní termostat

laboratorní kynárna se zapařováním

laboratorní pec se zapařováním

Chemikálie:

destilovaná voda

chlorid sodný

Suroviny:

pšeničná mouka

cukr, sůl, tuk, droždí, diasta

Příprava těsta:

Základní receptura: pšeničná mouka	300 g
droždí	12 g
sůl	5,1 g
cukr	4,5 g
tuk	3,0 g
diasta	1,5 g
voda destilovaná	dle vaznosti

Těsto na pekařský pokus zaděláme na farinografu. Navážené suroviny přemístíme do hnětačky a zapneme farinograf. Spustíme také zapisovací zařízení. Z byrety připouštíme destilovanou vodu vytemperovanou na 30 °C . Množství vody si určíme podle vaznosti mouky, kterou jsme zjistili stanovením farinografické křivky. Od zjištěného množství vody u vaznosti odečteme 6 procent.

Konzistence těsta na grafu se pohybuje v rozmezí 550 - 650 FJ. Těsto mícháme 5 minut od doby poklesu křivky. Těsto vyjmeme z hnětačky a dáme kynout na 45 minut do kynárny vyhřáté na 30 °C pod plexisklo. Po vykynutí těsto rozdělíme na 4 klonky po 80 g a vytvarujeme. Vytvarované klonky dáme na tukem vymazané plechy a necháme dokynout v kynárně pod plexisklem 50 minut. Po dokynutí plechy vložíme do pece vyhřáté na 240 °C . Po vložení do pece nalijeme do určeného otvoru 70 ml destilované vody určené k zapaření pece. Proces pečení trvá 14 minut od doby dosažení teploty. Po upečení necháme pečivo zchladnout volně 90 minut.

Hodnocení pečiva:

- výška pečiva - hodnotíme speciálním pravítkem tak, že pečivo postavíme na výšku a sevřeme ho mezi pevné a pohyblivé rameno pravítka. Na stupnici odečteme výšku v cm.
- průměr pečiva - měříme na pravítku a to tak, že pečivo položíme na šířku a uzavřeme mezi pevné a pohyblivé rameno pravítka. Na stupnici odečteme průměr pečiva v cm.
- objem pečiva - provádíme semeny prosa. Postavíme 2 hrnce do sebe a horní naplníme prosem. Zarovnáme pravítkem tak, aby hrana pravítka doléhala na proso. Přebytek

prosa, který se přesypal do druhého hrnce, vysypeme. Z horního hrnce si odsypeme asi 2/3 prosa, vložíme 3 bulky a znova opatrně zasypeme prosem. Hrncem opět pravítkem zarovnáme a přebytek prosa změříme v odměrném válci. Tím je stanovený objem pečiva v ml.

- měrný objem pečiva – objem 3 kusů pečiva (ml) / hmotnost 3 kusů pečiva*100 (Novotný, 2006).

Senzorické hodnocení pečiva:

Tab. 3 Senzorické hodnocení pečiva

znak	koeficient důležitosti	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>0</u>
tvar výrobku	1	dobře klenutý	středně klenutý	méně klenutý	kulatý	velmi nízký, nepravidelný
barva kůrky	1	normální, typicky pečivová, lesklá	tmavší lesklá	světlejší lesklá	tmavá matná	velmi světlá matná
parcelace	1,5	velmi dobrá	dobrá	méně výrazná	málo výrazná	neznatelná
vlastnosti střídky – pružnost	1,5	velmi dobrá, jemná	dobrá, jemná	dostatečná	nízká drolivá střídka	nepružná, lepivá
pórovitost střídky	1,5	rovnoměrná jemné stěny, střední póry	méně rovnoměrná, jemné stěny, střední póry	nerovnoměrná, hrubší stěny, menší dutiny	nerovnoměrná, hrubé stěny, dutiny	nerovnoměrná, hrubé stěny, husté póry, odfouklá kůrka
celkový chuťový vjem	2	velmi dobrý, typicky pečivový	dobrá	méně dobrý	mdlý	cizí příchut', cizí pach
techn. vlastnosti těsta	2	velmi pružné, nelepivé	pružné, nelepivé	méně pružné	málo pružné, poněkud lepivé	nepružné, lepivé

5 VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1 Sklizeň 2010

5.1.1 Extenzografické hodnocení - sklizeň 2010

V Tabulce č. 4 a 5 jsou uvedeny výsledky z extenzografického měření pro jednotlivé odrůdy, z lokality Humpolec a Kroměříž ze sklizně roku 2010.

Tab. 4 Výsledky extenzografického měření

EXTENZOGRAF – pšenice, sklizeň 2010							
Lokalita: HUMPOLEC							
pořadí	linie	doba odležení	max.odpor R_M (E.J.)	odpor při konst. deformaci R₅₀ (E.J.)	tažnost - d (mm)	poměr v/d	W – extenz. Energie (cm²)
29	RU 440-6	45	353,3	216,7	269,3	0,8	133,9
		90	348,3	238,3	259,3	0,9	132,4
		135	333,3	250,0	238,7	1,1	120,8
30	Šárka	45	512,5	325,0	198,0	1,6	140,2
		90	576,7	388,3	180,0	2,2	142,0
		135	611,7	403,3	171,0	2,4	142,0
31	SW Talentro	45	253,3	253,3	149,0	1,7	55,4
		90	291,7	280,0	154,3	1,8	66,9
		135	298,3	293,3	140,3	2,1	58,7
32	Pawo	45	248,3	245,0	161,0	1,5	59,9
		90	286,7	275,0	154,7	1,8	63,8
		135	316,7	305,0	152,7	2,0	69,4
33	Dart	45	361,7	243,3	222,0	1,1	114,2
		90	401,7	278,3	220,7	1,3	126,1
		135	408,3	278,3	215,7	1,3	123,7
34	Rada	45	585,0	350,0	213,0	1,7	171,0
		90	675,0	406,7	193,0	2,1	174,9
		135	715,0	436,7	182,3	2,4	174,3
35	Olivin	45	598,3	360,0	219,3	1,6	184,6
		90	621,7	375,0	202,0	1,9	172,5
		135	618,3	370,0	197,7	1,9	166,0
36	Florett	45	451,7	295,0	211,3	1,4	132,6
		90	488,3	308,3	205,0	1,5	136,8
		135	451,7	298,3	196,0	1,5	122,5
37	Rheia	45	556,7	378,3	171,0	2,2	130,7
		90	580,0	391,7	163,3	2,4	129,0
		135	575,0	377,5	135,5	2,2	135,4
		průměr:	463,7	319,3	191,7	1,7	125,2

Tab. 5 Výsledky extenzografického měření

EXTENZOGRAF – pšenice, sklizeň 2010							
Lokalita: KROMĚŘÍŽ							
pořadí	linie	doba odležení	max.odpor R_M (E.J.)	odpor při konst. deformaci R₅₀ (E.J.)	tažnost - d (mm)	poměr v/d	W – extenz. Energie (cm²)
29	RU 440-6	45	400,0	278,3	192,0	1,5	109,2
		90	445,0	316,7	180,7	1,8	111,6
		135	466,7	326,7	176,3	1,9	114,6
30	Šárka	45	621,7	478,3	139,0	3,5	120,5
		90	771,7	608,3	122,7	4,9	126,9
		135	900,0	743,3	117,3	6,4	140,6
31	SW Talentro	45	235,0	233,3	120,0	1,9	41,0
		90	280,0	280,0	115,7	2,4	45,5
		135	286,7	286,7	103,0	2,8	41,8
32	Pawo	45	226,7	225,0	117,3	1,9	38,6
		90	248,3	248,3	102,0	2,4	36,0
		135	263,3	263,3	96,3	2,7	36,3
33	Dart	45	793,3	663,3	102,7	6,5	104,8
		90	691,7	561,7	114,3	4,9	105,1
		135	520,0	396,7	138,7	2,9	99,9
34	Rada	45	650,0	406,7	176,3	2,3	153,1
		90	706,7	456,7	164,7	2,8	156,3
		135	716,7	478,3	149,3	3,2	141,1
35	Olivin	45	590,0	396,7	162,7	2,4	128,6
		90	656,7	448,3	152,7	2,9	133,5
		135	701,7	490,0	148,7	3,3	137,5
36	Florett	45	623,3	495,0	125,0	3,9	106,8
		90	735,0	616,7	113,3	5,4	112,0
		135	780,0	676,7	103,7	6,5	107,8
37	Rheia	45	368,3	288,3	146,7	1,9	74,1
		90	433,3	346,7	143,3	2,4	85,1
		135	506,7	406,7	135,0	3,0	92,4
		průměr:	541,4	422,8	135,5	3,3	100,0

Konstantní odpor představuje sílu, kterou těsto působí proti natahování. Jeho význam je obdobný **maximálnímu**, s tím, že rozdíly u vzorků různé jakosti nejsou tak výrazné jako bývají u odporu maximálního. Přičemž optimální hodnoty maximálního odporu by se měly pohybovat kolem 450 – 600 EJ. Obecně lze předpokládat, že čím vyšší je extenzografický odpor, tím silnější je lepek mouky, a tím pevnější a mechanicky odolnější těsto získáme. Těsta

s vysokým odporem jsou příliš tuhá a v extrémních případech neumožní nakypření výrobku tlakem plynů. U těchto těst je extenzografická křivka krátká a vysoká.

Humpolec: Měřené mouky disponovaly průměrnou hodnotou konstantního odporu 319 EJ a odporu maximálního 463,7 EJ. Mezi odrůdy s velmi nízkým odporem, tj. odrůdy dávající slabé mouky se zde prokázaly odrůdy RU 440-6, SW Talentro, Pawo a Dart, jejichž hodnoty se pohybovaly v rozmezí 250 – 305 EJ. Naopak největšími hodnotami disponovala odrůda Rada s konstantním odporem 436,7 EJ.

Kroměříž: Zde byla průměrná hodnota konstantního odporu 423 EJ a odporu maximálního 541 EJ. Nejnižší hodnoty měla odrůda Pawo (263,3) a největší hodnoty odrůda Šárka (743,3). Extrémně vysokou a krátkou extenzografickou křivku měly odrůdy Šárka, Dart a Florett.

Čím je vyšší **tažnost**, tím tažnější a povolnější těsta se získají. Těsto vydrží velké prodloužení, aniž by se přetrhlo, a lze u něj předpokládat, že bublinky plynu budou udržovány a tím bude dosaženo velkého objemu pečiva. Jako optimum pro pekařské účely je považována hodnota 160 – 170 mm.

Humpolec: V tomto rozmezí se zde pohybuje většina zkoumaných mouk. Kromě extrémní hodnoty 238,7 náležící odrůdě RU 440-6.

Kroměříž: Zde naprostá většina nedosahovala optima. Hodnoty tažnosti byly příliš krátké, s průměrnou hodnotou 135,5 mm. Nejvíce se optimu přibližovala odrůda Rada.

Optimální **poměrové číslo** je 2 – 2,5 u speciálních mouk vyšší i nižší. Toto číslo hodnotí vztah mezi pružností a tažností těsta.

Humpolec: Průměrná hodnota činí 1,7. Jako optimální se jeví odrůdy Šárka, Rada, Rheia.

Kroměříž: Průměrná hodnota činí 3,3. Většina odrůd překračuje hodnotu optimální. Ve většině případů s nízkým poměrem stoupá tažnost a je nízký odpor.

Plocha pod křivkou (energie) je považována za měřítko pekařské zpracovatelnosti těsta a slouží pro posouzení tzv. pekařské síly těsta. Čím je energie menší, tím je těsto méně odolné a méně stabilní při zpracování. Těsto může být choulostivější na přehnětení a předávkování vody. Nízkou hodnotu energie také může mít těsto z mouky s velice tuhým a krátkým lepem, který se brzy přetrhne. Takové těsto je rovněž obtížné pekařsky zpracovat a dává malý objem

pečiva. Extenzografická energie spolu s poměrovým číslem charakterizuje možnosti užití a zpracování v pekárně.

Humpolec: Velmi nízkou energií disponovaly pouze odrůdy triticales SW Talentro a Pawo (v průměru 64 cm²). Ostatní dosahovaly hodnot nad 110 cm².

Kroměříž: Průměrná hodnota činila 100 cm². Odrůdy SW Talentro a Pawo, mají opět nejnižší energii, v průměru dosahující hodnoty 39 cm².

Při zkoušce byl zjištěn významný vliv doby odležení na extenzografické chování těsta. Při delší době bylo zjištěno průkazné zvýšení všech extenzografických znaků.

5.1.2 Pokusné pečení – sklizeň 2010

Pekařský pokus nám určuje, jaké vlastnosti bude mít z hlediska technologického procesu hotový výrobek. Z tohoto pohledu je tedy metoda pekařského pečení nejvýznamnější ze souboru metod, používaných k hodnocení obilí určeného ke zpracování na mlýnské a následně na pekárenské výrobky. Výsledky pekařského pokusu je obtížné jednoduše kvantifikovat, pro popis se využívá více ukazatelů s různou objektivní mírou přesnosti stanovení.

Tab. 6 Výsledky pekařského pokusu

Pokusné pečení -pšenice, sklizeň 2010					
Lokalita: HUMPOLEC					
pořadí	linie	objem pečiva (ml)	výška pečiva (cm)	šířka pečiva (cm)	poměr výška/šířka
29	RU 440-6	880	5,9	9,3	0,63
30	Šárka	820	6,1	9,0	0,68
31	SW Talentro	470	4,9	8,2	0,59
32	Pawo	500	4,7	7,7	0,61
33	Dart	490	5,6	8,2	0,68
34	Rada	820	6,2	8,9	0,69
35	Olivin	800	6,0	8,5	0,71
36	Florett	740	5,9	8,6	0,69
37	Rheia	660	5,7	8,1	0,70

Tab. 7 Výsledky pekařského pokusu

Pokusné pečení – pšenice, sklizeň 2010					
Lokalita: KROMĚŘÍŽ					
pořadí	linie	objem pečiva (ml)	výška pečiva (cm)	šířka pečiva (cm)	poměr výška/šířka
29	RU 440-6	860	5,9	9,0	0,66
30	Šárka	820	6,2	8,6	0,72
31	SW Talentro	470	4,9	8,0	0,61
32	Pawo	580	4,7	8,5	0,55
33	Dart	800	5,8	8,6	0,67
34	Rada	800	6,4	8,4	0,76
35	Olivin	790	6,2	8,6	0,72
36	Florett	490	5,6	8,0	0,70
37	Rheia	780	5,9	8,8	0,67

Humpolec: Po upečení klonků a následném vychladnutí byl změřen objem pečiva. Nejmenší objem měla odrůda SW Talentro (470 ml), naopak největší objem měla odrůda RU 440-6 (880 ml). Průměrný objem všech upečených klonků byl 687 ml. Dále byla hodnocena výška upečeného klonku, nejmenší hodnotu měla odrůda Pawo (4,7 cm), naopak největší hodnotu měla odrůda Rada (6,2 cm). Průměrná výška všech klonků byla 5,7 cm. Dalším důležitým parametrem byla šířka klonku, zde měla nejnižší hodnotu odrůda Pawo (7,7 cm), naopak nejvyšší hodnotu měla odrůda RU 440-6 (9,3 cm). Průměrná hodnota šířky všech klonků byla 8,5 cm. Poměr se pohyboval v rozmezí 0,59 – 0,71.

Kroměříž: Hodnoty nejnižších a nejvyšších hodnot u objemu a výšky pečiva byly stejné jako u Humpolce. V šířce pečiva měly nejnižší hodnotu odrůdy SW Talentro a Florett (8,0 cm) a stejně jako z Humpolce byla odrůda RU 440-6 nejširší (9,0 cm). Průměrná hodnota šířky všech klonků byla také 8,5 cm. Zde byl tvar výrobků také poměrně nevyrovnaný. Pohyboval se v rozmezí 0,55 – 0,76.

Dále bylo u všech odrůd provedeno senzoričké hodnocení, jak uvádí tabulky č. 8 a 9.

Tab. 8 Výsledky pekařského pokusu – senzoričké hodnocení

HUMPOLEC odrůda/ukazatel	tech. vlastnosti těsta	tvár výrobku	barva kůrky	parcelace	vlastnosti střídky	pórovitost střídky	chut'ový vjem
RU 440-6	1	4	1	3	4	3	4
Šárka	4	1	0	3	4	3	3
SW Talentro	0	0	4	0	3	4	3
Pawo	0	0	4	0	2	4	3
Dart	1	1	0	1	3	4	4
Rada	2	1	4	4	4	3	3
Olivin	3	3	4	4	4	3	3
Florett	0	3	3	4	3	2	3
Rheia	3	4	4	4	3	3	3

Tab. 9 Výsledky pekařského pokusu – senzoričké hodnocení

KROMĚŘÍŽ odrůda/ukazatel	tech. vlastnosti těsta	tvár výrobku	barva kůrky	parcelace	vlastnosti střídky	pórovitost střídky	chut'ový vjem
RU 440-6	1	4	1	4	4	1	3
Šárka	3	4	0	3	3	3	4
SW Talentro	0	0	0	1	3	4	1
Pawo	0	2	0	0	2	4	1
Dart	1	4	0	0	3	4	2
Rada	1	4	0	2	3	2	2
Olivin	3	4	3	3	4	4	3
Florett	3	3	0	0	3	3	3
Rheia	3	3	1	1	3	2	2

5.1.3 Hodnocení sklizně 2010

Humpolec:

Silné mouky, tedy mouky pro výrobu kynutého pečiva by měly mít křivku extenzogramu současně vysokou i dlouhou, těsto by tedy mělo být tažné a elastické. Zde mezi odrůdy s optimální křivkou patří Šárka, Rada, Olivin a Rheia. Tyto odrůdy lze považovat za odrůdy dávající pekařsky dobré mouky. To potvrdil i následný pekařský pokus. Objem těchto odrůd se pohyboval kolem 800 ml, výška (v průměru 6 cm) a šířka klonků (v průměru 8,6 cm) byly také velmi vysoké. Těsto z těchto odrůd bylo pružné a nelepivé, tvar většinou středně klenutý až kulatý, s normální typicky pečivovou barvou kůrky.

Naproti tomu odrůdy Sw Talentro, Pawo a Dart měly extenzografickou křivku velmi nízkou s velkou tažností. Objem pečiva u těchto odrůd byl také ze všech nejnižší. Také těsto bylo velmi lepivé, mazlavé a tvar klonků byl velmi nízký a nepravidelný.

Odrůda RU 440-6 překvapila velmi vysokými hodnotami po upečení. Měla vysoký objem, tj. 880 ml, s výškou 5,9 a šířkou 9,3 cm.

Kroměříž:

Zde měly odrůdy Rada a Olivin extenzografickou křivku nejvíce přibližující se optimu. Tvar klonků byl velmi dobře klenutý. Rada měla poněkud lepivé těsto, oproti odrůdě Olivin, barvu kůrky měla velmi světlou. Tyto odrůdy měli i slušný objem, 790 a 800 ml.

Šárka, Dart a Florett měly křivku extrémně vysokou a krátkou, přesto, kromě odrůdy Florett, dávaly vysoký objem pečiva. Objemově největší a nejširší hodnoty opět dosahovala odrůda RU 440-6, s objemem 860 ml, šířkou 9 cm a výškou 5,9 cm. Tyto odrůdy také dávaly středně až dobře klenutý výrobek, s velmi světlou barvou kůrky.

Odrůdy SW Talentro a Pawo se opět prokázaly jako odrůdy nevhodné pro pekařské účely.

Z výsledků měření byly zaznamenány poměrně výrazné rozdíly mezi jednotlivými hodnocenými lokalitami, kdy pokusná lokalita z řepařské oblasti, dosahovala lepších výsledků než odrůdy z bramborářské oblasti. Odrůdy z lokality Kroměříž dosahovaly v průměru vyšších hodnot extenzografického odporu, než z Humpolce. Ale zároveň měly nižší hodnoty tažnosti a energie. Dosahovaly také průměrně vyššího objemu pečiva. Výška i šířka pečiva byla velmi podobná. Co se sensorického hodnocení týče, měly odrůdy z Humpolce více pozitivně hodnocených ukazatelů. Pečivo těchto odrůd často dosahovalo lepší barvy kůrky, dobré parcelace, jemné střídky se středními póry a pozitivněji byla hodnocena i chuť.

5.2 Sklizeň 2011

5.2.1 Extenzografické hodnocení – sklizeň 2011

Tab. 10 Výsledky extenzografického měření

EXTENZOGRAF – pšenice, sklizeň 2011							
Lokalita: HUMPOLEC							
pořadí	linie	doba odležení	max.odpor R_M (E.J.)	odpor při konst. deformaci R₅₀ (E.J.)	tažnost - d (mm)	poměr v/d	W – extenz. Energie (cm²)
29	RU 440-6	45	417,5	240,0	260,5	1,9	149,8
		90	400,0	245,0	247,5	1,0	139,4
		135	370,0	255,0	225,0	1,1	119,7
30	Šárka	45	492,5	345,0	162,0	2,1	110,2
		90	592,5	410,0	159,0	2,6	127,6
		135	610,0	415,0	164,0	2,5	133,4
31	SW Talentro	45	195,0	190,0	162,5	1,2	42,9
		90	230,0	227,5	154,5	1,5	49,3
		135	245,0	245,0	160,0	1,5	52,9
32	Pawo	45	232,5	225,0	189,0	1,2	65,3
		90	307,5	295,0	153,5	1,9	68,4
		135	322,5	315,0	158,5	2,0	69,0
33	Dart	45	487,5	335,0	176,5	1,9	116,1
		90	540,0	360,0	169,5	2,1	123,3
		135	530,0	370,0	161,5	2,3	116,6
34	Rada	45	372,5	275,0	203,5	1,4	103,6
		90	390,0	300,0	185,5	1,6	101,3
		135	500,0	325,0	192,0	1,7	133,7
35	Olivin	45	510,0	315,0	198,5	1,6	137,7
		90	565,0	350,0	189,5	1,9	145,0
		135	500,0	320,0	192,0	1,7	131,9
36	Florett	45	435,0	335,0	153,0	2,2	92,6
		90	570,0	405,0	141,5	2,9	108,6
		135	492,5	357,5	178,0	2,0	119,7
37	Rheia	45	425,0	290,0	178,5	1,6	104,3
		90	392,5	270,0	182,5	1,5	97,6
		135	405,0	292,5	186,5	1,6	103,9
		průměr:	427,0	307,7	180,9	1,8	106,1

Tab. 11 Výsledky extenzografického měření

EXTENZOGRAF – pšenice, sklizeň 2011							
Lokalita: KROMĚŘÍŽ							
pořadí	linie	doba odležení	max.odpor R_M (E.J.)	odpor při konst. deformaci R₅₀ (E.J.)	tažnost - d (mm)	poměr v/d	W – extenz. Energie (cm²)
29	RU 440-6	45	372,5	255,0	213,5	1,2	113,9
		90	382,5	255,0	221,5	1,2	117,4
		135	357,5	270,0	190,0	1,4	100,2
30	Šárka	45	570,0	420,0	153,5	2,7	121,9
		90	635,0	480,0	147,5	3,3	126,8
		135	645,0	542,5	138,0	4,0	124,6
31	SW Talentro	45	217,5	217,5	147,5	1,5	48,3
		90	240,0	237,5	149,5	1,6	52,3
		135	237,5	235,0	156,5	1,5	52,8
32	Pawo	45	232,5	232,5	135,5	1,7	47,3
		90	285,0	275,0	120,5	2,3	49,4
		135	280,0	280,0	125,5	2,2	50,0
33	Dart	45	455,0	355,0	162,0	2,2	106,2
		90	510,0	410,0	167,0	2,5	123,5
		135	490,0	387,5	167,0	2,3	121,1
34	Rada	45	565,0	405,0	197,0	2,1	158,6
		90	570,0	375,0	180,0	2,1	140,9
		135	540,0	395,0	183,5	2,1	142,9
35	Olivin	45	462,5	307,5	202,0	1,5	131,1
		90	415,0	320,0	188,0	1,7	114,5
		135	410,0	305,0	188,0	1,3	109,0
36	Florett	45	452,5	370,0	147,5	2,5	94,7
		90	515,0	440,0	134,0	3,3	98,1
		135	542,5	422,5	145,0	2,9	109,5
37	Rheia	45	405,0	337,5	166,5	2,0	99,9
		90	415,0	355,0	149,0	2,4	91,3
		135	440,0	355,0	155,5	2,4	98,1
		průměr:	431,2	342,2	164,1	2,1	101,6

Odpor

Humpolec: Průměrná hodnota konstantního odporu činila 307,7 EJ a odporu maximálního 427 EJ. Nejnižší hodnoty měly stejně jako ze sklizně 2010 odrůdy RU 440-6, SW Talentro a Pawo. Zatímco nejvyšších hodnot dosahovala odrůda Šárka s konstantním odporem 415 EJ.

Kroměříž: Průměrná hodnota konstantního odporu činila 342,2 EJ a odporu maximálního 431,2 EJ. Odrůdy RU 440-6, SW Talentro a Pawo měly hodnoty nejnižší. Extrémně vysokou a krátkou extenzografickou křivku měla odrůda Šárka.

Tažnost

Humpolec: Ve čtyřech případech, RU 440-6, Rada, Olivin a Rheia, bylo zaznamenáno překročení hodnoty optimální, tj. 160 – 170 mm. Nejvyšší tažnosti bylo dosaženo u odrůdy RU 440-6 (225 mm).

Kroměříž: Zde byly oproti Humpolci hodnoty výrazně nižší. Optimální hodnoty dosáhla pouze odrůda Dart (167 mm). Nejnižší tažnost měla odrůda Pawo (125,5).

Poměrové číslo

Humpolec: Průměrná hodnota činí 1,8. Optimálních hodnot dosahují pouze odrůdy Šárka, Dart, Florett, v průměru 2,3. Ostatní odrůdy dosahují hodnot nízkých.

Kroměříž: Průměrná hodnota činí 2,1. Optimálních hodnot dosahují Dart, Rada, Rheia.

Plocha pod křivkou

Humpolec: Průměrná hodnota činí 106,1 cm². Extrémně nízkých hodnot opět dosahovaly odrůdy SW Talentro a Pawo (v průměru 57,5 cm²).

Kroměříž: Průměrná hodnota činí 101,6 cm². Extrémně nízkou energii měly odrůdy SW Talentro a Pawo.

5.2.2 Pokusné pečení – sklizeň 2011

Tab. 12 Výsledky pekařského pokusu

Pokusné pečení – pšenice, sklizeň 2011							
Lokalita: HUMPOLEC							
pořadí	linie	objem pečiva (ml)	výška pečiva (cm)	šířka pečiva (cm)	poměr výška/šířka	váha pečiva (g)	měrný objem pečiva (cm ³ /100g)
29	RU 440-6	760	5,6	8,6	0,65	204,4	371,8
30	Šárka	730	6,0	8,5	0,71	206,8	352,9
31	SW Talentro	560	3,9	8,6	0,45	208,1	269,1
32	Pawo	560	4,6	8,5	0,54	210,4	266,2
33	Dart	660	5,1	8,5	0,60	206,6	319,5
34	Rada	800	5,9	8,8	0,67	204,0	392,2
35	Olivin	740	4,9	9,1	0,54	203,8	363,1
36	Florett	660	5,3	8,3	0,64	209,0	315,8
37	Rheia	700	5,5	8,6	0,64	208,1	336,4

Tab. 13 Výsledky pekařského pokusu

Pokusné pečení – pšenice, sklizeň 2011							
Lokalita: KROMĚŘÍŽ							
pořadí	linie	objem pečiva (ml)	výška pečiva (cm)	šířka pečiva (cm)	poměr výška/šířka	váha pečiva (g)	měrný objem pečiva (cm ³ /100g)
29	RU 440-6	760	5,4	9,2	0,58	205,1	370,6
30	Šárka	740	5,8	8,4	0,69	202,6	365,3
31	SW Talentro	580	4,5	8,5	0,53	208,2	278,6
32	Pawo	600	4,7	8,3	0,57	208,0	288,5
33	Dart	700	5,5	8,6	0,64	206,3	339,3
34	Rada	780	5,7	8,7	0,66	204,7	381,1
35	Olivin	740	5,8	8,3	0,69	205,7	359,7
36	Florett	640	5,7	8,1	0,70	207,7	308,1
37	Rheia	700	5,5	6,3	0,87	207,1	338,0

Ze sklizně roku 2011, jsem navíc hodnotila i váhu tří klonků pečiva a měrný objem pečiva. Výrazný vliv genotypu je uváděn i u měrného objemu pečiva, a opět to potvrdily i výsledky.

Humpolec: Nejmenší objem měly odrůdy SW Talentro a Pawo (570 ml), naopak největší objem měla odrůda Rada (800 ml). Průměrný objem všech upečených klonků byl 686 ml. Hodnocená výška klonků dosahovala nejméně u odrůdy SW Talentro (3,9 cm) a nejvyšší

hodnoty dosahovala Šárka (6,0 cm). Průměrná výška všech klonků byla 5,2 cm. Šířka všech klonků byla velice podobná. Nejméně široké klonky dávala odrůda Florett (8,3 cm), naopak nejvyšší hodnotu šířky měla odrůda Olivin (9,1). Průměrná hodnota šířky klonků činila 8,6 cm. Tvar pečiva byl velmi nevyrovnaný. Pohyboval se v rozmezí 0,45 – 0,71. Váha tří klonků ve všech případech závisela na výsledném objemu a výšce. Čím menší výška o menším objemu, tím těžší byla váha. Měrný objem byl závislý na objemu pečiva. Největší měrný objem měla odrůda Rada s hodnotou 392,2 cm³/100g.

Kroměříž: Hodnoty nejnižších a nejvyšších hodnot u objemu a výšky pečiva byly stejné jako u Humpolce. V šířce pečiva měla nejnižší hodnotu odrůda Rheia (6,3 cm) a stejně jako u Humpolce byla odrůda RU 440-6 nejširší (9,2 cm). Poměr pečiva se pohyboval v rozmezí 0,53 – 0,87. Největší měrný objem měla také odrůda Rada s hodnotou 381,1 cm³/100g výrobku.

Tab. 14 Výsledky pekařského pokusu – sensorické hodnocení

HUMPOLEC odrůda/ukazatel	tech. vlastnosti těsta	tvar výrobku	barva kůrky	parcelace	vlastnosti střídky	pórovitost střídky	chuťový vjem
RU 440-6	1	4	4	3	3	3	4
Šárka	3	4	0	3	4	4	3
SW Talentro	0	0	4	0	0	1	1
Pawo	1	2	1	0	2	3	1
Dart	3	2	0	1	3	4	3
Rada	3	4	3	4	4	3	3
Olivin	2	2	2	1	4	4	2
Florett	3	3	2	2	4	4	2
Rheia	3	3	3	4	4	4	3

Tab. 15 Výsledky pekařského pokusu – sensorické hodnocení

KROMĚŘÍŽ odrůda/ukazatel	tech. vlastnosti těsta	tvar výrobku	barva kůrky	parcelace	vlastnosti střídky	pórovitost střídky	chuťový vjem
RU 440-6	3	3	4	3	4	4	3
Šárka	4	4	0	2	4	4	3
SW Talentro	0	2	3	0	3	3	2
Pawo	0	2	3	0	3	3	2
Dart	4	3	0	0	3	4	3
Rada	3	4	3	3	4	2	4
Olivin	4	3	2	2	4	3	3
Florett	3	3	0	1	3	2	3
Rheia	3	3	4	3	4	4	3

5.2.3 Hodnocení sklizně 2011

Humpolec:

Mezi odrůdy s optimální extenzografickou křivkou a hodnotami, které se u všech ukazatelů rovnají nejvíce optimu, se dají přiřadit odrůdy Šárka, Dart a Florett. Celkem dobré hodnoty měla i odrůda Olivin a Rada. Následný pekařský pokus těchto odrůd však tyto ukazatele zcela nepotvrdil. Velmi vysokého objemu, objemové vydatnosti a výšky pečiva, dosáhly odrůdy RU 440-6, Šárka a Rada. Velký objem měla i odrůda Olivin, ale v průměru byla více široká, než vysoká. U sensorického hodnocení dopadly nejlépe odrůdy RU 440-6, Šárka, Rada a Rheia. Kromě RU 440-6 měly všechny velmi pružné a nelepivé těsto, tvar výrobku byl dobře klenutý s normální typicky pečivovou barvou. Měly všechny jemnou střídu s rovnoměrně umístěnými póry a i celková chuť byla typicky pečivová.

Naproti tomu odrůdy SW Talentro a Pawo měly extenzografickou křivku velmi nízkou s malou energií. Dávaly tedy velmi nízké pečivo s malým objemem (560 ml) a malou objemovou vydatností. Těsto měly velmi lepkavé, pečivo mělo nepružnou střídu a celkový chuťový vjem se dal označit za mdlý.

Kroměříž:

Zde měly odrůdy Dart a Rada extenzografickou křivku nejvíce přibližující se optimu. Šárka a Florett měly křivku příliš vysokou a krátkou. Pečivo z odrůd RU 440-6, Šárka a Rada dosahovaly nejvyšších hodnot ve všech ukazatelích. Průměrná hodnota objemové vydatnosti těchto odrůd činila 372,3 cm³/100 g pečiva. Tyto odrůdy měly klenutý tvar s dobrou parcelací. Pečivo mělo velmi jemnou střídkou s rovnoměrně rozmístěnými a středními póry.

Nejhorší bodové ohodnocení získaly odrůdy SW Talentro a Pawo, které se vyznačovaly těstem výrazně lepkavým, nepružným, se kterým se špatně pracovalo, a opět dosahovaly ve všech ukazatelích nejnižších hodnot.

Odrůdy z lokality Kroměříž dosahovaly v průměru vyšších hodnot extenzografického odporu a poměru, než odrůdy z Humpolce, stejně jako tomu bylo i ze sklizně 2010. Ale zároveň měly nižší hodnoty tažnosti a energie. Opět dosahovaly vyššího objemu, výšky pečiva a objemové vydatnosti. Odrůdy z lokality Kroměříž, také dosahovaly vyššího sensorického bodování. Těsta odrůd z této lokality byla více pružná a nelepivá, pečivo mělo

v průměru lepší tvar s typicky pečivovou barvou, jemnou střídkou a pozitivněji byla hodnocena i chuť.

5.3 Celkové shrnutí sklizně 2010 a 2011

Odrůdy ze sklizně 2010 v porovnání se sklizní 2011 vykazují v průměru vyšší hodnoty ve všech měřených parametrech, jak ukazuje tabulka č. 16.

Tab. 16 Průměrné hodnoty všech měřených parametrů

parametr	sklizeň 2010		sklizeň 2011	
	Humpolec	Kroměříž	Humpolec	Kroměříž
max. odpor (E.J.)	463,7	541,4	427,0	431,2
odpor při konst. deformaci (E.J.)	319,3	422,8	307,7	342,2
tažnost (mm)	191,7	135,5	180,9	164,1
poměr	1,7	3,3	1,8	2,1
extenz. energie (cm ²)	125,2	100,0	106,1	101,6
objem pečiva (ml)	687	710	686	693
výška pečiva (cm)	5,7	5,7	5,2	5,4
šířka pečiva (cm)	8,5	8,5	8,6	8,3
poměr výška/šířka	0,66	0,67	0,60	0,66
váha pečiva (g)			206,8	206,2
objemová vydatnost (cm ³ /100g)			331,9	336,6

6 ZÁVĚR

V této práci byly analyzovány tyto odrůdy: RU 440-6, Šárka, Dart, Rada, Olivin, Florett, Rheia a dvě odrůdy triticales SW Talentro a Pawo. Všechny tyto odrůdy byly podrobeny analýze na extenzografu. Bylo provedeno pokusné pečení s následným senzorickým hodnocením.

Podle výsledků měření u odrůd Šárka a Rada byly většinou zaznamenány příznivější hodnoty ukazatelů předurčující dobrou pekařskou kvalitu, bez ohledu na danou lokalitu, či ročník sklizně. Tyto odrůdy se vyznačovaly vyššími hodnotami extenzografického maxima a současně vykazovaly vyšší hodnoty objemu pečiva. Odrůda RU 440-6 se vyznačovala těstem výrazně lepivým, nepružným, se kterým se špatně pracovalo. Tato odrůda také vykazovala celkově nižší hodnoty extenzografického odporu a poměru, s extrémní tažností, přesto dosahovala vždy nejvyššího objemu pečiva.

U odrůd triticales SW Talentro a Pawo byla extenzografická křivka vždy nízká a krátká, což odpovídalo u pekařského pokusu pečivu s malým objemem a těstem nepružným a velmi lepivým. Tyto odrůdy nejsou vhodné pro pekárenské zpracování.

Z naměřených výsledků této práce dále vyplynulo, že lokalita Humpolec dává vyrovnanější hodnoty extenzografického měření, avšak lokalita Kroměříž, i přes některé výchyly, byla shledána jako lokalita dávající vyšší hodnoty jak extenzografických ukazatelů, tak objemu pečiva.

Ze srovnání sklizní dvou ročníků se dá usoudit, že sklizeň 2010 vykazovala vyšší hodnoty všech měřených ukazatelů.

Výsledky potvrdily, že výsledná kvalita může být do značné míry ovlivněna působením vnějších i vnitřních faktorů. Je tedy důležitá volba správné odrůdy a dodržování odrůdové agrotechniky, vycházející ze znalostí odrůdy.

7 SEZNAM LITERATURY

- Amemiya, J. I., Menjivar, J. A. 1992. Comparison of small and large deformation measurements to characterize the rheology of wheat flour doughs. In: *Journal of Food Engineering*. Volume 16. Issue 1 – 2. Elsevier Ltd. p. 91 – 108.
- Benda, V., Babůrek, I., Kotrba, P. 2006. *Základy biologie*. VŠCHT. Praha. 167 s. ISBN: 80-7080-587-0.
- Bláha, L., Kadlec, P., Hnilička, F. 2008. Vliv sucha a vysoké teploty na chemické složení obilí ozimé pšenice. *Úroda*. 56 (9). 16 – 18.
- Campbell, G. M., Shah, P. 1999. Entrainment and disentrainment of air during bread dough mixing, and their effect on scale-up of dough mixers. In: Campbell, G. M., Webb, C., Pandiella, S. S., Niranjan, K. (Eds.). *Bubbles in Food*. Eagan Press. St. Paul, Minnesota, USA. p. 11 – 20. ISBN: 978-1891127083
- Cauvain, S. P., Young, L. S. 2001. *Baking Problems Solved*. Woodhead Publishing. Cambridge. p. 280. ISBN: 978-1-85573-564-4.
- Čepička, J. 1995. *Obecná potravinářská technologie*. VŠCHT. Praha. 246 s. ISBN: 80-7080-239-1.
- Dendy, A. V., Dobraszczyk, B. J. 2001. *Cereals and cereal products: chemistry and technology*. Aspen Publishers. Gaithersburg. p. 429. ISBN: 0-8342-1767-8.
- Dobraszczyk, B. J., Morgenstern, M. P. 2003. Rheology and the breadmaking proces. In: *Journal of Cereal Science*. Volume 38. Issue 3. Elsevier Ltd. p. 229 - 245.
- Dobraszczyk, B. J., Roberts, C. A. 1994. Strain hardening and dough gas cell-wall failure in biaxial extension. In: *Journal of Cereal Science*. Volume 20. Elsevier Ltd. p. 265 - 274.
- Dobraszczyk, B. J., Smewing, J., Albertini, M., Maesmans, G., Schofield, J. D. 2003. Extensional rheology and stability of gas cell walls in bread doughs at elevated temperatures in relation to breadmaking performance. *Cereal Chemistry* 80. p. 218 – 224.
- Dudáš, F. 1981. *Skladování a zpracování rostlinných výrobků*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 383 s. ISBN: 07-083-81.
- Horáková, V., Dvořáčková, O., Mezlík, T. 2011. *Seznam doporučených odrůd 2011 a Přehled odrůd 2011*. Brno. ÚKZÚZ. 237 s. ISBN: 978-80-7401-043-9.
- Hrušková, M., Bednářová, M., Šmejda, P. 2004. Předpověď reologických parametrů pšeničného těsta analýzou NIR spekter pšeničné mouky. *Chemické listy* 98, s. 423 – 431.

- Chrpová, J. Volba vhodné odrůdy: úspěch pěstování. [online]. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. v.. Praha – Ruzyně. 2010 [cit. 2012-03-13]. Dostupné z <http://www.agrovetb.cz/Volba-vhodne-odrudy:-uspech-pestovani_s1305x47005.html>.
- Jirsa, O., Babušník, J., Klem, K., Polišenská, I. 2008. Vývoj metody pro screeningová stanovení mykotoxinů v obilninách. *Obilnářské listy*. 16 (2). 35 – 38.
- Kadlec, P. a kolektiv 2002. *Technologie potravin I*. VŠCHT. Praha. 300 s. ISBN: 80-7080-509-9.
- Kent, N. L., Evers, A. D. 1994. *Chemical Components. Technology of Cereals (4th Edition)*, Woodhead Publishing. New York. p. 334. ISBN: 978-1-85-573-361-9.
- Křen, J. a kol. 1998. *Pěstování ozimých obilnin*. Kroměříž. Zemědělský výzkumný ústav. 143 s. ISBN: 80-902545-2-7.
- Kučerová, J. 2004. *Technologie cereálií*. MZLU. Brno. 141 s. ISBN: 80-7157-811-8.
- Malkin, A. Y., Isayev, A. I. 2006. *Rheology. Concepts, Methods, & Applications*. ChemTec Publishing. Toronto. p. 449. ISBN: 978-1-895198-33-1.
- Narvhus, J. A., Sørhaug, T. 2006. *Bakery and Cereal Products*. In: Hui, Y. H. *Food Biochemistry and Food Processing*. Blackwell Publishing. p. 615 - 639. ISBN: 978-0-8138-0378-4.
- Novotný, F. 2006. *Metodiky chemických rozborů pro hodnocení kvality odrůd*. Jednotné pracovní postupy. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, odbor odrůdového zkušebnictví. Brno. 200 s. ISBN: 80-86548-81-3.
- Pedersen, L., Jorgensen, J. R. 2007. Variation in rheological properties of gluten from there biscuit wheat cultivars in relation to nitrogen fertilisation. *Journal of Cereal Science*. 46 (2). 132 – 138.
- Petr, J. 2001. *Pěstování pšenice podle užitkových směrů*. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 40 s. ISBN: 80-7271090-7.
- Palík, S. a kol. 2009. *Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice*. Kroměříž. Agrotest fyto. 68 s. ISBN: 978-80-86888-07-1.
- Pelikán, M. 1996. *Zpracování obilovin a olejnin*. MZLU. Brno. 148 s. ISBN: 80-7157-195-4.
- Pelikán, M. 2001. *Zpracování obilovin a olejnin*. MZLU. Brno. 152 s. ISBN: 80-7157-525-9.
- Pelikán, M., Sáková, L. 2001. *Jakost a zpracování rostlinných produktů*. Jihočeská univerzita. České Budějovice. 233 s. ISBN: 80-7040-502-3.
- Prugar, J., Hraška, Š. 1986. *Kvalita pšenice*. Příroda. Bratislava. 220 s.

- Prugar, J a kol. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha. 327 s. ISBN: 978-80-86576-28-2.
- Příhoda, J., Humpolíková, P., Novotná, D. 2003. Základy pekárenské technologie. Pekař a cukrář s.r.o. Praha. 363 s. ISBN: 80-902922-1-6.
- Příhoda, J., Hrušková, M. 2007. Hodnocení kvality. Aplikace doporučených přístrojů, metod a interpretace výsledků pro praxi. Svaz průmyslových mlýnů ČR. Praha. 187 s. ISBN: 978-80-239-9475-9.
- Příhoda, J., Skřivan, P., Hrušková, M. 2004. Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. 1.vyd. VŠCHT. Praha. 203 s. ISBN: 80-7080-530-7.
- Skoupil, J., Müllerová, M., Štrobach, J. 1981. Zpracování mouky: Technologie pro 3. ročník SPŠ potravinářské technologie. SNTL. Praha. 286 s.
- Slavoj, P., Burešová, I., Edler, S., Sedláčková, I., Tichý, F., Váňová, M. Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice. [online]. Agrotest fyto, s.r.o. Kroměříž 2009 [cit. 2012-03-13]. Dostupné z <<http://www.vukrom.cz/vyzkum/ukoncene-2009/qg50041/metodika>>.
- Sluková, M. Kvalitativní ukazatele pšenice a pšeničných mouk. [online]. Cereální chemie a technologie. 2003 [cit. 2012-02-08]. Dostupné z <http://www.vscht.cz/main/soucasti/fakulty/fpbt/grant_TRP/dokumenty/06.pdf>.
- Vaculová, K., Horáčková, S. 2007. Neškrobové polysacharidy v zrně pšenice obecné. Obilnářské listy. (2). 25 – 31.
- Wang, C. F., Kokini, J. L. 1995. Prediction of the nonlinear viscoelastic properties of gluten doughs. In: Singh, R. P. Journal of Food Engineering. Volume 25. Issue 3. Elsevier Ltd. p. 297 – 309.
- Wheat and flour testing methods: A guide to understanding wheat and flour quality: Version 2 [online]. Kansas State University. 2008 [cit. 2012-02-21]. Dostupné z <<http://sdwheat2.org/files/wheatflour.pdf>>.
- Yada, R.Y. 2004. Proteins in Food Processing. Cereal proteins. Woodhead Publishing. p. 176 – 196. ISBN: 978-1-85573-723-5.
- Zimolka, J. a kol. 2005. Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press. Praha. 180 s. ISBN: 80-86726-09-06.
- Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 333/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a

doplnění některých souvisejících zákonů pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta.

ČSN ISO 5530-1. Pšeničná mouka – Fyzikální charakteristiky těst, část 1: stanovení vaznosti a reologických vlastností na farinografu. 1995. Český normalizační institut. Praha.

ČSN ISO 5530-2. Pšeničná mouka – Fyzikální charakteristiky těst, část 1: stanovení vaznosti a reologických vlastností na extenzografu. 1995. Český normalizační institut. Praha.

<http://etext.czu.cz/> (7.2.2012)

<http://www.brabender.com/> (21.2.2012)