

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality zemědělských produktů



**Využití metody retenční kapacity mouky pro hodnocení
jakosti potravinářské pšenice**

Diplomová práce

Autor práce: Anna Pavelková

Obor studia: Kvalita a zpracování zemědělských produktů

Vedoucí práce: Ing. Oldřich Faměra, CSc.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Využití metody retenční kapacity mouky pro hodnocení jakosti potravinářské pšenice" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12.4.2018

Podpis _____

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Oldřichu Faměrovi, CSc. za jeho odborné rady, doporučení a podporu v průběhu psaní této práce. Dále bych chtěla poděkovat paní Boženě Riljákové za pomoc s laboratorním pokusem, za její ochotu a vstřícnost. V neposlední řadě bych ráda poděkovala Ing. Davidovi Brožovi za pomoc při statistickém zpracování výsledků.

Využití metody retenční kapacity mouky pro hodnocení jakosti potravinářské pšenice

Souhrn

Metoda stanovení retenční kapacity mouky (SRC) je metoda relativně finančně a časově nenáročná, ale přesto je velmi přesná a poskytuje komplexní zhodnocení jakostního profilu mouky. SRC měří vaznost mouky ve čtyřech různých roztocích (destilovaná voda, 50% roztok sacharózy, 5% roztok uhličitanu sodného, 5% roztok kyseliny mléčné). Podle míry sedimentace mouky v jednotlivých roztocích lze určit vlastnosti lepkového komplexu, míru poškození škrobu a množství přítomných pentosanů.

V praktické části byla stanovována jakost pšenice ozimé pomocí metody SRC v mouce a ve šrotu pomocí stanovení: objemové hmotnosti, obsahu dusíkatých látek, mokrého lepku, Gluten indexu, sedimentačního indexu a čísla poklesu. Stanoveny byly hodnoty u devíti různých odrůd ve dvou pokusných stanicích ÚKZÚZ: Lednice (LED) a Čáslav (CAS). Byly zastoupeny všechny jakostní kategorie: Annie a Bernstein (E); Dagmar, Fakir, Pankratz (A); Gordian a Hyfi (B); Bonanza a Frisky (C). Test SRC byl proveden na základě metodiky AACC 56–11 a zbylé metody hodnocení jakosti dle příslušných norem ČSN. Na závěr byla testována možnost využití metody SRC i pro šrot.

Jednoznačně nejvyšší hodnoty ve třech roztocích vyšly pro odrůdu Fakir, z jakostní kategorie A. Pro elitní odrůdy Bernstein a Annie vyšly vysoké hodnoty ve všech roztocích, zvláště hodnoty LASRC. U zbylých odrůd z jakostní kategorie A vyšly výsledky zpravidla středních až nadprůměrných hodnot. Velmi nízká však byla hodnota LASRC u odrůdy Pankratz. Pro odrůdy z jakostní kategorie B – chlebová byly dosaženy spíše nízké hodnoty. V kategorii C byly hodnoty velmi nízké. Na základě naměřených hodnot v diplomové práci lze konstatovat, že hypotéza: Rozdílné látkové složení obilek u různých odrůd ozimé pšenice se projeví odlišnými výsledky při měření retenční kapacity mouky, byla potvrzena.

Hodnoty LASRC měly souvislost s hodnotami stanovení obsahu mokrého lepku, N-látek a sedimentačního indexu, které určují kvalitu lepku. Hodnoty SCSRC měly souvislost s hodnotami čísla poklesu, které určuje míru poškození zrna během mletí.

Hodnoty SRC u vzorků šrotu a mouky vyšly sice rozdílné ve všech čtyřech roztocích, ale v tendencích byla nalezena shoda, a to u tří roztoků – WSRC ($r = 0,609$), SuSRC ($r = 0,788$), SCSRC ($r = 0,870$). Mezi hodnotami LASRC byla korelace nízká ($r = 0,339$).

Klíčová slova: pšenice, mouka, kvalita, retenční kapacita

Using the flour retention capacity method for the evaluation of wheat quality

Summary

The solvent retention capacity is an inexpensive and quick method but still it is very precise and provides a comprehensive assessment of the flour quality profile. SRC measures flour binding in four different solutions (distilled water, sucrose solution, 50%, sodium carbonate solution, 5%, lactic acid solution, 5%). Depending on the ratio of sedimentation of flour in individual solutions, SRC provides a measure of solvent compatibility for the functional components of flour – gluten, damaged starch, and pentosans.

The practical part determines the quality of winter wheat with use of SRC method for samples of flour and with use of specific methods for samples of grout: content of N-substances, wet gluten, Gluten Index, Sedimentation Index and falling number. Values were established for nine different varieties of wheat in two experimental stations of the CISTA: Lednice (LED) and Čáslav (CAS). There were represented all quality categories: Annie and Bernstein (E); Dagmar, Fakir, Pankratz (A); Gordian and Hyfi (B); Bonanza and Frisky (C). The SRC test was performed by the AACC 56-11 methodology and the remaining method of quality assessment was performed according to the relevant ČSN standards. The usage of the SRC method for grout was also tested.

Undoubtedly, the highest values in three solutions were shown for the variety Fakir from category A. For the elite varieties Bernstein and Annie, high values were obtained in all solutions, in particular LASRC values were high. For the rest of varieties from quality category A, the results were usually medium to above average. However, the LASRC value of the Pankratz variety was very low. Mostly, the low values have been measured for varieties from quality category B – bread quality. In Category C, the values were very low. On the basis of the measured values in the diploma thesis it can be argued that the hypothesis: “Different composition of grain for different varieties of winter wheat shows different results of measuring the retention capacity in flour” has been confirmed.

LASRC values have been related to the values of wet gluten, content of N-substances and sedimentation index, which determine the quality of gluten. The SCSRC values have been related to the fall number values, which determine the rate of grain damage during milling.

SRC values for grout and flour samples were different in all four solutions, but the tendencies were found to be consistent in these three solutions - WSRC ($r = 0.609$), SuSRC ($r = 0.788$), SCSRC ($r = 0.870$). LASRC correlation value was low ($r = 0.339$).

Keywords: wheat, flour, quality, retention capacity

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce.....	3
3	Literární rešerše	4
3.1	Pšenice setá	4
3.1.1	Anatomické složení pšeničného zrna.....	4
3.1.2	Chemické složení pšeničného zrna	5
3.1.3	Využití pšenice v potravinářství	7
3.2	Technologická kvalita zrna	8
3.3	Metody stanovení jakosti pšenice	11
3.3.1	Stanovení příměsí a nečistot	12
3.3.2	Stanovení objemové hmotnosti zrna.....	13
3.3.3	Stanovení vlhkosti zrna.....	14
3.3.4	Stanovení obsahu dusíkatých látek	14
3.3.5	Stanovení mokrého lepku	15
3.3.6	Stanovení Gluten Indexu	16
3.3.7	Stanovení sedimentačního indexu	16
3.3.8	Stanovení čísla poklesu.....	17
3.3.9	Reologické metody	18
3.3.10	Pečící testy	20
3.3.11	Retenční kapacita mouky.....	21
3.4	Vztah mezi metodou SRC a ostatními kvalitativními ukazateli	29
4	Materiál a metodika	31
4.1	Testované odrůdy pšenice	31
4.2	Charakteristika lokalit a průběh počasí v roce 2015/2016.....	33
4.3	Metodika stanovení objemové hmotnosti	34
4.4	Metodika stanovení vlhkosti	35

4.5	Metodika stanovení obsahu dusíkatých látek.....	36
4.6	Metodika stanovení mokrého lepku a Gluten Indexu	38
4.7	Metodika stanovení sedimentačního indexu	39
4.8	Metodika stanovení čísla poklesu	40
4.9	Metodika stanovení retenční kapacity mouky.....	41
5	Výsledky.....	44
5.1	Jakostní ukazatele.....	44
5.1.1	Stanovení objemové hmotnosti.....	45
5.1.2	Stanovení obsahu dusíkatých látek	46
5.1.3	Stanovení mokrého lepku	47
5.1.4	Stanovení Gluten Indexu	48
5.1.5	Stanovení sedimentačního indexu	49
5.1.6	Stanovení čísla poklesu.....	50
5.1.7	Vyhodnocení korelační analýzy mezi metodami stanovení kvality	52
5.2	Retenční kapacita (SRC)	52
5.2.1	Stanovení retenční kapacity mouky v destilované vodě (WSRC).....	54
5.2.2	Stanovení retenční kapacity mouky v 5% kyselině mléčné (LASRC)	55
5.2.3	Stanovení retenční kapacity v 50% sacharóze (SuSRC)	56
5.2.4	Stanovení retenční kapacity mouky v 5% uhličitanu sodném (SCSRC).....	57
5.2.5	Shrnutí výsledných hodnot SRC pro jednotlivé odrůdy	57
5.2.6	Vyhodnocení možnosti užití metody SRC šrotu pro predikci jakosti pšenice ...	62
6	Diskuze.....	66
7	Závěr.....	72
8	Seznam literatury	74
9	Seznam použitých zkratk	81
10	Samostatné přílohy	82

1 Úvod

Pšenice je jednou z nejstarších pěstovaných plodin, počátky pěstování jsou spojeny s rozvojem zemědělství. Je také jednou z nejrozšířenějších plodin na světě, i v České republice. Nejznámější a nejpěstovanější je pšenice obecná (*Triticum aestivum L.*)

Pšenice obecná se používá jako hlavní složka v řadě potravin, její uplatnění lze nalézt hlavně v pekařském a pečivářském průmyslu. Potravinářská pšenice je hodnocena na základě souboru znaků, které určují její jakost, již při příjmu do mlýna. Lze říci, že kvalita pšenice určené pro potravinářské použití má velký vliv na jakost konečných produktů.

Mezi základní principy určení mlynářské jakosti potravinářské pšenice patří stanovení objemové hmotnosti, kromě toho se zpravidla stanovují také příměsi a nečistoty a tvrdost zrna. Hlavní znaky určující pekařskou jakost se zjišťují pomocí různých metod. Tato jakost může být hodnocena např. stanovením vlhkosti, stanovením obsahu dusíkatých látek, stanovením mokrého lepku, stanovením čísla poklesu nebo stanovením sedimentačního indexu. Takto zjištěné znaky pšenice nám však umožní určit pekařskou jakost pouze orientačně. V případě, že je vyžadováno přesnější jakostní hodnocení pšenice, to znamená je potřeba přesnější odhad konečné kvality pekařských výrobků, je potřeba použít reologické metody. Reologické zkoušky simulují vlastní proces zpracovávání těsta.

Ovšem tyto metody jsou ekonomicky i časově náročné. Při hledání méně finančně a časově náročné metody se jako velmi efektivní jeví metoda stanovení retenční kapacity (SRC), která je i přes svoji menší náročnost stále velmi přesná. Zjednodušeně řečeno, retenční kapacita měří sedimentaci mouky ve čtyřech různých roztocích (destilovaná voda, roztok sacharózy, roztok uhličitanu sodného, roztok kyseliny mléčné). Podle vaznosti mouky v jednotlivých roztocích lze určit vlastnosti lepkového komplexu, míru poškození škrobu a množství přítomných pentosanů.

Tato práce je zaměřena na testování kvality různých odrůd pšenice ozimé. K vyhodnocení je používána metoda stanovení retenční kapacity, i nepřímé metody hodnocení jakosti. Podle studií existují vztahy mezi retenční kapacitou pšeničné mouky v jednotlivých roztocích a jakostními znaky mouky. Metoda SRC je sice metoda relativně snadná, ale i přesto je velmi efektivní a komplexní.

Metoda stanovení retenční kapacity je analytická metoda standardizovaná v současné době pro posouzení vlastností jednotlivých složek z pšeničné mouky. Její uplatnění lze nalézt především v zahraničí, v České republice není metoda zatím příliš používána. V rámci

zvýšení možnosti užití této metody v České republice, je žádoucí otestovat její využití pro pšeničná zrna namletá na šrot.

2 Cíl práce

Hypotéza: Rozdílné látkové složení obilek u různých odrůd ozimé pšenice se projeví odlišnými výsledky při měření retenční kapacity mouky.

Cíl práce: S využitím metody stanovení retenční kapacity (SRC) a za pomoci konkrétních metod hodnocení jakosti určit hodnoty pro různé odrůdy pšenice ozimé. Zjistit těsnost vztahů ukazatelů stanovených metodou retenční kapacity mouky a dalších jakostních ukazatelů pšenice. Ověřit možnosti použití metody SRC (u šrotu) pro predikci jakosti pšenice.

3 Literární rešerše

3.1 Pšenice setá

3.1.1 Anatomické složení pšeničného zrna

Každá obilka se skládá z obalových vrstev, což je oplodí a osemení, někdy také nazývané jako otruby, endospermu a klíčku. Hmotnostní podíl jednotlivých částí zrna je u pšenice následující – 15 % tvoří oplodí a osemení, 82 % má v obilce pšenice podíl endosperm, a klíček tvoří zbývající 3 % (Příhoda a kol., 2004).

Obalové vrstvy neboli ektosperm se skládají ze dvou částí – oplodí a osemení. V mlynářské technologii bývají označovány jako otruby. Jejich hlavní funkcí je chránit obilku před nepříznivými vnějšími vlivy. Oplodí (perikarp) je tvořeno pokožkou (epidermis), příčnými buňkami (mesokarp), buňkami podélnými (epikarp) a hadicovými buňkami (endokarp). Buňky osemení (perisperm) obsahují barviva, která ovlivňují vnější barvu zrna. Ektosperm obsahuje poměrně velké množství vlákniny a minerálních látek (Šramková a kol., 2009).

Mezi obalovými vrstvami a endospermem se nachází aleuronová vrstva, technologicky bývá zařazena do endospermu, jelikož může být společně s endospermem rozemleta do mouk. Tvoří cca 8 % z celého zrna. Aleuronová vrstva obsahuje velké množství bílkovin (až třikrát více, než je v endospermu). Je zde obsaženo i značné množství minerálních látek, proto bývá vymílání této vrstvy do mouky žádoucí, jelikož se zvyšuje obsah popela v mouce (tzn. obsah minerálních látek).

Endosperm tvoří velké buňky hranolovitého tvaru a je zde obsažen hlavně škrob (až 75 %) a také bílkoviny (Příhoda a kol., 2004).

Klíček tvoří nejmenší podíl zrna, u pšenice tvoří tento podíl pouze 3 %. Obsahuje tuky, jednoduché cukry, bílkoviny a enzymy. Z vitamínů je v klíčku obsažen vitamín E a vitamíny skupiny B. V klíčku se nachází štítek, který obsahuje cca 33 % bílkovin. Podléhá však velmi snadno oxidačním a enzymatickým procesům, proto musí být před mlýnským zpracováním odstraněn. Klíčky obilovin se využívají ve farmaceutickém a potravinářském průmyslu a také ke krmným účelům (Cornell, 2012).

3.1.2 Chemické složení pšeničného zrna

Obsah bílkovin v zrně je 10 – 15 %. Pšenice je zdrojem energie díky vysokému obsahu škrobu (až 75 %), který je snadno stravitelný. Obsah nestravitelné vlákniny je nízký (1,6 – 2,0 %). Obsah tuku je také nízký (1,5 – 3 %) s vysokým množstvím nenasycených mastných kyselin, kyseliny olejové a kyseliny linolové (Cornell, 2012).

Z vitamínů, které jsou obsaženy v pšeničném zrně, je nejčastější výskyt vitamínů B, vitamínu E a v menším množství i β -karotenu. Hlavními minerály jsou fosfor a draslík (Barnes a Taylor, 1980).

Pšenice obsahuje velké množství fenolových kyselin, které patří k derivátům kyseliny skořicové a kyseliny benzoové. Tyto deriváty zahrnují kyselinu ferulovou, kyselinu kávovou, kyselinu para-hydroxybenzoovou, kyselinu protocatechovou a kyselinu syringovou. Přírodní antioxidanty, včetně kyseliny ferulové, mají vliv na snížení možného výskytu neurodegenerativního onemocnění, jako je Alzheimerova choroba. Kyselina ferulová tvoří 57 – 77 % celkového obsahu fenolických sloučenin v pšenici (Cornell, 2012; Šramková a kol., 2009).

3.1.2.1 Bílkoviny

Na základě Osbornovy klasifikace z roku 1907 existují čtyři skupiny proteinů. Toto rozdělení je založeno na jejich rozpustnosti. Skupiny jsou následující: albuminy (rozpustné ve vodě), globuliny (rozpustné ve slaných roztocích), prolamininy (rozpustné v 70% ethanolu), gluteniny (částečně rozpustné ve zředěných kyselinách a zásadách). Tyto skupiny lze rozdělit na: bílkoviny tvořící lepek a bílkoviny, které lepek netvoří (Matz, 1987).

Proteiny tvořící lepek jsou albuminy a globuliny. K oddělení albuminů a globulinů se velmi často používá dialýza. Globuliny lze od albuminů oddělit snížením iontové síly (koncentrace solí) roztoku. Dojde k vysrážení globulinů, albuminy zůstávají v roztoku (Příhoda a kol., 2004).

Bílkoviny tvořící lepek jsou prolamininy a gluteniny, které nejsou rozpustné ve vodě. Tyto bílkoviny jsou důležitější než ty, které lepek netvoří, protože jsou užitečnější při výrobě pekařských produktů. Prolamininy a gluteniny ve vodě nabobtnávají. Pokud současně dochází k hnětení těsta, pak se díky této energii a působení atmosférického kyslíku vytvoří silný gel, který nazýváme lepek (Belderok a kol., 2000).

3.1.2.2 Tuky

Tuky neboli lipidy jsou chemicky estery vyšších mastných kyselin a alkoholu – glycerolu. Jsou rozpustné v alkoholu, nikoli ve vodě. V pšenici se převážně vyskytují nenasycené mastné kyseliny (v jejich řetězci je jedna nebo více dvojných vazeb), jako je kyselina olejová a kyselina linolová, a menší množství nasycených kyselin, například kyselina palmitová a kyselina stearová (Tank a Copeland, 2007).

Negativní vlastností tuků je jejich tendence žluknout. Jedná se o oxidační proces, který závisí na přítomnosti vzduchu, vody, světla, mikroorganismů a určité teplotě. Katalyzátory této reakce jsou specifické enzymy – lipolytické enzymy, které mohou tuky štěpit. Tuky se štěpí na glycerol a mastné kyseliny a poté jinými oxidačními procesy vznikají aldehydy a ketony. Ty jsou typické svou nepříjemnou vůní a chutí. Pšeničná mouka je těmito procesy znehodnocena, jelikož dochází ke žluknutí moučného tuku.

Přítomnost lipidů v mouce je nezbytná, zejména fosfolipidu lecitinu, protože při mísení těsta vytváří komplex s lepem a podporuje jeho bobtnavost (Skoupil, 1994).

3.1.2.3 Sacharidy

Nejdůležitější skupina sacharidů v zrně jsou polysacharidy. Polysacharidy lze rozdělit podle jejich funkce na dvě skupiny, na zásobní sacharidy a strukturní sacharidy. Hlavním představitelem zásobních sacharidů je škrob, který se nachází v endospermu zrna a tvoří až 75 % sušiny zrna. Neméně důležité jsou strukturní (stavební) polysacharidy. Mezi hlavní zástupce těchto polysacharidů patří celulóza, hemicelulózy a lignin. Nachází se hlavně ve vnějších vrstvách zrna, celulózové vrstvy chrání zrno před mechanickým poškozením, proti nežádoucím mikroorganismům a pronikání vlhkosti. Důležitou skupinou polysacharidů jsou také rozpustné nebo ve vodě bobtnající polysacharidy, které tvoří velkou část vlákniny potravy. Patří mezi ně např. β -glukany a pentozany (Gillies a kol., 2012).

Škrob se v zrně vyskytuje ve formě škrobových zrn. Škrobová zrna mají krystalickou strukturu. Škrob se skládá ze dvou hlavních složek: z amylozy a amylopektinu. Tyto dvě frakce se skládají z molekul glukózy, ale mají odlišnou glykosidickou vazbu. Amylóza má α -1 \rightarrow 4 glykosidickou vazbu a amylopektin má α -1 \rightarrow 6 glykosidickou vazbu. Mají také velmi odlišné procentuální zastoupení v pšeničném zrně. Pšenice obsahuje asi 25 % amylozy a 75 % amylopektinu. Jelikož mají tyto dvě části škrobu jinou strukturu, mají také různé chemické a fyzikální vlastnosti. Amylóza je ve studené vodě rozpustná. Amylopektin se ve vodě nerozpouští, pouze nabobtnává (Tang a Copeland, 2007). Ve výsledku tedy škrob není rozpustný ve vodě, ve studené vodě bobtná a s rostoucí teplotou škrobové granule nabývají na

velikosti. V důsledku rostoucího objemu škrobových zrn vzrůstá viskozita suspenze. Při dalším zahřívání se do vody začnou uvolňovat molekuly amylozy. Jakmile celý škrob zmazovává, viskozita začíná klesat. Pokud se tento vzniklý gel nechá vychladnout, molekuly amylozy a amylopektinu se znovu spojí a viskozita se opět zvýší (Matz, 1987).

Vláknina je složena z nestravitelných nebo těžko stravitelných polysacharidů. Hlavními představiteli jsou celulóza a hemicelulóza, lignin, pentosany, β -glukany a fruktany (Skoupil, 1994). Hemicelulóza je nerozpustná ve vodě. Celulóza je složena z řetězců glukóz, které mají β -1 \rightarrow 4 glykosidickou vazbu a je zcela nerozpustná, za normálních podmínek ani nebobtná (Příhoda a kol., 2004).

Ve vodě rozpustné β -glukany a ve vodě rozpustné pentosany vytvářejí v žaludku viskózní látku, navozují pocit plnosti, a tak je možné zabránit přejídání a nadváze. β -glukany a ve vodě rozpustné pentosany nemění svou strukturu v tenkém střevě. Jsou zcela rozloženy pouze v tlustém střevě přítomnými mikroorganismy. Naproti tomu nerozpustné složky vlákniny, jako jsou celulóza a ve vodě nerozpustné pentosany, jsou odolné vůči mikrobiálnímu rozkladu, proto jsou tyto části vlákniny pouze částečně fermentovány v tlustém střevě (Sluková, 2016).

3.1.3 Využití pšenice v potravinářství

Pšenice představuje základní potravinu téměř pro dvě miliardy lidí (36 % světové populace) (Channa a kol., 2015). Podle statistik se 51 % obilovin spotřebuje v potravinářském průmyslu. V tomto průmyslu je velmi důležitá technologická kvalita zrna. Technologická jakost je faktor, který předurčí, k jakému průmyslovému zpracování zrna obilovin dojde. Závisí na chemickém složení zrna obilovin, poměru jednotlivých složek zrna a enzymatické činnosti (Hubík a Mareček, 2002). Aby vůbec zrno pšenice mohlo být považováno za potravinářskou pšenici, musí splňovat konkrétní požadavky, musí mít určité fyzikální a chemické vlastnosti (Burešová a Palík, 2005). Tyto požadavky jsou stanoveny ČSN 461100–2 Obiloviny potravinářské – Část 2: Pšenice potravinářská.

Pšenice je v České republice nejpěstovanější obilovinou, pěstuje se na více než 800 tisících hektarech (Nováková, 2014), v roce 2017 byla celková plocha pšenice ozimé a jarní ke sklizni přibližně 830 tisíc hektarů (Ministerstvo zemědělství, 2017). Velký podíl pšenice je zpracován na mouku a využívá se v mlýnsko–pekárensko–pečivářenském průmyslu, který je producentem kynutých pekárenských výrobků a prokypřovaných produktů, např. sušenek nebo oplatek (Hubík a Mareček, 2002).

Mouka je látka ve formě prášku, která vzniká rozemletím obilného zrna. Mouka se skládá z endospermu a někdy i otrub. Endosperm obsahuje vysoké procento škrobu, sacharidů, bílkovin a menší množství tuku (Moncel, 2015). Pšeničná světlá mouka je základní složkou běžného a jemného pečiva. Vzniká rozemletím pouze endospermu (vnitřní část obilky), neobsahuje obalové vrstvy, a tím je ochuzena o nutričně významné látky. Pekárenské výrobky z této mouky jsou světlejší a nadýchanější. Pšeničná mouka tmavá se využívá spíše pro výrobu chleba a obsahuje podíl otrub (Nováková, 2014). Jelikož hlavním zdrojem živin jsou vnější vrstvy zrna, tato mouka je bohatší na vitamíny, minerály a vlákninu. Otruby dávají celozrnným moukám charakteristickou tmavší (hnědou) barvu a hrubou strukturu (Moncel, 2015).

Podle statistik jeden obyvatel ČR zkonzumuje průměrně ročně cca 100 kg pšeničné mouky, zejména v podobě chleba, pečiva a těstovin. Mouka z pšenice bývá v lidské stravě hlavním zdrojem energie a může tvořit až 60 % z celkového energetického příjmu (Nováková, 2014). Pšenice je z obilnin nejvíce používaná na výrobu mouky, hlavně proto, že je její endosperm dostatečně křehký, a klíček i obalové vrstvy lze z jejích zrn odstranit poměrně snadno, díky čemuž je získán velmi čistý endosperm. Navíc pšenice obsahuje v endospermu proteiny, které jsou schopny tvořit lepek. Tato jedinečná vlastnost pšenice má v pekárenství velký význam (Gabrovská a kol., 2015).

Lepek tvoří hlavní strukturu pšeničného těsta. Pšeničné zrno lepek neobsahuje, vytváří se během hnětení těsta, kdy je vytvořena síť pšeničných bílkovin. Lepek se skládá z bílkovin nerozpustných ve vodě a vzniká, teprve když je pšeničná mouka smíchána s vodou. Je tvořen prolaminou a gluteliny, které jsou většinou v rovnováze, v maximálním poměru 2:3. Prolaminy pšenice se nazývají gliadiny. Hlavním zástupcem glutelinů je glutenin, tvoří až 47 % celkového obsahu bílkovin (Pena, 2002). Gliadiny a gluteliny dávají lepku zcela odlišné fyzikální vlastnosti. Gliadiny se chovají jako viskózní tekutina, pokud jsou hydratovány, dodávají těstu roztažnost a napomáhají kynutí těsta. Gluteliny ovlivňují pružnost a pevnost těsta, brání tomu, aby těsto bylo příliš roztažné, a zabraňují kolapsu během kynutí nebo pečení (Hao a kol., 2006).

3.2 Technologická kvalita zrna

Termín jakost nebo kvalita může být definován jako schopnost uspokojit potřeby konzumenta. Kvalita zrna zahrnuje několik oblastí, které se vzájemně ovlivňují, jedná se tedy o komplexní parametr.

U pšenice rozhoduje o jakosti odrůda, avšak nejedná se o jediný parametr. Na kvalitě pšenice se podílí mnoho dalších faktorů, jako je: kvalita půdy, klimatické podmínky nebo hnojení či doba sklizně. V České republice mají hlavní vliv klimatické podmínky a místo pěstování. Proto i kvalitní odrůda nemusí mít vždy příznivou pekařskou jakost, pokud je pěstována v nevhodných podmínkách. Kvalitu pšenice je třeba znát co nejdříve v daném roce v době sklizně, aby se případně dali upravit technologie ve mlýně i pekárně a samozřejmě i dodat zlepšující prostředky. Hodnocení jakosti sklizně je v mnoha zemích samozřejmé a zvyšuje to efektivitu stabilizace kvality vyrobených mouk (Kovaříková a Netolická, 2011).

Kvalitu lze rozdělit na hygienickou, ta je daná stanovenými limity látek, které mohou způsobit poškození organismu, nutriční, která nám udává výživové údaje a senzorickou. Zásadní vliv v případě pšeničného zrna má kvalita technologická a senzorická. Co se týče technologické kvality potravinářské pšenice, jedná se o znaky, které popisují mlynářskou a pekařskou hodnotu (Burešová a Palík, 2005).

Podle Normy ČSN 46 1100–2 jsou dle technologických parametrů vymezeny pouze dvě jakostní kategorie: pekárenská a pečivářenská. Hodnoty stanovené touto normou jsou shrnuty v Tabulce 1.

Tabulka 1 – Fyzikální a chemické vlastnosti zrna potravinářské pšenice (Burešová a Palík, 2005).

Parametr	Pekárenská	Pečivářenská
Vlhkost	max. 14,0 %	
Objemová hmotnost	min. 76,0 kg/hl	
Obsah N-látek v sušině (N × 5,7)	min. 11,5 %	max. 11,5 %
Sedimentační index (SEDI)	min. 30 ml	max. 25 ml
Číslo poklesu (vzorek 7 g)	min. 220 s	
Příměsi a nečistoty	max. 6,0 %	
1. zlomky zrn	max. 3,0 %	
2. zrnové příměsi	max. 5,0 %	
– tepelně poškozená zrna	max. 0,5 %	
3. porostlá zrna	max. 2,5 %	
4. nečistoty	max. 0,5 %	
– tepelně poškozená zrna	max. 0,05 %	

Podrobnější je hodnocení technologické jakosti pšenice v oblasti odrůdového zkušebnictví. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v současnosti deklaruje čtyři kategorie potravinářské pšenice: E – elitní, A – kvalitní, B – chlebová, C – nevhodná pro

pekařské využití, jsou zde jasná vymežovací kritéria parametrů důležitých pro pekařské využití (Dvořáček a kol., 2012). Shrnutí minimálních požadovaných hodnot pro jednotlivé jakostní kategorie je vyobrazeno v Tabulce 2.

Tabulka 2 – Minimální hodnoty pro zařazení odrůd do jakostní skupiny (Vaculová a kol., 2010)

Parametr	Elitní (E)	Kvalitní (A)	Chlebová (B)
Objemová výtěžnost [ml]	530	500	470
Obsah N-látek[%]	12,6	11,8	11
Zeleného test [ml]	49	35	21
Číslo poklesu [s]	286	226	196
Objemová hmotnost [g/l]	790	780	760
Vaznost mouky [%]	55,4	53,2	52,1

Kvalita pekařských výrobků je ovlivněna především kvalitou mouk, a ta je dána kvalitou zpracovaného zrna. Méně potom kvalitu mouky ovlivňuje poškození během procesu mletí, např. množství poškozeného škrobu nebo granulace mouky (Kovaříková a Netolická, 2011). Z technologického hlediska jsou velmi důležité faktory při určování kvality: tvrdost zrna, celková enzymatická aktivita, schopnost mouky vázat při přípravě těsta vodu, obsah a vlastnosti bílkovin, škrobu a neškrobových polysacharidů (Dvořáček a kol., 2012), stanovení příměsí a nečistot a stanovení vlhkosti (Wheat Marketing Center, Inc., 2004). Za nejdůležitější znak pekařské kvality pšenice je považován obsah bílkovin, který souvisí s obsahem lepkového komplexu. Obsah bílkovin v zrně je značně ovlivňován klimatem, agrotechnikou, úrovní minerálních látek, především dusíkem a draslíkem (Vaculová a kol., 2010). Dalším důležitým faktorem pšeničného zrna je již výše zmíněný obsah škrobu a jeho vlastnosti. Kvůli odlišné tvrdosti zrna, která je ovlivněna hlavně genotypem, jsou tyto vlastnosti ovlivněny i vymílacími procesy. Obecně platí, že pšenice s tvrdým zrnem mají vyšší úroveň poškození škrobu, škrobová zrna potom váží mnohem více vody. Poškození škrobu v menší míře (6 – 10 %) nastává vždy při přípravě mouky, což je ale z technologického hlediska žádoucí, zlepší se vaznost mouky a má to pozitivní vliv na enzymatické procesy. Technologická kvalita nemůže být určena pouze jedním parametrem, důležité jsou všechny složky, proto existuje velké množství metod pro predikci kvality (Dvořáček a kol., 2012).

Kromě požadovaných vlastností potravinářské pšenice jsou v ČSN uvedeny také metody na zkoušení kvality pšenice. U potravinářské pšenice se hodnotí výsledky těchto stanovení:

– Vlhkost ČSN EN ISO 712 (461014)

- Objemová hmotnost ČSN EN ISO 7971-2 (461013)
- Obsah dusíkatých látek v sušině ČSN 46 1011-18 (461011)
- Číslo poklesu ČSN EN ISO 3093 (461026)
- Sedimentační index ČSN EN ISO 5529 (461022)
- Příměsi a nečistoty ČSN 46 1011-6 (461011)

Vlastnosti bílkovin a škrobu mohou být vyhodnoceny klasickými postupy v laboratoři, jako jsou např. již výše zmíněné metody – sedimentační test dle Zelenyho, metoda stanovení obsahu mokrého lepku, stanovení čísla poklesu nebo stanovení obsahu dusíkatých látek v sušině (Dvořáček a kol., 2012). Jedná se o metody nepřímé, jelikož neposuzují kvalitu mouky komplexně. Pokud jsou vhodně nakombinovány, lze získat odhad pekařské kvality mouky (Kovaříková a Netolická, 2011).

Snaha o co nejpřesnější odhad finální pekařské kvality vedla v minulosti k tvorbě reologických metod. Tyto metody simulují vlastní proces zpracovávání těsta. Dá se jimi komplexně stanovit chování v průběhu technologických procesů, to znamená během pečení, a jeho dopad na kvalitu konečného produktu. Jedná se o přímé metody hodnocení jakosti obilovin (Kieffer a kol., 1996). Postupem času se povedlo jednotlivé reologické systémy vzájemně sloučit a získat ještě komplexnější hodnocení, např. přístroj Chopin – Mixolab měří odpor těsta v čase a zároveň roste a znovu klesá teplota (Dvořáček a kol., 2012). Ovšem tyto přístroje mají vysokou pořizovací cenu a náklady na provoz, pracovní a časová náročnost je také velmi vysoká (Bettge a kol., 2002). Proto se spíše využívají speciální metody a přístroje, které poskytují informace o konkrétních látkách a vlastnostech zrna, tedy již výše zmíněné metody nepřímé (Kovaříková a Netolická, 2011). Avšak ani tyto metody ne vždy zcela objektivně odhadnou finální technologickou jakost pšenice.

Stále jsou tak hledány pracovně i ekonomicky efektivní metody postihující celý komplex kvality pšenice. Jako velmi efektivní metoda se ukázala metoda stanovení retenční kapacity mouky, která je ekonomicky i pracovně výhodnější a méně náročnější než již zmiňované reologické metody, ale zároveň je velmi přesná při odhadu finální pekařské kvality těsta (Bettge a kol., 2002).

3.3 Metody stanovení jakosti pšenice

Jakost potravinářské pšenice se vždy posuzuje podle mnoha aspektů, které se určují konkrétními metodami, jež byly zmíněny v předchozí kapitole. Vždy záleží na zvolené metodě nebo metodách hodnocení jakosti a také na příslušném strojovém vybavení

pracoviště. Aspekty, které se stanovují, se dají obecně rozdělit do tří skupin – znaky obilné masy (obchodní ukazatele), znaky mlynářské jakosti a znaky pekařské jakosti.

Obchodní ukazatele zahrnují znaky, které mohou být určeny smysly, jako je vůně, pach, chuť, barva, a také znaky, které se stanovují objektivně, což jsou – vlhkost, příměsi a nečistoty.

Mlynářská jakost pšenice je stanovena nepřímými postupy stanovení, konkrétně: stanovením objemové hmotnosti, stanovením hmotnosti tisíce zrn a stanovením tvrdosti zrna a jeho tvaru. Obecně platí, že zrno by mělo být velikostně vyrovnané s hladkým povrchem, mělkou rýhou a mělo by mít tenké obaly, aby byla mlynářská jakost co nejvyšší (Příhoda a kol., 2004). Mlynářská jakost může být stanovena i přímým postupem, pokusným zámelem. Výťažnost mouky z laboratorního zámelu patří mezi doplňková kritéria, co se týče odrudového zkušebnictví v Evropské unii i u nás. Před laboratorním mletím je třeba z pšenice odstranit příměsi a nečistoty a také je důležitá její hydrotermická příprava. Tato příprava zahrnuje upravení vlhkosti, homogenizaci a odležení. Laboratorní mlýn musí být nastaven tak, aby umožnil nejméně dvoustupňové namletí zrna. Získané meziprodukty (otruby a šrotové a vymílací mouky) lze použít k výpočtu mlynářských parametrů, např. výťažnost mouk nebo efektivnost mletí (Prugar, 2008).

Znaky pekařské jakosti jsou ovlivněny zejména obsahem bílkovin a škrobu a jejich chováním v těstě nebo v připravené suspenzi. Pekařskou jakostí je ovlivněn hlavně konečný produkt, jeho objem, tvar kyprost nebo pórovitost (Příhoda a kol., 2004). Stanovení znaků pekařské kvality a výnosový potenciál odrůdy jsou dnes rozhodujícími faktory o registraci odrůdy (Horáková, 2011).

3.3.1 Stanovení příměsí a nečistot

Stanovení obsahu příměsí a nečistot je jeden ze základních parametrů stanovení kvality obilného zrna., které se stanovují. Kategorie příměsí a nečistot, které se stanovují u jednotlivých druhů obilovin jsou dány odpovídajícími ČSN. Pro potravinářskou pšenici to je již zmiňovaná ČSN 46 1100–2 Obiloviny potravinářské, Část 2: Pšenice potravinářská.

Stanovení obsahu příměsí a nečistot nevyjadřuje kvalitu zrna přímo, ale určuje stupeň znečištění zrna různými druhy příměsí a nečistot, jejichž přítomnost může významně snížit výťažnost mouky a snížit její kvalitu. Nejedná se pouze o snížení kvality technologické, ale může být narušena i kvalita hygienická, tedy co se týče zdravotní nezávadnosti. Právě proto

mají zásadní význam jednotlivé kategorie, jako jsou škodlivé nečistoty, námel a poškozená zrna, zde je zařazen i obsah zrn napadených fuzariózou.

Normou ČSN jsou definovány kromě jednotlivých kategorií příměsí a nečistot i maximální limity konkrétních kategorií. Potravinářská pšenice musí být vyžralá, bez přítomných živých škůdců a cizích pachů, bez plesnivých a naplesnivělých zrn, nesmí mít mazlavou sněť. Celkově tedy musí odpovídat požadavkům normy na hygienickou a zdravotní nezávadnost.

Díky správnému vyhodnocení a provedení této metody stanovení kvality, je možné zabránit využití nevhodné pšenice pro další mlýnské zpracování. Ke stanovení se používají síta, která mají dané velikosti otvorů (Sedláčková a Polišenská, 2012).

3.3.2 Stanovení objemové hmotnosti zrna

Objemová hmotnost je jedním ze základních ukazatelů mlynářské jakosti a může být ukazatelem výtěžnosti mouky při mlýnském zpracování. Je určena jako hmotnost jednoho litru zrna. Objemovou hmotností se rozumí poměr hmotnosti obiloviny k objemu, který je schopna zaujmout po volném nasypání do nádoby (objemové váhy), podmínky jsou vždy přesně stanoveny (Korunic a kol., 1998). Vzorek obiloviny pro stanovení objemové hmotnosti nesmí obsahovat nečistoty a musí mít teplotu okolního prostředí. Objemová hmotnost se vyjadřuje v kg/hl, výsledky se stanovují přesností na 0,1 kg/hl (Burešová a Palík, 2005).

Co se týče mlýnského zpracování, jsou vyžadovány obilky středně velké až velké, u nichž je výmělnost mouky vyšší než podíl otrub. Objemová hmotnost zrna je ovlivňována počasím během dozrávání obilovin (Pazdera, 2006). Větší množství srážek v období tvorby zrna může pozitivně ovlivnit objemovou hmotnost, což ve své studii prokázali Polišenská a kol. (2014). Naopak větší počet srážek v době sklizně může objemovou hmotnost ovlivnit negativně (ÚKZÚZ, 2017). Dlouhodobější suché počasí a vysoké teploty často způsobí vznik zrna menších rozměrů. Dále je objemová hmotnost ovlivňována odrudou a dostatkem výživy. Jestliže je vláha půdy dostatečná, může se zvýšit hmotnost obilek, například pozdním přihnojením dusíkem v době metání (Pazdera, 2006).

Minimální objemová hmotnost potřebná k tomu, aby byla odruda zařazena mezi potravinářskou pšenici, je stanovena ČSN 461100–2. Tato hodnota je 76 kg/hl (ÚKZÚZ, 2017).

3.3.3 Stanovení vlhkosti zrna

Stanovení obsahu vlhkosti je nezbytné při analýze kvality pšenice nebo mouky a bývá jedním z prvních kroků při stanovování kvality, jelikož údaje o vlhkosti jsou dále použity pro další metody. Ve mlýně se před mletím upravuje vlhkost zrna zpravidla na 14 %. Vlhkost je také ukazatelem skladovatelnosti zrna. Pšenice nebo mouka s vysokým obsahem vlhkosti (více než 14,5 %) jsou více náchylné na napadení plísněmi, bakteriemi nebo hmyzem, což vede ke značnému zhoršení podmínek během skladování. Zrno nebo mouka s nízkým obsahem vlhkosti jsou během skladování stabilnější. Pšenice s příliš nízkou vlhkostí však může před mletím vyžadovat zvláštní opatření nebo postupy, aby se dosáhlo standardní úrovně vlhkosti. Obsah vlhkosti může být také ukazatelem zisku, jelikož cena zrna se odvíjí od jeho hmotnosti, a i mouka se na základě ní prodává. Čím větší množství vody je přidáno, tím je hmotnost pšenice větší (Wheat Marketing Center, Inc, 2004).

Vlhkost zrna je stanovena jako úbytek hmotnosti namletého vzorku obilovin po sušení, podmínky jsou vždy přesně dány. Vzorek šrotu se vloží na 120 minut do sušárny rozehráté na teplotu 130 °C, vzorek mouky pšenice se vloží do sušárny o stejné teplotě, ale pouze na 90 minut. Výsledná vlhkost zrna se určí rozdílem hmotnosti vzorku před sušením a po sušení. Vlhkost se vyjadřuje v procentech a výsledek stanovení se uvádí s přesností na 0,01 % (Burešová a Palík, 2005).

3.3.4 Stanovení obsahu dusíkatých látek

Obsah dusíkatých látek je klíčovým stanovením pro odběratele pšenice a mouky, protože souvisí s mnoha vlastnostmi, co se týče zpracování zrna i mouky, je to např. absorpce vody nebo síla lepku. Obsah dusíkatých látek může ovlivnit i vlastnosti hotového výrobku, jako je textura a vzhled nebo objem. Je tedy ukazatelem pekařské jakosti. Nízký obsah dusíkatých látek je žádoucí pro výrobu jemného pečiva, naopak vyšší obsah je vyžadován na výrobu chleba. Pekaři využívají výsledků o obsahu dusíkatých látek, aby dokázali předpovědět absorpci vody a čas potřebný na výrobu těsta. Větší obsah dusíkatých látek většinou značí, že bude třeba na výrobu výrobků více vody, jelikož absorpce vody pro dosažení optimální konzistence těsta bude také vyšší (Wheat Marketing Center, Inc, 2004).

Namletý vzorek obiloviny o známé vlhkosti se mineralizuje, poté se titrační metodou stanoví obsah dusíku. Obsah dusíkatých látek je vypočítán tak, že zjištěný obsah dusíku se vynásobí přepočítávacím koeficientem (pro potravinářskou pšenicí je tento koeficient 5,7).

Výsledek se přepočte na 100 % sušiny a uvádí se s přesností na 0,1 % (Burešová a Palík, 2005).

Minimální hodnota potřebná k tomu, aby byla odrůda zařazena mezi pšenici pro pekárenské využití, je 11,5 % obsahu dusíkatých látek v sušině. Pro pečivářenské využití je to maximálně 11,5 %. Hodnoty jsou stanoveny ČSN 461100–2 (ÚKZÚZ, 2017).

Byla prokázána vysoká kladná korelace mezi obsahem dusíkatých látek a obsahem mokrého lepku. Čím je vyšší obsah N-látek, a tedy i obsah mokrého lepku, tím lepší chemické a fyzikální vlastnosti bude mít těsto, a i objem pečiva bude vyšší. Mezi objemem pečiva, obsahem dusíkatých látek a obsahem mokrého lepku tedy také existuje prokazatelná pozitivní korelace (Palík a kol., 2009). Na obsah dusíkatých látek mají vliv také odrůda, ročník a v neposlední řadě hnojení minerálními látkami (Polišenská a Jirsa, 2015).

3.3.5 Stanovení mokrého lepku

Hodnocení obsahu lepku souvisí s jeho schopností vytvářet po hydrataci hlavní konstrukci těsta. Lepek je složitá síť prolaminových bílkovin (gliadiny a gluteniny), které se vážou pomocí chemických a elektrostatických vazeb do útvarů zvaných makropolymer. Tvoří se při hnětení těsta. Viskoelastické vlastnosti lepku umožňují při kynutí těsta zadržovat oxid uhličitý, a tím ovlivňovat objem pečiva, výslednou výtěžnost a tvar pečiva (Hao a kol., 2006). Vlastnosti a obsah mokrého lepku jsou tedy významnými ukazateli pekařské kvality, ovlivňují nejen vlastnosti těsta, ale i finálních výrobků (Dvořáček a kol., 2012).

Množství a jakost lepku je určeno genotypem (odrůdou) a pěstitelskými podmínkami. Zhoršení kvality lepku může způsobit například chladné a vlhké počasí ke konci vegetace. Obsah lepku může být navýšen přihnojením dusíkem během vymetání (Pazdera, 2006). Je prokázána vysoká pozitivní korelace mezi obsahem mokrého lepku v sušině a obsahem hrubých bílkovin zrna. (Hubík a Mareček, 2002; Palík a kol., 2009).

Lepkové bílkoviny jsou nerozpustné ve vodě i v roztoku chloridu sodného (NaCl), rozpouští se v etanolu. Mokřý lepek se získává vypíráním z těsta. Analyticky se tedy lepek stanovuje vypíráním uhněteného těsta vodným roztokem NaCl nebo vodou ručně nebo na přístroji, např. vypírač lepek Glutomatic. Výsledek se uvádí v procentech lepkové bílkoviny přepočítané na sušinu (Miš, 2000).

3.3.6 Stanovení Gluten Indexu

Gluten index je normou ČSN EN ISO 21415–2 (2016) definován jako poměr lepku, který zůstal na kovovém síti, podmínky jsou přesně definované, k celkovému objemu lepku, který byl vložen na síto před odstředováním (nebo před vypíráním lepku). Metoda tedy přímo navazuje na stanovení obsahu mokrého lepku. Stanovením Gluten Indexu můžeme posoudit sílu lepku, zdali je silný, středně silný nebo slabý. Vysoké hodnoty (kolem 100) poukazují na příliš silný lepek, který je těžko zpracovatelný. Příliš nízké hodnoty charakterizující slabý lepek, také nejsou žádané při pekařském zpracování (Šedivý a kol., 2013). Stanovením Gluten Indexu může být predikován finální objem výrobku. Optimální objem pečiva mají mouky s hodnotami Gluten Indexu 82 – 89. Výrobky s hodnotami 100 – 82 budou mít pravděpodobně nevhodný objem pečiva a hodnoty pod 60 značí, že výrobek bude mít velmi špatný objem (Příhoda a kol., 2003).

3.3.7 Stanovení sedimentačního indexu

Stanovení sedimentačního indexu je metoda, která měří kvalitu lepku, jeho viskoelastické vlastnosti, jedním ze způsobů měření je Zelenyho test. Sedimentační index je číslo, které se udává v mililitrech, jedná se o objem sedimentu, který vznikne v roztoku kyseliny mléčné po přidání vzorku mouky nebo šrotu. Zjišťuje se tím bobtnavost lepku v roztoku (Suková, 2012). Existuje průkazná vysoká korelace mezi objemem pečiva a obsahem hrubých bílkovin v zrně (Hubík a Mareček, 2002). Vysoká hodnota sedimentačního indexu tedy souvisí s větší schopností zadržovat plyny v prostorové síti (Suková, 2012). Obsah bílkovin zrna pšenice je ovlivňován ročníkem, pokud je ale eliminován vytvořením parametru hodnoty sedimentačního testu na jednotku obsahu bílkoviny, je získán až 80% podíl vlivu genotypu. Na základě hodnot tohoto testu se mohou velmi spolehlivě vyřadit odrůdy pšenice, které mají nízkou pekárenskou jakost (Hubík a Mareček, 2002). Bylo prokázáno, že existuje těsný vztah mezi hodnotou Zelenyho testu a obsahem hrubých bílkovin (obsahem dusíkatých látek) (Palík a kol., 2009).

Minimální hodnota sedimentačního indexu potřebná k tomu, aby byla odrůda zařazena mezi pšenici pro pekárenské využití, je 30 ml. Pro pečivářské využití je to maximálně 30 ml. Hodnoty jsou stanoveny ČSN 461100–2 (ÚKZÚZ, 2017).

3.3.8 Stanovení čísla poklesu

Kvalita mouky nezáleží pouze na obsahu škrobů, ale i na tom, jak jsou štěpitelné α -amylázou. Stanovením čísla poklesu neboli pádovým číslem se měří aktivita α -amylázy. Pádové číslo se udává v sekundách a jedná se o čas pádu viskozimetru ve vodné suspenzi mouky nebo šrotu, což je doba od ponoření zkumavky do vroucí vody, čas potřebný na míchání viskozimetrickým míchadlem a dále čas potřebný k poklesu míchadla o danou vzdálenost ve vodné suspenzi (Wang a kol., 2008). V praxi se stanovení čísla poklesu využívá k odhalení porostlých partií zrna, k namíchání určité směsi z různých mouk na požadované číslo poklesu nebo naopak u směsí známého složení ke zjištění pádového čísla (Kovaříková a Netolická, 2011).

Minimální hodnota čísla poklesu 220 s je potřebná k tomu, aby byla odrůda zařazena mezi potravinářskou pšenici, a je stanovena ČSN 461100–2 (ÚKZÚZ, 2017).

Mouky, které mají pádové číslo středních hodnot, tedy cca 230 – 280, tvoří zpravidla elastickou a hodně pórovitou střídu při pekařském testu (Suková, 2012). Naopak mouky s příliš nízkými hodnotami mají nízkou pekařskou kvalitu, těsto se lepí a je těžko zpracovatelné. Pečivo z takové mouky má zpravidla malý objem, tvoří střídu vlhkou a málo elastickou. Bývá poškozena i lepková struktura. Pokud číslo poklesu dosahuje nízkých hodnot (62 – 180 s), značí to též vysokou aktivitu α -amylázy, a z toho vyplývající malé poškození granulí škrobu během procesu mletí. Při příliš vysokých hodnotách pádového čísla nad 300 je střída suchá a konečný výrobek má malý objem (Wheat Marketing Center, Inc, 2004). Vysoké hodnoty pádového čísla také značí nízkou aktivitu α -amylázy, a s tím související větší poškození škrobových zrn během mletí pšenice (Příhoda a Hrušková, 2007). Pokud je číslo poklesu příliš vysoké, je nutné aktivitu amylolytických enzymů před samotným zpracováním zvýšit, většinou se přidává slad nebo α -amylázy (Hrušková a kol., 2006). Bylo prokázáno, že na hodnotu čísla poklesu má vliv převážně odrůda (Polišenská a kol., 2014), ovšem je do značné míry ovlivňována i počasím. Vydatné srážky v době sklizně mohou způsobit porůstání zrna, důsledkem čehož dojde ke snížení čísla poklesu (Hrušková a kol., 2006). Je prokázáno, že vysoké hodnoty čísla poklesu jsou většinou v oblastech se suchým a teplým počasím (Burešová a Palík 2005). Hodnoty čísla poklesu a jejich interpretace pro pekařské účely jsou shrnuty v Tabulce 3.

Tabulka 3 – Interpretace hodnot čísla poklesu (Palík a kol., 2009)

Hodnota čísla poklesu	Interpretace pro pekařské účely
pod 150	Vysoká aktivita α -amylázy, obilí poškozeno porostlostí. Střída chleba bude mazlavá.
220	Limit pro EU intervenční pšenici.
200 – 300	Optimální aktivita α -amylázy, neporostlé obilí. Střída chleba bude pravděpodobně velmi dobrá.
více než 300	Nízká aktivita α -amylázy. Střída chleba bude drobná, objem bochníku snížený.

3.3.9 Reologické metody

Reologie zkoumá tok látek a jejich deformaci, jejich elasticitu, plasticitu nebo viskozitu. Po vyvinutí určité síly, která působí na materiál, se měří reologické chování látek. K analyzování souvislostí mezi kvalitou mouky a pečeným výrobkem, jsou kromě pečících testů běžně používány i reologické metody. Reologická měření jsou používána především pro stanovení kvality lepku a komplexní funkčnosti dané mouky (Kweon a kol., 2011). Reologických přístrojů, které mohou být použity k měření reologických vlastností těsta je poměrně mnoho. Některé z nich sledují pouze reologické vlastnosti těsta, z nichž se dají usuzovat vlastnosti a kvalita mouky i zrna. Ale existují i přístroje které simulují určité celé technologické pochody a cílem jejich měření je předpovídat chování těsta v průběhu celého technologického procesu (Dobraszczyk a Morgenstern, 2003). Hlavní výhodou reologických přístrojů použitých při měření vlastností těsta je relativně přesné stanovení pekařských vlastností jednotlivých odrůd pšenice, i když přitom nejsou tolik nákladné, jako např. provedení pekařského pokusu. Mezi negativní vlastnosti použití těchto přístrojů patří využití silné deformační síly a to, že jejich měřením je postihnuta pouze část výroby chleba, tedy jen počáteční fáze výroby těsta (hnětení a kynutí). Reologické přístroje lze rozdělit dle několika kritérií. Mezi přístroje simulující proces hnětení, které během toho zjišťují chování těsta, patří: farinograf, konzistograf, promylograf nebo mixograf. Přístroje zjišťující uzanční charakteristiky reologického chování těsta jsou: extenzograf, alveograf a alveokonzistograf (Weipert, 1992). Farinograf a mixograf se obvykle používají k zhodnocení absorpce vody moukou a pevnosti lepku mouky (Kaur a kol., 2014). Mezi nejčastěji zastoupené přístroje v mlýnských laboratořích patří farinograf, extenzograf a alveograf (Dobraszczyk a Roberts, 1994).

Farinograf zaznamenává změnu konzistence těsta, to znamená odpor těsta, při hnětení. Podmínky jsou přesně definované, a to velikostí hnětačky, počtem otáček lopatek a také teplotou (Příhoda a kol.,2003). K pšeničné mouce se postupně přidává destilovaná voda, dokud se nevytvoří těsto o maximální konzistenci. Těsto se poté určitou dobu hněte. Tento přístroj je tedy využíván ke zjištění chování vody v mouce (jakou má vaznost) a času potřebného k dokonalému rozmíchání těsta, což souvisí s rozvojem lepku. (Kweon a kol., 2011). Množství vody, které se přidalo k mouce, dokud nebyla dosažena maximální konzistence, je označeno jako farinografická vaznost mouky. Průběh hnětení je zachycen v podobě farinografické křivky (Channa a kol., 2015). Vaznost mouky se vyjadřuje v procentech, která jsou vztažena na hmotnost mouky. Má silný vztah k výtěžnosti těsta a výtěžnosti pečiva. Silné pekařské mouky mají vaznost kolem 58 % a vyšší. Z měkkých pšenic vyrobené mouky mívají vaznost jen mírně nad 50 %. Mouky, které nejsou vhodné pro pekařské účely, mohou mít vaznost velmi nízkou nebo naopak příliš vysokou, odvíjí se to od tvrdosti zrna (Fu a kol., 2008). Obecně platí, že vyšší vaznost, delší čas potřebný k tvorbě těsta a stabilnější během hnětení bude mouka, co má kvalitnější bílkoviny, tedy dochází k tvorbě kvalitního lepku (Duyvejonck a kol., 2011). Při srovnávání různých vzorků pšenice je však třeba brát v potaz i technologii a způsob namletí pšenice, jelikož to může významně ovlivnit farinografické vlastnosti. Farinograf se dá často využít k tomu, aby se zjistilo, jaký je ideální poměr pšeničné mouky různých kvalit pro získání standardní jakosti (Příhoda a kol.,2003).

Extenzograf je používán k měření tažnosti a odporu těsta. Stejně jako farinograf je velmi vhodným přístrojem při posuzování pekařské kvality mouky, dá se využít jak ve mlýnech, tak i v pekárnách při testování zlepšujících prostředků apod. Pekařská kvalita pšeničné mouky je vyhodnocena na základě standardně připraveného těsta s přidáním solného roztoku. Součástí extenzografu je i tvarovací zařízení, kde je těsto, které bylo připraveno ve farinografické hnětačce za použití mouky, vody, soli, popřípadě i jiných přísad, vytvarováno do tvaru válce. Těsto se nechává určitou dobu odležet a poté se těsto natahuje až do přetržení. Po přetrhnutí se těsto znovu spojí a vytvaruje se a znovu se nechá odležet. Doby odležení jsou zpravidla tři, měří se po 45 minutách, 90 minutách a 135 minutách (Young, 2009). Výsledkem je křivka, z níž se dá vyhodnotit odpor, tažnost a extenzografická energie. Čím silnější a kvalitnější je lepek mouky, tím je těsto mechanicky odolnější a klade vyšší odpor. Pro pečivářskou výrobu jsou vhodné mouky, které mají dostatečnou tažnost a nízkou extenzografickou energii (Prugar, 2008). Farinograf a mixograf jsou nejčastěji používány pro hodnocení tvrdé pšenice, jestli je vhodná pro výrobu chleba (Kaur a kol., 2014).

Alveograf byl vynalezen a vyvinut ve Francii. Stejně jako farinograf a extenzograf slouží k určování kvality pšeničné mouky. Alveograf se řadí mezi nejdůležitější přístroje stanovující reologické vlastnosti těsta (Příhoda a Hrušková, 2007). Tento přístroj hodnotí změnu těsta při konstantním obsahu vody během deformace ve dvou směrech, plátek těsta je napínán tlakem plynu, jedná se o tzv. biaxiální deformaci (Dobraszczyk a Roberts, 1994). Dnes už existuje i novější obdoba tohoto stroje nazývaná jako alveokonzistograf, která umožňuje stanovit vaznost mouky a poté připravit těsto s tzv. adaptovanou hydratací. Navíc je tento přístroj oproti alveografu opatřen tlakovým snímačem, který je umístěný ve stěně hnětače.

Hlavní rozdíl mezi alveografem a extenzografem je ten, že alveograf využívá biaxiální měření roztažnosti (napínání plátku těsta tlakem plynu), extenzograf využívá uniaxiální měření (roztahování hákem) (Banu a kol., 2011). Jiné jsou také podmínky připravování těsta, rozdílné doby odležení a odlišné tvary těst použitých k měření. Přidání většího množství soli a kratší doba hnětení při použití extenzografu způsobí, že je výsledné těsto pevnější než to, které bylo získáno z alveografu, a to i přesto, že se při extenzografické zkoušce přidává větší množství vody (Příhoda a kol., 2003).

V průběhu let se podařilo jednotlivé reologické systémy vzájemně sloučit a získat ještě komplexnější hodnocení, příkladem takového přístroje je Mixolab pocházející od francouzské firmy Chopin (Dvořáček a kol., 2012). Mixolab měří hlavně sílu a stabilitu těsta, dokáže ale stanovit spoustu jiných parametrů (Collar a kol., 2007). Přístrojem Mixolab lze komplexně charakterizovat mouku, lze jím stanovit: kvalitu proteinů tím, že je určena vaznost vody, stabilitu, roztažnost a změknutí těsta, vlastnosti škrobu během jeho mazovatění a retrogradaci, přídavek aditiv a změnu jejich konzistence nebo enzymatickou aktivitu proteáz a amyláz (Banu a kol., 2011). Výsledky získané z mixolabu jsou komplementární s výsledky z alveografu (Codina a kol., 2010).

3.3.10 Pečící testy

Jedná se o jednu z nejkompexnějších metod vyhodnocení kvality obilniny určené k pekařskému využití i vyhodnocení kvality finálního výrobku celkově. Na základě pečícího testu se dá určit kvalita mouky velmi komplexně, např. její síla, ale lze zhodnotit i vliv ostatních složek dané receptury na konečný produkt. Pečících testů existuje několik, všechny mají přesně definované parametry. Je definována použitá receptura, použité technologie a podmínky v průběhu technologického procesu (použití suroviny a jejich smíchání, zrání těsta,

jeho rozdělování, tvarování do klonků, pečení). Rozdílná může být doba hnětení těsta a způsob, jakým je prováděno, průběh kynutí, teplota a doba pečení. Finální produkt se hodnotí pomocí různých parametrů. Po vychladnutí se může hodnotit např. hmotnost, tvar a objem výrobku, pružnost, vlastnosti střídy nebo barva kůrky. Pro vyhodnocení finálního výrobku mohou být použity konkrétní testy a přístroje, např. objem může být změřen objemometrem PK1, rozměry mohou být vyhodnoceny pomocí přístroje s laserovým nebo ultrazvukovým paprskem. Jiné parametry, jako jsou vůně, chuť, tvrdost, vzhled atd., se hodnotí senzorickou analýzou (Příhoda a Hrušková, 2007).

3.3.11 Retenční kapacita mouky

Metoda stanovení retenční kapacity mouky (SRC) představuje komplexní analýzu kvality pšeničné mouky nebo šrotu. Výhoda této metody spočívá v tom, že je potřeba velmi malé množství testovaného materiálu, a navíc postup vyhodnocování je velmi jednoduchý, není potřeba kvalifikovaného personálu (Ram a kol., 2005). SRC je vedena jako metodika pod číslem 56–11 a byla oficiálně přijata americkou institucí American Association of Cereal Chemists (AACC) (Hrušková a kol., 2012). Původně byla metoda SRC vytvořena pro hodnocení mouky z měkké pšenice, časem se ale prokázalo, že se dá toto hodnocení použít i pro mouky z tvrdé pšenice (Kweon a kol., 2011). To, že SRC metoda může být použita i pro evropskou mouku, která je obecně z tvrdších pšenic, i přesto, že původně bylo toto testování navrženo pro posuzování kvality mouky ze severoamerické měkké pšenice, potvrzuje i Duyvejonck a kol. (2012) ve své studii. Potvrzuje se, že SRC je vhodnou alternativní metodou pro posouzení kvality mouky sušenek i chleba vyrobených z evropské tvrdší pšenice.

3.3.11.1 Charakteristika metody SRC

Základem této metody je hodnocení vaznosti mouky po centrifugaci. Ke stanovení jsou použity čtyři definované roztoky (voda, 50% sacharóza, 5% uhličitán sodný a 5% kyselina mléčná), ty umožňují kromě celkové vaznosti mouky posoudit i vlastnosti jednotlivých složek, jako jsou bílkoviny nebo škrob, jelikož obsah těchto složek ovlivňuje schopnost mouky udržet konkrétní roztok (Dvořáček a kol., 2012). Princip metody je založen na nabobtnání polymerních sítí konkrétních složek mouky v těchto rozpouštědlech (Kweon a kol., 2011). Retenční kapacita mouky je hmotnost rozpouštědla, které je vázáno moukou po centrifugaci, vyjadřuje se jako procento hmotnosti mouky (Ram a kol., 2005).

Voda je výchozím rozpouštědlem metody retenční kapacity, dokáže hydratovat a nabobtnat všechny tři polymerní složky mouky. Kapacita zadržování vody (WHC – Water

Holding Capacity) úzce souvisí s posuzováním kvality mouky a výsledného produktu, je důležitou charakteristikou. WHC se obvykle vyjadřuje jako gram vody vázaný v gramu suché složky mouky, to tedy relativně odpovídá hodnotě vaznosti mouky v roztoku destilované vody během stanovení retenční kapacity mouky. Pšeničný lepek je schopný navázat cca 2,8 g vody na jeden gram suchého lepku, nelepkové bílkoviny naproti tomu nejsou schopny navázat vodu v takovém množství, jedná se o bezvýznamné hodnoty. Nepoškozený škrob pšenice je schopen zadržet pouze 0,3 – 0,45 g vody, naopak poškozený škrob, který vznikl během procesu mletí dokáže absorbovat 1,5 – 2,0 g vody na jeden gram suchého škrobu. Pšeničné pentozany, zejména ty, které jsou přístupné rozpouštědlu, nejlépe vážou vodu, jsou schopny zadržet až 10 g vody.

Vaznost mouky ve zbylých třech roztocích (roztok kyseliny mléčné, uhličitanu sodného a sacharózy) je určena vždy jednou konkrétní složkou mouky v roztoku, což jsou pšeničný lepek, poškozená škrobová zrna a pentozany. Tyto komponenty nejsou tedy stejně rozpustné ve všech třech roztocích, jednotlivé složky jsou více rozpustné v konkrétním roztoku více než v samotné destilované vodě (Kweon a kol., 2011). Vaznost mouky v 5% roztoku kyseliny mléčné souvisí s charakteristikou lepkového komplexu. Hodnota pH roztoku kyseliny mléčné je okolo 2. Bakterie mléčného kvašení vytvářejí během fermentačního kvašení přesně takto nízké pH, a proto se roztokem 5% kyseliny mléčné snaží docílit tohoto obvyklého stavu. Vytvořené kyselé prostředí má vliv na funkci gluteninů během procesu kvašení. Míra poškození škrobu je asociována s vazností v roztoku 5% uhličitanu sodného (Dvořáček a kol., 2012), který má hodnotu pH 12. Takové pH je vyšší než hodnota disociační konstanty škrobových hydroxylových skupin, poškozený škrob je snadněji absorbován roztokem a bobtná. Je možné takto odlišit poškozený nebo předem želatinující škrob od nepoškozeného škrobu. Vaznost v roztoku 50% sacharózy je ovlivněna množstvím přítomných pentosanů. Roztok sacharózy má neutrální pH, takže se velmi snadno slučuje s pentozany, které jsou tvořeny xylanem, a dochází k bobtnání pentozanových sítí (Kweon a kol., 2011).

Celkový profil kvality mouky pak lze snadno stanovit kombinací všech čtyř hodnot retenční kapacity (Dvořáček a kol., 2012). Dle studií se potvrdilo, že není vždy třeba vyhodnocovat komplexně celý SRC test, někdy postačí pouze část SRC testu, např. pokud je potřeba znát jenom konkrétní vlastnost mouky (Duyvejonck a kol., 2012).

Metoda SRC vyžaduje 5 g mouky na každé rozpouštědlo. Často není množství zrna dodávané zkušební laboratoří dostatečné, to znamená, že je obtížné získat potřebných 20 g vzorku mouky. Také nebývá dostatek času na namletí tisíce vzorků a vypěstování dalších

experimentálních generací obilovin. Dle studie Bettge a kol. (2002) může být potřebné množství vzorku mouky zmenšeno až na 0,2 g vzorku s použitím 1 ml roztoku. Zejména při využití této metody u šlechtitelských programů, kde je cílem odstranit genotypy, které mají nejmenší potenciál k tomu, aby mohly být zpracovány pro konečné použití. Pokud je však zapotřebí detailnější predikce kvality mouky a jejího potenciálu pro konečného využití, je vhodnější použít klasické hodnoty této metody, tedy 5 g vzorku mouky (Bettge a kol., 2002).

Technologie SRC je velmi praktická metoda pro určení kvality mouky a má relativně široký rozsah využití (Kweon a kol., 2011). Avšak zatím je metoda SRC využívána zejména v zahraničí oproti České republice, kde není její používání v běžném provozu tolik časté. Její využití v České republice se uplatňuje zejména ve šlechtitelských a výzkumných pracovištích a na univerzitách. Zatím totiž nebyl ověřen význam této metody pro stávající systém hodnocení pečivářské a pekárenské kvality pšenice. Komplex informací o metodě SRC pro české uživatele je uveden v metodice: Využití metody retenční kapacity mouky pro predikci technologické kvality pšenice v České republice pro praxi, vydané Dvořáčkem a kolektivem (2012).

3.3.11.2 Mletí pšenice a jeho vliv na hodnoty SRC testu

Mletí obilí je mechanický proces, který postupně vede k tvorbě mouky (Yu a kol., 2015). Mletí se skládá z několika procesů, které na sebe přímo navazují. V každé fázi je zpracována jiná část obilky a jsou produkovány složky o různém složení (Hrušková a kol., 2011). Snaha procesu mletí je úplné oddělení obalových vrstev zrna od endospermu a rozmělnění endospermu na předepsanou jemnost. Procesy probíhají na mlecích válcích a stolicích. Mlecí zařízení se skládá ze dvou válců, které se otáčejí nestejnou rychlostí, povrch válců je hladký nebo rýhovaný. U každého páru válců lze nastavit šířku mlecí spáry. Spára by neměla být o hodně menší než mletý materiál. Vlastní mletí je prováděno na mlecích stolicích, které mají nastavitelné parametry, jelikož proces mletí se skládá z několika mlecích pasáží a je třeba měnit parametry podle potřeby dané pasáže. Každá pasáž se skládá z drtícího procesu a třídícího procesu. Třídící proces zahrnuje třídění namletého materiálu na hrubě a jemně granulovaný produkt, to znamená na mouku a krupice. Rozdíl mezi moukou a krupicí je takový, že mouka obsahuje menší částice a vzniká hlavně v posledních etapách procesu mletí, krupice obsahuje větší částice, které jsou viditelné okem. Větší počet pasáží pozitivně koreluje s výtěžností. Mletí pšenice se dělí na tři etapy technologického postupu, které se dále dělí na jednotlivé pasáže. Za prvé je to šrotování, kdy dojde k otevření obilného zrna a nadrcení endospermu, výtěžek mouk je však v této části mletí velmi nízký. Vzniká tzv. šrot,

který obsahuje obalové vrstvy zrna. Druhou fází je luštění krupic, kdy dochází k drcení krupic a odstranění větší části obalových vrstev. Poslední etapou je vymílání, zde už jsou obalové vrstvy odstraněny a dochází k drcení čistého endospermu na požadovanou jemnost. Technologický proces v současné době obsahuje zpravidla pět šrotových, pět luštících a šest vymílacích pasáží (Food and Agriculture Organization, 2010).

K namletí mouky pro měření předlohových hodnot pomocí metody SRC se využívají zkušební laboratorní mlýny (Kweon a kol., 2011). Tyto mlýny mohou být rozděleny na ty, ze kterých se získá jednomletá mouka, ty se od sebe liší počtem válců a velikostí ok v prosévacích sítích, a na ty, které slouží k vícedruhovému mletí. Mlýny na vícedruhové mletí jsou zpravidla složitější a také větší, je zde snaha o napodobení komerčního mletí. Zahrnují více mlecích chodů, vznikají tak pasážní mouky a různých vlastnostech. Ke stanovení výsledků metod, které vyhodnotí kvalitu konkrétních složek mouky (např. kvalita a složení bílkovin, lepku nebo škrobu), jsou využity jednomleté mouky. Mlýny na vícedruhové mletí se využívají spíše ke stanovování výtěžnosti jednotlivých pasážních mouk nebo ke stanovení efektivity mletí (Příhoda a Hrušková, 2007).

Změnou velikosti mlecí spáry je ovlivněna nejen velikost zrna mouky, ale dochází i k poškození granulovaného škrobu. Mletí způsobí, že se změní struktura škrobu, a to může značně ovlivnit i funkční vlastnosti mouky (Yu a kol., 2015). Mletím jsou granule škrobu rozemílány, až do vzniku jemného prášku. Míra poškození škrobu v pšeničné mouce je velmi důležitá, jelikož s poškozeným škrobem se mění i reologické vlastnosti těsta, a tím i kvalita finálních produktů. Množství poškozeného škrobu závisí na tvrdosti zrna, obsahu bílkovin a způsobu mletí. Nepoškozená škrobová zrna jsou schopna absorbovat vodu v množství, které je menší než polovina jejich hmotnosti, naopak poškozené granule škrobu jsou schopny vázat vodu o stejném množství jako je jejich hmotnost (Khan a kol., 2014). Pokud jsou dodrženy stejné podmínky mletí, poškození škrobových zrn tvrdé pšenice bývá zpravidla vyšší než těch z měkké pšenice. Je totiž třeba vynaložit větší sílu na rozemletí zrna z tvrdé pšenice, a tím dojde i většímu poškození škrobových granulí. Naopak je tomu u zrn z měkké pšenice, kde stačí vynaložit mnohem méně síly a energie, nedochází tedy k tak velkému poškození škrobu (Yu a kol., 2015). Množství poškozených škrobových zrn se pohybuje většinou v rozmezí 5 – 15 %. Kvalitnější bývají mouky z tvrdé pšenice, jsou tedy preferovány, pokud je požadována vyšší pekařská jakost konečných výrobků (Dvořáček a kol., 2012).

Výsledky testů stanovení retenční kapacity se mění nejenom na základě kvality pšeničného zrna, ale souvisí i se způsobem mletí. Nejvíce jsou tímto ovlivňovány hodnoty SRC v destilované vodě a roztoku uhličitanu sodného. S rostoucím množstvím poškozených

škrobových zrn rostou i hodnoty SRC v těchto roztocích. Nižší souvislost mezi poškozením škrobu a nárůstem hodnot lze nalézt u zbývajících výsledků testu SRC, a to v roztoku sacharózy a kyseliny mléčné, ovšem stále je korelace mezi těmito dvěma hodnotami pozitivní. Z výsledků studie vyplývá, že s využitím metody SRC, lze odhadem určit množství poškozených škrobových zrn, ke kterému došlo v průběhu mletí. Toto množství však nelze odhadnout naprosto přesně, protože k poškození škrobu kromě mletí přispívá částečně i α -amyláza a její působení. Tento enzym je aktivní zejména za vlhkého počastí v průběhu zrání pšenice, a dochází tak k rozkladu škrobových zrn na jednodušší sacharidy (Khan a kol., 2014). Aktivita α -amylázy se měří již výše zmíněným stanovením čísla poklesu neboli pádovým číslem (Suková, 2012).

Metoda stanovení retenční kapacity poskytuje informace o všech funkčních složkách v mouce najednou. Pokud je to zapotřebí, mohou pak být na základě výsledků upraveny některé faktory ve mlýně, např. úprava zrna před mletím nebo samotné nastavení mlecích válců a stolic. Namletím mouky ve zkušebním laboratorním mlýně se stanoví tzv. předloha, hodnoty ze všech čtyř roztoků, které mohou být dále použity, jelikož se předpokládá, že budou shodné s hodnotami konečné směsi mouky. Pokud se mezi těmito hodnotami (moukou ze zkušebního mlýnu a komerční směsí) objeví rozdíl, poukazuje to na potřebu změnit úpravu pšenice před mletím nebo nastavení mlecích válců a stolic (Kweon a kol., 2011). Namletí obilného zrna v laboratorním mlýně je standardizováno několika normami. Příprava zrna před mletím zahrnuje navlhčení (ovlivňuje viskoelastické vlastnosti mouky) a odležení zrna pšenice a je velmi důležitá, jak už bylo zmíněno, dokáže ovlivnit poškození škrobových zrn, ale nejenom to, příprava zrna před namletím může ovlivnit i obsah živin (obsah popela), kvalitu a množství bílkovin a celkovou výtěžnost mouky (Příhoda a Hrušková, 2007).

3.3.11.3 Metoda SRC a její užití pro potravinářský průmysl

Výsledné hodnoty SRC testů uvádí informace o různých vlastnostech a možnostech užití mouky. Uplatnění této praktické metody lze nalézt v mnoha odvětvích, hlavně tedy v potravinářském průmyslu. Kvalita konečného produktu je ovlivněna složením zrna a produkcí celkově. Hodnocení kvality mouky i finálního výrobku je velmi důležité jak pro pěstitele, mlynáře, tak i pro pekaře. Je důležité vybrat takové odrůdy pšenice, které mají optimální produkci. Vliv na kvalitu má genetika zrna, podmínky pěstování, mletí zrna i finální fáze zpracování, tedy zpracování těsta a pečení. Při stanovení se zpravidla hodnotí všechny kroky, počínaje mletím mouky, přípravou těsta a poté i pečením (Kweon a kol., 2011).

SRC testy jsou uplatňovány nejen pro predikci kvality pšenice a produktů z ní, ale i při šlechtění pšenice, i když v menším rozsahu (Hrušková a kol., 2012). Po sobě následující generace se vyhodnocují a lze určit, jaký je slibný genofond, dojde pak k jeho posunu, a naopak usoudit, který genofond je nevhodný, a ten odstranit. Pokud dojde pomocí šlechtitelského programu k úpravě jednotlivých složek v zrně,lepší se i vlastnosti mouky, a tím je vylepšena i kvalita finálního produktu (Kweon a kol., 2011).

Mletí mouky se skládá z několika procesů, které na sebe přímo navazují. V každé fázi je zpracována jiná část obilky a jsou produkovány frakce o různém složení, hlavně chemickém. Tyto frakce se nazývají pasážní mouky. Aby vznikla mouka požadovaných vlastností, je někdy třeba konkrétní meziprodukty mezi sebou smísit. Tím se získá ideální směs mouky pro komerční použití. Při mlýnském zpracování jsou požadovány spolehlivé a relativně lehké metody pro stanovení kvality mouk, jelikož meziprodukty jsou velmi různorodé a spotřebitelské nároky jsou mnohdy vysoké (Hrušková a kol., 2011). Jako ideální řešení se nabízí metoda SRC, která je levná a časově téměř nenáročná a také nevyžaduje velké množství materiálu (jak už bylo zmíněno, postačí max. 5 g na jeden roztok). Při mísení pasážních mouk je tedy metoda SRC velmi vhodná (Kweon a kol., 2011). K dosažení určité směsi mouky se využívá křížového pravidla, toto pravidlo bývá běžně využíváno např. v mlékárenském průmyslu. Princip je založen na tom, že je potřeba získat mouku s hodnotou SRC testu X %. Jedna mouka má hodnotu retenční kapaliny ve vybraném roztoku Y % a druhá Z %. Křížovým pravidlem jsou od sebe jednotlivé hodnoty odečteny (vždy menší číslo je odečteno od vyššího, je-li hodnota Z % menší než X % a hodnota Y % větší než X %, potom hodnotu Z % je odečtena od X % a hodnotu X % je odečtena od hodnoty Y %). Z výsledků se získá poměr, podle kterého jsou mouky potom smíseny. Sice se nejedná o naprosto spolehlivý způsob smísení, ale je velmi rychlý, a tím je vhodný pro odhad jednotlivých složek ve směsi (Dvořáček a kol., 2012).

Metoda stanovení retenční kapacity mouk bývá využita k posuzování kvality pšeničných mouk, ze kterých se vyrábí sušenky, důležité jsou zejména hodnoty v roztoku destilované vody, uhličitanu sodném a sacharózy. K přímému stanovení kvality těsta pro výrobu chleba jsou testy SRC využívány méně. Je prokázáno, že na výrobu produktů s prodlouženou trvanlivostí a chleba jsou vyžadovány rozdílné vlastnosti mouky. Na základě studie byly stanoveny orientační hodnoty pro mouky vhodné na přípravu sušenkového těsta – LASRC ≥ 87 %, SCSRC ≤ 64 %, SuSRC ≤ 89 % a WSRC ≤ 51 % a pro mouky na výrobu kynutých těst a chleba – LASRC ≥ 100 %, SCSRC ≤ 72 %, SuSRC ≤ 96 % a WSRC ≤ 57 % (Duyvejonck a kol., 2012).

Sušenky jsou důležitým produktem v pečivářenském průmyslu. Kvalita sušenek je většinou hodnocena hodnotami průměru, tloušťky, poměru rozprostření (Pasha a kol., 2009). Pro výrobu sušenek a výrobků podobných vlastností je vhodná mouka s nižší absorpcí, jelikož nižší obsah vody v těstě je nutný při přípravě těchto produktů (Kaur a kol., 2014). Je nezbytné, aby obsah vody nebyl příliš vysoký, to by pak způsobilo, že voda by nešla tak snadno odstranit během pečení, sušenky by pak neměly typicky nízkou vlhkost a snížila by se jejich prodloužená trvanlivost. V případě příliš vysoké absorpce mouky se také prodlužuje doba pečení i teplota v průběhu. Pokud se poté nadměrné množství vody nechá odstranit, je to velmi ekonomicky nevýhodné, náklady na odstranění nadměrného množství vody jsou příliš vysoké. Žádoucí při výrobě sušenek jsou nízké hodnoty retenční kapacity v roztoku kyseliny mléčné a uhličitanu sodným, které dokazují menší poškození škrobových zrn a méně silný lepek (Kweon a kol., 2011). Menší síla lepku a poškození škrobu vede k tomu, že se v průběhu pečení nevytváří strukturní síť, což je velmi žádoucí (Kaur a kol., 2014). Je vhodné, aby tyto výrobky měly větší průměr, ale byly tenčí. Hodnoty retenční kapacity v roztoku sacharózy souvisí s obsahem extrahovatelných pentosanů. U výroby sušenek je vyžadován menší obsah těchto pentosanů v mouce. Pokud by se v mouce vyskytovalo pentosanů příliš, struktura výrobků by nebyla v normě, výrobky by byly příliš vysoké, a také by se zvýšila jejich vlhkost, a tím by opět došlo ke snížení trvanlivosti (Kweon a kol., 2011). Jak vyplývá ze studie, výsledné hodnoty testu SRC ovlivňují konečný tvar sušenek. Vaznost destilované vody pozitivně koreluje s poměrem rozprostření sušenek, ale nesouvisí s tloušťkou. Již zmíněné hodnoty kyseliny mléčné a sacharózy pozitivně souvisí s tloušťkou sušenek, ale jejich rozprostření neovlivňují (Pasha a kol., 2009).

Pokud je pro výrobu sušenek použita evropská mouka, která obsahuje vyšší množství poškozeného škrobu a má silnější lepek, je třeba tyto aspekty nějak potlačit. Aby bylo dosaženo požadovaného chování těsta během pečení, přidává se během výroby sušenek více cukru než při výrobě sušenek z mouky severoamerické (Duyvejonck a kol., 2012). V dnešní době se problematika cukru velmi řeší, snaha je o zmenšení jeho množství téměř u všech výrobků. Výsledky studie však ukázaly, že pokud sacharózu nahradíme ribózou nebo xylózou, dojde ke zvýšení vlhkosti a tloušťky sušenek, a naopak zmenšení průměru. Dochází k tomu proto, že tyto cukry způsobují ještě větší nabobtnání pentosanů než sacharóza. Proto je zapotřebí provést ještě další výzkumy v této oblasti (Kweon a kol., 2011).

Produkty s prodlouženou trvanlivostí mohou mít ještě o něco specifitější požadavky na vlastnosti mouky než sušenky, např. při výrobě krekrů je zapotřebí vysoká síla lepku, rozhodně vyšší než při výrobě sušenek. Ovšem zde je důležitá kvalita všech tří komponentů,

proto by se měl test SCR brát v potaz komplexně. Studie také ukázala, že pokud přidáme enzymy jako je např. α -amyláza, tak je výsledek pečení pozitivní, sníží se drobivost krekrů, a naopak zvýší jejich výška (Kweon a kol., 2011).

Požadované vlastnosti mouky na výrobu chleba jsou odlišné od těch, které jsou potřeba pro přípravu sušenek. Za vhodné pro přípravu těsta na výrobu chleba jsou považovány mouky s hodnotami retenční kapacity v roztoku kyseliny mléčné větší než 100 % (Duyvejonck a kol., 2012). Mouka určená k produkci chleba by měla mít vyšší absorpci. Žádoucí jsou vysoké hodnoty retenční kapacity v roztoku kyseliny mléčné a uhličitanu sodným, které dokazují větší množství poškození škrobových zrn a silnější lepek. Také množství extrahovatelných pentosanů je požadováno vyšší, s čímž souvisí i vyšší hodnoty SRC v roztoku sacharózy. (Kweon a kol., 2011). Studie Xiao a kol. (2006) prokázala, že hodnoty retenční kapacity v roztoku kyseliny mléčné souvisí nejen s charakteristikou lepkového komplexu, ale i s objemem bochníku chleba, pokud byl vyroben z tvrdé ozimé pšenice nebo z mouk s podobným obsahem bílkovin. Objem takového bochníku má pozitivní korelaci i s hodnotami SRC v roztoku sacharózy (Xiao a kol., 2006). V neposlední řadě objem bochníku předpovídá i hodnota retenční kapacity v destilované vodě, jelikož je typické, že objem chleba roste s obsahem vody (Duyvejonck a kol., 2012). Hodnoty retenční kapacity v roztoku kyseliny mléčné a v roztoku sacharózy pozitivně souvisí s obsahem bílkovin v mouce, hlavně hodnoty SRC v roztoku kyseliny mléčné, na základě toho se dá kvalita bílkovin určit relativně přesně. Hodnoty vaznosti v 5% kyselině mléčné dokáží určit kvalitu bílkovin i u mouk s velice podobným rozsahem bílkovin. Ovšem samotný obsah bílkovin s objemem chleba nijak nesouvisí, pouze poměrně malé rozmezí kvalitních bílkovin. Další důležitý parametr, který se hodnotí, je vzhled krajíce chleba, hodnotí se drobivost střídy a její charakteristika. Vyrobený chléb se nechá den odležet, poté se nakrájí strojem na plátky a je vyhodnocen. Drobitost chleba souvisí i s objemem bochníku, a je tedy v pozitivní korelaci s hodnotami retenční kapacity v roztoku kyseliny mléčné, korelace roste s obsahem bílkovin v mouce. Vztah mezi celkovým obsahem bílkovin a drobitostí není významný. Hodnoty vaznosti mouky v kyselině mléčné se na základě studie jeví jako velmi vhodný ukazatel kvality chleba (Xiao a kol., 2006).

Hodnoty stanovené metodou retenční kapacity u všech čtyř roztoků mohou být využity ke stanovení hodnot různých referenčních mouk. Referenční mouky pak jsou využity k výrobě finálních výrobků různých druhů. Ještě přesnějším parametrem pro stanovení těchto hodnot se ukázal parametr GPI, který zahrnuje velmi komplexní hodnocení mouky. Jedná se o index výkonnosti lepku (Gluten Performance Index) (Kweon a kol., 2011). Parametr GPI se

dle studií jeví jako nejlepší ukazatel kvality např. při výrobě krekrů nebo při výrobě chleba je ukazatelem objemu bochníku. GPI je parametr, který poskytuje informace o všech třech funkčních komponentech mouky. Je schopen porovnat obsah lepku a nebílkovinných látek. Vypočte se jako podíl hodnot retenční kapacity v kyselině mléčné součtem hodnot retenční kapacity v roztoku sacharózy a uhličitanu sodného (Duyvejonck a kol., 2012). Na vypočtené referenční hodnoty nelze však spoléhat na 100 %, jelikož mouka je soubor skládající se z mnoha součástí, které se navzájem ovlivňují (Kweon a kol., 2011).

3.4 Vztah mezi metodou SRC a ostatními kvalitativními ukazateli

Mnoho autorů na základě svých studií popisuje vztahy mezi parametry metody SRC a běžnými specifickými vlastnostmi mouky a těsta. Také jsou prokázány korelace mezi hodnotami nepřímých i přímých metod vyhodnocujících kvalitu obilného zrna a výsledky metody SRC (Duyvejonck a kol., 2012).

Je poměrně logické, že existuje vztah mezi hodnotami LASRC a stanovením bílkovin v mouce (Ram a kol., 2005), důkazem je pozitivní korelace mezi hodnotami stanovení retenční kapacity v roztoku kyseliny mléčné a stanovením sedimentačního indexu (Kaur a kol., 2014). Mimo jiné se také ukázalo, že výsledné hodnoty stanovení sedimentačního indexu dle Zelenyho, dokážou lépe odhadnout objem chleba než hodnoty LASRC. Pokud jsou hodnoty LASRC upraveny, aby určovaly pouze polymery netvořící lepek, jsou také schopné předvídat objem chleba s podobnou přesností jako hodnoty stanovení sedimentačního indexu (Duyvejonck a kol., 2012). Dle výsledků výzkumu Kaura a kol. (2014) je patrné, že existuje korelace mezi hodnotami LASRC a množstvím gluteninu, který je v mouce obsažen. Nebyl však prokázán žádný vztah mezi obsahem bílkovin celkově a hodnotami LASRC, negativní korelace byla také mezi výsledky stanovení Gluten Indexu, obsahu suchého či mokrého lepku a hodnotami LASRC. Hodnota LASRC je ovlivňována výhradně obsahem gluteninu. Není tedy pravidlem, že celkový obsah bílkovin při posuzování kvality je hlavním ukazatelem celkové kvality lepku. Mezi hodnotami LASRC a SCSRC nebyl prokázána žádný vztah, tudíž korelace mezi hodnotami SCSRC a obsahem gluteninu je negativní (Kaur a kol., 2014).

Velmi pozitivní vztah byl prokázán mezi hodnotami SCSRC a tvrdostí zrna, což je jeden ze základních parametrů určování technologické kvality zrna. Jelikož tvrdší zrno potřebuje více síly a energie k rozemletí, dochází k většímu poškození škrobu, a mouka z těchto zrn vyrobená pak má vyšší obsah poškozených škrobových zrn, který souvisí s hodnotami v roztoku uhličitanu sodného. Kromě těchto hodnot souvisí množství

poškozeného škrobu i s retenční kapacitou v destilované vodě (Kaur a kol., 2014). Hodnoty SCSRC vykazují velmi pozitivní korelaci s hodnotami WSRC, to poukazuje na to, že hlavním faktorem pro stanovení absorpce vody je množství poškozeného škrobu v mouce (Ram a kol., 2005). Čím je vyšší obsah poškozených granulí škrobu, tím více vody je schopná mouka absorbovat, proto je pozitivní korelace i mezi tvrdostí zrna a hodnotami WSRC (Kaur a kol., 2014). Ukázalo se, že odrůdy pšenice, které mají méně tvrdé zrno, mají vyšší hmotnost tisíce zrn (také jeden ze základních ukazatelů celkového výnosu zrna a technologické kvality). S měkčím zrnem souvisí nižší obsah poškozených škrobových zrn. Korelace mezi hodnotami SCSRC a hmotností tisíce zrn je tedy negativní (Kaur a kol., 2014; Xiao a kol., 2006).

Voda je nezbytná pro vznik lepku a je potřebná pro správný průběh chemických reakcí, které probíhají během vzniku těsta, hnětení i během pečení. Souvislost, co se týče absorpce vody, se prokázala mezi hodnotami SRC a farinografickou absorpcí vody. Tato korelace je velmi výhodná, jelikož pro odhad optimální absorpce vody pomocí farinografu je potřeba provést několik opakování, které jsou časově náročné a je potřeba relativně velké množství mouky, proto je použití metody SRC v některých případech mnohem výhodnější. Zjištění, že postačí tohoto jednoduchého testu k predikci absorpce vody, může sloužit k snadnějšímu zlepšení kvality pšenice (Ram a kol., 2005). Dá se toho využít např. v programech pěstitelství, které mají za cíl zkvalitnění odrůd pšenice. Hodnoty testu SRC stanovují obsah pentozanů, poškozeného škrobu a bílkovin, těchto informací se dá využít k predikci farinografických vlastností v příští generaci (Kweon a kol., 2011).

Farinograf se používá nejen pro měření absorpce vody, ale také k predikci konzistence těsta a síly lepku. Doba potřebná k tomu, aby farinografická křivka dosáhla vrcholu a těsto svojí nebo maximální konzistence, určuje relativní sílu mouky. Může být označena jako FPT (Farinograph peak time). Hodnota FPT prokazuje pozitivní korelaci s hodnotami SuCSRC, obsahem bílkovin, tím pádem i s hodnotami LASRC. Stabilita těsta, doba, po kterou těsto vydrží v maximální konzistenci, je dalším důležitým parametrem. Určí se tím, jakému mechanickému vypětí může být těsto vystaveno. Všechna těsta jsou nakonec rozmíchána za soustavného míchání, pouze je k tomu potřeba rozdílná doba. Mouka vynikající kvality má stabilitu více než 10 minut. Negativní korelace se prokázala mezi hodnotami WSRC a SCSRC a stabilitou těsta (Ram a kol., 2005).

4 Materiál a metodika

Test SRC byl proveden na základě metodiky AACC 56–11 a nepřímé metody hodnocení jakosti dle příslušných norem ČSN.

4.1 Testované odrůdy pšenice

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v současnosti deklaruje 4 kategorie potravinářské pšenice:

- Kategorie E – elitní pšenice (velmi dobrá kvalita, zlepšující vlastnosti)
- Kategorie A – kvalitní pšenice (dobrá kvalita, lze zpracovat samostatně)
- Kategorie B – chlebová pšenice (doplňková, používá se při výrobě směsí)
- Kategorie C – nevhodná k pekařskému zpracování

Následující přehled vlastností konkrétních odrůd a informace o pokusných lokalitách byly zpracovány na základě publikace Obilniny 2017, vydané Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZÚZ).

Annie

- středně raná odrůda, jakostní kategorie E – elitní
- vysoká mrazuvzdornost, střední až dobrá odolnost proti poléhání
- velmi vysoký obsah N-látek, hodnota Zelenyho testu a číslo poklesu
- velmi vysoký objem pečiva

Bernstein

- polopozdní až pozdní odrůda, jakostní kategorie E – elitní
- středně odolná k poléhání, menší mrazuvzdornost
- velmi vysoký obsah N-látek a objemová hmotnost
- vysoké hodnoty Zelenyho testu, vaznosti mouky, čísla poklesu, objemové hmotnosti a obsahu N-látek
- objem pečiva vysoký

Dagmar

- velmi raná odrůda, jakostní kategorie A – kvalitní

- třetí nejpěstovanější odrůda jakostní kategorie A v ČR
- vysoká odolnost vůči porůstání zrna a poléhání
- vysoká objemová hmotnost, hodnota Zelenyho testu, vysoké a stabilní číslo poklesu a vysoký objem pečiva

Fakir

- polopozdní odrůda, jakostní kategorie A – kvalitní
- střední odolnost k poléhání, vysoká mrazuvzdornost
- vysoká hodnota u všech jakostních parametrů – vysoký obsah dusíkatých látek a vynikající objemová hmotnost
- objem pečiva vysoký

Pankratz

- polopozdní až pozdní odrůda, jakostní kategorie A – kvalitní
- velmi dobrá odolnost proti poléhání a mrazuvzdornost
- vysoká objemová hmotnost a vysoké číslo poklesu
- nižší hmotnost tisíce zrn, ale vysoký počet produktivních klasů

Gordian

- polopozdní odrůda, jakostní kategorie B – chlebová
- vysoká odolnost poléhání, střední až dobrá mrazuvzdornost
- nižší hmotnost tisíce zrn, vysoký výnos
- vysoká objemová hmotnost a číslo poklesu

Hyfi

- středně raná hybridní odrůda, jakostní kategorie B – chlebová
- středně odolné až odolné proti poléhání
- obsah dusíkatých látek středně vysoký až nízký, objemová hmotnost nižší a menší stabilita čísla poklesu

Bonanza

- polopozdní hybridní odrůda, jakostní kategorie C – nevhodná pro pekařské využití, krmná odrůda

- dobrá až velmi dobrá odolnost proti poléhání, vysoká mrazuvzdornost
- vynikající výnos zrna
- objem pečiva nízký
- obsah N-látek, hodnota Zelenyho testu a objemová hmotnost jsou nízké, nestabilní číslo poklesu

Frisky

- polopozdní odrůda, jakostní kategorie C – nevhodná pro pekařské využití, krmná jakost
- vysoká mrazuvzdornost, odolná vůči poléhání
- zrna středně velké, vysoká objemová hmotnost
- lze pěstovat po obilnině i kukuřici na zrna

4.2 Charakteristika lokalit a průběh počasí v roce 2015/2016

Pokusné oblasti Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského jsou rozděleny podle půdních a klimatických podmínek. Kvalita zrna a jeho složení jsou lokalitou ovlivňovány.

Čáslav

- kód stanice: CAS
- nadmořská výška: 260 m
- dlouhodobá průměrná teplota: 8,9 °C
- dlouhodobý průměrný úhrn srážek: 555 mm
- půdní typ a druh: černozem hnědozemní – hlinitá půda
- zemědělská výrobní oblast: řepařská

Lednice

- kód stanice: LED
- nadmořská výška: 171 m
- dlouhodobá průměrná teplota: 9,6 °C
- dlouhodobý průměrný úhrn srážek: 461 mm
- půdní typ a druh: černozem typická – hlinitá půda (střední)
- zemědělská výrobní oblast: kukuřičná
- jihomoravský kraj, jižní Morava

Průběh počasí v roce 2015/2016

- Podzim velmi suchý – náročná příprava pro setí ozimů, vlivem sucha vcházení bylo často nerovnoměrné
- Častější a větší množství srážek přišlo až koncem října, rostliny však dohnaly počáteční pomalejší růst – před zimou rostliny povětšinou silné a dobře odnožené
- Zima byla velmi mírná, téměř bez sněhu, ten se objevil až na začátku března
- V dubnu bylo mírné počasí s optimální jarní teplotou a bez teplotních výkyvů
- Ke konci dubna a května přišly mírné přízemní mrazy, ale rostliny zůstaly nepoškozeny
- V květnu a červnu se vyskytovaly bouřky s krupobitím, ale žádná lokalita nebyla poškozena
- V červu došlo k prvnímu poléhání porostu
- První polovina července byla velmi teplá, vyskytovaly se tropické dny. Srážky hlavně v podobě bouřek
- Poté panovalo výrazné sucho následované vydatnými dešti
- Polehlé porosty prosychaly a sklizeň byla komplikovaná, několik podmáčených a polehlých kusů nebylo možné sklídit
- Celkově však byl rok pro obiloviny příznivý

- Vysoký výskyt infekce (padlí) v oblasti Čáslavi i Lednice
- Rez plevová především v kukuřičných oblastech (Lednice)
- Deštivé počasí v období sklizně se odrazilo v menší objemové hmotnosti, očekávalo se snížení čísla poklesu, ale to nemělo takový vliv

4.3 Metodika stanovení objemové hmotnosti

Zkušební pomůcky:

- laboratorní váhy s přesností $\pm 0,1$ g
- kovová násypka – ve tvaru válce s kolmými stěnami a rovným dnem, obvodu stěny umístěna značka hladiny

- kovový plnič – tvar válce s kolmými stěnami, otevřený na obou koncích
- odměrná nádoba – rovné a děrované dno, zajištěna proti posuvu
- kovový běhoun – uzavřený válec s kolmými stěnami a rovným zakončením
- tenký plochý nůž s čepelí z kalené oceli opatřený rukojetí
- kovová příruba – odměrná nádoba je k ní pevně připojena

Pracovní postup:

Přístroj se postaví do svislé polohy na pevný nepohyblivý podklad. Odměrná nádoba se připevní na přírubu a nůž se zatlačí do štěrbin odměrné nádoby tak, aby byl nápis viditelný shora. Běhoun se umístí na nůž tak, aby výrobní číslo bylo nahoře. Plnič se umístí výrobním číslem vpřed. Násypka je po značku naplněna vzorkem zrna a poté se z výšky 3 – 4 cm během 11 – 13 sekund vyprázdní do plniče. Po naplnění se velmi rychle vytáhne nůž. Po propadnutí běhounu i zrna do odměrné nádoby se vloží nůž zpět do štěrbin a plynule se protlačí zrnem. Přebytečné zrno, které zůstalo ležet na noži se vysype a poté se odstraní plnič a nůž. Obsah odměrné nádoby se zváží na vahách s přesností na 1 g.

Výpočet:

Ke stanovení objemové hmotnosti, vyjádřené v kg/hl se hmotnost obilovin v gramech obsažených v odměrné nádobě o objemu 1 l přepočítá podle rovnice.

Objemová hmotnost v kg/hl pro pšenici se rovná: $0,1002 m + 0,53$.

Výsledek se vyjádří s přesností na 0,1 kg/hl pro danou vlhkost.

4.4 Metodika stanovení vlhkosti

Zkušební pomůcky:

- laboratorní váhy s přesností $\pm 0,001$ g
- laboratorní šrotovník – vyrobený z materiálu neabsorbující vlhkost, snadno čistitelný, co nejmenší nevyužitelný prostor, snadno nastavitelný na předepsanou granulaci
- kovová nekorodující vysoušečka s dobře těsnícím víčkem
- sušárna termostatická – regulovaná na teplotu během sušení $130 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$
- exsíkátor – obsahuje účinné vysoušecí činidlo

Pracovní postup:

Vzorky jednotlivých odrůd byly zpracovány na šrot pomocí mlýnu YM-10. Do předem vysušené vysoušečky s víčkem, zvážené s přesností na 0,001 g, se naváží 5 g, s přesností také 0,001 g, laboratorního vzorku, který byl předtím důkladně promíchán. Vzorek se rozprostře do stejnoměrné vrstvy na dno misky. Miska s odklopeným víčkem se vloží do předem vyhřáté sušárny na 130 °C a ponechá se zde přesně 120 minut od chvíle, kdy teplota znovu dosáhne 130 °C. Po uplynutí této doby se miska v sušárně uzavře víčkem a vloží se do exsikátoru. Po vychladnutí na laboratorní teplotu se miska s víčkem a vysušeným vzorkem zváží s přesností na 0,001 g.

Výpočet:

Obsah vlhkosti v % s vypočítá ze vzorce:

$(\text{hmotnost před sušením} - \text{hmotnost po sušení}) * 100 / \text{navážka}$

Obsah sušiny v % se vypočte podle vzorce:

$100 - \text{vlhkost (\%)}$

Výsledek se uvádí na jedno desetinné místo.

4.5 Metodika stanovení obsahu dusíkatých látek

Chemikálie:

- katalyzátor – tablety 6,5 g K_2SO_4 , 3,5 mg Se
- destilovaná voda
- kyselina sírová (H_2SO_4) koncentrovaná
- kyselina sírová (H_2SO_4) roztok 0,2N (6 ml koncentrované kyseliny sírové se v odměrné baňce o objemu 1 litr doplní po značku destilovanou vodou)
(stanovení faktoru: 0,6 hydrogenuhličitanu draselného KHCO_3 se rozpustí v 30 ml destilované vody. Přikápnou se tři kapky methyloranže a titruje se 0,2N roztokem kyseliny sírové, dokud se neobjeví první oranžové zabarvení. Titrační baňka se přikryje hodinovým sklem a roztok se opatrně povaří, to slouží k odstranění oxidu uhličitého (CO_2). Poté se roztok ochladí a titruje se do trvalého oranžového zbarvení. Faktor = $29,97 / \text{spotřeba } \text{H}_2\text{SO}_4$)
- methyloranž – 0,1% roztok (0,1 g barviva se rozpustí v destilované vodě v odměrné baňce o objemu 1 litr, doplní se po rysku destilovanou vodou)

- hydroxid sodný NaOH – 40% roztok (400 g hydroxidu sodného se rozpustí v destilované vodě a v odměrné baňce o objemu jeden litr se doplní po značku destilovanou vodou)
- kyselina boritá H_3BO_3 – 1% roztok (50 g kyseliny borité se rozpustí v 1000 ml horké destilované vody a po ochlazení se doplní destilovanou vodou na objem 5000 ml)
kontrola: do 100 ml destilované vody se odpipetuje 25 ml 1% roztoku kyseliny borité s Tashiro indikátorem. Vzniklý roztok by měl mít světle šedou barvu.
- Tashiro indikátor – roztok (0,05 g bromkresolové zeleně a 0,035g methylnčerveně se rozpustí v 85 ml ethanolu, a to se přidá k 5000 ml kyseliny borité)

Zkušební pomůcky:

- laboratorní analytické váhy s přesností $\pm 0,001$ g
- mineralizační blok
- destilační jednotka
- mineralizační tuby
- kuželové baňky o objemu 300 ml
- automatická byreta s mícháním
- magnetická míchadla

Pracovní postup:

Do mineralizační tuby se naváží 1 g vzorku s přesností na 0,001 g. Poté se přidají dvě katalyzátorové tablety a 20 ml koncentrované kyseliny sírové. Obsah se důkladně promíchá a mineralizační tuba se opatrně umístí do mineralizačního bloku. V mineralizačním bloku je zajištěn konstantní ohřev na 420 °C. Probíhá zde mineralizace do okamžiku vyčerení kapaliny, po dobu 90 minut (105 minut). Mineralizační baňka i s obsahem se nechá vychladnout. Po vychladnutí a automatickém přidání 50 ml nebo 60 ml destilované vody probíhá automatická destilace vodní parou za přídavku 70 ml nebo 80 ml 40% roztoku hydroxidu sodného. Vzniklý amoniak se jímá do předlohy s 30 ml 1% roztoku kyseliny borité a Tashiro indikátorem. Množství amoniaku je stanoveno titrací 0,2N kyselinou sírovou.

Výpočet:

$(0,28 * \text{přepočítávací faktor} * \text{spotřeba } H_2SO_4 * \text{faktor } H_2SO_4) * 100 / \text{sušina}$

Přepočítávací faktor pro pšenici je 5,7.

Výsledkem je aritmetický průměr hodnot získaných ze dvou stanovení a uvádí se na jedno desetinné místo.

Rozdíl mezi dvěma stanoveními prováděnými na stejném vzorku nesmí překročit 0,2 %, pokud je obsah dusíkatých látek do 20 %. Pokud je obsah dusíkatých látek nad 20 % (20,1 % – 40 %), nesmí být rozdíl větší než 1 %.

4.6 Metodika stanovení mokrého lepku a Gluten Indexu

Chemikálie:

- destilovaná voda
- 2% roztok chloridu sodného (20 g chloridu sodného se rozpustí v destilované vodě a v odměrné baňce o objemu 1000 ml se doplní destilovanou vodou po rysku)

Zkušební pomůcky:

- porcelánová třecí miska a špachtle
- laboratorní váhy s přesností $\pm 0,01$ g
- laboratorní rámeček o rozměrech 30 cm x 40 cm potažený sítem s otvory o velikosti 0,315 mm
- automatická byreta na 10 ml dělená po 0,1 ml

Pracovní postup pro ruční praní:

Z analytického vzorku se naváží 10 g s přesností 0,01 g a převede se kvantitativně do porcelánové misky. Z byrety se po kapkách přidává do misky cca 5 ml roztoku chloridu sodného, mouka se u toho nepřetržitě míchá špachtlí. Po přidání roztoku chloridu sodného se směs prohněte špachtlí a těsto se zformuje do kuličky, velmi opatrně, aby nedošlo ke ztrátám. Lepek se vypírá ručním hnětením pod pramínkem vody (přibližně 20 °C). Vypírání se provádí nad dřevěným rámečkem se sítem, pro zabránění případných ztrát. Proces je považován za úplný, když lepková kulička neobsahuje části obalových vrstev. Několika stisky prstů se odstraní voda, která ulpěla v lepkové kuličce. Vysušený lepek se váží s přesností na 0,01 g.

Výpočet:

obsah lepku v sušině v % se vypočítá podle vzorce:

$\text{hmotnost lepku} \cdot 10 \cdot 100 / \text{sušina}$

hodnota Gluten Indexu se vypočítá na základě vzorce:

$\text{hmotnost lepku ulpělého v sítku} * 100 / \text{celková hmotnost lepku}$

Výsledkem je aritmetický průměr hodnot získaných ze dvou stanovení. Výsledek se uvádí na dvě desetinná místa.

Rozdíl mezi hodnotami získanými ze dvou stanovení nesmí být větší než 0,5 % mokrého lepku.

4.7 Metodika stanovení sedimentačního indexu

Chemikálie:

- destilovaná voda
- bromfenolová modř – 0,0004% roztok (4 mg bromfenolové modři se rozpustí v destilované vodě a doplní se na objem 1000 ml destilovanou vodou)
- Zelenyho roztok

Zkušební pomůcky:

- laboratorní mlýnek typu FQC se sítem s otvory o velikosti 0,15 mm
- laboratorní analytické váhy s přesností $\pm 0,05$ g
- přístroj Seditester (skládá se z přístroje na přípravu suspenze vzorku v bromfenolové modři a míchání suspenze společně se sedimentačním činidlem)
- sedimentační válce se zábrusem a zátkou
- automatická byreta na 25 ml
- násypka

Pracovní postup:

Do sedimentačního válce se přidá pomocí automatické byrety 50 ml bromfenolové modři. Z analytického vzorku se odváží 3,2 g s přesností na 0,05 g a pomocí násypky se nasype do sedimentačního válce, ten se uzavře zátkou a párkrát se krátce protřepe, aby došlo k promíchání s roztokem. Poté se přístroj spustí, po 5 minutách kývání se přístroj zastaví a k vzniklé suspenzi se přidá pomocí automatické byrety 25 ml sedimentačního činidla. Válec se

zazátkuje a přístroj se znovu spustí. Po ukončení se nechá obsah válců po dobu 8 minut sedimentovat a s přesností na 1 ml se odečte objem sedimentu.

Výpočet:

Odečtený objem sedimentu vyjadřuje sedimentační hodnotu v mililitrech za předpokladu, že je vlhkost vzorku v rozmezí 13,5 – 14,5 %. Pokud je vlhkost jiná, vypočítává se sedimentační hodnota podle vzorce:

naměřená hodnota * 86 / sušina

Výsledkem je aritmetický průměr hodnot získaných ze dvou stanovení.

Rozdíl mezi hodnotami získanými ze dvou stanovení nesmí být větší než 2 ml.

4.8 Metodika stanovení čísla poklesu

Zkušební pomůcky:

- destilovaná voda
- laboratorní analytické váhy s přesností $\pm 0,001$ g
- laboratorní šrotovník – vyrobený z materiálu neabsorbující vlhkost, snadno čistitelný, co nejmenší nevyužitelný prostor, snadno nastavitelný na předepsanou granulaci
- přístroj Falling number – skládá se z vodní lázně, elektrického vařiče a automatického počítadla
- viskozimetrické zkumavky s gumovými zátkami
- kovové viskozimetrické míchadlo – sestává z tyčky, která má na spodním konci kroužek
- pipeta na 25 ml $\pm 0,2$ ml

Pracovní postup:

Vodní lázeň se naplní destilovanou vodou 2 – 3 cm pod horní okraj. Voda je přivedena k varu a je v něm udržována po celou dobu zkoušky. Zkušební vzorek (množství určeno na základě tabulkových hodnot) se převede do viskozimetrické zkumavky a pomocí pipety se přidá 25 ml destilované vody o teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zkumavka se zazátkuje a několikrát se protřepe (nejméně 20x), aby došlo k vytvoření homogenní suspenze. Zkumavka se odzátkuje a vloží se do ní míchadlo, kterým se do suspenze setřou částičky vzorku ulpělého na stěnách. Zkumavka i s míchadlem se vloží do držáku ve vroucí lázni, dojde k sepnutí automatického

počítadla. Za 5 sekund po vložení zkumavky do vodní lázně začne promíchávání suspenze rychlostí jeden pohyb nahoru a jeden pohyb dolů za sekundu. Po 59 sekundách se míchadlo zastaví a přesně v 60. sekundě se míchadlo uvolní. Míchadlo klesá vlivem své vlastní hmotnosti suspenzí a až dosáhne úrovně horní části ebonitové zátky, ozve se zvukový signál. Automatické počítadlo se automaticky zastaví, poté se na něm odečte celkový čas v sekundách.

Výpočet:

Číslo poklesu vyjadřuje celkový čas v sekundách, od počátku ponoření viskozimetrické zkumavky do vodní lázně až do okamžiku, kdy míchadlo dosáhne úrovně horní části ebonitové zátky a ozve se zvukový signál.

Výsledkem je aritmetický průměr hodnot získaných ze dvou stanovení. Výsledek se uvádí v celých číslech.

Rozdíl mezi hodnotami získanými ze dvou stanovení nesmí být větší než 10 % jejich průměrné hodnoty.

4.9 Metodika stanovení retenční kapacity mouky

Chemikálie na přípravu roztoků

- Destilovaná voda
- Kyselina mléčná – $C_3H_6O_3$ (minimální čistá koncentrace 79%)
- Uhličitan sodný – Na_2CO_3 (krystalická forma)
- Sacharóza – $C_{12}H_{22}O_{11}$ (krystalická forma)

Příprava roztoků

- Roztok uhličitanu sodného

Koncentrace roztoku uhličitanu sodného je požadována 5%. Přidává se 5 g uhličitanu do 100 g destilované vody, tedy 50 g do 1000 g destilované vody. 50 g uhličitanu sodného se naváží do baňky o objemu 1 l. Uhličitan je doplněn destilovanou vodou, dokud není hmotnost 1 kg. Rozmícháním se roztok rozpustí a nechá se odležet 24 hodin.

- Roztok sacharózy

Koncentrace roztoku sacharózy má být 50%. Navažuje se 50 g sacharózy do 100 g destilované vody, tedy 500 g do 1000 g destilované vody. Odváží se 500 g sacharózy a dá do

litrové baňky. Sacharóza je doplněna destilovanou vodou, dokud není dosažena celková hmotnost 1 kg. Sacharóza se nechá rozpustit za občasného zamíchání. Roztok se nechá odležet 24 hodin.

- **Roztok kyseliny mléčné**

Je požadována 5% koncentrace roztoku. Pokud je koncentrace kyseliny mléčné 100%, je její potřebné množství pro 5% koncentraci 50 ml. V případě tohoto pokusu byla použita 80% kyselina mléčná. Bylo třeba vypočítat množství potřebné pro tuto koncentraci. Výsledek byl 62,5 ml na 1000 g vody. Odvážené množství se umístí do litrové baňky a doplní destilovanou vodou na celkovou hmotnost 1 kg. Roztok se promíchá a nechá se odležet 24 hodin.

Odležené roztoky jsou po 24 hodinách přelity do dávkovacích byret. Spotřeba na pokus je 2x25 ml, proto je třeba nastavit dávkování u byret na množství 25 ml.

Zkušební pomůcky:

- laboratorní analytické váhy s přesností $\pm 0,001$ g
- centrifugační kyvety z plastu, objem 50 ml + šroubovací víčko
- dávkovací byrety
- rotační třepačka
- centrifuga s výkyvným rotorem, určená pro kyvety o velikosti 50 ml

Pracovní postup:

Vzorky jednotlivých odrůd byly zpracovány na šrot a mouku pomocí mlýnu YM-10. Nejprve je důležité ověřit váhu všech roztoků v dávkovačích. Poté se jednotlivé kyvety s víčkem očíslovají a zvažují na laboratorních vahách, jejich váhy se zapíší. Provádí se vždy dvě opakování u každého vzorku. Odváží se 5 g od každého vzorku, je tedy potřeba 8x4 navážek od jednoho vzorku, pro stanovení retenční kapacity ve všech čtyřech roztocích. Pomocí byrety se přidá do kyvet 25 g příslušného roztoku, hmotnost je zkontrolována, případně mírně upravena na tuto navážku s přesností $\pm 0,001$ g. K roztokům se přisype 5 g vzorku, kyvety se zašroubují a pečlivě protřepou. Poté se kyvety umístí do rotační třepačky, kde jsou promíchávány 20 minut, při rychlosti 30 otáček za minutu. Po vyjmutí z třepačky se kyvety umístí do centrifugy, zde se odstředí po dobu 15 minut, při otáčkách 2500 rpm. Mezitím se připraví tácek a do něj se vloží papírový ubrousek (nebo filtrační papír). Po vyjmutí kyvet

z centrifugy je vidět, že se na jejich dně usadil gel. Přebytečná tekutina se z kyvet vylíje a kyvety se postaví dnem nahoru na připravený tácek s ubrouskem. Nechají se 10 minut okapat. Po odkapání se kyvety zašroubují příslušným víčkem a zvaží se. Výsledky konečného vážení se pečlivě zapíší. Od hmotnosti kyvet s víčkem a gelem se odečte hmotnost prázdné kyvety s víčkem, tím se získá hmotnost samotného gelu. Poté je výsledek převeden na výslednou hodnotu výpočtem podle stanoveného vzorce.

Výpočet

Stanovení konečných výsledků metody SRC se provádí na základě daného vzorce:

$$SRC \text{ roztoku (\%)} = \left[\left(\frac{\text{„Gel“} - \text{„Tare“}}{\text{„Flour“} - \text{„Tare“}} \right) - 1 \right] * \left[\left(\frac{86}{100 - \text{vlhkost}} \right) * 100 \right]$$

Flour – hmotnost vzorku mouky (g)

Tare – hmotnost prázdné kyvety s víčkem (g)

Gel – váha kyvety s víčkem a gelem po odkapání (g)

Vlhkost – vlhkost zrn, která se stanovila před mletím (%)

5 Výsledky

5.1 Jakostní ukazatele

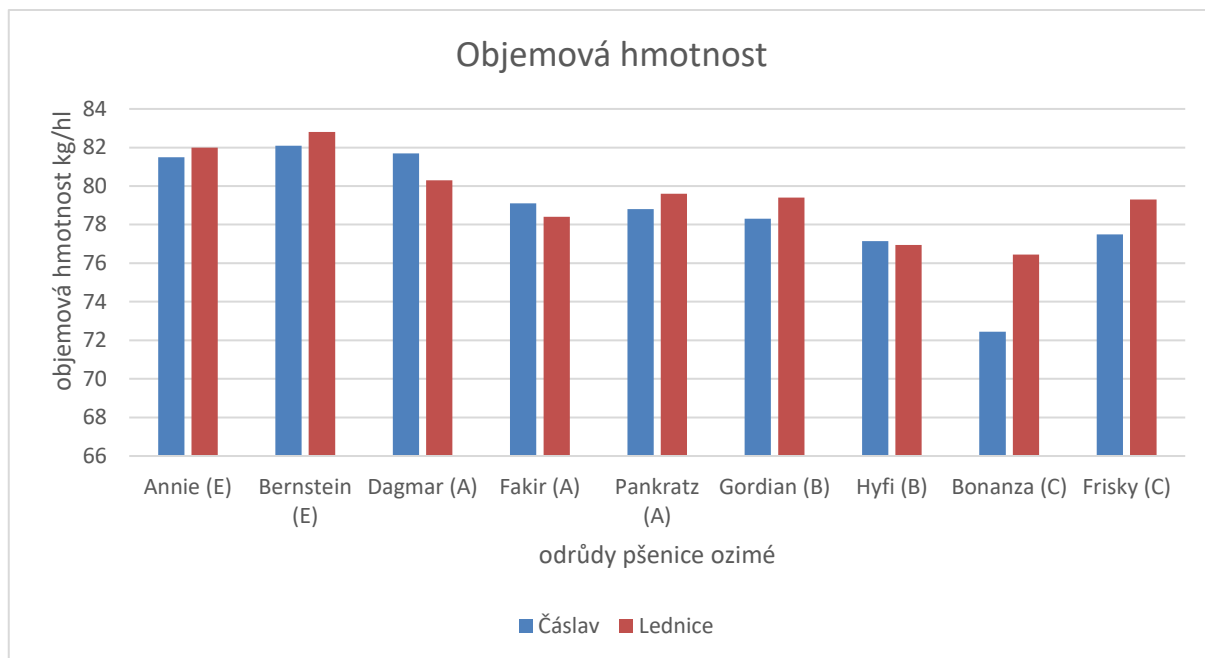
Hodnocení bylo prováděno u devíti odrůd pšenice ozimé (namletých na šrot) ze dvou oblastí (pokusné stanice Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského Čáslav a Lednice), vztahy mezi odrůdami z těchto dvou oblastí byly hodnoceny pomocí párového t-testu na hladině významnosti 5 %. Tento test byl proveden s použitím Microsoft Office Excel 2007.

K posouzení vztahů mezi jednotlivými metodami stanovení kvality ve šrotu byla použita korelační analýza – Pearsonův korelační koeficient, pro toto vyhodnocení byl použit program IBM SPSS Statistics 24.

Výsledné hodnoty jednotlivých jakostních ukazatelů z obou oblastí jsou zpracované za použití sloupcových grafů a jejich shrnutí je zpracováno v Tabulce 4 a Tabulce 5 na konci této kapitoly.

5.1.1 Stanovení objemové hmotnosti

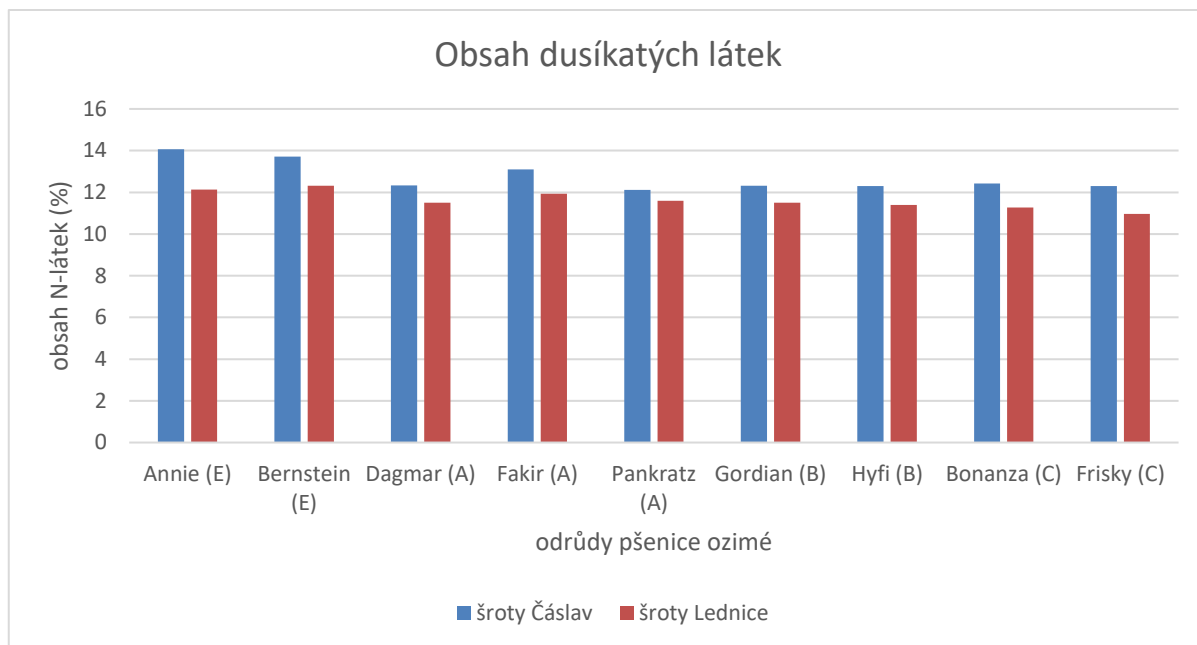
Graf 1 – Porovnání hodnot objemové hmotnosti odrůd pšenice ozimé, stanice ÚKZÚZ Čáslav a Lednice, 2016



Z Grafu 1 je patrné, že nejvyšší objemová hmotnost byla zjištěna u odrůdy Bernstein (E), v oblasti lednice 82,8 kg/hl a oblasti Čáslav 82,1 kg/hl. Nejnižší hodnota byla naměřena u odrůdy Bonanza (C) – 72,45 kg/hl v lokalitě Čáslav a 76,45 kg/hl v lokalitě Lednice. Průměrná objemová hmotnost je v oblasti Lednice 79,47 kg/hl a v oblasti Čáslav 78,73 kg/hl. Na základě párového t-testu na hladině významnosti 5 %, nebyly prokázány statisticky významné rozdíly mezi objemovou hmotností zrna z oblasti Lednice a oblasti Čáslav.

5.1.2 Stanovení obsahu dusíkatých látek

Graf 2 – Porovnání hodnot obsahu dusíkatých látek odrůd pšenice ozimé, stanice ÚKZÚZ Čáslav a Lednice, 2016



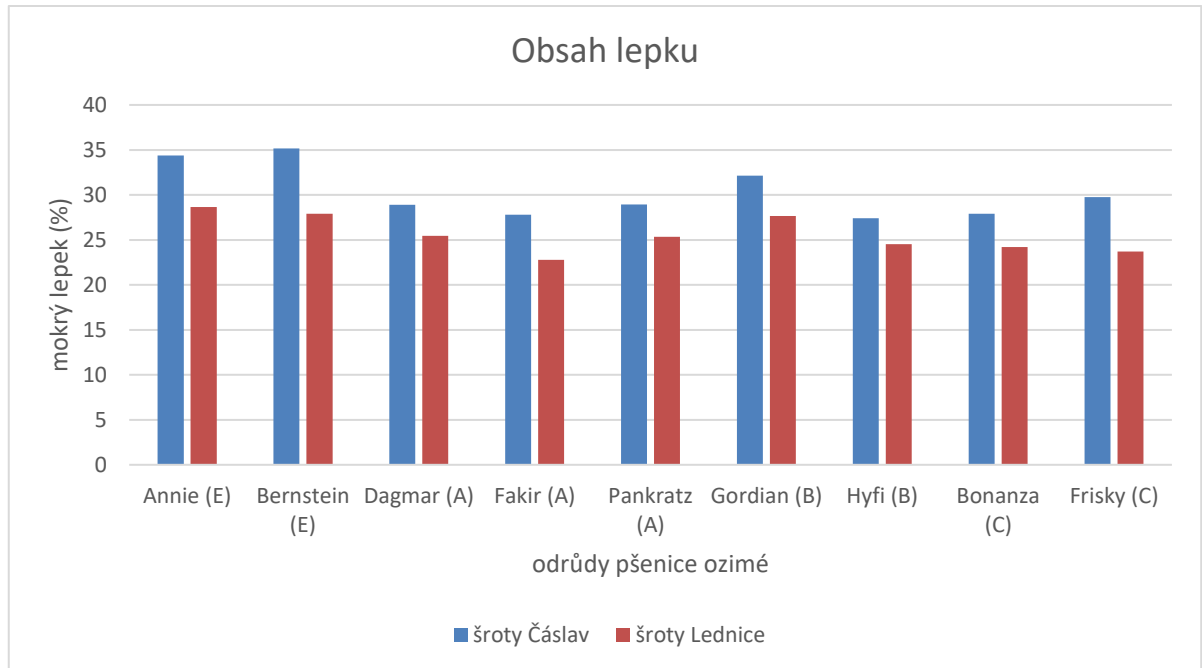
Z Grafu 2 je zřejmé, že vyšších hodnot obsahu dusíkatých látek u šrotu bylo dosaženo v oblasti Čáslav (průměrná hodnota – 12,74 %). Nejvyšší hodnota stanovení N-látek v této lokalitě byla naměřena u odrůd Annie (E) – 14,07 % a Bernstein (E) 13,75 %. Nejnižší hodnoty v oblasti Čáslav byly naměřeny u odrůdy Pankratz (A) – 12,12 %.

Nejvyšší obsah N-látek v lokalitě Lednice byl naměřen u odrůdy Bernstein (E) (12,32 %) a nejnižší obsah dusíkatých látek byl zjištěn u odrůdy Frisky (C) – 10,97 %. Průměr hodnot obsahu N-látek pro tuto oblast je 11,63 %.

S použitím párového t-testu na hladině významnosti 5 % byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi obsahem N-látek ve šrotu z oblasti Lednice a oblasti Čáslav.

5.1.3 Stanovení mokrého lepku

Graf 3 – Porovnání hodnot obsahu mokrého lepku odrůd pšenice ozimé, stanice ÚKZÚZ Čáslav a Lednice, 2016

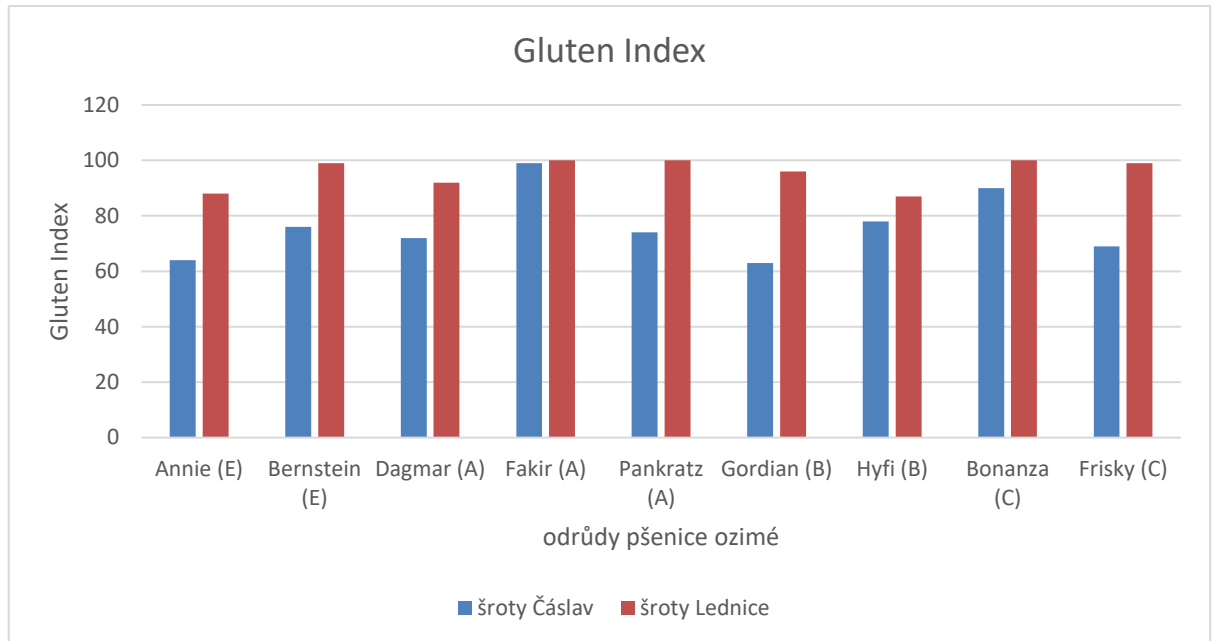


Z Grafu 3 vyplývá, že vyšší hodnoty obsahu mokrého lepku byly naměřeny v oblasti Čáslav. Na základě párového t-testu na hladině významnosti 5 % byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi obsahem mokrého lepku ve šrotu z oblasti Čáslav a oblasti Lednice.

Nejvyšší hodnota obsahu lepku byla v Čáslavi naměřena u odrůdy Bernstein (E) (35,15 %) a Annie (E) (34,39 %), nejnižší hodnota pak byla naměřena u odrůdy Hyfi (B) (27,4 %). V oblasti Lednice dosáhly nejvyšších hodnot také odrůdy Annie (E) (28,66 %) a Bernstein (E) (27,91 %). Nejnižší hodnota obsahu lepku byla v této lokalitě naměřena u odrůdy Fakir (A), a to 22,79 %.

5.1.4 Stanovení Gluten Indexu

Graf 4 – Porovnání hodnot Gluten Indexu odrůd pšenice ozimé, stanice ÚKZÚZ Čáslav a Lednice, 2016

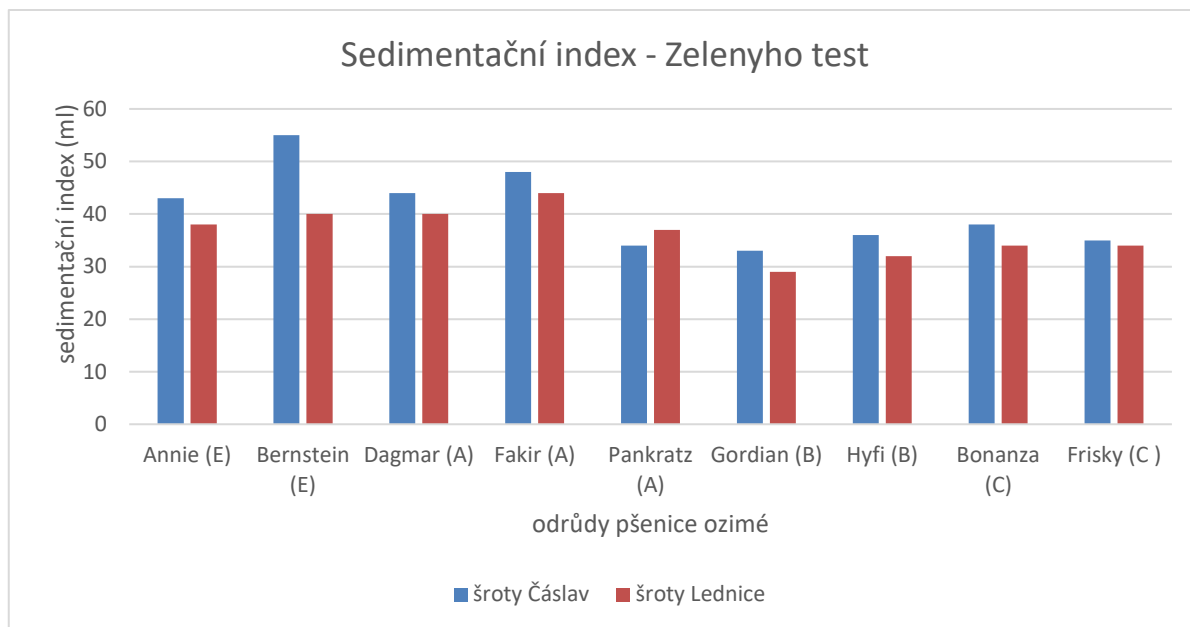


U odrůd pšenice ozimé ve stanici Lednice byly naměřeny vyšší hodnoty Gluten Indexu než ve stanici Čáslav, což je patrné z Grafu 4. Dle párového t-testu na hladině významnosti 5 % byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi hodnotami Gluten Indexu u šrotu z oblasti Lednice a oblasti Čáslav.

Nejvyšších hodnot (100) Gluten Indexu v oblasti Lednice bylo dosaženo u odrůd Pankratz a Fakir, které jsou v jakostní kategorii A, a také u odrůdy Bonanza z jakostní kategorie C. Nejnižší Gluten Index v této oblasti byl naměřen u odrůdy Hyfi (B) (87). V oblasti Čáslav byla nejvyšší hodnota zjištěna u šrotu odrůdy Fakir (A) (99) a nejnižší hodnota u odrůdy Gordian (B) (63). Průměrná hodnota Gluten Indexu v oblasti Lednice byla 95,67 a 76,11 v oblasti Čáslav.

5.1.5 Stanovení sedimentačního indexu

Graf 5 – Porovnání hodnot sedimentačního indexu odrůd pšenice ozimé, stanice ÚKZÚZ Čáslav a Lednice, 2016

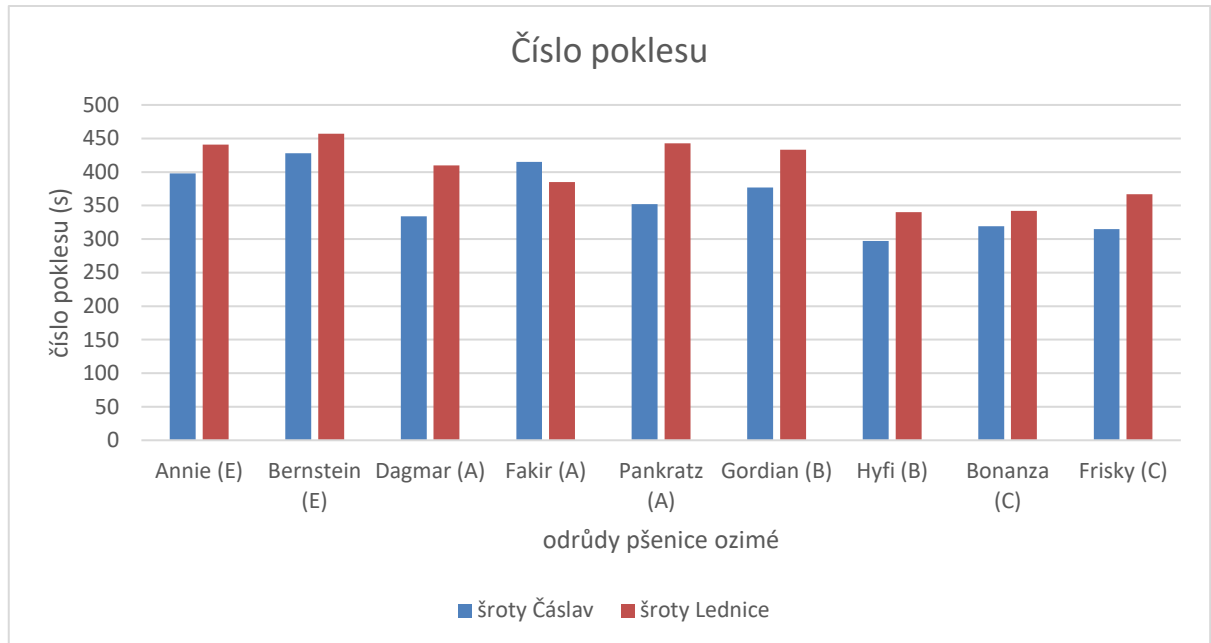


Z Grafu 5 je patrné, že vyšších hodnot sedimentačního indexu nabývají odrůdy pšenice pěstované v lokalitě Čáslav, kromě odrůdy Pankratz (A), kde byla hodnota vyšší v lokalitě Lednice. Na základě párového t-testu na hladině významnosti 5 %, byly prokázány statisticky významné rozdíly mezi hodnotami sedimentačního indexu šrotu z oblasti Lednice a oblasti Čáslav.

Průměrná hodnota stanovení sedimentačního indexu je v oblasti Čáslav 40,67 ml. Nejvyšší hodnotu – 55 ml, měla v této oblasti odrůda Bernstein (E). Vysoké hodnoty se naměřili také u odrůd Fakir (A) – 48 ml v oblasti Čáslav a 44 ml v oblasti Lednice a Dagmar (A) – 44 ml v lokalitě Čáslav a 40 ml v lokalitě Lednice. Nejnižší sedimentační index byl zjištěn u odrůdy Gordian (B) v oblasti Lednice, a to 29 ml. Průměrná hodnota stanovení sedimentačního indexu je v lokalitě Lednice 36,44 ml.

5.1.6 Stanovení čísla poklesu

Graf 6 – Porovnání hodnot čísla poklesu odrůd pšenice ozimé, stanice ÚKZÚZ Čáslav a Lednice, 2016



Vyšších hodnot dosahovaly odrůdy v oblasti Lednice, kromě odrůdy Fakir (A), kde bylo vyšší číslo poklesu naměřeno v oblasti Čáslav, to lze vidět v Grafu 6. Nejvyšší hodnoty dosáhla odrůda Bernstein (E), a to 457 s v lokalitě Lednice a 428 s v oblasti Čáslav. Nejnižší hodnoty byly naměřeny u odrůdy Hyfi (B), v lokalitě Lednice byla tato hodnota čísla poklesu 340 s a v oblasti Čáslav 297 s.

Průměrná hodnota čísla poklesu v lokalitě Čáslav činila 359, 44 s a v oblasti Lednice 402 s. S použitím párového t-testu na hladině významnosti 5 % byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi číslem poklesu u šrotu z oblasti Lednice a oblasti Čáslav.

Tabulka 4 – Vyhodnocení jakostních ukazatelů – šroty odrůdy pšenice ozimé, ÚKZÚZ Čáslav, 2016

Odrůda	Kategorie	objemová	vlhkost	mokrý	Gluten	číslo	obsah	Zeleného
		hmotnost		lepek	Index	poklesu	N-látek	test
		kg/hl	%	%		s	%	MI
Annie	E	81,50	10,00	34,39	64	398	14,07	43
Bernstein	E	82,10	10,10	35,15	76	428	13,72	55
Dagmar	A	81,70	10,00	28,90	72	334	12,33	44
Fakir	A	79,10	9,70	27,80	99	415	13,10	48
Pankratz	A	78,80	10,20	28,95	74	352	12,12	34
Gordian	B	78,30	9,90	32,13	63	377	12,31	33
Hyfi	B	77,15	10,40	27,40	78	297	12,30	36
Bonanza	C	72,45	10,00	27,89	90	319	12,43	38
Frisky	C	77,50	9,60	29,76	69	315	12,30	35

Tabulka 5 – Vyhodnocení jakostních ukazatelů – šroty odrůdy pšenice ozimé, ÚKZÚZ Lednice, 2016

Odrůda	kategorie	objemová	vlhkost	mokrý	Gluten	číslo	obsah	Zeleného
		hmotnost		lepek	Index	poklesu	N-látek	test
		kg/hl	%	%		s	%	MI
Annie	E	82,00	9,80	28,66	88	441	12,13	38
Bernstein	E	82,80	9,70	27,91	99	457	12,32	40
Dagmar	A	80,30	9,70	25,44	92	410	11,51	40
Fakir	A	78,40	9,60	22,79	100	385	11,94	44
Pankratz	A	79,60	10,10	25,36	100	443	11,60	37
Gordian	B	79,40	9,60	27,65	96	433	11,51	29
Hyfi	B	76,95	9,70	24,53	87	340	11,40	32
Bonanza	C	76,45	10,00	24,22	100	342	11,27	34
Frisky	C	79,30	9,50	23,70	99	367	10,97	34

5.1.7 Vyhodnocení korelační analýzy mezi metodami stanovení kvality

Tabulka 6 - Vyhodnocení korelační analýzy (Pearsonův korelační koeficient) mezi jednotlivými nepřímými metodami stanovení kvality ve šrotu

Pearson Correlation Coefficients						
	číslo poklesu	Gluten Index	obsah mokrého lepku	obsah dusíkatých látek	Zelenyho test	objemová hmotnost
číslo poklesu	1,000	0,353	0,141	0,146	0,167	0,641
Gluten Index	0,352	1,000	-0,749	-0,521	-0,161	-0,152
obsah mokrého lepku	0,141	-0,749	1,000	0,819	0,413	0,353
obsah dusíkatých látek	0,146	-0,520	0,819	1,000	0,700	0,286
Zelenyho test	0,167	-0,161	0,413	0,700	1,000	0,428
objemová hmotnost	0,641	-0,152	0,353	0,286	0,428	1,000

Výsledné hodnoty korelační analýzy jsou shrnuty v Tabulce 6. Nejvyšší korelace vyšla mezi obsahem mokrého lepku a obsahem dusíkatých látek ($r = 0,819$). Další vysoká korelace byla zjištěna mezi stanovením sedimentačního indexu pomocí Zelenyho testu a obsahem dusíkatých látek ($r = 0,700$). Statisticky průkazná korelace vyšla také mezi číslem poklesu a objemovou hmotností ($r = 0,641$).

5.2 Retenční kapacita (SRC)

Hodnocení bylo prováděno u devíti odrůd pšenice ozimé (namletých na šrot a mouku) ze dvou oblastí (pokusné stanice Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského Čáslav a Lednice) vztahy mezi odrůdami (u vzorků mouky) z těchto dvou oblastí byly hodnoceny pomocí párového t-testu na hladině významnosti 5 %. Tento test byl proveden s použitím Microsoft Office Excel 2007.

Pro vyhodnocení statistických rozdílů mezi hodnotami stanovení retenční kapacity v jednotlivých roztocích v mouce a ve šrotu byl použit párový t-test, provedený v programu IBM SPSS Statistics 24.

K posouzení těsnosti vztahů mezi hodnotami v mouce a ve šrotu v jednotlivých roztocích byla použita korelační analýza – Pearsonův korelační koeficient, pro toto vyhodnocení byl použit program IBM SPSS Statistics 24.

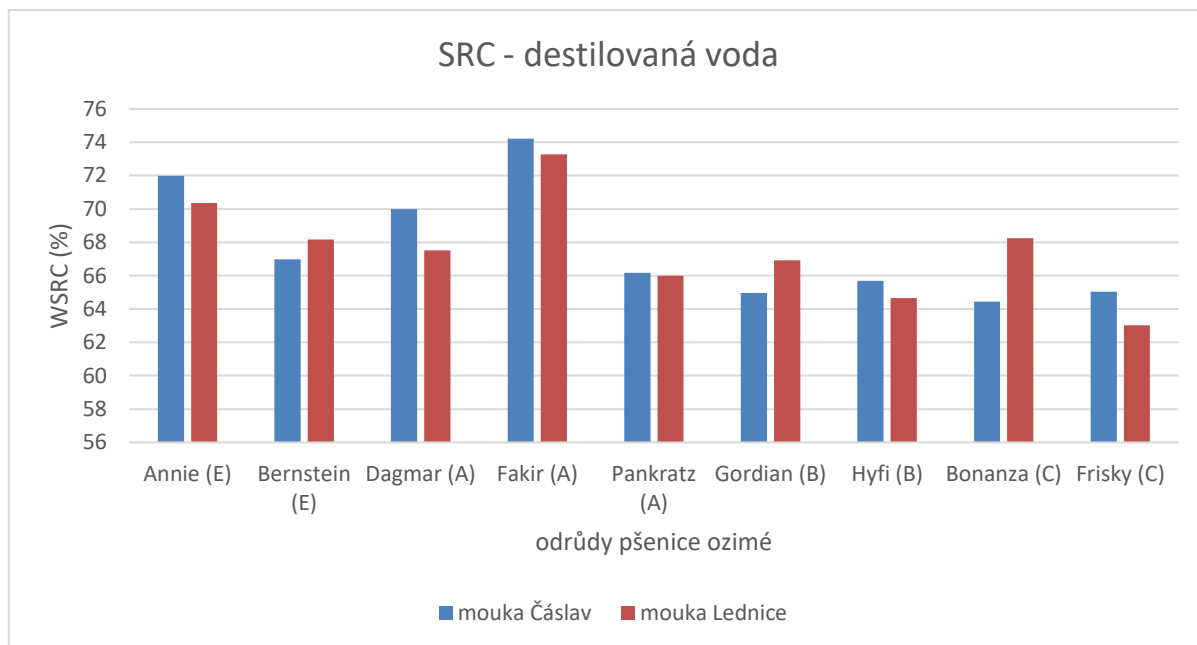
Výsledné hodnoty získané z jednotlivých roztoků z obou oblastí jsou zpracované za použití sloupcových grafů.

Porovnání hodnot z jednotlivých roztoků u šrotu, získaného namletím devíti vybraných odrůd pšenice ozimé na mlýnu YM-10, z pokusné stanice ÚKZÚZ Lednice je k dispozici v Tabulce 7, z pokusné stanice ÚKZÚZ Čáslav v Tabulce 8.

Porovnání výsledných hodnot v jednotlivých roztocích u mouky, získané namletím vybraných devíti odrůd pšenice ozimé na mlýnu YM-10, z pokusné stanice ÚKZÚZ Lednice je k dispozici v Tabulce 9, z pokusné stanice ÚKZÚZ Čáslav v Tabulce 10.

5.2.1 Stanovení retenční kapacity mouky v destilované vodě (WSRC)

Graf 7 – Porovnání hodnot stanovení retenční kapacity v destilované vodě odrůd pšenice ozimé, stanice ÚKZÚZ Čáslav a Lednice, 2016

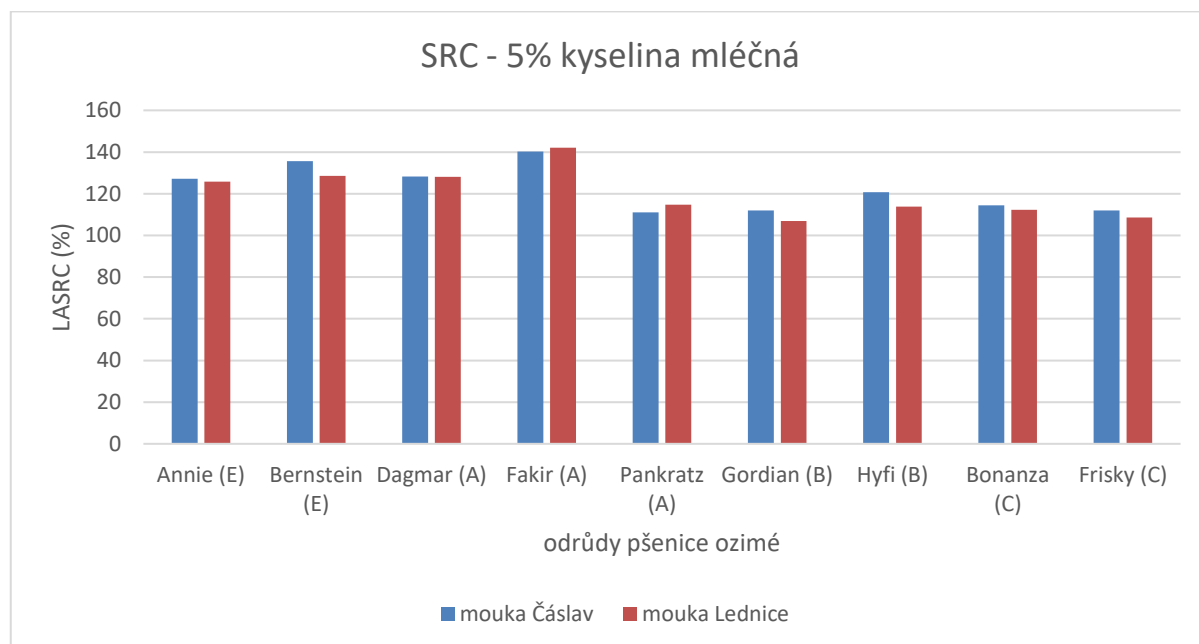


Průměrná retenční kapacita mouky v destilované vodě (WSRC) pro oblast Čáslav byla 67,72 % a pro oblast Lednice 67,57 %. S použitím párového t-testu na hladině významnosti 5 % nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi WSRC u mouky z oblasti Lednice a oblasti Čáslav.

Z Grafu 7 je jasně patrné, že nejvyšších hodnot WSRC dosáhla odrůda Fakir (A) – 74,22 % v lokalitě Čáslav a 73,27 % v lokalitě Lednice, a odrůda Annie (E) – 71,99 % v oblasti Čáslav a 70,36 % v oblasti Lednice. Nejnižší hodnoty byly v lokalitě Čáslav naměřeny u odrůdy Bonanza (C) (64,45 %) a Gordian (B) (64,96 %). Nejnižší hodnoty WSRC v lokalitě Lednice byly zjištěny u odrůdy Frisky (C) – 63,02 % a Hyfi (B) (64,65 %).

5.2.2 Stanovení retenční kapacity mouky v 5% kyselině mléčné (LASRC)

Graf 8 – Porovnání hodnot stanovení retenční kapacity v 5% kyselině mléčné odrůd pšenice ozimé, stanice ÚKZÚZ Čáslav a Lednice, 2016

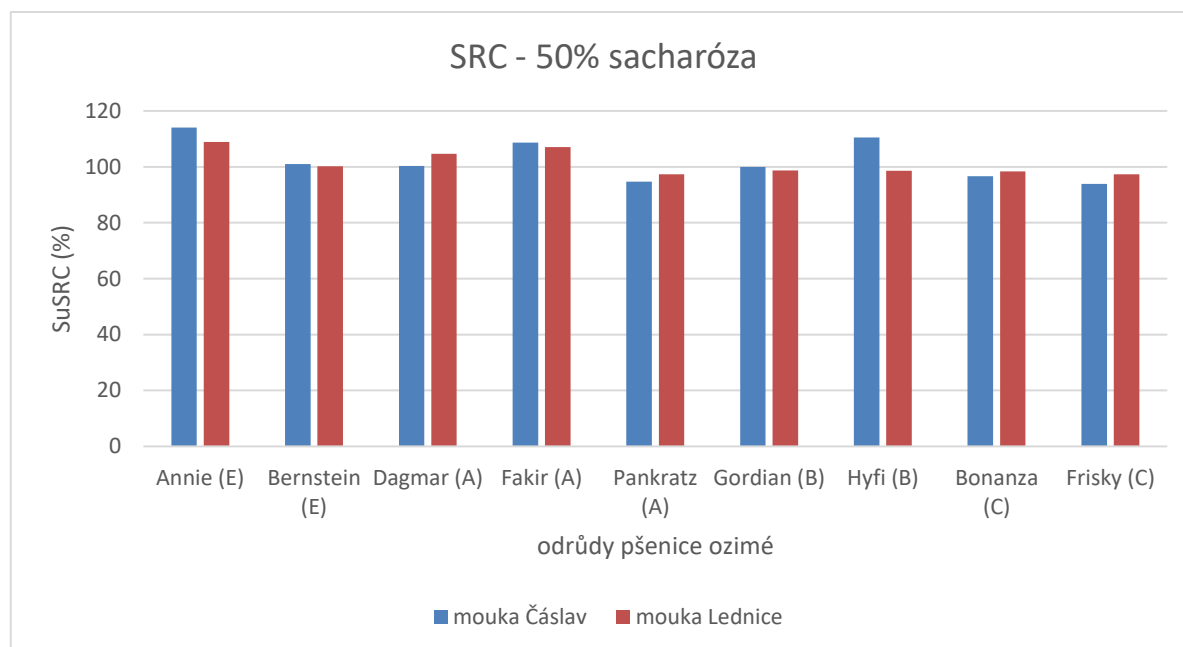


Průměrná retenční kapacita mouky v 5% kyselině mléčné (LASRC) byla naměřena v oblasti Čáslav 122,41 % a pro oblast Lednice 120,11 %. Na základě párového t-testu na hladině významnosti 5 % nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi hodnotami LASRC u mouky z lokality Lednice a lokality Čáslav. Porovnání hodnot LASRC z obou lokalit je zobrazené v Grafu 8.

Nejvyšší hodnoty LASRC byly naměřeny u odrůdy Fakir (A) – 140,3 % v lokalitě Čáslav a 142,12 % v lokalitě Lednice, a u odrůdy Bernstein (E) – 135,68 % v oblasti Čáslav a 128,57 % v oblasti Lednice. Nejnižší hodnoty byly zjištěny v lokalitě Čáslav u odrůdy Pankratz (A) (111,01 %) a Gordian (B) (112,03 %). Nejnižší hodnoty LASRC v lokalitě Lednice byly stanoveny u odrůdy Gordian (B) – 106,09 % a Frisky (C) – 108,6 %.

5.2.3 Stanovení retenční kapacity v 50% sacharóze (SuSRC)

Graf 9 – Porovnání hodnot stanovení retenční kapacity v 50% sacharóze odrůd pšenice ozimé, stanice ÚKZÚZ Čáslav a Lednice, 2016

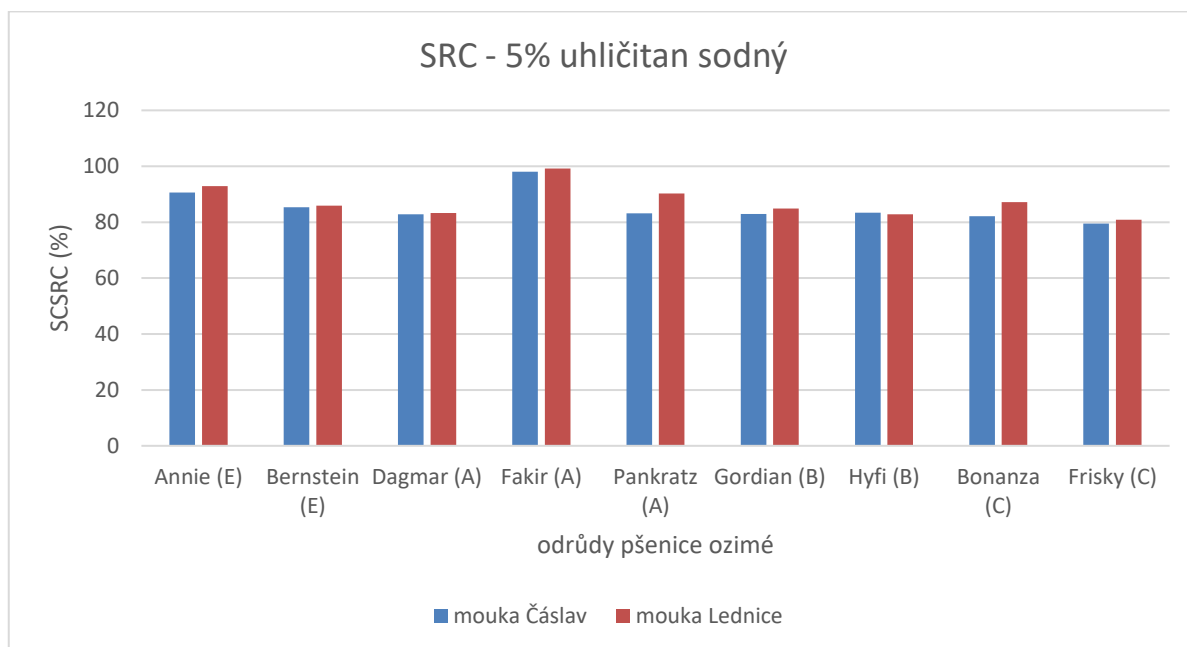


Naměřené hodnoty SuSRC pro obě oblasti lze vidět v Grafu 9. Průměrná retenční kapacita mouky v 50% sacharóze (SuSRC) pro oblast Čáslav činila 102,22 % a pro oblast Lednice 101,24 %. Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi hodnotami SuSRC u mouky z oblasti Lednice a oblasti Čáslav (dle párového t-testu na hladině významnosti 5 %).

Nejvyšších hodnot SuSRC v lokalitě Čáslav bylo dosaženo u odrůdy Annie (E) – 114,03 a Hyfi (B) 110,55 %. V oblasti Lednice byly nejvyšší hodnoty naměřeny u odrůd Annie (E) – 108,88 % a Fakir (A) 107,07 %. Nejnižší hodnoty SuSRC byly zjištěny u odrůdy Frisky (C) – 93,95 % v oblasti Čáslav a 97,3 % v oblasti Lednice, a u odrůdy Pankratz (A) – v oblasti Čáslav byla hodnota SuSRC 94,76 % a v oblasti Lednice 97,35 %.

5.2.4 Stanovení retenční kapacity mouky v 5% uhličitane sodném (SCSRC)

Graf 10 – Porovnání hodnot stanovení retenční kapacity v 5% uhličitane sodném odrůd pšenice ozimé, stanice ÚKZÚZ Čáslav a Lednice, 2016



Průměrná retenční kapacita mouky v 5% uhličitane sodném (SCSRC) byla naměřena v lokalitě Čáslav 85,32 % a pro oblast Lednice byla stanovena průměrná hodnota 87,49 %. S využitím párového t-testu na hladině významnosti 5 % byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi hodnotami SCSRC u mouky z lokality Lednice a lokality Čáslav, porovnání hodnot z obou lokalit je zobrazené v Grafu 10.

Nejvyšší hodnoty SCSRC byly naměřeny u odrůdy Fakir (A) – 98,07 % v lokalitě Čáslav a 99,22 % v lokalitě Lednice, a u odrůdy Annie (E) – 90,6 % v oblasti Čáslav a 92,91 % v oblasti Lednice. Nejnižší hodnoty byly naměřeny u odrůdy Frisky (C), v oblasti Čáslav byla hodnota SCSRC 79,49 % a v oblasti Lednice 80,83 %. V lokalitě Čáslav byla druhá nejnižší hodnota naměřena u odrůdy Bonanza (C) 82,15 % a v lokalitě Lednice to bylo u odrůdy Hyfi (B) – 82,84 %.

5.2.5 Shrnutí výsledných hodnot SRC pro jednotlivé odrůdy

Annie (E)

U elitní odrůdy Annie byly naměřeny druhé nejvyšší hodnoty WSRC v obou lokalitách (WSRC – 71,99 % v lokalitě Čáslav a 10,36 % v lokalitě Lednice). A nejvyšší hodnota

SuSRC – Čáslav 114,03 %, Lednice 108,88 %). Druhé nejvyšší hodnoty dosáhla tato odrůda při měření SCSRC – 90,6 % v oblasti Čáslav a 92,91 % v oblasti Lednice.

Bernstein (E)

Druhé nejvyšší hodnoty bylo dosaženo u této odrůdy v obou oblastech při měření LASRC (135,68 % v oblasti Čáslav a 128,57 % v oblasti Lednice). Středních hodnot z daných devíti odrůd dosáhla odrůda Bernstein u SuSRC, WSRC i SRC.

Dagmar (A)

Odrůda Dagmar, zařazená do jakostní kategorie A, dosáhla průměrného výsledku z devíti hodnocených odrůd, co se týče hodnot u WSRC. Třetí nejvyšší hodnoty byly naměřeny v obou oblastech při hodnocení LASRC (128,28 % – Čáslav, 128,14 % – Lednice).

Fakir (A)

U této odrůdy byla naměřena nevyšší hodnota WSRC (74,22 % v lokalitě Čáslav a 73,27 % v lokalitě Lednice), LASRC (140,3 % v lokalitě Čáslav a 142,12 % v Lednici) i SCSRC (98,07 % v oblasti Čáslav a v oblasti Lednice 99,22 %). V oblasti Lednice byla naměřena druhá nejvyšší hodnota SuSRC u této odrůdy (107,07 %) a v oblasti Čáslav třetí nejvyšší hodnota (108,7).

Pankratz (A)

Nejnižší výsledky byly stanoveny při měření LASRC v oblasti Čáslav (111,01 %). Druhého nejnižšího výsledku dosahuje tato odrůda i při hodnocení SuSRC, v oblasti Čáslav byla hodnota SuSRC 94,76 % a v oblasti Lednice 97,35 %. Relativně vysoké hodnoty dosáhla také v oblasti Lednice u SuSRC (104,68 %) a střední hodnoty v oblasti Čáslav. Třetí nejnižší hodnoty bylo dosaženo u SCSRC v obou oblastech.

Gordian (B)

V oblasti Čáslav byly pro tuto odrůdu naměřeny druhé nejnižší hodnoty WSRC (64,96 %) a spíše nižší hodnota i v oblasti Lednice (66,92 %). Nejnižší hodnota byla naměřena i při měření LASRC v oblasti Lednice (106,09%) a druhá nejnižší hodnota v oblasti Čáslav (112,03 %). Spíše nižších hodnot bylo dosaženo u měření SuSRC i SCSRC.

Hyfi (B).

U chlebové odrůdy Hyfi byla naměřena druhá nejnižší hodnota WSRC v oblasti Lednice (64,65 %), v oblasti Čáslav byla také poměrně nízká (65,7 %). Druhá nejvyšší hodnota SuSRC byla zjištěna v lokalitě Čáslav – 110,55 %, střední hodnota byla naměřena pro hodnoty SuSRC v oblasti Lednice (98,55 %). Druhého nejnižšího výsledku dosahuje tato odrůda při hodnocení SCSRC v oblasti Lednice (82,84 %). Středních hodnot dosáhla odrůdy Hyfi při hodnocení LASRC.

Bonanza (C)

V oblasti Čáslav byla u této odrůdy naměřena nejnižší hodnota WSRC (64,45 %), třetí nejvyšší hodnoty však dosáhla v oblasti Lednice (68,24 %). Druhá nejnižší hodnota SCSRC byla zjištěna v oblasti Čáslav 82,15 %, avšak v oblasti Lednice byla u SCSRC naměřena hodnota 87,16 %. Třetí nejnižší hodnoty dosáhla tato odrůda při hodnocení SuSRC v obou oblastech. Hodnoty LASRC nebyly také spíše nižší.

Frisky (C)

V oblasti Lednice byla u této odrůdy zjištěna nejnižší hodnota WSRC – 63,02 % a třetí nejnižší hodnota v oblasti Čáslav (65,03 %). Druhá nejnižší hodnota se u této odrůdy stanovila při měření LASRC (108,6 %) v lokalitě Lednice a třetí nejnižší v lokalitě Čáslav (112,5 %). U této odrůdy byly stanoveny také nejnižší hodnoty SuSRC (93,95 % v oblasti Čáslav a 97,3 % v oblasti Lednice) a hodnoty SCSRC – v lokalitě Čáslav byla hodnota SCSRC 79,49 % a v lokalitě Lednice 80,83 %.

Tabulka 7 – Výsledné hodnoty testu SRC, šroty odrůdy pšenice ozimé, ÚKZÚZ Lednice, 2016

odrůda	kategorie	retenční kapacita šrotu				
		vlhkost	destilovaná voda	5% kyselina mléčná	50% sacharóza	5% uhličitán sodný
		%	%	%	%	%
Annie	E	9,80	77,23	88,20	103,73	98,87
Bernstein	E	9,70	71,81	94,76	94,76	88,95
Dagmar	A	9,70	69,53	78,96	98,58	89,43
Fakir	A	9,60	82,29	90,86	104,08	103,31
Pankratz	A	10,10	76,25	87,91	99,40	91,46
Gordian	B	9,60	76,84	85,52	97,93	94,69
Hyfi	B	9,70	71,43	80,92	95,41	90,42
Bonanza	C	10,00	76,54	86,86	95,18	92,22
Frisky	C	9,50	72,97	80,48	92,23	84,96

Tabulka 8 – Výsledné hodnoty testu SRC, šroty odrůdy pšenice ozimé, ÚKZÚZ Čáslav, 2016

odrůda	kategorie	retenční kapacita šrotu				
		vlhkost	destilovaná voda	5% kyselina mléčná	50% sacharóza	5% uhličitán sodný
		%	%	%	%	%
Annie	E	10,00	75,40	86,29	102,92	96,23
Bernstein	E	10,10	72,90	83,61	95,70	91,17
Dagmar	A	10,00	72,43	82,28	97,37	88,20
Fakir	A	9,70	80,19	91,91	106,29	97,91
Pankratz	A	10,20	71,83	82,36	93,38	86,39
Gordian	B	9,90	74,64	83,23	96,31	91,06
Hyfi	B	10,40	72,47	81,30	98,10	90,23
Bonanza	C	10,00	75,49	87,15	96,90	91,925
Frisky	C	9,60	72,59	81,53	92,76	85,15

Tabulka 9 – Výsledné hodnoty testu SRC, odrůdy pšenice ozimé, ÚKZÚZ Lednice, 2016

odrůda	kategorie	retenční kapacita mouky				
		vlhkost	destilovaná voda	5% kyselina mléčná	50% sacharóza	5% uhličitán sodný
		%	%	%	%	%
Annie	E	10,40	70,36	125,84	108,88	92,91
Bernstein	E	10,30	68,17	128,57	100,19	85,91
Dagmar	A	10,20	67,52	128,14	104,68	83,23
Fakir	A	10,20	73,27	142,12	107,07	99,22
Pankratz	A	10,60	65,99	114,76	97,35	90,23
Gordian	B	10,30	66,92	106,90	98,75	84,85
Hyfi	B	10,20	64,65	113,77	98,55	82,84
Bonanza	C	10,40	68,24	112,30	98,38	87,16
Frisky	C	10,20	63,02	108,60	97,30	80,83

Tabulka 10 – Výsledné hodnoty testu SRC, odrůdy pšenice ozimé, ÚKZÚZ Čáslav, 2016

odrůda	kategorie	retenční kapacita mouky				
		vlhkost	destilovaná voda	5% kyselina mléčná	50% sacharóza	5% uhličitán sodný
		%	%	%	%	%
Annie	E	10,40	71,99	127,18	114,03	90,60
Bernstein	E	10,50	66,98	135,68	100,99	85,33
Dagmar	A	10,30	69,99	128,28	100,29	82,84
Fakir	A	10,20	74,22	140,30	108,70	98,07
Pankratz	A	10,60	66,18	111,01	94,76	83,11
Gordian	B	10,50	64,96	112,03	100,03	82,93
Hyfi	B	11,00	65,70	120,79	110,55	83,39
Bonanza	C	10,60	64,45	114,38	96,68	82,15
Frisky	C	10,20	65,03	112,05	93,95	79,49

5.2.6 Vyhodnocení možnosti užití metody SRC šrotu pro predikci jakosti pšenice

Tabulka 11 – Výsledky párového t-testu pro vyhodnocení statistických rozdílů mezi hodnotami stanovení retenční kapacity v destilované vodě v mouce a ve šrotu

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	P
		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair	destilovaná voda – šrot destilovaná voda – mouka	6,955	2,840	0,473	5,994	7,916	14,692	35	0,000

Na základě výsledků z Tabulky 11, kde $t = 14,692$, $P = 0,000$, vyšlo, že signifikantní p-hodnota je menší než 0,05 (α). Zamítá se nulová hypotéza, mezi zkoumanými hodnotami je statisticky významný rozdíl. Na základě párového t-testu byly tedy prokázány statisticky významné rozdíly mezi hodnotami stanovení retenční kapacity v destilované vodě ve vzorcích mouky a hodnotami stanovení retenční kapacity v destilované vodě ve vzorcích šrotu.

Tabulka 12 – Výsledky párového t-testu pro vyhodnocení statistických rozdílů mezi hodnotami stanovení retenční kapacity v 5% kyselině mléčné v mouce a ve šrotu

Paired Samples Test									
Paired Differences									
95% Confidence Interval of the Difference									
Std. Error									
Std. Deviation									
Mean									
Pair		Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower	Upper	t	df	P
Pair	destilovaná voda	-36,933	10,286	1,714	-40,413	-33,453	-21,543	35	0,000
	- šrot								
	destilovaná voda								
	- mouka								

Na základě výsledků z Tabulky 12, kde $t = |21,543|$, $P = 0,000$, vyšlo, že signifikantní p-hodnota je menší než 0,05 (α). Zamítá se nulová hypotéza, mezi zkoumanými hodnotami je statisticky významný rozdíl. Na základě párového t-testu byly tedy prokázány statisticky významné rozdíly mezi hodnotami stanovení retenční kapacity v 5% kyselině mléčné ve vzorcích mouky a hodnotami stanovení retenční kapacity v 5% kyselině mléčné ve vzorcích šrotu.

Tabulka 13 – Výsledky párového t-testu pro vyhodnocení statistických rozdílů mezi hodnotami stanovení retenční kapacity v 50% sacharóze v mouce a ve šrotu

Paired Samples Test									
Paired Differences									
95% Confidence Interval of the Difference									
Std. Error									
Std. Deviation									
Mean									
Pair		Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower	Upper	t	df	P
Pair	destilovaná voda	-3,942	3,632	0,605	-5,171	-2,713	-6,513	35	0,000
	- šrot								
	destilovaná voda								
	- mouka								

Na základě výsledků z Tabulky 13, kde $t = |6,513|$, $P = 0,000$, vyšlo, že signifikantní p-hodnota je menší než 0,05 (α). Zamítá se nulová hypotéza, mezi zkoumanými hodnotami je

statisticky významný rozdíl. Na základě párového t-testu byly tedy prokázány statisticky významné rozdíly mezi hodnotami stanovení retenční kapacity v 50% sacharóze ve vzorcích mouky a hodnotami stanovení retenční kapacity v 50% sacharóze ve vzorcích šrotu.

Tabulka 14 – Výsledky párového t-testu pro vyhodnocení statistických rozdílů mezi hodnotami stanovení retenční kapacity v 5% uhličitane sodném v mouce a ve šrotu

		Paired Differences					t	df	P
		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference				
Pair								Lower	Upper
destilovaná voda – šrot		5,414	2,769	0,461	4,477	6,350	11,732	35	0,000
destilovaná voda – mouka									

Na základě výsledků z Tabulky 14, kde $t = 11,732$, $P = 0,000$, vyšlo, že signifikantní p-hodnota je menší než 0,05 (α). Zamítá se nulová hypotéza, mezi zkoumanými hodnotami je statisticky významný rozdíl. Na základě párového t-testu byly tedy prokázány statisticky významné rozdíly mezi hodnotami stanovení retenční kapacity v 5% uhličitane sodném ve vzorcích mouky a hodnotami stanovení retenční kapacity v 5% uhličitane sodném ve vzorcích šrotu.

Tabulka 15 – Vyhodnocení korelační analýzy (Pearsonův korelační koeficient) mezi hodnotami stanovení retenční kapacity ve vzorcích šrotu a mouky v jednotlivých roztocích

	Pearson Correlation Coefficients			
	destilovaná voda – šrot	5% kyselina mléčná – šrot	50% sacharóza – šrot	5% uhličitane sodný – šrot
destilovaná voda – mouka	0,609	0,607	0,762	0,736
5% kyselina mléčná – mouka	0,346	0,339	0,619	0,559
50% sacharóza – mouka	0,337	0,334	0,788	0,645
5 % uhličitane sodný – mouka	0,826	0,807	0,827	0,870

S použitím korelační analýzy, konkrétně Pearsonova korelačního koeficientu, byla zjišťována míra korelace mezi hodnotami stanovení retenční kapacity ve vzorcích šrotu a mouky, pro jednotlivé roztoky – destilovanou vodu, 5% kyselinu mléčnou, 50% sacharózu a 5% uhličitan sodný. Na základě výsledků v Tabulce 15, je zřejmé, že nejsilnější korelace byla zjištěna mezi hodnotami stanovení retenční kapacity v 5% uhličitanu sodném ve vzorcích mouky a hodnotami stanovení retenční kapacity v 5% uhličitanu sodném ve vzorcích šrotu ($r = 0,870$). Silná korelace byla zjištěna mezi hodnotami stanovení retenční kapacity v 50% sacharóze ve vzorcích mouky a hodnotami stanovení retenční kapacity v 50% sacharóze ve vzorcích šrotu. ($r = 0,788$). Méně vysoká, avšak stále relativně silná korelace vyšla mezi hodnotami stanovení retenční kapacity v destilované vodě ve vzorcích mouky a hodnotami stanovení retenční kapacity v destilované vodě ve vzorcích šrotu ($r = 0,609$). Slabá korelace byla zjištěna mezi hodnotami stanovení retenční kapacity v 5% kyselině mléčné ve vzorcích mouky a hodnotami stanovení retenční kapacity v 5% kyselině mléčné ve vzorcích šrotu ($r = 0,339$).

6 Diskuze

Při stanovování objemové hmotnosti je normou ČSN 46 1100–2 stanoven dolní limit pro potravinářskou pšenici 76 kg/hl. Tento limit nebyl splněn pouze u odrůdy Bonanza (C) v oblasti Čáslav, kde byla objemová hmotnost 72,45 kg/hl. To mohlo být způsobené větším počtem srážek v době sklizně v roce 2016, které u některých odrůd negativně ovlivnily objemovou hmotnost. Naopak větší výskyt srážek v období tvorby zrna může pozitivně ovlivnit objemovou hmotnost, což ve studii prokázali Polišenská a kol. (2014). Objemová hmotnost u tohoto sklizňového roku 2016 se očekávala spíše nižší, avšak nakonec výsledky byly celkem uspokojivé. Vliv oblasti nebyl v této diplomové práci v rámci studie prokázán, i přesto, že oblast Lednice má nižší dlouhodobý průměr srážek než oblast Čáslav. Vliv odrůdy je však viditelný. Elitní a kvalitní odrůdy měly objemovou hmotnost vyšší než chlebové, kromě odrůdy Fakir, která měla poměrně nízkou objemovou hmotnost v oblasti Lednice (78,4 kg/hl). Nízká hodnota u odrůdy Fakir mohla být způsobena nejrůznějšími faktory, např. již zmíněnými vydatnými srážkami v období sklizně, které přišly po delším období sucha.

Minimální obsah dusíkatých látek pro potravinářskou pšenici je stanoven normou ČSN 46 1100–2, a to 11,5 %. Tento obsah byl splněn u všech odrůd v obou oblastech, kromě odrůdy Frisky (C) v oblasti Lednice. Byly prokázány statisticky významné rozdíly v obsahu dusíkatých látek v oblasti Lednice a v oblasti Čáslav. V oblasti Čáslav byly hodnoty obsahu dusíkatých látek vyšší u všech odrůd. Tyto rozdíly by mohly být způsobeny například rozdílným počasím ve sklizňovém roce 2015/2016 v obou oblastech. Vliv počasí na obsah dusíkatých látek potvrzují ve své studii i Jurkaninová a kol. (2014). Zařazení odrůd do jednotlivých jakostních kategorií odpovídá naměřeným hodnotám. Elitní odrůdy (Bernstein a Annie) měly v obou oblastech nejvyšší hodnoty obsahu dusíkatých látek. Odrůdy jakostní kategorie A měly vyšší hodnoty než odrůdy z kategorie C, výjimkou byla pouze odrůda Pankratz (A), u které byla naměřena nejnižší hodnota v oblasti Čáslav (12,12 %). Vliv odrůdy na obsah dusíkatých látek je zde tedy jasně patrný a byl prokázán i ve výzkumu Polišenské a Jirsy (2015), kde odrůdy elitní jakosti měly také nejvyšší obsah dusíkatých látek.

Obsah mokrého lepku není stanoven normou, nejnižší hodnota pro obsah mokrého lepku pro potravinářskou pšenici byla určena bývalou normou 23 %. Srovnáním hodnot v tomto pokusu s limitem dřívější normy je patrné, že tuto nejnižší hodnotu nesplnila pouze odrůda Fakir z jakostní kategorie A v oblasti Lednice. Obsah mokrého lepku vyšel nejvyšší u elitních odrůd Bernstein i Annie v obou oblastech. Vliv odrůdy je u tohoto hodnocení patrný. Mezi hodnotami obsahu mokrého lepku v oblasti Lednice a v oblasti Čáslav byly prokázány

statisticky významné rozdíly, v oblasti Čáslav byly hodnoty u všech odrůd značně vyšší. Dle Pazdery (2006) zhoršení kvality lepku může způsobit chladné a vlhké počasí ke konci vegetace. To potvrzuje výzkum Jurkaninové a kol. (2014), kde byl zkoumán vliv počasí na obsah lepku a prokázalo se, že vyšších hodnot dosahují odrůdy v teplejších a sušších oblastech. Oblast Lednice je sice z dlouhodobého hlediska teplejší a má nižší průměr srážek, avšak hodnoty z této lokality vyšly poměrně o dost nižší než v oblasti Čáslav, zde je tedy vidět ovlivnění konkrétním rokem.

Dle Hubíka a Marečka (2002) i Palíka a kol. (2009) existuje vysoká kladná korelace mezi obsahem mokrého lepku v sušině a obsahem hrubých bílkovin zrna, tedy obsahem dusíkatých látek. Vysoká pozitivní korelace mezi těmito parametry byla potvrzena i v rámci výzkumu v této diplomové práci. Na základě statistického vyhodnocení vyšla silná závislost mezi obsahem dusíkatých látek a obsahem mokrého lepku stanovovaných ve šrotu u odrůd pšenice ozimé ($r = 0,82$).

Sedimentační index je stanoven normou ČSN 46 1100–2, minimální hodnota sedimentačního indexu pro pšenici určenou k pekárenskému zpracování je 30 ml. Sedimentační index stanovený Zelenyho testem byl nižší než hodnota stanovená normou pouze u odrůdy Gordian z jakostní kategorie B (29 ml). U elitních odrůd se předpokládá hodnota Zelenyho testu větší než 49 ml, toto splnila odrůda Bernstein (E) v oblasti Čáslav (55 ml), u druhé elitní odrůdy Annie byly však hodnoty sedimentačního indexu také vysoké. U odrůd jakostní kategorie A (kvalitní), by měly být hodnoty sedimentačního indexu kolem 35 ml, toto splnily všechny kvalitní odrůdy z obou oblastí, nejnižší hodnotu vykazovala odrůda Pankratz (34 ml). U stanovení sedimentačního indexu je patrný vliv odrůdy. Tento vliv potvrzuje i Hubík a Mareček (2002) a Polišenská a kol. (2014). Byl prokázán i vliv lokality, jelikož byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi oběma testovanými lokalitami. Dle Palíka a kol. (2009) existuje těsný vztah mezi hodnotou Zelenyho testu a obsahem hrubých bílkovin (obsahem dusíkatých látek). Na základě statistického vyhodnocení vyšla vysoká korelace i ve výzkumu v této diplomové práci mezi hodnotami Zelenyho testu a obsahem dusíkatých látek ve šrotu u vybraných odrůd pšenice ozimé ($r = 0,70$).

Číslo poklesu neboli pádové číslo stanovené normou ČSN 46 1100–2 je minimálně 220 sekund pro potravinářskou pšenici. Tato hodnota byla splněna u všech odrůd v obou oblastech. Číslo poklesu vyšlo vysoké u odrůd: Bernstein (E) v obou oblastech, Fakir (A) v lokalitě Čáslav a Pankratz (A) v oblasti Lednice, to značí u těchto odrůd nízkou aktivitu α -amylázy, a z toho vyplývá větší míra poškození granulí škrobu vlivem mletí. Ovšem hodnoty u všech těchto odrůd byly až příliš vysoké, před jejich zpracováním by tedy bylo vhodné

obsah amylolytických enzymů zvýšit přidáním, např. α -amylázy. Číslo poklesu bylo nejmenší u odrůd: Frisky (C), Bonanza (C), Hyfi (B). U těchto odrůd je tedy pravděpodobně aktivita α -amylázy vysoká a poškození škrobových zrn vlivem mletí je nízké. Nízká hodnota čísla poklesu také znamená sníženou pekařskou kvalitu, ale jelikož nejnižší hodnoty byly naměřeny u obou odrůd jakostní kategorie C, zde se nízká pekařská kvalita předpokládá. Vliv odrůdy na hodnoty čísla poklesu je zřetelný. Výrazný vliv odrůdy na číslo poklesu prokázali také Polišenská a kol. (2014). Vliv oblasti je též jasně viditelný a byl statisticky prokázán, hodnoty v oblasti Lednice vyšly podstatně vyšší. Je prokázáno, že vysoké hodnoty čísla poklesu souvisí se suchým a teplým počasím (Burešová a Palík, 2005). Oblast Lednice je z dlouhodobého hlediska teplejší než Čáslav a má nižší průměr srážek, takže očekávané vyšší hodnoty čísla poklesu v této oblasti byly potvrzeny. Nižší číslo poklesu v oblasti Čáslav mohlo být také způsobeno častými a vydatnými srážkami v době sklizně v roce 2016, následkem čehož mohlo dojít k porůstání zrna. Číslo poklesu může být také ovlivněno skladovací teplotou, ovšem ta v této práci nebyla měřena, tudíž lze pouze předpokládat, že skladovací teploty byly rozdílné, na základě průkazných rozdílů mezi oběma oblastmi.

Z výsledků stanovení retenční kapacity mouky vyplývá, že je zde velký vliv odrůdy. Zařazení odrůd do jakostních kategorií pekařské jakosti odpovídá naměřeným hodnotám vaznosti v jednotlivých roztocích. Nejlepších výsledků, a to dokonce ve třech roztocích, dosáhla odrůda Fakir z jakostní kategorie A, hodnoty SuSRC byly také vysoké. Elitní odrůda Annie vykazovala vysoké hodnoty ve všech čtyřech roztocích, u druhé elitní odrůdy Bernstein byly naměřeny velmi vysoké hodnoty LASRC, hodnoty ve zbylých roztocích byly také poměrně vysoké. U kvalitních odrůd včetně již zmíněné odrůdy Fakir byly naměřeny velmi vysoké hodnoty, např. u odrůdy Dagmar při stanovení LASRC a WSRC. Z odrůd v kategorii C nejnižších hodnot dosahovala odrůda Frisky v roztocích 50% sacharózy a 5% uhličitanu sodném.

Vliv lokality na stanovení retenční kapacity nebyl v tomto výzkumu prokázán u stanovení v žádném z těchto tří roztoků: destilovaná voda, 5% kyselina mléčná, 50% sacharóza, nebyly zde statisticky průkazné rozdíly v hodnotách z oblasti Čáslav a z oblasti Lednice. Statisticky průkazné rozdíly mezi oběma lokalitami byly prokázány pouze při hodnocení retenční kapacity v 5% uhličitanu sodném.

Nejvyšší hodnota LASRC vyšla u odrůdy Fakir a Bernstein a velmi vysoké hodnoty také u odrůd Annie a Dagmar, předpokládáme u těchto odrůd kvalitu lepku na velmi vysoké úrovni. Jelikož Fakir a Dagmar spadají do jakostní kategorie A a Bernstein a Annie dokonce do jakostní kategorie E, tento výsledek jejich jakostní zařazení jenom potvrzuje. Nejnižší

výsledky byly změřeny u odrůdy Gordian (106,9 %) a Frisky (108,6 %) v oblasti Lednice. Je pravděpodobné, že tyto odrůdy budou mít nízkou kvalitu lepku, respektive lepkového komplexu. U odrůdy Frisky, která je v jakostní kategorii C, je nízká kvalita lepku předpokládána, u odrůdy Gordian, která je v jakostní kategorii B, je toto vyhodnocení na hranici. Lepek je jedna z nejdůležitějších a nejsledovanějších složek při sledování kvality pro výrobu kynutých těst. Predikce kvality a množství lepku se dá určit i za pomoci stanovení obsahu lepku (stanovením mokrého lepku), obsahu N-látek a stanovením sedimentačního indexu. Obsah mokrého lepku i obsah N-látek vyšel nejvyšší u elitních odrůd Bernstein i Annie v obou oblastech, což jenom potvrzuje hodnoty získané pro tyto odrůdy při měření LASRC. Hodnoty sedimentačního indexu byly pro elitní odrůdy taky vysoké, zvláště vysoká byla hodnota odrůdy Bernstein v oblasti Čáslav (55 ml). U odrůdy Fakir byl obsah N-látek vysoký, obsah mokrého lepku byl poměrně nízký zvláště v oblasti Lednice, kde byly ale celkově velmi nízké hodnoty obsahu mokrého lepku, způsobené pravděpodobně počasím. Sedimentační index vyšel u této odrůdy vysoký, zejména v oblasti Čáslav (48 ml) a v oblasti Lednice nejvyšší hodnota z měřených odrůd (44 ml), takže kvalita lepku by i přes jeho menší množství měla být velmi vysoká. Vysoké hodnoty LASRC pro tuto odrůdu tedy byly na základě zbylých hodnot potvrzeny.

Nejvyšších výsledků při měření vaznosti mouky v roztoku 50% sacharózy dosáhla odrůda Annie (Čáslav 114,03 %, Lednice 108,88 %). Tato skutečnost poukazuje na to, že tato odrůda, z jakostní kategorie E, obsahuje pravděpodobně vysoké množství pentosanů. Větší množství pentosanů, dle výsledných hodnot, obsahují také odrůdy Hyfi, která patří do kategorie chlebové, a Fakir z jakostní kategorie A. Velmi nízké hodnoty SuSRC byly naměřeny u odrůd Frisky a Bonanza z jakostní kategorie C, u těchto odrůd je předpokládán výskyt malého množství pentosanů, a u odrůdy Pankratz (A). Pentosany hrají důležitou roli při hodnocení technologické jakosti zrna, jsou schopny vázat vodu a mouka pak vykazuje vyšší vaznost vody. Kladný vliv mají pentosany na objem finálního výrobku (Hubík a Mareček, 2002). Větší objem výrobku bychom tedy očekávali u odrůd Annie, Fakir a Hyfi. Příliš malý objem lze očekávat u odrůd Frisky a Bonanza, což jejich jakostní zařazení C jenom potvrzuje. Menší objem lze však očekávat i u odrůdy Pankratz, která je z jakostní kategorie A.

Množství poškozené škrobu nám pomáhá odhadnout stanovení vaznosti mouky v 5% uhličitanu sodném. Nejvyšší hodnoty SCSRC byly naměřeny u odrůdy Fakir z jakostní kategorie A (98,07 % v lokalitě Čáslav a 99,22 % v lokalitě Lednice) a u odrůdy Annie (E) (0,6 % v oblasti Čáslav a 92,91 % v oblasti Lednice) předpokládáme tedy u těchto odrůd vyšší

poškození škrobových zrn. Nejnižší hodnoty, a z toho vyplývající nejmenší poškození škrobu, byly zjištěny u odrůd – Frisky (C) (v oblasti Čáslav byla hodnota SCSRC 79,49 % a v oblasti Lednice 80,83 %), Bonanza (C) (v oblasti Čáslav 82,15 %), Hyfi (B) (v oblasti Lednice: 82,84 %). Jestli došlo k poškození škrobu vlivem mlecího procesu nebo působením α -amylázy nám pomáhá určit číslo poklesu. Číslo poklesu vyšlo u odrůd Fakir (A) i Annie (E) velmi vysoké, to značí u těchto odrůd nízkou aktivitu α -amylázy, a z toho vyplývá větší míra poškození granulí škrobu vlivem mletí. U odrůd: Frisky (C), Bonanza (C), Hyfi (B) bylo číslo poklesu nízké, u těchto odrůd je pravděpodobně aktivita α -amylázy vysoká a poškození škrobových zrn vlivem mletí je nízké. Poškození škrobových zrn vlivem mletí souvisí s tvrdostí zrna. Na tvrdší zrno je třeba vynaložit více energie, dochází k většímu poškození škrobu, u měkkých zrn je tomu naopak (Yu a kol., 2015). U odrůd Fakir a Annie tedy předpokládáme větší tvrdost zrna a u odrůd Frisky, Bonanza a Hyfi spíše měkké zrno.

Kvalitativní profil mouky se dá celkově posoudit na základě hodnot retenční kapacity mouky v destilované vodě. Nejvyšších hodnot WSRC dosáhla odrůda Fakir (A) (74,22 % v lokalitě Čáslav a 73,27 % v lokalitě Lednice) a odrůda Annie (E) (71,99 % v oblasti Čáslav a 70,36 % v oblasti Lednice). U odrůdy Fakir i Annie byly naměřeny velmi dobré výsledky i ve zbylých třech roztocích při hodnocení SRC, hodnoty WSRC podpořily předpoklad kvalitního složení jednotlivých složek mouky. Nejmenší hodnoty byly naměřeny u odrůd: Frisky (C) (63,02 % v oblasti Lednice), Bonanza (C) (64,45 % v oblasti Čáslav). U jakostních odrůd C je tento celkově nízký kvalitativní profil mouky předpokládáný, jelikož nejsou určeny k pekařskému zpracování.

Metoda stanovení retenční kapacity je analytická metoda standardizovaná v současné době pro posouzení vlastností jednotlivých složek z pšeničné mouky a její uplatnění nalezneme především v zahraničí, v České republice zatím není tak časté (Hrušková a kol., 2011). Byla proto testována možnost využití metody SRC i pro šrot, která by mohla zvýšit míru používání této metody v České republice. Na základě párového t-testu vyšly statisticky průkazné rozdíly mezi hodnotami stanovení retenční kapacity u šrotu a mouky u všech čtyř roztoků. Přesto, že vyšly rozdílné hodnoty mezi vzorky šrotu a mouky, bylo zkoumáno, jestli existuje shoda v tendencích mezi hodnotami šrotu a mouky v jednotlivých roztocích. Z výsledků korelační analýzy je patrné, že existuje shoda v tendencích mezi vzorky mouky a šrotu v destilované vodě ($r = 0,609$), 50% sacharóze ($r = 0,788$) a 5% uhličitanu sodném ($r = 0,870$). Na základě dalších výzkumů by tedy pravděpodobně bylo možné určit hodnoty typické pro šrot, které se prokazatelně odlišují od stanovených hodnot pro vzorky mouky. Za těchto okolností by potom byla možná predikce jakosti pšeničného zrna ve šrotu pomocí

metody SRC. Problematické by však byly hodnoty v roztoku 5% kyseliny mléčné, kde byla korelace nízká ($r = 0,339$). Určitě by ale, vzhledem k těsným vztahům mezi hodnotami v mouce a šrotu u zbylých třech roztoků, bylo vhodné provést další výzkumy na toto téma.

7 Závěr

V této diplomové práci byla hodnocena jakostní charakteristika různých odrůd pšenice ozimé. K predikci jakosti pšeničné byla použita metoda stanovení retenční kapacity. Retenční kapacita měří vaznost mouky ve čtyřech různých roztocích (voda, roztok sacharózy, roztok uhličitanu sodného, roztok kyseliny mléčné). Podle vaznosti mouky v jednotlivých roztocích lze určit vlastnosti lepkového komplexu, poškození škrobu, množství pentosanů a celkový profil mouky. Pekařská jakost byla také hodnocena u šrotů těchto odrůd za pomoci konkrétních metod stanovení: objemové hmotnosti, obsahu dusíkatých látek, mokrého lepku, Gluten indexu, sedimentačního indexu a čísla poklesu.

Hodnoty byly stanovovány u devíti různých odrůd pšenice ozimé ve dvou pokusných stanicích ÚKZÚZ: Lednice (LED) a Čáslav (CAS). Odrůdy byly vybrány tak, aby byly zastoupeny všechny jakostní kategorie: Annie a Bernstein (E); Dagmar, Fakir, Pankratz (A); Gordian a Hyfi (B); Bonanza a Frisky (C). Test SRC byl proveden na základě metodiky AACCC 56–11 a zbylé metody hodnocení jakosti dle příslušných norem ČSN.

Pro elitní odrůdy Bernstein a Annie vyšly vysoké hodnoty ve všech roztocích a v obou oblastech. WSRC = Bernstein – 66,98 % (CAS), 68,17 % (LED); Annie – 71,99 % (CAS), 70,36 % (LED). SCSRC = Bernstein – 85,33 % (CAS), 85,91 % (LED); Annie 90,60 % (CAS), 92,91 % (LED). SuSRC = Bernstein – 100,99 % (CAS), 100,19 % (LED); Annie 114,03 % (CAS), 108,88 % (LED). LASRC = Bernstein – 135,68 % (CAS), 128,57 % (LED); Annie 127,18 % (CAS), 125,84 % (LED). Vyšší hodnoty WSRC poukazují na kvalitní celkový profil mouky, potvrzují to i hodnoty ve zbylých roztocích. Zvláště vysoké byly hodnoty LASRC, které určují kvalitu lepkového komplexu.

U odrůd z kategorie kvalitní vyšly nejlepší výsledky (z devíti testovaných odrůd) u odrůdy Fakir, a to ve třech roztocích (WSRC – 74, 22 % (CAS), 73,27 % (LED); LASRC – 140,30 % (CAS), 142,12 % (LED); SCSRC – 98,07 % (CAS), 99,22 %). U této odrůdy lze očekávat nejlepší celkový kvalitativní profil, nejvyšší poškození škrobu i kvalitu lepku. U zbylých odrůd z jakostní kategorie A vyšly výsledky zpravidla středních až nadprůměrných hodnot. Velmi nízká však byla hodnota LASRC u odrůdy Pankratz.

Pro odrůdy z jakostní kategorie B – chlebová, byly dosaženy spíše nízké hodnoty. Hodnoty vyšly v rozmezích: WSRC = 64,65 – 66,92 %; SCRC = 82,84 % – 83,39 %; LASRC = 106,9 – 120,79 %; SuSRC = 98,55 % – 110,55 %). Nízké hodnoty SCSRC (83,39 % (CAS), 82,84 % (LED)) byly naměřeny u odrůdy Hyfi, to značí příliš malé poškození škrobu. U

odřůdy Gordian byla naměřena velmi nízká hodnota LASRC (112,03 % (CAS), 106,90(LED)).

V kategorii C – pšenice nevhodná pro pekařské zpracování, byly hodnoty velmi nízké. Nízké hodnoty WSRC jsou v souladu se zbývajícími hodnotami. Nejnižší hodnota SCSRC 79,49 % (CAS), 80,83 % (LED) a SuSRC (93,95 % (CAS), 97,30 % (LED) vyšla u odrůdy Frisky.

Na základě naměřených hodnot v diplomové práci lze konstatovat, že hypotéza: Rozdílné látkové složení obilí u různých odrůd ozimé pšenice se projeví odlišnými výsledky při měření retenční kapacity mouky, byla potvrzena.

Hodnocení pomocí zbylých konkrétních metod doplnilo celkový kvalitativní profil jednotlivých odrůd a mnohdy potvrdilo hodnoty získané na základě SRC. Hodnoty LASRC měly souvislost s hodnotami stanovení obsahu mokrého lepku, N-látek a sedimentačního indexu, které určují kvalitu lepku. Hodnoty SCSRC měly souvislost s hodnotami číslo poklesu, které určuje míru poškození zrna během mletí.

Využití metody stanovení retenční kapacity nalezneme především v zahraničí. V České republice zatím není metoda SRC příliš používána. Byla testována možnost využití metody SRC i pro šrot, která by mohla zvýšit míru používání této metody v České republice. Hodnoty mezi vzorky šrotu a mouky vyšly sice rozdílné ve všech čtyřech roztocích, ale v tendencích byla nalezena shoda, a to u tří roztoků – WSRC ($r = 0,609$), SuSRC ($r = 0,788$), SCSRC ($r = 0,870$). I přesto, že u LASRC byla korelace nízká ($r = 0,339$), by bylo vhodné, vzhledem k pozitivním výsledkům ve zbývajících roztocích, využití metody SRC pro šrot blíže prozkoumat pomocí dalších výzkumů.

8 Seznam literatury

Banu, I., Stonescu, G., Ionescu, V., Aprodu, I. 2011. Estimation of the baking quality of wheat flours based on rheological parameters of the mixolab curve, *Czech Journal of Food Science*. 29. 35–44.

Barnes, P. J., Taylor, P. W. 1980. The Composition of Acyl Lipids and Tocopherols in Wheat Germ Oils from Various Sources. *J. Sci. Food Agric.* 31. 997–1006.

Belderok B., Mesdag H., Donner D.A. 2000. Bread-Making Quality of Wheat: A century of Breeding in Europe. Springer. New York. p. 416.

Bettge, A. D., Morris, C. F., DeMacon, V. L., Kidwell, K. K. 2002. Adaptation of AACC method 56–11, Solvent retention capacity, for use as an early generation selection tool for cultivar development. *Cereal Chemistry*. 79 (5). 670–674.

Burešová I., Palík, S. 2005. Kvalita obilovin. *AGRO*. 10 (6). 60–61.

Codina, G., Bordei, D., Paslaru, V. 2008. The effects of different doses of gluten on Rheological behaviour of dough and bread quality. *Roumanian Biotechnological Letters*. 13 (6) 37–42.

Collar, C., Bollain, C., Rosell, C. M. 2007. Rheological Behaviour of Formulated Bread Doughs During Mixing and Heating. *Food Science and Technology International*. 13. 99–107.

Cornell, H. J. 2012. The chemistry and biochemistry of wheat. In: Cauvain, S. P. (ed.). *Bread Making: Improving Quality*. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. p. 35–76. ISBN: 978-0-85709-569-5.

ČSN 46 1011–18 (461011). Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin – Část 18: Zkoušení obilovin – Stanovení obsahu dusíkatých látek. 2003. Český normalizační institut. Praha. 8 s.

ČSN 46 1011–6 (461011). Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin – Část 6: Zkoušení obilovin – Stanovení obsahu příměsí a nečistot. 2002. Český normalizační institut. Praha. 8 s.

ČSN 46 1100–2 (461100). Obiloviny potravinářské – Část 2: Pšenice potravinářská. 2002. Český normalizační institut. Praha. 8 s.

ČSN EN ISO 3093 (461026). Pšenice, žito a pšeničná a žitná mouka, pšenice tvrdá (durum) a semolina z pšenice tvrdé – Stanovení čísla poklesu podle Hagberga–Pertena. 2011. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha. 20 s.

ČSN EN ISO 5529 (461022). Pšenice – Stanovení sedimentačního indexu – Zelenyho test. 2011. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha. 16 s.

ČSN EN ISO 712 (461014). Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti – Referenční metoda. 2010. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha. 28 s.

ČSN EN ISO 7971–2 (461013). Obiloviny – Stanovení objemové hmotnosti zvané "hektolitrová váha" – Část 2: Metoda sledovatelnosti pro měřicí přístroje k ověření přístroje podle mezinárodního standardu. 2010. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha. 32 s.

Dobraszczyk, B. J., Morgenstern, M. P. Rheology and the Breadmaking Process. 2003. *Journal of Cereal Science*. 38 (3). 229–245.

Dobraszczyk, B. J., Roberts, C. A. 1994. Strain Hardening and Dough Gas Cell–wall Failure in Biaxial Extension. *Journal of Cereal Science*. 20. 265–274.

Duyvejonck, A. E., Lagrain, B., Dornez, E., Delcour, J. A., Courtin, C. M. 2012. Suitability of solvent retention capacity tests to assess the cookie and bread making quality of European wheat flours. *LWT – Food Science and Technology*. 47 (1). 56–63.

Duyvejonck, A. E., Lagrain, B., Paryet, B., Courtin, C. M., Delcour, J. A. 2011. Relative contribution of wheat flour constituents to Solvent Retention Capacity profiles of European wheats. *Journal of Cereal Science*. 53 (1). 312–318.

Dvořáček, V., Papoušková, L., Faměra, O., Sedláček, T., Dotlačil, L., Hermuth, J., Hálová, I., Riljáčková, B. 2012. Využití metody retenční kapacity mouky pro predikci technologické

kvality pšenice v České republice: metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 26 s.

Food and Agriculture Organization. 2010. Agribusiness handbook. Wheat flour. Investment Centre Division. Viale delle Terme di Caracalla. Rome. Italy.

Fu, L., Tian, J., Sun, C., Li, CH. 2008 RVA and Farinograph Properties Study on Blends of Resistant Starch and Wheat Flour. *Agricultural Sciences in China*. 7 (7). 812–822.

Gabrovská, D., Hálová, I., Chrpová, D., Ouhrabková, J., Sluková, M., Vavreinová, S., Faměra, O., Kohout, P., Pánek, J., Skřivan, P. Obiloviny v lidské výživě: Stručné shrnutí poznatků se zvýšeným zaměřením na problematiku lepku. [online]. Svaz průmyslových mlýnů ČR. 22. června 2015 [cit. 2017–12–01]. Dostupné z <<http://www.svazmlynucr.cz/wp-content/uploads/2015/06/Obiloviny-ve-v%C3%BD%C5%BEiv%C4%9B-lepek.pdf>>.

Gillies, S. A., Futardo, A., Henry, R. J. 2012. Gene expression in the developing aleurone and starchy endosperm of wheat. *Plant Biotechnology Journal*. 10 (6). 668–679.

Hao, J., Chen, J., Chen, X., Cui, D., Cheng, X. 2006. Analysis of Dynamic Accumulation of Three Types of Glutenin Subunits and Their Content in Relation to Sedimentation Value in Common Wheat. *Agricultural Sciences in China*. 5 (2). 155–160.

Horáková, V. 2011. Pekařská jakost odrůd pšenice a žita registrovaných v roce 2011. *Obilnářské listy*. 3 (4). 82–84.

Hrušková, M., Jirsa, O., Švec, I. 2006. Jakost komerční pšeničné mouky hladké světlé. *Mlynářské noviny* 17 (3–4). 16 s.

Hrušková, M., Karas, J., Švec, I. 2011. Stanovení retenční kapacity pro mlýnské meziprodukty a výrobky. *Obilnářské listy*. 19 (3–4). 62–65.

Hrušková, M., Švec, I., Karas, J. 2012. Solvent retention capacity values in relation to the Czech commercial wheat quality. *International Journal of Food Science*. 47 (11). 2421–2428.

Hubík, K., Mareček, J. Kvalita obilnin [online]. Úroda 21. dubna 2002 [cit. 2017–11–28]. Dostupné z <<http://uroda.cz/kvalita-obilnin/>>.

Channa, M. J., Ghangro, A. B., Sheikh, S. A., Nizamani, S. M. 2015. Physico-Chemical Characteristics and Rheological Properties of Different Wheat Varieties Grown in Sindh. Pakistan Journal of Analytical & Environmental Chemistry. 16 (2). 11–18.

Jurkaninová, L., Příhoda, J. 2015. Uživatelské charakteristiky pšenice ze sklizně 2014. Mlynářské noviny. 26 (1). 4–7.

Kaur, A., Singh, N., Kaur, S., Ahlawat, A. K., Singh, A. M. 2014. Relationships of flour solvent retention capacity, secondary structure and rheological properties with the cookie making characteristics of wheat cultivars. Food Chemistry. 158 (1). 48–55.

Kieffer, R., Wieser, H., Henderson, M. H., Graveland A. 1996. Correlations of the Breadmaking Performance of Wheat Flour with Rheological Measurements on a Micro-scale. Journal of Cereal Science. 27. 53–60.

Korunic, Z., Cenkowski, S., Fields. 1998. Grain bulk density as affected by diatomaceous earth and application method. Postharvest Biology and Technology. 13. 81–89.

Kučerová, J. 2004. Technologie cereálií. MZLU. Brno. 141 s. ISBN 80–7157–811–8.

Kweon, M., Slade, L., Levine, H. 2011. Solvent Retention Capacity (SRC) Testing of Wheat Flour: Principles and Value in Predicting Flour Functionality in Different Wheat-Based Food Processes and in Wheat Breeding — A Review. Cereal Chemistry. 88 (6). 537–552.

Matz, S. A. 1987. Ingredients for bakers. Ellis Horwood. Chichester. p. 284. ISBN 0–942–849–00–0.

Ministerstvo zemědělství. 2017. Postup sklizně obilovin a řepky k 10.7. 2017 [online]. 10. července 2017 [cit. 2017–11–29]. Dostupné z: <<http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/roslinna-vyroba/roslinne-komodity/obiloviny/prubeh-sklizne/sklizen-2017/postup-sklizne-obilovin-a-řepky-k-10-7.html>>.

Miś A., 2000. Some methodological aspects of determining wet gluten quality by the glutomatic method. *Int. Agrophysics*.14. 263–267.

Moncel, B. A guide to Flour, Flour Components [online]. The Spruce. 23. října 2017 [cit. 2017–11–24]. Dostupné z <<https://www.thespruce.com/a-guide-to-flour-1328533>>.

Nováková, E. 2014. Význam obilovin v naší výživě. *Potravinářská revue: Odborný časopis pro výživu, výrobu potravin a obchod. AGRAL s. r. o.* 9 (6). 31–35.

Novotný F., Hubík K. 2006. Nové směry v hodnocení jakosti potravinářské pšenice Část I: Hodnocení z pohledu odrůdového zkušebnictví [online]. ÚKZÚZ. Brno. [cit. 2018–02–24]. Dostupné z: <www.agrokrom.cz/texty/Obilnarske_listy/novotny_nove%20smery%20v%20hodnoceni_1%20cast_973.pdf>.

Palík, S., Burešová, I., Edler, S., Sedláčková, I., Tichý, F., Váňová, M. 2009. Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice. *Agrotest fyto. Kroměříž*. 68 s. ISBN 978–80–86888–07–1.

Pasha, I., Anjum, F. M., Butt, M. S. 2009. Genotypic variation of spring wheats for solvent retention capacities in relation to end–use quality. *LWT – Food Science and Technology*. 42 (1). 418–423.

Pazdera, J. 2006. Pěstování rostlin – cvičení. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 203 s. ISBN 80–213–1538–5.

Pena, R.J. 2002. Wheat for Bread and Other Foods. In: Curtis, B. C., Rajaram, S. and Macpherson, H.G. (eds.). *Bread Wheat—Improvement and Production*, FAO. Plant Production and Protection Series. Rome. 30.

Polišenská, I., Jirsa, O. 2015. Vyhodnocení souboru odrůd ozimé pšenice Mezinárodní soutěže pěstebních technologií Kroměříž 2015 z pohledu kvality sklizeného zrna. *Obilnářské listy*. 23 (2). 43–46.

Polišenská, I., Jirsa, O., Váňová, M., Sedláčková, I. Kvalita potravinářské pšenice sklizené v ČR v letech 2011–2013 [online]. 2014. [cit. 2018–2–10]. Dostupné z <<http://www.vukrom.cz/sluzby-a-produkty/konference/konference-2014/kvalita-psenice>>.

Prugar, J., Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. 2008. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha. 327 s. ISBN: 978–80– 86576–28–2.

Příhoda, J., Hrušková, M. 2007. Mlynářská technologie (svazek 1) Hodnocení kvality. Svaz průmyslových mlýnů České republiky. Praha. 187 s. ISBN 978–80–239–9475–9.

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., Skřivan, P., Hrušková, M. 2004. Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. VŠCHT. Praha. 203 s. ISBN: 80–7080–530–7.

Ram, S., Dawar, V., Singh, R. P., Shoran, J. 2005. Application of solvent retention capacity tests for the prediction of mixing properties of wheat flour. Journal of Cereal Science. 42 (2). p. 261–266.

Sedláčková, I., Polišenská, I. 2012. Příměsi a nečistoty v potravinářské pšenici. Obilnářské listy. 20 (1). 29–31.

Skoupil, J. 1994. Suroviny na výrobu pečiva. Kora. Pardubice. 211 s. ISBN 80–85644–03–7.

Sluková, M. Sacharidy obilovin a obilná vláknina [online]. Žitné centrum. 5. ledna 2016 [cit. 2017–11–26]. Dostupné z <<http://www.zitnecentrum.cz/2016/01/05/sacharidy-obilovin-a-obilna-vlaknina/>>.

Suková, I. Metody stanovení pekařské kvality pšenice [online]. Ústav zemědělské ekonomiky a informací (ÚZEI). 14. listopadu 2012 [cit.2017–01–12]. Dostupné z <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=167&ch=13&typ=1&val=123468>>.

Šedivý, P., Dostál, J., Kovaříková, D., Martínek, V. 2013. Pekařská technologie I. Odborné nakladatelství a vydavatelství Pekař a cukrář s.r.o. ISBN–978–80–903913–7–6.

Šramková, Z., Gregová E., Šturdík, E. 2009. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca*. 2 (1). 115 – 138.

Tang, M.C, Copeland, L. 2007. Analysis of complexes between lipids and wheat starch *Carbohydrate Polymers* 67 (1), 80–85.

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2017. Obilniny 2017. ÚKZÚZ. Brno. ISBN 978–80–7401–142–9.

Vaculová, K., Jirsa, O. Martinek P., Balounová M. 2010. Hodnocení kvality zrna vybraných vzorků netradiční pšenice a bezpluchého ječmene. *Obilnářské listy*. 18 (3). 71–76.

Wang, J., Pawelzik, E., Weinert, J., Zhao, Q., Wolf, G. A. 2008. Factors influencing falling number in winter wheat. *European Food Research and Technology*. 226 (6). 1365–1371.

Weipert, D. Descriptive and fundamental rheometry in a new light. 1992. *Cereal Foods World*. 37. 15–24.

Wheat Marketing Center, Inc, 2004. *Wheat and Flour Testing Methods: a Guide to Understanding Wheat and Flour Quality*. Wheat Marketing Center. Portland. p 71.

Xiao, Z. S., Park, S. H., Chung, O. K., Caley, M. S., Seib, P. A. 2006. Solvent Retention Capacity Values in Relation to Hard Winter Wheat and Flour Properties and Straight–Dough Breadmaking Quality. *Cereal Chemistry*. 83 (5). 465–471.

Young, L.S. 2009. *The ICC Handbook of cereals, flour, dough & produkt testing: methods and applications*. DEStech Publication, Inc. Lancaster. 498 s. ISBN 978–1–932078–99–2.

Yu, J., Wang, S., Wang, J., Li, C., Xin, Q., Huang, W., Zhang, Y., He, Z., Wang S. 2015. Effect of laboratory milling on properties of starches isolated from different flour millstreams of hard and soft wheat. *Food Chemistry*. 172. 504–514.

9 Seznam použitých zkratk

CISTA – Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture

ČR – Česká republika

ČSN – Česká technická norma

FAO – Food and Agriculture Organization (Organizace pro výživu a zemědělství)

FPT – Farinograph peak time

GPI – Gluten Performance Index (index výkonnosti lepku)

LASRC – Lactic Acid Solvent Retention Capacity (stanovení retenční kapacity v roztoku kyseliny mléčné)

SCSRC – Sodium Carbonate Solvent Retention Capacity (stanovení retenční kapacity v roztoku uhličitanu sodného)

SuSRC – Sucrose Solvent Retention Capacity (stanovení retenční kapacity v roztoku sacharózy)

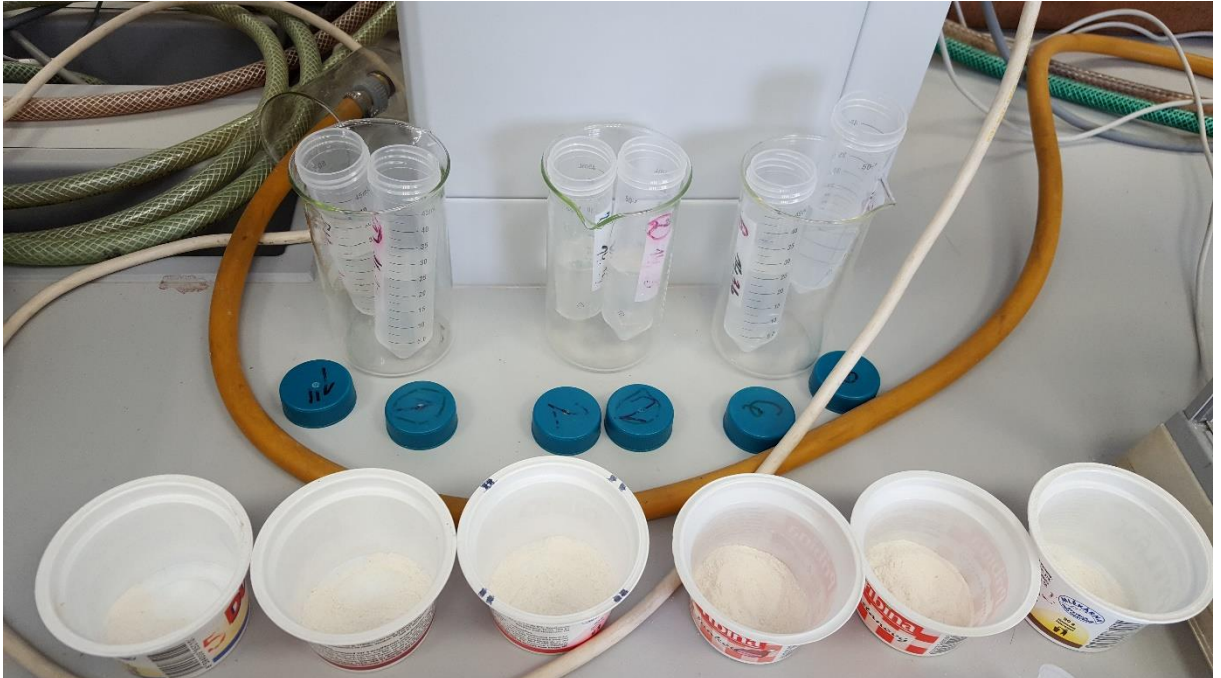
ÚKZÚZ – Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

WHC – Water Holding Capacity (kapacita zadržování vody)

WSRC – Water Solvent Retention Capacity (stanovení retenční kapacity v destilované vodě)

10 Samostatné přílohy

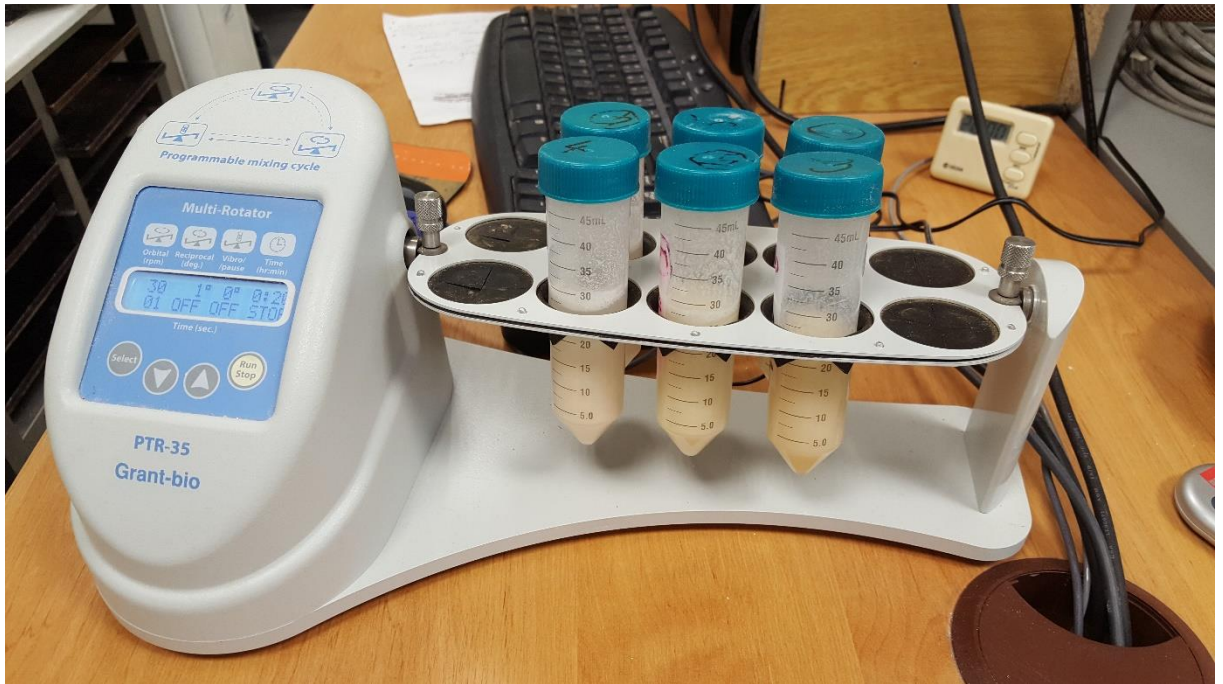
Obrázek 1 – Příprava metody SRC – jednotlivé roztoky odvážené v kyvetách a odvážené vzorky mouky (Autor diplomové práce, 2018)



Obrázek 2 – Nezbytné odležení kyvet se vzorky po centrifugaci před závěrečným vážením (Autor diplomové práce, 2018)



Obrázek 3 – Multifunkční třepačka PTR-35 GRANT-BIO (Autor diplomové práce, 2018)



Obrázek 4 – Centrifuga Eppendorf 5416 (Autor diplomové práce, 2018)

