

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav Technologie potravin



**Sledování vybraných znaků pšenice pro sestavení směsi
na zámel**

Diplomová práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Jindřiška Kučerová, Ph.D.

Vypracovala:
Bc. Markéta Jedličková

Brno 2016

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci:.....

.....vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucí mé diplomové práce, paní doc. Ing. Jindřišce Kučerové, Ph.D., za odborné vedení při vypracování práce, za její čas, připomínky a cenné rady.

Dále děkuji za ochotu a pomoc, paní Ing. Evě Terzlové, vedoucí laboratoře, která byla mou konzultantkou a vedla experimentální část mé práce.

Děkuji vedení společnosti MLÝN HERBER spol. s r.o. v Opavě - Vávrovicích, za umožnění provedení praktické části, poskytnutí vzorků a mého začlenění do kolektivu laboratoře.

Velké poděkování patří mým rodičům, kteří mi umožnili studovat na vysoké škole a neustále byli mou oporou.

ABSTRAKT

V diplomové práci "Sledování vybraných znaků pšenice pro sestavení směsi na zámel" bylo cílem určit procentuální podíly jednotlivých partií zámelu. V literární části jsou shromážděny informace o pšeničném zrně a mlýnské technologii. V praktické části jsou posuzovány parametry mlynářské a pekařské jakosti pšenice: vlhkost, objemová hmotnost, příměsí a nečistoty, podíl plných zrn, Zelený test, obsah dusíkatých látek, číslo poklesu, obsah mokrého lepku, alveografické ukazatele. Měření bylo provedeno v mlýnské laboratoři. Byl sestaven zámel ze 7 partií pšenice od 7 dodavatelů. Ten nevyhovoval stanoveným parametrům, takže 2 dodavatelé pšenice byli vyloučeni. Poté byla směs na zámel sestavena z 5 partií pšenice. Každá partie se podílela na zámelu 20 %. Výsledky této práce umožňují zhodnotit vliv vybraných znaků pšenice pro sestavení směsi na zámel i mezi sebou.

Klíčová slova: obiloviny, technologie mletí, mlýnské stroje, laboratoř, alveograf, deformační energie

ABSTRACT

In the thesis "Monitoring of selected characters of wheat to build a mixture of grain," the aim was to determine the percentages of the various parts of the mixture. In the literary part are information about wheat grain and flour milling technology. In the practical part are evaluated parameters of milling and baking quality of wheat: moisture, volume weight, admixtures and impurities, Zelený test, crude protein content, falling number, wet gluten content, Alveograph pointers. The measurement was performed in a laboratory mill. The mixture of grain was composed of 7 suppliers. It did not comply the parameters set so two suppliers of wheat were excluded. The mixture was composed of 5 parts of wheat. Each part was involved in 20%. The results of this study make it possible to assess the impact of selected characters of wheat to build mixture of grain.

Key words: grains, milling technology, mill machines, laboratory, alveograph, strain energy

OBSAH

1 ÚVOD.....	7
2 CÍL PRÁCE	9
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
3.1 Obiloviny	10
3.1.1 Definice a původ.....	10
3.1.2 Zdravotní aspekt	11
3.1.3 Obchod a ekonomické hledisko	12
3.1.4 Pšenice	13
3.1.5 Výrobky	14
3.1.6 Anatomická stavba obilného zrna.....	14
3.1.7 Chemické složení obilného zrna	16
3.2 Historie mlýnů a mlynářství	21
3.3 Technologie zpracování obilovin.....	22
3.3.1 Historie a provoz mlýna Herber v Opavě- Palhanci	23
3.3.2 Příjem obilí	24
3.3.3 Předčištění.....	25
3.3.4 Sestavení směsi na zámel.....	26
3.3.5 Čištění	26
3.3.6 Hydrotermická úprava a povrchové opracování	29
3.3.7 Vlastní mletí.....	32
3.3.8 Výtěžnost, zrání a skladování mouk	36
3.4 Úloha laboratoře mlýnu Herber	38
4 MATERIÁL A METODIKA.....	42
4.1 Materiál.....	42
4.2 Metodika	43
4.2.1. Laboratorní rozbor zrna pšenice	44
4.2.2. Alveografické stanovení připravených mouk.....	46
4.2.3 Statistické zpracování	47
5 VÝSLEDKY A DISKUSE	48
5.1 Sledování vybraných parametrů	48
5.1.1 Hodnocení zrna	48

5.1.2 Hodnocení šrotu	55
5.1.3 Hodnocení připravených mouk ze vzorků zrn	58
5.2 Sestavení zámelu.....	60
5.3 Projekce sledovaných parametrů do faktorové roviny	62
6 ZÁVĚR.....	64
7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	66
8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	72

1 ÚVOD

Před mnoha tisíci lety, předkové nynější lidské generace, kultivovali, do té doby volně rostoucí traviny, z nichž po čase vyšlechtili výnosové odrůdy. Věděli, že konzumací celých obilných zrn doplní masitou stravu a dodají tělu potřebnou energii na delší dobu. Ve staré Číně se živilo pšeni, pohankou a rýží, Aztékové a Májové pojídali kukuřici, Egypťané pěstovali jednu z nejkvalitnějších pšenice. Evropané měli předpoklady pro všechny hlavní obiloviny – pšenici, ječmen, žito a oves.

Pšenice je nejvýznamnější obilovinou s nejširším využitím celosvětově i v České republice. Používá se k lidské výživě, ke krmení hospodářských zvířat a k průmyslovému využití – výrobě lihu, piva i jako obnovitelný zdroj energie. Z hlediska potravinářského zpracování, jsou nejdůležitější požadavky na chemické složení, strukturní uspořádání hlavních chemických složek a jejich změny v důsledku reakcí probíhajících uvnitř zrna při zrání a skladování a následném získávání mlýnských výrobků. Ze všech obilovin má pouze pšenice schopnost vytvářet za daných podmínek viskoelastický gel, tzv. lepek. Determinanty lepku jsou bílkovinné gliadiny a gluteliny, odpovědné za pružnost a tažnost. Pšeničné těsto má proto schopnost zadržovat plyn potřebný pro výrobu chlebě s velkými objemy a pečiva požadované struktury.

Mlýnské zpracování má dlouholetou tradici. První prototyp mlýnku je znám již z keltské doby. Hnací motorem byla nejdříve zvířata, poté se stavěly vodní a větrné mlýny. Postupem času byly zavedeny parní pohony, dieselové motory a elektromotory. Na počátku 19. století zaznamenala mlýnská technologie obrovský krok vpřed, zavedením mlecích válcových stolic. Sprážením vědy a výzkumy jsou dodnes zaváděny nové, spolehlivé a ekonomicky úsporné stroje pro usnadnění výroby a snadnější získávání produktů.

Princip mlýnské technologie spočívá v oddělení vnitřní části, endospermu, od obalových vrstev, tzv. otrub a to postupným drcením meliva s následným tříděním a čištěním, jež se několikrát opakuje. Hlavním předpokladem je zajištění správné návaznosti technologických sekcí, kterou je dosaženo vysoké výtěžnosti jedlých výrobků, s požadovanou kvalitou pekařských vlastností. Je nutné zajistit, aby mezi pekařskými vlastnostmi vyrobených mouk byly minimální výkyvy. To umožňuje jednak, řízená kontrola hlavních parametrů vstupní suroviny, správně sestavená směs na zámele a mezioperační kontrola při samotném mlýnském zpracování.

Je popsána technologie zpracování pšenice v provozu mlýna Herber spol. s r.o.

v Opavě-Palhanci a provedena praktická část v jeho laboratoři. Mlýn je strategicky situován u řeky, jejíž síly využívali k pohonu již od roku 1362, kdy byl mlýn postaven. Záznamy o předcích nynějších majitelů rodiny Herberů jsou z roku 1712. Tento rodinný podnik disponuje vysokou automatizací a technologickou úrovní strojů s výrobní kapacitou 135 tun/ 24 hodin. Mlýnská laboratoř je řízena normou ČSN 46 1100 – 2 Stanovení požadavků na zrna pšenice jako zemědělského výrobku určeného k mlýnskému zpracování. Laboratoř zajišťuje rozbor základních jakostních ukazatelů přijímané suroviny. Řídí mezioperační kontrolu nad parametry vyráběných pasážních mouk a deklaruje požadované pekařské ukazatele objednaných finálních mouk.

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo analyzovat vybrané znaky pšenice od 7 dodavatelů a na základě ukazatelů jakosti vybrat vhodné pšenice pro sestavení optimální směsi na zámel.

Prostudovat literaturu týkající se zpracování obilí ve mlýně, mlýnských strojů, míchání a zrání obchodních mouk.

Experimentální část provést v laboratoři mlýna Herber spol. s r.o. v Opavě – Palhanci. Seznámit se s provozem mlýna a technologií výroby. Popsat jednotlivé laboratorní stanovení a přístrojové vybavení.

Stanovit obchodní ukazatele – vlhkost, příměsí a nečistoty, zdravotní stav, znaky mlynářské jakosti – objemovou hmotnost, podíl plných zrn a znaky pekařské jakosti – Zelený test, obsah dusíkatých látek, číslo poklesu.

Stanovit optimální procentuální podíly jednotlivých partií směsi na zámel.

Výsledky vyjádřit graficky a statisticky zpracovat. Zhodnotit vliv jednotlivých ukazatelů mezi sebou a na sestavený zámel.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Obiloviny

3.1.1 Definice a původ

Obiloviny jsou nejstarší kulturní rostliny vypěstované člověkem. Botanicky se řadí mezi traviny, latinsky *Gramineae* a většina známých obilovin do čeledi lipnicovité, *Poacea*. Tento společný botanický původ předurčuje jisté shody, které jsou např. podobnost ve struktuře a tvorbě zrna, chemickém složení, uspořádání obalových a podobalových vrstev zrna, v zastoupení jednotlivých aminokyselin v obilných bílkovinách nebo mastných kyselin v tukových složkách. Staleté šlechtění, pěstování a vliv různých klimatických jevů způsobilo, že se současně vytvořily odlišnosti mezi jednotlivými botanickými rody a druhy obilovin. Tím se postupem doby zjistila vhodnost a předurčení pouze některých obilovin, které jsou dominantní co do výměry pěstebních ploch, objemového zpracování a průmyslového využití na trhu. Jedná se především o nejvýznamnější obilovinu pšenici, dále rýži, žito, kukuřici, proso, čirok aj. V posledních letech se začaly uplatňovat i další jako amarant, quinoa, pohanka, řadící se mezi pseudocereálie.

Dějiny obilovin souvisí s dějinami zemědělství a rozvoje lidské společnosti. Jinými slovy, evoluční proces lidské generace zapříčiňuje domestikaci divokých travnatých druhů obilovin. Postupné zjišťování způsobu sklizně, uvolňování zrna mlácením a následné manipulace byly nepřímým podnětem přírodní hybridizace, zvýšení rozmanitosti a přizpůsobivosti obilných plevelů. Každá z dnes známých obilovin má svou historii a popsateľnou cestu z divočiny k domestikovaným formám (MORRISON, 2016). Člověk nejprve strategicky sbíral semena a jimi doplňoval především masitou stravu. Prvním pokrmem byl rozmělněný šrot, polévka, kaše a později i kynutý chléb. Nálezy archeologů potvrdily existenci obilovin již v evropském pravěku z mladší doby kamenné a taktéž ze zemí Blízkého Východu, tj. oblast Eufratu a Tigridu, z povodí Nilu i ze staré Číny. Do Evropy přišly hlavní obiloviny, pšenice, žito, ječmen, z jihozápadní Asie a z oblasti Středozeemí, tropické kraje Starého světa poskytly lidstvu rýži. Nový svět objevil kukuřici. Díky své přizpůsobivosti místním podmínkám a schopnosti účelně

využívat vegetační a klimatické faktory pro výnos, pěstuje se dnes obilí téměř po celé zeměkouli, pokud jsou podmínky aspoň minimálně příznivé.

3.1.2 Zdravotní aspekt

Současná roční světová produkce obilí je více než 2,5 miliard tun. Část této masy se zpracovává v potravinářském průmyslu. Pro výživu lidstva se přímo, bez chemického zásahu, používá z obilovin výhradně zrno. Svými vlastnostmi ovlivňují výživovou bilanci a slouží jako hlavní zdroj potravy pro více než 40 % celosvětové populace (ZHEN a kol., 2016). Zásadní postavení mají, prakticky ve všech kulturách, především pšenice, rýže a kukuřice, jež představují 89 % celkové produkce (SALDIVAR, 2016). V hospodářsky vyspělých zemích podíl obilovin v lidské stravě neustále klesá, vzrůstá potřeba krmného obilí pro hospodářská zvířata, čímž obiloviny nepřímo ovlivňují produkci masa, mléka, drůbeže a do jisté míry i tuků.

Podle údajů FAO dodávají obiloviny lidstvu téměř ½ energetické hodnoty ve stravě a ½ konzumovaných bílkovin. Využití pšenice pro lidskou výživu činí celosvětově 66 %, v Německu 45 %, v USA 60 %, v Řecku 82 %, v ČR 35 %. Spotřeba žita a žitných výrobků činí celosvětově 33 %, v Německu 58 %, v USA 15 %, v ČR 92 %. Statistiky monitorují obrovské rozdíly ve spotřebě obilovin, příkladem je Afrika, kde spotřeba obilovin na 1 obyvatele za rok činí v Maroku a Egyptě cca 250 kg, zatímco v republice Kongo a Botswaně 37 kg (PELIKÁN, SÁKOVÁ, 2001).

Z nutričního hlediska obiloviny dodávají hlavní živiny a energii ve formě bílkovin, sacharidů a obohacují stravu o různé minoritní biologicky hodnotné látky, jako jsou vitamíny, minerální látky, terpenoidy, fenoly, esenciální aminokyseliny, fytochemikálie a nerozpustná vlákna.

Potraviny s podloženým příznivým vlivem a působením na lidské zdraví, označujeme jako funkční potraviny (nutriceutika, designer food), do nichž spadají právě i obiloviny. Studie potvrzují, že pšeničné zrno vykazuje antimutagenní a antioxidační aktivitu, díky obsaženým redoxním enzymům, např. katalázy, peroxidázy a rovněž antioxidantům jako jsou fenolové kyseliny. Stejnou pozoruhodnou schopnost mají i antioxidanty pšeničných klíčků, jež jsou akceptory škodlivých radikálů a mají ochranný účinek proti poškození DNA indukované oxidačním stresem (YI a kol., 2011). Samotné pšeničné otruby jsou výborným zdrojem nerozpustné vlákniny. Je prokázáno, že pravidelný a dostatečný příjem vlákniny (25 – 35 g za den) usměrňuje fyziologické

funkce trávicí soustavy, snižuje hladinu cholesterolu v krvi a působí jako prevence vzniku rakoviny tlustého střeva. Stále častěji se v obchodech vyskytují potraviny s obsahem amarantu, pohanky, lněného semínka jako možnost zvýšení denního příjmu vlákniny. Na beta-glukany jsou nejbohatší výrobky z ovesa (ovesné vločky, ovesný nápoj, cereální kaše) i ječmene, jakožto účinné funkční složky, které zmírňují reakci krevní glukózy po jídle, snižují hladinu LDL cholesterolu u jedinců se zvýšenou hladinou cholesterolu, čímž mohou preventivně regulovat vznik chronických onemocnění, převážně cukrovky II. typu a kardiovaskulárních onemocnění. Pravidelná konzumace ovesných otrub může snižovat riziko rakoviny prsu a při nejmenším prospívají mikroflóře tlustého střeva (TOSH, MILLER, 2016).

3.1.3 Obchod a ekonomické hledisko

Obiloviny zaujímají přední místo v obchodování s komoditami na celém světě, ale i zvláště v národních hospodářstvích každé země. Je zřejmé, že produkce obilovin v jednotlivých státech kolísá. Zejména vlivem různých povětrnostních poměrů v jednotlivých letech, změnou v osevních plochách i úrovni a intenzitou zemědělské výroby. Roli mají i hlubší politické či celospolečenské převraty. V průmyslově vyspělých zemích Evropy a Severní Ameriky jsou tak velké přebytky, že se přiklání k nepotravinářskému využití obilovin, namísto států, kde jsou zcela nepříznivé podmínky pro zemědělství, nízká úroveň, vysoká hustota obyvatelstva a značná část populace hladová, protože nemá prostředky na dovoz obilí. Čína je největším světovým producentem pšenice. K tradičním exportérům patří USA, Kanada, Austrálie, země Evropské unie, nezanedbatelné jsou přebytky v Indii.

V České republice zaujímají obiloviny více než 50 % z veškeré orné půdy. Nákup obilí v dřívějších dobách, před rokem 1991, byl součástí centrálně plánovaného hospodářství, jež zajišťovaly samostatně podniky Zemědělského zásobování a nákupu, se současnou posklizňovou úpravou a skladováním. V novém tržním systému hospodaření se obchod realizuje obchodními smlouvami mezi jednotlivými zainteresovanými subjekty. Avšak v hlediska strategie a stability obchodu s obilovinami, došlo k jistým opatřením, kterými stát podobně jako ostatní země zasahuje do chodu. Obchody s komoditami v ČR probíhají jednosměrně, od prvovýrobce ke zpracovateli, nebo prostřednictvím obchodních organizací, jako mezičlánek. Burza poskytuje pro dodavatele finanční ohodnocení, pro odběratele

jistotu, že uzavřené smlouvy budou plněny v dohodnuté jakosti, termínech a dalších specifických podmínkách (PELIKÁN, SÁKOVÁ, 2001).

3.1.4 Pšenice

Pšenice je jednou z nejdůležitějších pěstovaných kulturních rostlin na světě, společně s rýží. Prošla několikaletým šlechtěním, díky němuž se pěstování rozšířilo do vyšších nadmořských výšek v podhorských oblastech, kde bylo původně pěstováno jen žito a oves. Pro potravinářství excelentní a vyžadované, z mnoha botanických druhů, jsou pouze dva – *Triticum aestivum L.*, pšenice obecná, měkká, s vyšším obsahem škrobu a *Triticum durum L.*, pšenice tvrdá s vyšším obsahem lepku. Ojedinele se pěstuje *Triticum spelta L.*, pšenice špalda a *Triticum turgidum L.*, pšenice naduřelá. Světová produkce pšenice dosahuje přibližně 590 mil. tun, na čemž se podílí Čína 18 %, země EU asi 15 %, USA 11 %, a Indie 9 %. Česká republika vyprodukuje 3,7 – 3,9 mil. tun pšenice za rok.

Ze všech obilovin, pouze pšenice, obsahuje mimořádně důležité proteiny, jež vytváří za daných podmínek viskoelastický gel, tzv. lepek. Determinanty lepku jsou hlavně gliadiny a gluteliny, odpovědné za pružnost a tažnost. Pšeničné těsto má proto schopnost zadržovat plyn potřebný pro výrobu chlebů s velkými objemy a pečiva požadované struktury. Pšenice, potažmo pšeničné mouky se zpracuje v ČR nejvíce v pekárnách 66 %, pečivárnách 9,5 % a těstárnách 6,6 %, přičemž spotřeba v domácnostech klesá na 16 %. Je známo, že střední a východní Evropa, státy jako ČR, Německo, Rakousko, Polsko, Rusko, Ukrajina, je místem tradiční výroby chleba a žitného a žitnopšeničného pečiva (PELIKÁN, SÁKOVÁ, 2001).

Výtěžek pšenice a její kvalita závisí do značné míry na dostupnosti dusíku (N). Jde o nejhojnější element v atmosféře, je podstatnou složkou rostlinného chlorofylu a v moderním zemědělství se praktikuje používání hnojiv s jeho podílovým obsahem. Studie ZHEN a kol., 2016 monitorovaly reakce při aplikaci hnojiva s vyšší dávkou dusíku během vývoje zrna. Prokázaly výrazné účinky na vývoj rostliny, zvýšení biomasy, výnosu a výtěžnosti při sklizni. Potvrdilo se, že aplikace působí významné zvýšení obsahových složek, bílkovin, sacharidů, aminokyselin, organických kyselin, zlepšení škrobu a celkové zlepšení kvality mouky, při testování reologických vlastností a při pekařském pokusu.

3.1.5 Výrobky

Využití obilovin pro potravinářství je pestré. Jedná se o výrobky pekařské, trvanlivé pečivo, těstoviny, výrobky extruzní technologie, ječné kroupy, ovesné vločky, rýže, loupané a drcené obilky ve všemožných kaších a další. Ke krmným a průmyslovým účelům je využíván například sladovnický ječmen jako surovina pro výrobu sladu a piva. Z pšenice a kukuřice možno získávat škrob, jehož deriváty mají velmi široké uplatnění, jako škrobové a glukózové sirupy, technické dextriny, modifikované škroby, fruktózové sirupy, degradabilní obaly. Obiloviny jsou podrobeny kvasné technologii pro výrobu alkoholických nápojů, či jako palivová příměs do benzínu.

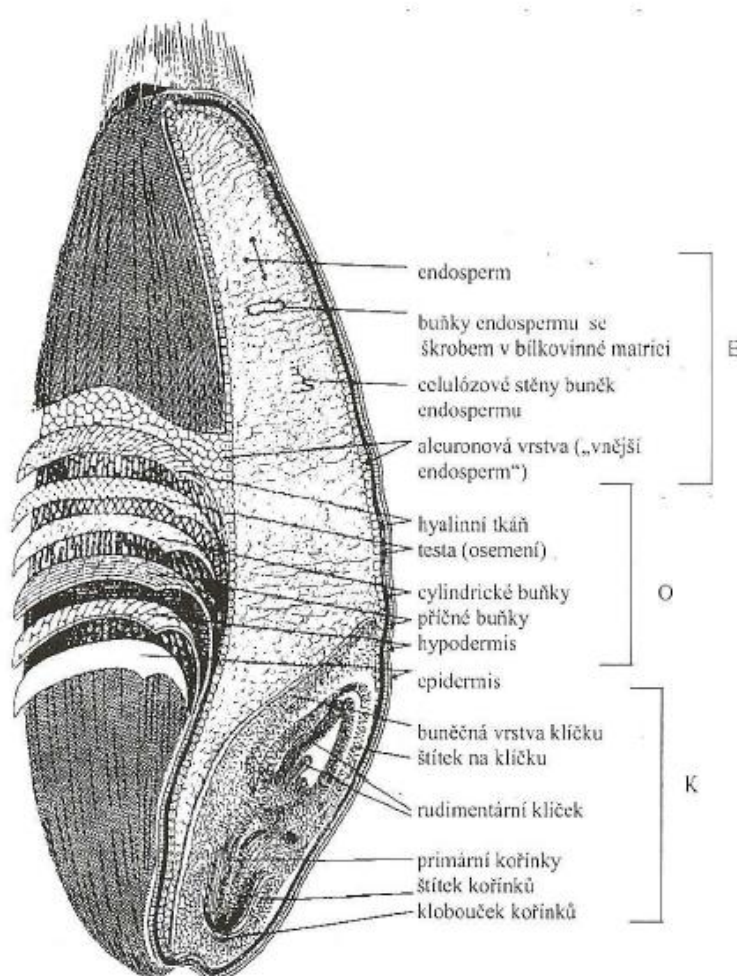
YOUSSEF, 2015 obohacoval potraviny o pšeničné klíčky. Sušenky s přidanými 20 % pšeničných klíčků měly lepší fyzikální, sensorické i funkční vlastnosti. Zvýšil se obsah dusíkatých látek (12,20 %), hrubé vlákniny (2 %) a tuku (9,63 %) a výživové hodnoty (436,31 kcal / 100 g). Rovněž se zvýšil obsah všech osmi esenciálních aminokyselin. Vyrobené sušenky a jejich receptura byly doporučeny pro snížení kalorické stravy pro obézní a osoby s nadváhou. Klíčky mohou být použity i jako přísada funkčních a zdravých potravin, sušenek, koláčů v potravinářském průmyslu.

3.1.6 Anatomická stavba obilného zrna

Uspořádání obilného zrna podobně jako zastoupení hlavních chemických složek je u všech obilovin zhruba stejné. Až na některé drobné rozdíly se mohou lišit především tvarem, velikostí a podílem jednotlivých vrstev. Různé mohou být i vlastnosti či hmotnostní podíly jednotlivých částí pro stejný druh obiloviny v závislosti na odrůdě, vnějších klimatických a půdních podmínkách, lokalitě, hnojení a agrotechnice, čímž se zpracované technologie od sebe malinko liší. Znalost a pochopení anatomické stavby obilného zrna je důležitá nejen pro jeho hodnocení, skladování a užité zpracování. Prvotní úkol zrna po vyžrání je udržení stability funkcí životaschopnosti zárodku nové rostliny. Každá obilka je vícevrstevný systém, který se skládá z endospermu, aleuronové vrstvy, klíčku a obalů (obr. 1). Takto složitý celek má díky jednotlivých složkám různé strukturní, mechanické, fyzikálněchemické a technologické vlastnosti.

Endosperm obilného zrna představuje největší podíl a technologicky nejvýznamnější část. Hmotnostně se podílí z 84 – 86% a obsahuje škrob a bílkoviny. Je tvořen velkými hranolovitými parenchymatickými buňkami s velice tenkou buněčnou

stěnou. Jeho konzistence může být sklovitá, polosklovitá či moučná. Jde o zásobárnu živin pro vývoj zárodku, klíčku, nové klíčící rostliny. Technologicky tvoří podstatnou část finálního výrobku při mlýnském i jinak průmyslovém zpracování obilí (mouky, modifikované škroby, líh, extrakt piva). Nutno zmínit fakt, že pokud by průběh mlýnského zpracování fungoval ideálně, bylo by množství popela ve výsledné mouce procenticky stejné jako množství popela v endospermu, což je okolo 0,45%. Není tomu tak, jelikož se do mouky dostává ještě další množství z obalových vrstev (POPOVSKÁ, 2009).



Obr. 1 Podélný řez pšeničným zrnem se znázorněním jeho morfologických vrstev (PŘÍRODA, HRUŠKOVÁ, 2007).

Vlastní moučné jádro zrna je obaleno vrstvou měkkých, velkých aleuronových buněk, která je na rozhraní s obalovými vrstvami. Tato vrstva obsahuje významné množství bílkovin, přibližně 30 %, minerálních látek i vitamínů, což při mlýnské technologii může způsobit jisté navýšení popela a bílkovin v mouce, avšak tyto složky nemají tutéž strukturu a uspořádání jako látky endospermu, tudíž pekařské vlastnosti nejsou zcela rovnocenné.

Obaly (otruby) tvoří 8 až 14 % hmotnosti zrna, větší podíl mají zrna s přirostlou pluchou (ječmen, oves). Jsou složeny z několika vrstev a jejich hlavní funkcí je chránit klíček a endosperm před vysycháním a nežádoucím poškozením mechanickými a mikrobiálními vlivy. Obalové vrstvy mají dvě hlavní části oplodí a osemení. Po chemické stránce je to převážně nerozpustná celulóza s velkou mechanickou pevností. Vrstvy bližší středu jsou z polysacharidů, které s vodou bobtnají. Jedná se o dobrý zdroj nestravitelné vlákniny, v opačném případě tyto složky zhoršují kvalitu mouk a následně zpracovatelnost těsta a vzhled finálních výrobků.

Klíček (embryo) má nejmenší podíl zrna a jeho obsah ze všech částí nejvíce kolísá. Pro porovnání klíček kukuřičného zrna 12 – 15 % hmotnosti, oproti pšeničnému pouze 3 %. Je samostatným zárodkem nové rostliny, který nese specifickou genetickou informaci. Je bohatý na významné, účinné, aktivní látky (tuky, cukry, bílkoviny), enzymy a vitamíny, více než 60 % vitamínu B1 a značná část vitamínu E. Na vzduchu je velice neúdržný z hlediska vysokého obsahu tuku. Pro své složení je cennou surovinou ke krmným účelům, v potravinářství i farmaceutickém průmyslu (DUDÁŠ a kol., 1981).

3.1.7 Chemické složení obilného zrna

Voda obsažená v obilce má nezastupitelnou funkci pro všechny biochemické a fyziologické procesy, probíhající během růstu, dozrávání a skladování. Vyskytuje se ve formě vody volné, která slouží jako rozpouštědlo, mrzne při 0 °C a snadno se vypařuje. Bez ní je zrno bez známek života a teprve za její přítomnosti se aktivuje. Vodu vázanou tvoří voda hydratační a sorpční, nemá migrační schopnost, nemrzne ani při nižších teplotách a uvolňuje se ze zrna pouze tepelnými zásahy. Nejen pro své vlastní vnitřní reakce, ale i z hlediska technologického je důležitý poměr mezi volnou a vázanou vodou. Se zvyšováním vlhkosti na optimální hodnotu jsou zrna měkčí a rozemílání je snadnější. Dle obsahu vody se jedná z technologického hlediska o zrno

mokrý (nad 17 %), vlhký (nad 15,5 %), středně suchý (nad 14 %) a suchý (do 14 %) (PELIKÁN, SÁKOVÁ, 2001).

Sacharidy představují nejdůležitější skupinu zásobních látek a tvoří největší podíly obilného zrna i mlýnských výrobků. Jde zejména o polysacharidy neškrobové, kam patří celulóza, hemicelulózy, pentozany, slizy, pak významný škrob, oligosacharidy a monosacharidy, sacharidy v komplexu s lipidy a bílkovinami – glykolipidy a glykoproteidy. Rozkládají se účinkem suchého tepla, kolem 100 °C, jsou nerozpustné v neutrálních rozpouštědlech, ve vodě bobtnají a vytváří za určitých podmínek gely. Vyskytují se ve formě pentozanů a hexozanů. Z hexóz má největší význam glukóza, jako základní stavební jednotka pro komplex škrobu a celulózy. Z disacharidů má z fyziologického hlediska důležitou roli sacharóza, cukr, který má k dispozici klíčící zrno, dokud se u něj nezačíná amylolytická činnost. Obsah sacharózy v obilkách pšenice se pohybuje okolo 0,6 %, v žitě až 3 %.

Celulóza patří mezi neškrobové polysacharidy a je tvořena řetězcí glukosových jednotek. Je zcela nerozpustná a za normálních teplot nebobtná. V pekařské technologii má spíše negativní význam, jelikož snižuje vaznost vody a pevnost a pružnost těsta. Do takových výrobků se většinou do mouky přidávají zlepšující prostředky k posílení lepkové struktury, např. sušený lepek a kyselina askorbová.

Hemicelulózy jsou rozpustné ve zředěných roztocích alkálií. Vyskytují se především v buněčných stěnách, kde zastávají funkci opěrného pletiva a zásobních látek, jež se při klíčení rozkládají na využitelnější cukry.

Pentozany jsou polymerní struktury, skládající se z podstatného podílu pentos. Jsou součástí obalů a buněčných stěn. Pentozany jsou extrémně hydrofilní, mají schopnost navázat velké množství vody. Obsah v obilovinách je rozdílný, u pšenice se uvádí hodnota 5 – 7 %.

Škrob je přírodní obnovitelný polymer, který hraje roli úložného materiálu a je hlavní zásobní živinou rostlin, sloužící jako pohotová zásoba glukózy. Na rozdíl od strukturních polysacharidů, které jsou součástí buněčných stěn, se škrob nachází v organelách cytoplazmy nazývaných plastidy. V obilovinách je soustředěn výhradně v buňkách endospermu, kde je uložen ve škrobových zrnech. Jeho obsah, struktura, chemické složení i fyzikálně-chemické vlastnosti se liší v rámci druhů i odrůd. Obsah v pšeničné sušině je přibližně 58 – 76 %, v žitě od 52 – 60 %, v ječmeni 56 – 66 %,

v kukuřici 60 – 70 % (DOLEŽAL, 2006). Sestává ze dvou složitých frakcí, jejichž základem jsou jednotky glukózy, 25 % amylozy, jež je lineární polymer a 75 % amylopektinu, rozvětvený polymer. Velký počet hydroxylových skupin je příčinou vysoké schopnosti vázat vodu. Škrob podléhá bobtnání, mazovatění a retrogradaci. Škrobová zrna jsou ve vodě nerozpustná. Ve studené vodě mírně bobtnají a zvětšují svůj objem, zatímco přijmou asi 30 % vody. Bobtnání nabývá na intenzitě se zvyšující se teplotou a přibývajícím časem. Stoupá viskozita suspenze, tvoří se gelovitý maz, uvolňují se molekuly amylozy a rozrušují se plně nabobtnalé části škrobového zrna. V okamžiku zmazovatění veškerého nerozpustného škrobu, začne viskozita klesat. Teplota počátku mazovatění se pohybuje v rozmezí 55 – 70°C, ale záleží na druhu škrobů. Z toho vyplývají jeho přednosti, díky nimž má zcela zásadní a nenahraditelný význam v cereální technologii. Kromě nutriční role, má nativní škrob, přítomný v rostlinných produktech, schopnost vytvářet textury hotových potravinářských výrobků, zvláčňuje, navazuje přidanou vodu do střídy a vytváří porézní struktury. Je předurčen jako přídavek do mnoha potravinářských výrobků, aby propůjčil žádoucí viskozitu, např. užití želé, zahušťovadel a stabilizátorů. Škrob může být biochemicky hydrolyzován amylolytickými enzymy. Jde o hydrolázy, katalyzující štěpení glykosidových vazeb mezi jednotlivými glukózami v polymerních řetězcích molekul amylozy a amylopektinu. Při mletí obilí dochází k mechanickému poškození zhruba 5 – 10 % škrobových zrn. Při kynutí těsta jsou amylyázami přednostně napadána poškozená škrobová zrna. Škrob se částečně hydrolyzuje α - a β -amylázou na maltózu a ta se následně rozkládá na glukózu. Na stavu škrobu a aktivitě amyláz závisí jakost chleba a pečiva, převážně konzistence střídy a barva kůrky.

α -amyláza štěpí molekulu zevnitř na zbytky o nízkém počtu glukózových jednotek. Její aktivita silně vzrůstá v případě, že dojde přílišnou vlhkostí k naklíčení zrna během sklizně na poli nebo v důsledku špatného skladování. Kvalita pečených výrobků je zcela odvislá od kvality mouky, přičemž hlavní roli hraje úroveň alfa-amylázy (McKIE, McCLEARY, 2009). Obilí s narušeným škrobem, potažmo mouka z něj získaná, může být pro další zpracování zcela nevhodné. Pokud jsou v mouce nějaká narušená zrna a vysoká aktivita tohoto enzymu, dochází bleskově k hydrolýze již během fermentace, což má za následek příliš rychlou tvorbu nízkomolekulárních cukrů a lepivost těsta.

β -amyláza působí naopak z vnějšku makromolekul amylozy a amylopektinu. Není z hlediska pekárenství tak rizikovým enzymem. Určitá míra její aktivity v mouce je

nutná pro vytvoření dostatečného množství maltózy, která je substrátem, zdrojem zkvasitelných cukrů pro kvasinky či bakterie používané pro kypření těsta. Její aktivita je rozhodující pro tzv. cukrotvornou schopnost mouky.

Použitelnost nativního škrobu v procesu výroby potravin je však nízká vzhledem k jeho náchylnosti k retrogradaci při skladování a malé odolnosti proti nízkému pH prostředí nebo mechanickým faktorům. Z tohoto důvodu se velká část škrobu podrobuje enzymatické, chemické nebo fyzikální modifikaci s cílem zlepšit vlastnosti a umožnit širší průmyslové využití (GRYSZKIN a kol., 2016). V současné době se snižuje požadavek na pšenici pro mlýnské zpracování na mouky, čímž dostává šanci využití pšeničného škrobu pro výrobu modifikovaných přípravků s vysokou přidanou hodnotou a tím se zpětně maximalizuje využití pšenice (UBEYITOGULLARI, CIFTCI, 2016).

Dusíkaté látky zastávají nenahraditelnou úlohu při všech životních pochodech, jsou zdrojem nezbytné energie zejména při klíčení a v průběhu skladování. Jsou to organické dusíkaté látky, které lze dělit na proteidy – bílkoviny složené, proteiny – bílkoviny jednoduché – albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny a nebílkovinné dusíkaté látky – aminokyseliny, aminy, amidy, soustředěné hlavně v aleuronové vrstvě a klíčku. Tvoří podstatnou část výrobku a určují jeho technologickou, nutriční, krmnou a biologickou hodnotu.

Jednoduché bílkoviny se člení podle funkčních vlastností na bílkoviny protoplasmatické a zásobní. Protoplasmatické, albuminy a globuliny, jsou tvořeny bílkovinami katalytickými, enzymaticky aktivními a bílkovinami stavebními, jejichž výskyt je především v klíčku a aleuronové vrstvě. Obsah albuminů a globulinů u pšenice činí 15 – 20 % a je nepatrně závislý na vnějších podmínkách. Zásobní bílkoviny, prolaminy a gluteliny, tvoří podstatnou část obilních bílkovin a určují technologickou, nutriční, krmnou a biologickou hodnotu zrna. Albuminy jsou rozpustné ve vodě při neutrální až slabě alkalickém pH, koagulují při slabém zahřátí s teplotou okolo 52 °C. Globuliny jsou rozpustné v roztocích solí. Částečně koagulují při teplotě 100 °C. Prolaminy jsou charakteristické pouze pro obiloviny. Jsou nerozpustné ve vodě, dobře rozpustné v 60 – 80 % alkoholu. Je znám gliadin v zrnech pšenice a žita, hordein v zrnech ječmene, avenin v ovsu, zein v zrnech kukuřice a kafirín v zrnech čiroku. Záhřevem na 60 – 70 °C koagulují. Charakteristické pro gluteliny (v pšenici glutenin) je rozpustnost ve slabých roztocích alkálií a kyselin, což znesnadňuje jejich těžení v čisté

formě. Dosud jsou nejméně prostudovanou frakcí zásobních bílkovin (PELIKÁN, SÁKOVÁ, 2001). Zásobní proteiny jsou nerozpustné ve vodě, bobtnají pouze omezeně a při současném použití mechanické síly během hnětení za přítomnosti vzdušného kyslíku tvoří pevný pružný gel, základní stavební prvek, který má rozhodující úlohu při tvorbě těsta, tzv. lepek.

Je definován jako soudržný, viskoelastický proteinový materiál, který zůstává při vymývání pšeničného těsta, vyplavení škrobových zrn a ve vodě rozpustných složek. Lepek obsahuje proteiny, které jsou přítomny buď jako monomery nebo oligomery a polymery, spojené disulfidovými vazbami mezi řetězci a vyznačující se vysokým obsahem glutelinů a prolaminů a nízkým obsahem aminokyselin. Tvoří trojrozměrnou síť peptidických řetězců, různým způsobem zřasených a propojených navzájem můstky a vazbami. Vytvořením můstků se lepek zesiluje, jelikož je tím omezena relativní pohyblivost peptidických řetězců. Reakce je nevratná. Převážná část lepku je tvořena bílkovinnou povahou, 70 – 90 %. Prolaminy poskytují tažnost, gluteliny pružnost. Ostatní nebílkovinné příměsi 8 % lipidů a 2 % sacharidů v sušině, jejichž množství závisí na druhu mouky, způsobu přípravy těsta, době vypírání atd. Množství a vlastnosti lepku jsou hlavními kritérii pekařské jakosti pšenice. Lepkové proteiny jsou náchylné k tepelnému ošetření a je sledováno jejich chování při relativně vysokých teplotách. Je-li glutenin zahřát nad 55 °C nebo gliadin nad 70 °C, probíhají výměnné reakce v disulfidických vazbách. V studii LAMACCHIA, LANDRISCINA, D'AGNELLO, 2016 se uvádí, že vysoké teploty aplikované na zrna tvrdé pšenice, indukují významné změny, denurací a polymerací, v lepkových proteinech, odlišné od modelového systému polymerace v chlebu nebo těstovinách. Bylo zjištěno, že účinky vyšší teploty na lepkové proteiny v pšeničném zrně, mají potenciál produkovat modifikovaný lepek s jedinečnými vlastnostmi.

Obilná zrna jsou na lipidy poměrně chudá, (1,5 – 2,5%). Vyšší výskyt je patrný v klíčku a aleuronové vrstvě. Z celého zrna je hmotnostní podíl klíčku 2,5 %, avšak podíl lipidů v něm obsažených je přibližně 64 %. Na rozdíl v endospermu, který tvoří více než 80 % zrna, je asi 3,3 % lipidů. Významný podíl nenasycených mastných kyselin předurčuje vysokou výživovou hodnotu obilních lipidů, nestabilitě mastných kyselin po hydrolýze tuků lipázami během delšího skladování mouk (DOLEŽAL, 2006).

Minerální látky se komplexně nazývají popel. Je to zbytek, získaný spálením rostlinného materiálu za standardních podmínek. Obsahově tvoří 1,5 – 3 %, nejvíce v obalových vrstvách, klíčku, nejméně v endospermu. Obsah popela v mouce narůstá se stupněm vymletí, podílí-li se na složení větší procento obalových vrstev zrna. Tato úměra je základem pro klasifikaci mouk a jejich označení typovým číslem. Popel obilovin je tvořen převážně oxidem fosforečným a kovy jako hořčík, vápník, draslík a železo. Zvýšené dávky hnojiv při pěstování obilovin nemají na obsah popela vliv. Obiloviny, zejména jejich finální produkty, obsahují ze všech zemědělských produktů nejméně reziduí pesticidů a agrochemikálií, neboť v průběhu mlýnského zpracování se obalové části z velké části oddělí. Čištěním a loupáním možno odstranit až 70 % Pb, 50 % Hg a jen 20 % Cd (PELIKÁN, SÁKOVÁ, 2001).

Vitamíny jsou nahromaděny především v klíčku a aleuronové vrstvě, v endospermu nepatrně. Vitamíny jsou katalyzátory důležitých biochemických reakcí. Nejvíce jsou zastoupeny vitamíny skupiny B. Jelikož při mlýnském zpracování většinou části s obsaženými vitamíny přecházejí do otrub a krmných mouk, jsou světlé mouky o tento podíl ochuzeny. V moukách zbývá podle stupně vymletí jen cca 10-40% původního obsahu v zrně. V tmavých moukách může být zachováno až 40 % původního obsahu.

3.2 Historie mlýnů a mlynářství

Principu mletí předcházelo rozmělnění zrna tloučením, roztíráním, roztloukáním obilí za střídavého pohybu vpřed a vzad až se přišlo na drcení kruhovým pohybem mezi dvěma kameny, z nichž spodní byl pevný, a horním se otáčelo. Tento prvotní mlýnek je znám již z keltské kultury. Pohonem byla tažná zvířata, vodní kola pro základ vodních mlýnů, následně vznikaly větrné mlýny, jejichž konstruktéry byli samotní mlynáři.

Ve středověku přestávala být výroba mouky rodovým povoláním a přecházela v působnost feudálů. Vodní právo a odvětví samotného mlynářství zaujímaly největší část zákoníku. Zásadní krok nastal koncem 18. století především v Anglii a Americe v souvislosti se zavedením parního pohonu. Větší mechanizací a zdokonalenou technologií pracovaly mlýny až do začátku 19. století, kdy byla potřeba nahradit mlecí kameny mlecími válci, tzv. válcové mlecí stolice. Výsledkem mletí byl šrot, z něhož

bylo velmi obtížné separovat čisté mouky. Získávání krupic představovalo namáhavou práci mnohonásobného ručního prosévání plátnem a provětráváním. Tyto válcové stolice v kombinaci s prosévacími a aspiračními stroji dokonale oddělily rozemleté části zrna, čím se změnilo mlecí schéma a celá dosavadní technologie. Na konci 19. století se opouští od parních pohonů a uplatňují se motory dieselové a elektromotory. Nejen samotné zavádění pohonů, či strojů v technologii, ale i poznatky v cereální chemii, studium částí zrna, šlechtění odrůd a samotný způsob pěstování obilovin přispívá počátkem 20. století k obrovskému rozmachu. Budují se moderní automatické mlýny, řízené centrálně. Mlynářské technologie spočívají v oddělení obalových vrstev od endospermu a jeho další úpravě. Obecně se jedná o zpracování obilí na jedlé výrobky, hlavně mouky, krupice, ale i vločky, kroupy a jáhly. Mletí obilí transformováno z umění do dovednosti vedené vědou a technikou. Moderní mlýnský proces zahrnuje zkušený výběr surovin, provoz vysoce kvalitní a vysoce výkonné mlecí linky a následné zpracování meziproduktů. Vysoké standardy zpracování byly již tehdy stanoveny v souladu s přísnými požadavky na kvalitu a preference spotřebitelů (SARKAR, DEXTER, 2016).

Česká republika má dlouholetou mlynářskou tradici, počínaje malými mlýny s námezdním mletím. Po roce 1948 se výroba koncentruje ve velkých průmyslových mlýnech, které prochází rekonstrukcí, jež vede ke zvýšení kapacity okolo 240 – 630 t obilí za 24 hodin, i k výrobě mouky se standardní vysokou jakostí. Vedle již existujících mlýnů se budují následně pekárny, těstárny. Znárodněním dochází v letech 1960 až 1980 ke značnému poklesu počtu mlýnů. Po roce 1989 v souvislosti s restitucemi a privatizací byla řada mlýnů vrácena původním majitelům a uvedeny do provozu především střední a malé mlýny, což způsobilo nárůst výrobní kapacity až o 50 %. V prvních letech po privatizaci fungovalo v počtu 200 mlýnů. V roce 2008 je zaznamenáno 47 mlýnů s kapacitou 1,8 mil. t využitou na necelých 67 %. V České republice se mlýnsky zpracovává přibližně jedna třetina vyprodukované pšenice, což představuje dle údajů semilání cca 1,2 mil. t pšenice za rok (KADLEC a kol., 2009).

3.3 Technologie zpracování obilovin

Hlavním úkolem mlýnské technologie je oddělit endosperm od obalových částí, tzv. otrub. Princip spočívá v postupném drcení meliva s následným tříděním a čištěním,

jež se několikrát opakuje, dle požadované výsledné kvality. Každý druh obilí má své specifické požadavky na způsob zpracování díky technologickým a fyzikálním vlastnostem. Srovnáním pšeničného a žitného zrna stejné vlhkosti, bude pšeničné křehčí a méně plastické, na rozdíl od žitného, které má více slizovitých látek. Vlastní technologii mlynářství lze v podstatě popsat přípravou obilí k mletí a následným vlastním mletím. Podrobnější by bylo rozdělení na etapy příjmu, předčištění a uskladnění v silech, samotná příprava obilí k mletí, mletí a příprava a skladování obchodních mouk.

3.3.1 Historie a provoz mlýna Herber v Opavě- Palhanci

Mlýn Herber spol. s.r.o., firma roku 2012 v Moravskoslezském kraji, produkuje mlýnské výrobky ve dvou provozech. V Opavě-Palhanci vyrábí široké množství pšeničných výrobků a krmiv. V dceřiném mlýně v Holasovicích je výroba zaměřena na kukuřičný a žitný sortiment. Všechny výrobky ve spotřebitelském balení získaly národní značku kvality KLASA a výrobek pšeničná mouka hladká speciál 00extra značku Regionální potravina Moravskoslezského kraje. Výrobní proces obou poboček je kompletně mechanizovaný a vyznačuje se vysokou flexibilitou a produktivitou. Firma Mlýn Herber chce rozvíjet své postavení na trhu jako výrobce a dodavatel mouky pro pečivářenskou, pekářenskou a těstářenskou výrobu, v neposlední řadě i výrobu bezlepkových potravin. Díky špičkovým technologiím může čelit náročným konkurenci a být například dodavatelem do provozu Mondelez Czech Republic s.r.o. v Opavě. Při své činnosti se zavazuje dodržovat danou legislativu ČR a EU v oblasti bezpečnosti potravin a životního prostředí. Vnitřní struktura a návaznost jednotlivých pracovišť je rodinného charakteru a skládá se z laboratoře, výrobního úseku, obchodního a personálního úseku.

První zmínky o existenci mlýna, v té době dřevěný vodní mlýn, jsou ze dne 13. 3. 1362, jehož majitelem byl opavský vévoda Mikuláš II. Záznamy o předcích nynějších majitelů jsou z roku 1712, ale skutečnými vlastníky mlýna se stal rod Herberů až koupí roku 1876. V roce 1872 byla zbudována Centrální dráha Moravsko – slezské železnice a umožnila obchodní rozvoj. Do mlýnské výroby byla pořízena mlecí válcové stolice místo mlýnských kamenů a vodní kola byla nahrazena vodními turbínami. Za vlastnictví Friedricha Herbera byl mlýn modernizován a mnohem větší produktivitu

přinesla instalace parní turbíny. Nacistická okupace vyvolala ve vedení organizační opatření a roku 1943 okupační správa nasadila na místo Herbera, německého obchodníka Woltera. Do roku 1948 byl podnik soukromý. Teprve po únoru 1948 byla firma začleněna do národního podniku Slezských mlýnů Krnov. Od 1. 9. 1960 se Herberův mlýn stal součástí národního podniku Mlýny a těstárny Pardubice. Zásadní změna proběhla v rámci první vlny privatizace roku 1991, kdy byl podán privatizační projekt Mlýna Opava Palhanec a k jeho realizaci se přikročilo na základě rozhodnutí Ministerstva pro správu národního majetku. V roce 1992 byl majetek palhanického mlýna vydán oprávněným dědicům, třem dcerám Friedricha Herbera. Byla naplánovaná a uskutečněná nákladná modernizace a kompletní rekonstrukce, kterou provedla švýcarsko-německá firma Bühler. Provoz mlýna byl po rekonstrukci znovu zahájen roku 1994 a od té doby jede nepřetržitě, kromě plánovaných odstávek na čištění a plynování. Kapacita mlýna dnes dosahuje 135 tun za 24 hodin (SEIDLEROVÁ, 2003).

3.3.2 Příjem obilí

Obecně je do mlýna obilí dopravováno volně ložené na nákladních autech, přívěsech či vlečkách, tažených traktory či silnější mechanizací, vagóny, kontejnery, lodě. Příjem obilí je důležitý z hlediska vysokých nákladů na nákup, který činí 80 % všech nákladů. Kvantitativní příjem je kontrola hmotnosti na váze. Mlýnská laboratoř odebírá reprezentativní vzorky pro rozbor a stanovení základních parametrů jakosti a především zjišťuje zdravotní stav, posouzení na negativní přítomnost škůdců (MARTINEK, FILIP, 2012). Schválená dodávka putuje na vlastní příjmovou linku do příjmového koše, odkud je vedena na vzduchový třídič, kde se účinně odstraní nejhrubší nečistoty a prach. Pracovní částí vzduchového třídiče je kývavé síto se stěnami rozdělovacích kanálků, podfukované proudem vzduchu. Spolupůsobením proudu vzduchu a podélnými výkyvy síta se směs rozděluje podle měrné hmotnosti. Obilní masa je dopravována mlýnem převážně mechanicky. Posun celého zrna směrem vzhůru je zajišťován elevátory, v čistírnách se pohybuje dolů samospádem, jsou většinou stavěny vertikálně a jednotlivé čistící a třídící stroje jsou řazeny po sobě jdoucí v podlažích. K dopravě meliva se využívá pneumatická doprava, která je energeticky nenáročná a šetrná.

Nákup obilného zrna do mlýna Herber je základní strategickou, obchodní ale i technologickou záležitostí, od které se nepřímo odvíjí finální výtěžek a konečný zisk celého výrobního procesu. Systém nákupu surovin pro výrobu funguje na principu dohody mezi mlýnem (nákupčí surovin) a zemědělskými podniky či soukromníky, kteří dodávají odrůdu a množství, na základě požadovaných kvalitativních parametrů finální mouky. Rovněž je možné odkoupit surovinu i během sklizně. Mlýn si dle vyhovujících parametrů může vybrat, co by vyhovovalo pro výrobu. Cena nákupních surovin je řízena na základě světových cen na burze. Každý rok je cena individuální, z důvodů povětrnostních podmínek, zásob atd. Požadavky na surovinu ve mlýně Herber jsou kladeny tak, aby vyhovovaly limitům jakostních znaků, které jsou sepsány na každý rok zvlášť, vzhledem k různým pěstebním podmínkám. Pokud některé parametry nedosáhnou limitů, strhává se % ze standardní ceny, naopak při převýšení, % část z ceny mlýn přidává. Z jednotlivých dodávek od prvovýrobců se odebírají vzorky předepsaným způsobem. Pšenice se vzorkuje automatickými vzorkovači. Příjmová kontrola v laboratoři se skládá z určení přítomnosti škůdců, stanovení příměsí a nečistot, sensorického hodnocení pachu a vzhledu, analytického stanovení vlhkosti a objemové hmotnosti atd. dle požadavků. Příjem obilí je prováděn na příjmovém koši, a to nákladními vozidly či traktory s návěsy. Odtud jde obilí do korečkového elevátoru, který jej dopraví na váhu. Na základě rozboru kvalitativních ukazatelů v mlýnské laboratoři je rozhodnuto, zda pšenice odpovídá parametrům, lze ji přijmout a následně zpracovat či nastal problém s kvalitou a je nutné obilí pomocí šnekového dopravníku a spádového potrubí vrátit zpět na dopravní prostředek dodavateli. Zde se také rozhodne, do kterého sila obilí uskladnit.

3.3.3 Předčištění

Přípravné manipulace se zrnem mají nenahraditelnou funkci z hlediska maximálního výtěžku při vlastním mletí a rozhodující měrou ovlivňují celý mlýnský proces. Principem jednotlivých kroků přípravy je dokonalé odstranění hrubých příměsí a nečistot, zrn jiných obilovin, semen plevelů a poškozených zrn základní plodiny z původní směsi a ze samotného povrchu zrna. Jakákoli chyba či zanedbání, nesprávné či nedokonalé řešení se negativně promítne ve výsledném produktu. Na čistírenský provoz jsou kladeny vysoké nároky z hlediska technologického i ekonomického. Předčištěné obilí se uloží do silových buněk, mezizásobníků, z hlediska partií

dle sestaveného zámelu. Rovněž je potřeba mít zásoby v případě výkyvů dodávek či špatného počasí.

3.3.4 Sestavení směsi na zámel

V důsledku dozrávání po sklizni a během skladování se mění vlastnosti původně nabízeného obilí od konkrétní dodávky ke zpracování. Což způsobuje to, že při samotném mletí různorodých partií by se musel neustále přizpůsobovat režim práce strojů. Proto je žádoucí, aby zpracovávané obilí mělo stabilní vlastnosti. Toho dosáhneme mísením vhodných vstupních partií pšenice na základě jejich vlastností i vlastností vytěžených finálních produktů, kterých chceme docílit. Optimální je volit směs 3 až 5 odrůd, přičemž je dobré znát, které pšenice jsou svými vlastnostmi standardní, které silné či slabé. Určit, které parametry jsou dominantní a které méně, znamená orientovat se v procesu kontroly a řízení jakosti vstupní suroviny. Mlýnská laboratoř spolu s technologem na základě stanovených metod a zjištěných dat navrhuje konkrétní podíly jednotlivých odrůd před mletím i během něj. Parametry směsi pro výrobu běžných pekařských mouk se liší od parametrů při výrobě mouk speciálních. Základní potenciál je ve vytváření dostatečného množství lepku požadovaných vlastností. Největší váha je kladena na stanovení obsahu a kvality pšeničných bílkovin, aktivitu amylolytických enzymů a zjištění poškození škrobu. Obsah mokrého lepku v mouce je výslednicí parametrů jednotlivých partií zrn, čehož se využívá pro výpočet pomocí lineární závislosti daného ukazatele, jako je například i sklovitost, obsah popela apod.

3.3.5 Čištění

Na začátku i konci čištění jsou umístěny váhy, které slouží jako dávkovače a usměrňují výkon čistírny. Lze tím čistírnu monitorovat z řídicího počítače.

Princip čištění spočívá ve vytřídění příměsí a odstranění volných nečistot. Metody jsou založené na obecných postupech pro třídění sypkých směsí na základě rozdílných fyzikálních vlastností. Zejména rozměrové třídění na sítích a triérech dle velikosti, tvaru a délky částic. Využití aerodynamických vlastností v aspiračních kanálech. Třídění na základě rozdílné hustoty zrna a nečistot, měrné hmotnosti

na odkaménkovačích a feromagnetických vlastností na magnetických separátorech, barevných odchylek na optických třídících.

Magnet odstraňuje kovové nečistoty, které se do obilí dostanou zcela náhodně. Nejčastěji jde o spojovací části strojů (šrouby, matky, podložky, hřebíky), při mlácení či dopravě. Při manipulaci s obilí se může jejich povrch obrušovat a vzniká tak kovový prach. Princip čištění spočívá v blízkém styku masy s magnetickým polem. Kovová částice se zachytí, pevně přitiskne a tím se odstraní. Existují elektromagnety a permanentní (stálé) magnety, které se ještě mohou lišit dle konstrukce, nepohyblivé a rotační. Zařazují se zpravidla za aspiratér.

Sítový třídíč pracuje na odstranění nečistot podle velikosti, především tloušťky a šířky. Sítové třídíče mohou být konstrukčně řešeny jako rovinné, válcové nebo hranolové. U rovinných sít se využívá kruhový pohyb nebo vibrace, síta mohou být nakloněná nebo vodorovná. Také vibrace může být orientovaná svisle nebo vodorovně. Skládá se z vpádového nástavce, který rozvrství obilí po celé šířce. Obilí pak prochází po šikmém sítu vibračním pohybem od vpádu k výpadu, s podélnými otvory, šířky 4,5 až 5 mm, délky 20 – 25 mm. Obilí se vytřídí jako propad, hrubé nečistoty zůstávají na síte a dále se třídí na síte s menšími oky o průměru 10 – 12 mm. Obilí, které propadlo se dále třídí na spodním sítu se standardními otvory, z něj však obilí přepadává a propadem jsou drobné nečistoty, písek a nevyzrálá úzká zrna. Při výpadu vyčištěné obilí provětrává proudící vzduch a odděluje tak nečistoty podle aerodynamických vlastností, což jsou pluchy, prachové částice a mikroorganismy. Tento princip náleží k nejstarší a do dnešní doby nejpoužívanější metodě čištění (MARTINEK, FILIP, 2012).

Další čistící proces může probíhat na čistírenském aspirátéru. Je to starší typ stroje, který pracuje na stejném principu jako sítový třídíč, má nad sebou tři síta, s tím rozdílem, že součástí je expanzní komora, kde dochází k oddělování lehkých nečistot a provětrávání jak u vpádu tak výpadu. Odstraňuje především prach, kaménky, hrudky, písek, slámu, cizí semena a zadinu. Rozdíly jsou zejména v konstrukčním provedení, pohonu a čištění sít. Novější provedení aspiračních kanálů se snaží nejen odsávat nečistoty v proudu, ale celkové zvíření masy. Pracovním prvkem je zde ventilátor, pracující na rovnoměrných podmínkách tlaku a rychlosti.

Odkaménkovač odděluje od sebe částice na základě přibližně stejné velikosti jako obilné zrno, ale s rozdílnou hustotou a hmotností. Kaménky se do obilí dostávají zejména při sklizni. Princip třídění spočívá ve vytvoření fluidní vrstvy z obilné masy proudícím vzduchem, přicházející ze spodu síta. Síto má současně mírný sklon, takže vrstva obilí ve vlnosku nad sítím pozvolna stéká ve stejném směru. Částice o větší hustotě zůstávají na síti a vibračním pohybem síta jsou odhazovány proti směru sklonu síta a tím vypadávají na opačné straně než obilné zrno.

Triéry slouží k odstranění zrn stejné hmotnosti a hustoty jako obilné zrno, ale odlišného tvaru, což je v principu opačný postup než u odkaménkovače. Jsou to dlouhé duté válce, na jejich povrchu jsou vylisovány nebo vyfrézovány žlábků přesného rozměru, např. pro kulovatinu, koukol, oves. Vrstva obilí je přiváděna dovnitř a při mírném sklonu válce a pomalém otáčení se posouvá na druhou stranu, přičemž příslušná zrna dle tvaru zapadají do žlábků a jsou vynášena po stěně nahoru a vypadávají do žlabu, který prochází středem válce. Šnekovým dopravníkem jsou poté vyhrnována ven (KADLEC a kol., 2009).

Následuje vyčištění, dočištění a opracování povrchu zrna společně s hydrotermickou úpravou. Povrch zrna je vždy značně kontaminován, mikroorganismy nebo jejich produkty, toxiny, těžkými kovy, organickými nečistotami, chlupy, zárodky a částičky hmyzu, výkaly, peřím apod. Ve všech prostorách a částech mlýnské čistírny se tvoří čistírenský prach, který může být kontaminován spory plísní, nižších hub, bakteriemi a pyly, obsahuje roztoče, alergeny. Samotné úlomky vousků obilek, trichomů jsou při dlouhodobém vdechování velmi nebezpečné a způsobují chronická respirační onemocnění. Z hlediska bezpečnosti na pracovišti je v celém objektu mlýna zakázáno kouření, manipulace s ohněm z důvodu samotného moučného prachu, který je hořlavý a se vzduchem tvoří explozivní směs. Z těchto i dalších důvodů je nutné prach eliminovat a odstraňovat. To se děje na základě dvou etap. Nejprve se prach odseparuje proudem vzduchu od meliva, poté se samotný vzduch od prachu vyčistí, a to na odstředivých odlučovačích, cyklónech a filtrech (PŘÍHODA, SKŘIVAN, HRUŠKOVÁ, 2003).

Systém mlýna Herber funguje tak, že před vlastním uskladněním do sil je zrno vedeno z mezizásobníku přes magnetický separátor na síťový třídič k odstranění hrubých nečistot. Po určení směsi na zámel, dle kvality uskladněné pšenice

a požadované finální mouky, je obilí dopraveno šnekovými elevátory do čistírny přes permanentní magnet na kombinovaný čistírenský stroj firmy Bühler. Ten odstraní menší hrubé nečistoty, písek, kamení a zároveň lehké nečistoty, plevele. Používá se k odstranění nečistot, které mají stejné nebo podobné rozměry jako zrno základní kultury. K vytřídění se využívá rozdílná objemová hmotnost. Materiál je přiváděn na nakloněné síto vibračním pohybem. Sítem je prosáván vzduch ventilátorem, který těsně nad sítem vytváří fluidní vrstvu, po které se zrno pohybuje ve sklonu síta k výpadu. Těžší částice klesnou na síto a jeho vibračním pohybem jsou dopravovány proti směru sklonu síta k výpadu pro odpad. Tento kombinovaný stroj nahrazuje samostatně pracující odkaménkovače a sítové třídiče. Masa obilí se rozdělí na tzv. těžkou a lehkou frakci, přičemž lehká dále prochází triérovou stanicí, která z obilí odstraní semena plevelů, drobná a zlomková zrna. Těžká frakce triérovou stanicí neprochází.

Samotnou triérovou stanicí nahradil v nedávných letech stroj Sortex Z. Pracuje moderním způsobem čištění, a to optickým tříděním na základě rozdílné barvy. Stroj s vysokým optickým rozlišením zastává významnou funkci v oblasti bezpečnosti potravin, pomocí senzorů a speciálně navržených viditelných monochromatických, bichromatických až InGaAs snímačů. Masa obilí proudí v úzké rovině skrz stroj a je snímána 4x4 kamerami ze shora i zdola. Obraz je počítačem zpracován, vyhodnocen a v případě detekce nežádoucích objektů v zrnu základní plodiny, na základě tvaru, velikosti, barvy a struktury je do proudu tryskou fouknut stlačený vzduch a nečistota je vedena jiným směrem mimo proud částic. Detekcí barevných změn zrna napadeného plísní snižuje obsah mykotoxinu v hotových výrobcích, čímž zároveň snižuje vysoký stupeň kontaminace (LICHNOVSKÁ, 2012). Zařízení se používá nejen v mlýnské technologii, ale zejména při třídění osiv, semen, čerstvé, sušené a mražené zeleniny a ovoce a dalších produktů, a to v různých fázích zpracování. Velice flexibilní, efektivní a spolehlivé zařízení, které dosahuje výkonnosti od 50 kg do 40 t za hodinu. Účinnost třídění je garantováno až na 99,9 % čistotu (VENCLOVÁ, 2014).

3.3.6 Hydrotermická úprava a povrchové opracování

Tzv. klasické kondicionování je složitá operace, která je založena na kombinaci spolupůsobení řízeného vlhčení a zahřívání obilné masy. Používaly se na kondicionéry a výsledkem bylo dosažení správného navlhčení vnějších obalů zrna, jejich změna

struktury na tužší, kompaktnější, objemnější, čímž se při následném mletí oddělovaly ve větších, nedrobivých kusech od endospermu. Použitím teploty se zvyšovala intenzita pohybu vody materiálem, obaly snadněji bobtnaly a regulovaly se tak mechanické vlastnosti zrna. Dříve se obilí dokonce pralo v pračkách, od čehož se v současné době upustilo, především z ekonomických důvodů vysoké spotřeby pitné vody, na 1 tunu pšenice cca 2 m³ vody. Odpadní voda se čistila, což znamenalo značné náklady (MARTINEK, FILIP, 2012).

Současné moderní technologie, na základě zkušeností z praxe, opouští kondicionování a nahrazují jej zjednodušeným dvoustupňovým nakrápěním a odležováním. Vlhčení bez záhřevu pozitivně ovlivňuje vlastnosti meliva a vytváří předpoklady pro dobré oddělení klíčků a obalových vrstev od endospermu, nižší spotřebu energie na válcových stolicích, nižší popely mouk, zlepšení mlynářských vlastností zrna a celkovou vysokou výtěžnost. Metoda je založená na závislosti sorpce vody v čase. Kombinací těchto parametrů, intenzity nakropení, množství použité vody, doby odležení, četnosti opakování cyklu nakropení a odležení, lze dosáhnout optimálního stavu. Základní podmínkou je znalost souvislosti vlhkosti, doby a výchozí kvality zrna. Zvýšením vlhkosti se obaly stávají houževnatější a lze je poté snadněji oddělit ve velkých částech od menších kusů endospermu. Nakrápění eliminuje hmotností ztráty vzniklé odparem vody při vlastním mletí. Pohyb vlhkosti v zrnek umožňuje jejich kapilárně pórovitá struktura. Obalové vrstvy přijímají vodu podstatně rychleji než endosperm, což lze vysvětlit tím, že celulóza a další neškrobové polysacharidy obalových vrstev bobtnají za normální teploty téměř neomezeně, zatímco škrob a bílkoviny endospermu mají za stejných podmínek pouze omezenou schopnost bobtnání. Endosperm zvětší svůj objem podstatně menší měrou a jeho nárůst je pomalý. Dochází k oddělení slupky na rozhraní aleuronové vrstvy a endospermu a k jeho zkřehnutí. Aleuronové buňky jsou s obalem spojeny pevněji, takže na nich zůstávají a zadržují část endospermu. Pokud má zrno na vstupu optimální vlhkost 13,5 – 14 %, v 1. stupni nakrápění se zvýší vlhkost přibližně o 1– 1,5 % na hodnoty kolem 15 %. Cílem je zvlhčení endospermu, k čemuž je nutný dostatek času pro migraci vody k jádru. Pohybuje se okolo 6, 7 až 10 hodin, v závislosti na ročním období a teplotě. K odležení slouží odležovací zásobníky. Nastává zde riziko s vnitřním vlhkým prostředím, jakožto živná půda pro růst bakterií. Eliminací jsou právě konstrukce

s kontinuálním tokem zrna a správná aspirace.

2. stupeň spočívá v nakrápění obalových vrstev bezprostředně před vlastním mlecím procesem. Zvláční se a následně snadněji oddělují ve větších částech. Osvědčilo se intenzivní nakropení na vlhkost až 16 % s velmi krátkým odležením 5 – 10min (PŘÍHODA, SKŘIVAN, HRUŠKOVÁ, 2003).

Intenzivní nakrápěče se skládají z dávkovače vody a rotoru ve vodorovném válcovém nakrápěcím plášti, jenž uvádí obilí s nadávkovanou vodou do vířivého pohybu a tím usnadní proniknutí vody do obilky. Množství přiváděné vody lze regulovat ručně přes průtokoměr nebo automatickou řídicí jednotkou, která snímá množství a vstupní vlhkost dle které vypočítává přídavek vody, kterou nadávkuje.

Intenzivní povrchové opracování zrna následuje za 1. stupněm nakrápění, ale záleží na technologii a stupni znečištění zrna. Cílem je odstranit všechny ulpělé nečistoty nebo části zrna, oplodí s velkým podílem celulózy, dále vousky, prach z obilné rýhy a další, které zhoršují jakost a tím i výtěžnost jedlých produktů, jejich délku skladování, stravitelnost. Klíčky se zde odstraňují pouze u žita, pšeničné klíčky se těžší až při luštění krupic.

Používaly se loupací stroje, které zrno zachycovaly rozmetadlem a vedly proti plášti, o něhož se třely a vracely se zpět na rozmetadlo. Loupací stroje nebyly až tak uspokojivé, v některých částech nedocházelo zcela k uvolnění obalu nebo naopak byly větší ztráty endospermu, jelikož se loupáním tvar obilek zakulacuje (KUČEROVÁ, 2010). Bylo doporučováno více kartáčovat a méně loupat. Kartáčovací stroj sestává z vodorovné válcové skříně, kde se otáčí masou obilí spirálový kartáč se štětinami. V dnešní době už se spíše nevyrábí.

Odírací stroje jsou starší typy, které se téměř neliší od horizontálních loupacích strojů. Dochází zde k mírnějšímu povrchovému opracování. Moderní doba nahrazuje předchozí technologie maloprůměrovým odíracím strojem. Vpádovým hrdlem prochází obilí do pracovního prostoru ocelové skříně, kde je lopatkami rotoru vrháno proti sítu a postupuje k výpadu. Třením zrna vůči sítu se uvolňuje nečistota, vousek, obalové vrstvy, které propadávají sítem do výpadu pro odpad a zčásti jsou unášeny vzduchem k vnější recirkulační aspirační skříně, kde se částice zachytí ve filtru a vzduch se tak očistí (PELIKÁN, SÁKOVÁ, 2001).

Mlýn Herber má v této technologické fázi zpracování zrna zařazenou Myfu (Aquatron), která stanovuje aktuální vlhkost, teplotu a množství procházejícího obilí. Pomocí dalších elevátorů jde obilí na intenzivní nakrápěč, vyrobený firmou Prokop Pardubice

a poté se s 17,3 % vlhkostí uloží v odležovacích zásobnících na dobu 10 – 16 hodin. Záleží na ročním období, vlhkosti vzduchu, teplotě vzduchu atd. Správně odležené zrno poté putuje na malopřůměrovou odíračku, tzv. peeling, jež nahrazuje loupací a kartáčovací stroj. Odstraňují se minerální, bakteriální nečistoty na povrchu a zároveň části zrna jako je vousek, klíček, oplodí, osemení, aleuronová vrstva. Následně je zrno šnekovým dopravníkem dopravováno na automatickou průběžnou váhu do zásobníku.

3.3.7 Vlastní mletí

Mletí pšeničného zrna je zásadní operace v celém mlýnském zpracování, jejímž úkolem je rozdrčení zrna na několik částí, především oddělení endospermu od obalových vrstev a rozmělnit a vytřídit vytěžený endosperm na jemné podíly dle požadované čistoty a granulace. Technologie musí pracovat šetrným způsobem, postupně v několika opakujících se krocích, tzv. chodech či pasážích. Principem je drcení meliva s následným tříděním dle velikosti a jakosti. Mletí pšenice zahrnuje 15 až 20 pasáží, mletí žita 7 až 10. Následné třídění na sítích, vzniká několik druhů meziproductů, které se dále zpracovávají, tzv. přepad je veden k třídění krupic, část se podrobuje opakovanému mletí na válcových stolicích. Propad, tzv. pasážní mouky se zařazují mícháním do finálních obchodních výrobků. Mlecí výsledky se hodnotí podle největšího možného vytěženého množství hrubé mouky, převážně 38 %. Celkový zisk všech jedlých produktů mlecího procesu se vyjadřuje stupněm vymletí v procentech, v závislosti na původní hmotnosti zrna. Čím vyšší je stupeň vymletí, tím větší je podíl obalových částí, které se do mouky dostanou, což má pak za následek i vyšší obsah popela v mouce (KADLEC a kol., 2009).

Dnes se v mlýnské technologii rozlišují dva základní způsoby mletí obilí:

- Mletí na mouky- přičemž je technologický proces veden k získání maximálního množství mouky, při mletí žita
- Mletí na krupice-technologický proces je usměrňován k získání maximálního množství krupic, které se dále čistí, luští a vymílají, mletí pšenice

Celý princip procesu mletí obilí se obecně dělí na:

- Šrotování – cílem je šetrné otevření zrna od středu směrem k povrchu, oddělení jádra ve větších kusech od obalových vrstev. Používá se 5 – 6 šrotových pasáží a jejich úkolem je získat na předních chodech co nejvíce ostrých a hrubě granulovaných částí, tzv. krupic, s nízkým výtěžkem pasážních mouk a na posledních chodech obalové části taktéž ve velkých kusech (PELIKÁN, SÁKOVÁ, 2001).

Ve mlýnech a taktéž ve mlýně Herber, se od druhé poloviny 19. století používají mlecí válcové stolice. Principem je dezintegrace zrna mezi dvěma protiběžnými válci, hladkými nebo rýhovanými. Úpravou geometrických parametrů (délka a průměr válců, tvar, hloubka a hustota rýh, sklon a vzájemné postavení, šířka mlecí spáry) a kinetických parametrů (otáčky, předstih, hmotnostní průtok) je možno válcovou stolicí přizpůsobit kterékoli pasáži, šrotovací, lušticí i vymílací. Válcové stolice se stavějí dvoupárově se čtyřmi mlecími válci. Každý pár válců pracuje samostatně. Jsou vyrobené z ocelové litiny. Poměr jejich nestejně otáčivé rychlosti se nazývá předstih, který je volen dle typu pasáže a požadovaného stupně rozmělnění. Z násypky válcové stolice se melivo dopravuje podávacím zařízením a jeho množství je postupně regulováno. Všechny šrotové pasáže jsou vybaveny rýhovanými válci. Počet rýh se zvyšuje od 1. šrotu se zmenšující se granulací meliva. Větší sklon má silnější stříhový účinek. Nejčastěji je používán úhel ostří 30 – 40° a úhel hřbetu 60 – 70°. Díky možnosti otáčení válců kolem své osy vznikají čtyři vzájemné polohy rýh. Řídké a hluboké rýhy se středním předstihem (1:1,5) vedou k tvorbě krupic a používají se při šrotování pšenice, husté rýhy s větším předstihem (1:3) a postavení hřbet na hřbet vedou k tvorbě mouky. Mlecí spára charakterizuje prostor největšího přiblížení válců, jež je zrna vystaveno nejvyššímu tlaku s nejvyšším rozmělnovacím efektem. Větší průměr válců podporuje tvorbu mouky a snižuje tvorbu krupic. Povrch válců se musí neustále čistit a to např. silonovými kartáči, které jsou protisměrným závažím volně přidržovány u otáčejících se válců (POPOVSKÁ, 2009). Měrné zatížení stolice určuje množství meliva na jednotku délky válce v dané pasáži za určitý čas. Melivo vycházející z válcových stolic tvoří sypkou polydisperzní směs, která se podrobuje dalšímu třídění podle velikosti a jakosti. Ze šrotování se získávají podíly jako šrotový přepad hrubý a jemný, které postupují na další šrotové chody, krupice hrubé, střední a jemné, jež se

zpracovávají luštěním krupic, krupičky ostré a jemné, zčásti rozemílané na mouky a nakonec nejjemnější částice, mouky.

Po každém průchodu meliva válcovou stolicí je vzniklý šrot dopravován pomocí pneumatické dopravy na rovinné vysévače, k vytřídění podle velikosti. Jsou to uzavřené skříně, většinou dvě, tvořené soustavou vodorovně nad sebou umístěných obdelníkových sít, které tvoří jednotlivé oddíly. Rámečky s příslušnými síty se vkládají do vysévacích rámců, jejichž dno je plechové se středním nebo postranním výpadem. Směsi po drcení jsou vedeny vpádovými rukávy a přiváděny na vysévací rámy, které jsou potaženy drátěnými, kovovými, hedvábnými nebo plastovými potahy s různě velkými oky. Dnes převažují tkaniny z polyamidu. Skříně se síty pracují na principu ručního vysévání, vodorovným krouživým pohybem, který vyvolává rotující závaží, zavěšené na laminátových tyčích ve středu skříně. Kromě vlastního třídění podle velikosti zde dochází k samotřídění na základě měrné hmotnosti. Těžší částice jádra přijdou do styku se sítím nejdříve, kdežto nejlehčí obalové částice vyplouvají na povrch proudu meliva a síta se vůbec nedotknou. Složitý postup pracuje podle technologického schématu, který popisuje jednotlivé vysévací díly, jež tvoří vysévací systém. Systém má několik vysévacích skupin, složených z jednoho nebo několika sít, které mají společný výpad. Každá vysévací skupina třídí melivo na propady a přepady. Síta vysévačů se v průběhu vysévání neustále čistí, což zajišťují kartáče různých typů a tvarů, které se pohybují po spodní straně a různými pryžovými nebo plastovými kuličkami, knoflíky, pohybující se po vrchní ploše síta. Roztříděné frakce jsou ze spodní části vysévače odváděny rukávy přes výpádové skřínky do spádového potrubí. Vytěženy jsou dva základní druhy meziproduktů. Hrubé přepady, krupice, které se dále zpracovávají a frakce mouk a krupic (PŘÍHODA, SKŘIVAN, HRUŠKOVÁ, 2003).

- Luštění – spočívá v rozmělnování mírným přitlakem válců, vytříděných šrotových krupic, obsahujících ještě části slupky, tak, aby slupka zůstala neporušená

a dala se na sítích odstranit. Na 1. a 2. luštícím chodu se zpracovávají vyčištěné hrubé, střední a drobné krupice I. jakosti, na 3. luštícím chodu krupice II. jakosti a na 4. luštícím chodu zbývající krupice a současně se zde získávají mlýnské jedlé klíčky. Válce jsou hladké, jen na 1. luštění rýhované. Produkty se dále zušlechťují na čističkách krupic a jsou hlavními zdroji kvalitních finálních

hrubých a polohrubých mouk (PELIKÁN, SÁKOVÁ, 2001). Mouky získané na luštících chodech jsou nejsvětější a mají nejnižší obsah popela. Pochází ze středu endospermu, kde jsou obsažena kvalitní nepoškozená škrobová zrna, tvořená v převážné většině bílkovinami lepku.

Čističky krupic, tzv. reformy pracují na principu kombinace třídění rozměrového, aerodynamického a podle měrné hmotnosti. Jde v podstatě o zavěšené nakloněné žejbro, pohybující se kmitavým pohybem v uzavřené skříni a tvořené rámečky se sítí, jež jsou umístěné horizontálně za sebou. Z prvních tří až čtyř šrotových pasáží odchází velké množství krupic, které se vytrídí na příslušných vysévacích dílech do několika velikostních frakcí, které tvoří heterogenní směs endospermu a obalových vrstev (PŘÍHODA, SKŘIVAN, HRUŠKOVÁ, 2003). Směs vstupuje vpádovým hrdlem do aspirační skříně nad příslušné žejbro. Postupuje po sítu ve fluidní vrstvě, která vzniká pomocí spodního proudu vzduchu. Ten musí proudit takovou rychlostí, aby hmotnostně těžší částice globulárního tvaru, jádrné krupice propadávaly sítím, lehčí částice, tzv. přerážky, přepadávaly ze sítí a byly odváděny na další luštění a lehké části slupek, aspirační částice byly unášeny vzduchem do cyklonu. První síto má vždy nejhustěji osázené otvory. Čištění sítí je prováděno zvrtnými kartáči, pohybující se na vodítkách každého síta. Za správné seřízení se považuje podstatný kvalitativní rozdíl mezi propadem a přepadem posledního síta. Čističky mohou mít jedno až tři žejbra nad sebou. S vyšším počtem žejber je možno dosahovat lepších výsledků. Vytěžené krupice obsahují vysoký podíl endospermu a jsou nejjakostnější druhy mouk.

- Vymílání – dokončuje celý mlecí proces a získávají se poslední ulpělé zbytky endospermu na obalech a částice čistého endospermu se rozmělnují na požadovanou granulaci. Rozemílá se zde především materiál přicházející z reformem.

Na 1. a 2. vymílacím chodu se zpracovávají krupičky I. jakosti, na 3. a 4. vymílacím chodu krupičky II. jakosti, na 5. a 6. chodu krupičky dotahované a na 7. a 8. chodu krupičky domílkové. Válce jsou opět hladké, na posledních dvou chodech rýhované (PELIKÁN, SÁKOVÁ, 2001).

Ve mlýně Herber v Opavě-Vávrovicích se v technologii mletí zavádí nové účinnější a efektivnější stroje, které moderní doba a výzkumné technologie nabízí.

3.3.8 Výtěžnost, zrání a skladování mouk

Složitou technologií mlýnského zpracování zrna, jeho šetrným otevřením, vytěžením a roztříděním, je ve výsledku velké množství frakcí, tzv. pasážních mouk, které se od sebe liší složením, obsahem popela a granulací, což koreluje s místem vytěžení. Na základě těchto parametrů se míchají a vytváří druhové, obchodní mouky požadované jakosti.

Výtěžnost charakterizuje podíl jednotlivých mouk, které lze ze zrna standardní kvality získat. Jde o poměr celkové hmotnosti všech jedlých produktů k celkové hmotnosti toku, vyjádřený v procentech. Zobrazuje efektivitu celého mlýnského zpracování, technologické a ekonomické výsledky. Z hlediska granulace, jež vyjadřuje velikost částic, vymezenou předepsanými síty s určitou velikostí ok, lze získat spektrum od hrubých krupic, přes jemnější dunsty, po nejjemnější a nejbělejší směsi mouk. Charakteristickým znakem českého mlynářství, je další rozdělování mouk podle granulace na hrubé, polohrubé a hladké. V zahraničí se zpravidla separují pouze krupice a dunsty, zbytek se semílá na granulaci hladkých mouk. Na základě popelové křivky lze odvodnit fakt, že obsah popela se směrem od středu zrna nelineárně zvyšuje a stejně tak se v jednotlivých vrstvách mění vlastní složení, zejména proteinů a škroboamylasového komplexu. Ačkoli lze vypočítat, jaké procento popela bude mít ta určitá vytěžená frakce, skutečnost popírá teorii, že mlecí proces není zcela ideální v dokonalém oddělení veškerého endospermu od obalů a naopak. Z toho vyplývá, že přední frakce jsou vždy, byť nepatrně, kontaminovány obalovými vrstvami, vykazují vyšší obsah popela a naopak zadní frakce mají popel nižší, díky skutečnému obsahu endospermu. Z toho vyplývají skutečné limity množství endospermu o daném obsahu popela, který lze v technologickém procesu vytěžit (PŘÍHODA, SKŘIVAN, HRUŠKOVÁ, 2003).

Míchání nezajišťuje pouze vytvoření požadovaných obchodních mouk, ale má za cíl jejich homogenizaci, provzdušňování a následnou stabilizaci. Používají se válcové míchačky, do kterých je mouka rovnoměrně přiváděna ze zásobníku šnekovým dopravníkem a vedená zpět. Obsah zásobníku se takto 4–5 krát přemístí.

Mouka svým velkým aktivním povrchem snadno přijímá plyny a páry, je hygroskopická, na což reagují obsažené složky biochemickými a fyzikálně chemickými změnami. Tzv. zrání, probíhá velice intenzivně během prvních hodin a dnů. Urychluje

jej vyšší vlhkost, teplota a proudění vzduchu. Zásadní vliv má oxidace biopolymerů bílkovinného komplexu v terciárních a kvartérních strukturách jejich molekul a enzymové odbourávání moučných tuků. Uvolněné nenasycené mastné kyseliny příznivě ovlivňují zlepšení jakosti lepku. Snižuje se jeho tažnost a rozplývavost a zvyšuje pružnost a bobtnavost. Dotváří se tak celkově všechny technologické a reologické vlastnosti. Čerstvě namletá mouka nemá plnou pekařskou hodnotu. Doporučuje se odležení minimálně čtyři dny, optimálně jeden až dva týdny před samotným zpracováním a ideálně 2 – 5 týdnů skladování. Při normálních skladovacích podmínkách se jakost mouky zlepšuje až do jednoho roku po semletí. Po této době se její pekařské vlastnosti zhoršují. Hranice pro optimální teplotu skladování, která má ještě příznivý vliv, by neměla přestoupit nad 18 °C. Teploty kolem 30 °C značně urychlují stárnutí mouky. Teplota skladování je odvislá od obsahu vody, čím vyšší je vlhkost mouky, tím nižší musí být skladovací teplota (PELIKÁN, SÁKOVÁ, 2001). Jakékoli porušení skladovacích podmínek, zejména vyšší teplota a vlhkost za přítomnosti vzdušného kyslíku, má vliv na lipolytické enzymy, které během oxidačních procesů rozkládají tuky za vzniku glycerolu a mastných kyselin. Ty jsou při dlouhodobém skladování dále rozkládány za vzniku aldehydů a ketonů, díky nimž mouka hořkne a zvyšuje se její kyselost. Rovněž se mění vlastnosti škrobu, časem stárne, zvyšuje se jeho odolnost vůči enzymům a teplotám při mazovatení. Mouka se skladuje volně ložená v silech nebo v obalech, pytlovaná či v drobném spotřebitelském balení. Používají se sulfítové balicí papíry ve formě sáčků s křížovým dnem o obsahu většinou 1 kg při uplatnění komplexní mechanizace včetně paletizace. Obalový materiál pro mlýnské výrobky je regulován legislativně a musí zajistit ochranu proti působení vlhkosti, pachů, mikroorganismů, hmyzu a jiných vlivů. Musí být odolné proti mechanickému poškození, lehké, tenké a pevné.

V mlýně Herber je každá pasážní mouka ukládána do mezizásobníků. Po zvážení je pomocí pneumatické dopravy nafoukána do moučných sil – míchaček. V těchto silech se mouka neustále míchá tak, aby hotový výrobek byl dokonale zhomogenizován. Do výrobního schématu byl zařazen míchací uzel, což je soustava průtočných automatických vah, mikrodávkočů a homogenizátorů firmy Bühler, který umožňuje přesně navážít, nadávkovat a pomocí homogenizátoru upravit směs tzv. speciálních mouk, mouk na míru dle přání zákazníků. Vše je řízeno z mlýnského velína

prostřednictvím systému kontinuálního míchání. Hotové mouky lze uskladnit zpět v moučných silech nebo dle potřeby odbytu pomocí pneumatické dopravy vést do expedičních sil, ze kterých jsou expedovány přímo do cisterny plnicími hubicemi.

Logistika volně ložené mouky je řešena přepravou vlastními cisternovými vozy se třemi komorami o celkové ložné kapacitě 26 tun nebo jednou komorou o kapacitě 13 tun. Všechna vozidla mají kapacitu 25 tun a vlastní zdroj vzduchu pro vyprazdňování. Takto dělené cisterny umožňují dopravit k zákazníkovi více druhů výrobků při jednom závozu. Zajištěna je i přeprava pytlované mouky. Mlýn vlastní balící linku spotřebitelského balení, zakoupená od italské firmy ICA - Bologna. Mouka se zde balí do papírových sáčků po 1 kg a slučuje do smrštitelné folie po 10 kg. Poté se ukládá na EUR palety po 600 kg a dle potřeb zákazníků je expedována do jejich velkoskladů.

3.4 Úloha laboratoře mlýnu Herber

Laboratoř mlýnu Herber je řízena normou ČSN 461100-2 Stanovení požadavků na zrno pšenice jako zemědělského výrobku určeného k mlýnskému zpracování. Za potravinářské pšenice se považují zdravé obilky pšenice obecné a odrůd, které jsou registrovány podle jejich odpovídající pekárenské jakosti. Rozmezí hodnot při stanoveních si stanoví laboratoř sama. Úkolem mlýnské laboratoře je rozbor jakostních parametrů vzorků pšenice, jež v průběhu sklizně pracovníci pěstitelů doručují do mlýna z polí nebo ze svých skladovacích zázemí, což představuje tzv. monitorování pšenice daného ročníku. Na základě těchto i dalších rozborů v průběhu roku si úsek nákupu mlýna vybírá vhodné partie pšenice k vytvoření požadovaných mlýnských výrobků. Všechny vzorky jsou zaznamenávány do knihy „Nabídkové vzorky pro daný rok“ a lze zde dohledat zjištěné parametry, na jejichž základě se sestavují smluvní podmínky. V druhém případě se může jednat o již dohodnutou dodávku, která je přivezena do mlýna, kdy je na váze pomocí automatického vzorkovače tzv. čápa odebrán vzorek, který putuje tlakovým potrubím do laboratoře. Ten je laborantkou odebrán a zjišťuje se přítomnost škůdců (pilous, potemník, lesák) přisetím přes síto a rovněž se provede pachová a vizuální zkouška.

U těchto vzorků se zjišťuje vlhkost a objemová hmotnost vlhkoměrem GAC 2100. Přístroj provádí automatické vážení zrna, teplotní kompenzaci a automatické plnění

a vysypání testovací komory. Výsledky jsou přesné bez nebezpečí selhání lidského faktoru.

Pro stanovení příměsí a nečistot se používá soustava sít s podélnými zakulacenými otvory o průměru 2,0 mm a 1,0 mm a navážka je 100 g. Příměsí a nečistoty lze považovat za kvalitativní složku zrna, ale tvoří přirozenou součást obilné masy. Dle ČSN je definovaných 12 položek příměsí, mj. zlomky zrn, scvrklá zrna, cizí látky, jejichž přípustné množství je max. 6 %. Podíl prachu jakožto nečistot maximálně 0,5 %.

Dále se udávají parametry získané z přístroje DA (Diode array 7200), analyzátor hlavních komponentů v zrninách, jež jsou vlhkost, dusíkaté látky, lepek, Zelený test, vaznost, tvrdost, energie, vlhkost šrotu a další. Přístroj využívá moderní optiku založenou na technologii diodového pole při sběru dat na všech vlnových délkách současně. Tento přístroj má dálkovou kalibraci přes internet, kterou zajišťuje výrobce.

Přístroj Falling number 1400 využívá metodu stanovení čísla poklesu jako měřítka aktivity α -amylasy. Číslo poklesu je celkový čas od ponoření zkumavky do vroucí vody, minutovém míchání až po klesnutí míchadla ve zmazovatěném škrobu vyjádřený v sekundách. Specifické míchadlo, svou délkou, váhou závaží a velikostí plochy tlačící na suspenzi klesá na dráze délky ve vodní suspenzi celozrnného, mletého výrobku z obilovin (šrotu) během jejího rychlého zmazování a následného ztekucení škrobu α -amylasou. Důležitá je granulace vzorku šrotu, který je získán na laboratorním šrotovníku Perten 3100. V ČR je minimální hodnota 220 sekund pro pšenici potravinářskou a 80 s pro žito. Tyto limity nejsou striktně dodržovány, neboť každý mlýn má jiné vnitřní předpisy, možnosti přípravy směsi na zámel a technické vybavení (PŘÍHODA, HRUŠKOVÁ, 2007).

Obsah mokrého lepku a lepkový index GI se stanovuje pomocí přístroje Glutomatic 2200. Lepek se izoluje ze standardně připraveného šrotu či mouky vypíráním, lepková kulička se odstředuje a protlačuje speciálním sítkem. Celková hmotnost lepku vypraného za podmínek zkoušky a přepočtena na sušinu, je definována jako obsah lepku. Důležité vnější faktory, ovlivňující vytěžený lepek jsou zejména typ přístroje, použitý vypírací roztok, doba vypírání, množství a teplota vypíracího roztoku. Standardizované metody používají k vypírání 2% roztok NaCl v destilované vodě. Stanovený obsah je vyšší, ale dosahuje nižší chyby. S dobou vypírání klesá výtěžek

lepku, zejména při ručním způsobu vypírání, záleží proto na zkušenosti laborantky.

Lepkový index GI je měřítko jakosti mokrého lepku, kterým se posuzuje, zda je lepek slabý, středně silný nebo silný. Tato rychlometoda posuzuje procento lepku, zůstávajícího na standardním kovovém sítku za přesně definovaných podmínek při odstředování v centrifuze. Použije se celá kulička lepku tak, jak byla vyprána na přístroji Glutomatic 2200. Centrifuga pracuje dle přesně stanovených provozních otáček, určitou dobu a za definovaných geometrických parametrů. V případě velmi slabého lepku může všechno projít sítkem a GI je pak nulový. Když sítkem neprojde nic, GI je roven 100. Rozdíl dvou výsledků, provedených jedním laborantem souběžně nebo bezprostředně za sebou nemá být větší než 11 % v případě, že se hodnoty indexu pohybují v rozmezí 70 až 100 %. V případě hodnot nižších než 70 %, nesmí být chyba větší než 15 %. Potvrzenou zkušeností mlýnských laboratoří je, že nejlepší pekařské výsledky v korelaci s objemem, vykazují hladké mouky (PŘÍHODA, HRUŠKOVÁ, 2007).

U příjmových vzorků se rovněž provádí stanovení reologických vlastností na přístroji Alveograph Chopin, jehož součástí je také Alveolink, elektronická vyhodnocovací jednotka, která umožňuje záznam alveografické křivky na displeji přístroje současně s vyhodnocením všech alveografických hodnot. Alveograf byl sestaven zhruba před 50 lety a uveden na trh francouzskou firmou Chopin S. A. Princip metody je plošná deformace plátku těsta napínaného tlakem plynu. Toto stanovení se řídí normou ČSN ISO 5530-4 a spolu s číslem poklesu a obsahem lepku jsou rozhodujícím faktorem pro stanovení zámelu a tažení pšenice na mlýn.

Mezioperační kontrola je v mlýně Herber vedena dle typu vyráběné mouky, na základě časových odběrů nebo množstevních odběrů (při 5 tunách vyrobené mouky, při 15 tunách, atd.). Lze tak sledovat měnící se parametry a průběžně s nimi manipulovat. Výstupní kontrola je jednou z bodů systému HACCP, jako kritický bod, jež podléhá dosledovatelnosti (krok zpět, krok vpřed). Laboratoř monitoruje požadované parametry expedovaných výrobků, mouk, které se od sebe liší popelově či granulací. Jsou to mouky hladké, polohrubé, hrubé, speciální na míru, krmné a otruby. Mouky jsou analyzovány na DA, ale přesnější údaje jsou poskytovány přístrojem Inframatic 8611. Laboratorní NIR analyzátor, jehož podstata metody je analýza světla o vlnových délkách blízké infračervené části světla (1400 – 2600 nm)

odraženého nebo pohlceného vzorkem. NIR metoda patří mezi nepřímé, tzn., že přístroje musí být kalibrovány na základě dat získaných standardním laboratorním postupem. Předností této metody je rychlost. Zjištěná data mohou být vlhkost, N-látka, lepek, popel, škrob, vláknina, tuk a Zelený test. Ve světě jsou NIR přístroje základní laboratorní technika, užívaná pro rychlé provozní hodnocení jakosti mlýnských výrobků, především při nákupu obilí, míchání mouk a jejich expedici. Jsou to nepřímé metody, tudíž musí být přístroje kalibrovány na základě dat, znaků, získaných standardním laboratorním postupem. Změny ve spektru daného vzorku naznačují přítomnost a orientační množství dané látky. Výpočet kalibrační rovnice se zakládá na hledání závislosti mezi spektrálními daty a referenčními hodnotami. Vše je tvořeno, aktualizováno a validováno v rámci konkrétního mlýna či začátku nové sklizně daného roku. Nejvíce užívaná aplikace NIR techniky je při stanovení obsahu bílkovin. Srovnají-li se výsledky pro stanovení obsahu bílkovin v mouce a ve šrotu, pak se hodnoty získané metodou NIR a analytickou Kjeldahlovou metodou lépe shodují pro obsah bílkovin v mouce. Naproti tomu stanovení mokrého lepku není zcela přesné, hůř se reprodukuje (PŘÍHODA, HRUŠKOVÁ, 2007).

Stanovení vaznosti přístrojem Farinograph je méně časté. Princip měření spočívá v měnícím se odporu, který měřený materiál vytváří proti otáčejícím se hnětacím lopatkám v měřicím hnětači. Tento hnětací odpor je měřen jako krouticí moment a jeho hodnota ukazuje viskozitu a konzistenci materiálu. Počítač zaznamená křivku, ze které zjistíme vývin těsta, stabilitu, pokles konzistence. Dává informace o schopnosti mouky vázat vodu a zpracovatelské a kvalitativní vlastnosti z ní vytvořeného těsta.

Speciálně požadovaným a v současnosti méně běžným testem je SRC, jež vyžadují konkrétní odběratelé pro výrobu speciálních mouk. Stanovuje se na základě reakce škrobu v různých roztocích (např. sacharóza, uhličitán sodný, destilovaná voda). Vybavením laboratoře jsou mj. sušárna Ecocel k měření vlhkosti (sušiny) mouk, Badelink Sonorex-ultrazvuková lázeň k čištění granulačních sít, pec ke zjištění obsahu popela v moukách a zrninách a granulační přístroj na zjištění zrnitosti mouk.

4 MATERIÁL A METODIKA

Experimentální část diplomové práce byla vypracována v mlýnské laboratoři provozu mlýna Herber v Opavě – Vávrovicích. Byla sestavena směs na zámel a určeny % podíly 7 partií pšenice od jednotlivých dodavatelů. Na základě požadavku zákazníka, byla vyrobena speciální hladká mouka, tzv. mouka na míru. Definovaná reologickými parametry (deformační energií W , poměrovým číslem pružnosti a tažnosti P/L) a obsahem lepku.

Odebrané vzorky pšenice byly podrobeny stanovení obsahu vlhkosti, objemové hmotnosti, příměsí a nečistot, podílu plných zrn, Zeleného testu, obsahu dusíkatých látek. Ze šrotů pšenice byly zjištěny hodnoty čísla poklesu a podílu mokrého lepku. Následně byly partie zcela vytříděny od příměsí a nečistot, nakropeny, odleženy a pomlety na laboratorním mlýně. Z takto rozemletého endospermu vzorků byly získány alveografické parametry W a P/L na přístroji Alveograf. Nakonec byla zanalyzována i výsledná obchodní mouka z mlýna.

4.1 Materiál

Na experiment bylo odebráno 7 vzorků zrna pšenice po 1 kg do polyetylenových sáčků z období sklizně roku 2014. Vzorky byly označeny podle dodavatele a zároveň podle komory, kde byla partie uskladněna.

➤ Vzorky zrna pšenice

1. vzorek – dodavatel 1, komora 5
2. vzorek – dodavatel 2, komora 7 A
3. vzorek – dodavatel 3, komora 7 B
4. vzorek – dodavatel 4, komora 8 A
5. vzorek – dodavatel 5, komora 8 B
6. vzorek – dodavatel 6, komora 9
7. vzorek – dodavatel 7, komora 10

➤ Mouka z pomletých vzorků pšenice – 7 vzorků

➤ Mouka finální z míchačky mlýna – 3 vzorky

Tři vzorky finální mouky byly odebrány v průběhu výroby z míchačky, kde již byly smíseny a promíchány jednotlivé pasáže přes elevátor. Výkon míchačky byl 15 tun za hodinu, proto byly odebrány tři vzorky ze tří různých časových partií, při 15 tunách, při 30 a 40 tunách. Celá výroba běžela jako jednomletá mouka, to zn. nevyráběl se žádný jiný typ mouky jako třeba hrubá, polohrubá atd. Tím byl zajištěn předpokládaný vypočítaný výsledek s minimálními rozdíly v hodnotách reálných ze mlýna a získaných pomletím na tureckém mlýnku. Hodnota W byla nastavena do rozmezí hodnot 170 – 210 a poměrové číslo P/L 0,5 – 0,9. Horní hranice obsahu mokrého lepku byla 33 %.

4.2 Metodika

Pro hodnocení jakostních parametrů byly použity následující metody a zkoušky. Všechny prováděné metody se řídí normami ČSN pro potravinářskou pšenici – pekárenskou.

Zrno pšenice

U vzorků pšenic bylo provedeno:

- Stanovení vlhkosti [%] a objemové hmotnosti [kg/hl] vlhkoměrem GAC 2100.
- Stanovení obsahu příměsí a nečistot [g, %] na soustavě sít s otvory o průměru 2,0 x 20 mm a 1,0 x 20 mm.
- Stanovení podílu plných zrn [%], které nepropadnou sítím s podlouhlými otvory velikosti 2,5 x 22 mm, od 100 g navážky jsou odečteny příměsí a nečistoty.
- Stanovení sedimentační hodnoty Zeleny testu [ml] a obsahu dusíkatých látek [%] přístrojem DA 7200.

Šrot ze zrna pšenice

Část vzorků pšenic byla rozemleta na šrot a ten byl podroben:

- Stanovení podílu mokrého lepku [%] na přístroji Glutomatic a pomocí odstředivky (Gluten index centrifuge 2015).
- Stanovení čísla poklesu [s] přístrojem Falling number 1400.

Mouky získané pomletím zrna

Zbylé části vzorků zrn byly zcela vytříděny, zbaveny příměsí a nečistot sítím i ručním vybíráním. Navážky 700 gramů zrn od každého vzorku byly nakropeny do vlhkosti 16 %, podle zjištěné prvotní vlhkosti a ponechány odležet 4 hodiny. Během doby se musely navážky občas promíchat, aby bylo zrna rovnoměrně navlhčeno. Poté byly semlety na laboratorním Tureckém mlýnku. Skládá se ze dvou částí. Každá část má vlastní násypku a průhledné okénko, kterým je možno sledovat, jak zrna svou hmotností padají mezi drtící, šrotovací válce. Nejprve se oddělily otruby od zbylých částí zrna, do samostatných, jímatelných nádob. Otruby se zlikvidovaly, zbytek se pak na druhé části mlýnu dále rozemílal a třídil tak, aby pro další zkoušky byly k dispozici pouze granule odpovídající velikostně hladkým moukám. U takto připravených vzorků mouk byly zjištěny reologické vlastnosti.

- Reologické stanovení, charakterizované především alveografickými hodnotami deformační energie W [$\times 10^{-4} \text{J}$] a poměrového číslo P/L pomocí přístroje Alveograph Chopin a vyhodnocovacím článkem Alveolink.

Finální mouka vyrobená ve mlýně

Tři vzorky finální mouky vyrobené ve mlýně, odebrané z míchačky, v určených časových intervalech, byly taktéž zanalyzovány na alveografu.

- Byly získány hodnoty W a P/L u každého vzorku zvlášť pro statistickou průkaznost. Následně byl ze všech tří vzorků vyprán lepek přístrojem Glutomatic.

4.2.1. Laboratorní rozbory zrna pšenice

Stanovení vlhkosti [%] a objemové hmotnosti [kg/hl]

Vlhkoměr GAC 2100 má LCD displej s klávesnicí, na kterém je potřeba před každým měřením zvolit typ analyzovaného vzorku. Pšenice musí být před každým měřením zbavena všech nečistot, nejlépe přesetím přes síto, a následným ručním vybíráním odpadu. Čistá pšenice se nasype do násypky s dvířky na vrchní straně přístroje. Po spuštění stroje do chodu se otevřou dvířka a pšenice samospádem spadne na váhu s čidly. Pomocí automatického shrnovače se upraví obsah v nádobě a spustí se automatické měření. Přístroj vyhodnotí vlhkost a objemovou hmotnost zpravidla

do 10 sekund. Po naměření hodnot vydá zvukový signál. Výsledky není nutné nijak přepočítávat. Na klávesnici navolíme vysypat a měřené obilí vypadne do sběrné nádoby umístěné ve spodní části přístroje. Stanovení objemové hmotnosti je řízeno normou ČSN 461011 – 5.

Stanovení obsahu příměsí a nečistot [g, %]

Ruční prosev dle ČSN ISO 2591 – 1 Zkušební prosévání. Použitá soustava kovových sít, s děrovaným plechem, velikost otvoru o průměru 2,0 x 20 mm a 1,0 x 20 mm. Navážka činí 100 g, která se vysype na síta. Doba prosévání je alespoň 60 sekund, ve směru nahoru a zpět a poté do stran. Poté se ještě sensoricky dočistí a podíly se zváží. Horní přepad na 1. síť jsou příměsí, propad pod 2. sítím ve sběrné části jsou nečistoty. Stanovení se řídí normou ČSN 461011 – 6 Zkoušení obilovin – Stanovení příměsí a nečistot.

Stanovení podílu plných zrn [%]

Dle návodu normy ČSN 461011 – 7 Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin se od 100 g navážky nejprve odečtou příměsí a nečistoty. Zbytek je prosát sítím s podlouhlými otvory velikosti 2,5 x 22 mm. Přepad, který zůstane na síti se zváží a vyjádří %.

Stanovení sedimentační hodnoty Zelený testu [ml] a obsahu dusíkatých látek [%]

Vzorek pšenice se nasype do plytkého kruhového talířku. Horní hrana se zarovná do roviny. Talířek se vloží do nástavce přístroje DA (Diode array) 7200. Spektrometr pro blízkou infračervenou reflektanci (NIR), navržený a optimalizovaný pro analýzy především zrnin, potravin a krmiv. Pracuje na principu využití moderní optiky, založenou na technologii diodového pole při sběru dat na všech vlnových délkách současně. Zařízení pracuje velice rychle, neboť zpracovává čistě celé zrno, bez úpravy, dalšího technického vybavení nebo užití speciálních vzorkovacích a má novější software, který umožní ukládat výsledky do paměti, a zároveň dálkovou kalibrací přes internet, kterou zajišťuje výrobce. Má dotykový displej, počítačovou klávesnici a pracuje na operačním systému Microsoft Windows XP. Naměřené hodnoty jsou pouze orientační, nejde o přímou metodu stanovení.

Stanovení obsahu mokrého lepku ve šrotu vzorků pšenice [%]

Dle ČSN 461011 – 9 – Stanovení mokrého lepku bylo naváženo dvakrát 10 g šrotu a přesypáno do dvou speciálních kalíšků, síť s plachetkou o velikosti 88 mikronů. Šrot byl smíchán s 4,8 ml 2 % solného roztoku a síta vložena do přístroje Glutomatic. Zapnutím se do sít začne napouštět solný roztok a zároveň ho propírat. Vznikne těstová

kulička. Po 100 ml propraného roztoku se vymění síta za síta s 840 mikrony, a spustí se opětovné propírání těsta. Po 200 ml se přístroj automaticky zastaví. Vyprané kuličky se vloží na speciální plíšky odstředivky (Gluten index centrifuge 2015), kde se po dobu 60 sekund a při rychlosti 6000 otáček/min odstředí. Po skončení se získané kuličky ještě osuší dotykem o kůži na ruce, aby se co nejvíc zbavily vody. Metoda je bez odležení. Obsah mokrého lepku v % se získá tak, že hmotnost kuličky se vydělí sušinou a vynásobí 100. Poté se zjistí průměrná hodnota lepku obou kuliček, výpočtem:

$$GM = \frac{m_1+m_2}{(100 - \text{vlhkost}_{\text{šrotu}})} \div 2 \times 100 \text{ [%]}$$

Stanovení čísla poklesu ve šrotu vzorků pšenice[s]

Norma ČSN ISO 3093 – Stanovení čísla poklesu určuje metodu stanovení jako měřítko aktivity α -amylázy. Část vzorku se zešrotuje na laboratorním mlýnku Perten 3100. Podle zjištěné vlhkosti šrotu z DA se naváží přesné množství (dle tabulky uvedené v normě) do kelímku. Toto množství se kvalitativně přemístí do zkumavky a přidá se dávkovačem destilovaná voda. Zkumavka se uzavře zátkou, patřičně protřepe a společně s míchadlem zasune do přístroje Falling number 1400, ten automaticky promíchává obsah zkumavky. Díky vroucí lázni, do které je zkumavka ponořena, suspenze zvětší svůj objem. Po minutě míchání je viskozimetrické míchadlo vytaženo na horní okraj zkumavky a samospádem klesá skrz suspenzi. Přístroj zaznamenává čas od počátku míchání až po dopad míchadla na dno zkumavky. To je identifikováno zvukovým signálem a na displeji lze vidět konečnou hodnotu. Horkou zkumavku je potřeba vytáhnout ihned, ale opatrně, hrozí výtok suspenze.

4.2.2. Alveografické stanovení připravených mouk

Stanovení alveografických vlastností se řídí normou ČSN ISO 5530-4 (560114) – Pšeničná mouka. Fyzikální charakteristiky těst – Stanovení reologických vlastností na alveografu. Promíchané a odležené vzorky mouk, podrobíme stanovení vlhkosti na DA. Ta ukazuje, kolik 2,5 % roztoku NaCl nutno použít podle postupu metody v nakalibrované byretě. S navázkou 250 g mouky se vytváří v mixéru přístroje Alveograph Chopin, vytemperované na 24 °C, moučné těsto. Hnětení probíhá 8 minut. V průběhu druhé minuty se musí setřít mouka z rohů mixéru, aby vzniklo jednotné těsto. Po uplynutí doby se zapne zpětný chod mixéru a otevře vytlačovací štěrbin.

Těsto se začne protlačovat ven. Prvotní odpad se odřízne a naolejují se okraje vytláčovací štěrby. Odřízne se postupně 5 kusů těsta, které se položí na naolejovaný plech. Těsto se uválí válečkem 3krát pomalu, 3krát rychle (dle pokynů standardní metody) a vykrojí se 5 stejnoměrných koleček, které pak v kynárně 15 minut zrají při 25 °C. Po 28. minutě vyžrání v termostatu jsou kolečka jedno po druhém vložena do alveografu a z nich vyfoukávány bubliny, jež vznikají spodním tlakem do prasknutí. Výsledky měření se zobrazují na vyhodnocovacím článku Alveolink, na tzv. alveografické křivce.

Stanovení zjišťuje pekařskou kvalitu mouk, která poukazuje na hodnoty:

- Deformační energie W [$\times 10^{-4} \text{J}$], charakterizuje sílu těsta a znamená množství spotřebované energie na prasknutí bubliny. Průměrné hodnoty pro pšenici jsou 150 – 250.
- G ukazatel nafouknutí v ml, je druhá odmocnina objemu vzduchu, který je nezbytný k nafouknutí bubliny, dokud nepraskne.
- P maximální přetlak v mm, udává odpor těsta k deformaci, je hodnotou síly pružnosti a stability.
- L bod, délka v mm, udává schopnost těsta mít svoji elasticitu a tažnost.
- Poměrové bezrozměrné číslo P/L , udávající poměr pružnosti a tažnosti, maximální přetlak ku bodu prasknutí bubliny. Průměrné hodnoty pro pšenici jsou 0,60 – 1,80. Hodnota 0,5 odpovídá méně odolnému, ale velmi roztažnému těstu. Hodnota 1,50 značí silnou odolnost a mírnou roztažnost těsta.

4.2.3 Statistické zpracování

Naměřená data byla vyhodnocena pomocí sloupcových grafů se zaznamenanými chybovými úsečkami. Byl vypočten aritmetický průměr, minimum, maximum, směrodatná odchylka a variační koeficient u každého sledovaného znaku. Byla vytvořena projekce závislosti jednotlivých parametrů zrn i mouky do faktorové roviny.

Využité programy: Microsoft Office Excel 2007, Statistica 8.

5 VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1 Sledování vybraných parametrů

Všechny jakostní ukazatele a jejich stanovení jsou dány normou ČSN 46 1100 – 2 pro pšenici potravinářskou – pekářenskou.

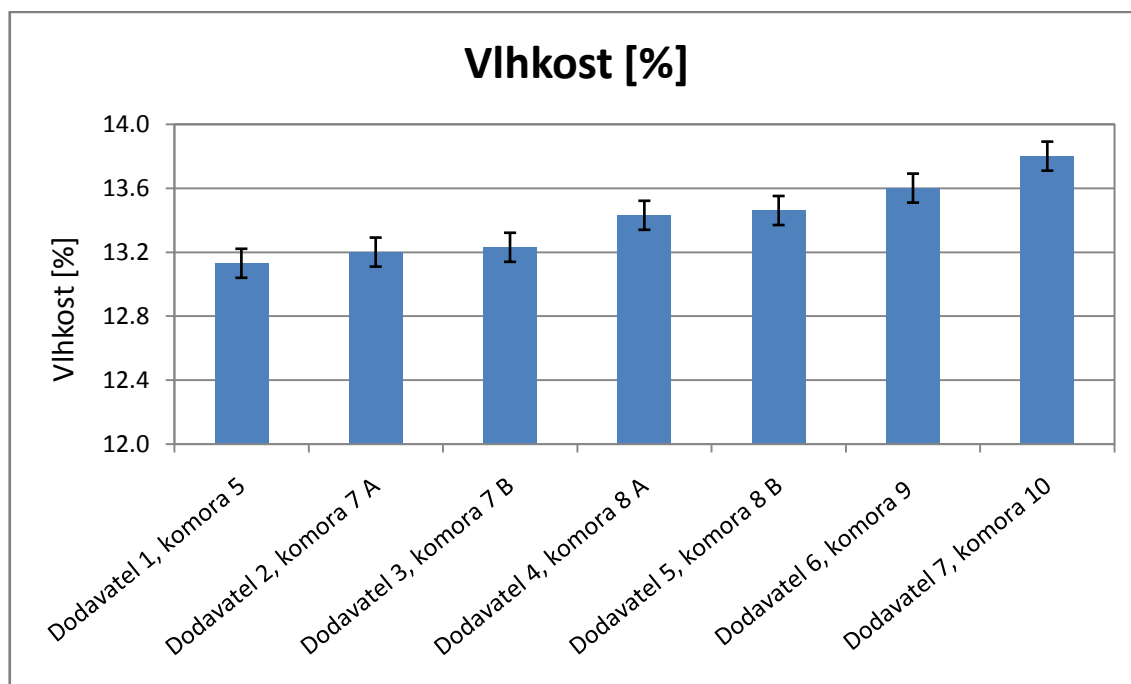
5.1.1 Hodnocení zrna

Hodnocení obsahu vlhkosti

Tab. 1 Obsah vlhkosti vzorků pšenice 7 dodavatelů

Vzorek		Vlhkost [%]				
Komora	Dodavatel	Průměr	Min.	Max.	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
K5	1	13,13	13,0	13,3	0,1527	0,0111
K7A	2	13,20	13,1	13,3	0,1000	0,0075
K7B	3	13,23	13,2	13,3	0,0577	0,0043
K8A	4	13,43	13,4	13,5	0,0577	0,0042
K8B	5	13,46	13,4	13,5	0,0577	0,0042
K9	6	13,60	13,5	13,7	0,1000	0,0073
K10	7	13,80	13,7	13,9	0,1000	0,0072

Všechny vzorky pšenice dle Tab. 1 vyhovovaly normě a nepřekročily hranici maximální hodnoty vlhkosti 14,0 %. Průměrná hodnota vlhkosti pšenice byla 13,41 %. Šlo o velice přesušená až zpečená zrna, vlivem klimatických podmínek roku 2014. Nízká vlhkost zaručila minimální obavy z hlediska přítomnosti mikroorganismů uvnitř zrna i vně, takže se předpokládala bezproblémová výroba mouky. Zrno následně prošlo nakrápěním, kde se jeho vlhkost zvýší na 17,3 %.



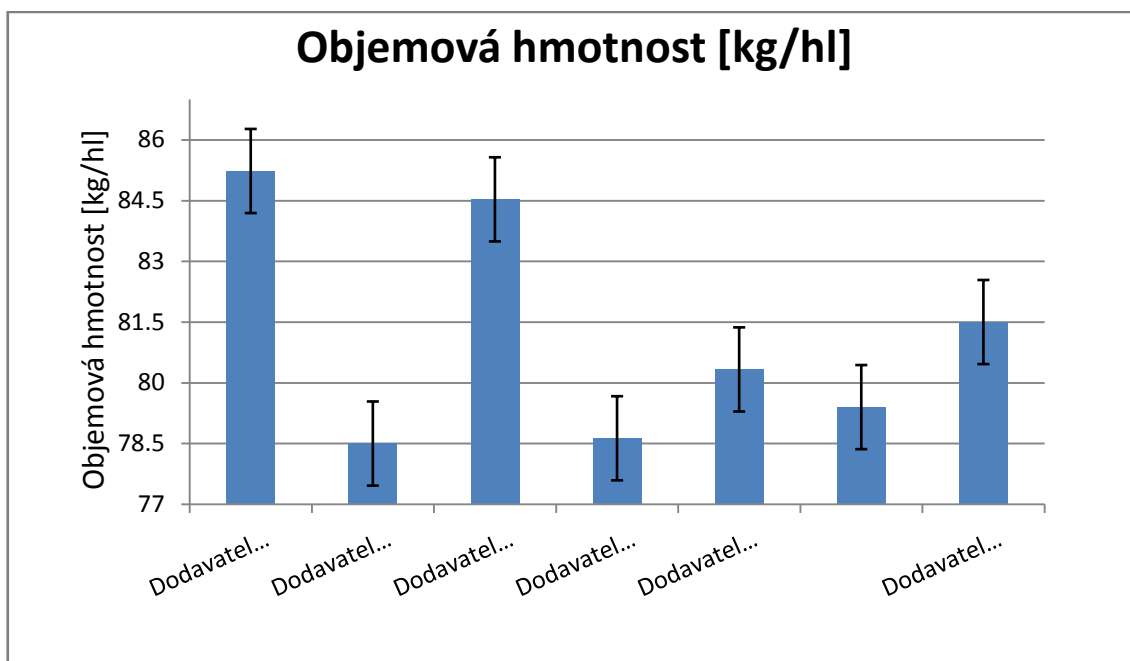
Obr. 2 Srovnání obsahů vlhkosti 7 vzorků pšenice

Hodnocení objemové hmotnosti

Tab. 2 Objemová hmotnost vzorků pšenice

Vzorek		Objemová hmotnost [kg/hl]				
Komora	Dodavatel	Průměr	Min.	Max.	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
K5	1	85,23	85,1	85,4	0,1527	0,0017
K7A	2	78,50	78,2	78,7	0,2645	0,0033
K7B	3	84,53	84,3	84,8	0,2516	0,0029
K8A	4	78,63	78,2	78,9	0,3785	0,0048
K8B	5	80,33	80,0	80,9	0,4932	0,0061
K9	6	79,40	79,2	79,6	0,2000	0,0024
K10	7	81,50	81,4	81,6	0,1000	0,0012

Naměřené hodnoty (Tab. 2) se pohybovaly v rozmezí od 78,5 – 85,23 kg/hl, jsou vyšší než uvádí norma pro potravinářskou pšenici, což je 76,0 kg/hl. Průměrná hodnota objemové hmotnosti byla 81,16 kg/hl.



Obr. 3 Srovnání objemových hmotností 7 vzorků pšenice

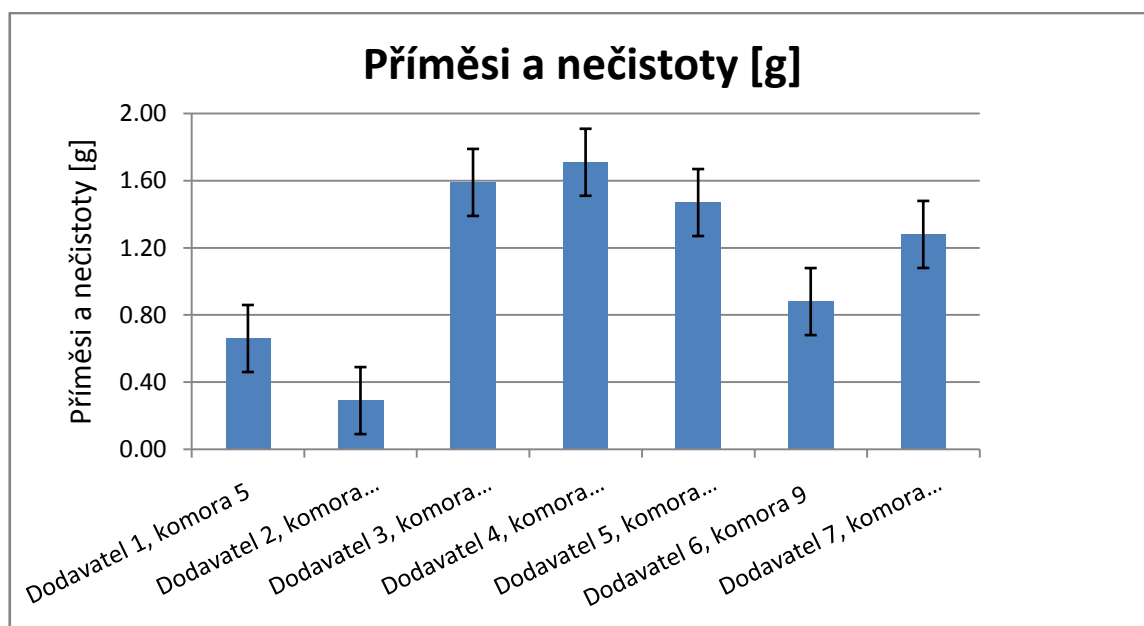
Hodnocení obsahu příměsí a nečistot

Tab. 3 Obsah příměsí a nečistot ve 100 gramech vzorků pšenice

Vzorek		Příměsí a nečistoty [g]				
Komora	Dodavatel	Průměr	Min.	Max.	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
K5	1	0,66	0,65	0,67	0,0100	0,0151
K7A	2	0,29	0,28	0,29	0,0057	0,0201
K7B	3	1,59	1,52	1,57	0,0251	0,0158
K8A	4	1,71	1,69	1,73	0,0208	0,0121
K8B	5	1,47	1,45	1,49	0,0208	0,0141
K9	6	0,88	0,87	0,89	0,0100	0,0113
K10	7	1,28	1,26	1,29	0,0152	0,0119

Získané podíly příměsí a nečistot (Tab. 3) nebyly tak extrémní, aby jakýmkoli způsobem narušily technologii čištění a celého mlýnského zpracování. Dle normy je povolen limit nejvýše 6 % podílu příměsí a nečistot, z toho zločky zrn nejvýše 3 %,

zrnové příměsi nejvýše 5 %. Obilí bylo čisté. Podíly nečistot splňovaly stanovenou 0,5 % hranici.



Obr. 4 Srovnání podílů příměsí ve vzorcích pšenice od 7 dodavatelů

BIAN a kol. (2015) studoval vliv přítomnosti příměsí a nečistot na konstantním proudění sypké masy při manipulaci, vypouštění ze zásobníků a do zásobníků. Autoři měřili vlastností sypkých proudících pšeníc s přítomností plev, na různých úrovních obsahu vlhkosti. Pšenice byla zařazena do tříd na základě procenta příměsí, jako jsou semena plevelů, stonky, plevy, sláma, semena jiných plodin, hmyzu a živočišných produktů, infikovaných a vadných zrn aj. V závislosti na stupni znečištění, mohl vzorek obsahovat až 20 % příměsí a nečistot na objem pšenice. Ačkoli mají pšeničné obilky pravidelný tvar, jsou snadno tekoucí pevné látky. Zatímco nečistoty mají velmi nepravidelný tvar a vysoký sklon k blokování proudícího toku. Stlačená objemová hmotnost pšeničné mouky je minimální ve srovnání s jinými pevnými látkami nebo sypkými látkami. Bylo prokázáno, že sypná hmotnost pšenice se snižovala s vyšším podílem příměsí, protože hustota plev byla podstatně nižší než u pšeničných obilek.

BERGHOFER a kol., 2003 provedli průzkum na stanovení mikrobiologického stavu australské pšenice a šíření mikroorganismů. Po roztříštění zrna ulpívají nečistoty na koncových produktech, otrubách a klíčcích. Velký vliv má také mikrobiologická kvalita příchozí pšenice. V několika případech došlo k otravě jídlem, zhotoveného

kontaminovanou moukou. Nejčastěji se vyskytovaly nálezy aerobních, mezofilních, koliformních bakterií (70 – 98%), *Bacillus* spp. (70 – 94%), kvasinek a plísní. Nejčastější formy izolovaných mikroorganismů byly *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*.

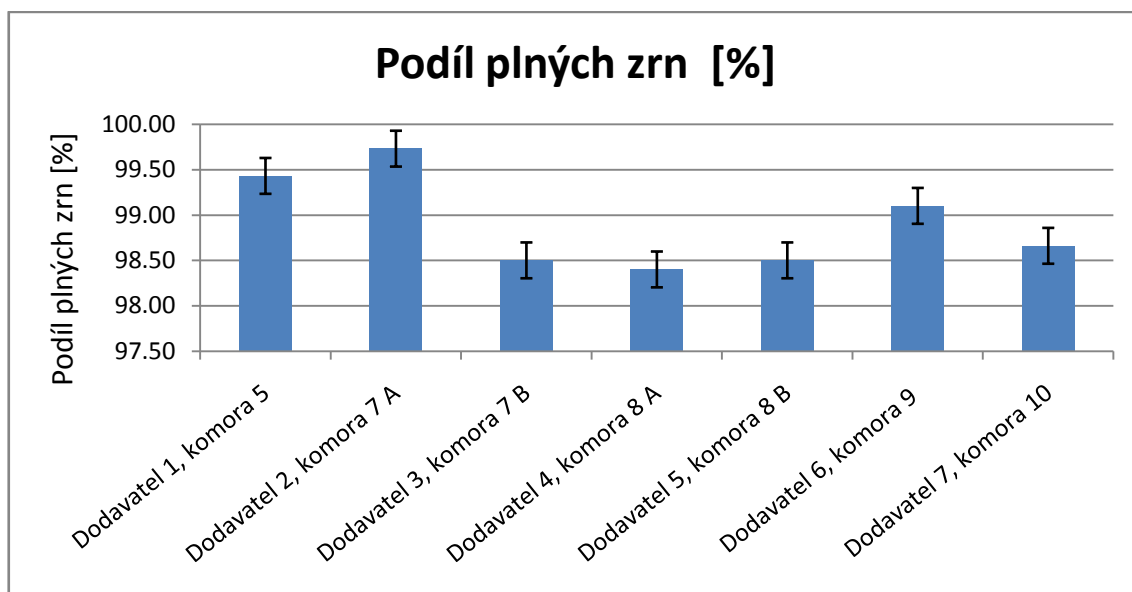
RAVIKANTH a kol., 2015 prováděli experimenty, s cílem rozlišit příměsi a nečistoty využitím blízké infračervené oblasti (NIR) hyperspektrálně. Úkolem bylo určit nejlepší kombinaci spektrální techniky a statistického klasifikátoru.

Hodnocení podílu plných zrn

Tab. 4 Podíl plných zrn ve vzorcích od 7 dodavatelů

Vzorek		Podíl plných zrn [%]				
Komora	Dodavatel	Průměr	Min.	Max.	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
K5	1	99,43	99,39	99,5	0,0608	0,0006
K7A	2	99,73	99,69	99,8	0,0608	0,0006
K7B	3	98,50	98,40	98,6	0,1000	0,0010
K8A	4	98,40	98,30	98,5	0,1000	0,0010
K8B	5	98,50	98,40	98,6	0,1000	0,0010
K9	6	99,10	99,00	99,2	0,1000	0,0010
K10	7	98,66	98,50	98,8	0,1527	0,0015

Tab. 4 uvádí rozmezí procentuálního podílu plných zrn 98,4 – 99,8. Minimální podíl plných zrn byl ve vzorcích dodavatelů 3 a 5. Naproti maximální hodnotě podílu plných zrn ve vzorku dodavatele 2. Průměrná hodnota těchto stanovení byla 98,90 %.



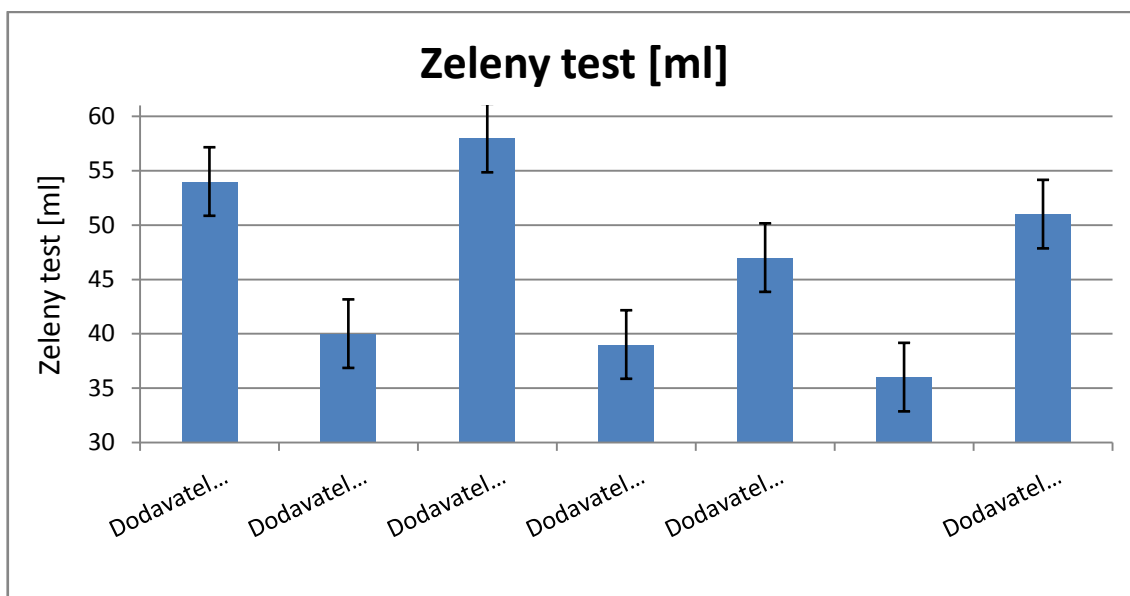
Obr. 5 Srovnání podílů plných zrn v 7 vzorcích

Hodnocení sedimentačního indexu – Zelenyho testu

Tab. 5 Zeleny test vzorků pšeníc

Vzorek		Zeleny test [ml]				
Komora	Dodavatel	Průměr	Min.	Max.	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
K5	1	54	52	55	1,5275	0,0284
K7A	2	40	39	41	1,0000	0,0250
K7B	3	58	57	59	1,0000	0,0172
K8A	4	39	38	40	1,0000	0,0256
K8B	5	47	46	48	1,0000	0,0212
K9	6	36	35	37	1,0000	0,0277
K10	7	51	50	52	1,0000	0,0196

Zeleny test je stanoven normou na minimální hodnotu 30 ml splnily všechny analyzované vzorky zrn (Tab. 5). Sedimentační index zjišťoval kvalitu lepku na základě lepkotvorných bílkovin a jejich bobtnavosti. Vysoká hodnota sedimentačního indexu koreluje s vysokou schopností zadržování plynů v prostorové struktuře. Naměřené hodnoty se pohybovaly v rozmezí 35 – 59 ml a průměrná hodnota byla 46,38 ml.



Obr. 6 Srovnání Zelenyho testu 7 vzorků zrn

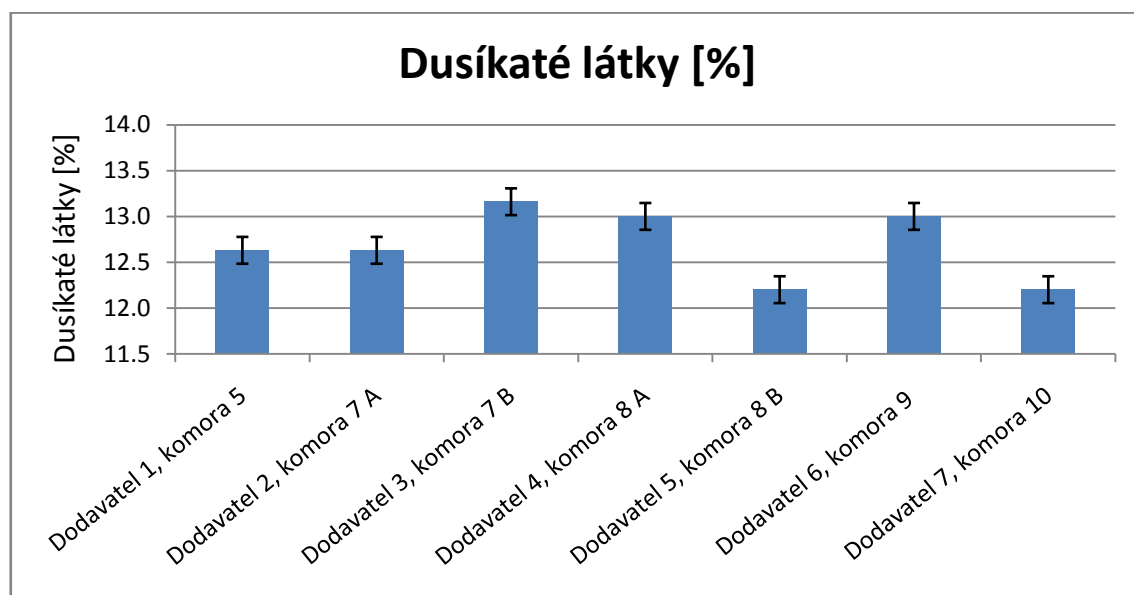
ZHAO a kol., 2009 prokázali, že sedimentační hodnota (Zeleny test) vzorků je velmi vhodná pro odhad použití výsledných produktů a jejich kvalitu při vaření. Potvrdili, že existuje pozitivní korelace mezi Zeleny testem a silou lepku nebo objemem výrobku. Metoda Zelenyho testu je často používána jako screeningový test při šlechtění pšenice.

Hodnocení obsahu dusíkatých látek

Tab. 6 Obsah dusíkatých látek v 7 vzorcích pšenice

Vzorek		Dusíkaté látky [%]				
Komora	Dodavatel	Průměr	Min.	Max.	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
K5	1	12,63	12,5	12,8	0,1527	0,0120
K7A	2	12,63	12,4	13,0	0,3214	0,0254
K7B	3	13,16	13,0	13,3	0,1527	0,0116
K8A	4	13,00	12,0	12,4	0,2000	0,0163
K8B	5	12,20	12,9	13,1	0,1000	0,0076
K9	6	13,00	12,0	12,4	0,2000	0,0163
K10	7	12,20	13,0	13,4	0,2081	0,0157

Dusíkaté látky se pohybovaly v rozmezí 12,0 – 13,4 % (Tab. 6). Všechny vzorky splňovaly požadavky normy na obsah dusíkatých látek v sušině nejméně 11,5 %. Průměrná hodnota měření dusíkatých látek ve vzorcích byla 12,69 %.



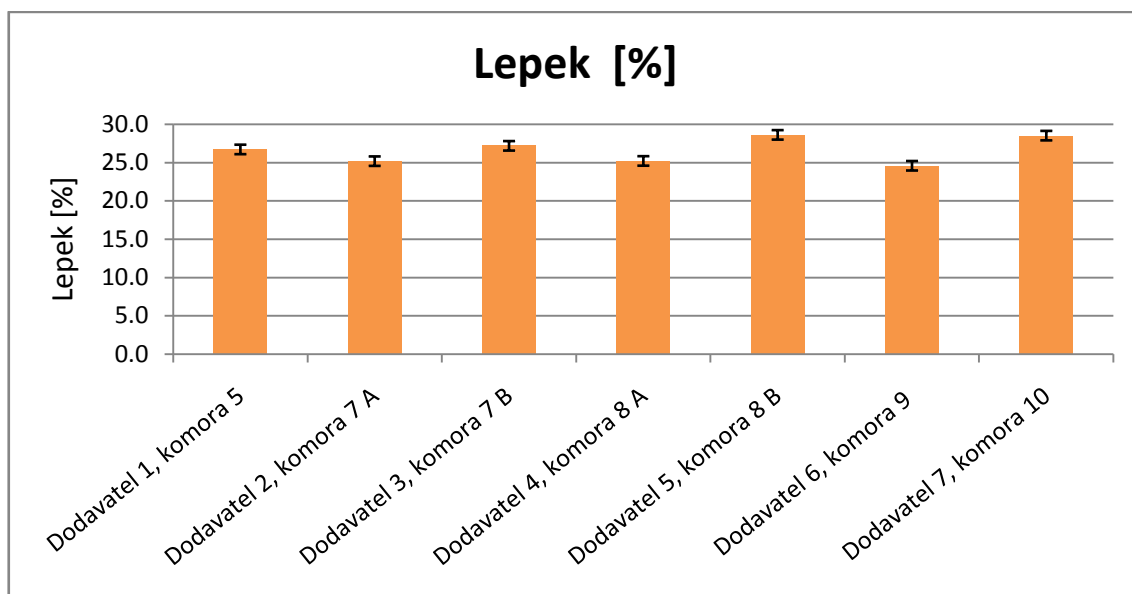
Obr. 7 Srovnání obsahů dusíkatých látek 7 vzorků

5.1.2 Hodnocení šrotu

Hodnocení obsahu mokrého lepku

Tab. 7 Obsah mokrého lepku ve vzorcích šrotu

Vzorek		Lepek [%]				
Komora	Dodavatel	Průměr	Min.	Max.	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
K5	1	26,17	25,5	27,0	0,7637	0,02919
K7A	2	25,17	24,0	25,0	0,0218	0,02188
K7B	3	27,17	26,5	28,0	0,0281	0,02811
K8A	4	25,20	24,0	26,0	0,0420	0,042
K8B	5	28,60	28,0	29,0	0,0185	0,0185
K9	6	24,57	24,0	25,0	0,0208	0,02089
K10	7	28,50	28,0	29,0	0,0175	0,01754



Obr. 8 Srovnání obsahů mokrého lepku 7 vzorků pšenice

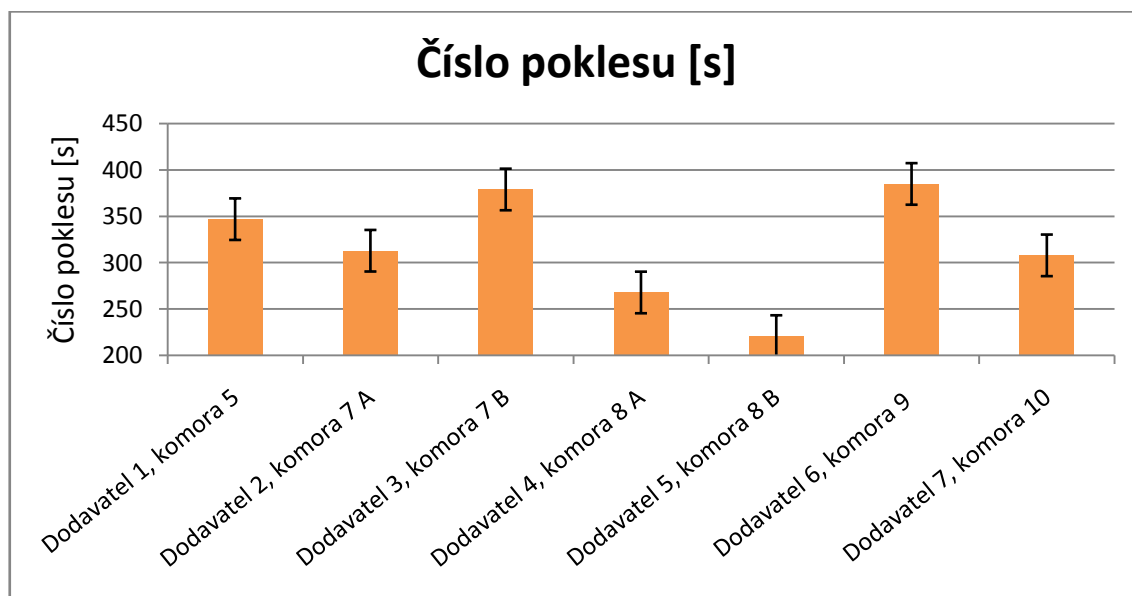
Tab. 7 uvádí hodnoty mokrého lepku, který je ovšem ve šrotech pšenice o 3 až 4 % nižší než ve finální mouce. To není dosud zcela vysvětleno. Existuje průkazný vztah mezi obsahem, vlastnostmi lepku a následným zpracováním. Z toho důvodu se šlechtí různé třídy pšenice, které jsou vhodné pro různé typy produktů. Mouky ze silných odrůd pšenice, se silnou mřížkou lepku, jsou uplatňovány pro výrobu chleba. Měkké pšenice se slabou sítí lepku jsou žádoucí pro výrobu sušenek a koláčů.

BUCSELLA a kol., 2016 sledovali rozdíly reologických vlastností a vlastností lepku v komerční pšeničné mouce a mouce žitné, obohacené o části aleuronové vrstvy a otrub, která je dobrým zdrojem vlákniny a bílkovin. Reologické vlastnosti obohacené frakce vedly k výrazným rozdílům. Došlo k podstatně delší době vývinu těsta, vyšší stabilitě a navzdory sníženého obsahu škrobu, vyšší schopnosti tvořit gel. Jakost konečného výrobku z obohacené frakce byl slabší, ale srovnatelný s jakostí komerčního bílého chleba. Srovnávací studie prokázaly, že podíl otrub ve směsi způsobil lineární nárůst absorpce vody. Toto chování bylo vysvětleno vyšším množstvím vlákniny, zejména látky arabinoxylanu, který je schopný bobtnat i přes klesající koncentraci lepku a škrobu. Obsah mokrého lepku byl také vyšší v obohacené frakci a to díky začlenění bílkovin a vlákniny do mřížky lepku. Bylo potvrzeno, že lze albumin navázat do mřížky lepku a tak přispět ke zvýšení obsahu lepku.

Hodnocení čísla poklesu

Tab. 8 Číslo poklesu ve vzorcích šrotu od 7 dodavatelů

Vzorek		Číslo poklesu [s]				
Komora	Dodavatel	Průměr	Min.	Max.	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
K5	1	347	346	348	1,0000	0,0028
K7A	2	313	313	314	1,0000	0,0031
K7B	3	379	378	379	1,0000	0,0026
K8A	4	268	267	380	10000	0,0037
K8B	5	221	220	222	0,5291	0,0023
K9	6	385	384	384	1,5275	0,0039
K10	7	308	307	310	1,5275	0,0049



Obr. 9 Srovnání hodnot čísla poklesu 7 vzorků pšenice

Číslo poklesu je znak variabilní. Jeho hodnota je ovlivněná podmínkami při dozrávání a sklizni. Zrno a následně mouka s číslem poklesu nižším než 200 s, nebo vyšším než 400 s je nevhodná pro zpracování v pekárnách. Zrno s číslem poklesu vyšším než 400 s má nízkou aktivitu amylolytických enzymů a před zpracováním je nutné ji zvýšit

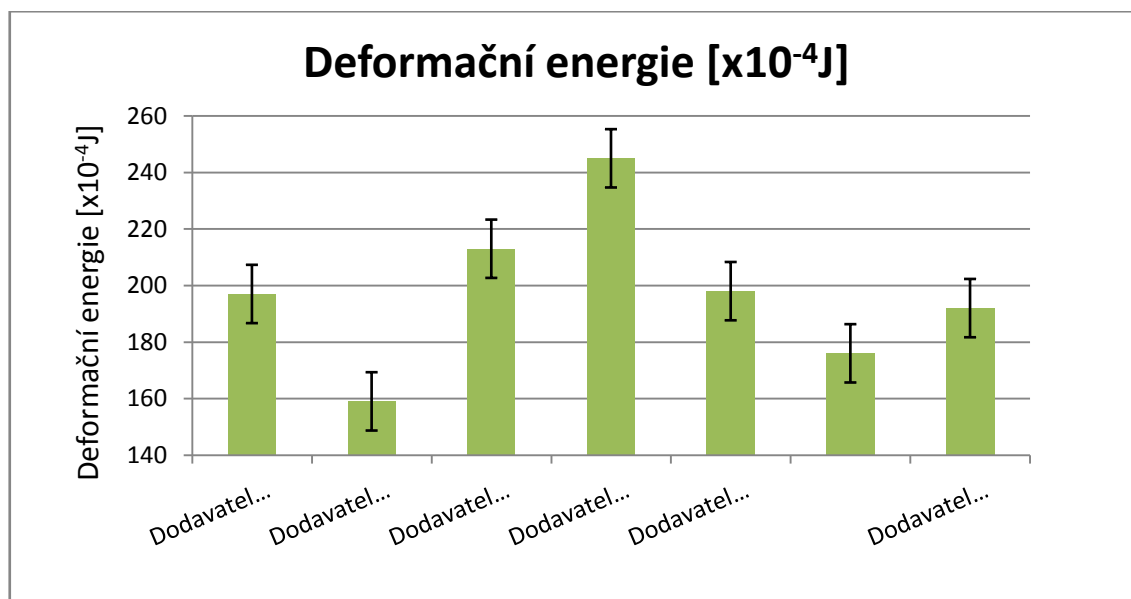
(RAŠKOVÁ, 2011). Vysoké hodnoty čísla poklesu byly výsledkem suchého a teplého počasí roku 2014. Optimálních hodnot čísla poklesu tj. od 220 s do 250 s dosáhl pouze vzorek dodavatele 5 (Tab. 8).

5.1.3 Hodnocení připravených mouk ze vzorků zrn

Hodnocení alveografických vlastností

Tab. 9 Deformační energie stanovená v 7 vzorcích mouk

Vzorek		Deformační energie [$\times 10^{-4}$ J]				
Komora	Dodavatel	Průměr	Min.	Max.	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
K5	1	197	196	198	1	0,0050
K7A	2	159	158	160	1	0,0062
K7B	3	213	212	214	1	0,0046
K8A	4	245	244	246	1	0,0040
K8B	5	198	197	199	1	0,0050
K9	6	176	175	177	1	0,0056
K10	7	192	191	193	1	0,0052

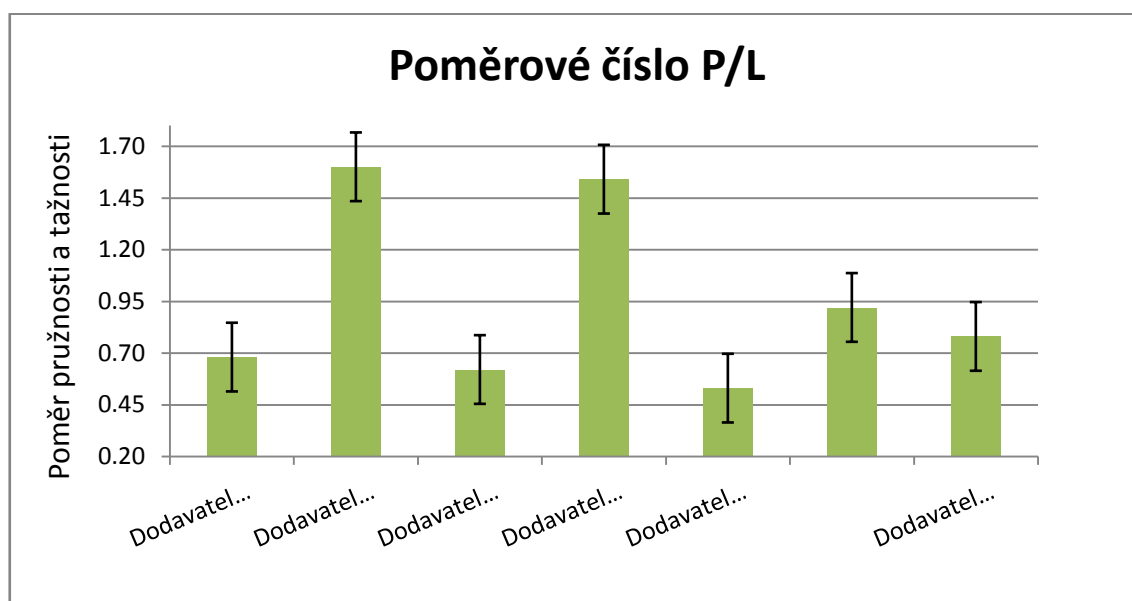


Obr. 10 Srovnání hodnot deformační energie 7 vzorků mouk

Z naměřených hodnot Tab. 9 možno usuzovat, že rozmezí od 158 do 246 x 10⁻⁴J zcela nekoreluje s nastaveným rozmezím deformační energie finální požadované mouky. Obr. 11 demonstruje, že deformační energie vzorku, dodavatele 2 z komory 7A, je nízko pod spodní hranicí 170. Opačný případ je vzorek dodavatele 4, komora 8A, jehož deformační energie extrémně přesahuje horní nastavenou hranici 210.

Tab. 10 Poměrové číslo P/L ve vzorcích mouk 7 dodavatelů

Vzorek		Poměrové číslo P/L				
Komora	Dodavatel	Průměr	Min.	Max.	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
K5	1	0,68	0,65	0,70	0,0264	0,0389
K7A	2	1,60	1,50	7,70	0,1000	0,0625
K7B	3	0,62	0,61	0,63	0,0100	0,0161
K8A	4	1,54	1,14	1,75	0,3465	0,2250
K8B	5	0,53	0,53	0,54	0,0100	0,0188
K9	6	0,92	0,91	0,93	0,0100	0,0108
K10	7	0,78	0,77	0,79	0,0100	0,0128



Obr. 11 Srovnání hodnot poměrových čísel 7 vzorků mouk

Poměrová čísla P/L vzorků dodavatele 2 a 4 (Tab. 10) jsou zvýšena nad horní hranici 0,9.

GARCÍA – ÁLVAREZ a kol., 2011 poukazují na fakt, že v mnoha pekárnách se kontrola chlebového těsta provádí senzorickými testy. Zároveň zdůrazňuje za cíl, zjištění jeho pevnosti a pružnosti. Základní reologie může poskytnout informace o struktuře, základních fyzikálních vlastnostech, zatímco empirické reologie mohou poskytnout praktické informace pro proces míchání a pečení. Použitím ultrazvukových technik, je možno poskytnout relevantní informace k mouce a chlebovému těstu. Akustické vlastnosti materiálů se vztahují k jejich pružnosti, konzistenci a dalším fyzikálním vlastnostem. Kromě toho, jsou ultrazvukové systémy rychlé, relativně levné a hygienické. Z těchto důvodů může být ultrazvuk považován za doplňkovou analýzu.

ARAZURI a kol., 2012 se snažili získat reologické charakteristiky pomocí technologie NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy), s cílem nabídnout nástroj zemědělcům, který by vyhodnotil kvalitu výrobků přímo během sklizně v reálném čase. Byly popsány modely pro pružnost (P), tažnost (L), deformační energii (W) a poměr P/L. Ukázali potenciál neuronových sítí s dobrými výsledky. Byl použit typ Foss InfraXact™ Lab/Pro. Přístroj obsahoval monochromátor a skenovací analyzátor s detektory, shromažďující spektra v oblasti NIR. Rychlé predikce přesnosti těchto parametrů by umožnily instalovat NIRS čidla přímo na sklízecí mlátičky. Bylo těžké předpovídat kvalitu těsta při míchání a pečení, z hlediska samotného mlýnského zpracování, při kterém se mění chemické složení a vlastnosti.

5.2 Sestavení zámelu

Na základě výpočtů sumy a aritmetického průměru podle Tab. 11, bylo potvrzeno, že hodnoty dvou dodavatelů, 2 a 4, nevyhovují stanovenému rozmezí pro P/L a W. Pokud by zůstaly procentuální podíly 7 partií takto sestaveného zámelu, došlo by k složité situaci. Obě 2 komory by nadstandardně zvyšovaly hodnotou P/L v jakémkoli přídatku a znehodnotily P/L finální mouky. Výsledná P/L by se pohybovala při horní hranici a výš. Proto bylo nutné je ze zámelu vyloučit a zajistit hodnotu P/L v optimálním středu.

Tab. 11 Sestavení zámele, procentuálních podílů 7 dodavatelů, na základě P/L a W

Vzorek		Poměrové číslo P/L	Deformační energie W	Procentuální podíl zámele
Komora	Dodavatel			
K5	1	0,68	197	15
K7A	2	1,60	159	15
K7B	3	0,62	213	10
K8A	4	1,54	245	15
K8B	5	0,53	198	15
K9	6	0,92	176	15
K10	7	0,78	192	15
Σ		Σ 6,67	Σ 1380	Σ 100
<i>x (průměr)</i>		0,95	197,14	14,29

Vypočtené koncové aritmetické průměry P/L a W na Tab. 12, již souhlasí s výslednými hodnotami mouk a vyhovují stanoveným rozmezím. Směs na zámele byla tedy sestavena z 5 partií pšeníc, různých dodavatelů. Každá partie se podílela na zámelu 20 %, a tím byla zajištěna plynulá, vyvážená, kontinuální výroba. Všechny partie měly stejnou vstupní hmotnost, čímž byly rovnoměrně přiváděny do mezizásobníku, kde se zámele míchal.

Tab. 12 Sestavení zámele, procentuálních podílů 5 dodavatelů, na základě P/L a W

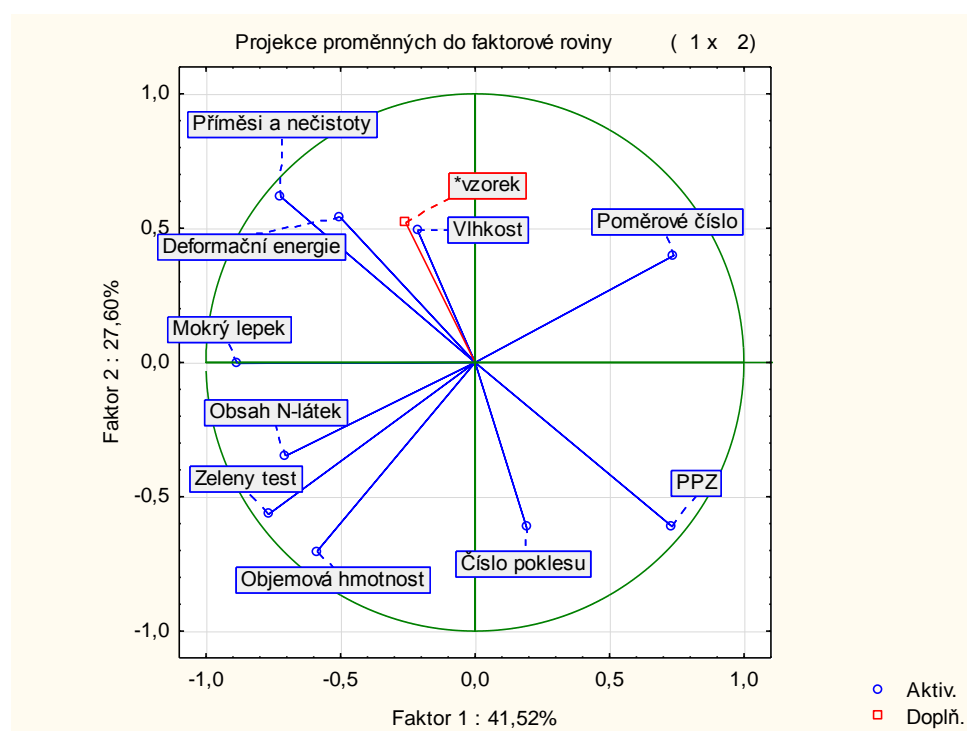
Vzorek		Poměrové číslo P/L	Deformační energie W	Procentuální podíl zámele
Komora	Dodavatel			
K5	1	0,68	197	20
K7B	3	0,62	213	20
K8B	5	0,53	198	20
K9	6	0,92	176	20
K10	7	0,79	192	20
Σ		Σ 3,54	Σ 976	Σ 100
<i>x (průměr)</i>		0,71	195,2	20

Tab. 13 Tři vzorky finální mouky a jejich vlhkost, popel, lepek, deformační energie, poměrové číslo a granulace

Vzorek	Vlhkost	Popel	Lepek	W	P/L	Granulace	
						257 μ	162 μ
č. 1	14,0	0,56	31,6	204	0,76	100	99
č. 2	14,0	0,57	32,8	199	0,74	100	99
č. 3	14,0	0,56	32,6	202	0,76	100	99
<i>x(průměr)</i>	14,0	0,56	32,3	202	0,75		

Tab. 13 uvádí naměřené hodnoty zanalyzovaných tří vzorků finální mouky vyrobené ve mlýně. Je statisticky průkazné, že finální produkt odpovídá zadaným kritériím. Splňuje 14 % vlhkost, která je normovaná pro expedici. Popel, lepek, granulace i alveografické ukazatele deklarují charakteristiky, požadovaného typu hladké mouky.

5.3 Projekce sledovaných parametrů do faktorové roviny



Obr. 12 Projekce proměnných do faktorové roviny u pšeníc

Obr. 12 byl zpracován v programu Statistica 8 a monitoruje výstup všech naměřených dat sledovaných parametrů zrna i mouk pšenice. Míra závislosti jednotlivých proměnných se hodnotila podle velikosti úhlu, který vzájemně svírají. Čím menší je úhel mezi dvěma přímkami, tím je závislost větší. Zároveň \cos úhlu značí přibližnou hodnotu korelačního koeficientu.

V případě, že přímky běží vodorovně ve stejném směru, znamená to, že jsou proměnné na sobě kladně závislé. Pokud na sebe přímky navazují v opačném směru, proměnné na sebe působí negativní korelací. Přímky na sebe běžící v pravém úhlu vypovídají, že proměnné na sobě nejsou nijak závislé. Délka přímky uvádí variabilitu naměřených dat.

Lze tvrdit, že největší pozitivní korelační závislost je mezi vzorkem a parametrem vlhkosti. Podobně velkou závislost vykazuje deformační energie a obsah příměsí a nečistot. Objemová hmotnost, Zelený test a dusíkaté látky mezi sebou taktéž vzájemně korelují.

Velice negativně na sebe působí poměrové číslo P/L a obsah dusíkatých látek. Statisticky průkazná negativní korelace je mezi obsahem příměsí a nečistot a podílu plných zrn.

Vzájemná nesouvislost byla stanovena mezi ukazateli vzorek – dusíkaté látky; objemová hmotnost – příměsí a nečistoty; objemová hmotnost – podíl plných zrn.

6 ZÁVĚR

Význam kvalitativní přejímky a organizované kontroly jakosti zrna, je základem pro dosažení co největší standardizace vlastností mlýnských výrobků podle požadavků odběratelů. Kombinace využitých metod a odpovídajících přístrojů je základ, který se promítne do dalšího vedení technologie ve mlýně. Na obiloviny je kladena řada různorodých a někdy i protikladných požadavků. Z hlediska zpracování obilovin ve mlýnech jsou důležité především vlastnosti technologické, které zajišťují vysokou výtěžnost mouk při nízké spotřebě energie. Nákupem obilí od prvovýrobce, se ze zemědělského produktu stává průmyslová surovina. Obilí se musí ošetřovat a skladovat tak, aby se jeho jakost zachovala, případně zlepšila. Pro pekárny je důležité, aby z mouky bylo možné vyrábět kvalitní pekařské výrobky požadované standardní jakosti.

Experimentální část práce byla provedena v laboratoři provozu mlýna Herber v Opavě – Vávrovicích. Byly odebrány vzorky pšenic ze 7 komor, od 7 různých dodavatelů. Byly sledovány obchodní ukazatele, znaky mlynářské i pekařské jakosti. Vzorky byly podrobeny stanovení obsahu vlhkosti, objemové hmotnosti, příměsí a nečistot, podílu plných zrn, Zeleného testu, obsahu dusíkatých látek. Ze šrotů pšenic byly zjištěny hodnoty čísla poklesu a podílu mokrého lepku. Z naměřených hodnot byl vypočten aritmetický průměr, minimum, maximum, směrodatná odchylka a variační koeficient u každého sledovaného znaku. Těmito ukazateli se zhodnotil vliv jednotlivých ukazatelů mezi sebou.

Připravené průběžné mouky, získané ze vzorků pšenic dle požadavků normy, byly analyzovány na přístroji Alveograf a vyhodnoceny alveografickými parametry W a P/L.

Výsledky bylo zjištěno, že rozmezí deformační energie $158 - 246 \times 10^{-4} \text{J}$, stanovené u vzorků mouk, nesouhlasilo s nastaveným rozmezím deformační energie finální požadované mouky. Poměrová čísla P/L vzorků dvou dodavatelů byla zvýšená nad horní hranici 0,9. Na základě výpočtů sumy a aritmetického průměru bylo potvrzeno, že hodnoty dvou dodavatelů nevyhovují stanovenému rozmezí pro P/L a W. Sestavení směsi na zámel ze 7 partií pšenic neodpovídalo parametrům, které byly stanoveny pro výrobu mouky na míru, a to hodnota deformační energie W byla nastavena do rozmezí hodnot $170 - 210 \times 10^{-4} \text{J}$ a poměrové číslo P/L 0,5 – 0,9. Horní

hranice obsahu mokrého lepku byla 33 %. Mouky dvou dodavatelů pšenic byly z dalšího zpracování vyloučeny. Směs na zámel byla sestavena z 5 partií pšenic, 5 dodavatelů. Každá partie se podílela na zámelu 20%. Tak byla zajištěna plynulá, kontinuální výroba.

Pro hodnocení závislosti jednotlivých ukazatelů mezi sebou bylo využito projekce do faktorové roviny. Pozitivní korelační závislost byla potvrzena mezi vzorkem a parametrem vlhkosti i znaky deformační energie – obsah příměsí a nečistot; objemová hmotnost – Zelený test – dusíkaté látky. Negativní vliv byl zjištěn mezi poměrovým číslem P/L a obsahem dusíkatých látek; obsahem příměsí a nečistot a podílem plných zrn.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AMICI M., BONFILI L., CECARINI V., CALZUOLA I., MARSILI V., ANGELETTI M., FIORETTI E., TACCONI R., GIANFRANCESCHI G. L., ELEUTERI A. M., 2008: *Wheat sprout extract induces changes on 20S proteasomes functionality*. *Biochimie* 90, Italy, 790 – 801 s.

ARAZURI S., ARANA I., ARIAS N., ARREGUE L. M., GONZALEZ – TORRALBA J., JAREN C., 2012: *Rheological parameters determination using Near Infrared technology in whole wheat grain*. *Journal of Food Engineering* 111, Spain, 115 – 121 s.

BERGHOFERA L. K., HOSKINGA A. D., MISKELLYB D., JANSSON E., 2003: *Microbiology of wheat and flour milling in Australia*. *International Journal of Food Microbiology* 85, Australie, 137 – 149 s.

BIAN Q., AMBROSE R. P. A., SUBRAMANYAM B., 2015: *Effect of chaff on bulk flow properties of beat*. *Journal of Stored Products Research* 64, USA, 21 – 26 s.

BUCSELLA B., MOLNAR D., HARASZTOS A. H., TOMOSKOZI S., 2016: *Comparison of the rheological and end-product properties of an industrial aleurone-rich wheat flour, whole grain wheat and rye flour*. *Journal of Cereal Science* 69, Hungary, 40 – 48 s.

BUREŠOVÁ I., 2013: *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Ústav technologie a mikrobiologie potravin, Zlín, 302 s.

BUREŠOVÁ I., PALÍK S., *Kvalita obilovin – Agris, Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o [online]. [cit. 2016-04-22]. Český. Dostupný na: www.agris.cz/clanek/139807*

ČSN 461011 – 5 – Stanovení objemové hmotnosti

ČSN 461011 – 6 Zkoušení obilovin – Stanovení příměsí a nečistot

ČSN 461011 – 7 Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin

ČSN 461011 – 9 – Stanovení mokrého lepku

ČSN ISO 2591 – 1 Zkušební prosévání

ČSN ISO 3093 – Obiloviny. Stanovení čísla poklesu

ČSN ISO 5530 – 4 (560114) – Pšeničná mouka. Fyzikální charakteristiky těst – Stanovení reologických vlastností na alveografu.

DOLEŽAL P., 2006: *Vliv pasážních mouk žita*. Diplomová práce (in MS), MZLU v Brně, Brno, 55 s.

Doporučení pro ošetřování a skladování zrna obilnin, Úroda, Kulovaná E., 2001 [online].[cit. 2016-04-22]. Český. Dostupný na: <http://uroda.cz/doporučení-pro-oseťování-a-skladování-zrna-obilnin/>

DUDÁŠ a kol., 1981: *Skladování a zpracování rostlinných výrobků*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 383 s.

DUDÁŠ F., PELIKÁN M., 1989: *Využití produktů rostlinné výroby*. Vysoká škola zemědělská v Brně, Brno, 247 s.

GARCÍA-ÁLVAREZ J., SALAZAR J., ROSELL C. M., 2011: *Ultrasonic study of wheat flour properties*. Ultrasonics 51, Spain, 223 – 228 s.

GERITS L. R., PAREYT B., DELCOUR J. A., 2015: *Wheat starch swelling, gelatinization and pasting: Effects of enzymatic modification of wheat endogenous lipids*. LWT - Food Science and Technology 6, Belgium, 361 – 366 s.

GRYSZKIN A., ZIE T., KAPELKO M., EBERSKA M., 2016: *Hydrothermal modification of wheat starch. Part 2. Thermal characteristics of pasting and rheological properties of pastes*. Journal of Cereal Science, Poland, 194 – 198 s.

HAMPL J. *Cereální chemie a biochemie I.: Skladování obilí a mlynářství*. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 1988, 241 s.

HAMPL J., 1970: *Cereální chemie a technologie*. SNTL, Praha, 395 s.

HESHE G. G., HAKI G. D., WOLDEGIORGIS A. Z., 2015: *Effect of refined milling on the nutritional value and antioxidant capacity of wheat types common in Ethiopia and a recovery attempt with bran supplementation in bread*. Journal of Food Processing and Technology, USA, 506 s.

HLÁSENSKÁ A., *Úpravy jaderných krmiv*. Seminární práce (in MS), Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Brno, 8 s.

KADLEC P., MELZOCH K., VOLDŘICH M. a kol., 2009: *Co byste měli vědět o výrobě potravin? Technologie potravin*, KEY Publishing s. r o., VŠCHT v Praze, ISBN 978-80-7418-051-4, 535 s.

KOŠINOVÁ K., 2009: *Stanovení obsahu lepku v moukách*. Bakalářská práce (in MS), Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, 53 s.

KOVAŘÍKOVÁ D., NETOLICKÁ V., 2011: *Vzdělávací materiál pro předmět Technologická příprava*. Modernizace výuky na Střední průmyslové škole potravinářské Pardubice reg. č. projektu: CZ.1.07/1.1.03/03.0037, Pardubice, 56 s.

KUČEROVÁ J., 2010: *Technologie cereálií*. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 140 s., ISBN 978-80-7157-811-6

LAMACCHIA C., LANDRISCINA L., D'AGNELLO P., 2016: *Changes in wheat kernel proteins induced by microwave treatment*. Food Chemistry 197, Italy, 634 – 640 s.

LICHNOVSKÁ V., 2012: *Vliv modifikace postupu pekařského pokusu na kvalitu kukuřičného pečiva*. Diplomová práce (in MS), Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, 63 s.

LIU Y., PERRY K. W., 2016: *Relationship between bran characteristics and bran starch of selected soft wheats grown in Michigan*. Food Chemistry 197, USA, 427 – 435 s.

MARTINEK V., FILIP P., 2012: *Mlynářská technologie svazek 2. Skladování a příprava surovin*. Mlynářské noviny, Svaz průmyslových mlýnů České republiky, ISBN 978-80-239-9475 – 9

McKIE A., McCLEARY B. V., 2015: *A rapid, automated method for measuring α -amylase in pre-harvest sprouted (sprout damaged) wheat*. Journal of Cereal Science, Ireland, 70 – 75 s.

McLEAN J., WRIGLEY C. W., 2015: *Contaminants of Grain*. Encyclopedia of Food Grains (Second Edition) Volume 4: The production and genetics of food grains, 83 – 98 s.

Metody stanovení pekařské kvality pšenice, Agronavigátor, Suková I., 2012 [online].[cit.2016-04-22]. Český. Dostupný na: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=167&ch=13&typ=1&val=123468>

Mlýn Herber Palhanec [online].[cit. 2016-04-11]. Český. Dostupný na: <http://www.mlynherber.cz/index.php>

MORRIS C. F., 2016: *Grain Quality Attributes for Cereals Other than Wheat*. Volume 3: Grain-based products and their processing, Encyclopedia of Food Grains (Second Edition), 257 – 261 s.

MORRISON L. A., 2016: *Cereals: Domestication of the Cereal Grains*, Volume 1: The world of food grains, Encyclopedia of Food Grains (Second Edition), 86 – 98 s.

Nová úroveň optického třídění, Úroda, Venclová B., 2014 [online].[cit. 2016-04-11]. Český. Dostupný na: <http://uroda.cz/nova-uroven-optickeho-trideni/>

PELIKÁN M., 2001: *Zpracování obilnin a olejnin*. MZLU, Brno, 148 s. ISBN 80–7157–525–9

PELIKÁN M., SÁKOVÁ L., 2001: *Jakost a zpracování rostlinných produktů*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, zemědělská fakulta, ISBN 80–7040–502–3

PLISKOVÁ V., PAVLIŠ M., 1988: *Technologie pro 4. ročník střední průmyslové školy studijního oboru průmyslová výroba krmiv a mlynářství*. SNTL, Praha, 290 s.

PLISKOVÁ V., PLÍSKA V., 1984: *Suroviny pro 1. a 2. Ročník SOU*. SNTL, Praha, 212 s.

POMERANZ Y., 1968: *Relation Between Chemical Composition and Bread-Making Potentialities of Wheat Flour*. Advances in Food Research Volume 16, 335 – 455 s.

POPOVSKÁ E., 2009: *Vliv vybraných ukazatelů na výtěžnost jedlých výrobků ve mlýně*. Diplomová práce (in MS), MZLU v Brně, Brno, 73 s.

PŘÍHODA J., HRUŠKOVÁ M., 2007: *Hodnocení kvality*. Mlynářské noviny, Praha, ISBN 978–80–239–9475–9, 187 s.

PŘÍHODA J., HRUŠKOVÁ M., 2007: *Mlynářská technologie svazek 1., Hodnocení kvality, aplikace doporučených přístrojů, metod a interpretace výsledků pro praxi*. Svaz průmyslových mlýnů České republiky, Praha, ISBN 978–80–239–9475–9, 187 s.

PŘÍHODA J., SKŘIVAN P., HRUŠKOVÁ M., 2003: *Cereální chemie a technologie I*. Vysoká škola chemicko – technologická v Praze, ISBN 80–7080–530–7, 202 s.

RAŠKOVÁ P., 2011: *Vliv lokality a odrůdy na mlynářskou a pekařskou jakost pšenice ozimé*. Diplomová práce (in MS), Mendelova univerzita v Brně, Brno, 71 s.

RAVIKANTH L., SINGH CH.B., JAYAS D.S., WHITE N.D.G., 2015: *Classification of contaminants from wheat using near-infrared hyperspectral imaging*. Biosystems engineering 135, Canada, 73 – 86 s.

SALDIVAR S. O., 2015: *Cereals: Types and Composition*. Reference Module in Food Science, Encyclopedia of Food and Health, 718 – 723 s.

SARKAR A. K., DEXTER J.E., 2016: *Wheat: Dry Milling*. Volume 3: Grain-based products and their processing, Encyclopedia of Food Grains (Second Edition), 307 – 319 s.

SEIDLEROVÁ S., 2003: Absolventská práce (in MS), Vyšší odborná škola potravinářské technologie ve Bzenci, Bzenec, 63 s.

TOMOSKOZI S., BÉKES F., 2015: *Bread: Dough Mixing and Testing Operations*. Reference Module in Food Science Encyclopedia of Food and Health, 490 – 499 s.

TOSH S. M., MILLER S. S., 2016: *Health Effects of β -Glucans Found in Cereals*. Reference Module in Food Science

UBEYITOGULLARI A., CIFTCI O. N., 2016: *Formation of nanoporous aerogels from wheat starch*. Carbohydrate Polymers, USA

YI B., KASAI H., LEE H., KANG Y., PARK J. Y., YANG M., 2011: *Inhibition by wheat sprout (Triticum aestivum) juice of bisphenol A-induced oxidative stress in young women*. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, USA, 64 – 68 s.

YOUSSEF H. M. K. E., 2015: *Assessment of gross chemical composition, mineral composition, vitamin composition and amino acids composition of wheat biscuits and wheat germ fortified biscuits*. Food and Nutrition Sciences, USA, 845 – 853 s.

ZHAO L., LIU B., ZHANG K., TIAN J., DENG Z., 2009: *Detection of QTLs with Additive Effects, Epistatic Effects, and QTL× Environment Interactions for Zeleny Sedimentation Value Using a Doubled Haploid Population in Cultivated Wheat*. Agricultural Sciences, China, 1039 – 1045 s.

ZHEN S., ZHOU J., DENG X., ZHU G., CAO H., WANG Z., YAN Y., 2016: *Metabolite profiling of the response to high-nitrogen fertilizer during grain development of bread wheat (Triticum aestivum L.)*. Journal of Cereal Science, China, 85 – 94 s.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam obrázků

Obr. 1 Podélný řez pšeničným zrnem se znázorněním jeho morfologických vrstev (PŘÍRODA, HRUŠKOVÁ, 2007).	15
Obr. 2 Srovnání obsahů vlhkosti 7 vzorků pšenice	49
Obr. 3 Srovnání objemových hmotností 7 vzorků pšenice.....	50
Obr. 4 Srovnání podílů příměsí ve vzorcích pšenice od 7 dodavatelů	51
Obr. 5 Srovnání podílů plných zrn v 7 vzorcích.....	53
Obr. 6 Srovnání Zelenyho testu 7 vzorků zrn.....	54
Obr. 7 Srovnání obsahů dusíkatých látek 7 vzorků	55
Obr. 8 Srovnání obsahů mokrého lepku 7 vzorků pšenice	56
Obr. 9 Srovnání hodnot čísla poklesu 7 vzorků pšenice.....	57
Obr. 10 Srovnání hodnot deformační energie 7 vzorků mouk	58
Obr. 11 Srovnání hodnot poměrových čísel 7 vzorků mouk	59
Obr. 12 Projekce proměnných do faktorové roviny u pšenice	62

Seznam tabulek

Tab. 1 Obsah vlhkosti vzorků pšenice 7 dodavatelů	48
Tab. 2 Objemová hmotnost vzorků pšenice	49
Tab. 3 Obsah příměsí a nečistot ve 100 gramech vzorků pšenice	50
Tab. 4 Podíl plných zrn ve vzorcích od 7 dodavatelů.....	52
Tab. 5 Zelený test vzorků pšenice	53
Tab. 6 Obsah dusíkatých látek v 7 vzorcích pšenice	54
Tab. 7 Obsah mokrého lepku ve vzorcích šrotu	55
Tab. 8 Číslo poklesu ve vzorcích šrotu od 7 dodavatelů	57
Tab. 9 Deformační energie stanovená v 7 vzorcích mouk	58
Tab. 10 Poměrové číslo P/L ve vzorcích mouk 7 dodavatelů	59
Tab. 11 Sestavení zámele, procentuálních podílů 7 dodavatelů, na základě P/L a W	61
Tab. 12 Sestavení zámele, procentuálních podílů 5 dodavatelů, na základě P/L a W	61
Tab. 13 Tři vzorky finální mouky a jejich vlhkost, popel, lepek, deformační energie, poměrové číslo a granulace.....	62