

Vliv zastoupení bílkovinných frakcí na technologickou kvalitu pšeničné mouky

Bc. Adéla Čožíková

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav biochemie a analýzy potravin

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Adéla ČOŽÍKOVÁ**
Osobní číslo: **T09557**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Vliv zastoupení bílkovinných frakcí na technologickou kvalitu pšeničné mouky**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakteristika vlastností pšenice *Triticum aestivum* L.
2. Mlynářská technologie
3. Vlastnosti pšeničné mouky
4. Význam bílkovin v pšeničné mouce

II. Praktická část

1. Materiál
2. Metody
3. Výsledky
4. Diskuse
5. Závěr

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] BIETZ, J. A. Recent advances in the isolation and characterization of cereal proteins, Cereal foods World 24, 1979.

[2] ESEN a kol. Isolation and characterization of a methionine-rich protein from maize endosperm, J. Cereal Sci., 1985.

[3] RINCON-LEON, F. Encyclopedia of food Science and Nutrition, Academic press 1999.

[4] GAJDOŠOVÁ, A., ŠTURDÍK, E., Biologické, chemické a nutrično-zdravotné charakteristiky pekárských cereálií, Bratislava 2004.

[5] CHURÁČEK, J. a kol. Úvod do vysokoúčinné kapalinové chromatografie, SNTL, Praha 1984.

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Iva Burešová, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

25. února 2011

Termín odevzdání diplomové práce:

20. května 2011

Ve Zlíně dne 21. března 2011

doc. Ing. Petr Hláváček, CSc.

děkan



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.

ředitel ústavu

Příjmení a jméno: ČOŽÍKOVÁ ADELA

Obor: THEVP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 24. 2. 2011

Čožíková Adela

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací;

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Opírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídáne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na ověření vztahu mezi obsahem bílkovinných frakcí a technologickými ukazateli kvality pšeničné mouky a zrna. Práce se v teoretické části zaměřuje na charakteristiku pšenice v níž je obsažena krátce popsána historie pěstování, produkce, botanická charakteristika, popis rostliny a její chemické složení, dále pak popisuje význam pšeničných bílkovin, technologii mlynářství a v neposlední řadě technologickou kvalitou pšenice. Praktická část je zaměřena na popis vzorků, stanovení jednotlivých bílkovinných frakcí metodou SE-HPLC a vyhodnocení získaných výsledků pomocí korelačních závislostí mezi technologickou kvalitou pšenice a zastoupením bílkovinných frakcí.

Klíčová slova: pšenice, mouka, lepek, bílkoviny, technologické ukazatele kvality mouky a zrna, mlynářská technologie, stanovení bílkovinných frakcí, chromatografie, SE-HPLC, statistická analýza, korelace

ABSTRACT

This theses is specialized in verification the effect of the content of protein fractions of the technological quality of wheat flour and grain. The teoretical part describes the characteristic of wheat, importance of wheat protein, milling technology and technological quality of wheat flour. The practical part deals with the sample description, determination of protein fractions by SE-HPLC and evaluation results of correlations between technological quality of wheat flour and the content of protein fractions.

Keywords: wheat, flour, gluten, protein, technological indicators of quality of flour and grain, mill technology, determination of protein fractions, SE-HPLC, statistical analysis, correlation

Děkuji vedoucí mé diplomové práce Mgr. Ivě Burešové, Ph.D. za velkou pomoc, odborné vedení, trpělivost, poskytnuté konzultace a především za cenné rady k vyhodnocení výsledků této diplomové práce.

Dále pak mé poděkování patří paní Ing. Sedláčkové z firmy Agrotest fyto a.s.. Kroměříž za poskytnutou pomoc a realizaci měření a firmě Penam a.s. za poskytnutý materiál.

Velké poděkování patří mým rodičům a sestře za podporu a umožnění studia a v neposlední řadě mému manželi za pomoc při zpracování diplomové práce a za velkou trpělivost.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 CHARAKTERISTIKA PŠENICE	12
1.1 HISTORIE PĚSTOVÁNÍ PŠENICE.....	12
1.2 PRODUKCE PŠENICE.....	12
1.3 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA PŠENICE.....	14
1.3.1 Pšenice setá (<i>Triticum aestivum</i>)	15
1.3.2 Pšenice tvrdá (<i>Triticum durum</i>).....	16
1.3.3 Pšenice špalda (<i>Triticum spelta</i>)	16
1.4 ZRNO	17
1.5 CHEMICKÉ SLOŽENÍ PŠENICE SETÉ	19
1.5.1 Sacharidy	20
1.5.2 Lipidy	23
1.5.3 Vitaminy	24
1.5.4 Minerální látky	24
1.5.5 Dusíkaté látky	24
1.5.6 Bílkoviny	24
1.5.6.1 Aminokyseliny	25
1.5.6.2 Oligopeptidy	27
1.5.6.3 Bílkoviny	27
1.5.7 Struktura bílkovin	28
1.5.8 Denaturace.....	29
1.5.9 Klasifikace bílkovin.....	29
1.5.10 Enzymy.....	31
1.5.11 Další látky obsažené v obilovinách	31
2 VÝZNAM PŠENIČNÝCH BÍLKOVIN	32
2.1.1 Pšeničné bílkoviny.....	32
2.1.1.1 Gliadin.....	32
2.1.1.2 Glutenin.....	33
2.1.1.3 Albuminy a globuliny	35
2.1.2 Lepek	35
3 MLÝNSKÉ ZPRACOVÁNÍ PŠENICE SETÉ	38
3.1 PŘEJÍMKA, PŘEDČIŠTĚNÍ A SKLADOVÁNÍ ZRNA PŠENICE	38
3.2 SESTAVENÍ SMĚSI NA ZÁMEL.....	39
3.3 ČIŠTĚNÍ A TRÍDĚNÍ OBI LNÉ SMĚSI	39
3.3.1 Odkaménkovač	40
3.3.2 Aspiratér.....	40
3.3.3 Triéry.....	41
3.3.4 Hydrotermická úprava.....	42
3.3.5 Povrchové opracování zrna	43

3.4	MLETÍ PŠENICE.....	44
3.4.1	Fáze mlecího procesu.....	44
3.4.2	Stroje používané v procesu mletí.....	45
3.5	MÍCHÁNÍ A DOZRÁVÁNÍ MOUKY	48
4	CHARAKTERISTIKY PŠENIČNÉ MOUKY.....	51
4.1	TECHNOLOGICKÁ JAKOST PŠENICE	51
4.1.1	Mlynářská jakost pšenice.....	51
4.1.2	Pekárenská jakost pšenice	52
II	PRAKTICKÁ ČÁST II.....	56
	CÍL PRÁCE.....	57
5	MATERIÁL A METODIKA.....	58
5.1	MATERIÁL	58
5.2	METODIKA PRÁCE	58
5.2.1	Molekulově vylučovací vysokoúčinná kapalinová chromatografie (SE-HPLC).....	58
5.2.2	Laboratorní postupy.....	59
5.2.3	Metoda korelačních koeficientů.....	62
6	VÝSLEDKY A DISKUSE.....	63
	ZÁVĚR	76
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	79
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	87
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	88
	SEZNAM TABULEK	89
	SEZNAM PŘÍLOH	90

ÚVOD

Obiloviny patří k nejstarším zdrojům potravy, kterou lidé získávají svou činností z přírody. Vhodně zpracované obiloviny jsou v celosvětovém měřítku nejvýznamnějším donátorem energie. [1] Pro lidskou výživu je výhradně využíváno zrno, které je zpracováno na mouku a krupice. Mouka je rozmělněná vnitřní část obilného zrna tzv. endospermu s menším podílem otrubnatých částic, který je tvořen převážně sacharidy a bílkovinami. [6] Obsah a kvalita bílkovin určuje vhodnost zrna k různému způsobu využití.

V českém zemědělství je dominantní plodinou pšenice, která je v potravinářství převážně využívána na výrobu kynutého pečiva, proto musí splňovat požadavky na technologickou kvalitu potravinářské pšenice dané Českou státní normou 46 1100-2. [77]

Technologická kvalita pšenice je určena znaky souvisejícími s množstvím hlavních složek tj. bílkovin a škrobu, a jejich chováním v definované suspenzi nebo standardně připraveném těstě. Mezi základní technologické ukazatele patří: stanovení obsahu dusíkatých látek, obsahu lepku, gluten indexu, sedimentační hodnoty, vlastností škrob-amylázového komplexu, čísla poklesu, reologických vlastností těsta a pekařského pokusu. [56]

Cílem diplomové práce bylo zjistit, jak významný vliv má zastoupení bílkovinných frakcí (albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny) na technologickou kvalitu pšeničné mouky. Pomocí širokého spektra vzorků pšeničné mouky, které byly analyzovány pomocí SE-HPLC (molekulově vylučovací vysokoúčinné kapalinové chromatografie) dle metody Dachkevitch Autran (1989) bylo zjištěno zastoupení jednotlivých bílkovinných frakcí ve vzorcích. Získané hodnoty absolutní plocha (Area), výška (Height), tvar (Area/Height), relativní plocha (Area %) píku a hodnoty technologické kvality mouky byly vyhodnoceny metodou korelačních koeficientů v programu Statistica 9 (StatSoft ČR, s.r.o.).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA PŠENICE

Obiloviny tvoří ekonomicky, agronomicky a spotřebitelsky nejdůležitější skupinu plodin ve struktuře rostlinné výroby. Pěstují se v první řadě pro konzumní, dále pak pro krmné účely, průmyslné zpracování a jako osivo. Jejich hlavními výhodami jsou dlouhá údržnost a výhodné chemické složení pro výživu člověka. [1] Na zabezpečení bílkovin jsou na druhém místě za masem, na výživě se podílí až 30 %. Jejich velkou výhodou je, že obsahují téměř zanedbatelné množství tuku oproti živočišným zdrojům bílkovin. [2] Nejvíce využívanými obilovinami pro lidskou výživu v ČR jsou pšenice a žito, vyrábí se z nich hlavně chleba a běžné pečivo, které je denně konzumováno, z hlediska výživy a obsahu bílkovin v nezanedbatelném množství.

1.1 Historie pěstování pšenice

Pšenici lze považovat za nejstarší obilninu, která se rozšířila z oblasti přední a malé Asie na většinu severní i jižní polokoule. [3] Začátky pěstování pšenice souvisí se vznikem zemědělství v 10.– 8. tisíciletí př. n. l. Archeologické nálezy z tohoto období dokládají důkazy o pěstování pšenice jednozrné (*Triticum monococcum*) a pšenice dvouzrné (*Triticum disocum Shrank*). V šestém století před naším letopočtem se začala pěstovat pšenice setá (*Triticum aestivum* L.) a pšenice špalda (*Triticum spelta* L.). Jiné druhy ve starších obdobích nebyly zjištěny. [4]

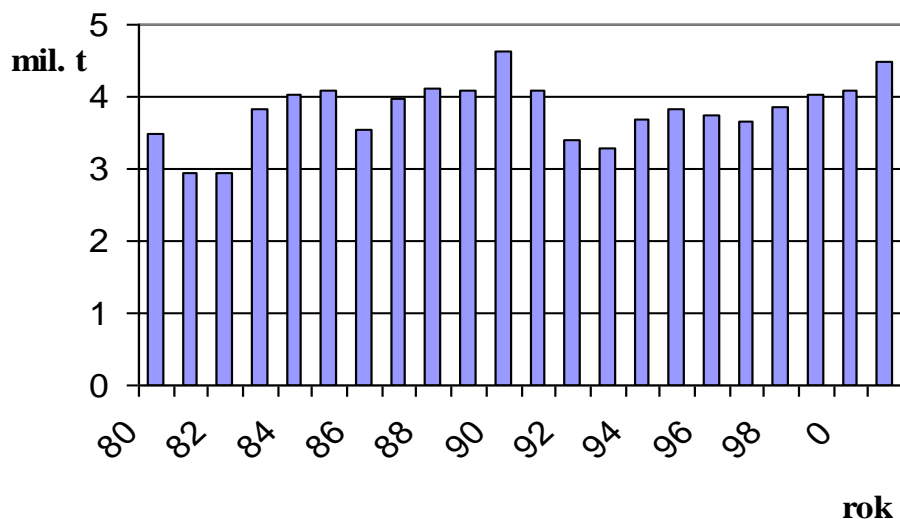
1.2 Produkce pšenice

Pšenice je dominantní obilovinou v řadě zemí světa včetně ČR. Podíl pšenice na produkci všech obilovin má dlouhodobě vzrůstající tendenci. Vzhledem ke značnému počtu druhů odrůd a jejich adaptabilitě se může pšenice pěstovat téměř po celém světě.

Největšími světovými producenty pšenice jsou Spojené státy, Čína a Rusko, extenzivně se pěstuje rovněž v Indii, Pákistánu, EU, Kanadě, Argentíně a Austrálii. [9] **Hlavními exportéry** jsou USA, Kanada, Francie, Austrálie naopak mezi **importními státy** patří zejména Brazílie, Itálie, Japonsko, Alžírsko a Egypt. [6]

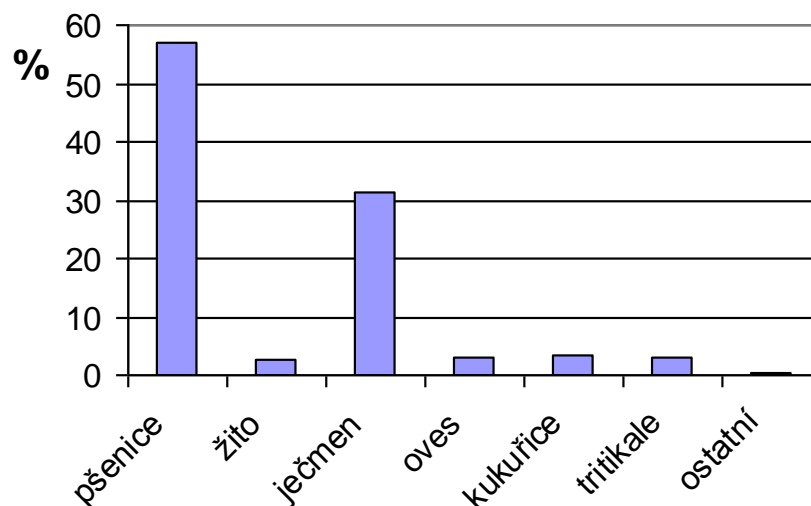
Pšenice představuje více než 30 % světové produkce cereálií. [9] I v ČR se pšenice stala dominantní obilovinou. Její produkce od druhé světové války postupně stoupala a při-

bližně od 70. let se stala soběstačnou. Vývoj od roku 1980 znázorňuje graf 1. Největší výkyvy ve sklizních nastaly po privatizaci zemědělství po roce 1990. [6]



Graf 1 Vývoj produkce pšenice v ČR od roku 1980 [6]

V roce 2001 se pšenice (jarní i ozimá) podílela na celkové produkci obilovin v ČR 57 % (graf 2) [12]. V roce 2008 vznikl velký přebytek vypěstované pšenice, což zapříčinilo prudký pokles cen na trhu. [11]



Graf 2 Podíl pšenice na celkové produkci obilovin v roce 2001 .[9]

V roce 2009 produkce výrazně poklesla, sklídilo se 4358,1 tis. tun na poklesu se především podílel jak meziroční pokles průměrného hektarového výnosu tak i pokles osevních ploch jarní pšenice, ale i tak zůstává pšenice dominantní plodinou která tvoří 55,6 % nabídky všech obilovin. [12]

1.3 Botanická charakteristika pšenice

Pšenice patří botanicky do čeledi rostlin lipnicovitých – *Poaceae* (trav *Gramineae*) rodu *Triticum*. Je to jednoletá samosprašná rostlina. [5] Rod *Triticum* zahrnuje několik druhů a velký počet forem a kultivarů. Hlavní jsou dva druhy: pšenice obyčejná (*Triticum aestivum*) a pšenice tvrdá (*Triticum durum* Desf.). Dále se dělí na tři podrody:

- Diploidní se 14 chromozomy
- Tetraploidní s 28 chromozomy
- Hexaploidní se 42 chromozomy [4]

a) Diploidní druhy

- **jednozrnka planá** (*Tr. boeoticum* Bois.) - klas úzký, plochý, rozpadavý, klásky dvoukvěté, spodní je plodný.
- **jednozrnka kulturní** (*Tr. monococcum* L.) - vznikla mutací z plané jednozrnky, klas úzký, rozpadavý, klásky dvoukvěté, obvykle dozrává jedna obilka, je úzká a sklovitá. Převážně jarní forma.

b) Tetraploidní druhy

- **dvouzrnka kulturní** (*Tr. dicoccum* Schr.) - klas hustý, rozpadavý, klásky dvoukvěté, osinaté, bezosinné, plevy prodloužené. Obilky úzké, pluchaté, většinou jarní forma.
- **tvrdá** (*Tr. durum* Desf.) - klas nelámavý, dlouze osinatý, plevy dlouhé jako pluchy, výrazně kýlnaté. Obilky sklovité, trojhranné, s vpadlým klíčkem, neochemyřené, ozimé i jarní formy, vyniká zvýšeným obsahem bílkovin.

c) hexaploidní druhy:

- **špalda** (*Tr. spelta* L.), kulturní druh, klas lámavý, dlouhý, velmi řídký, klásky spojeny s články klasového větene. V klásku 4 kvítky, jen dvě obilky dozrají, pevně uzavřeny v pluchách. Ozimá i jarní forma.

- **setá** *Tr. aestivum* L. - klas nelámový, osinatý, bezosinný, různě hustý. Plevy a pluchy vejčité, podlouhle vejčité, kýlnaté. Obilky nahé, buclaté, na průřezu oblé, s mírně vystouplým klíčkem, ochmýřené na protější straně. Ozimé i jarní formy, nejvíce pěstovaná. [10]
- **Každý podrod se dá rozdělit na** kulturní nahé pšenice (bezpluchaté) – např. *Triticum durum*, kulturní pluchaté pšenice – např. *Triticum aestivum*, *dicocum* a planě rostoucí druhy – např. *Triticum dicoccoides* [5]. Dále se dělí se dle vegetační doby na ozimé a jarní. [18].

1.3.1 Pšenice setá (*Triticum aestivum*)



Obrázek 1 Pšenice setá (*Triticum aestivum*) [4]

Na obrázku č. 1 je znázorněna pšenice setá, která je kulturní pluchatou hexaploidní pšenicí. [3] Má nelámový klas, bezosinatý i osinatý, různě hustý. Plevy a pluchy jsou vejčité nebo podlouhle vejčité se zřetelným kýlem, obilky nahé, buclaté na průřezu oblé, s mírně vystouplým klíčkem, na protější straně ochmýřené. Z botanického hlediska se člení druh *T. aestivum* na čtyři variety podle barvy a osinatosti klasů. [9]

V českém zemědělství je dominantní plodinou, zaujímá cca 30 % orné půdy. Pro potravinářské účely se využívá pouze 40 % vypěstované pšenice a z toho je 5 % využito pro jiné účely např. k výrobě biolihu. Nejčastěji je v potravinářství využívána na výrobu pečiva, chleba, krup a v cukrářství [14]

Pšenice setá má ozimou i jarní formu. V ČR v konvenčním zemědělství se více pěstuje forma ozimá (cca 94 % ploch), v ekologickém zemědělství zaujímají významné místo i jarní formy z důvodu, poškození divokými zvířaty, zaplevelení a deficitu dusíku atd. [3] Nejvyšší pšenice se rodí tam, kde se pěstuje kukuřice a nejhorší kvalitu má v bramborářských oblastech. Optimální teplotou pro pěstování je 25 až 30 °C (nejnižší 0 – 5 °C). [15]

1.3.2 Pšenice tvrdá (*Triticum durum*)

Je obecně považována především za surovinu pro výrobu těstovin, používá se ale také k výrobě dalších výrobků, jako je například bulgur, kuskus, pufované cereálie, snídaně cereálie, dezerty či různé druhy speciálních chlebů. Používání pšenice durum se stává v poslední době trendem pro výrobu chleba, což otevírá nové možnosti v pekárenském průmyslu.

Od dalších druhů pšenice se liší v řadě ukazatelů. Vykazuje vyšší objemovou hmotnost a hmotnost tisíce zrn, zrna jsou v porovnání s pšenicí setou větší, jsou jantarově zabarvená, mají mnohem tvrdší endosperm a vyšší obsah bílkovin min. 14 %.

Těstoviny vyrobené z mouky získané semletím tvrdé pšenice (semoliny) mají vynikající vařivé vlastnosti, nejsou lepivé a po uvaření si uchovávají původní tvar. Mouka z tvrdé pšenice má řadu předností např. chléb z této mouky má delší trvanlivost než tradiční výrobek, a mouka se může rovněž používat k výrobě speciálních výrobků pro osoby s glutenovou intolerancí. [16]

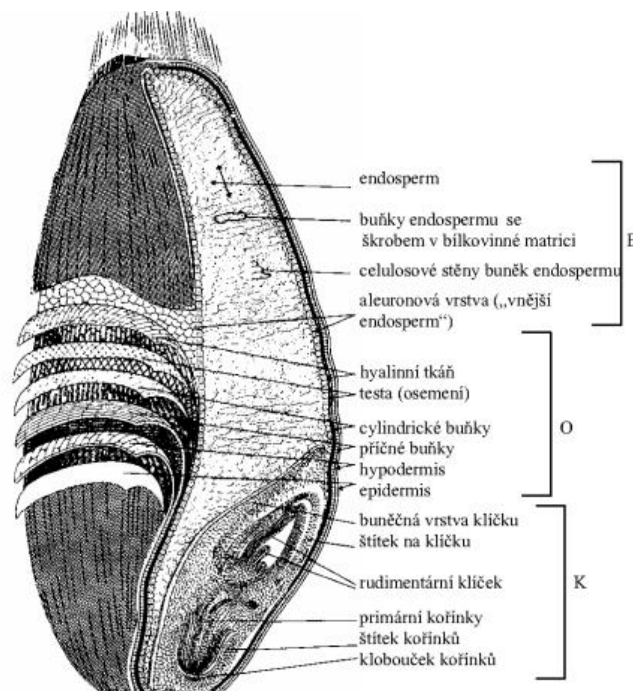
1.3.3 Pšenice špalda (*Triticum spelta*)

Pšenice špalda vznikla křížením mnohoštětu Tauschova s pšenicí dvouzrnkou. Je kulturní pluchatou pšenicí, má 42 chromozomů jako pšenice setá, která z pšenice špaldy vznikla mutací. V Československu od roku 1918 až do roku 2000 nebyla povolena žádná odrůda pšenice špaldy. Nyní jsou k dispozici dvě Franskernkorn a Rubiota.

Z mouky pšenice špaldy se připravují těstoviny, vločky a celá řada druhů pečiva, kávovinová náhražka, pivo, krupice na kaše. Z obilek pražených v mléčné zralosti se vyrábí tzv. zelený kaviár jako přísada do polévek či příloha jídel. [17]

1.4 Zrno

Rozeznáváme odrůdy bělozrné a červenožrné. [5] Skládá se z obalových vrstev, endospermu, aleuronové vrstvy a klíčku. Složení zrna u obilovin je převážně stejná, liší se především tvarem, velikostí a počtem vrstev [6]



Obrázek 2 Morfologické složení pšeničného zrna [6]

1. Obalové vrstvy

Tvoří 8 až 14 % hmotnosti zrna, skládají se z oplodí a osemení. Oplodí (pericarp) – nejsvrchnější vrstvy pokožky chrání zrna před mechanickým poškozením, působením vody a škodlivých látek. [6] Je tvořeno pokožkou (epidermis), podélnými buňkami (epicarp), příčnými (mesocarp) a hadicovými (endocarp). [7] Je tvořeno především nerozpustnou a špatně bobtnající celulosou. Osemení (perisperm) [6] – je tvořeno vrstvou barevnou, která nese barviva a určuje tak vnější vzhled zrna, a hyalinní (skelnou). [7] Některé další složky osemení nesou polysacharidické látky schopné do různé míry vázat vodu, čímž přispívají k udržení rovnováhy vlhkosti zrna. Všechny tyto vrstvy tvoří pevný obal, který při mletí zrna přichází do otrub (viz obrázek 3 – značeno O)

2. Aleuronová vrstva

Aleuronová vrstva je jednoduchá vrstva velkých buněk umístěná na rozhraní mezi obalovými vrstvami a endospermem. Tato vrstva je dle podmínek mletí buď vymleta s endospermem do mouky nebo jí část zůstává ulpělá na otrubách. Obsahuje vysoké procento bílkovin cca 30% a minerálních látek proto se při vymílání do mouky zvyšuje obsah popela [6]

3. Endosperm

Endosperm je technologicky nejdůležitější část zrna, tvoří 84 až 86 % hmotnosti zrna, při vymílání přechází do mouky. Je tvořen velkými hranolovitými buňkami a obsahuje především škrob a bílkoviny, jeho základní funkcí je výživa zárodku. Od obalových vrstev je oddělen aleuronovou vrstvou [7]

4. Klíček

Klíček tvoří nejmenší část obilky cca 3 %, je od endospermu oddělen štítkem (*scutellum*), což je první děloha, která přiléhá k endospermu. Na apikální straně je vzrostný vrchol (*plumula*) se základy listů, krytý blanitou pochvou (*koleoptile*). Na bazální straně je *hypokotyl* se zárodky kořínků. Klíček obsahuje mnoho živin, protože slouží jako zárodek nové rostliny, mimo jiné obsahuje i tuk, musí být tedy před mletím z obilky odstraňovány (broušením a tzv. špicováním), aby nedocházelo k oxidačním a enzymatickým změnám, které podstatně zhoršují senzorickou kvalitu výrobku. [7]

Tabulka 1 uvádí procentuální zastoupení jednotlivých částí zrna k celkové hmotnosti, srovnání zrna pšeničného s žitem a ječmenem.

Tabulka 1 Procentuální zastoupení částí zrna k celkové hmotnosti zrna [7]

Druh	Obaly				Klíček se štítkem
	Oplodí	Osemení	Aleuronová vrstva	Jádno	
Pšenice	3,5 – 4,4	1,1 - 2	6,3 – 8,9	77 – 85	1,4 – 3,8
Žito	6,1 – 7,4	4,8 – 7	10,9 – 12,2	70,8 – 77,7	3,4 – 3,7
Ječmen	3,4 - 4	2 – 2,5	12 - 13	63 – 68,5	2,3 - 3

1.5 Chemické složení pšenice seté

Chemické složení zrna značně kolísá v závislosti na oblasti, odrůdě, době setí, agro-technice, klimatických podmínkách a mnoha dalších činitelích. Základními složkami pšeničného zrna je voda a sušina, která obsahuje hlavně sacharidy, dusíkaté a minerální látky, enzymy, vitamíny, slizy a barviva. Zastoupení základních složek v různých druzích zrna je uvedeno v tabulce 2. [19]

Tabulka 2 Chemické složení pšenice v porovnání se složením žita a ječmene [18]

Druh (%)	Vlhkost (%)	Bílkoviny (%)	Sacharidy (%)	Vláknina (%)	Tuky (%)	Minerální Látky (%)
Pšenice	14	12,7	66,6	3,4	1,6	1,7
Žito	14	9,9	70,9	1,9	1,6	1,7
Ječmen	14	11,5	66	4,5	2	2,4

1.5.1 Sacharidy

Dle počtu vázaných jednotek v molekule se dělí sacharidy na monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. V oligo a polysacharidech jsou monosacharidové jednotky vázány navzájem glykosidovou vazbou. Jedná se o vazbu spojující anomerní uhlíkový atom s kyslíkovým atomem acetalu. [20] Sacharidy tvoří nejpodstatnější část pšeničného zrna [21] Patří sem především škrob celulóza, hemicelulózy, pentosany, slizy, oligosacharidy, monosacharidy a komplexy s bílkovinami glykolipidy, glykoproteiny. [14] Hlavní skupiny sacharidů v obilce jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3 Obsah hlavních skupin sacharidů v pšeničné obilce, mouce a otrubách v % [9]

	Volné cukry	Škrob	Amylóza % ze škrobu	Celulóza	Hemicelulózy	Pentosany	β -glukany
Zrno	2,1 – 2,6	53	17 - 27	-	-	1,4 – 2,4	0,34 – 1,4
Mouka	1,2 – 2,1	65 - 74	-	0,3	2,4	1,1 – 1,6	-
Otruby	7,6	14,1	-	35	43	21,6 – 26,5	-

- **Monosacharidy**

Monosacharidy jsou aldehydové nebo ketonové deriváty polyhydroxyalkoholů s nevětvený řetězcem. [20]

V pšeničném zrně se nejčastěji vyskytují pentosy a hexosy, které jsou základními stavebními jednotkami pentosanů a hexosanů, důležitých složek podpůrných pletiv, dále se zde vyskytuje převážně glukosa, fruktosa a galaktosa. [7]

- **Oligosacharidy**

Oligosacharidy jsou cukry, které obsahují 2 až 10 monosacharidů navzájem spojených glykosidovou vazbou. [20] V obilce se vyskytují v nepatrném množství, nejdůležitější je sacharosa, která je obsažena především v klíčku a maltosa, která vzniká jako předposlední produkt hydrolýzy škrobu (před glukosou). U narušeného škrobu se vyskytuje

ve větším podílu. K tomu dochází často při tzv. porůstání zrna, tj. jeho předčasném naklíčení za tepla a vlhka, dále se zde vyskytuje trisacharid rafinosa. [7]

- **Polysacharidy**

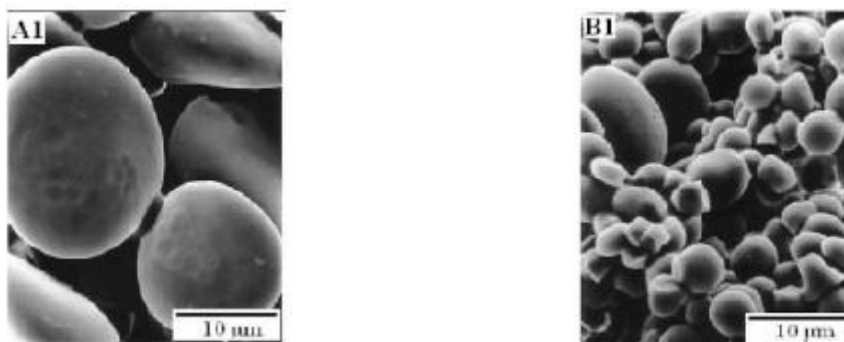
Jedná se o vysokomolekulární látky složené z více než 10 monosacharidových jednotek, zpravidla však z několika set až milionů stavebních jednotek. Jednotlivé molekuly jsou zájemně vázány α - nebo β -glykosidovými vazbami. [20] Polysacharidy jsou z technologického hlediska spolu s bílkovinami nejvýznamnější skupinou látek obsažených jak v obilce, tak i v pšeničné mouce. Mají funkci zásobní a stavební. Zásobní polysacharidy jsou pro organismy zdrojem energie. Jejich hlavním představitelem je škrob, celulóza, hemicelulóza, dextriny, pentosany, gummy a pektinové látky [7]

- **Škrob**

Škrob patří mezi fyziologicky a hospodářsky nejdůležitější polysacharidy. U pšenice se ukládá ve formě škrobových zrn, které jsou nerozpustné ve studené vodě. [22] V obilce je lokalizován ve vnitřních vrstvách endospermu, menší množství je uloženo v obalových vrstvách a v zárodku. [7]

Hlavními složkami škrobu jsou dva α -D-glukany – lineární amyloza s α -(1→4) glykosidovými vazbami a větvený amylopektin, obsahující α -(1→4) a α -(1→6) vazby. Amylopektin se větví vždy po 20 - 30 glukosových jednotkách, je uspořádán do struktury helix a stabilizován vodíkovými můstky. [23] Škrobová zrna obsahují i menší množství dalších složek jako jsou lipidy a proteiny. [22]

Cereální škroby, konkrétně pšenice mají ve srovnání s hlízovými škroby dva odlišné typy škrobových zrn: **větší zrna** označovaná též jako A-škrob, a **menší zrna** B-škrobu. Tato zrna se liší chemickým složením, ultrastrukturou amylopektinu, způsobem jeho uložení ve škrobovém znu a dalšími vlastnostmi.[22] Podle Leeba a Schumanna jsou zrna pšeničného A škrobu čočkovitého tvaru s příčnou vzdáleností 20 – 30 μm . Menší B-zrna jsou kulovitá a mají průměr 2 – 8 μm . [22]



Obrázek 3 Fotografie nativního pšeničného škrobu typu A a B [22]

Pšeničný škrob má větší podíl menších zrn než je tomu u tritikale nebo ječmene. Rozměr zrn pšeničného B škrobu závisí na tvrdosti pšeničného zrna, která je důležitým parametrem při prodeji a nákupu pšenice. [22] Tyto zrna mají vliv na zhoršenou kvalitu lepku v pšeničných těstech, snižují výtěžnost škrobu a obsahují větší množství dusíkatých látek než velká škrobová zrna. [25]

Z fyzikálních vlastností škrobu jsou nejvýznamnější schopnosti bobtnání, mazovatění a retrogradace. Škrobová zrna jsou ve vodě nerozpustná. Ve studené vodě mírně bobtnají, dochází k přijímání vody a postupně začínají měnit svou strukturu, bobtnání je intenzivnější se zvyšující se teplotou. Po dosažení teploty 60°C dochází k rozrušování mezimolekulárních vodíkových můstků, dojde k mnohonásobnému zvětšení objemu zrn, amylosa difunduje do roztoku, se zvyšující se teplotou pokračuje hydratace, zrna ztrácejí integritu (praskají) jejich obsah vyteče do vnějšího prostředí a vznikne silně viskózní gel tzv. škrobový maz. [26] Škrobový maz je trojrozměrná spojitá síť obsahující velké množství vody. Po ochlazení dochází k retrogradaci (rekrytalizaci) škrobu u amylosy probíhá v celém obsahu hned po ochlazení na pokojovou teplotu, u amylopektinu trvá déle, je primární příčinou stárnutí pečiva. Během doby stárnutí se molekuly amylopektinu vracejí do původního pevného stavu krystalických granulí a uvolňuje se voda. [27]

- **Celulosa**

Celulosa je lineární polymer obsahující až 15 000 D-glukosových zbytků spojených $\beta(1 \rightarrow 4)$ glykosidovými vazbami. [20] Celulóza je převážně obsažena v obalových vrstvách. V celozrnných moukách (resp. pekařských výrobcích) vykazuje celulóza příznivé účinky na fyziologii trávení a její konzumace zlepšuje nepříliš dobrou bilanci spotřeby vlákniny popu-

lace. Význam nestravitelných, tzv. balastních látek v poslední době neustále vzrůstá. Kromě pentozanů a β -glukanů obsažených v cereáliích se k těmto látkám řadí rovněž pektiny. [9]

- **Rostlinné slizy**

Jedná se většinou o různě zesíťované makromolekuly polysacharidů na bázi pentóz (xylózy a arabinózy, čistých pentozanů nebo glykoproteinů). Slizy se mohou vyskytovat ve formě nerozpustné, které jsou součástí buněčných stěn, buněčného obsahu a zúčastňují se metabolismu nebo ve formě nerozpustné řadící se k hemicelulózám. [7]

- **Hemicelulózy**

Jedná se o strukturní necelulosové polysacharidy buněčných stěn rostlin, které v přírodě doprovázejí celulosu. [20] Jsou uloženy převážně v podobalových vrstvách a tvoří nestravitelnou vlákninu potravy. Jejich hlavní složkou jsou pentosany heterogenního složení, s převahou arabinózy a xylózy. Rozpustná část hemicelulóz má značnou aktivitu vázání vody a je schopna tvořit vysoce viskózní roztoky. Pentosany hrají významnou roli při tvorbě žitného těsta. [9]

1.5.2 Lipidy

Celkový obsah lipidů v zrně je velmi malý mezi 1,5 až 3 %. Největší význam mají zejména polární lipidy, kterých je v pšenici cca 30 % z celkového počtu lipidů. [6] Tuky obilovin jsou nažloutlé olejovité kapaliny [7], které obsahují nasycené kyseliny v obsahu cca 18–25%, dále pak kyseliny linolovou 48–57 % a olejovou 16–18 %, linolenovou 5 % a fosfatidy (fosfatidylcholin = lecitin). [7, 31] Tuk je nejvíce obsažen v klíčku a aleuronové vrstvě [31]. Klíčky jsou před mletím odstraňovány a vyrobená mouka musí být vhodně skladována, jinak by mohlo dojít k hydrolyze fosfatidů za uvolnění kyseliny fosforečné a mastných kyselin a tím ke zvyšování kyselosti mouky, tento proces se nazývá mineralizace fosforu. Oxidační změny lipidů pak způsobují nežádoucí zhoršení sensorických vlastností – žluknutí. V pekárenství jsou velmi důležité lipidy, protože nenasycené mastné kyseliny ovlivňují přeměny sulfhydrylových a disulfidických skupin bílkovin a tím i reologické vlastnosti těsta. Část lipidů se váže na molekuly škrobu, bílkovin a kovových iontů a uplatňují se v biochemických procesech v průběhu kynutí a pečení. [14]

1.5.3 Vitaminy

V pšeničném zrně se vyskytují vitaminy důležité pro výživu člověka i hospodářských zvířat. [31] Endosperm obilovin je však na vitaminy chudý, obsahuje pouze 10 až 20 % původního množství, vyskytují se převážně v klíčku a aleuronové vrstvě a při zpracování většina vitaminů odchází do krmných zbytků. Obiloviny jsou zdrojem převážně vitaminů skupiny B [6]. Pšenice u nás pokrývá z výživového hlediska potřebu thiaminu z 30 %, riboflavinu z 15 % a niacinu z 25 %. [31]

1.5.4 Minerální látky

Minerální látky se souhrnně označují jako popel, což je anorganický zbytek získaný po spálení rostlinného materiálu. [9] Obsah minerálních látek se pohybuje v zrně pšenice mezi 1,4–3 %, nejčastěji v rozsahu 1,7–2 % v závislosti na odrůdě, půdě a podmínkách v průběhu vegetace. [31] Jeho koncentrace je nejvyšší v obalových vrstvách, klíčku a aleuronové vrstvě a nejnižší v endospermu. Obsah popela v mouce proto vzrůstá se stupněm vymletí. [9]

1.5.5 Dusíkaté látky

Bílkoviny jsou nejdůležitějšími dusíkatými látkami pšenice a spolu se škrobem tvoří nejvýznamnější část pšeničného zrna.

1.5.6 Bílkoviny

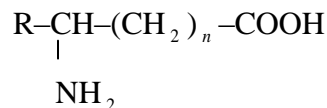
Bílkoviny jsou polymery aminokyselin, které vznikly procesem proteosyntézy. Pořadí a počet aminokyselinových zbytků v řetězci jsou pro každý protein specifické, determinované genovou výbavou buněk. [20]

Bílkoviny zastávají při všech životních pochodech důležitou úlohu, jsou zdrojem energie v průběhu skladování a klíčení zrna. Tvoří podstatnou část výrobku a určují jeho technologickou, nutriční, krmnou a biologickou hodnotu. [19]

Zralá zrna obilovin obsahují podle druhů a odrůd kolem 9–13 % bílkovin v sušině. Bílkoviny pšenice mají z cereálních největší technologický význam. Mají schopnost hydratace, čímž zvětšují svůj objem a tím i objem těsta a tvoří s ostatními složkami mouky pevný gel, který tvoří „kostru“ těsta a dodává mu pružnost a tažnost. [30] Pro pekárenský průmysl je pšeničná mouka nepostradatelná.

1.5.6.1 Aminokyseliny

Aminokyseliny jsou po chemické stránce substituované karboxylové kyseliny



Obrázek 4 Obecný vzorec aminokyseliny [20]

V potravinách se mohou AMK vyskytovat volné, nejčastěji však vázané v peptidy nebo proteiny. V přírodě bylo identifikováno kolem 700 aminokyselin.

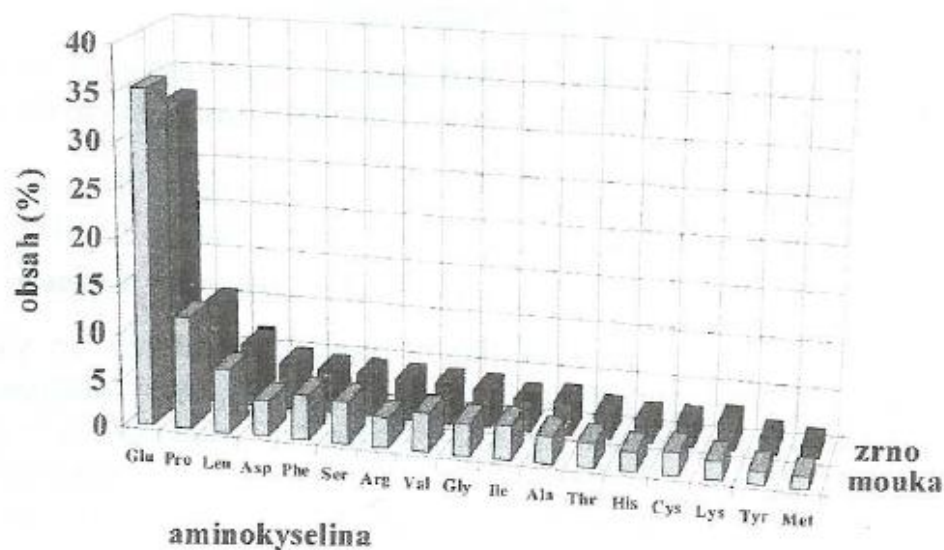
Z aminokyselin vyskytujících se v přírodě tvoří pouze 20 tzv. kódovaných molekuly bílkovin, pro každou takovou existuje příslušná tRNA, která ji odnáší na ribozóm, místo proteosyntézy. [20] Ze základních aminokyselin je:

- **8 esenciálních** (isoleucin, leucin, lysin, methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan, valin), které organismus nedovede vytvořit, a proto musí být dodávány potravou. [36] V zrna pšenice se nachází tyto esenciální aminokyseliny všechny, ale v malém množství. [32] Nedostatek některé z esenciálních aminokyselin v potravě omezuje využití všech ostatních. U obilovin se jedná především o lysin. Vzhledem k pestrosti stravy člověka však deficit určité aminokyseliny nehrozí. [37]

- **2 semiesenciální** aminokyseliny (histidin, arginin), které organismus neumí vytvořit v období růstu (dětství) nebo při selhávání ledvin.

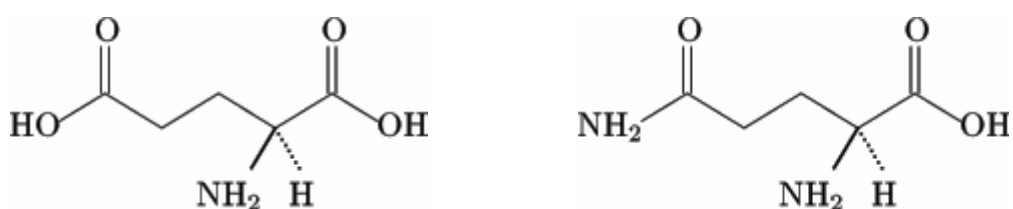
- **10 neesenciálních** aminokyselin (glycin, kyselina glutamová, glutamin, serin, alanin, cystein, prolin, tyrosin, kyselina asparagová, asparagin), které si organismus umí sám vytvářet z jiných bílkovin. [36]

Někdy se v řetězci bílkovin nevyskytují jen samotné aminokyseliny, ale i jejich aminy, které mají místo charakteristické skupiny $-\text{COOH}$ skupinu $-\text{CONH}_2$. V obilné bílkovině to jsou aminy odvozené od dikarboxylových kyselin glutamin a asparagin. V grafu 3 je znázorněno zastoupení jednotlivých aminokyselin v pšeničné bílkovině. [6]



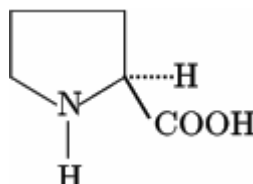
Graf 3 Zastoupení AMK v bílkovinách pšenice [6]

Kyselina glutamová, která je přítomna ve formě svého aminu – glutaminu, tvoří více než 1/3 bílkoviny pšeničného zrna, je zdrojem vodíkových vazeb, které se podílejí na tvorbě struktury těst, dále se na tvorbě síťových struktur podílí i prolin a leucin, kterého je v pšeničné bílkovině také značný podíl. [6] Aminokyseliny zastoupené v řetězci bílkovin mají význam pro reologické vlastnosti těst. Podíl glutaminu a glutamové kyseliny tvoří v lepkové bílkovině až 35 %.



Obrázek 5 Chemická struktura kyseliny glutamové (vlevo) a glutaminu (v pravo) [36]

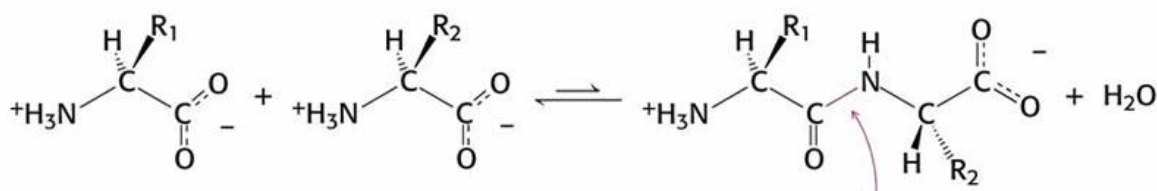
Prolin tvoří druhý největší podíl aminokyselin v pšeničné lepkové bílkovině (cca 10 %). Díky volně otáčivé vazbě mezi $-\text{COOH}$ skupinou a zbytkem molekuly umožňuje přizpůsobení tvaru při mechanickém namáhání např. při výrobě těsta. [34]



Obrázek 6 Chemická struktura Prolinu [36]

1.5.6.2 Oligopeptidy

Oligopeptidy jsou složeny ze 2 až 100 aminokyselin vzájemně spojených peptidovou vazbou $-\text{CO}-\text{NH}-$, která vzniká kondenzací mezi $-\text{OH}$ skupinou z karboxylového konce jedné aminokyseliny a $-\text{NH}_2$ skupinou druhé aminokyseliny za současného odštěpení molekuly vody. [20]



Obrázek 7 Vznik peptidové vazby [20]

1.5.6.3 Bílkoviny

Jsou biopolymery aminokyselin spojené peptidovou vazbou obsahující více jak 100 aminokyselinových zbytků. Jejich molekuly někdy dosahují velkých rozměrů a molekulových hodnot od 100 000 až do milionů. V přírodě existuje mnoho různých proteinů, které se liší svou strukturou a vlastnostmi. Bílkoviny zastávají různé funkce v biologických systémech např. strukturální, katalytické, transportní, pohybové, obranné, zásobní, senzorické, regulační a výživové. [20] Funkci stavební zastávají zejména nerozpustné fibrilární bílkoviny. Bílkoviny obilného lepku jsou typickým příkladem zásobních proteinů a část bílkovin se uplatňují jako enzymy. [30]

1.5.7 Struktura bílkovin

Chemickou strukturu proteinů popisuje tzv. kovalentní struktura proteinu, která zahrnuje sekvenci aminokyselinových zbytků a všechna jiná kovalentní spojení a kovalentně připojené další skupiny. [20] Kovalentní strukturu udává primární struktura proteinu, konformaci (prostorové uspořádání) popisuje sekundární, terciární a u některých proteinů kvartérní struktura. [39]

1. Primární struktura - Primární struktura je dána pořadím a počtem aminokyselin v polypeptidovém řetězci. Nemění se ani s denaturací příslušného proteinu. [38] Primární struktura určuje vlastnosti a biologické funkce proteinu. [39]

Val-Arg-Val-Pro-Val-Pro-Glu-Leu-Glu-

Obrázek 8 Část primární struktury pšeničné bílkovinné makromolekuly [6]

2. Sekundární struktura – Tato struktura udává prostorové uspořádání atomů (konformaci) v hlavním polypeptidovém řetězci. Sekundární struktury lze rozdělit do dvou základních typů:

a. Pravidelné – Typickými příklady uspořádaných sekundárních struktur jsou šroubovice (helixy) ve tvaru pravotočivé spirály nebo tzv. zřasené struktury, které vytváří ve struktuře „destičky“ nebo „polštářky“ a β -struktury. [30]

b. Nepravidelné - V pravidelných strukturách, α -helixech a ve sdružených β -strukturách se nacházejí různá ohnutí, stočení nebo jiné deformace teoretických tvarů vyvolané nepravidelně vytvořenými vodíkovými můstky nebo sterickými vlivy jiných částí molekuly. [20]

3. Terciární struktura – popisuje celkové prostorové uspořádání bílkovinné molekuly i uspořádání postranních řetězců. Její prostorové uspořádání podmiňuje její biochemickou funkci. [6]

4. Kvartérní struktura – udává vzájemné prostorové uspořádání bílkovinných podjednotek, mají ji jen některé bílkoviny. Skládají se z několika globulárních podjednotek (protomerů), samostatných polypeptidových řetězců se svou vlastní charakteristickou terciární

strukturou. Nekovalentními vazbami se pod jednotky navzájem spojují a vytvářejí kvartérní strukturu oligomerního proteinu. [39]

1.5.8 Denaturace

Každá molekula proteinu má tedy svou specifickou strukturu, která jí umožňuje vykonávat funkci ke které byla určena, tento stav se nazývá nativní, pokud dojde k porušení struktury na jakékoli úrovni dochází ke ztrátě biologické funkce tzv. denaturaci. Dle míry porušení funkce je denaturace buď vratná nebo nevratná a může být způsobena chemickým zásahem různými denaturačními činidly, nebo fyzikálně. Častým příkladem denaturace pšeničných bílkovin je denaturace teplem, která se uplatňuje v potravinářství a kulinářství. Při výrobě pečiva je denaturace bílkovin jedním z hlavních biochemických dějů v pečicím procesu. [6] Po tomto procesu se z pšeničné bílkovinné struktury stává pružná, ale pevná prostorová síť, která tvoří nosnou kostru hotového výrobku. V obilovinách se převážně vyskytují glykoproteiny i lipoproteiny. [30]

1.5.9 Klasifikace bílkovin

Obilní bílkoviny můžeme klasifikovat dle několika hledisek:

1. **dle morfologického původu** – rozlišujeme bílkoviny endospermu, aleuronové vrstvy a zárodečné pocházející z klíčku. [20] V endospermu se snižuje obsah bílkovin směrem do středu obilky. Tyto bílkoviny přecházejí do mouky a jsou hlavními nositeli technologických vlastností. [23]
2. **dle výživového hlediska** – kdy obilní bílkoviny náleží k neplnohodnotným bílkovinám, jsou limitovány esenciálními aminokyselinami [6]
3. **dle biologické funkce** – kdy v rostlině rozlišujeme metabolicky aktivní (cytoplazmatické z funkcemi v buňce) a zásobní, které můžeme rozdělit na vysokomolekulární a nízkomolekulární. [6]
4. **dle chemického složení** – jednoduché bílkoviny (obsahující pouze aminokyseliny) a složené (s navázanou jinou nebílkovinnou složkou) např. lipoproteiny, glykoproteiny, nukleoproteiny aj.. [20]
5. **dle prostorového uspořádání v nativní molekule** – **globulární** jejich molekuly mají kulovitý nebo elipsovité tvar a na **fibrilární**, které jsou vláknité. Globulární bíl-

koviny bývají rozpustné ve vodě nebo v roztocích solí, fibrilární bílkoviny bývají naopak nerozpustné. Podle rozpustnosti bývají bílkoviny také klasifikovány. Základní třídění podle rozpustnosti vypracoval na počátku 20. století Osborne v bodě 6 [30]

6. **dle rozpustnosti v různých rozpouštědlech :**

Čtyři základní Osbornovy frakce se vyskytují ve všech obilných zrnech a podle druhů obilovin jim pak byly přisouzeny různé názvy většinou odvozené z latinských názvů jednotlivých obilovin. Pro pšeničné prolaminy a gluteliny jsou používány názvy gliadiny a gluteniny. [30]

- a. **Prolaminy** - rozpustné v 70% ethanolu (u pšenice gliadiny)
- b. **Gluteliny** - zčásti rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad (u pšenice nazývané jako gluteniny)
- c. **Albuminy** - rozpustné ve vodě
- d. **Globuliny** - rozpustné v roztocích solí [32]

Albuminy a globuliny se označují jako bílkoviny rozpustné, zatímco gliadiny a gluteniny jako bílkoviny lepku. Přehled proteinů různých obilovin je uveden v tabulce 4.

Tabulka 4 Přehled proteinů obilovin [41]

Obilovina	Albumin	Globulin	Gliadin	Glutelin
Pšenice	Leukosin 14,7 %	Edestin 7,0 %	Gliadin 32,6 %	glutenin 45,7 %
Žito	44,4 %	10,12 %	sekalin 20,9 %	Sekalinin 24,5 %
Ječmen	12,1 %	8,4 %	Hordein 25 %	Hordenin 54,5 %
Oves	20,2 %	Avenalin 11,9 %	Gliadin 14,0 %	Avenin 53,9 %
Rýže	10,8 %	9,7 %	Oryzin 2,2 %	Oryzenin 77,3 %
Kukuřice	4,0 %	2,8 %	Zein 47,9 %	Zeanin 45,3 %

1.5.10 Enzymy

Enzymy jsou makromolekulární organické sloučeniny, které mají převážně charakter složitých bílkovin. Jsou to přirozené biokatalyzátory v průběhu růstu a technologického zpracování regulují výměnu látek. [33]

1.5.11 Další látky obsažené v obilovinách

V malém množství mohou být v zrně zastoupeny i další pro organismus významné látky, zejména se jedná o kyselinu para-aminobenzoovou, cholin a kyselinu fytovou. Kyselina para-aminobenzoová se vyskytuje především v obalových vrstvách a je významným růstovým faktorem. Cholin je významný pro nervomotorickou soustavu a kyselina fytová může na svou molekulu navázat šest atomů vápníku, dvojmocného železa nebo hořčíku, je uložena hlavně v obalových vrstvách ve formě fytátů [33].

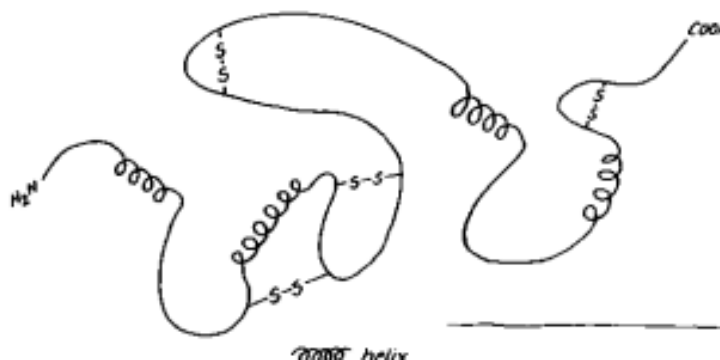
2 VÝZNAM PŠENIČNÝCH BÍLKOVIN

2.1.1 Pšeničné bílkoviny

Zásobní bílkoviny obsažené v pšeničném zrně jsou gliadiny a gluteniny, které jsou obsaženy v endospermu v poměru 2:3. Albuminy a globuliny se nacházejí v osemeni, aleuronové vrstvě a v klíčku. [40] Mezi albuminy a globuliny patří všechny obilné enzymy a řada dalších bílkovin. [30] Gluteniny a gliadiny jsou v pšenici i v jiných obilovinách zastoupeny příbuznými proteiny u každé odrůdy pšenice je jich až několik desítek. [41] Tyto frakce jsou součástí komplexu, který se nazývá lepek, gluteninové frakce vytváří páteř ke které jsou vázány molekuly gliadinu různě pevnými vazbami. [42]

2.1.1.1 Gliadin

Jedná se o jednořetězcovou makromolekulu bílkoviny tvořenou zčásti úseky helixů a náhodnými ohyby. Helixy jsou do svého tvaru zafixovány vodíkovými vazbami a ohyby jsou spojeny disulfidovými vazbami mezi sirnými aminokyselinami. [6] Struktura gliadinu je znázorněna na obrázku 9.



Obrázek 9 Představa struktury gliadinu (Lasztity R.1984) [6]

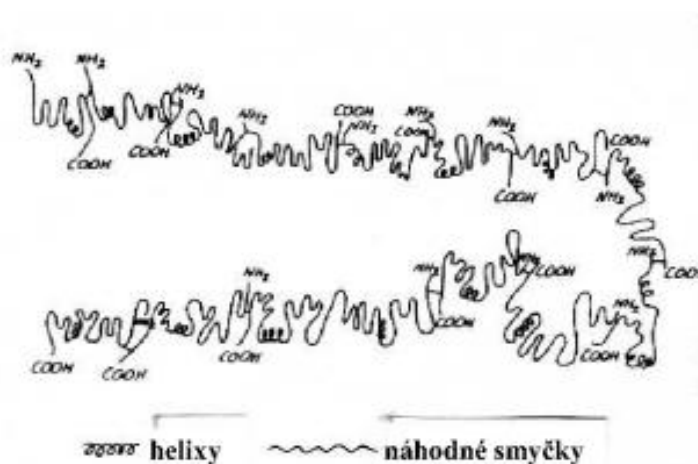
Gliadiny jsou bílkoviny nerozpustné ve vodě, rozpustné ve zředěných roztocích solí, kyselin a zásad a v 70% etanolu. [41] Dělí se na 4 skupiny α , β , γ a ω - gliadiny, kde α je zastoupena 15 %, β 35 %, γ 27 % a ω 23 %. [44]

Obsahují velké množství glutaminu 36–45 %, prolinu 14–30 %, v malém množství obsahuje kyseliny asparagovou a glutamovou a velmi málo bazických aminokyselin argini-

nu, lysinu a histidinu. Kvůli malému množství polárních aminokyselin, jsou gliadiny velmi málo rozpustné a za horka nekoagulují [41] Mají charakter sirupovité hmoty a dodávají lepkovému komplexu typickou tažnost. [43]

2.1.1.2 *Glutenin*

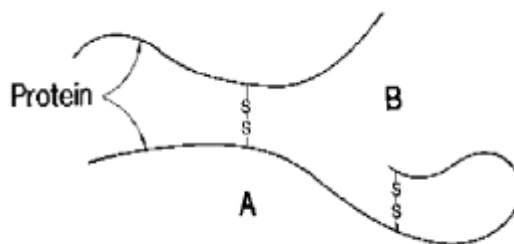
Glutenin je složitý komplex tvořený mnoha řetězci různé velikosti. [6] Jeho struktura je znázorněna na obrázku 10.



Obrázek 10 Představa propojení složek gluteninu [6]

Obsahuje dva typy podjednotek [45] vysokomolekulární gluteninovou podjednotku (HMW-GS) a nízkomolekulární gluteninovou podjednotku (LMW-GS). Tyto jednotky jsou zesíťovány do polymeru [46], který je nerozpustný ve vodě a v etanolu, rozpustný ve zředěných roztocích solí, kyselin a zásad, obsahuje velké množství glutamové kyseliny [41] a patří mezi největší molekuly v přírodě [46]

Nízkomolekulární jednotky jsou uvnitř spojeny disulfidovými a vodíkovými vazbami, z vnějšku jsou s ostatními řetězci spojeny vodíkovými vazbami a hydrofóbními silami. **Vysokomolekulární složky** obsahují dva druhy disulfidových vazeb: intrařetězcové podobné gliadinu a interřetězcové udržující pevnou a pružnou strukturu. [6]



Obrázek 11 Představa meziřetězcových (A) a vnitřetězcových (B) –S-S- vazeb [6]

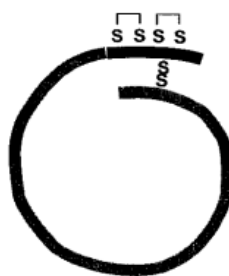
Gluteninové podjednotky mají umístěny cysteinové jednotky pouze v koncových částech řetězce. Část přiléhá ke koncové volné aminoskupině (N-terminál) a část ke karboxylové skupině (C-terminál) mezi nimi jsou umístěny opakující se sekvence aminokyselin (repetitivní doména). N – doména obsahuje 114 AMK a 3 až 5 cysteinových jednotek, celkový počet AMK v jednom řetězci je 827 a odhaduje se, že C – doména obsahuje 50 aminokyselinových jednotek a jen 1 nebo 2 cysteinové jednotky. [6]

V pšenici vypěstované po přenesení genů vysokomolekulárních podjednotek byl prokázán přímý tvar dlouhé makromolekuly, který nevytváří žádné smyčky a umožňuje pouze tvorbu interřetězcových vazeb. Samotný řetězec může tvořit helixy. Vazby se zúčastňuje pouze 1 ze tří –SH skupin N-domény, proto může být za sebou navázán velký počet podjednotek a vytvářet obrovskou polymerní makromolekulu. [6]



Obrázek 12 Model vzájemného příčného propojení přímých řetězců pomocí –S-S- vazeb v koncových doménách [6]

V transgenní vypěstované pšenici byly dokázány monomerní svinuté tvary makromolekuly s intrařetězcovými vazbami mezi koncovými doménami



Obrázek 13 Svinutá forma jednořetězcové gluteninové podjednotky s intrařetězcovými vazbami mezi jednou z 5 cydteinových –SH skupin N- koncové domény a jednou –SH skupinou C-koncové domény [6]

Kvalita a využitelnost pšenice je spojena s počtem a charakteristikou vysokomolekulárních gluteninových podjednotek v polymeru gluteninu. Mouka vyrobená z pšenice s malým počtem HMW-GS vytváří málo tažná těsta, jako např. u pšenice durum, která se z tohoto důvodu používá pro výrobu těstovin. [6]

2.1.1.3 Albuminy a globuliny

Albuminy a globuliny jsou bílkoviny obsažené cca. 15 – 20 % v osemeni, aleuronové vrstvě a v klíčku. Jejich zastoupení je jen velmi málo závislé na vnějších podmínkách. Z hlediska biologické hodnoty mají protoplasmatické bílkoviny optimální složení, ale vzhledem k jejich nízkému podílu v obilném zrně je biologická hodnota obilovin malá. [47]

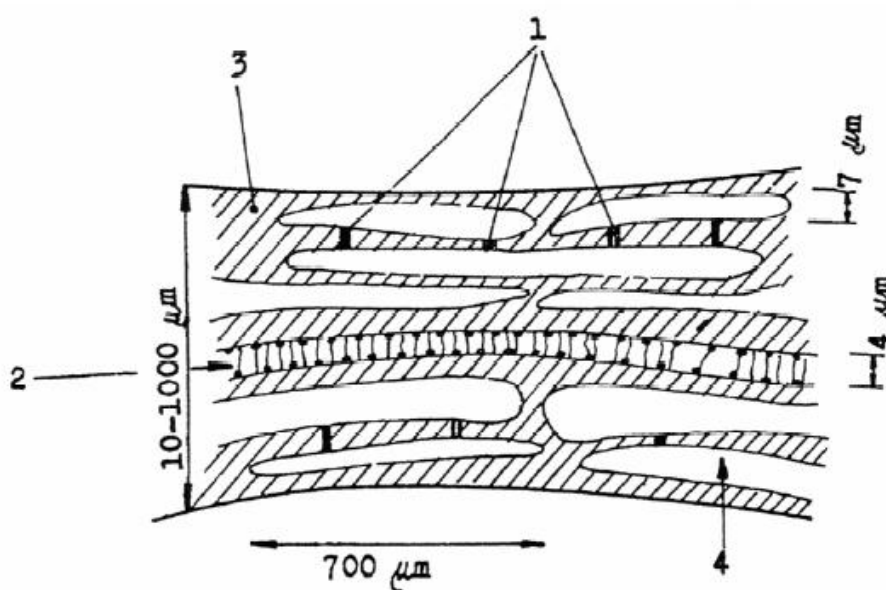
Albuminy se v pšenici nazývají leukosin, jsou to neutrální bílkoviny dobře rozpustné ve vodě, které se vysolují ze svých vodných roztoků síranem amonným při nasycení vyšším než 60 % a při teplotě 75 °C nevratně koagulují.

Globuliny se v pšenici nazývají edestin, jsou nerozpustné ve vodě, rozpustné ve zředěných roztocích solí. Vysolují se síranem amonným při nasycení větším než 40 % a za tepla koagulují. [41].

2.1.2 Lepek

Lepek je pružný gel, jehož hlavními složkami jsou zásobní bílkoviny gliadin a glutenin (v poměru 2:3). Pšeničné gliadiny poskytují lepku tažnost, jedná se o frakci tvořenou

cca 40 proteiny o poměrně nízké molekulové hmotnosti, která vytváří vláknité struktury. Gluteniny jsou naopak vysokomolekulární a poskytují lepku pružnost, tato frakce je považována za klíčový faktor při výrobě těsta a pečiva. Lepek vytváří konstituci těsta tím, že vytváří trojrozměrnou síť peptidických řetězců propojených navzájem různými můstky a vazbami, důležité jsou hlavně disulfidové můstky mezi aminokyselinami a vodíkové můstky stabilizující řetězce bílkovin. [7] Tato síť vzniká z hydratovaných nabobtnaných gliadinů a gluteninů za přítomnosti kyslíku a použité mechanické energie tzv. hnětení. [6] Struktura lepkového vlákna je znázorněna na obrázku 14.



Obrázek 14 Model struktury hydratovaného lepkového vlákna [7]

Hydratované lepkové vlákno obsahuje (obrázek 24) 1 – vodíkové můstky mezi bílkovinnými destičkami, 2 – vrstva lipoproteinu o šířce $4 \mu\text{m}$, 3 – vodní fáze, 4 – bílkovinné destičky o šířce $7 \mu\text{m}$, celková šířka vlákna se pohybuje mezi 10 až $1000 \mu\text{m}$.

Důležitou složkou lepku jsou i lipidy, zejména fosfatidy, protože zvýšený obsah nenasyčených mastných kyselin jej zesilují a stává se drobivým. Dále se v lepku nachází i vláknina, škrob, sacharidy, kyselina fosforečná a další minerální látky. [7] Lepek lze z těsta izolovat vypíráním proudem vody, kdy dojde k vyplavení látek rozpustných ve vodě, zbylá látka se nazývá „mokrý lepek“. Ten lze poté zbavit přebytečné vody vymačkáním nebo odstředěním. Vypraný lepek se skládá průměrně z 90 % proteinů, 8 % lipidů a 2 % sachari-

dů v sušině. Po vysušení se z něj získá suchý lepek, který představuje hmotnostně asi 1/3 mokrého. [6]

Dle obsahu a vlastností lepkových bílkovin rozlišujeme mouku silnou, to je taková, která obsahuje více jak 13 % (tj. 25% mokrého lepku) a mouku slabou a střední, která obsahuje méně jak 12 % lepku. [23] **Silná mouka** má lepek je spíše tužší a málo tažný. Je vhodná pro výrobu chleba a perníku. Při výrobě těsta musí proběhnout delší fermentace, protože většinou obsahuje méně enzymů. **Slabá mouka** má nižší obsah lepku a opačné vlastnosti oproti mouce silné. Obsahují většinou více enzymů, proto by fermentace měla probíhat kratší dobu. Tyto mouky jsou vhodné pro výrobu sušenek a cukrářského pečiva [49]

Při technologickém zpracování dochází k významným změnám struktury lepku, nej důležitější je denaturace. Při denuraci lepku dochází, nejčastěji vlivem zvýšené teploty, ke změně globulární struktury na fibrilární strukturu, čímž se stane nerozpustným. Termická denaturace začíná již při teplotě kolem 40 °C , nad 50 °C má za následek snížení rozpustnosti globulinové frakce, nad 60 °C snížení rozpustnosti prolaminů a záhřev na 70 °C se projeví snížením rozpustnosti všech lepkových frakcí. [34]

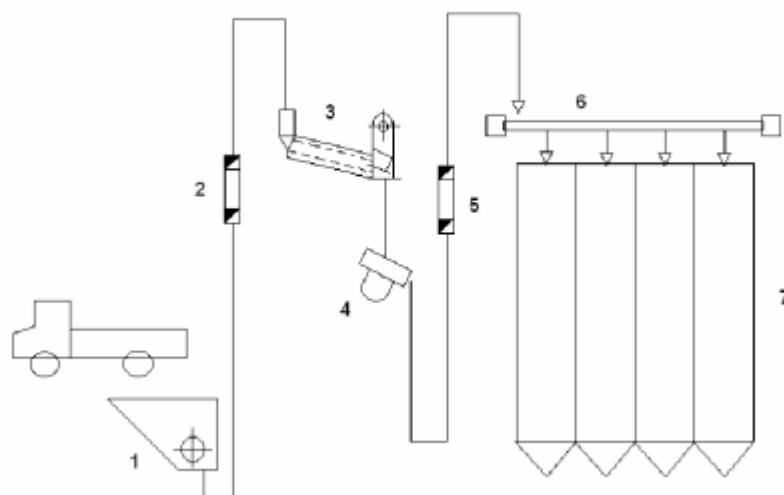
3 MLÝNSKÉ ZPRACOVÁNÍ PŠENICE SETÉ

Zpracování obilí ve mlýně má tyto základní etapy: příjem, předčištění a uskladnění obilí, příprava obilí k mletí, mletí obilí, příprava a skladování obchodní mouky. Obilí se zpracovává na čtyři druhy výrobků, a to na výrobky: jedlé (mouky, krupice, vločky, kroupy), krmné (šrot, otruby), určené k dalšímu zpracování ve mlýnech, určené k dalšímu zpracování mimo mlýn. [51]

3.1 Přejímka, předčištění a skladování zrna pšenice

Pěstitelé převáží sklizené obilí do výkupních organizací, tam se skladuje a pak postupně dopravuje do mlýna. Vstupní kontrola obsahuje stanovení příměsí, nečistot, kontroly přítomnosti škůdců, senzorkého posouzení vzhledu a pachu, objemové hmotnosti a analytického stanovení vlhkosti, obsahu dusíkatých látek, lepku, sedimentačního testu a čísla poklesu. [6]

Po odebrání laboratorních vzorků, jde obilí do příjmového koše, odtud je elevátory dopravováno do síťového třídíče s aspirací, kde je zbaveno nejhrubších nečistot a prachu. Dále zde může být zařazen magnetický separátor, zachycující kovové příměsi. Takto předčištěná surovina, pokud má vhodnou vlhkost pro uskladnění, se ukládá pomocí redleru do jednotlivých silových buněk. [52] Schéma příjmové linky je znázorněno na obrázku 15.



Obrázek 15 Příklad schéma příjmové linky [6]

1 – příjmový koš, 2 – elevátor, 3 – síťový třídíč s aspirační skříní, 4 – magnetický separátor, 5 – elevátor, 6 – redler, 7 – silo

Sila jsou 15 m vysoké zásobníky určené k dlouhodobému skladování obilí, vybavená nejmodernější strojní technikou, umožňující mechanizaci a automatizaci všech procesů. Každé silo se skládá z hlavy s naskladňovacím zařízením, těla, které slouží ke skladování a spodku, kde jsou umístěna zařízení na vyskladňování. Dříve bylo nejvyužívanější silo železobetonové o půdorysu včelího plástu s dobrými izolačními schopnostmi. V současnosti převládají sila ocelová s povrchovou úpravou (pozinkovaná nebo smaltovaná). [53]

V silech lze obilí ukládat odděleně na základě jeho kvality a je nutno pravidelně sledovat teplotu a vlhkost zrna i vzduchu. U pšenice by vlhkost skladovaného zrna neměla překročit hodnotu 14 %. [33] Dále je nutné obilí pravidelně přepouštět z jedné silové komory do druhé, aby neztrácelo svoji sypkost. Při dlouhodobém skladování se má obilí přepouštět nejméně 4 krát do roka. V průběhu přetahování se odebírají vzorky pro kontrolu jakosti. [18] větrací sila [7] v dnešní době se využívají různé druhy větrací síly – tlakové, sací, příčné. [53] Základním kritériem pro větrání je, že vzduch musí být sušší než je hygroskopická rovnováha. [7]

Z technologických a ekonomických důvodů musí mít velkokapacitní mlýny dostatečně velkou zásobu obilí, aby při výkyvech v jakosti obilí byla dodržena standardní jakost mouk. Na základě laboratorních rozborů je připravena směs obilí na zámel, která pomocí dávkovačů je vedena do čistírny mlýna. [52]

3.2 Sestavení směsi na zámel

Jednou z nejdůležitějších technologických operací je míchání obilí tzv. sestavení směsi obilí na zámel, kterým se vlastnosti jednotlivých pšenic vhodně kombinují tak, aby byla zaručena standardnost výroby. Technologie sestavení směsi na zámel spočívá v přesném dávkování obilí z jednotlivých komor do směsi vedené k dalšímu zpracování. [6]

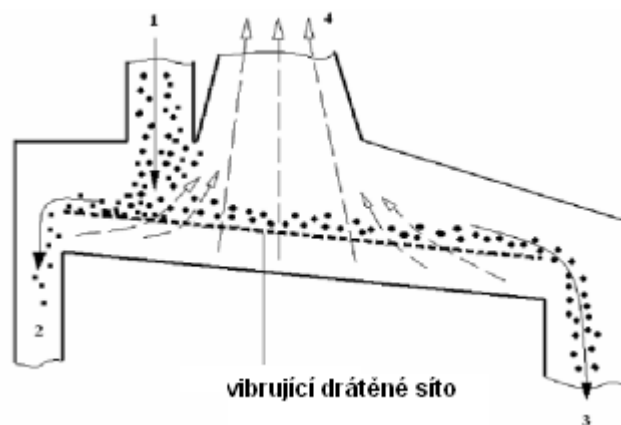
3.3 Čištění a třídění obilné směsi

Čištění a třídění obilné směsi probíhá v části mlýna nazývané čistírna. Ta se rozděluje na tzv. černou a bílou. Černá zahrnuje odstranění volných nečistot a příměsí před prvním stupněm HTÚ (hydrotermická úprava), bílá – povrchové vyčištění a opracování zrna. Jakékoli zanedbání v těchto fázích opracování se negativně promítne do výsledného produktu. [6]

Čistírenský proces v černé části čistírny je založen na třídění velikost, tvar, aerodynamické vlastnosti, měrná hmotnost a feromagnetické vlastnosti částic. V zahraničí se využívá i např. tvrdosti, elasticity částic, elektrostatických vlastností nebo barvy za použití optických třídíčů. [6] Obilí je ze zásobníku vedeno na odkaménkovač, dále pak na obilní aspiratér, dvě triérové stanice.

3.3.1 Odkaménkovač

Odkaménkovač je zařízení oddělující kaménky, těžší nečistoty a příměsi vzduchem na základě rozdílné hmotnosti. Třídění probíhá na mírně nakloněném síti, kterým prochází proud vzduchu. Zrno vytvoří fluidní vrstvu, která pomalu stéká ve směru síta a částice s větší hmotností zůstanou na síti a vibračním pohybem jsou odmršťovány proti sklonu síta. Současně zde dochází k odsávání zadinového zrna, který se pak zpracovává jako kalibrát [52] Princip činnosti odkaménkovače je znázorněn na obrázku 16.



Obrázek 16 Princip činnosti odkaménkovače [6]

1 – vpád zrna, 2 – výskok příměsí s větší hmotností, 3 – výpad čistého zrna, 4 – vznos částic o menší hmotnosti. [6]

3.3.2 Aspiratér

Aspiratér je zařízení odstraňující především prach, kaménky, hrudky, písek, slámu, cizí semena a zadinu. Hlavní částí stroje je skříň se třemi síty, ve které je umístěn ventilátor. Vrstvou padajícího zrna prochází proud vzduchu, které strhuje do odsazovacího koše. Na vrchním síti se vytřídí nejhrubší částice, které padají do příčného žlábků. Propad padá na střední síti a z něj pak na poslední síti a příměsí padají do dalšího žlábků. Z třetího síti

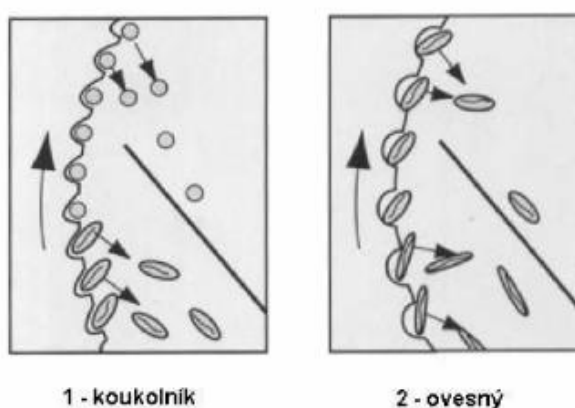
přepadává zrna do výpadu, přičemž je opět vystaveno proudu vzduchu, který strhuje zadrnu do odsazovacího koše. [19]

3.3.3 Triéry

Triéry jsou zařízení sloužící k rozlišení částic dle jejich délky (výrazně delších nebo kratších než je zrno např. semena kukuřice, zlomky zrn nebo dlouhá zrna některých obilovin). [6] Dle konstrukce jsou rozeznávány triéry válcové, diskové a pásové.

Existují dva typy válcových triérů:

- **Koukolník**, kde zrno základní kultury zůstává ve spodní frakci spolu s delšími částicemi a sběrným žlabem se odvádí kulovité částice (koukol, zlomky atd.)
- **Ovesný triér**, kde se zrno základní kultury dostává do sběrného žlabu a ve spodní frakci zůstávají delší částice.



Obrázek 17 Schéma příčného řezu válcovým triérem

(koukolník a ovesný triér) [6]

Vytřídění kratších i delších příměsí je možné kombinací obou typů v tzv. triérové stanici obsahující čtyři triéry- dva hlavní (koukolník a ovesný) a dva kontrolní, které jsou seřizeny na jemnější dočištění frakce tzv. paběrkování. [6]

Diskové triéry – mají místo válců talířové disky s důlky ve tvaru kapes do nichž zapadají semena kulatého tvaru a kterými jsou vynášena do sběrného žlabku. U nás se kvůli složité konstrukci moc nepoužívají. [19]

Jako poměrně nové metody se u nás začíná využívat **optických třídících**, které pracují na základě rozlišení barvy zrna. Zařízení využívá viditelné respektive neviditelné části

spektra. Základem přístroje je výkonný snímač barvy (fotobuňka), který okamžitě vyhodnocuje charakteristické parametry barvy zrna a porovnává je s požadovanými hodnotami. [25] Optické senzory jsou nastaveny tak, aby sledovaly každé zrno, pokud je zjištěna jakákoli nesrovnalost se standardními hodnotami, je částice okamžitě odstraněna stlačeným vzduchem do odpadu. Při použití vhodných senzorů mohou barevné tříděče nahradit konvenční suché odkaménkovače pro odstraňování kaméneků, skla a dalších nečistot. [54]

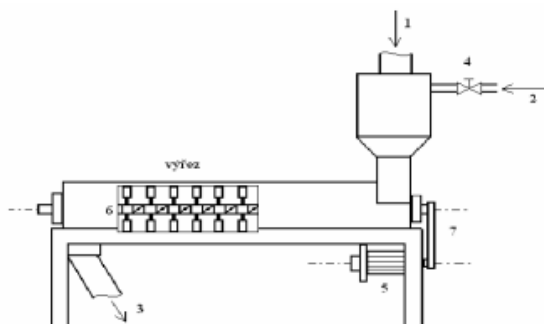
Dále obilí prochází přes magnetické separátory, kde se na stálých nebo elektrických magnetech zachytí feromagnetické materiály.

3.3.4 Hydrotermická úprava

Vyčištěné zrno se pak nakrápí vodou v nakrápěči, kde dochází k dokonalému promísení zrna s vodou. V zimních měsících se zrno prohřívá v kondicionéru. [52]

Kondicionér – je založen na kombinaci řízeného vlhčení a zahřívání obilné masy, [6] Základní podmínkou úspěšné hydrotermické úpravy je kvalitní rovnoměrné nakropení zrna a dodržení správných dob odležení. **Rozeznáváme dva stupně HTÚ:**

1. stupeň – zvlhčení zrna o 1–1,5 % pokud má obilí na vstupu optimálních 13,5–14 % vlhkosti, má sloužit k optimálnímu zvlhčení endospermu. Nakrápění probíhá v intenzivních nakrápěcích (obrázek 18), vlhčení probíhá ve vodorovném válcovém skrápěcím plášti v němž se otáčí rotor opatřený úderovými lištami. Rychlost pohybu je více než 1000 ot/min. obilí je tak během zkrápění v intenzivním pohybu, čímž dochází k rovnoměrnému zvlhčení celého povrchu



Obrázek 18 Princip činnosti intenzivního nakrápěče [6]

1 – vstup obilí, 2 – přívod vody, 3 – výstup vlhkého obilí, 4 – regulační ventil, 5 – motor, 6 – rotor s perutěmi, 7 – převod

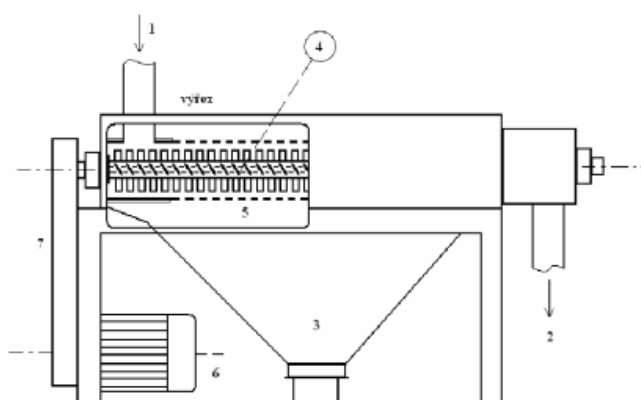
Po prvním stupni HTÚ přichází obilí do bílé čistírny a poté na druhý stupeň, který se provádí bezprostředně před vlastním mlecím procesem.

2. stupeň – spočívá ve zvlhčení obalových vrstev, které v důsledku toho zvláční a lépe se po větších částech oddělují. Vlhkost se zvyšuje cca o 0,5 % a doba odležení je 5 až 10 minut. [6]

Dobře připravené zrno po hydrotermické úpravě má mít suchý endosperm a vlhkou slupku, čímž se dosáhne vysokých výtěžků bílých mouk, slupka se dobře odděluje od jádra a získají se čisté a ostré krupice. Koncentrační spád vlhkosti má být 15 až 50 %. [52]

3.3.5 Povrchové opracování zrna

Po odležení v odležovacích zásobnících (3–4 h) je zrno vedeno k intenzivnímu povrchovému opracování, [52] protože na jeho povrchu může být ještě spousta nečistot, mikroorganismů a dalších organických látek tzv. filth. [6] Používají se **odírací stroje s aspirací**. Obilná masa vstupuje vpádovým hrdlem do pracovního prostoru, kde je zrno lopatkami horizontálního rotoru vrháno proti válcovému sítu a postupně prochází celým tělesem k výpadku. Nárazy perutí a o síto se uvolňují ulpělé nečistoty, část obalů a voušek, které jsou odstraněny aspirací. [6] Princip činnosti odíracího stroje je znázorněn na obrázku 19.



Obrázek 19 Princip činnosti odíracího stroje [6]

1 – vstup zrna, 2 – výstup opracovaného zrna, 3 – výpad nečistot, 4 – rotor, 5 – síto, 6 – motor, 7 – převod,

Takto upravené obilí po případném navlhčení na vlhkost 15–16 % přichází do odležovací komory, která slouží jako přípravný zásobník před vlastním mletím. [52]

3.4 Mletí pšenice

Vlastní mletí je složitý proces, jehož úkolem je co nejúplněji oddělit obalové vrstvy od endospermu a rozmělnit endosperm na jemné podíly, předepsané granulace. Celý proces probíhá postupně a skládá se z několika základních technologických etap (chodů, pasáží) u pšenice 15 až 20 [33], zahrnující vždy jednu drtící operaci s následným tříděním meliva podle velikosti a jakosti na síťovém třídíči. Z třídíče vycházejí z jednotlivých chodů v různé míře čisté jemně granulované mouky, tzv. pasážní mouky a část přepadů je vedena na další třídění krupic a část na opakované mlýnské chody s jinými válci a sítí. Proces mletí obilí se musí usměrňovat tak, aby do jedlých výrobků přešla co největší část endospermu a co nejméně ostatních složek obilky. [52]

3.4.1 Fáze mlecího procesu

Proces mletí pšenice se dělí na 3 části:

1. **šrotování** – účelem je šetrné otevření zrna, vydělení endospermu v hrubších částicích s nízkým podílem pasážních mouk. Šrotováním se má získat na předních chodech co nejvíce krupic tj. ostrých a hrubě granulovaných částic a na posledních chodech velké vločkovité částice s nepatrným podílem endospermu. [52]

Ze šrotování se získají podíly:

- hrubý a jemný šrotový přepad – postupují na další šrotové chody,
 - krupice hrubé, střední jemné – zpracovávají se luštěním krupic,
 - krupičky (dunsty), hrubé a jemné – zčásti se rozemílají na mouky,
 - mouky – nejjemnější částice pod 190 μm . [33]
2. **Luštění krupic** – spočívá v drcení vytříděných produktů (krupic), obsahující část slupky tak, aby slupka zůstala neporušená a dala se na sítěch odstranit. První luštění má válce rýhované, ostatní hladké. Na 1. a 2. lušticím chodu se zpracovávají vyčištěné hrubé, střední a drobné krupice I. jakosti, na 3. lušticím chodu krupice II. jakosti a na 4. lušticím chodu zbývající krupice a současně se zde získávají mlýnské jedlé klíčky. Při semílání šrotových krupic vznikají krupice luštěné, které jsou jakostnější než krupice šrotové. Drobné krupice z lušticích chodů se čistí na vysévačích a čističkách krupic a podle potřeby se vedou do hrubých mouk.

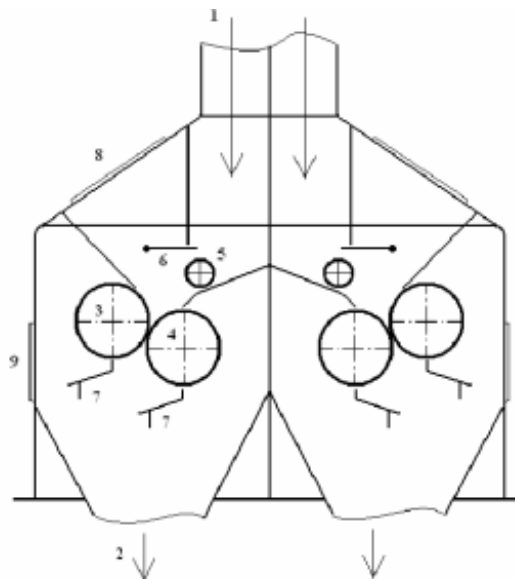
3. **Vymílání** – Vymíláním se mají částice čistého endospermu rozmělnit na požadovanou granulaci a ze slupky se má odstranit poslední tenká vrstva endospermu, aby otruby byly jen čisté obalové částice. Vymílání navazuje na luštění, od něhož se liší tím, že vymílacím pasážím se nepřirazují čističky krupic. Rozemílá se tu hlavně materiál přicházející z reforem. Krupičky I. jakosti se zpracovávají na 1. a 2. vymílacím chodu, krupičky II. jakosti na 3. a 4. vymílacím chodu. Krupičky dotahované pak na 5. a 6. chodu a krupičky domílkové (ze 4. a 5. šrotu) na 7. a 8. vymílacím chodu. U těchto dvou posledních pasáží jsou válce jemně rýhované, u ostatních hladké. [52]

3.4.2 Stroje používané v procesu mletí

Základních stroje, které zajišťují mletí, jsou: válcové stolice, rovinné vysévače a stroje na čištění krupic.

- **Válcové stolice**

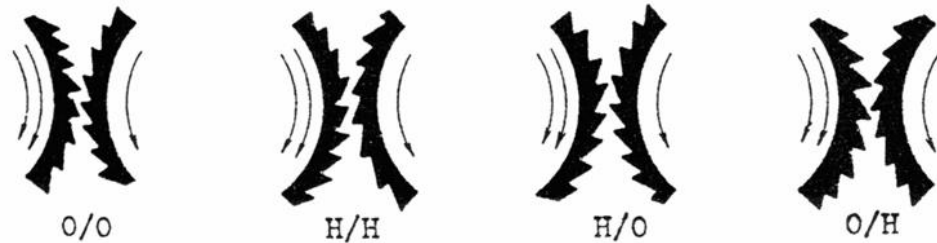
Válcová stolice je uzavřená železná skříň, ve které se otáčí dvojice horizontálně uložených kovových válců, které se otáčejí proti sobě. Schéma válcové stolice znázorněno na obrázku 20.



Obrázek 20 Schéma válcové stolice [6]

1 – vpád meliva, 2 – výpad směsi po drcení, 3 – rychloběžný válec, 4 – pomaloběžný válec, 5 – podávací zařízení, 6 – regulace přívodu meliva, 7 – kartáče, 9 - poklop

Důležité je postavení rýh na válci, existují 4 možnosti postavení rýh rychloběžného válce vůči pomaluběžnému a to ostří na ostří, hřbet na hřbet, ostří na hřbet, hřbet na ostří.(obrázek 21) [7]



Obrázek 21 Vzájemné postavení rýh na válcích [7]

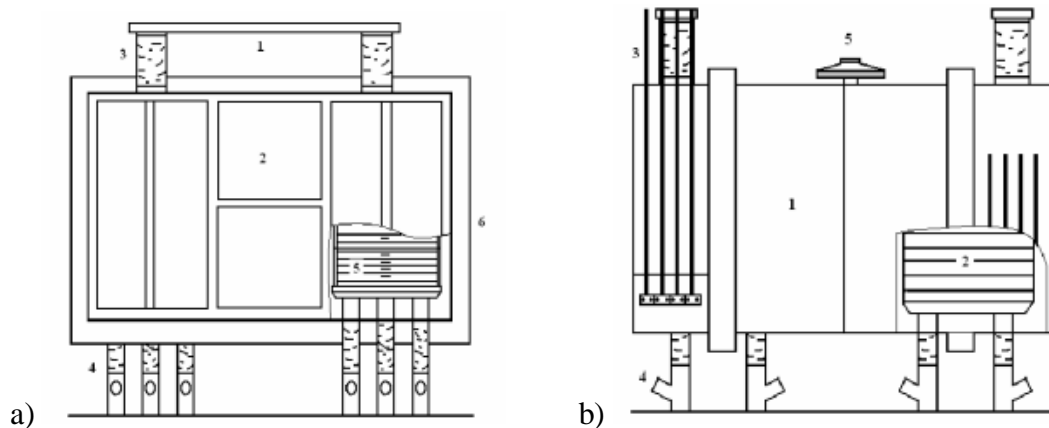
Většinou pouhé drcení nestačí, protože na zadních chodech zůstávají šupinkové části slupek s endospermem, proto se často používá tzv. doplňkových mlecích strojů tzv. domílkových. Jedná se o vytloukačky, vytíračky, rozmělnovače a roztěrače. [6]

- **Rovinné vysévače**

Rovinné vysévače jsou další důležitou součástí mlecího procesu, protože po každém průchodu meliva válcovou stolicí je nutné od hrubšího podílu oddělit mouku, krupičky a krupice. [6] Vysévače pracují na principu ručního vysévání krouživým pohybem, pohyb materiálu je vibrační a elipsovité. Jsou většinou dvou skříňové složeny z vysévacích a sběrných rámců. Rámy jsou potaženy drátěnými, kovovými nebo hedvábnými potahy s různě velkými oky. [19] Převážná většina dnes využívaných sítí je tvořena plastovými tkaninami z polyamidových vláken. Kovové potahy se používají k vysévání směsí obsahujících ostré hrubé částice [6]. Vyrábí se z ocelového drátu, fosfobronzu a mosazi. Z každé pasáže je získáno velké množství produktů roztríděných dle granulace. Produkty se vedou buď na další mlecí chod, nebo jsou míchány do výsledných produktů. [55]

Při třídění meliva na vysévačích se získají:

- meziprodukty, které se dále zpracovávají,
- produkty, které se dále nezpracovávají (různé frakce mouk, krupic, klíčky). [55]



Obrázek 22 Schéma rovinného vysévače pohled zepředu (a) a z boku (b) [6]

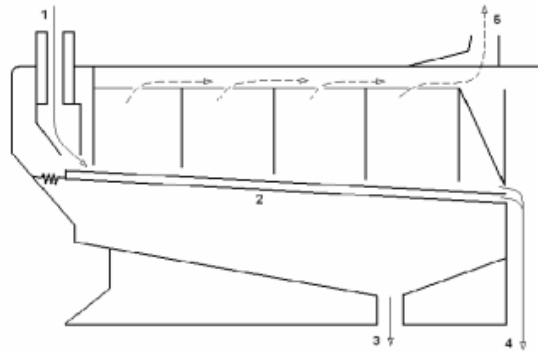
- a) 1 – vstup směsi po drcení, 2 – skříň vysévače, 3 – vstupní rukávy, 4 – výstupní rukávy, 5 – rámečky se sítí, 6 – rám vysévače
- b) 1 – skříň, 2 – rámečky se sítí, 3 – zavěšení vysévače, 4 – otvory pro odběr vzorků, 5 – excentr

• Stroje na čištění krupic

Na vysévači získané velikostní frakce krupic mají heterogenní složení (poměr endospermu a obalových vrstev). K roztřídění této směsi slouží zařízení nazývané reformy využívající několik principů třídění: rozměrové, dle měrné hmotnosti a aerodynamické. Čistička krupic je tvořena nakloněným žejbrem pohybujícím se v uzavřené skříni s několika rámečky se sítí umístěnými za sebou. [6] Po nich se pohybuje vrstva meliva, kterou prochází od spodu proud vzduchu a roztřídí melivo podle hmotnosti na:

- jadrné krupice, které propadnou sítím,
- lehčí částice, tzv. přerážky, které přepadají do síta a jsou odváděny na další zpracování (luštění),

- lehké části slupek unášené vzduchem do cyklonu [33]..



Obrázek 23 Schéma čističky krupic [6]

1 – vpád materiálu, 2 – žejbro se sítí, 3 – výpad propadů, 4 – výpad přepadů, 5 – aspirace

3.5 Míchání a dozrávání mouky

Po dokončení mlecího procesu se získané pasážní mouky míchají, dle jejich základních znaků tj obsahu popela a zrnitosti, na mouky obchodní. Nejjakostnější mouky z předních pasáží s vysokým obsahem lepku jsou smíchány v míchacím stroji s moukami s nízkým obsahem lepku. Dle obsahu popela se dříve mouky označovaly např. T650 což znamená, že mouka obsahuje 0,65 % popela v sušině. Obsah popela je závislý na stupni vymletí. Nízko vymletá mouka má nižší obsah popela než mouka vysoko vymletá. [63]

Dalším důležitým znakem je granulace mouky (mouky hrubé, polohrubé, hladké), která vyjadřuje velikost částic podle jemnosti mletí. [7]

Tabulka 5 Základní druhy pšeničné mouky (druh, typ, popel, granulace) [63]

Parametry	Typ	Obsah popela	Granulace	
			(síta μm /min.propad (%))	
Pšeničné mouky				
Hrubá	T 450	Max. 0,5	485/96	162/15
Polohrubá	T 400	Max. 0,5	366/96	162/75
Hladká světlá	T 530	Max. 0,6	257/96	162/75
Hladká polosvětlá	T 650	Max. 0,75	257/96	162/75
Hladká chlebová	T 1000	Max. 1,15	257/96	162/75

Obsah popela je závislý na stupni vymletí. Nízko vymletá mouka má nižší obsah popela než mouka vysoko vymletá. [63]

Tabulka 6 Závislost chemického složení pšeničných mouk na vymletí v % [7]

Vymletí mouky (%)	40	73	80	94	Celé zrno pšenice
Popel	0,4	0,63	0,9	1,72	1,9
Tuk	1,14	1,55	1,9	2,25	2,3
Bílkoviny	10,1	11,2	12,1	12,5	14,1
Cukry	2,14	3,65	4,85	5,19	5,2
Škrob	82,5	78,7	75,4	68,7	66,2
Vláknina	0,1	0,2	0,28	1,7	2,5
Pentosany	2,59	3,15	3,95	7,25	7,9
Nestanovený podíl	1	0,93	0,64	0,94	-

Čerstvě namletá mouka nemá plnou pekařskou hodnotu, proto se nechává 2–6 týdnů zrát. Nejvhodnější teplota je do 18 °C. Při dozrávání dochází k oxidaci karotenových barviv vzdušným kyslíkem (vybělení), a ke změnám lepkového komplexu, kdy se snižuje jeho tažnost a zvyšuje pružnost dále dochází k oxidaci thiolových skupin a tvorbě disulfidických vazeb mezi sirnými aminokyselinami, které zpevňují lepek. [33]

4 CHARAKTERISTIKY PŠENIČNÉ MOUKY

4.1 Technologická jakost pšenice

Technologická jakost je obecně faktor, který zvyšuje užitnou hodnotu zrna obilovin a předurčuje zrno obilovin pro jednotlivé směry průmyslového zpracování. Závisí především na chemickém složení, poměru jednotlivých složek zrna a enzymatické činnosti. [56] Pro zpracování ve mlýně se obilí hodnotí na základě znaků mlynářsko-technologických a pro zpracování mouky v pekárnách dle znaků pekařsko-technologických. Rozdělení technologických charakteristik pšenice pro určení mlynářské a pekařské hodnoty není jednoznačné a znaky se vzájemně ovlivňují. [19]

4.1.1 Mlynářská jakost pšenice

Za přímý ukazatel mlynářské jakosti je považován pokusný zámel a jeho jednotlivé parametry. Stanovení se provádí na laboratorním mlýně a lze tak získat objektivní a komplexní posouzení mlynářské jakosti. [52]

Mlynářská hodnota pšenice je však zejména charakterizována fyzikálně-mechanickými vlastnostmi zrna, které se stanoví nepřímými znaky: objemová hmotnost, hmotnost tisíce zrn, tvrdost, tvar zrn, podíl plných zrn, sklovitost. [19] Z mlynářského hlediska je dále důležitá barva, vlhkost a obsah příměsí a nečistot.

Objemová hmotnost – je ukazatelem výtěžnosti mouky při mlýnském zpracování. Zkouší se dle ČSN ISO 7971–2 [60] Objemová hmotnost se vyjadřuje v $\text{kg}\cdot\text{hl}^{-1}$ a je tím vyšší čím lépe je obilí vyvinuto. Závisí na odrůdě, pěstitelských podmínkách, ročníku, zdravotním stavu, vlhkosti a polehlosti. Důležitý je termín včasné sklizně, po deštivém počasí objemová hmotnost zralého zrna rychle klesá. V takových ročnících bývá jedním z nejdůležitějších ukazatelů při výkupu potravinářské pšenice. [57]

Podíl plných zrn je podíl zrn nad sítím 2,5 mm vyjádřený v %. Tvrdé pšenice jsou zpravidla vyrovnanější a mají lepší technologické vlastnosti. Vyrovnanost obílek ovlivňuje čištění, nakrápění, zamlžování a rozměňování zrna na prvním šrotu. Při vyrovnaném obilí lze dosáhnout větších výtěžků předních mouk. Velká zrna obsahují relativně méně celulózy i popelovin a poskytují při vymílání vyšší výtěžky mouk. Také obilky se slabými obalovými vrstvami dávají vyšší výtěžek mouk a menší podíl otrub. [19]

Hmotnost tisíce zrn – stanoví se zvážením alikvotního počtu např. 50 náhodně vybraných zrn, který se přepočte. Provedení zkoušky usnadňují počítače zrn. [14] Velké zrno s velkou hustotou má zpravidla větší poměr endospermu k ostatním morfologickým částem zrna. Z toho důvodu je hmotnost tisíce zrn měřítkem výtěžnosti mouky. Uvádí se v jednotce gram. [56]

Stanovení tvrdosti zrna – v ČR není metodicky standardizováno, stanovuje se speciálními přístroji např. Brabenderův tvrdoměr. Zde se vyjadřuje tvrdost WHI (Wheat Hardness Index), který je získán výpočtem ze záznamu křivky a podílu propadu sítem 0,140 mm a jinými metodami. Tvrdost souvisí s chemicko-fyzikálními vlastnostmi endospermu s přítomností zpevňujících bílkovin na povrchu škrobových zrn. Tvrdé zrno je vhodné pro pekárenské použití. [59]

Pokusný zámel – se připravuje v laboratorním mlýnu, kterým musí mít alespoň dvoustupňovou desintegraci na rýhovaných a hladkých válcích a průběžné vysévání. Ze získaných pasážních meziproductů lze vypočítat mlynářské charakteristiky [14] výtěžnost mouk, krupic, otrub, efektivnost mletí a spotřeba energie [19] Nejvyužívanější laboratorní mlýn patří Quadrumat Senior Brabender. [14]

Příměsi a nečistoty jsou ukazatelem znečištění zrna. Jako příměsi jsou označovány mechanicky poškozená zrna, zrna jiných obilovin, zrna poškozená škůdci nebo se změnou barvou obalů, poškozená chorobami. [7] Vyšší obsah příměsí a nečistot prodlužuje dobu čištění a zhoršuje celkovou výtěžnost, dále pak může nepříznivě ovlivnit jakost mouk – v obsahu popela. Ke stanovení příměsí a nečistot se používají prosévací přístroje s upínací plochou a síta. Ke stanovení je třeba asi 100 g vzorku. Obsah příměsí a nečistot se potom zváží a opět podle výsledné hodnoty se pšenice přiřadí do patřičné skupiny. [57]

4.1.2 Pekárenská jakost pšenice

Pekárenská kvalita pšenice je určena znaky souvisejícími s množstvím hlavních složek tj. bílkovin a škrobu, a jejich chováním v definované suspenzi nebo standardně připraveném těstě. Mezi základní pekárenské ukazatele patří: stanovení obsahu dusíkatých látek, obsahu

lepku, gluten indexu, sedimentační hodnoty, vlastností škrob-amylázového komplexu, čísla poklesu, reologických vlastností těsta a pekařského pokusu. [56]

Obsah dusíkatých látek se stanovuje převedením všech organických dusíkatých látek na anorganickou amonnou formu a následnou destilací a titrací uvolněného amoniaku se stanoví obsah dusíku a obsah bílkovin se získá pomocí přepočítávacího faktoru u potravinářské pšenice – 5,7. Obsah N-látek se přepočítává na 100% sušinu. Pro stanovení obsahu dusíkatých látek v zrně je možné použít i nechemické NIR (reflektance v blízké části infračerveného spektra) a NIT (transmitance v blízké části infračerveného spektra) metody. Obsah dusíkatých látek v zrně je důležitým technologickým kvalitativním parametrem pro svůj vysoký kladný korelační vztah k objemu pečiva. Obsah bílkovin v zrně je silně ovlivněn použitou agrotechnikou, úrovní zásobenosti půdy minerálními živinami průběhem počasí během vegetační doby. [56]

Číslo poklesu charakterizuje aktivitu α -amylázy, což je hydrolytický enzym štěpící škrob. Je ovlivněno průběhem počasí v době dozrávání a sklizně. Nízké číslo poklesu se projeví nižší pekařskou kvalitou, těsto je lepivé, špatně zpracovatelné, pečivo má malý objem a střídka je méně pružná. [62] Vysoká aktivita amylas provází prorůstání obilí, snižuje schopnost těsta vázat vodu a je porušena lepková struktura. Princip stanovení čísla poklesu se zakládá na měření doby poklesu standardního tělíska na dráze konstantní délky v suspenzi mouky během jejího mazovatění.

Podle čísla poklesu (ČP) rozeznáváme mouky s: [61]

ČP 220s – normální aktivita amylas

ČP 100s a méně – vysoká aktivita amylas, vytváří lepkavé a mazlavé těsto

ČP 350s - 400s – nízká aktivita amylas, vytváří suché těsto a malý objem výrobků

V České republice pro potravinářskou pšenicí platí podle ČSN jako minimální hodnota číslo poklesu 220 s. Optimální pro zpracování pšeničné mouky hladké speciál je hodnota čísla poklesu 220-300s. Číslo poklesu je důležitým obchodním ukazatelem. [7]

Pro zjištění hodnoty čísla poklesu se používají v nejrozšířenější míře přístroje firmy Perten Instrument řady Falling Number. Tyto přístroje měří stupeň aktivity hydrolytických enzymů na základě ztekucení a tím snížení viskozity škrobového mazu, který vzniká ve speciálním vodním termostatu přístroje. [56]

Sedimentační test je metoda určující kvalitativní viskoelastické vlastnosti lepkové bílkoviny ve vztahu k fermentačním procesům v těstě. [30] Má průkazný vysoký kladný korelační koeficient k objemu pečiva a obsahu bílkovin v zrně. Podle používané dezintegrace zrna, roztoků činidel a způsobu míchání můžeme rozlišit sedimentační test podle ZELENYHO a Axfordat. Zelenyho test – jako chemické činidlo se používá roztok kyseliny mléčné a isopropanolu. Princip spočívá v bobtnání pšeničných bílkovin v organické kyselině. Sedimentační index se měří jako objem sedimentu mouky a roztoku kyseliny mléčné s bromfenolovou modří. Pro pekárenské použití je nejnižší hodnota Zelenyho indexu 30 ml a pro pečivářskou výrobu 25 ml. [63]

Obsah mokrého lepku - Lepek je složitá heterogenní fáze zásobních bílkovin vázaných do makropolymerů pomocí chemických a elektrostatických vazeb, dále zbytků membrán a lipidů. Tvoří se v procesu hnětení těsta z mouky a vody. Lepek se vyznačuje viskoelastickými vlastnostmi, které umožňují v procesu kynutí těsta zadržovat oxid uhličitý a tím ovlivňovat objem pečiva. Analyticky se určuje vypíráním uhněteného těsta vodou nebo vodným roztokem NaCl ručně nebo na různých přístrojích. Obsah mokrého lepku v sušině koreluje vysoce kladně s obsahem bílkovin zrna. [56]

Gluten index je definován jako poměr množství lepku, které zůstalo na standardním plechovém síti za přesně definovaných podmínek odstředování, k celkovému množství lepku vloženého na sítko před odstředováním na Centrifuze 2015. K odstředování se použije celá kulička lepku, tak jak byla vyprána na přístroji Glutomatic. Stanovení lepkového indexu se má posoudit, zda je lepek slabý, střední nebo silný. Tento znak těsně koreluje se sedimentačními testy a objemem pečiva [14].

Pekařský pokus a měrný objem pečiva – Hlavní a nejdůležitější zkouškou technologické jakosti pšenice pro pekárenské použití je pekařský pokus. Existuje celá řada a modifikací pekařského pokusu. U upečeného pečiva se zjistí pomocí speciální metody objem pečiva a přepočítá se na 100 g mouky. Zjistí se tak měrný objem pečiva v ml. Čím je tento měrný objem pečiva vyšší, tím je odrůda pšenice vhodnější pro pekárenskou výrobu. [56].

Objemová výtěžnost – je stanovena po průběhu pekařského pokusu. Představuje hlavní a nejdůležitější kritérium kvality a odpovídá svým významem zařazení odrůd pšenice do kvalitativních skupin pro pekárenské zpracování. Součástí pekařského pokusu je komplexní hodnocení pečiva. To zahrnuje v bodovém hodnocení kromě objemové výtěžnosti další posouzení především vlastností těsta a pečiva, jako např. pružnost, vzhled povrchu

těsta, lepivost těsta, vyvázanost pečiva (trhnutí kůrky), hnědnutí pečiva, křehkost kůrky, stejnoměrnost pórů, pružnost střídy a chuť pečiva. [57]

PRAKTICKÁ ČÁST II

CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo zjistit, jak významný vliv má zastoupení bílkovinných frakcí na technologickou kvalitu pšeničné mouky. Cíle bylo dosaženo:

- analýzou širokého souboru vzorků pšeničné mouky metodou SE-HPLC (molekulově vylučovací vysokoúčinná kapalinová chromatografie).
- Vyhodnocením korelace mezi charakteristikami píků a technologickými vlastnostmi zrna a mouky.

5 MATERIÁL A METODIKA

5.1 Materiál

Vliv bílkovinných frakcí na technologickou kvalitu pšeničné mouky byl zkoumán u 66 vzorků pšeničné mouky T 530 vyrobené firmou Penam a.s. Kroměříž. Tato firma také poskytla hodnoty technologické kvality vzorků: objemová hmotnost (OH), obsah dusíkatých látek (NL), obsah popela (POPEL), číslo poklesu (ČP), Zelenyho test (SEDI), obsah lepku (LEPEK), gluten index (GI).

Hodnoty byly dle sdělení Penam, a.s. stanoveny v souladu s příslušnými normami.

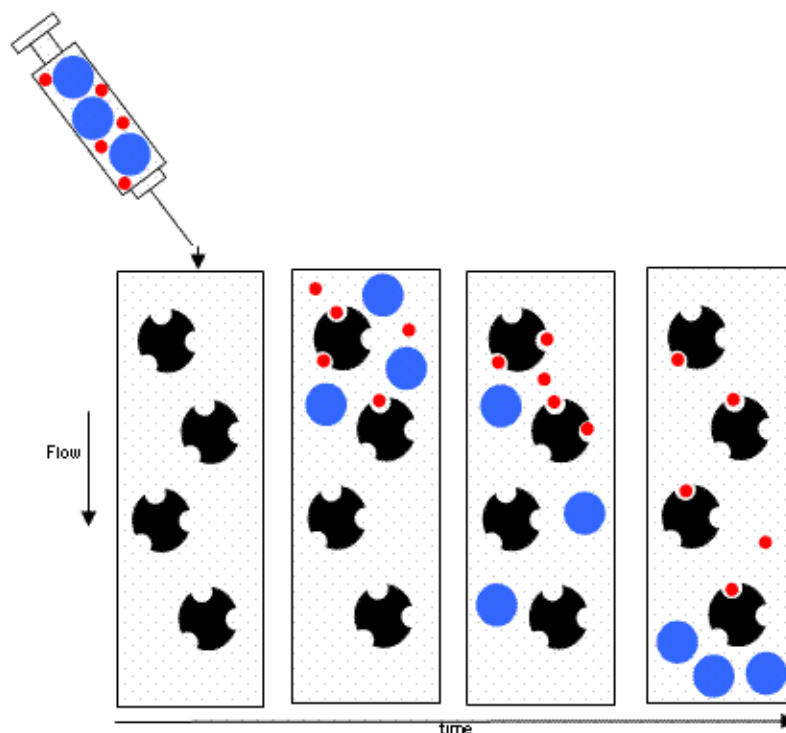
5.2 Metodika práce

V práci bylo zjišťováno, jak významný vliv má zastoupení bílkovinných frakcí na technologickou kvalitu pšeničné mouky. Kvalitativní ukazatele byly známy a obsah bílkovinných frakcí byl stanoven v laboratoři Zemědělského výzkumného ústavu Kroměříž, a.s. oddělení kvality zrna, pomocí metody SE-HPLC. Vztah mezi kvalitativními ukazateli a jednotlivými bílkovinnými frakcemi detekovanými touto metodou byl vyhodnocen pomocí statistické korelační analýzy v programu Statistica 9 (StatSoft ČR, s.r.o.)

5.2.1 Molekulově vylučovací vysokoúčinná kapalinová chromatografie (SE-HPLC)

Analýza cereálních proteinů může být velmi obtížná, protože tyto proteiny jsou velmi heterogenní. I přes tyto obtíže několik analytických metod dovoluje izolovat a charakterizovat cereální proteiny endospermu. V poslední době je stále více využívána Molekulově vylučovací vysokoúčinná kapalinová chromatografie (SE-HPLC). [66]

SE-HPLC je metoda, která slouží ke stanovení molárních hmotností a jejich distribuce. Metoda je založena na separaci molekul podle jejich molární hmotnosti a velikosti. Stationární fází jsou malé kulovité částice, které obsahují značné množství pórů o definovaném rozměru. Póry, právě tak jako celý ostatní prostor mezi částicemi, jsou vyplněny mobilní fází. Mobilní fáze transportuje analyzovanou látku kolonou (obrázek 24). [64]



Obrázek 24 Průchod látky kolonou SE-HPLC [65]

Velké molekuly, které jsou větší než póry v částicích gelu, protékají kolonou stejnou rychlostí jako mobilní fáze. Opouštějí chromatografickou kolonu nejdříve, částice menší než velikost pórů zůstávají zachyceny v pórech [64]

5.2.2 Laboratorní postupy

Při přípravě vzorku, extrakci bílkovin a jejich samotném stanovení bylo postupováno dle metody Dachkevitch a Autran. [67]

Příprava vzorků:

Do centrifugačních kyvet bylo naváženo 0,1 g mouky, dále pak bylo přidáno 10 ml 0,1 M fosfátového pufru o pH 6,9 obsahující 2,0 % SDS (sodium dodecyl-sulfát). Proběhla extrakce vzorku – 2 hodiny při 60°C s občasným mícháním, protože extrakt má pak dobrou stabilitu při pokojové teplotě až po dobu dvou dnů. Po extrakci byly vzorky centrifugovány při 15 000 ot./min. po dobu 15 minut. Dále proběhlo zfiltrování supernatanu přes membránový filtr 0,45 μ m nakonec bylo 20 μ ldávkováno na kolonu chromatografu.

Použitý přístroj:

K analýze byl použit přístroj SE-HPLC BioSep™ SEC-S4000 (Phenomenex) s molekulově vylučovací kolonou (300 x 7,8 mm) s předkolonou (4,0 x 3,0mm) a UV detekcí (214nm).

Výsledek analýzy:

Zjištěné hodnoty byly zpracovány softwarem Shimadzu LCsolution. Výsledkem analýzy byly parametry: výška píku (Height), absolutní plocha píku (Area), relativní plocha píku (Area %), dále byl dopočítán tvar píku A/H (Area/Height) znázorněné v chromatogramu.

Ten znázorňuje jednotlivé proteinové frakce dle jejich molekulové hmotnosti na chromatografické křivce od nejvyšší molekulové hmotnosti po nejnižší.

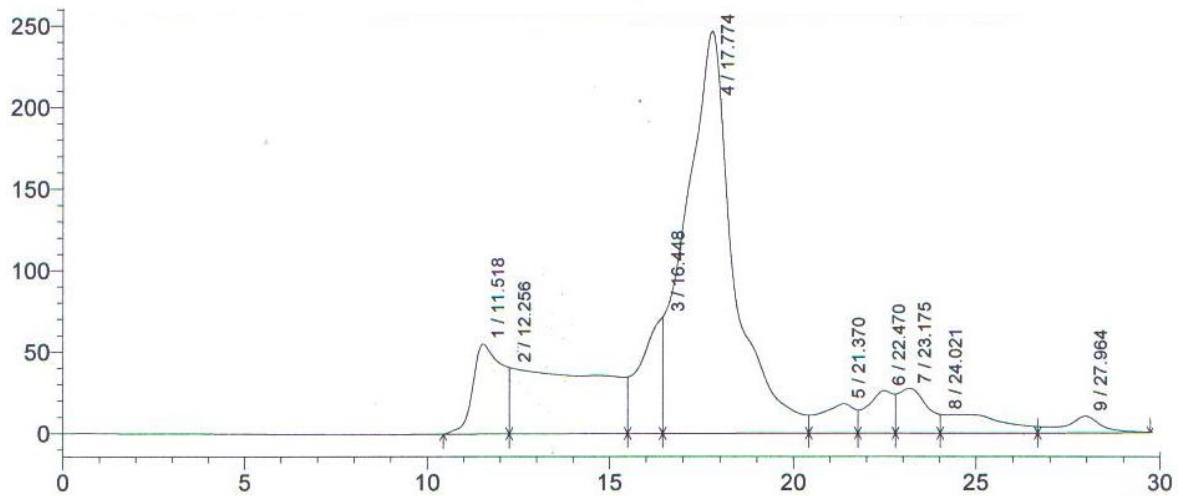
Tabulka 7 Základní charakteristiky proteinových frakcí pšenice [78]

Skupina	Rozpustnost	Řetězec	Molekulová hmotnost [Da]	Podjednotky	Další členění
Albuminy	Voda	Monomery	< 30 000		
		Polymery	~60 000		
Globuliny	Roztoky solí	Monomery	< 30 000		
		Polymery (Triticiny)	22 000–58 000	D	
				A	
				α	
	δ				
Gliadiny (Prolaminy)	Roztoky alkoholu	Monomery	20 000–70 000	α	
				β	
				γ	
				ω	
Gluteniny (Gluteliny)	Roztoky kyselin a zásad	Polymery	80 000–150 000	HMW	x-tyt
					y-tyt
		30 000–51 000	LMW	B	
				C	
	D				

Získané chromatogramy se lišily v počtu píků, u 44 vzorků měl chromatogram 10 píků a u 22 vzorků pouze 9 píků.

Dle metody Dachkevitch a Autran. [67] bylo odvozeno, že u chromatogramu s devíti píky tvoří pík č. 1 vysokomolekulární gluteniny, pík č. 2 nízkomolekulární gluteniny, píky č. 3 a 4

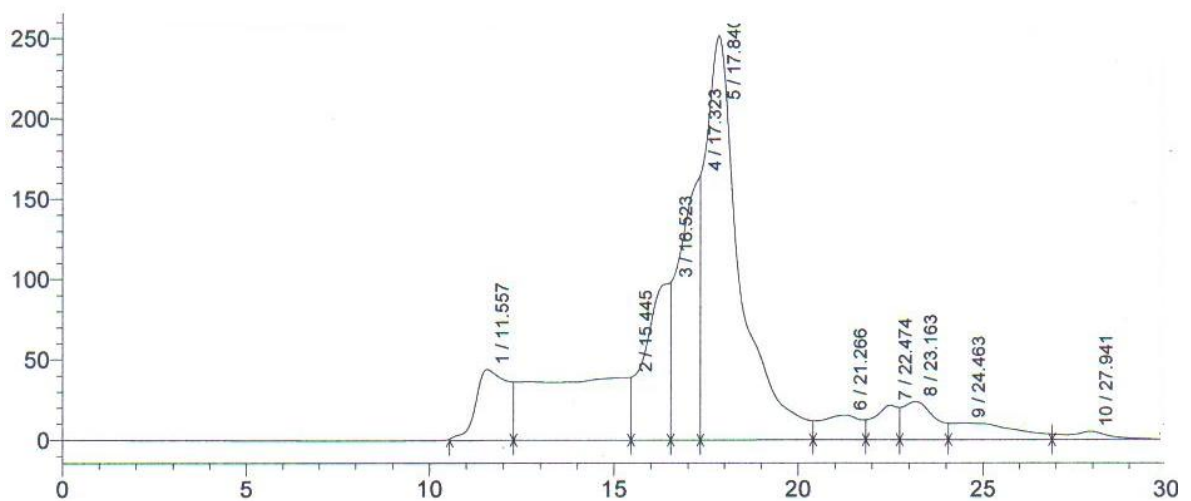
tvoří gliadiny, píky č. 5, 6, 7, 8 albuminy a globuliny a pík č. 9 tvoří složky nebiřkovinné povahy. Proteinové frakce se překrývají, nejsou dokonale odděleny. [67]



Graf 4 Chromatogram vzorku č. 4 s 9 píky

Chromatogram s deseti píky znázorňuje další podjednotky gliadinů, protože gliadiny jsou vysoce polymorfní, čehož se využívá k identifikaci odrůd pšenice. [69]

Pík č.1 tedy tvoří vysokomolekulární gluteniny, pík č. 2 nízkomolekulární gluteniny, píky č. 3, 4, 5 tvoří gliadiny, 6, 7, 8,9 albuminy a globuliny a pík č. 10 tvoří složky nebiřkovinné povahy.



Graf 5 Chromatogram vzorku č. 1 s 10 píky

Vztahy mezi získanými hodnotami byly vyhodnoceny metodou korelačních koeficientů na hladině průkaznosti $p = 0,05$ a $p = 0,01$ v programu Statistica 9 (StatSoft ČR, s.r.o.).

5.2.3 Metoda korelačních koeficientů

Korelace vyjadřuje vzájemný lineární vztah mezi znaky či veličinami x a y . Míru korelace pak vyjadřuje korelační koeficient. [68]

Korelační koeficient

Nejjednodušším vztahem dvou metrických proměnných je vztah lineární, jehož míru lze zjistit korelačním koeficientem. Lineární závislost dvou statistických lze postihnout vynesím proměnných do grafu. V případě korelace není stanovována rovnice přímky závislosti (to je úlohou lineární regrese), ale přímku si lze představit jako vyjádření lineárního vztahu a z odchylek bodů od přímky pak odhadnout míru tohoto vztahu. [68]

Pro korelační koeficient platí:

- Nabývá hodnot od -1 do $+1$, které značí perfektní lineární vztah (záporný nebo kladný).
 - V případě kladné korelace hodnoty obou proměnných zároveň stoupají.
 - V případě záporné korelace hodnota jedné proměnné stoupá a druhé klesá.
 - V případě neexistence lineárního vztahu $r = 0$.
 - Je nezávislý na jednotkách původních proměnných, je bezrozměrný.
 - Při změně pořadí proměnných se výše korelačního koeficientu nemění.
 - Korelační koeficient je platný pouze v rozmezí daném použitými daty.
 - Korelační koeficient výrazně odlišný od nuly není důkazem funkčního vztahu proměnných.
- [68]

6 VÝSLEDKY A DISKUSE

Pomocí programu Statistica 9 bylo nalezeno mezi ukazateli technologické jakosti pšeničné mouky a absolutní plochou (Area), výškou (Height), tvarem (Area/Height) a relativní plochou (Area %) píku celkem 532 korelačních závislostí, z čehož se za statisticky průkazné na hladině významnosti 0,05 dá pokládat 53 a z toho na hladině významnosti 0,01 23 korelací.

Nejvíce s technologickými parametry korelovala výška píku ve 24 případech a absolutní plocha v 13 případech, korelace se vyskytovaly převážně u gliadinů a nízkomolekulárních gluteninů a zřídka u některých frakcí albuminů a globulinů. Zatímco relativní plocha píku korelovala pouze v 11 případech, a tvar píku jen v 5 případech a nejčastěji se vyskytovaly u albuminů a globulinů. Z bílkovinných frakcí nejtěsněji korelovaly s technologickými parametry gliadiny a nízkomolekulární gluteniny, gliadiny však zcela nejvíce (v 27 případech z celkových 53 z čehož 18 na $p < 0,01$) což potvrzuje, že gliadiny mají velký vliv na technologickou kvalitu pšeničné mouky, vysokomolekulární gluteniny mají taktéž velký vliv na kvalitu pšeničné mouky, bohužel došlo zřejmě k neúplné extrakci bílkovinných frakcí s nejvyšší molekulovou hmotností a vzájemné závislosti parametrů nemohly být dostatečně posouzeny.

Pík č. 1 vysokomolekulární gluteniny

U hodnot píku č. 1, který zastupuje vysokomolekulární gluteniny nastala pouze jedna kladná statisticky významná korelace mezi obsahem lepku a výškou píku ($r = 0,51$) (Tab. 8). Vysokomolekulární gluteniny korelují s obsahem lepkových bílkovin kladně, protože jsou považovány za nejvýznamnější složku pšeničného lepku s rozhodujícím vlivem na pekárenskou kvalitu zrna, zlepšují pružnost, pevnost a bobtnavost těsta. [70]

Konkrétně vysokomolekulární podjednotky jsou spojovány s dobrými pekárenskými vlastnostmi lepku [71], jehož obsah má průkazný vliv na objem a tvar pečiva [72]. Dá se tedy dle výsledků říct, že se zvyšujícím se množstvím vysokomolekulárních gluteninů v mouce se zvyšuje obsah lepkových bílkovin (Tab. 3), což má pozitivní vliv na kvalitu těsta, objem a tvar pečiva. [70, 71, 72]

Vysokomolekulární gluteniny by měly korelovat i s dalšími parametry [73], jako je například sedimentační index, u kterého je objem sedimentu přímo určen množstvím vysokomolekulárních podjednotek, ale vzájemná závislost těchto parametrů nebyla prokázána zřejmě z důvodu neúplné extrakce bílkovinných frakcí s nejvyšší molekulovou hmotností.

Tabulka 8 Korelace píku č. 1 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	0,38	0,51*	- 0,02	0,20
GI	- 0,33	- 0,39	- 0,07	- 0,25
OH	0,08	0,10	0,01	- 0,08
ČP	0,23	0,11	0,36	0,17
SEDI	0,17	0,33	- 0,20	- 0,05
NL	0,24	0,30	- 0,01	- 0,04
POPEL	0,34	0,23	0,42	0,34

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Tabulka 9 Korelace píku č. 1 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	0,57	0,47	0,51	0,47
GI	-0,59	-0,51	-0,46	-0,54
OH	-0,29	-0,39	-0,10	-0,37
ČP	0,07	-0,16	0,56	0,15
SEDI	0,25	0,16	0,30	0,17
NL	0,38	0,33	0,26	0,24
POPEL	0,05	-0,04	0,36	0,22

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Pík č. 2 nízkomolekulární gluteniny

Parametry píku č. 2, který zastupuje nízkomolekulární gluteniny, korelovaly v šesti případech. Absolutní plocha píku vysoce kladně korelovala na $p < 0,01$ s obsahem lepkových bílkovin ($r = 0,83$), Zelenyho testem ($r = 0,88$) a obsahem dusíkatých látek ($r = 0,83$) (Tab. 10), výška píku korelovala na $p < 0,01$ s obsahem lepkových bílkovin ($r = 0,75$) a obsahem dusíkatých látek ($r = 0,67$) a na $p < 0,05$ s hodnotami Zelenyho testu ($r = 0,58$) (Tab. 10).

LMW podjednotky gluteninů tvoří asi 60 % z celkového obsahu lepku. [69], což potvrzuje vysokou kladnou korelaci s obsahem lepkových bílkovin. LMW podjednotky gluteninů ovlivňují kvalitu a pevnost těsta. [69] Dále byla nalezena kladná korelace mezi obsahem dusíkatých látek a nízkomolekulárními gluteninů, což je uvedeno i v literatuře [73], která říká, že NL kladně korelují s obsahem lepkových bílkovin. [73]

Obsah dusíkatých látek v sušině významně ovlivňuje zpracovatelské vlastnosti zrna a ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti těsta a objem pečiva [73]. Sušina zrna určeného pro pekárenské zpracování by měla obsahovat alespoň 11,5 % (při použití koeficientu 5,7) dusíkatých látek. [73]

Dle literatury [63] má Zelenyho test průkazný vysoký kladný korelační koeficient k objemu pečiva a obsahu bílkovin v zrně [63], což bylo potvrzeno kladnou korelací s absolutní plochou a výškou píku nízkomolekulárních gluteninů.

Dle výsledků se tedy dá říct, že se zvyšujícím se obsahem nízkomolekulárních gluteninů v mouce se zvyšuje obsah lepkových bílkovin, což má za následek ovlivnění kvality a pevnosti těsta, v návaznosti s obsahem lepkových bílkovin se zvyšuje i množství dusíkatých látek, což pozitivně ovlivňuje objem pečiva a dále se také zvyšují hodnoty Zelenyho testu, který je také udává objem pečiva po upečení.

Tabulka 10 Korelace píku č. 2 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	0,83**	0,75**	-0,03	0,27
GI	-0,43	-0,49	0,18	-0,20
OH	0,46	0,19	0,33	0,01
ČP	-0,01	0,15	-0,25	-0,28
SEDI	0,88**	0,58*	0,31	0,32
NL	0,83**	0,67**	0,11	0,06
POPEL	-0,12	0,19	-0,45	-0,26

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Tabulka 11 Korelace píku č. 2 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	0,17	0,20	-0,17	-0,55
GI	0,16	-0,13	0,43	0,62
OH	-0,02	0,32	-0,56	-0,32
ČP	-0,67	-0,65	0,20	-0,47
SEDI	-0,02	0,09	-0,19	-0,52
NL	0,28	0,39	-0,32	-0,50
POPEL	-0,36	-0,66	0,64	0,28

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Pík č. 3 gliadiny

Parametry píku č. 3, který zastupuje gliadiny, korelovaly vysoce kladně v třinácti případech. Absolutní plocha píku č. 3 korelovala na $p < 0,01$ s obsahem lepkových bílkovin ($r = 0,65$), obsahem dusíkatých látek ($r = 0,76$) a objemovou hmotností ($r = 0,81$) a na $p < 0,05$ se Zelenyho testem ($r = 0,54$). Výška píku korelovala vysoce kladně na $p < 0,01$ s obsahem lepkových bílkovin ($r = 0,70$), Zelenyho testem ($r = 0,62, 0,81$) a obsahem dusíkatých látek ($r = 0,80, 0,78$) a na $p < 0,05$ s objemovou hmotností ($r = 0,76$). Relativní plocha píku korelovala kladně na $p < 0,05$ s obsahem lepkových bílkovin ($r = 0,61$) a na $p < 0,01$ s obsahem dusíkatých látek ($r = 0,68$). A tvar píku koreloval kladně na $p < 0,05$ s gluten indexem ($r = 0,76$).

Dle výsledků se tedy dá předpokládat, že se zvyšujícím se obsahem gliadinů v pšeničné mouce se zvyšují hodnoty technologických parametrů kvality, konkrétně obsahu lepkových bílkovin, Zelenyho testu, dusíkatých látek, objemové hmotnosti a gluten indexu, což má vliv na tvorbu těsta a pečiva, ovlivňují kvalitu lepku, pevnost těsta, objem pečiva po upečení a v neposlední řadě výtěžnost mouky. [72, 73, 74,]

Protože objemová hmotnost je ukazatelem výtěžnosti mouky při mletí zrna, výtěžnost do určité míry roste s rostoucí objemovou hmotností. [74]

Tabulka 12 Korelace píku č. 3 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	0,65**	0,70**	0,29	0,61*
GI	-0,34	-0,48	0,12	-0,32
OH	0,34	0,42	0,04	0,26
ČP	0,26	0,18	0,33	0,24
SEDI	0,54*	0,62**	0,14	0,46
NL	0,76**	0,80**	0,36	0,68**
POPEL	0,09	0,08	0,04	0,06

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Tabulka 13 Korelace píku č. 3 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	0,28	0,57	-0,47	-0,17
GI	0,22	-0,23	0,76*	0,44
OH	0,81**	0,76*	0,13	0,53
ČP	0,23	0,16	0,15	0,32
SEDI	0,51	0,81**	-0,43	0,15
NL	0,43	0,78**	-0,55	-0,09
POPEL	-0,11	-0,37	0,43	0,26

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Pík č. 4 gliadiny a píky č. 5 gliadiny u vzorků s deseti píky

Parametry píky č. 4 a 5 (u vzorků s deseti píky), které zřejmě zastupují gliadiny, protože jsou vysoce polymorfní, čehož se často využívá k identifikaci odrůd hexaploidní a tetraploidní pšenice [69], korelovaly vysoce kladně ve 13 případech a v jednom záporně. Absolutní plocha korelovala kladně na hladině významnosti 0,01 s obsahem lepkových bílkovin ($r = 0,66$), dusíkatými látkami ($r = 0,77$) a Zelenyho testem ($r = 0,63$) a na $p < 0,05$ s dusíkatými látkami ($r = 0,52$). Výška píky korelovala kladně na hladině průkaznosti $p < 0,01$ s obsahem lepkových bílkovin ($r = 0,70, 0,74, 0,70$), Zelenyho testem ($r = 0,71, 0,70$) a obsahem dusíkatých látek ($r = 0,66, 0,77$) a na $p < 0,05$ s objemovou hmotností ($r = 0,57, 0,51$) a Absolutní plocha korelovala na $p < 0,01$ záporně s gluten indexem ($-0,66$).

Dříve bylo tvrzeno, že gliadiny ovlivňují viskozitu a tažnost lepku, a tím i těsta [70] Gianibelli *et al.* (2001) však zpochybnil přímý vliv gliadinů na vlastnosti těsta. Uvedl, že vlastnosti těsta ovlivňují spíše LMW podjednotky gluteninů, které jsou s gliadiny geneticky úzce svázány, ale naše výsledky potvrdily, že gliadiny jsou těsně spjaty s ukazateli technologické kvality, které určují vlastnosti těsta a pečiva – výtěžnost mouky, fyzikální a chemické vlastnosti těsta, objem a tvar pečiva.

Tabulka 14 Korelace píku č. 4 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	0,39	0,70**	-0,18	-0,02
GI	-0,11	-0,34	0,20	0,11
OH	0,35	0,57*	-0,10	0,06
ČP	0,30	0,10	0,33	0,22
SEDI	0,46	0,71**	-0,08	0,07
NL	0,52*	0,66**	0,05	0,01
POPEL	0,03	-0,09	0,15	-0,04

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Tabulka 15 Korelace píku č. 4 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	0,53	0,74**	0,21	0,37
GI	-0,45	-0,55	-0,24	-0,35
OH	-0,41	-0,14	-0,58	-0,50
ČP	0,21	0,14	0,23	0,29
SEDI	0,23	0,44	-0,02	0,12
NL	0,30	0,60	-0,05	0,12
POPEL	0,27	-0,17	0,61	0,45

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Tabulka 16 Korelace píku č. 5 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	0,66**	0,70**	-0,35	0,47
GI	-0,45	-0,43	0,10	-0,66**
OH	0,47	0,51*	-0,27	0,27
ČP	0,06	0,06	0,04	-0,31
SEDI	0,63**	0,70**	-0,39	0,38
NL	0,77**	0,77**	-0,24	0,39
POPEL	0,09	0,02	0,22	0,03

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Pík č. 5 Albuminy a globuliny

Parametry píku č. 5 u vzorků s devíti píky, který zastupuje albuminy a globuliny nebyly nalezeny žádné statisticky významné korelace na hladině významnosti 0,01 ani 0,05.

Tabulka 17 Korelace píku č. 5 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	-0,32	-0,31	-0,28	-0,33
GI	0,31	0,31	0,13	0,32
OH	0,55	0,55	0,03	0,54
ČP	-0,25	-0,25	0,23	-0,24
SEDI	-0,06	-0,06	-0,17	-0,07
NL	-0,06	-0,06	-0,24	-0,07
POPEL	-0,49	-0,50	-0,12	-0,48

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Pík č. 6 Albuminy a globuliny

Parametry píku č. 6, který zastupuje albuminy a globuliny, korelovaly pouze ve třech případech. Kdy výška píku korelovala záporně s objemovou hmotností ($r = -0,76$) a relativní plocha píku korelovala záporně s obsahem lepkových bílkovin ($r = -0,61$) a kladně s gluten indexem ($r = 0,50$).

Dle výsledků a na základě literárních zdrojů [70, 71, 72, 73, 74,] se tedy dá říct, že zvyšující se obsah albuminů a globulinů, které popisuje pík č. 6 má negativní vliv na výtěžnost mouky, kvalitu těsta, objem a tvar pečiva, a měly by mít vliv i na pevnost lepku.

Tabulka 18 Korelace píku č. 6 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	-0,49	-0,46	0,17	-0,61*
GI	0,48	0,44	-0,05	0,50*
OH	0,05	0,04	-0,01	-0,09
ČP	-0,02	-0,09	0,31	-0,03
SEDI	-0,33	-0,28	0,03	-0,48
NL	-0,30	-0,28	0,15	-0,49
POPEL	-0,18	-0,22	0,30	-0,15

Tabulka 19 Korelace píku č. 6 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	-0,29	-0,16	-0,29	-0,42
GI	-0,24	-0,48	-0,13	-0,12
OH	-0,30	-0,76*	-0,03	-0,35
ČP	-0,08	-0,30	0,05	-0,02
SEDI	-0,22	-0,34	-0,11	-0,31
NL	-0,32	-0,28	-0,26	-0,47
POPEL	0,51	0,47	0,45	0,61

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Pík č. 7 Albuminy a globuliny

Parametry píku č. 7, který zastupuje albuminy a globuliny, korelovaly pouze ve třech případech. Kdy Výška píku záporně korelovala s obsahem lepkových bílkovin ($r = -0,57$) a relativní plocha píku korelovala záporně s obsahem lepkových bílkovin ($r = -0,54$) a s obsahem dusíkatých látek ($r = -0,55$).

Z výsledků vyplývá, že zvyšující se obsah albuminů a globulinů, které popisuje pík č. 7 má negativní vliv na fyzikální a chemické vlastnosti těsta, objem a tvar pečiva.

Tabulka 20 Korelace píku č. 7 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	-0,49	-0,57*	-0,40	-0,54*
GI	0,34	0,44	0,24	0,33
OH	-0,13	-0,23	-0,08	-0,19
ČP	-0,43	-0,33	-0,45	-0,40
SEDI	-0,37	-0,44	-0,30	-0,44
NL	-0,48	-0,45	-0,46	-0,55*
POPEL	-0,43	-0,27	-0,47	-0,38

Tabulka 21 Korelace píku č. 7 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	-0,15	0,03	-0,33	-0,23
GI	0,22	0,14	0,18	0,28
OH	0,43	0,19	0,66	0,42
ČP	-0,32	-0,32	-0,06	-0,30
SEDI	-0,02	-0,00	-0,07	-0,07
NL	0,07	0,16	-0,06	-0,01
POPEL	-0,64	-0,63	-0,24	-0,59

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Pík č. 8 Albuminy a globuliny

Parametry píku č. 8, který zastupuje albuminy a globuliny, korelovaly v šesti případech. Kdy výška píku korelovala kladně s číslem poklesu ($r = 0,50$) a s obsahem popela ($r = 0,51$), tvar píku koreloval záporně s číslem poklesu ($r = -0,21$) a popelem ($r = -0,56$) a relativní plocha píku korelovala kladně s číslem poklesu ($r = 0,50$) a obsahem popela ($r = 0,50$).

Albuminy a globuliny jsou protoplasmatické bílkoviny tvořené stavebními enzymaticky aktivními bílkovinami [75], obsažené cca. 15 – 20 % v osemeni, aleuronové vrstvě a v klíčku. [47] Se zvyšujícím se obsahem albuminů a globulinů se dle výsledků zvyšuje i obsah popela, souvisí to s tím, že popeloviny (minerální látky) se v největší míře vyskytují také v aleuronové vrstvě a obalových vrstvách. Obsah popelovin i bílkovin v mouce se zvyšuje se stupněm vymletí mouky viz tabulka č. 7.

Číslo poklesu se zvyšuje se zvyšujícím se obsahem bílkovin (albuminů a globuli), což je zapříčiněno zřejmě tím, že albuminy a globuliny jsou tvořeny enzymaticky aktivními bílkovinami a (hodnota čísla poklesu vyjadřuje aktivitu amylytických enzymů v zrně [76]). Z výsledků vyplývá, že zvyšující se obsah albuminů a globulinů, které popisuje pík č. 8 má vliv na zvyšující se aktivitu amylytických enzymů a na zvyšující se obsah minerálních látek v mouce, které se využívají ke stanovení kvality mouky.

Tabulka 22 Korelace píku č. 8 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	0,13	0,28	-0,37	-0,09
GI	0,07	-0,07	0,18	0,21
OH	-0,03	0,05	-0,13	-0,21
ČP	0,47	0,50*	-0,21*	0,50*
SEDI	0,11	0,24	-0,34	-0,12
NL	0,32	0,40	-0,47	0,08
POPEL	0,44	0,51*	-0,56*	0,50*

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Tabulka 23 Korelace píku č. 8 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	0,20	0,07	0,37	0,17
GI	0,17	0,21	0,09	0,21
OH	0,15	0,29	-0,05	0,17
ČP	-0,14	-0,20	-0,01	-0,13
SEDI	0,10	0,07	0,13	0,09
NL	0,25	0,19	0,30	0,23
POPEL	-0,58	-0,65	-0,39	-0,58

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Pík č. 9 Albuminy a globuliny

Parametry píku č. 9, který zastupuje albuminy a globuliny, korelovaly v sedmi případech. Kdy Absolutní plocha píku kladně korelovala s číslem poklesu ($r = 0,55$) a obsahem popela ($r = 0,50$), výška píku korelovala kladně s číslem poklesu ($r = 0,54$), tvar píku koreloval kladně s číslem poklesu ($r = 0,55$) a popelem ($r = 0,52$) a relativní plocha píku korelovala kladně s číslem poklesu ($r = 0,57$) a obsahem popela ($r = 0,52$).

Zdůvodnění uvedeno u píku č. 8.

Tabulka 24 Korelace píku č. 9 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	0,26	0,22	0,28	0,20
GI	0,01	0,05	-0,04	0,05
OH	0,07	0,07	0,12	0,03
ČP	0,55*	0,54*	0,55*	0,57*
SEDI	0,23	0,22	0,27	0,18
NL	0,42	0,41	0,44	0,37
POPEL	0,50*	0,48	0,52*	0,52*

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

pík č. 9 a pík č. 10 Složky nebílkovinné povahy

Parametry píku č. 9 a 10 u vzorků s devíti píky, který zastupuje složky nebílkovinné povahy nebyly nalezeny žádné statisticky významné korelace na hladině významnosti 0,01 ani 0,05. Tyto složky zřejmě nemají významný vliv na technologickou kvalitu pšeničné mouky.

Tabulka 25 Korelace píku č. 9 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	0,20	0,25	-0,43	0,15
GI	-0,12	-0,16	0,16	-0,07
OH	0,12	0,03	0,56	0,13
ČP	-0,33	-0,29	-0,14	-0,32
SEDI	0,08	0,09	0,01	0,05
NL	0,27	0,28	-0,14	0,22
POPEL	-0,57	-0,51	-0,25	-0,56

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

Tabulka 26 Korelace píku č. 10 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky

Proměnná	Area	Height	A/H	A%
LEPEK	0,19	0,21	-0,07	0,09
GI	-0,22	-0,28	0,30	-0,18
OH	0,26	0,21	0,23	0,18
ČP	-0,18	-0,17	-0,05	-0,23
SEDI	0,36	0,37	-0,07	0,27
NL	0,34	0,31	0,07	0,22
POPEL	-0,01	0,09	-0,44	-0,03

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,05);

** $p < 0,01$ (statisticky průkazné korelace na hladině významnosti 0,01)

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo zjistit, jak významný vliv má zastoupení bílkovinných frakcí na technologickou kvalitu pšeničné mouky. Použití širokého souboru vzorků pšeničné mouky a analýza metodou SE-HPLC umožnila ověřit vliv zastoupení bílkovinných frakcí na ukazatele technologické kvality pšeničné mouky.

Srovnáním jednotlivých korelačních závislostí mezi obsahem jednotlivých bílkovin a hodnotami technologické kvality bylo zjištěno, že nejtěsněji korelovaly píky zastupující nízkomolekulární gluteniny, gliadiny a jednu frakci albuminů a globulinů. Vliv vysokomolekulárních gluteninů nemohl být na statisticky významné hladině průkaznosti objektivně posouzen zřejmě kvůli neúplné extrakci bílkovinných frakcí s nejvyšší molekulovou hmotností. Byla zjištěna pouze jedna statisticky významná korelace a to s obsahem lepkových bílkovin.

Nízkomolekulární gluteniny byly převážně v kladné korelaci se sledovanými parametry, statisticky průkazné byly korelace s obsahem lepkové bílkoviny, Zelenyho testem a obsahem dusíkatých látek.

Gliadiny korelovaly se sledovanými znaky nejtěsněji, převážná většina korelací byla kladná a prokazatelná na statistické hladině významnosti 0,01. Nejvíce koreloval obsah lepkových bílkovin a dusíkatých látek, objemová hmotnost, Zelenyho test a gluten index. Gliadiny mají velký vliv na technologickou kvalitu pšeničné mouky, protože tvoří podstatnou součást lepku.

Albuminy a globuliny korelovaly s technologickými parametry kvality mnohem méně než gliadiny a gluteniny, nejvýznamněji korelovala jedna frakce s číslem poklesu a obsahem popelovin, což zřejmě souvisí se stupněm vymletí mouky.

Z charakteristik píků nejvíce s technologickými parametry korelovala výška píku (24 případů) a absolutní plocha (13 případů), tyto korelace se vyskytovaly převážně u gliadinů a gluteninů a zřídka u některých frakcí albuminů a globulinů. Zatímco relativní plocha píku (11 případů), a tvar píku (5 případů) korelovaly daleko méně a korelace se nejčastěji vyskytovaly u albuminů a globulinů.

Diplomová práce prokázala zásadní vliv jednotlivých bílkovinných frakcí na technologickou kvalitu pšeničné mouky. Nejtěsnější korelace byla zjištěna mezi gliadiny a nízkomo-

lekulárními gluteniny a obsahem lepku, Zeleného testem a obsahem dusíkatých látek, dále pak mezi dvěma frakcemi albuminů a globulinů a číslem poklesu a obsahem popela.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JAKUBECOVÁ, H. *Znovuobjavenie jačmeňa*. Výživa a Zdravie, časopis pre výživu a zdravý zdravotný štýl, 1, 2004, s. 28 – 29.
- [2] RINCÓN-LEÓN, F. *Functional foods. Encyclopedia of Food Science and Nutrition*, Vol. 5. 2nd edn, pp 2827-32. Academic Press, London, s. 692-699.
- [3] ANONYM. *Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství*. 1. vyd. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, zemědělská fakulta. 2008. 68 s. ISBN 978-80-7394-116-1
- [4] GAJDOŠOVÁ, A., ŠTURDÍK, E. *Biologické, chemické a nutrično-zdravotné charakteristiky pekářských cereálií*. Katedra výživy a hodnotenia potravín, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie Slovenskej technickej univerzity, Nova biotechnologica. 2004. 133 s. ISBN 80-89034-79-9
- [5] SOBOTKA, M., JELÍNKOVÁ-PAROULKOVÁ. *Atlas obilnin* 1. vyd. Státní zemědělské nakladatelství v Praze, 1958. 280 s.
- [6] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. *Cereální Chemie a technologie I*. 1. vyd. VSCHT Praha 2004. ISBN 80-7080-530-7
- [7] HRABĚ, J., KOMÁR, A. *Technologie zbožížnalství a hygiena potravin rostlinného původu III. Část*. Vysoká vojenská škola pozemního vojska ve Vyškově. Vyškov 2003. ISBN 80-7231-107-7
- [8] RUI HAI L. *Whole grain phytochemicals and health*. Journal of Cereal Science, 46, 2007, s. 207–219
- [9] KOPÁČOVÁ, O. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. UZPI Ministerstvo zemědělství 2007. ISBN 978-80-7271-184-0
- [10] GRAMAN, J., ČURN, V. *Šlechtění rostlin (obiloviny, luskoviny)*. Jihočeská univerzita, zemědělská fakulta 1998. Dostupné z WWW:<http://biocentrum.zf.jcu.cz/docs/prednasky/Slechteni-rostlin---MZSa4a9f1043d.doc>. [online, cit. 2010-11-17]

- [11] MLYNÁŘSKÉ NOVINY. *Tržní informace – situační zpráva na trhu obilí v září 2008*. ročník XIX. Září 2008 Dostupné z WWW http://svazmlynu.cz/fotografie/mn_zari08.pdf [online, cit. 2010-11-21]
- [12] KŮST, F. *Pěstování a produkce pšenice ozimé*. Ministerstvo zemědělství ČR 9.7. 2010 Dostupné z WWW http://www.agroweb.cz/Pestovani-a-produkce-psenice-ozime__s1302x47004.html [online, cit. 2010-11-21]
- [13] PETR, J. *Intenzivní obilnářství*. Státní zemědělské nakladatelství Praha 1983. publikace 3575. 367 s. 07-061-83
- [14] PRUGAR, J. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. 43. publikace*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., 2008. 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2
- [15] ŠAŠKOVÁ, D., ŠTOLFA, V. *Trávy a obilí*. Artia a.s. a Granit s.r.o. v Praze 1993. vyd. 1. 64 s. ISBN 80-85805-03-0
- [16] KOPÁČOVÁ, O. *Výzkum pšenice durum*. Článek 31478. vydáno 15. 12. 2004. Dostupné z WWW <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=31478&ids=421> [online, cit. 2010-11-25]
- [17] MOUDRÝ, J. *Pšenice špalda*. Databáze využití nepotravinářské zemědělské produkce 2004 – 2005. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Dostupné z WWW http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/2/psenice_spalda.html [online, cit. 2010-11-25]
- [18] PLISKOVÁ, V., PLISKA, V. *Suroviny pro 1. a 2. ročník SOU*. Praha: SNTL, 1984, 211 s.
- [19] DUDÁŠ, F., POVOLNÝ, M., TICHÝ, I. *Skladování a zpracování rostlinných výrobků*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1981, vyd.1, 384 s. 07-083-81
- [20] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D. *Potravinářská biochemie I*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín 2007, vyd. 1, 169 s., ISBN 978-80-7318-295-3
- [21, 31] Pomeranz, Y. *Wheat: Chemistry and Technology*, American Association of Cereal Chemists, 1988, 514 s. ISBN 0-913250-65-1
- [22] ŠÁRKA, E., BUBNÍK, Z. *Morfologie, chemická struktura, vlastnosti a možnost využití pšeničného B-škrobu*. *Chemické listy* 104, 2010, 318-325
- [23] MURRAY, K., GRANNER, K. D., MAYES, P. A., RODWELL, V. W. *Harperova biochemie* 23th ed. Jinočany: Nakladatelství H+H, 2002. 872 s.
- [24] BECKER A., HILL S. E., MITCHELL J. R. Relevance of amylose-lipid complexes to the behaviour of thermally processed starches. *Starch* 53, 2001. 121s.

- [25] KADLEC, P. *Procesy potravinářských a biochemických výrob.* VŠCHT Praha, 2003. 1. vyd., 308 s. ISBN 80-7080-527-7
- [26] HAMPL, J., PŘÍHODA, J. *Cereální chemie a technologie, díl 2, Pekárenství.* VŠCHT v Praze 1. vyd., 248 s.
- [27] KOPÁČOVÁ, O. *Balení prodlužuje dobu údržnosti pekařských výrobků.* Článek 27106. vydáno 18. 6. 2004. Dostupné z WWW <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=418&ch=13&typ=1&val=27106> [online, cit. 2011-3-5]
- [28] PHILLIPS, G.O., WILLIAMS, P.A. *Handbook of Hydrocolloids*, CRC Press, Boca Raton, New York, 2000, 442 s., ISBN 0-8493-0850-X.
- [29] KODET, J., BABOR, K. *Modifikované škroby, dextriny a lepidla.* SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 1991, str. 326
- [30] SLUKOVÁ, M. *Cereální chemie a technologie.* VŠCHT Ústav chemie a technologie sacharidů Dostupné z WWW http://www.vscht.cz/main/soucasti/fakulty/fpbt/grant_TRP/dokumenty/06.pdf [online, cit. 2011-3-6]
- [32] ČERNÝ, J., ŠAŠEK, A. *Bilkovinné signální geny pšenice obecné.* ÚZPI Praha 1996, 92 s. ISBN 80-85120-55-0
- [33] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií.* Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. 141 s. ISBN 80-7157-811-8
- [34] PELIKÁN, M., HŘIVNA L., HUMPOLA, J. *Technologie sacharidů.* MZLU Brno, 1999. 152 s. ISBN 80-7157-407-4
- [35] KOHLER, P., KECK-GASSENMEIER, WIESER, H., KASARDA. *Molecular modelling of the terminal regions of high molecular weight glutenin subunits 7 and 5 in relation to intramolecular disulfide bond formation.* Cereal chem, 1997. 74, 154 s.
- [36] ŠKÁRKA, B., FERENČÍK, M. *Biochémiá.* 2. vyd., Bratislava, 1987. 744 s. ISBN 063-576-87
- [37] FOŘT, *Výživa hlavně pro kulturistiku a fitness.* Východočeská tiskárna, 2. vyd., Pardubice 2006, ISBN 80-86462-21-8
- [38] KARLSON, *Základy biochemie.* 3. vyd. Praha Academia, 1981. ISBN 104-21-85
- [39] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J., *Chemie potravin.* 1. vyd., Praha SNTL, 1983, 632 s. ISBN 04-815-83

- [40] PELLEY, R. P. – STRICKLAND, F. M. Plants, polysaccharides, and the treatment and prevention of neoplasia. *Critical Reviews in Oncogenesis*, 11, 2000, 189 – 225 s.
- [41] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin. 1. vyd.* Tábor OSSIS, 2002. 344 s. ISBN 80-86659-00-3.
- [42] SHEWRY, P., R. The structure and properties of gluten an elastic protein from wheat grain. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 2002, 357, 133-142 s.
- [43] ČEPIČKA, J. *Obecná potravinářská technologie. 1. vyd.* Praha VŠCHT, 1995. 246 s. ISBN 80-7080-239-1.
- [44] KOCNA, P., *Bezlepková dieta od teorie k praxi. Ústav klinické biochemie a laboratorní diagnostiky 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy.* Dostupné z WWW: http://celiak.cz/download/media/cs_dieta07.pdf [online, cit. 2011-3-24]
- [45] KAMAL, A. H. M. *Diversity of Novel Glutenin Subunits in Bread wheat.* *J. Plant Biol.* 2009, 52, s. 533- 542.
- [46] WRIGLEY, CW. *Giant proteins with flour power.* *Nature*, 1996. 381, s. 738-739.
- [47] JAROLÍMKOVÁ, S. *Jak připravovat obiloviny, luštěniny, semena a ořechy.* Praha MOTTO, 2007. 170 s. ISBN 978-80-7246-355-8
- [48] HAMPL, J. *Jakost pekárenských a cukrárenských výrobků. 1. vyd.,* Praha SNTL, 1981. 232 s. ISBN: 04-818-81
- [49] JANÍČEK, G., HALAČKA, K. *Základy výživy. 1. vyd.,* Praha SNTL 1985.
- [50] NALEZENEC, J. *Inovace kruhového vibračního dna.* Dostupné z WWW. <httpstc.fs.cvut.czpdfNalezenecJiri-346891.pdf> [online, cit. 2011-3-28]
- [51] ALTERA, J., ALTEROVÁ, L. *Pekárenská technologie.* Dostupné z WWW. httpwww.udlice.czindex.phpoption=com_docman&task=doc_view&gid=51&Itemid=9 [online, cit. 2011-3-28]
- [52] HLÁSENSKÁ, A. *Úpravy jadrných krmiv.* Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Ústav výživy zvířat a pícninářství. Dostupné z WWW http://www.af.mendelu.cz/dok_server/slozka.pl?id=48974;download_pdf=71015 [online, cit. 2011-3-28]
- [53] *Zařízení pro finalizaci potravinářských zrnin a olejnin.* Dostupné z WWW <http://ari.wikidot.com/zarizeni-pro-finalizaci-potravinarskych-zrnin-a-olejnin#toc3> [online, cit. 2011-3-29]

- [54] LEKEŠ, J. *Šlechtění obilovin na území Československa*. Praha Brázda, s. r. o., 1997. 280 s. ISBN 80-209-0271-6
- [55] PAVLIŠ, M.; PLISKOVÁ, M.; PLISKA, V. *Průmyslová výroba krmiv a mlynářství*. Praha SNTL, 1980, 135 s.
- [56] KULOVANÁ, E. *Kvalita Obilnin*. Dostupné z WWW http://www.agroweb.cz/KVALITA-OBILNIN__s44x8475.html [online, cit. 2011-4-8]
- [57] ZIMOLKA, J. *Pšenice, pěstování, hodnocení a užití zrna*. Profi press, s. r. o. 2005. 180 s. ISBN 80-867-2609-6
- [58] KOPÁČOVÁ, O., *Mechanické a fyzikálně chemické charakteristiky endospermy pšenice durum*. Článek 34678, Vydáno 10.4. 2005 Dostupné z WWW <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=34678&ids=421> [online, cit. 2011-4-8]
- [59] HONESEY, R. C. *Principles of Cereal Science and Technology*. AACC, St. Paul, MN, USA, 1992. 327 s.
- [60] BUREŠOVÁ, I., PALÍK, S. *Kvalita obilovin*. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, a.s.. Dostupné z WWW www.agris.cz/etc/filereader.php?iId=3476&PHPSESSID [online, cit. 2011-4-8]
- [61] PŘÍHODA, J., Humplíková, P., Novotná, D. *Základy pekárenské technologie*. Pekař a cukrář s. r. o., Praha 2003. ISBN 80-902922-1-6
- [62] NOVOTNÝ, F. *Nové Směry v hodnocení potravinářské pšenice*. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, a.s.. Dostupné z WWW http://www.agrokrom.cz/texty/Obilnarske_listy/novotny_nove%20smery%20v%20hodnoceni_1%20cast_973.pdf [online, cit. 2011-4-8]
- [63] HÁLKOVÁ, J., RUMIŠKOVÁ, M., RIEGLOVÁ, J. *Analýza potravin laboratorní cvičení*. Újezd u Brna Ivan Straka, vydavatel odborných publikací, 2001. ISBN 80-864940309
- [64] HALABALOVÁ, V., *Stérická exkluzní chromatografie polysacharidů a polyethylenoxidů*. Dostupné z WWW http://ufmi.ft.utb.cz/texty/separacni_metody/SM_lab_04a.pdf [online, cit. 2011-4-8]

- [65] Analytical Ventura. *Size Exclusion HPLC*. Dostupné z WWW <http://www.analyticalventura.com/se-hplc.shtml> [online, cit. 2011-4-8]
- [66] BIETZ, J., A. *High-performance liquid chromatography of cereal proteins*. Northern Regional Research Center, Agricultural Research Service, U.S Department of Agriculture Peoria, Illinois. Dostupné z WWW <http://ddr.nal.usda.gov/bitstream/10113/23941/1/ADL87052021.pdf> [online, cit. 2011-4-8]
- [67] DACHKEVITCH, T., AUTRAN, J. C. *Prediction of Baking Quality of Bread Wheats in Breeding Programs by SE - HPLC*. Cereal Chemistry 66, 1989, 448-457 s.
- [68] ANONYM. Dostupné z WWW <http://userweb.pedf.cuni.cz/kpsp/skalouda/korelace.doc> [online, cit. 2011-4-8]
- [69] GIANIBELLI, M. C., LAROQUE, O. R., MACRITHIE, F. a WRIGLEY, C. W. Biochemical, *Genetic and Molecular Characterization of Wheat Endosperm Proteins*. Online review [online]. American Association of Cereal Chemist, Inc. 2001. Dostupné z WWW: <<http://www.aaccnet.org/cerealchemistry/freearticle/gianibelli.pdf> > [online, cit. 2011-4-12]
- [70] BELDEROK, B., MESDAG, J. a DONNER, D. A. *Bread-Making Quality of Wheat. A century of breeding in Europe. Part One: Developments in bread-making processes. Part Two: Breeding for bread-making quality in Europe*. Dordrecht, Kluwe Academic Publishers, 2000, 416 s.
- [71] SHEWRY, P. R. a TATHAM, A. S. *Biotechnology of Wheat Quality*. J Sci Food Agric, 73, 1997, s. 397–406,
- [72] PŘÍHODA, J. a HRUŠKOVÁ, M. *Mlynářská technologie svazek 1. Hodnocení kvality*. SP, Praha 2007, 188 s.

- [73] DENDY, D. A. V. a DOBRASZCZYK, B. J. *Cereals and Cereal Products. Chemistry and Technology*. Gaithersburg, Aspen Publishers, 2001, 429 s.
- [74] KULP, K. a PONTE, J. G. *Handbook of Cereal Science and Technology*. Second Edition, Revised and Expanded. New York, Marcel Dekker, Inc. 2000, 790 s.
- [75] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004, 141 s.
- [76] INGLETT, G. E. *Wheat: Production and Utilization*. Westport, AVI Publishing Company, Inc., 1974, 500 s.
- [77] PETR, J. *Problémy kolem potravinářské pšenice*. Zemědělec, 1994. 14 s.
- [78] BUREŠOVÁ, I. Hodnocení kvalitativních parametrů genetických donorů pšenice a vybraných amfiploidů a jejich využití pro pekárenské a lihovarské účely. Doktor- ská disertační práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno, 2008. 158 s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AMK	aminokyselina
ČSN	česká technická norma
GI	gluten index
HMW gluteninů	vysokomolekulární podjednotky gluteninů
LMW gluteninů	nízkomolekulární podjednotky gluteninů
NL	obsah dusíkatých látek
OH	objemová hmotnost
SDS	sedimentační hodnota, objem sedimentu bílkovin získaný testem podle Axforda
SEDI	sedimentační index, objem sedimentu bílkovin získaný testem podle Zeleny
ČP	číslo poklesu
POPEL	obsah popelu
GPC	gelová chromatografie
HPLC	vysokoúčinná kapaliová chromatografie
SE-HPLC	molekulově vylučovací vysokoúčinná kapalinová chromatografie
Da	Dalton jednotka molekulové hmotnosti

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Pšenice setá (<i>Triticum aestivum</i>) [4]	15
Obrázek 2 Morfologické složení pšeničného zrna [6]	17
Obrázek 3 Fotografie nativního pšeničného škrobu typu A a B [22]	22
Obrázek 4 Obecný vzorec aminokyseliny [20]	25
Obrázek 5 Chemická struktura kyseliny glutamové (vlevo) a glutaminu (v pravo) [36]	26
Obrázek 6 Chemická struktura Prolinu [36]	27
Obrázek 7 Vznik peptidové vazby [20]	27
Obrázek 8 Část primární struktury pšeničné bílkovinné makromolekuly [6]	28
Obrázek 9 Představa struktury gliadinu (Lasztity R.1984) [6]	32
Obrázek 10 Představa propojení složek gluteninu [6]	33
Obrázek 11 Představa meziřetězcových (A) a vnitřetězcových (B) –S-S- vazeb [6].....	34
Obrázek 12 Model vzájemného příčného propojení přímých řetězců.....	34
Obrázek 13 Svinutá forma jednořetězcové gluteninové podjednotky s intrařetězcovými vazbami mezi jednou z 5 cydteinových –SH skupin N- koncové domény a jednou –SH skupinou C-koncové domény [6]	35
Obrázek 14 Model struktury hydratovaného lepkového vlákna [7]	36
Obrázek 15 Příklad schéma příjmové linky [6]	38
Obrázek 16 Princip činnosti odkaménkovače [6]	40
Obrázek 17 Schéma příčného řezu válcovým triérem.....	41
Obrázek 18 Princip činnosti intenzivního nakrápěče [6].....	42
Obrázek 19 Princip činnosti odíracího stroje [6].....	43
Obrázek 20 Schéma válcové stolice [6]	45
Obrázek 21 Vzájemné postavení rýh na válcích [7].....	46
Obrázek 22 Schéma rovinného vysévače pohled zepředu (a) a z boku (b) [6]	47
Obrázek 23 Schéma čističky krupic [6]	48
Obrázek 24 Průchod látky kolonou SE-HPLC [65].....	59

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 uvádí procentuální zastoupení jednotlivých částí zrna k celkové hmotnosti, srovnání zrna pšeničného s žitem a ječmenem.....	19
Tabulka 2 Chemické složení pšenice v porovnání se složením žita a ječmene [18].....	19
Tabulka 3 Obsah hlavních skupin sacharidů v pšeničné obilce, mouce a otrubách v % [9]	20
Tabulka 4 Přehled proteinů obilovin [41]	31
Tabulka 5 Základní druhy pšeničné mouky (druh, typ, popel, granulace) [63].....	49
Tabulka 6 Závislost chemického složení pšeničných mouk na vymletí v % [7]	49
Tabulka 7 Základní charakteristiky proteinových frakcí pšenice [78]	60
Tabulka 8 Korelace píku č. 1 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky.....	64
Tabulka 9 Korelace píku č. 1 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky.....	64
Tabulka 10 Korelace píku č. 2 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky.....	66
Tabulka 11 Korelace píku č. 2 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky.....	66
Tabulka 12 Korelace píku č. 3 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky.....	67
Tabulka 13 Korelace píku č. 3 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky.....	68
Tabulka 14 Korelace píku č. 4 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky.....	69
Tabulka 15 Korelace píku č. 4 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky.....	69
Tabulka 16 Korelace píku č. 5 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky.....	70
Tabulka 17 Korelace píku č. 5 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky.....	70
Tabulka 18 Korelace píku č. 6 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky.....	71
Tabulka 19 Korelace píku č. 6 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky.....	71
Tabulka 20 Korelace píku č. 7 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky.....	72
Tabulka 21 Korelace píku č. 7 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky.....	72
Tabulka 22 Korelace píku č. 8 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky.....	73
Tabulka 23 Korelace píku č. 8 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky.....	74
Tabulka 24 Korelace píku č. 9 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky.....	74
Tabulka 25 Korelace píku č. 9 s technologickými parametry u vzorků s 9 píky.....	75
Tabulka 26 Korelace píku č. 10 s technologickými parametry u vzorků s 10 píky.....	75

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI Základní ukazatele technologické kvality pšeničné mouky

**PŘÍLOHA P I: ZÁKLADNÍ UKAZATELE TECHNOLOGICKÉ
KVALITY PŠENIČNÉ MOUKY**

Číslo vz.	Lepek	GI	OH	ČP	SEDI	NL	POPEL
1	36,8	65	81,2	353	49	14,0	1,78
2	33,0	70	80,9	328	49	13,0	1,79
3	33,1	74	81,6	312	50	13,6	1,78
4	33,7	78	80,7	331	47	13,3	1,79
5	33,5	80	79,0	370	44	13,4	1,82
6	30,3	96	79,6	379	41	13,0	1,81
7	30,2			285	58	12,0	1,77
8	35,2		82,0	312	46	13,4	1,71
9	34,9	67	79,8	345	46	13,0	
10	36,7	76	82,6	375	57	13,6	
11	33,8	92	82,0	356	46	13,3	
12	30,3	97	78,4	316	50	13,5	
13	31,0	78	78,9	291	39	12,1	
14	32,1	55	81,8	231	33	12,5	
15	31,7	78	80,1	343	43	12,5	
16	34,6	90	79,9	335	40	14,2	
17	33,5	73	77,7	284	39	13,6	
18	29,0	92	79,9	394	37	12,3	
19	31,7	88	82,0	335	41	13,7	
20	33,2	85	81,8	347	36	13,4	
21	32,6	83	83,8	305	38	14,4	
22	32,9	92	78,5	300	41	15,5	
23	32,1	92	80,2	224	36	13,9	
24	31,9	96	78,6	311	40	13,5	
25	30,1	91	81,0	321	34	12,7	
26	32,4	75	79,3	320	33	13,3	
27	33,5	86	81,5	314	42	14,5	
28	33,7	87	82,6	390	53	13,3	1,78
29	31,1	85	80,4	293	38	12,4	1,71
30	31,9	76	79,7	292	46	13,2	1,78
31	34,6	70	80,0	261	51	13,3	
32	32,0	75	81,0	386	47	12,2	
33	32,4	78	83,5	369	48	13,3	

34	27,6	91	77,5	233	45	12,8	
35	31,5	79	80,2	300	42	12,9	1,74
36	29,2	98	81,3	278	46	13,0	
37	30,8	96	81,5	282	46	13,2	1,72
38	31,8	66	78,7	252	43	12,8	1,79
39	35,2	71	80,7	313	48	13,3	1,71
40	31,2	88	80,9	288	46	13,5	1,75
41	33,6	82	79,7	315	48	13,0	
42	24,9	95	78,2	375	27	11,9	1,83
43	31,3	73	79,4	267	37	12,7	1,79
44	34,4	82	79,7	330	41	12,7	
45	32,5	70	78,1	254	45	13,2	1,75
46	33,4	97	78,3	354	45	13,2	1,78
47	33,7	93	78,8	315	49	14,5	
48	29	94	79,9	349	32	12,3	
49	28,3	95	76,6	330	41	12,7	
50	30,3	92	80,9	268	43	12,9	1,72
51	26,6	89	76,6	310	33	11,6	
52		80	78,5				
53	31,2	78	80,2	362	36	12,4	
54	32,9	84	80,9	331	42	13,1	
55	33	76	79,5	301	49	13,2	
56	33,4	79	80,7	327	54	13,7	1,75
57	31,6	72	78,6	389	46	12,9	1,79
58	31,5	86	79,1	348	48	13	
59	35	77	81,3	341	52	13,4	
60	30,9	83	78,5	315	45	12,7	
61	32,5	77	78,9	260	50	13,3	
62	29	95	78,3	334	40	12,2	1,85
63	33,9	85	79,5	337	43	13,2	1,86
64	30	90	76,2	263	37	12,4	1,88
65	31,4	76	77,7	221	40	12,9	1,78
66	32,4	86	77,1	313	41	13,1	
45	32,5	70	78,1	254	45	13,2	1,75