

Využitelnost SE-HPLC k hodnocení pekárenské kvality pšeničné mouky

Bc. Alena Hejdová

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. Alena HEJDOVÁ**
Osobní číslo: **T09532**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Využitelnost SE-HPLC k hodnocení pekárenské kvality pšeničné mouky.**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Vlastnosti pšeničné mouky.
2. Kvalitativní ukazatele pšeničné mouky.
3. Bílkoviny pšeničné mouky.
4. Kapalinová chromatografie bílkovin.

II. Praktická část

1. Cíl práce.
2. Materiál a metody.
3. Výsledky a diskuse.



Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] ZIMOLKA, J., EDLER, S., HRIVNA, L., JÁNSKÝ, J., KRAUS, P., MAREČEK, J. a NOVOTNÝ, F. Pšenice. Pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press, Praha, 2005, 180 s. ISBN: 80-86726-09-6.

[2] PŘÍHODA J., SKŘIVAN P., HRUŠKOVÁ M.: Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin 1. vyd. Praha VŠCHT, 2004, 202 s. ISBN 80-7080-530-7.

[3] DACHKEVITCH T., AUTRAN J.C.: Prediction of Baking Quality of Bread Wheats in Breeding Programs by SE – HPLC. Cereal Chemistry 66, 1989, 448-456.

[4] DENDY D.A.V., DOBRASZCZYK B.J.: Cereals and Cereal Products. Chemistry and Technology. Aspen Publishers, Gaithersburg, 2001, 429 s.

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 Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Hejdová Alena Obor: Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin

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 obhajoby ¹⁾;
- 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. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít 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, považuji 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 17.5.2011

Hejdová Alena
.....

²⁾ 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 nevydělečně 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 vzdělávacímu 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). Odpírá-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 užit 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 jím 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 přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na zjištění využitelnosti SE-HPLC k hodnocení pekárenské kvality pšeničné mouky. Teoretická část popisuje vlastnosti pšeničné mouky a její kvalitativní ukazatele, bílkoviny pšeničné mouky a kapalinovou chromatografii. Praktická část se zabývá stanovením podílu jednotlivých bílkovinných frakcí v pšeničné mouce metodou SE-HPLC a vyhodnocením korelací mezi obsahem bílkovinných frakcí a základními ukazateli technologické kvality zrna.

Klíčová slova: pšenice, bílkoviny, kvalita zrna, SE-HPLC

ABSTRACT

This work is specialized in utilization of SE-HPLC evaluating bread-making quality of wheat flour. The theoretical part describes the properties and quality characteristics of wheat flour, wheat flour proteins and liquid chromatography. The practical part deals with the determination of the proportion of protein fractions in wheat flour by SE-HPLC and the evaluation of correlations between the content of protein fractions and basic indicators of technological quality of grain.

Keywords: wheat, proteins, grain quality, SE-HPLC

Ráda bych poděkovala vedoucí mé diplomové práce Mgr. Ivě Burešové, Ph.D. za odbornou pomoc, konzultace, připomínky a trpělivost při vypracování této diplomové práce.

Mé velké poděkování patří panu Ing. Petru Mišovi, Ph.D. ze Zemědělského výzkumného ústavu Kroměříž, s.r.o. za poskytnutí vzorků pšeničné mouky a panu doc. Dr. Ing. Lud'ku Hřivnovi z Ústavu technologie potravin Mendelovy univerzity v Brně za umožnění analýz pšeničné mouky.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 PŠENICE	11
1.1 POTRAVINÁŘSKÁ JAKOST PŠENICE.....	11
2 VLASTNOSTI PŠENIČNÉ MOUKY	12
2.1 PEKAŘSKÁ JAKOST PŠENIČNÉ MOUKY.....	12
3 KVALITATIVNÍ UKAZATELE PŠENIČNÉHO ZRNA	13
3.1 HLAVNÍ PARAMETRY JAKOSTI PŠENIČNÉHO ZRNA	13
3.2 DOPLŇKOVÉ PARAMETRY JAKOSTI PŠENIČNÉHO ZRNA	14
4 BÍLKOVINY PŠENIČNÉ MOUKY	16
4.1 ZÁKLADNÍ SLOŽENÍ BÍLKOVIN	16
4.2 VLASTNOSTI PŠENIČNÝCH BÍLKOVIN	17
4.3 LEPEK.....	18
4.4 HODNOCENÍ PŠENIČNÉHO ZRNA	21
5 KAPALINOVÁ CHROMATOGRRAFIE	22
5.1 CHROMATOGRRAFIE A CHROMATOGRFICKÝ SYSTÉM.....	22
5.2 CHROMATOGRFICKÉ METODY	22
5.3 DĚLENÍ KAPALINOVÉ CHROMATOGRRAFIE.....	22
5.4 PŘÍSLUŠENSTVÍ HPLC	23
5.4.1 Zařízení pro uchování a transport mobilní fáze – vysokotlaké čerpadlo	23
5.4.2 Zařízení pro dávkování vzorku – injektor.....	24
5.4.3 Zařízení pro separaci látek – chromatografická kolona	24
5.4.4 Zařízení pro detekci látek – detektory.....	25
5.5 MOLEKULOVĚ VYLUČOVACÍ VYSOKOÚČINNÁ KAPALINOVÁ CHROMATOGRRAFIE BÍLKOVIN	25
6 KORELACE	26
II PRAKTICKÁ ČÁST	27
7 CÍL PRÁCE	28
8 MATERIÁL A METODY	29
8.1 VZORKY MOUK.....	29
8.2 METODIKA PRÁCE	29
9 VÝSLEDKY A DISKUSE	31
ZÁVĚR	43
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	44
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	49
SEZNAM OBRÁZKŮ	50
SEZNAM TABULEK	51
SEZNAM PŘÍLOH	52

ÚVOD

Pšeničné zrno je nenahraditelnou surovinou pro výrobu kynutého pečiva. Používá se na výrobu pečivářských výrobků, snídaňových cereálií, těstovin, je nedílnou součástí krmných směsí, a dále se využívá pro výrobu škrobu a etanolu. Vhodnost zrna k různým způsobům využití závisí na jeho vlastnostech, zejména obsahu a kvalitě bílkovin.

Kvalita zrna je termín, vyjadřující do jaké míry se skutečné parametry zrna obilovin blíží očekávanému standardu. Různí spotřebitelé a zpracovatelé mohou mít na zrno rozdílné požadavky, proto je třeba na kvalitu zrna pohlížet jako na relativní veličinu tvořenou mnoha složkami. Kvalitu zrna ovlivňují dominantním způsobem odrůda a podmínky pěstování. Podmínky pěstování, zejména průběh počasí během vegetační doby, hrají velmi významnou roli při tvorbě technologické kvality v podmínkách nestabilního klimatu, ve kterém se nachází Česká republika. [1]

V současné praxi se kvalita pšeničného zrna hodnotí nepřímými ukazateli, které však nepostihují podstatu hodnoceného jevu. Např. obsah dusíkatých látek v zrně nevyovídá nic o zastoupení bílkovinných frakcí, které zásadně ovlivňuje zpracovatelské vlastnosti zrna. Zpracovatelské vlastnosti je možné odhadnout na základě provedení sady zkoušek. Počet prováděných zkoušek se postupně zvyšuje, zkoušení se stává časově i finančně náročnější. Zejména u vzorků s hodnotami na hranici požadavku ČSN vznikají spory o jejich vhodnosti pro zamýšlený způsob zpracování. Molekulová vylučovací vysokoúčinná kapalinová chromatografie (SE-HPLC) umožňuje přímo zjistit podíl bílkovinných frakcí, a proto by mohla být využívána pro problematické vzorky. Využitelná je také na běžné rozhodování o vhodnosti suroviny se specifickými požadavky na podíl lepkových bílkovin - výroba krmiv, etanolu atd.

Už před více než 10 lety zjišťoval RNDr. Hubík ve Výzkumném ústavu obilnářském v Kroměříži využitelnost kapalinové chromatografie ke zjišťování bílkovinných frakcí a hodnocení pekářských vlastností pšenice. Zatímco v zahraničí se stanovení bílkovinných frakcí postupně dostává do praxe, v ČR se této problematice nevěnuje dostatečná pozornost.

Cílem diplomové práce bylo zjištění nové možnosti hodnocení kvality obilovin, a to využitelnosti metody SE-HPLC pro rozhodování o nejvhodnějším způsobu zpracování pšeničného zrna.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŠENICE

Pšenice je světově nejrozšířenější obilovinou pro pekařské využití, vedle rýže je nejrozšířenější kulturní plodinou na světě a spolu s rýží je hlavní plodinou zabezpečující výživu převážné části lidstva. Pšenice je jediná obilnina vytvářející viskoelastický gel – lepek, důležitý při kynutí těsta. Má mimořádnou kvalitu bílkovin, které tvoří nakypřenější strukturu a vyšší klenbu výrobku, než bílkoviny z jiných obilovin. Pro potravinářské účely jsou pěstovány nejvíce dva botanické druhy – *Triticum aestivum* L. (pšenice obecná) a *Triticum durum* (pšenice tvrdá). V menší míře se pěstuje *Triticum spelta* (pšenice špalda). [2, 3, 4]

Triticum aestivum L. se používá k výrobě pečiva, chleba, krup a v cukrářství. Je hlavním zdrojem škrobu, který je dobře stravitelný. Obsah hrubé vlákniny je nízký. Obsah lepku se pohybuje ve středních hodnotách. [4]

Triticum durum vznikla z kulturní pšenice dvouzrnky. Lepek je velmi pevný a nepružný, proto není vhodná pro výrobu chleba a pečiva, protože netvoří dostatečný objem. Její využití je zejména při výrobě těstovin. [4]

Triticum spelta je historickým kulturním druhem. Zrno má vyšší obsah bílkovin, tuku, minerálních látek, vitaminů a esenciálních aminokyselin než *Triticum aestivum* L. Obsah lepku je vyšší, ale horší kvality. Je vhodná pro výrobu těstovin a müsli. [4]

1.1 Potravinářská jakost pšenice

Pšeničné zrno je nenahraditelnou surovinou na výrobu kynutého těsta. Používá se na výrobu pečivářských výrobků, snídaňových cereálií, těstovin, je součástí krmných směsí a je využíváno pro výrobu škrobu a etanolu. Vhodnost zrna k různým způsobům využití závisí na jeho vlastnostech, zejména obsahu a kvalitě bílkovin. Každou odrůdu pšenice lze zařadit do definované jakostní kategorie, a tím umožnit spotřebiteli zvolit optimální odrůdu pro daný užitkový směr. [5, 6, 7]

Pšenice, vhodné pro pekařské zpracování jsou členěny dle jakosti na skupiny [5]:

- **Elitní pšenice E** – nejkvalitnější potravinářské pšenice, označované jako velmi dobré, zlepšující
- **Kvalitní pšenice A** – dobré, samostatně zpracovatelné
- **Chlebová pšenice B** – odrůdy doplňkové, zpracovatelné ve směsi
- **Zvláštní pšenice C** – ke speciálním účelům např. k získávání škrobu ze pšenice

2 VLASTNOSTI PŠENIČNÉ MOUKY

2.1 Pekařská jakost pšeničné mouky

Požadavky na pekařskou jakost mouky jsou především:

- **Cukrotvorná schopnost mouky**

Pro správný průběh fermentace je nutný dostatek zkvasitelných cukrů a dostatečná aktivita kvasinek. Zkvasitelné cukry mohou být přítomny již v mouce a vznikají působením amylolytických enzymů v těstě. Pšeničná mouka má méně zkvasitelných cukrů (glukosa, fruktosa a zejména maltosa), proto se do kynutých pšeničných těst přidává menší množství cukru. Většinou mají i nedostatek enzymů, které jsou přidávány ve formě různých zlepšovacích přípravků. [8]

- **Plynotvorná schopnost mouky**

Schopnost vytvořit dostatečné množství kypřícího plynu CO_2 . Tuto schopnost ovlivňují amylolytické enzymy. Dobrý stav amylaso-škrobového komplexu v mouce je předpokladem dobré plynotvorné schopnosti mouky. Enzymatická aktivita zrna se charakterizuje číslem poklesu. [8, 9]

- **Pekařská síla mouky**

Schopnost těsta zadržet kypřící plyn vznikající při kynutí těsta, za tuto schopnost zodpovídá množství a vlastnosti lepku. Obsah lepkové bílkoviny v mouce se vyjadřuje jako obsah mokrého lepku. Vedle obsahu má význam i jeho kvalita. Obsah a kvalita lepku se zjišťuje sedimentačním testem podle Zeleny. V pekárenství se používají termíny silná a slabá mouka. Silné mouky dávají pevná, pomalu zrající těsta a jsou schopné poutat hodně vody, protože mají vysokou vaznost. Tyto mouky mají nízkou aktivitu enzymů, tudíž jsou jejich škrob a bílkoviny v těstě jen nepatrně odbourávány. Těsta ze silných mouk se musí nechat déle zrát, abychom dosáhli určitého změknutí, které je nutné pro další zpracování. Slabé mouky mají příliš vysokou aktivitu enzymů, dávají měkká těsta, která rychle kvasí a roztékají se. Objektivní posouzení pekařských vlastností mouky (zrna) charakterizují reologické vlastnosti. Úplný přehled o pekařské síle mouky dává pekařský pokus. [8, 10, 11]

3 KVALITATIVNÍ UKAZATELE PŠENIČNÉHO ZRNA

Pšenici potravinářskou podle užití rozdělujeme na pšenici pekárenskou a pšenici pečivářskou. Ta musí odpovídat hodnotám jakostních ukazatelů a požadavkům stanoveným v ČSN 46 1100-1 (tab. 1.). [12]

Tab. 1: Hodnoty jakostních ukazatelů [12]

Jakostní ukazatele	Pšenice pekárenská	Pšenice pečivářská
Vlhkost [%]	max. 14,0	max. 14,0
Objemová hmotnost [kg/hl]	min. 76,0	min. 76,0
Obsah N-látek v sušině (N x 5,7) [%]	min. 11,5	max. 11,5
Sedimentační index - Zelenyho test [ml]	min. 30	max. 25
Číslo poklesu [s]	min. 220	min. 220
Příměsi a nečistoty celkem [%]	max. 6,0	max. 6,0

3.1 Hlavní parametry jakosti pšeničného zrna

- **Objemová hmotnost**

Poměr hmotnosti zkoušené obiloviny k objemu, který zaujímá po volném nasypání do nádoby za přesně stanovených podmínek. Objemová hmotnost je využívána jako ukazatel mlynářské jakosti; souvisí s výtěžností mouky. [13, 14, 15]

- **Obsah dusíkatých látek v sušině**

Obsah dusíku se stanoví po použití daného postupu podle Kjeldahla. Obsah je vyjádřen jako hmotnostní zlomek suchého produktu, v procentech.

Obsah dusíkatých látek získaných z obsahu dusíku lze stanovit vynásobením obsahu dusíku příslušným koeficientem v závislosti na druhu obiloviny. [16, 17]

- **Číslo poklesu**

Celkový čas v sekundách, který uběhne od ponoření viskozimetrické zkumavky do vroucí vody, včetně času potřebného na míchání viskozimetrickým míchadlem specifikovaným způsobem a dále času potřebného k poklesu míchadla o určenou vzdálenost ve vodném gelu, připraveném z mouky nebo celozrnného mletého výrobku, který je ve viskozimetrické zkumavce, a ve kterém dochází k ztekucení. [18]

- **Sedimentační index**

Číslo udávající v ml objem sedimentu, který vznikne za specifických podmínek ze suspenze zkušební mouky, připravené z pšenice v roztoku kyseliny mléčné. Určuje kvalitativní viskoelastické vlastnosti lepkové bílkoviny. Má průkazný vysoký kladný korelační koeficient k objemu pečiva a obsahu hrubých bílkovin v zrně. Je výraznou genotypovou vlastností. [13, 19]

- **Pekařský pokus - Rapid mix test**

Objemová výtěžnost je přímou metodou hodnocení pekařské kvality potravinářské pšenice. Pekařský pokus je jedno z kritérií pro posouzení pekařské kvality odrůd pšenice. Základem testu je přímé měření objemu pečiva získaného přesně definovaným postupem. Tím je zjištění měrného objemu pečiva, čili objemová výtěžnost. Podle evropské směrnice ECC 2062/81 je objemová výtěžnost hlavním a nejdůležitějším kritériem pro posuzování kvality potravinářských odrůd pšenice. [20]

3.2 Doplnkové parametry jakosti pšeničného zrna

- **Vlhkost**

Vlhkost je dána obsahem vody ve vzorku, stanoví se jako úbytek hmotnosti vzorku, vyjádřený v procentech, za přesně definovaných podmínek. [21]

- **Tvrdost zrna**

Tvrdost zrna je dána množstvím a vlastnostmi bílkovin a jejich rozložením v endospermu. Tvrdost také souvisí s přilnavostí mezi škrobovými zrny a bílkovinami. Tvrdé pšenice mají relativně velké množství bílkovin pevně přichycených ke škrobu, jsou vhodné pro přípravu kynutých těst. Tvrdost zrna významně koreluje s výtěžností krupic a mouk a se sklovitostí pšenice. [22, 23]

- **Příměsi a nečistoty**

Příměsi jsou zrna základních druhů obilovin s odlišnou jakostí, snižující celkovou hodnotu zrna nebo semena vyjmenovaných druhů rostlin podle norem.

Nečistoty jsou účelově nepoužitelné nebo nežádoucí složky v příslušném druhu obilovin včetně mrtvých škůdců. Zahrnují škodlivé nečistoty, cizorodé látky, anorganické a organické nečistoty.

Škodlivé nečistoty jsou jedovatá a zdraví škodlivá semena plevelů vyjmenovaných druhů. [24]

- **Hmotnost tisíce zrn**

Hmotnost tisíce zrn je ovlivněna odrůdou a podmínkami ročníku. [14]

- **Obsah popela**

Obsah popela je ukazatelem, který mouku zařazuje do příslušného druhu a typu. [3]

- **Obsah mokrého lepku**

Je to lepková bílkovina vznikající hnětením těsta ze zásobních bílkovin endospermu zrna. Obsah lepkové bílkoviny spolu s jejími viskoelastickými vlastnostmi se podílí na technologické jakosti potravinářské pšenice. [14]

Analyticky se určuje ručním nebo strojovým vypíráním uhněteného těsta vodou nebo vodným roztokem NaCl. Stanovení je zatíženo vysokou analytickou chybou. Uvádí se v procentech lepkové bílkoviny přepočítané na sušinu. Obsah mokrého lepku v sušině koreluje vysoce kladně s obsahem hrubých bílkovin zrna. [13]

- **Gluten index**

Glutenový index se měří přístrojem Glutomatic. Glutomatic systém měří pevnost lepku, obsah mokrého lepku, obsah suchého lepku a lepku vázajícího vodu. [25, 26]

- **Farinografické údaje**

Farinograf je přístroj, který měří a zapisuje konzistenci těsta při jeho tvorbě z mouky a vody, při jeho vývinu a přehnětení. Umožňuje stanovit vaznost vody, dobu vývinu, stabilitu a pokles konzistence těsta. Reologické vlastnosti mouky jako je tažnost a pevnost lze stanovit na přístroji extenzografu. [27, 28]

4 BÍLKOVINY PŠENIČNÉ MOUKY

4.1 Základní složení bílkovin

Bílkoviny jsou biopolymery tvořené základními stavebními složkami - aminokyselinami. V obilných bílkovinách se vyskytuje všech dvacet základních aminokyselin. Molekuly bílkovin jsou tvořeny různě dlouhými řetězci aminokyselin spojených vzájemně peptidovou vazbou, která vzniká mezi –OH skupinou z karboxylového konce jedné aminokyseliny a –NH₂ skupinou druhé aminokyseliny za současného odštěpení molekuly vody (obr. 1). [9, 29, 30]



Obr. 1: Vznik peptidové vazby [31]

Bílkoviny se více vyskytují ve vnějších vrstvách obilného zrna, než ve vnitřních, proto obsah bílkovin v mouce závisí na stupni vymletí a může se lišit až o 4 %. Z technologického hlediska jsou rozhodující bílkoviny, které mají pekařské využití, obsažené v endospermu a aleuronové vrstvě. Bílkoviny obsažené v obilovinách nejsou na rozdíl od bílkovin živočišného původu plnohodnotné. [29]

Jednoduché bílkoviny jsou tvořené pouze polypeptidovým řetězcem. Dělí se podle funkčních vlastností na protoplazmatické bílkoviny – albuminy a globuliny, nacházející se hlavně v klíčku a aleuronové vrstvě a zásobní bílkoviny – prolaminy a gluteliny, které tvoří podstatnou část obilného zrna. [8]

Protoplazmatické bílkoviny jsou tvořeny katalytickými, enzymaticky aktivními a stavebními bílkovinami. Obsah albuminů a globulinů u pšenice je 15 – 20 % a je málo závislá na vnějších podmínkách. [8]

Zásobní bílkoviny určují technologickou, nutriční, krmnou a biologickou hodnotu zrna. Prolaminová frakce je heterogenní a skládá se z mnoha složek a nachází se ve všech obilovinách. [8]

Složené bílkoviny obsahují v molekule i jiné látky nebílkovinné povahy. V obilovinách se vyskytují glykoproteiny obsahující sacharidové složky a lipoproteiny obsahující lipidové složky. [8]

Mezi nejvýznamnější aminokyseliny obilovin patří glutamin, prolin, leucin, cystein, lysin a glutamová kyselina. U pšenice je limitující aminokyselinou lysin. [30]

Podíl glutaminu a glutamové kyseliny tvoří v lepkové bílkovině až 35 %. Glutamin má ve své molekule 2 aminoskupiny, proto může tvořit vodíkové vazby mezi jednotlivými řetězci bílkovin. Vzhledem k velkému obsahu glutaminu v obilné bílkovině je podíl vodíkových vazeb ve struktuře bílkovin velmi významný, i když je jejich vazebná síla malá. [30]

Druhý nejvyšší podíl aminokyselin v pšeničné lepkové bílkovině tvoří prolin – cca 10 %. Prolin se díky své otáčivé karboxylové skupině může tvarově přizpůsobovat bílkovinným řetězcům při mechanických činnostech – hnětení, přetuzování. [30]

Obsah cysteinu je nízký kolem 4 %. Cystein obsahuje ve své molekule síru, čímž může vytvořit disulfidické můstky mezi sousedními řetězci. [30]

Struktura bílkovin je popisována na několika úrovních. Rozeznáváme 4 úrovně: primární, sekundární, terciární a kvartérní. [29, 32]

Primární struktura proteinů je určena počtem a pořadím jednotlivých aminokyselin v polypeptidickém řetězci. Podmiňuje vlastnosti bílkovin a jejich biologickou funkci. [29, 32]

Sekundární strukturou rozumíme geometrické uspořádání polypeptidického řetězce. Může mít formu β - struktury (tzv. skládaný list nebo také β - hřeben) nebo helikální struktury (pravotočivé šroubovice čili α - helix). [29, 32]

Terciární struktura postihuje celkové prostorové uspořádání bílkovinné molekuly.

Kvartérní struktura je vzájemné prostorové uspořádání bílkovinných podjednotek. [29, 32]

4.2 Vlastnosti pšeničných bílkovin

Zralá zrna obsahují podle druhů a odrůd 9 – 16 % bílkovin v sušině. V roce 1907 rozdělil T. D. Osborne pšeničné bílkoviny na základě jejich rozpustnosti v různých rozpouštědlech.

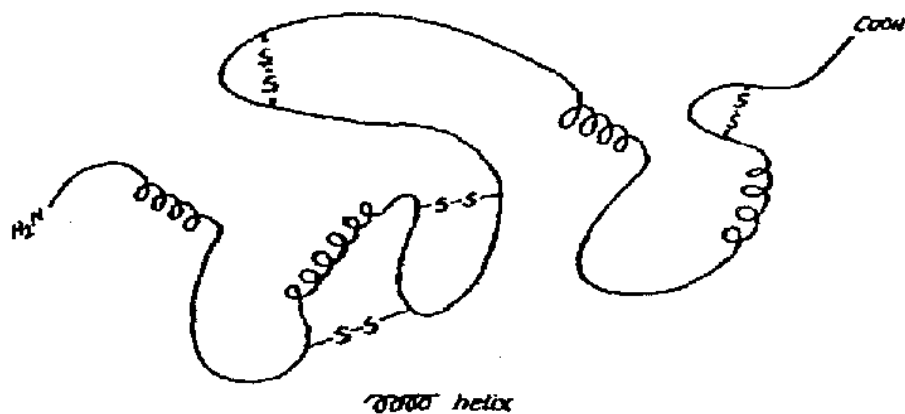
1. **Albuminy** – rozpustné ve vodě
2. **Globuliny** – nerozpustné ve vodě, rozpustné v zředěné NaCl, ale nerozpustné ve vysokých koncentracích NaCl
3. **Prolaminy** – rozpustné v 70% etanolu
4. **Gluteliny** – zčásti rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad [33]

Tyto čtyři základní Osbornovy frakce se vyskytují v různých poměrech ve všech obilných zrnech. Podle druhů obilovin jim pak byly přisouzeny různé názvy odvozené z latinských názvů jednotlivých obilovin. [3]

Pro pšeničné prolaminy a gluteliny jsou používány názvy gliadiny a gluteniny. Z technologického hlediska jsou nejvýznamnější zásobní bílkoviny (prolaminy a gluteliny), které mají pekařské využití, obsažené v endospermu obilovin. Zásobní bílkoviny pšenice se liší svými vlastnostmi od zásobních bílkovin ostatních obilovin a jsou příčinou výjimečného postavení pšenice v cereální technologii. Prolaminy a gluteliny jsou nerozpustné ve vodě, kde bobtnají a vytváří vysoce viskózní koloidní gely nebo roztoky. Pšeničné prolaminy a gluteliny se souhrnně označují lepkové bílkoviny. [7, 9, 30]

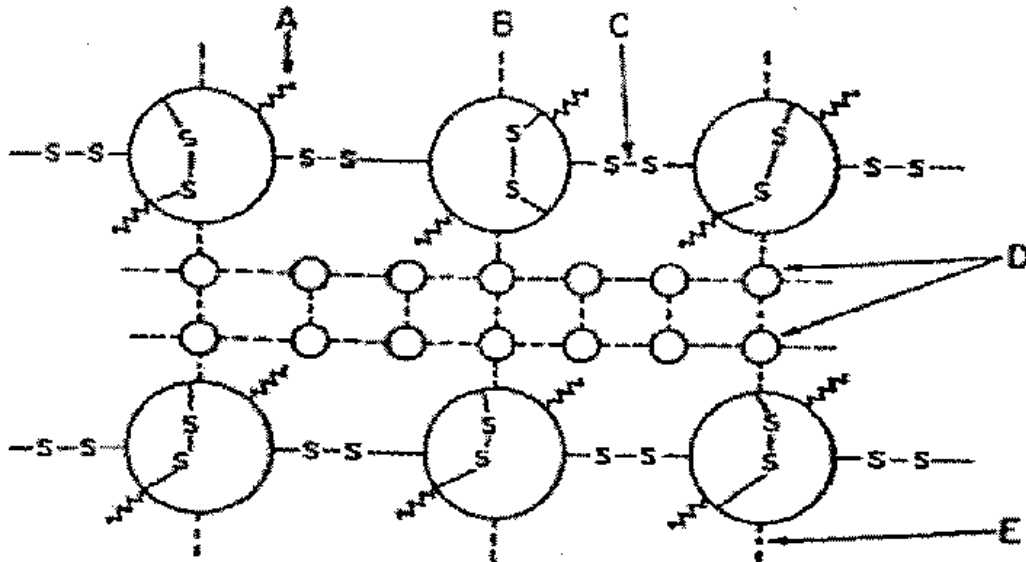
4.3 Lepek

Strukturu pšeničných prolaminů (gliadin) (obr. 2) tvoří jeden polypeptidový řetězec, ve kterém se střídají krátké spirálové úseky (α - helix) s hydrofobními zbytky, které jsou obráceny dovnitř spirály, a úseky relativně přímé s vysokým obsahem kyseliny glutamové a prolinu. Helixy jsou udržovány vodíkovými vazbami, ohyby řetězce jsou drženy pevnými disulfidickými vazbami. Pro gliadiny se také používá název nízkomolekulární zásobní pšeničná bílkovina. [8]



Obr. 2: Struktura gliadinu [8]

Pšeničné gluteliny (glutenin) se označují jako vysokomolekulární zásobní pšeničná bílkovina. Je tvořena směsí bílkovinných podjednotek, kde se uplatňují vodíkové a zejména disulfidické vazby, tím se dosahuje vysokých molekulových hmotností (obr. 3). [8]

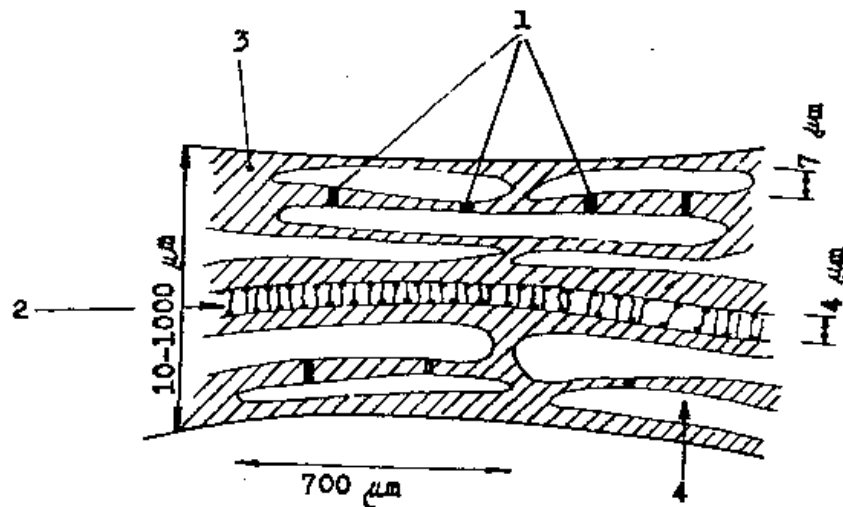


Obr. 3: Struktura gluteninu [8]

- A - podjednotky gluteninu II, B - intrařetězové disulfidické vazby,
 C - interřetězové disulfidické vazby, D - podjednotky gluteninu I,
 E - sekundární vazby (vodíkové, hydrofobní interakce)

Pšeničné prolaminy a gluteliny bobtnají pouze omezeně. Za současného vložení mechanické energie se během hnětení těsta z prolaminů, glutelinů, vody a dalších složek těsta za přístupu kyslíku vytváří lepek. Lepek tvoří vlastní kostru těsta a je příčinou jedinečných vlastností pšeničného těsta, jeho tažnosti a pružnosti. [8, 34]

Lepek tvoří trojrozměrnou síť peptidových řetězců, různým způsobem zřasených a propojených navzájem různými můstky a vazbami, určitý význam má i vrstvička lipidů (obr. 4). [8]



Obr. 4: Struktura hydratovaného lepkového vlákna [8]

- 1 – vodíkové můstky, 2 – vrstva lipoproteinu,
3 – vodné fáze, 4 – bílkovinné destičky

Pšeničný lepek je pružný gel, z těsta jej lze izolovat vypíráním proudem vody, přičemž se postupně vyplavují látky rozpustné ve vodě a škrob a po určité době získáme tzv. mokrý lepek. V nativním zrně ani v mouce ještě ve skutečnosti lepek neexistuje a vytváří se až po propojení prostorové sítě pšeničné bílkoviny. Lepek je charakteristický tažností, pružností a schopností bobtnat ve zředěném roztoku kyseliny mléčné. Tyto jeho vlastnosti předurčují do značné míry vlastnosti těsta. Z ostatních obilovin podobný gel vyprat nelze. Obsah mokrého lepku je hlavním jakostním kritériem pekařské jakosti pšeničné mouky a často i kritériem pro třídění pšenice na potravinářské a ostatní. [3, 30, 35]

Vypraný lepek obsahuje průměrně 90 % bílkovin, 8 % tuků a 2 % sacharidů v sušině. Průmyslově získaný tzv. vitální lepek vykazuje ještě větší rozpětí obsahu složek. Prolaminy a gluteliny jsou zastoupeny ve vzájemném poměru přibližně 2:3. Pšeničné prolaminy poskytují lepku tažnost, jde o frakci tvořenou zhruba 40 proteiny o nízké molekulové hmotnosti 20 000 - 50 000. Pšeničné gluteliny jsou vysokomolekulární frakcí a poskytují lepku pružnost. Gluteliny vytváří ve struktuře lepku nadmolekulární vláknité struktury, supermolekuly, o relativní molekulové hmotnosti řádově 10^5 až 3 miliony. [3, 9]

Chemické složení lepku a koloidně chemický stav bílkovin ovlivňují jeho fyzikální vlastnosti. Hlavní znaky, které určují fyzikální vlastnosti jsou: bobtnavost, pružnost, tažnost

a plasticita. Tyto vnější znaky jsou projevem dvou důležitých fyzikálních vlastností: hydratace a dispergovatelnost lepku v různých rozpouštědlech. Denaturace lepku začíná při teplotě 60°C a při záhřevu na 70°C se projeví snížením rozpustnosti všech lepkových frakcí [36]

4.4 Hodnocení pšeničného zrna

V současnosti se kvalita pšeničného zrna hodnotí nepřímými ukazateli, které však nepostihují podstatu hodnoceného jevu. Např. obsah dusíkatých látek v zrně nevyovídá nic o zastoupení bílkovinných frakcí, které zásadně ovlivňuje zpracovatelské vlastnosti zrna. SE-HPLC analýza umožňuje přímo zjistit podíl bílkovinných frakcí, a proto by mohla být využívána pro problematické vzorky. Využitelná je také na běžné rozhodování o vhodnosti suroviny se specifickými požadavky na podíl lepkových bílkovin jako je výroba krmiv a etanolu.

5 KAPALINOVÁ CHROMATOGRRAFIE

5.1 Chromatografie a chromatografický systém

Chromatografie je jedna z nejvýznamnějších analytických metod. Umožňuje dělení, identifikaci a stanovení velkého počtu organických a anorganických látek. Chromatografické metody patří mezi separační metody, u nichž je oddělení látek založeno na různé migraci – pohyblivosti. Migrace probíhá v systému dvou fází, z nichž jedna fáze je stacionární (nepohyblivá) a druhá mobilní (pohyblivá). [37, 38]

5.2 Chromatografické metody

Chromatografické metody tvoří široká skupina metod, založených na různých principech separace. Nejčastěji se rozlišují na dvě hlavní skupiny podle charakteru fází:

- **Plynová chromatografie – GC**
 - pracuje v systému, kde mobilní fáze je vždy plyn, stacionární fází je pevná látka nebo kapalina
- **Kapalinová chromatografie – LC**
 - pracuje v systému, kde mobilní fáze je vždy kapalina, stacionární fází je kapalina nebo pevná látka. [38]

5.3 Dělení kapalinové chromatografie

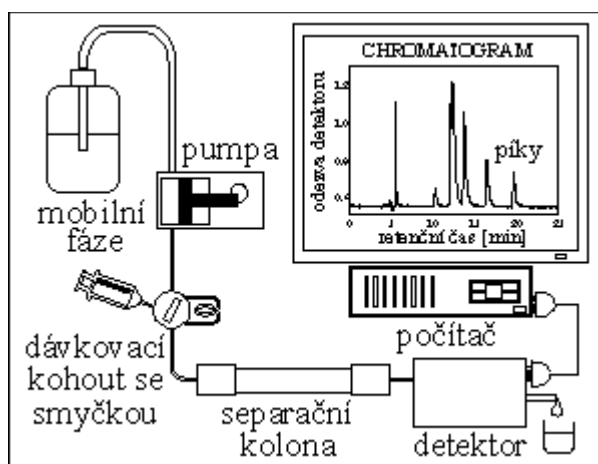
- **Sorpční chromatografie**, kde se separace uskutečňuje specifickými interakcemi, částice s povrchem absorbentu - adsorpční chromatografie (LSC) nebo se stagující kapalnou stacionární fází nanesenou na nosiči - rozdělovací chromatografie (LLC)
- **Gelová (permeační) chromatografie (GPC)**, kde se separace uskutečňuje na základě velikosti částic a velikosti pórů gelu
- **Iontová chromatografie (IEC)**, kde dochází k separaci iontů na základě specifických interakcí s nabitým nosičem.
- **Speciální chromatografie**, do které patří afinity, chirální aj. [39]

5.4 Příslušenství HPLC

HPLC je analytická a preparační technika, která se používá k oddělení složek ve směsi chemických sloučenin na základě jejich rozdílů ve fyzikálních a chemických vlastnostech. Tyto vlastnosti mohou zahrnovat velikost, tvar, elektrický náboj, hydrofóbnost, hydrofilnost, komplementaritu atd. [40]

Kapalinový chromatograf se skládá ze základních částí (obr. 5):

- Zařízení pro uchování a transport mobilní fáze
- Zařízení pro dávkování vzorku
- Zařízení pro separaci látek
- Zařízení pro detekci látek, popř. sběrač frakcí
- Integrátor nebo počítač [39]



Obr. 5: Kapalinový chromatograf [41]

5.4.1 Zařízení pro uchování a transport mobilní fáze – vysokotlaké čerpadlo

Vysokotlaká čerpadla se dělí z hlediska regulace dopravy mobilní fáze na produkující konstantní tlak nebo konstantní průtok. Čerpadla musí dosahovat tlaků nad 10 MPa. U čerpadel je nutné zabezpečit vyloučení pulzace mobilní fáze a kontaminace mobilní fáze. Čerpadla musí být vyrobena z materiálů odolných vůči korozi. [42, 43]

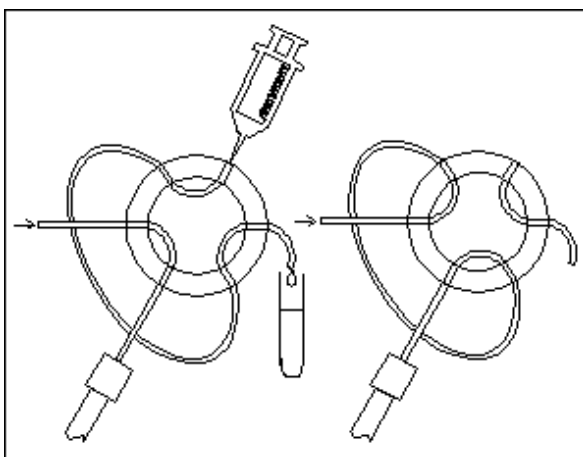
Hlavní typy čerpadel:

- Pneumatická
- Pneumatická s membránou

- Typ injekční stříkačka
- Pístová
- Membránová [44]

5.4.2 Zařízení pro dávkování vzorku – injektor

Dávkování injekční stříkačkou přináší nevýhody z hlediska těsnosti a udržení tlaku (obr. 6). Injekční zařízení je ovládáno ručně nebo automaticky. Dávkujeme injekční stříkačkou při zastavení průtoku nebo bez zastavení průtoku speciálními ventily. [45]



Obr. 6: Dávkovací kohouty s dávkovací smyčkou [44]

5.4.3 Zařízení pro separaci látek – chromatografická kolona

Kolony se používají pouze náplňové a často se zhotovují z nerezové oceli (obr. 7). Ochrana hlavní kolony je zajišťována umístěním předkolony mezi čerpadlo a dávkovací zařízení nebo ochranné kolony umístěné mezi dávkovací zařízení a analytickou kolonu. Způsobují jen malé rozšíření pásů a chrání kolonu před nečistotami a nerozpustnými materiály. Většina separací HPLC probíhá při laboratorní teplotě. [45]



Obr. 7: HPLC kolona [46]

5.4.4 Zařízení pro detekci látek – detektory

Detektory by měly být selektivní pro analyty a málo citlivé na mobilní fázi. Průtočná cela musí snést tlak mobilní fáze a udržet těsnost. [45]

Detektory pro HPLC:

- **Fotometrický** je nejběžnější, měří absorbanci eluátu vycházejícího z kolony
- **Refraktometrický** měří rozdíl mezi indexem lomu eluátu a čisté mobilní fáze
- **Fluorescenční** je založen na principu fluorescence
- **FTIR** je univerzální, zpracovává infračervená spektra složek v mobilní fázi
- **Elektrochemický** je pro roztoky obsahující oxidovatelné nebo redukovatelné složky na polarizované elektrodě. [45]

5.5 Molekulově vylučovací vysokoúčinná kapalinová chromatografie bílkovin

Molekulově vylučovací vysokoúčinná kapalinová chromatografie (SE-HPLC) odděluje bílkovin na základě velikosti molekuly v pořadí od velkých po malé bílkoviny. Bílkoviny jsou aplikovány na SE-HPLC koloně obsahující chromatografickou matici s definovanou velikostí pórů. Bílkoviny jsou z kolony vymývány vodným pufrem. Chromatografická separace bílkovin SE-HPLC je závislá na molekulární velikosti komponent. Bílkoviny větší než velikost pórů nejsou udrženy a jsou vyloučeny v nedetekovatelném objemu kolony. Molekuly s molekulární velikostí menší než velikost pórů, proniknou do pórů, a budou vylučovány v pořadí od velkých po malé molekuly. [47]

6 KORELACE

Pojem korelace pochází z latinského *correlatio* a českými ekvivalenty jsou slova jako souvztažnost, vzájemný vztah nebo vzájemná souvislost. Ve statistice se korelací rozumí převážně vzájemný lineární vztah mezi náhodnými veličinami nebo procesy. Pokud se mezi dvěma veličinami ukáže korelace, je pravděpodobné, že na sobě závisejí, nelze z toho však ještě usoudit, že by jeden z nich musel být příčinou a druhý následkem. To samotná korelace nedovoluje rozhodnout. [48, 49]

Korelace ve statistice znamená vzájemný lineární vztah mezi znaky či veličinami x a y . Míru korelace pak vyjadřuje korelační koeficient, který může nabývat hodnot od -1 až po $+1$. Vztah mezi znaky či veličinami x a y může být kladný, pokud platí $y = kx$ nebo záporný $y = -kx$. Hodnota korelačního koeficientu -1 značí zcela nepřímou závislost, pokud se zvětší hodnoty v první skupině znaků, tím více se zmenší hodnoty v druhé skupině znaků. Hodnota korelačního koeficientu $+1$ značí zcela přímou závislost. Pokud je korelační koeficient roven 0 , pak mezi znaky není žádná statisticky zjistitelná lineární závislost. [48, 49]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo zjistit, zda lze využít SE-HPLC k hodnocení pekárenské kvality pšeničné mouky. Použitím SE-HPLC se měla ověřit správnost hypotézy, že mezi zastoupením bílkovinných frakcí v pšeničné mouce a uživatelskými vlastnostmi zrna a mouky existuje těsná vazba. Metodou SE-HPLC byl stanoven podíl jednotlivých bílkovinných frakcí v pšeničné mouce a vyhodnoceny korelace mezi obsahem bílkovinných frakcí a základními ukazateli technologické kvality zrna.

8 MATERIÁL A METODY

8.1 Vzorky mouk

Práce byla provedena z mouk získaných z 20 odrůd ozimé pšenice pekárenské kvality E (2 odrůdy), A (8 odrůd), B (5 odrůd), C (5 odrůd). Odrůdy byly sklizeny v roce 2010 v Kroměříži, která leží v řepařské výrobní oblasti. Oblast pěstování se nachází ve výšce 235 m nad mořem s průměrnou denní teplotou 9,1°C a ročními srážkami 567 mm. Pozemky byly hnojeny na podzim 24 kg·ha⁻¹ N, v únoru 40 kg·ha⁻¹ N, v dubnu 50 kg·ha⁻¹ N a květnu 40 kg·ha⁻¹ N. Fungicidy byly použity dvakrát v květnu a červnu. Růstové regulátory byly použity v květnu. Obiloviny byly skladovány za stejných podmínek a stejnou dobu před analýzou. Mouku i se základními jakostními parametry poskytl pan Ing. Petr Míša Ph.D. ze Zemědělského výzkumného ústavu Kroměříž, s.r.o. (příloha 1).

8.2 Metodika práce

V práci byla ověřována správnost hypotézy, že mezi vybranými parametry technologické kvality a obsahem bílkovinných frakcí detekovaných metodou SE-HPLC je vzájemná souvislost. Vzájemné vazby byly vyhodnocovány pomocí korelační analýzy. Technologická kvalita byla hodnocena pomocí standardních jakostních ukazatelů a pšeničné bílkoviny byly extrahovány a analyzovány publikovanou metodou.

Laboratorní analýzy:

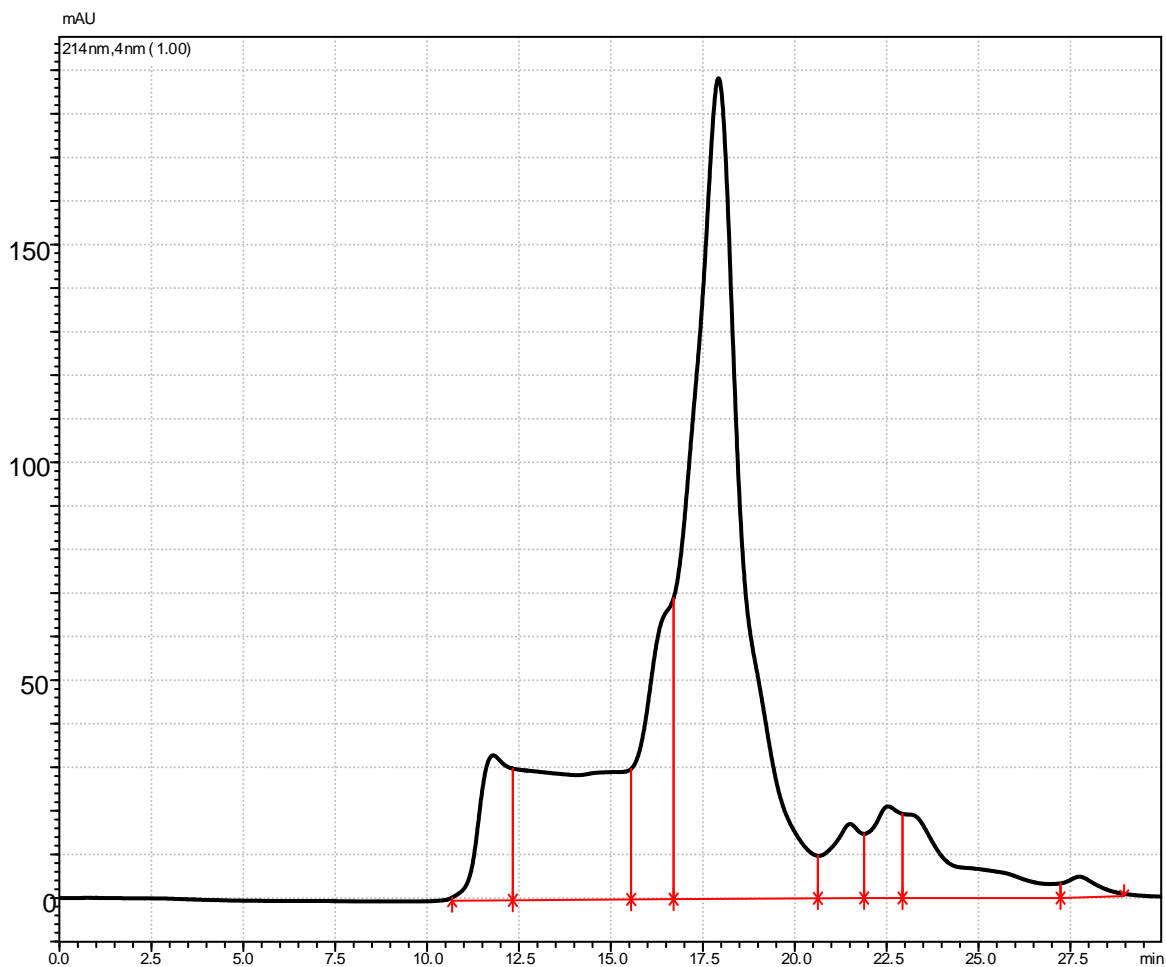
SE-HPLC

Extrakce bílkovin a jejich stanovení bylo provedeno metodou podle Dachkevitch a Autran publikovanou v roce 1989. Přístroj SE-HPLC byl Shimadzu (Japan), a BioSep™ SEC-S4000 (Phenomenex, California, USA) s molekulově vylučovací kolonou (300 x 7,8 mm) a předkolonou (7,5 x 75 mm).

Podíl bílkovinných frakcí

Pořadí píků v chromatogramu (obr. 8) je dáno molekulovou hmotností bílkovin, která klesá zleva doprava. Plocha píku č. 1 reprezentuje vysokomolekulární gluteniny, pík č. 2 nízkomolekulární gluteniny, píky č. 3 a 4 tvoří gliadiny, píky č. 5, 6, 7, 8 jsou tvořeny albuminy a globuliny, pík č. 9 zaznamenává složky nebílkovinné povahy, frakce nejsou dokonale odděleny, ale překrývají se. [50]

Naměřené hodnoty byly automaticky vyhodnoceny softwarem Shimadzu LCsolution. Výstupem byly hodnoty absolutní a relativní plochy píku (Area, Area %) a výšky píku (Height). Dopočítán byl tvar píku (Area/Height). Významné rozdíly mezi získanými hodnotami a jakostními parametry byly hodnoceny na základě analýzy korelačních koeficientů na hladině průkaznosti $\alpha = 0,05$. Statistické analýzy byly provedeny programem Statistica 9 software (StatSoft, Inc.).



Obr. 8: Chromatogram pšeničných bílkovin

9 VÝSLEDKY A DISKUSE

Celkem bylo nalezeno 128 korelací a za statisticky průkazné se dá považovat 31 korelací. Nejčastěji korelovala s parametry technologické kvality absolutní plocha píku Area (56 případů) a výška píku Height (45 případů). Tvar píku Area/Height koreloval ve 25 případech a relativní plocha Area % ve 2 případech.

Srovnáním hodnot korelačních koeficientů u jednotlivých píků bylo prokázáno, že nejtěsněji s parametry technologické kvality korelovaly charakteristiky píků 1, 2, 3, 4, 7 (122 případů), píky 5, 6, 8 korelovaly jen v 6 případech.

Pík č. 1 (P1) – vysokomolekulární gluteniny

U nepřímých parametrů nastala pouze jediná záporná korelace mezi výškou píku 1 a gluten indexem GI ($r = -0,42$) (tab. 2). Z farinografických parametrů negativně korelovala absolutní plocha i výška píku se stupněm změknutí po 10 min. ($r = -0,41$; $-0,38$) (tab. 3). Nejvíce korelací u píku č. 1 bylo u extenzografických parametrů. Záporné korelace byly u relativní plochy a výšky píku v případech poměru tažnosti a odporu T. O. 90, T. O. 135, max. odpor 90, max. odpor 135, poměr 45, poměr 90, poměr 135, poměr (max.) 45, poměr (max.) 90, poměr (max.) 135. Jediná kladná korelace relativní plochy píku byla s tažností 45 (mm) ($r = 0,37$) (tab. 4). Významný vliv vysokomolekulárních gluteninových bílkovin (pík 1) na sílu těsta byl již popsán. Velké molekuly gluteninů potřebují k seskupení do lepkové sítě delší dobu, avšak setrvávají v ní po delší dobu než menší molekuly. Větší pružnost velkých molekul dále ztěžuje hnětení těsta. Výsledkem je zvýšení vaznosti vody moukou WA, prodloužení doby stability těsta ST a snížení stupně změknutí těsta DS. Nižší hodnoty korelačních koeficientů a neprůkazné korelace s dalšími parametry, které jsou v přítomnosti velkých molekul gluteninů ovlivňovány (sedimentační index, gluten index a farinografické ukazatele), byly způsobeny neúplnou extrakcí bílkovinných frakcí s nejvyšší molekulovou hmotností. [7, 34, 51, 52]

Tab. 2: Korelace charakteristik píku 1 se základními parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
O. H. [kg/hl]	0,08	0,08	0,07	0,00
FN [s]	0,07	0,10	0,10	-0,09
SEDI [ml]	-0,04	-0,07	0,01	0,09
GI [%]	-0,34	-0,42	-0,13	0,07
Lepek v suš. [%]	0,29	0,35	0,12	-0,00
NL [%]	-0,13	-0,10	-0,15	-0,12

Tab. 3: Korelace charakteristik píku 1 s farinografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Vaznost 500 FU [%]	0,17	0,13	-0,09	0,15
Vaznost 14 % [%]	0,15	0,12	0,00	0,13
Vývin [min]	-0,19	-0,20	0,03	-0,09
Stabilita [min]	0,28	0,32	0,22	0,02
Stup. změk. (po 10 min.) [FU]	-0,41	-0,38	0,07	-0,22
Stup. změk. (12 min. po max.) [FU]	-0,29	-0,28	-0,01	-0,13
Far. číslo kvality	0,31	0,34	0,17	0,03

Tab. 4: Korelace charakteristik píku 1 s extenzografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Energie 45 [cm ²]	0,23	0,17	0,04	0,25
Energie 90 [cm ²]	-0,12	-0,15	0,01	0,06
Energie 135 [cm ²]	-0,06	-0,12	0,02	0,14
T. O. 45 [BU]	-0,27	-0,29	-0,10	-0,06
T. O. 90 [BU]	-0,51	-0,54	-0,08	-0,14
T. O. 135 [BU]	-0,45	-0,49	-0,06	-0,10
Tažnost 45 [mm]	0,37	0,34	0,10	0,27
Tažnost 90 [mm]	0,23	0,23	0,13	0,12
Tažnost 135 [mm]	0,31	0,29	0,09	0,21
Max. odpor 45 [BU]	-0,09	-0,15	-0,05	0,12
Max. odpor 90 [BU]	-0,40	-0,45	-0,06	-0,04
Max. odpor 135 [BU]	-0,37	-0,42	-0,05	-0,02
Poměr 45	-0,47	-0,48	-0,15	-0,20
Poměr 90	-0,56	-0,58	-0,12	-0,20
Poměr 135	-0,55	-0,56	-0,09	-0,21
Poměr (max.) 45	-0,42	-0,45	-0,13	-0,10
Poměr (max.) 90	-0,54	-0,58	-0,12	-0,15
Poměr (max.) 135	-0,55	-0,58	-0,09	-0,16

Pík č. 2 (P2) – nízko molekulární gluteniny

Relativní plocha a výška píku 2 kladně korelovala s hodnotami sedimentačního indexu SEDI a lepku v sušině ($r = 0,61$; $0,37$) ($r = 0,43$; $0,43$). Relativní plocha kladně korelovala i s obsahem dusíkatých látek NL ($r = 0,50$) a gluten index GI kladně koreloval s tvarem píku ($r = 0,38$) (tab. 5). Z farinografických parametrů kladně korelovala relativní plocha a výška píku s vazností 500 FU, vazností 14 %, ale záporně korelovaly se stupněm změknutí 12 min. po max.. Výška píku záporně korelovala i se stupněm změknutí po 10 min. ($r = -0,50$) (tab. 6). U extenzografických parametrů nastala pozitivní korelace relativní plochy a výšky píku v případech energie 45, tažnost 45, tažnost 90, tažnost 135 a záporně s

poměrem 45, poměrem 90, poměrem 135. Pouze relativní plocha kladně korelovala i s energií 90 a energií 135. Výška píku záporně korelovala s poměrem (max.) 45, poměrem (max.) 90, poměrem (max.) 135. Tvar píku kladně koreloval s max. odporem 135 ($r = 0,39$) (tab. 7). Literatura uvádí, že čím vyšší podíl gluteninů je v zru, mouce nebo v těstě přítomno, tím vyšších hodnot sledované parametry dosahují s výjimkou stupně změknutí těsta DS. [7]

Tab. 5: Korelace charakteristik píku 2 se základními parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
O. H. [kg/hl]	0,31	0,35	0,06	-0,15
FN [s]	0,30	0,22	0,12	0,10
SEDI [ml]	0,61	0,37	0,04	0,33
GI [%]	0,18	-0,05	-0,07	0,38
Lepek v suš. [%]	0,43	0,43	0,09	-0,07
NL [%]	0,50	0,26	-0,13	0,36

Tab. 6: Korelace charakteristik píku 2 s farinografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Vaznost 500 FU [%]	0,41	0,42	-0,06	-0,09
Vaznost 14 % [%]	0,44	0,43	0,04	-0,06
Vývin [min]	-0,09	-0,10	0,09	0,05
Stabilita [min]	0,23	0,31	0,21	-0,16
Stup. změk. (po 10 min.) [FU]	-0,36	-0,50	0,06	0,31
Stup. změk. (12 min. po max.) [FU]	-0,44	-0,47	-0,00	0,14
Far. číslo kvality	0,20	0,31	0,15	-0,21

Tab. 7: Korelace charakteristik píku 2 s extenzografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Energie 45 [cm ²]	0,57	0,51	0,05	0,02
Energie 90 [cm ²]	0,53	0,28	0,05	0,36
Energie 135 [cm ²]	0,50	0,29	0,07	0,30
T. O. 45 [BU]	-0,16	-0,15	-0,06	0,05
T. O. 90 [BU]	-0,21	-0,33	-0,01	0,27
T. O. 135 [BU]	-0,17	-0,28	0,02	0,26
Tažnost 45 [mm]	0,70	0,63	0,09	-0,00
Tažnost 90 [mm]	0,72	0,54	0,12	0,18
Tažnost 135 [mm]	0,65	0,56	0,08	0,03
Max. odpor 45 [BU]	0,19	0,14	-0,01	0,09
Max. odpor 90 [BU]	0,12	-0,08	0,01	0,36
Max. odpor 135 [BU]	0,14	-0,08	0,03	0,39
Poměr 45	-0,56	-0,55	-0,11	0,10
Poměr 90	-0,53	-0,56	-0,06	0,17
Poměr 135	-0,44	-0,51	-0,03	0,24
Poměr (max.) 45	-0,35	-0,38	-0,08	0,14
Poměr (max.) 90	-0,32	-0,42	-0,05	0,26
Poměr (max.) 135	-0,23	-0,39	-0,01	0,36

Pík č. 3 (P3) – gliadiny

Relativní plocha a tvar píku 3 negativně korelovaly se sedimentačním indexem SEDI ($r = -0,38$; $-0,40$) (tab. 8). Z farinografických parametrů nejčastěji koreloval vývin a to kladně s relativní plochou ($r = 0,48$), výškou ($r = 0,54$) a absolutní plochou píku ($r = 0,55$). Tvar píku záporně koreloval s vazností 500 FU ($r = -0,43$) a vazností 14 % ($r = -0,44$). Absolutní plocha píku také kladně korelovala se stabilitou ($r = 0,40$) (tab. 9). U extenzografických parametrů nastala kladná korelace u relativní plochy a výšky píku v případech poměr 45, poměr 90, poměr 135, poměr (max.) 45, poměr (max.) 90 a záporná korelace v případech energie 45, tažnost 45, tažnost 90, tažnost 135. Tvar píku negativně koreloval s energií 45, tažností 45, tažností 90, tažností 135 a kladně s poměrem 45. Relativní plocha píku negativně korelovala s energií 90 a výška píku pozitivně korelovala s poměrem (max.) 135 (tab. 10).

Tab. 8: Korelace charakteristik piku 3 se základními parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
O. H. [kg/hl]	-0,36	-0,35	0,08	-0,22
FN [s]	-0,01	-0,01	0,23	0,05
SEDI [ml]	-0,38	-0,33	-0,01	-0,40
GI [%]	-0,23	-0,24	-0,11	-0,08
Lepek v suš. [%]	-0,11	-0,04	0,16	-0,34
NL [%]	-0,00	0,06	-0,03	-0,29

Tab. 9: Korelace charakteristik piku 3 s farinografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Vaznost 500 FU [%]	-0,22	-0,15	0,03	-0,43
Vaznost 14 % [%]	-0,29	-0,23	0,10	-0,44
Vývin [min]	0,48	0,54	0,55	0,02
Stabilita [min]	0,24	0,28	0,40	-0,04
Stup. změk. (po 10 min.) [FU]	0,06	0,01	-0,12	0,25
Stup. změk. (12 min. po max.) [FU]	0,24	0,20	-0,06	0,28
Far. číslo kvality	0,25	0,29	0,35	0,03

Tab. 10: Korelace charakteristik piku 3 s extenzografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Energie 45 [cm ²]	-0,35	-0,31	0,02	-0,38
Energie 90 [cm ²]	-0,37	-0,33	-0,00	-0,35
Energie 135 [cm ²]	-0,34	-0,30	0,05	-0,35
T. O. 45 [BU]	0,23	0,22	0,04	0,12
T. O. 90 [BU]	0,23	0,25	0,16	0,02
T. O. 135 [BU]	0,23	0,25	0,18	0,01
Tažnost 45 [mm]	-0,51	-0,46	-0,02	-0,48
Tažnost 90 [mm]	-0,57	-0,54	-0,07	-0,38
Tažnost 135 [mm]	-0,58	-0,54	-0,07	-0,44
Max. odpor 45 [BU]	-0,05	-0,02	0,06	-0,14
Max. odpor 90 [BU]	-0,01	0,03	0,13	-0,16
Max. odpor 135 [BU]	0,02	0,06	0,15	-0,13
Poměr 45	0,54	0,50	0,02	0,42
Poměr 90	0,54	0,54	0,17	0,25
Poměr 135	0,49	0,49	0,17	0,25
Poměr (max.) 45	0,38	0,37	0,05	0,25
Poměr (max.) 90	0,39	0,40	0,19	0,10
Poměr (max.) 135	0,36	0,38	0,19	0,14

Pík č. 4 (P4) – gliadiny

Relativní plocha a výška píku 4 kladně korelovaly s lepkem v sušině ($r = 0,53$; $0,45$) a obsahem dusíkatých látek NL ($r = 0,60$; $0,51$). Relativní plocha také kladně korelovala se sedimentačním indexem ($r = 0,68$). Tvar píku záporně koreluje s lepkem v sušině ($r = -0,38$) (tab. 11). Z farinografických parametrů kladně korelovala relativní plocha píku s vazností 500 FU ($r = 0,52$) a vazností 14 % ($r = 0,55$) a negativně se stupněm změknutí po 10 min. i po 12 min. po max.. Výška píku kladně korelovala s vývinem ($r = 0,59$), stabilitou ($r = 0,42$) a farinografickým číslem kvality ($r = 0,43$). Tvar píku záporně koreloval se stabilitou ($r = -0,72$) a farinografickým číslem kvality ($r = -0,69$) (tab. 12). U extenzografických parametrů pozitivně korelovala pouze relativní plocha a to s energií 45, energií 90 a energií 135, tažností 45, tažností 90, tažností 135 a negativně s poměrem 45 (tab. 13). Charakteristiky píků 3 a 4 byly v těsné vazbě s hodnotami sledovaných ukazatelů technologické kvality, což je dáno tím, že gliadiny jsou početně nejvíce zastoupenou složkou lepkových bílkovin. Obecně se soudí, že gliadiny ovlivňují jen tažnost lepku, ale výsledky potvrdily, že stejně jako ostatní frakce pšeničných bílkovin působí také na pevnost a pružnost lepku. [7, 34, 53, 54]

Tab. 11: Korelace charakteristik píku 4 se základními parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
O. H. [kg/hl]	0,34	-0,04	0,06	0,08
FN [s]	0,27	0,35	0,11	-0,21
SEDI [ml]	0,68	0,13	0,03	-0,02
GI [%]	0,21	-0,15	-0,06	0,32
Lepek v suš. [%]	0,53	0,45	0,07	-0,38
NL [%]	0,60	0,51	-0,14	-0,16

Tab. 12: Korelace charakteristik píku 4 s farinografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Vaznost 500 FU [%]	0,52	0,23	-0,07	0,07
Vaznost 14 % [%]	0,55	0,19	0,02	0,12
Vývin [min]	0,09	0,59	0,12	-0,21
Stabilita [min]	0,18	0,42	0,19	-0,72
Stup. změk. (po 10 min.) [FU]	-0,38	-0,28	0,07	0,20
Stup. změk. (12 min. po max.) [FU]	-0,41	-0,10	0,01	0,15
Far. číslo kvality	0,15	0,43	0,14	-0,69

Tab. 13: Korelace charakteristik píku 4 s extenzografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Energie 45 [cm ²]	0,54	0,04	0,03	-0,09
Energie 90 [cm ²]	0,58	0,06	0,05	0,09
Energie 135 [cm ²]	0,56	0,06	0,07	0,07
T. O. 45 [BU]	-0,04	0,20	-0,06	-0,09
T. O. 90 [BU]	0,02	0,20	0,01	0,07
T. O. 135 [BU]	0,02	0,19	0,04	0,05
Tažnost 45 [mm]	0,56	-0,12	0,07	-0,04
Tažnost 90 [mm]	0,60	-0,09	0,10	-0,02
Tažnost 135 [mm]	0,60	-0,07	0,06	0,03
Max. odpor 45 [BU]	0,29	0,17	-0,01	-0,03
Max. odpor 90 [BU]	0,31	0,19	0,03	0,11
Max. odpor 135 [BU]	0,28	0,18	0,05	0,07
Poměr 45	-0,43	0,17	-0,10	-0,09
Poměr 90	-0,32	0,21	-0,04	-0,02
Poměr 135	-0,28	0,18	-0,00	-0,03
Poměr (max.) 45	-0,17	0,23	-0,07	-0,06
Poměr (max.) 90	-0,09	0,24	-0,02	0,04
Poměr (max.) 135	-0,08	0,21	0,01	0,01

Pík č. 5 (P5) – albuminy + globuliny

U píku č. 5 byly zaznamenány kladné korelace u tvaru píku s lepkem v sušině ($r = 0,38$) a obsahem dusíkatých látek ($r = 0,43$) (tab. 14). Mezi hodnotami farinografických (tab. 15) a extenzografických parametrů nebyly žádné průkazné korelace (tab. 16).

Tab. 14: Korelace charakteristik píku 5 se základními parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
O. H. [kg/hl]	-0,08	-0,13	0,06	0,18
FN [s]	0,28	0,15	0,11	0,26
SEDI [ml]	0,00	-0,08	-0,00	0,23
GI [%]	-0,07	-0,04	-0,06	-0,04
Lepek v suš. [%]	0,13	-0,03	0,05	0,38
NL [%]	-0,03	-0,16	-0,17	0,43

Tab. 15: Korelace charakteristik píku 5 s farinografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Vaznost 500 FU [%]	0,01	-0,07	-0,07	0,20
Vaznost 14 % [%]	0,07	-0,00	0,03	0,13
Vývin [min]	0,24	0,19	0,14	0,02
Stabilita [min]	0,14	0,05	0,17	0,17
Stup. změk. (po 10 min.) [FU]	-0,02	0,03	0,07	-0,14
Stup. změk. (12 min. po max.) [FU]	0,10	0,19	0,01	-0,34
Far. číslo kvality	0,12	0,03	0,12	0,18

Tab. 16: Korelace charakteristik píku 5 s extenzografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Energie 45 [cm ²]	0,07	0,00	0,02	0,15
Energie 90 [cm ²]	0,03	-0,01	0,02	0,09
Energie 135 [cm ²]	0,01	-0,05	0,04	0,16
T. O. 45 [BU]	0,14	0,05	-0,05	0,21
T. O. 90 [BU]	0,06	0,00	0,01	0,14
T. O. 135 [BU]	0,06	-0,01	0,03	0,17
Tažnost 45 [mm]	-0,08	-0,09	0,04	0,05
Tažnost 90 [mm]	-0,02	-0,02	0,07	0,02
Tažnost 135 [mm]	-0,03	-0,04	0,04	0,01
Max. odpor 45 [BU]	0,15	0,06	-0,01	0,19
Max. odpor 90 [BU]	0,06	0,00	0,02	0,14
Max. odpor 135 [BU]	0,02	-0,05	0,03	0,21
Poměr 45	0,08	0,03	-0,09	0,12
Poměr 90	0,04	-0,01	-0,03	0,13
Poměr 135	0,04	-0,01	-0,00	0,15
Poměr (max.) 45	0,14	0,06	-0,06	0,17
Poměr (max.) 90	0,06	0,00	-0,02	0,15
Poměr (max.) 135	0,03	-0,04	0,01	0,21

Pík č. 6 (P6) – albuminy + globuliny

Z nepřímých parametrů záporně korelovala výška píku 6 s objemovou hmotností ($r = -0,37$) (tab. 17). U farinografických parametrů nebyly nalezeny žádné průkazné korelace (tab. 18), z extenzografických parametrů kladně koreluje relativní plocha píku s poměrem 135 ($r = 0,37$) (tab. 19).

Tab. 17: Korelace charakteristik piku 6 se základními parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
O. H. [kg/hl]	-0,29	-0,37	0,05	0,22
FN [s]	-0,02	0,18	0,12	-0,36
SEDI [ml]	-0,08	-0,20	-0,01	0,25
GI [%]	0,05	-0,00	-0,09	0,06
Lepek v suš. [%]	-0,24	-0,23	0,07	0,06
NL [%]	0,14	0,02	-0,14	0,19

Tab. 18: Korelace charakteristik piku 6 s farinografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Vaznost 500 FU [%]	-0,08	-0,18	-0,08	0,22
Vaznost 14 % [%]	-0,14	-0,23	0,02	0,23
Vývin [min]	0,32	0,33	0,22	-0,10
Stabilita [min]	0,10	0,07	0,22	0,06
Stup. změk. (po 10 min.) [FU]	-0,10	-0,12	0,04	0,04
Stup. změk. (12 min. po max.) [FU]	0,07	0,18	-0,00	-0,24
Far. číslo kvality	0,05	0,04	0,17	0,03

Tab. 19: Korelace charakteristik piku 6 s extenzografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Energie 45 [cm ²]	0,03	-0,04	-0,00	0,15
Energie 90 [cm ²]	-0,00	-0,08	0,01	0,15
Energie 135 [cm ²]	-0,02	-0,10	0,03	0,16
T. O. 45 [BU]	0,16	0,14	-0,06	-0,01
T. O. 90 [BU]	0,22	0,16	0,03	0,04
T. O. 135 [BU]	0,24	0,19	0,06	0,02
Tažnost 45 [mm]	-0,08	-0,17	0,03	0,22
Tažnost 90 [mm]	-0,23	-0,30	0,04	0,20
Tažnost 135 [mm]	-0,31	-0,36	0,01	0,18
Max. odpor 45 [BU]	0,13	0,09	-0,02	0,05
Max. odpor 90 [BU]	0,18	0,10	0,03	0,08
Max. odpor 135 [BU]	0,18	0,11	0,05	0,09
Poměr 45	0,27	0,25	-0,08	-0,06
Poměr 90	0,36	0,30	0,00	-0,00
Poměr 135	0,37	0,32	0,03	-0,00
Poměr (max.) 45	0,24	0,22	-0,05	-0,04
Poměr (max.) 90	0,35	0,28	0,01	0,03
Poměr (max.) 135	0,36	0,28	0,04	0,04

Pík č. 7 (P7) – albuminy + globuliny

Relativní plocha píku 7 záporně korelovala se sedimentačním indexem ($r = -0,38$) (tab. 20). U farinografických parametrů nenastaly žádné průkazné korelace (tab. 21). Výška píku negativně korelovala s tažností 90 ($r = -0,41$). Tvar píku negativně koreluje v případech T.O. 45, T.O. 90, T.O. 135, max. odpor 45, poměr 45, poměr 90, poměr 135, poměr (max.) 45, poměr (max.) 90, poměr (max.) 135 (tab. 22).

Tab. 20: Korelace charakteristik píku 7 se základními parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
O. H. [kg/hl]	-0,34	-0,36	0,06	0,23
FN [s]	-0,01	-0,02	0,11	0,05
SEDI [ml]	-0,38	-0,33	-0,02	0,06
GI [%]	-0,12	-0,05	-0,08	-0,13
Lepek v suš. [%]	-0,23	-0,20	0,05	0,07
NL [%]	-0,13	-0,11	-0,17	0,01

Tab. 21: Korelace charakteristik píku 7 s farinografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Vaznost 500 FU [%]	-0,06	-0,07	-0,08	0,08
Vaznost 14 % [%]	-0,13	-0,16	0,02	0,16
Vývin [min]	0,28	0,31	0,19	-0,19
Stabilita [min]	0,01	0,06	0,19	-0,11
Stup. změk. (po 10 min.) [FU]	-0,16	-0,13	0,06	-0,02
Stup. změk. (12 min. po max.) [FU]	0,26	0,34	0,02	-0,29
Far. číslo kvality	0,05	0,04	0,14	0,01

Tab. 22: Korelace charakteristik píku 7 s extenzografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Energie 45 [cm ²]	-0,28	-0,13	-0,01	-0,20
Energie 90 [cm ²]	-0,34	-0,24	0,01	-0,07
Energie 135 [cm ²]	-0,34	-0,23	0,03	-0,10
T. O. 45 [BU]	-0,09	0,14	-0,07	-0,46
T. O. 90 [BU]	-0,09	0,11	0,01	-0,41
T. O. 135 [BU]	-0,10	0,09	0,04	-0,38
Tažnost 45 [mm]	-0,24	-0,25	0,03	0,13
Tažnost 90 [mm]	-0,36	-0,41	0,05	0,29
Tažnost 135 [mm]	-0,30	-0,36	0,02	0,27
Max. odpor 45 [BU]	-0,20	0,03	-0,03	-0,41
Max. odpor 90 [BU]	-0,21	-0,02	0,02	-0,34
Max. odpor 135 [BU]	-0,23	-0,06	0,03	-0,29
Poměr 45	0,14	0,29	-0,09	-0,40
Poměr 90	0,15	0,31	-0,01	-0,45
Poměr 135	0,07	0,23	0,01	-0,41
Poměr (max.) 45	0,01	0,23	-0,07	-0,48
Poměr (max.) 90	0,04	0,24	-0,00	-0,48
Poměr (max.) 135	-0,05	0,12	0,02	-0,39

Pík č. 8 (P8) – albuminy + globuliny

Pík č. 8 nevykazoval žádné průkazné korelace u hodnot nepřímých (tab. 23) a farinografických parametrů (tab. 24). Z extenzografických parametrů nastala kladná korelace relativní plochy píku s tažností 90 mm. ($r = 0,37$) a tažností 135 mm ($r = 0,41$) (tab. 25). Počet korelujících případů byl u píků 5 – 8 nižší, čímž se potvrdil předpoklad, že mají na sledované parametry technologické kvality méně významný vliv. [7, 34, 55]

Tab. 23: Korelace charakteristik píku 8 se základními parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
O. H. [kg/hl]	0,15	0,11	0,06	0,13
FN [s]	-0,00	0,07	0,07	-0,22
SEDI [ml]	0,21	0,18	0,11	0,07
GI [%]	0,31	0,35	0,11	-0,13
Lepek v suš. [%]	-0,00	-0,02	-0,01	0,06
NL [%]	-0,01	-0,04	-0,19	0,10

Tab. 24: Korelace charakteristik piku 8 s farinografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Vaznost 500 FU [%]	0,07	-0,06	-0,03	0,34
Vaznost 14 % [%]	0,05	-0,07	0,04	0,30
Vývin [min]	-0,22	-0,19	-0,02	-0,08
Stabilita [min]	-0,08	-0,13	0,14	0,15
Stup. změk. (po 10 min.) [FU]	-0,12	-0,00	0,05	-0,31
Stup. změk. (12 min. po max.) [FU]	-0,22	-0,10	-0,04	-0,32
Far. číslo kvality	-0,04	-0,14	0,09	0,26

Tab. 25: Korelace charakteristik piku 8 s extenzografickými parametry

Parametry	Area	Height	Area %	A/H
Energie 45 [cm ²]	0,30	0,27	0,15	0,11
Energie 90 [cm ²]	0,31	0,31	0,15	-0,00
Energie 135 [cm ²]	0,30	0,31	0,17	0,01
T. O. 45 [BU]	0,15	0,15	-0,02	0,03
T. O. 90 [BU]	-0,09	-0,07	-0,01	-0,02
T. O. 135 [BU]	-0,10	-0,06	0,00	-0,03
Tažnost 45 [mm]	0,17	0,13	0,16	0,13
Tažnost 90 [mm]	0,37	0,34	0,21	0,05
Tažnost 135 [mm]	0,41	0,36	0,20	0,08
Max. odpor 45 [BU]	0,28	0,28	0,08	0,03
Max. odpor 90 [BU]	0,10	0,13	0,06	-0,04
Max. odpor 135 [BU]	0,06	0,10	0,07	-0,04
Poměr 45	-0,04	-0,03	-0,12	-0,04
Poměr 90	-0,23	-0,21	-0,11	-0,04
Poměr 135	-0,24	-0,20	-0,08	-0,05
Poměr (max.) 45	0,11	0,13	-0,05	-0,03
Poměr (max.) 90	-0,13	-0,10	-0,06	-0,04
Poměr (max.) 135	-0,16	-0,10	-0,03	-0,07

ZÁVĚR

Srovnáním hodnot korelačních koeficientů u jednotlivých píků bylo prokázáno, že nejtěsněji s parametry technologické kvality korelovaly charakteristiky píků 1, 2, 3, 4, 7 (122 případů), píky 5, 6, 8 korelovaly jen v 6 případech.

Charakteristiky píku 1 byly v záporných korelacích se sledovanými parametry, to znamená, že čím více bylo ve vzorcích vysokomolekulárních gluteninů, tím nižších hodnot parametry dosahovaly. Pík 2 zastupující nízkomolekulární gluteniny byl se sledovanými znaky převážně v kladné korelaci. Charakteristiky píků 3 a 4 byly v těsné vazbě s hodnotami sledovaných ukazatelů technologické kvality, což je dáno tím, že gliadiny jsou početně nejvíce zastoupenou složkou lepkových bílkovin. Píky 5 až 8, které jsou tvořeny albuminy a globuliny mají na sledované parametry technologické kvality méně významný vliv.

Celkový počet korelací byl 128 a za statisticky průkazné se dá považovat 31 korelací. Charakteristiky píků SE-HPLC chromatogramu pšeničných bílkovin jsou využitelné jako indikátory technologické kvality zrna. Jako nejvhodnější se ukázalo použití charakteristiky absolutní plochy píku Area (19 statisticky průkazných korelací) a výška píku Height (9 statisticky průkazných korelací), které vykazovaly nejvyšší počet korelujících případů se standardními parametry technologické kvality. Nejnižší význam má tvar píku a relativní plocha píku.

Diplomová práce dokázala, že SE-HPLC může být vhodnou metodou pro hodnocení kvality pšeničného zrna, i když nelze očekávat v nejbližší budoucnosti její široké uplatnění. Důvodem je, že nepřímé parametry umožňují na uspokojivé úrovni odhadnout zpracovatelské vlastnosti u většiny pekárenské pšenice.

Oblastí využití SE-HPLC je možné očekávat v hodnocení kvality surovin pro speciální výrobky (např. mrazené těsto), výrobu škrobu, krmiv a lihu, tj. v oblastech se specifickými požadavky na podíly bílkovinných frakcí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Zimolka, J., Edler, S., Hřivna, L., Jánský, J., Kraus, P., Mareček, J. a Novotný, F.: *Pšenice. Pěstování, hodnocení a užití zrna*. Profi Press, Praha, 2005, ISBN: 80-86726-09-6
- [2] Pešek, M.: *Potravinářské zbožíznalství*. 1. vyd. České Budějovice: JU ZF České Budějovice, 2000, 175 s. ISBN 80-7040-399-3
- [3] Příhoda, J., Skřivan, P., Hrušková, M.: *Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1. vyd. VŠCHT Praha, 2004. ISBN 80-7080-530-7
- [4] Tichá, M., Vyzínová, P.: *Polní plodiny*. Veterinární a farmaceutická univerzita, Brno, 2006
- [5] Horáková, V., Dvořáčková, O., Mezlík T.: *Seznam doporučených odrůd 2010 a přehled odrůd 2010*. 1. vyd. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2010, ISBN 978-80-7401-027-9
- [6] Kulp, K., Ponte, J. G.: *Handbook of cereal science and technology*. Second edition: Revised And Expanded. New York. 2000
- [7] Dendy, D. A. V., Dobraszczyk, B. J.: *Cereals and cereal products*. Chemistry and Technology. Gaithersburg, Aspen Publishers, 2001
- [8] Kučerová, J.: *Technologie cereálií*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008. ISBN 80-7157-811-8
- [9] Příhoda, J., Humpolíková, P., Novotná, D.: *Základy pekárenské technologie*. 1. vyd. Praha, 2003, ISBN 80-902922-1-6
- [10] Pelikán, M.: *Zpracování obilovin a olejnin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 80-7157-525-9
- [11] Týř, O., Dřízal, J., Mihulka, S., Musil, S.: *Suroviny, přípravky a směsi pro výrobu těst běžného a jemného pečiva*. Pekař cukrář 6/2010, ročník XX, str. 20, ISSN 1213-2403
- [12] ČSN 46 1100-2. *Obiloviny potravinářské – Část 2: Pšenice potravinářská*. Praha: Český normalizační institut, 2001

- [13] Hubík, K., Mareček, J.: *Kvalita obilovin*. Agroweb [online]. [cit. 2011-02-26 16:32] Dostupné z www: <http://www.agroweb.cz/KVALITA-OBILNIN__s44x8475.html>
- [14] Novotný, F., Hubík, K.: *Nové směry v hodnocení jakosti potravinářské pšenice část I.: Hodnocení z pohledu odrůdového zkušebnictví ÚKZÚZ Brno*. Obilnářské listy 3/1997
- [15] ČSN ISO 7971-2. *Obiloviny – Stanovení objemové hmotnosti zvané „hektolitrová váha“*. Část 2: Praktická metoda. 2003
- [16] ČSN EN ISO 20483: *Obiloviny a luštěniny – Stanovení obsahu dusíku a výpočet dusíkatých látek – Kjeldahlova metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2007
- [17] ICC standard No. 167. *Determination of crude protein in grain and grain products for food and feed by the Dumas Combustion Principle*. 2000
- [18] ČSN ISO 3093: *Obiloviny – Stanovení čísla poklesu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010
- [19] ČSN ISO 5529: *Pšenice – Stanovení sedimentačního indexu – Zeleného testu*. Praha: Český normalizační institut, 2000
- [20] Koč, B.: *Laboratoře ÚKZUZ mají žně v zimě*. Agroweb [online]. [cit. 2011-02-28 9:24] Dostupné z www: <http://www.agroweb.cz/roslinna-vyroba/Laboratore-UKZUZ-maji-zne-v-zime__s44x10316.html>
- [21] ČSN ISO 712. *Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti – Praktická referenční metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2003
- [22] Humpolíková, P.: *Nové trendy v měření technologické jakosti potravinářského obilí a přístrojové vybavení*. Mlynářská ročenka, Svaz průmyslových mlýnů, Praha. 1997
- [23] Faměra, O., Rijáková, B., Hálová, I., Erhartová, D.: *Tvrdość zrna pšenice. Rozdíly ve skladbě zásobních bílkovin u pšenice ozimé*. Obilnářské listy 3/2010, ročník XVIII., 67-71 s. ISSN 1212-138X
- [24] Pazdera, J.: *Pěstování rostlin: Obiloviny - cvičení*. Praha: katedra rostlinné výroby ČZU. 2006, ISBN 80-213-1538-5

- [25] AACC International. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 38-12.02: *Wet Gluten, Dry Gluten, Water-Binding Capacity, and Gluten Index*. Approved November 8, 2000. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A. doi: 10.1094/AACCIntMethod-38-12.02
- [26] ICC standard No. 155. *Determination of Wet Gluten Quantity and Quality (Gluten Index ac. to Perten) of whole Wheat Meal and Wheat Flour (Triticum aestivum)*. 1994
- [27] Utami, I. S.: *Measurement of staling with farinograph to evaluated ecreasing bread quality*. Agritech, Vol. 20 No. 2, 2000, 73-78 s.
- [28] ICC standard No. 114. *Method for using the Brabender Extensograph*. 1992
- [29] Velíšek, J.: *Chemie potravin*. 1. vyd. Tábor: Osis, 2002. ISBN 8086659003
- [30] Sluková, M.: *Cereální chemie a technologie* [online]. [cit. 2011-02-08 16:33] Dostupné z [www: <http://www.vscht.cz/main/soucasti/fakulty/fpbt/grant_TRP/dokumenty/06.pdf>](http://www.vscht.cz/main/soucasti/fakulty/fpbt/grant_TRP/dokumenty/06.pdf)
- [31] Mišurcová, L.: *Základy biologie*. 1. vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2006. ISBN 80-7318-434-6.
- [32] Hoza, I., Kramářová, D.: *Potravinářská biochemie I*. 1. vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2005. ISBN 80-7318-295-5.
- [33] Müllerová, M., Skoupil, J.: *Technologie pro 4. ročník střední průmyslové školy studijního oboru zpracování mouky*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1988.
- [34] Hamer, R. J., Hosney, R. C.: *Interactions: The key to cereal quality*. St. Paul: American Association of Cereal Chemists. 1998
- [35] Kopáčová, O.: *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. Praha: UZPI. 2006
- [36] Hrabě, J., Rop, O., Hoza, I.: *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. UTB Zlín 2005. ISBN 80-7318-372-2
- [37] Holzbecher, Z., Churáček, J.: *Analytická chemie*. Praha: SNTL, 1987
- [38] Anonym: *Chromatografie*. [online]. [cit. 2011-03-2 13:30] Dostupné z [www: <http://biochemie.sweb.cz/x/metody/chromatografie.htm>](http://biochemie.sweb.cz/x/metody/chromatografie.htm)

- [39] Anonym: *Chromatografie*. [online]. [cit. 2011-03-2 13:49] Dostupné z www: <<http://www.eurochem.cz/index.php?COMPID=2145919255&DID=4458&LEV=2&ADRID=8&LA=CS&DT=4&MN=Chromatografie+-+informa%E8n%ED+text&ProdID=00021F06FD45F0860002ECE1>>
- [40] Cauchon, G.: *HPLC*. Analycal Ventura: Amethyst Life Sciences. 2008 [online]. [cit. 2011-03-2 11:55] Dostupné z www:<<http://www.analyticalventura.com/hplc.shtml>>
- [41] Coufal, P.: *High Performance Liquid Chromatography*. 2004 [online]. [cit. 2011-03-2 12:01] Dostupné z www: <<http://web.natur.cuni.cz/~pcoufal/hplc.html>>
- [42] Kardoš, E., Berek, D.: *Základy kvapalinovej chromatografie*. 1. vyd.: Bratislava, 1979
- [43] Cvačka, J.: *Instrumentace pro vysokoúčinnou kapalinovou chromatografii*. [online]. [cit. 2011-03-2 16:56] Dostupné z www: <<http://web.natur.cuni.cz/~analchem/bosakova/hplc2.pdf>>
- [44] Anonym: *Kapalinová chromatografie*. [online]. [cit. 2011-03-2 16:56] Dostupné z www: <fzp.ujep.cz/ktv/uc_texty/inan/inan_8.doc>
- [45] Klouda, P.: *Moderní analytické metody*. Ostrava, 2003. ISBN 80-86369-07-2
- [46] Anonym: *Separační metody v analytické chemii*. [online]. [cit. 2011-03-2 20:00] Dostupné z www: <http://users.prf.jcu.cz/sima/analyticka_chemie/separa.htm>
- [47] Anonym: *Protein Purification by Size Exclusion-HPLC*. Molecular Techniques and Methods 2001 [online]. [cit. 2011-03-2 20:57] Dostupné z www: <<http://www.molecularinfo.com/MTM/G/G3/G3-1/G3-1-8.html>>
- [48] Hebák, P., Hustopecký, J., Malá, I.: *Vícerozměrné statistické metody 2*. 1. vyd. Praha, 2005, ISBN 80-7333-036-9
- [49] Krámer, W.: *Statistika do vesty*. 1. vyd. Praha, 2005, ISBN 80-7214-848-6
- [50] Dachkevitch, T., Autran, J. C.: *Prediction of Baking Quality of Bread Wheats in Breeding Programs by SE - HPLC*. Cereal Chemistry 66, 1989, 448-456.
- [51] Gupta, R. B., Khan, K., MacRitchie, F.: *Biochemical Basis of Flour Properties in Bread Wheats. I. Effect of Variation in the Quantity and Size Distribution of Polymeric Protein*. Journal of Cereal Science, 18, 1993, 23-41

- [52] Tsilo, T. J., Ohm, J.-B., Hareland, G. A., Anderson, J. A.: *Association of Size-Exclusion HPLC of Endosperm Proteins with Dough Mixing and Breadmaking Characteristics in a Recombinant Inbred Population of Hard Red Spring Wheat*. *Cereal Chemistry*, 87, 2010, 104-111
- [53] Belderok, B., Mesdag, J., Donner, D. A.: *Bread-Making Quality of Wheat. A century of breeding in Europe*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000, ISBN 0-7923-6383-3
- [54] Gianibelli, M. C., Laroque, O. R., MacRitchie, F., Wrigley, C. W.: *Biochemical, Genetic and Molecular Characterization of Wheat Endosperm Proteins*. *Cereal Chemistry* 78, 2001, 635–646.
- [55] Hrušková, M., Burešová, I., Capouchová, I., Faměra, O., Hanišová, A., Horáková, V., Horčíčka, J., Hřivna, L., Novotný, F., Petr, J., In Prugar, J.: *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Kap. 6. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Praha 2008.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AACC	American Association of Cereal Chemists
ČR	Česká Republika
ČSN	Česká technická norma
DS	Stupeň změknutí těsta
ECC	Evropská směrnice
FN	Číslo poklesu
FTIR	Infračervený detektor s Fourierovou transformací
GC	Plynová chromatografie
GI	Gluten index
GPC	Gelová chromatografie
HPLC	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie
ICC	International Association for Cereal Chemistry
IEC	Iontová chromatografie
LC	Kapalinová chromatografie
LLC	Rozdělovací chromatografie
LSC	Adsorpční chromatografie
NL	Obsah dusíkatých látek
O. H.	Objemová hmotnost
SEDI	Sedimentační index
ST	Stabilita těsta
SE-HPLC	Molekulová vylučovací vysokoúčinná kapalinová chromatografie
T. O.	Poměr tažnosti a odporu
WA	Vaznost mouky

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Vznik peptidové vazby.....	16
Obr. 2: Struktura gliadinu.....	18
Obr. 3: Struktura gluteninu.....	19
Obr. 4: Struktura hydratovaného lepkového vlákna.....	20
Obr. 5: Kapalinový chromatograf.....	23
Obr. 6: Dávkovací kohouty s dávkovací smyčkou.....	24
Obr. 7: HPLC kolona.....	24
Obr. 8: Chromatogram pšeničných bílkovin.....	30

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Hodnoty jakostních ukazatelů.....	13
Tab. 2: Korelace charakteristik píku 1 se základními parametry	31
Tab. 3: Korelace charakteristik píku 1 s fariografickými parametry.....	32
Tab. 4: Korelace charakteristik píku 1 s extenzografickými parametry.....	32
Tab. 5: Korelace charakteristik píku 2 se základními parametry	33
Tab. 6: Korelace charakteristik píku 2 s fariografickými parametry	33
Tab. 7: Korelace charakteristik píku 2 s extenzografickými parametry	34
Tab. 8: Korelace charakteristik píku 3 se základními parametry	35
Tab. 9: Korelace charakteristik píku 3 s fariografickými parametry	35
Tab. 10: Korelace charakteristik píku 3 s extenzografickými parametry	35
Tab. 11: Korelace charakteristik píku 4 se základními parametry	36
Tab. 12: Korelace charakteristik píku 4 s fariografickými parametry	36
Tab. 13: Korelace charakteristik píku 4 s extenzografickými parametry	37
Tab. 14: Korelace charakteristik píku 5 se základními parametry	37
Tab. 15: Korelace charakteristik píku 5 s fariografickými parametry	38
Tab. 16: Korelace charakteristik píku 5 s extenzografickými parametry	38
Tab. 17: Korelace charakteristik píku 6 se základními parametry	39
Tab. 18: Korelace charakteristik píku 6 s fariografickými parametry	39
Tab. 19: Korelace charakteristik píku 6 s extenzografickými parametry	39
Tab. 20: Korelace charakteristik píku 7 se základními parametry	40
Tab. 21: Korelace charakteristik píku 7 s fariografickými parametry	40
Tab. 22: Korelace charakteristik píku 7 s extenzografickými parametry	41
Tab. 23: Korelace charakteristik píku 8 se základními parametry	41
Tab. 24: Korelace charakteristik píku 8 s fariografickými parametry	42
Tab. 25: Korelace charakteristik píku 8 s extenzografickými parametry	42

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I: Hodnoty základních jakostních ukazatelů pšeničných mouk

PŘÍLOHA I: HODNOTY ZÁKLADNÍCH JAKOSTNÍCH UKAZATELŮ PŠENIČNÝCH MOUK

Odrůda	Kvalita	O. H. [kg/hl]	FN [s]	SEDI [ml]	GI [%]	lepek v suš. [%]	NL [%]	Vaznost 500 FU [%]	Vaznost 14 % [%]	Vývin [min]	Stabilita [min]	Stup. změk. (po 10 min.) [FU]	Stup. změk. (12 min po max.) [FU]
Kerubino	A	73,2	366	31	67	27,4	12,4	63,5	63,7	7,7	7,4	20	95
Mulan	A	74,8	285	35	58	29,8	13,4	64,4	64,4	2,4	3,7	37	41
Cubus	A	73,7	405	44	93	25,0	12,8	62,4	63,6	2,4	2,1	48	54
Bakfis	A	76,9	282	32	78	23,7	11,9	61,9	62,0	1,9	5,2	32	34
Manager	A	74,1	301	37	42	30,7	12,6	62,9	63,1	2,5	8,4	25	32
Bohemia	A	75,2	358	49	84	29,4	14,0	64,5	65,1	4,2	3,5	36	41
Barryton	A	74,4	227	43	91	26,9	12,8	63,6	63,8	2,1	1,8	75	92
Eurofit	A	80,2	374	37	79	25,5	11,9	62,1	62,4	2,6	8,1	26	38
Orlando	B	76,7	283	26	81	22,9	12,0	60,2	60,2	1,6	1,4	80	84
Pitbull	B	77,1	376	32	27	29,8	12,1	63,6	64,2	2,3	5,2	28	26
Baletka	B	77,4	354	36	81	27,9	13,6	60,1	60,6	2,2	2,5	53	53
Meritto	B	75,3	254	32	57	26,4	12,2	63,6	63,6	2,2	1,8	62	75
Hedvika	B	72,6	363	30	55	26,4	12,4	63,8	63,4	2,0	2,0	64	73
Etela	C	44,1	278	17	24	26,5	12,3	58,7	58,1	1,8	2,6	95	124
Sakura	C	77,0	267	37	91	27,9	13,2	62,9	63,1	2,1	1,7	70	81
Rapsodia	C	71,4	265	18	44	25,4	11,7	59,6	59,6	2,0	3,7	36	67
Biscay	C	73,8	357	24	64	26,9	11,9	61,4	61,6	1,8	2,8	46	69
Dromos	C	77,3	358	31	62	28,8	12,0	61,5	61,8	1,8	4,0	41	48
Ludwig	E	78,3	355	40	73	28,9	12,7	61,6	61,5	1,8	1,6	74	75
Akteur	E	78,5	368	39	93	29,1	12,9	59,5	59,7	2,2	3,0	48	50

**PŘÍLOHA I: HODNOTY ZÁKLADNÍCH JAKOSTNÍCH UKAZATELŮ PŠENIČNÝCH MOUK -
POKRAČOVÁNÍ**

Odrůda	Kvalita	Far. číslo kvality	Energie 45 [cm ²]	Energie 90 [cm ²]	Energie 135 [cm ²]	T. O. 45 [BU]	T. O. 90 [BU]	T. O. 135 [BU]	Tažnost 45 [mm]	Tažnost 90 [mm]	Tažnost 135 [mm]
Kerubino	A	110	96	96	99	361	454	472	149	126	132
Mulan	A	52	81	98	108	276	401	442	158	139	144
Cubus	A	47	110	143	121	357	482	526	164	160	138
Bakfis	A	83	96	126	120	299	415	443	168	159	148
Manager	A	106	100	94	104	295	375	419	173	144	147
Bohemia	A	63	94	134	123	250	334	328	185	189	181
Barryton	A	42	91	107	114	242	332	348	188	164	164
Eurofit	A	115	91	107	114	242	332	348	188	164	164
Orlando	B	26	57	72	67	398	583	577	103	96	92
Pitbull	B	164	70	78	82	309	375	397	137	133	136
Baletka	B	40	86	104	97	344	466	526	148	139	116
Meritto	B	41	83	80	66	299	311	263	159	145	150
Hedvika	B	39	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Etela	C	45	40	44	41	281	345	349	101	94	90
Sakura	C	36	61	112	98	285	466	409	133	146	146
Rapsodia	C	94	57	54	53	262	267	308	135	129	122
Biscay	C	51	47	51	52	212	261	267	135	127	130
Dromos	C	68	84	99	98	322	491	514	152	128	128
Ludwig	E	30	86	120	121	325	543	586	151	136	128
Akteur	E	39	105	140	152	350	415	503	156	167	158

PŘÍLOHA I: HODNOTY ZÁKLADNÍCH JAKOSTNÍCH UKAZATELŮ PŠENIČNÝCH MOUK - POKRAČOVÁNÍ

Odrůda	Kvalita	Max. odpor 45 [BU]	Max. odpor 90 [BU]	Poměr 45	Poměr 90	Poměr 135	Poměr (Max.) 45	Poměr (Max.) 90	Poměr (Max.) 135
Kerubino	A	485	600	2,4	3,6	3,6	3,3	4,8	4,3
Mulan	A	372	538	1,7	2,9	3,1	2,4	3,9	4,0
Cubus	A	484	687	2,2	3,0	3,8	2,9	4,3	4,9
Bakfis	A	408	600	1,8	2,6	3,0	2,4	3,8	4,1
Manager	A	424	494	1,7	2,6	2,8	2,4	3,4	3,6
Bohemia	A	371	540	1,4	1,8	1,8	2,0	2,9	2,9
Barryton	A	351	496	1,3	2,0	2,1	1,9	3,0	3,3
Eurofit	A	351	496	1,3	2,0	2,1	1,9	3,0	3,3
Orlando	B	410	614	3,9	6,0	6,3	4,0	6,4	6,4
Pitbull	B	363	434	2,2	2,8	2,9	2,6	3,3	3,3
Baletka	B	425	601	2,3	3,3	4,5	2,9	4,3	5,8
Meritto	B	371	401	1,9	2,1	1,8	2,3	2,8	2,1
Hedvika	B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Etela	C	285	346	2,8	3,7	3,9	2,8	3,7	3,9
Sakura	C	328	592	2,2	3,2	2,8	2,5	4,0	3,6
Rapsodia	C	296	300	1,9	2,1	2,5	2,2	2,3	2,7
Biscay	C	236	285	1,6	2,1	2,1	1,7	2,2	2,3
Dromos	C	398	590	2,2	3,8	4,0	2,6	4,6	4,6
Ludwig	E	421	716	2,1	4,0	4,6	2,8	5,3	6,1
Akteur	E	513	673	2,2	2,5	3,2	3,3	4,0	4,8

NS - nestanoveno