

Vztah mezi viskozitou suspenze pšeničné mouky a pekárenskou kvalitou mouky

Bc. Věra Chalupová

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. Věra CHALUPOVÁ**
Osobní číslo: **T090216**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Vztah mezi viskozitou suspenze pšeničné mouky a pekárenskou kvalitou mouky.**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část:

1. Charakteristika pšenice seté *Triticum aestivum* L.
2. Technologické zpracování pšenice.
3. Uživatelské charakteristiky mouky.
4. Viskozita mouky.
5. Efekt poškozených škrobových granulí.

II. Praktická část:

1. Charakteristika použité mouky.
2. Metoda stanovení viskozity suspenze pšeničné mouky.
3. Výsledky – korelace viskozity s charakteristikami mouky.
4. Diskuze získaných výsledků.
5. Závěr.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] Příhoda, J, Hrušková, M, Skřivan, P. Cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2003. 202 s., ISBN 80-7080-530-7.

[2] Kulp, K, Ponte, G.J. Handbook of Cereal Science and Technology :Second Edition, Revised and Expanded. New York: Marcel Dekker, Inc., 2000. 790 s., ISBN: 0-8247-8294-1.

[3] Courtinf, C. M., Delcour, J. A. Arabinoxylans and Endoxylanases in Wheat Flour Bread-making. Journal of Cereal Science, 2002, 35, 3, 225-243, doi:10.1006/jcrs.2001.0433.

[4] Lindborg, K. M., Trägårdh, C., Eliasson, A.-C., Dejmek, P. Time-Resolved Shear Viscosity of Wheat Flour Doughs?Effect of Mixing, Shear Rate, and Resting on the Viscosity of Doughs of Different Flours. Cereal Chemistry, 1997, 74, 1, 49-55, DOI:10.1094/CCHEM.1997.74.1.49.

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Iva Burešová, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

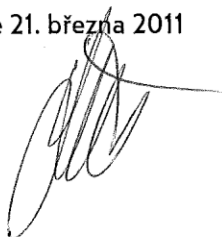
Datum zadání diplomové práce:

25. února 2011

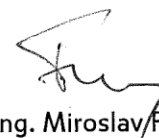
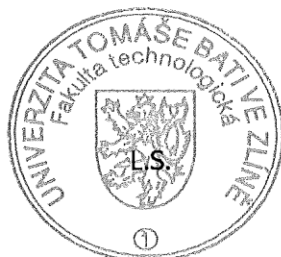
Termín odevzdání diplomové práce:

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:

Obor:

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, 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

.....

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 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.*

²¹ *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, užíje-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).*

²⁰ *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 přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Cílem práce bylo vyhodnotit vztah mezi viskozitou pšeničné mouky a její technologickou kvalitou. Práce je zaměřena na charakteristiku pšenice, její mlynářské zpracování a rozdělení mouk. Podrobněji je popsána mlynářská, pekařská jakost obilovin a efekt poškozených granulí. V praktické části bylo popsáno měření viskozity na reometru a následně podrobněji vyhodnoceny vztahy viskozity s charakteristikami mouky pomocí korelační analýzy.

Klíčová slova:

pšenice, technologická jakost, škrobová zrna, viskozita, reometr

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the relationship between viscosity of wheat flour and its technological quality. It focuses on characteristics of wheat, the milling process and the distribution of flour. More detailed is a description of mill, baking-quality of cereals and effect of damaged granules. In the practical part, viscosity measurements on rheometer was described and then the relationship of viscosity and the flour characteristics was evaluated by correlation analysis.

Keywords:

wheat, technological quality, starch grains, viscosity, rheometer

Ráda bych poděkovala vedoucí mé diplomové práce Mgr. Ivě Burešové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a trpělivost při vypracování této diplomové práce.

Poděkování patří také paní Ing. Sedláčkové firmy Agrotest fyto s.r.o., za realizaci měření na rheometru.

V neposlední řadě chci poděkovat své rodině za podporu při studiu.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PŠENICE (<i>TRITICUM</i>)	12
1.1 BOTANICKÁ SYSTEMATIKA.....	12
1.2 MORFOLOGICKÁ STAVBA ZRNA.....	13
1.3 VYUŽITÍ PŠENIČNÉHO ZRNA.....	15
2 MLÝNSKÁ TECHNOLOGIE	16
2.1 MÍCHÁNÍ OBILÍ	16
2.2 ČIŠTĚNÍ OBILÍ	16
2.3 MLETÍ PŠENICE	17
2.3.1 Šrotování	17
2.3.2 Luštění krupic.....	18
2.3.3 Vymílání.....	18
2.4 MLYNÁŘSKÁ JAKOST	19
2.4.1 Vlhkost	19
2.4.2 Objemová hmotnost	19
2.4.3 Tvrdost zrna	19
2.4.4 Obsah příměsí a nečistot	20
3 MOUKA	21
3.1 DRUHOVÉ PŠENIČNÉ MLÝNSKÉ PRODUKTY	22
3.1.1 Krupice, hrubé a polohrubé mouky	22
3.1.2 Hladká mouka světlá	22
3.1.3 Hladká mouka polosvětlá	23
3.1.4 Hladká mouka chlebová	23
3.1.5 Krmné produkty	23
3.2 PEKAŘSKÁ JAKOST	23
3.2.1 Obsah popela	23
3.2.2 Číslo poklesu	24
3.2.3 Sacharido-amylasový komplex	25
3.2.4 Obsah mokrého lepku a gluten indexu	25
3.2.5 Obsah dusíkatých látek	26
3.2.6 Zeleného sedimentačního test	26
3.2.7 Farinografické vlastnosti	26
3.2.8 Pekařský pokus.....	27
4 JAKOST OBILOVIN	28
5 VISKOZITA MOUKY	30
5.1 LEPEK.....	30
5.2 PENTOSANY.....	30
5.3 ENDOXYLANASY NEBOLI XYLANASY.....	30
6 ŠKROB	31
6.1 ŠKROBOVÁ ZRNA.....	32
6.1.1 Tvorba škrobových zrn	33

6.2	CHOVÁNÍ SUSPENZE ŠKROBU PŘI ZAHŘÍVÁNÍ.....	33
6.2.1	Bobtnání	33
6.2.2	Mazovatění.....	34
6.2.3	Retrogradace	35
6.3	POŠKOZENÍ ŠKROBU	35
II	PRAKTICKÁ ČÁST	37
7	CÍL PRÁCE	38
8	MATERIÁL A METODY	39
8.1	CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH SUROVIN – PŠENIČNÁ MOUKA	39
8.2	METODIKA	40
8.3	LABORATORNÍ POSTUPY	40
8.3.1	Postup měření viskozity	40
8.3.2	Statistická analýza	41
9	VÝSLEDKY A DISKUZE	42
9.1	ČÍSLO POKLESU	42
9.2	MOKRÝ LEPEK A GLUTEN INDEX.....	44
9.3	DUSÍKATÉ LÁTKY	45
9.4	ZELENYHO TEST	46
9.5	OBJEMOVÁ HMOTNOST.....	47
9.6	ALVEOGRAFICKÉ HODNOCENÍ	48
9.6.1	Pružnost těsta, P (mm H ₂ O)	48
9.6.2	Tažnost těsta, L (mm)	49
9.6.3	Alveografický poměr, P/L.....	50
9.6.4	Bobtnací index	51
9.6.5	Alveografická energie	52
	ZÁVĚR	54
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	60
	SEZNAM OBRÁZKŮ	61
	SEZNAM TABULEK.....	62
	SEZNAM PŘÍLOH.....	63

ÚVOD

Obiloviny patří k nejstarším potravinovým zdrojům, které lidé získávají z přírody. Jsou zdrojem energie, sacharidů, rostlinných bílkovin, také obsahují minerální látky (Ca, Fe a P) a vitaminy skupiny B, zejména thiamin. Dají se dobře skladovat a jako potravina jsou levné. [39]

Pšenice je celosvětově nejvýznamnější obilovinou zajišťující výživu lidské populace. Je nejrozšířenější obilovinou pro pekařské využití. Vyrábí se z ní hlavně mouka a krupice, které se zpracovávají na bílé pečivo, chléb a těstoviny. [1]

Na pšenici jsou kladeny vysoké požadavky technologické jakosti, které jsou definovány Českou normou ČSN 46 1100-2 Pšenice potravinářská. [37] V pekárenství se používá pšenice obecná (*Triticum aestivum*). Pekařská kvalita je především ovlivňována zásobními bílkovinami, zejména obsahem lepku. [7] S dobrou pekárenskou kvalitou zrna rovněž souvisí i další parametry jako jsou gluten index, Zelenyho test, obsah dusíkatých látek, objemová hmotnost a rovněž parametry získané z alveografu.

V této práci byly podrobněji zkoumány vztahy viskozity s jakostními parametry pšeničné mouky. Byly použity vzorky pšeničné mouky T-530, kde na reometru byla zjištěna viskozita moučných suspenzí a následně ze získaných výsledků byly pomocí statistické analýzy podrobněji zkoumány korelační koeficienty. Ve většině případů byly zjištěny statisticky průkazné korelace, čímž lze tvrdit, že viskozita významně ovlivňuje pekárenskou kvalitu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŠENICE (*TRITICUM*)

Pšenice je kulturní plodina téměř tři tisíce let. První kulturní typy se objevily v Mezopotámii, ale již před začátkem letopočtu se pěstovala na většině území Eurasie. Do Severní Ameriky byla přivezena v 16. století, do jižní Afriky v 17. století a do Austrálie až v 18. století. [3]

Pšenice je vedle rýže jednou z nejrozšířenějších kulturních rostlin. V mnohých zemích je nejdůležitější obilninou, základem lidské výživy. Zaujímá zhruba polovinu plochy obilovin (51 až 52 %) a při vysoké stabilitě výnosů představuje produkční jistotu ve všech výrobních oblastech ČR. [35]

1.1 Botanická systematika

Pšenice patří botanicky do čeledi rostlin lipnicovitých – *Poaceae* rodu *Triticum*. Je to rostlina samosprašná, takže odrůdové znaky a vlastnosti jsou u ní stálější a vyrovnanější než u rostlin cizosprašných. [1]

Rod pšenice (*Triticum* L.) zahrnuje 24 planých i kulturních druhů. Praktický význam mají pouze tři z nich: pšenice obecná (*T. aestivum* L.), pšenice tvrdá (*T. durum* Desf.) a pšenice naduřelá (*T. turgidum* L.). Nejvýznamnějším druhem je pšenice obecná, která vznikla vícenásobným křížením za přispění několika druhů planých pšenic. [3] Květenstvím pšenice je klas složený z jednotlivých klásků. Na každý článek klasového větene přísluší jeden vícekvětný klásek. Klásek tvoří dvě bezosinné plevy a příslušný počet (2 až 5 i více) kvítků. [53]

Rod *Triticum* zahrnuje tři skupiny

- diploidní pšenice – pšenice planá jednozrnka (*Triticum boeoticum* (Boiss.) Schiem), pšenice kulturní jednozrnka (*Triticum monococcum* L.)
- tetraploidní pšenice – pšenice planá dvouzrnka (*Triticum dicocoides* L.), pšenice dvouzrnka (*Triticum dicoceum* Schrank), pšenice Timofejevova (*Triticum timopheevi zhuk*), pšenice naduřelá (*Triticum turgidum* L.), pšenice polská (*Triticum polanicum*), pšenice tvrdá (*Triticum durum*)
- hexaploidní pšenice – pšenice špalda (*Triticum spelta* L.), pšenice setá (*Triticum aestivum* L.) [53] (viz. obr. 1)

Pšenice tvrdá má nelámavý klas, s osinami většinou delšími než klas. Obilka je sklovi-tá, trojhranná se vpadlým klíčkem, neochmýřená, její lepek je vhodný k výrobě těstovin. Převažuje pěstování jarních odrůd, ozimé odrůdy mají horší jakost. Pšenice špalda má klas lámavý, dlouhý, velmi řídký. Klásky jsou čtyřkvěté, pouze dva kvítky plodné, obilky pev-ně uzavřené v pluchách. Používá se k výrobě těstovin nebo nedozrálé obilky jako přísada do polévek. [53]

Nejvíce ve světě i u nás pěstovaným druhem je pšenice setá. Má nelámavý klas, osina-tý nebo bezosinný, různě hustý. Obilky jsou nahé, buclatější, na řezu oblé, s mírně vy-stoupplým klíčkem, na protilehlé straně ochmýřené. Pšenice setá vznikla pravděpodobně ze špaldy. Vyskytuje se ve čtyřech varietách, z nichž nejdůležitější je varieta lutescens. [53]



Obr. 1. Klasy různých typů pšenice (1 – jednozrnka, 2 – polská, 3 – špalda, 4 – dvouzrnka, 5 – tvrdá, 6 – obecná, osinatá, 7 – obecná bezosinná) [8]

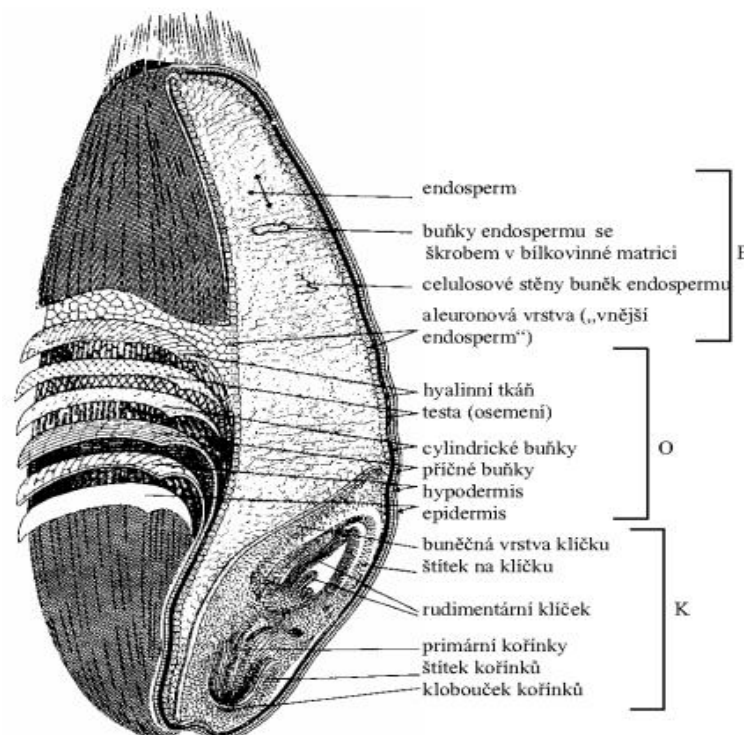
1.2 Morfologická stavba zrna

Nejvrchnější vrstvy zrna (oplodí), které jsou tvořeny nerozpustnými a obtížně bobtna-jícími materiály, především celulózu, jsou určeny k ochraně zrna před mechanickým po-škozením a krátkodobými účinky vody a škodlivých látek. V následujících podpovrcho-vých vrstvách (osemení) jsou barviva určující vnější barevný vzhled zrna. Další vrstvy obsahují polysacharidické látky, schopné v různém stupni bobtnání a vázání vody, čímž do jisté míry přispívají k udržování rovnováhy vlhkosti zrna. Dohromady tvoří všechny dílčí

vrstvy pevnou, houževnatou vrstvou, která při mletí zrna přechází do otrub (v obr. 2 značeno O).

Na rozhraní obalových vrstev a endospermu se nachází jednoduchá, měkká vrstva velkých buněk, tzv. aleuronová vrstva, obsahující vysoký podíl bílkovin (asi 30 %), který je téměř třikrát vyšší než v endospermu. Aleuronové buňky mají rovněž nejvyšší obsah minerálních látek, a proto se při vymílání aleuronové vrstvy výrazně zvyšuje obsah minerálních látek (popela) v mouce. Aleuronová vrstva se někdy označuje jako vnější endosperm (na obr. 2 je endosperm označen E).

Před mlýnským zpracováním zrna se odstraňuje celý klíček (na obr. 2 označen K), který by jinak velmi rychle podléhal oxidačním a enzymovým změnám a zhoršoval senzoricou kvalitu výrobku. Pokud se klíčky dále zpracovávají pro potravinářské účely, musejí se přítomné enzymy během několika málo hodin inhibovat. [26]



Obr. 2. Podélný řez pšeničným zrnem (vrstva E přechází při mletí do mouky, vrstva O do otrub, vrstva K je odstraňována s klíčkem) [26]

1.3 Využití pšeničného zrna

Pšeničné zrna je nenahraditelnou surovinou na výrobu kynutých pečárenských výrobků. Používá se také na výrobu různých druhů pečivárenských výrobků, snídaňových cereálií, těstovin a mnoha dalších výrobků. Významné je rovněž nepotravinářské využití pšenice. Pšeničné zrna se stává nedílnou součástí krmných směsí, je surovinou pro výrobu škrobu a etanolu. [35] Pšenice má zcela mimořádnou kvalitu bílkovin, které jsou schopny vytvořit nakypřenější strukturu a vyšší klenbu pečeného výrobku než bílkoviny z kterýchkoliv jiných obilovin. Tato vlastnost byla příčinou značného rozšíření oblastí pěstování pšenice. [40]

2 MLÝNSKÁ TECHNOLOGIE

Vlastní proces mlýnského zpracování obilí je založen na dvou základních operacích – dezintegraci (převážně drcení) meliva a třídění produktu (heterogenní sypké směsi). Tyto dvě operace tvoří základní jednotku celého výrobního postupu a tuto jednotku označujeme jako mlecí chod neboli pasáž.

Každý mlecí chod tedy stává z jedné drticí operace a následného třídění. K tomu, aby došlo pokud možno k co nejúčinnějšímu oddělení endospermu od obalových vrstev a k vytěžení jeho části v několika požadovaných frakcích o patřičné čistotě a granulaci, zařazuje se několik mlecích chodů do mlýnského procesu (v pšeničném mlýně cca 15-20). [41]

2.1 Míchání obilí

Zrna se kombinují tak, aby byla zaručena standardnost výroby. Obvykle se míchají silné pšenice s normálními nebo slabými. Pozitivní jsou výsledky při smíchání silné pšenice s poškozeným obilím. Silné pšenice jsou proto označovány jako tzv. zlepšovadla. [14] Silné pšenice se vyznačují pevným, nerozplývavým a velmi pružným lepkem v těstě. Slabé pšenice mají opačné vlastnosti lepku na rozdíl od silných pšenic. [44]

2.2 Čištění obilí

Před mletím se musí obilí dokonale zbavit všech příměsí a nečistot a zrno povrchových dřevnatých vrstev slupky. Tento proces probíhá v čistírně mlýna. Dochází k odstraňování příměsí a nečistot prostřednictvím sít, aspirátoru, triéru a magnetů. V cereálním průmyslu se používá dvou základních typů sít, a to síta plochá a válcová. [11] Kulatá nebo delší zrna se na sítích neodstraní, ta se vytřídí pouze na triérech. Triéry se zařazují v čistírně před loupací stroje. Obilí ze zásobníku je vedeno do odkaménkovače, kde se vzduchem na základě rozdílné měrné hmotnosti oddělují kaménky a těžší příměsí a nečistoty. Další čistící proces probíhá na čistírenském aspirátoru a dvou triérových stanicích, kde se dokončí oddělení příměsí a nečistot. Kovové příměsí jsou odstraňovány elektromagnety. [36]

Vytříděné obilí není dokonale připraveno k mletí, poněvadž na povrchu je prach a další nečistoty, je proto nutné provést čištění na suché cestě. Odstranění prachu a oplodí obil-

ky se dosáhne loupáním. Při loupání je obilí metáno proti plášti smirkového zařízení, kde dochází k oděru povrchu obilek. Loupáním se snižuje obsah popela a zároveň se zvyšuje i podíl zlomků. Protože loupací stroje neodstraní dokonale slupky z obilek, navazovalo na loupací stroje kartáčovací zařízení, které šetrným způsobem dočistilo loupané obilky. [14]

Hydrotermická úprava obilí

Jde o souhrn technologických opatření při přípravě zrna na mletí, které zahrnuje současné působení vlhkosti na změnu strukturně mechanických vlastností. [11] Dobře připravené zrno 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. [14]

2.3 Mletí pšenice

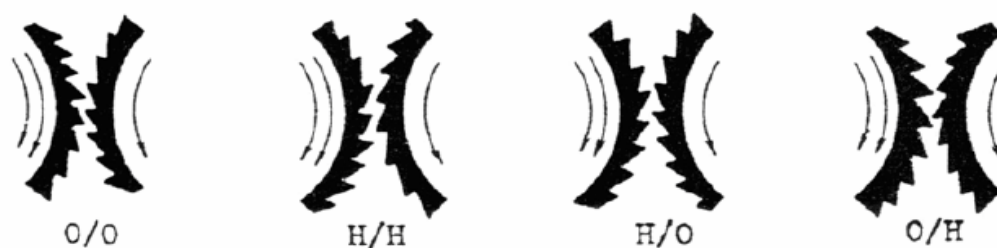
V mlýnské technologii se rozlišují dva základní způsoby mletí obilí:

- mletí na mouky – k získání maximálního množství mouky
- mletí na krupice – k získání maximálního množství krupic [36]

Při mletí pšenice je žádoucí získat na začátku mlecího procesu maximální množství hrubých krupic se značným podílem endospermu a malý podíl mouky. Za hraniční hodnoty správného vedení se považuje výtěžnost 78 % na hmotnost zrna, z toho krupic 60 % a šrotové mouky 18 %. [36]

2.3.1 Šrotování

Při šrotování dochází k šetrnému otevření zrna, oddělení endospermu od obalových vrstev v hrubších částicích s nízkým výtěžkem pasážních mouk. Ke šrotování se používají válcové stolice, které se skládají z dvojice protisměrně se otáčejících mlecích válců. Dvojice válců může být ve stolici postavena ve čtyřech polohách: ostří na ostří, hřbet na hřbet, hřbet na ostří a ostří na hřbet. [12] (obr. 3) Ke šrotování pšenice se používá se menší předstih a postavení rýh ostří na ostří, která dává mnoho krupic. [36]



Obr. 3. Vzájemné nastavení rýhování povrchu mlecích válců [14]

Šrotování má 2 úseky: šrotové pasáže krupičné a šrotové pasáže domílkové.

Na úseku krupicových šrotových pasáží (1.–4. šrot) se šrotové směsi rozdělují na: šrotové přepady (semílají se na dalších chodech), krupice (dělí se na hrubé, střední a drobné, které se dále luští a čistí) a krupičky (třídí se na hrubé a jemné, hrubé se čistí a jemné jdou do mouky). Na úseku domílkových šrotových pasáží (4.–5. šrot) se získávají poslední zbytky mouk jedlých, mouka krmná a otruby. [36]

2.3.2 Luštění krupic

První luštění má válce rýhované, ostatní hladké. Na prvním a druhém lušticím chodu se zpracovávají vyčištěné hrubé, střední a drobné krupice 1. jakosti. Na 3. lušticím chodu krupice 2. jakosti a na 4. lušticím chodu zbývající krupice a současně se zde získávají mlýnské jedlé klíčky. [36] Při semílání šrotových krupic vznikají krupice luštěné, které jsou jakostnější než krupice šrotové. Krupičky z lušticích strojů jsou vedeny na vysévače a stroje na čištění krupic. [14]

2.3.3 Vymílání

Rozemílá se hlavně materiál přicházející z reforem. Používají se hladké válce, vyjma posledních chodů. Cílem tohoto úseku je dosáhnout celkové výtěžnosti jakostních mouk. (tab. 1) Mlecí výsledky se hodnotí podle tažení hrubé mouky. Nejvíce možné dosažitelné množství hrubé mouky je 38 %, v našich technologických podmínkách obvykle méně. Bilanci vyráběných produktů shrnuje tzv. vymílací klíč (výrobní schéma), podle kterého mlýn vyrábí příslušné množství jedlých produktů. Součet výtěžků jedlých produktů a krmných zbytků včetně čistírenských odpadů by měl odpovídat hmotnosti zpracovaného obilí. V praxi vzniká ztráta, tzv. promelek. Vymílání pšenice v současné době činí 72-73 %. [14]

Tab. 1. Závislost chemického složení pšeničných mouk na vymletí (v %) [14]

Vymletí mouky, v %	40	73	80	94	Celé zrno pšenice
Popel	0,40	0,63	0,90	1,72	1,90
Tuk	1,14	1,55	1,90	2,25	2,30
Bílkoviny	10,10	11,23	12,10	12,50	14,10
Cukry	2,14	3,65	4,85	5,19	5,20
Škrob	82,53	78,65	75,38	68,70	66,20
Vláknina	0,10	0,20	0,28	1,70	2,50
Pentozany	2,59	3,95	3,95	7,25	7,90
Nestanovený podíl	1,00	0,93	0,64	0,94	-

2.4 Mlynářská jakost

Mlynářské vlastnosti jsou založené na strukturně mechanických vlastnostech zrna, které se projevují při mletí a přípravě obchodních mouk. [41] Mlynářská hodnota pšenice je určována anatomickými a morfologickými znaky, látkovým složením a vnitřní strukturou obilky, které se podílí na fyzikálně-mechanických vlastnostech endospermu. [17]

2.4.1 Vlhkost

Vlhkost obilí (ČSN ISO 712) je důležitá již během vegetace a sklizně, protože souvisí se složitými biochemickými pochody, které určují konečné technologické vlastnosti zrna a mlýnských výrobků. V pekárenské technologii má vlhkost mouky vliv na vaznost a tím výtěžnost těsta i hotového výrobku. [40]

2.4.2 Objemová hmotnost

Objemová hmotnost (ČSN ISO 7971-2) je ukazatelem výtěžnosti mouky při mlýnském zpracování. Určuje se jako hmotnost 1 litru zrna. [6] Závisí na velikosti a tvaru obilky a rázu endospermu (sklovité obilky mají vyšší objemovou hmotnost). [37]

2.4.3 Tvrdost zrna

Tvrdost zrna je považována za nepřímý ukazatel mlynářské jakosti a má vztah k výtěžnosti krupice a přední mouky. [17] Tvrdost zrna je ovlivněna bílkovinami a jejich schopností uzavřít škrobová zrna endospermu v bílkovinné matrix. [39]

Tvrдость pšenice může být ovlivněna také dalšími vnitřními faktory, jako jsou vlhkost, obsah tuků a jednoduchých cukrů. Mezi tvrdostí zrna a pekařskou kvalitou existuje příčinná souvislost a je známo, že tvrdší pšenice poskytují pekařsky kvalitnější mouku zejména vlivem vyšší vaznosti vody. [17]

Zrno sklovitých pšenic je pevné a tvrdé, škrobová zrna jsou pevně spojená s bílkovinami a buňky endospermu zůstávají celistvé i po semletí. Měkký endosperm moučnatých pšenic má naopak sypkou strukturu, ve které jsou bílkoviny a škrob slabě spojené a v průběhu mletí se z buněk uvolňuje do mouky hodně škrobových zrn. [39] Koreluje s technologickými parametry, ale běžně se tento jakostní znak nestanovuje. [21]

2.4.4 Obsah příměsí a nečistot

Příměsí a nečistoty (ČSN 46 1011–6) nelze považovat za kvalitativní složku zrna, ale tvoří přirozenou součást obilné masy. Mají spíše charakter znaku významného z ekonomického a zdravotního hlediska, který nelze zcela vyloučit. Pro potravinářskou pšenici jsou podle ČSN 46 1100-2 příměsí a nečistoty složeny celkem z 12 definovaných položek, např. zlomky zrn, scvrklá zrna, zrna poškozená škůdci, cizí látky, aj., a jejich maximální přípustné množství je 6 %. Podíl nečistot může tvořit nejvýše 0,5 %. [40]

3 MOUKA

Mouka je univerzální surovinou pekárenské výroby a požadavky na její kvalitu jsou rozsáhlé. Mouka musí mít dostatečnou plynotvornou schopnost, tj. schopnost vytvořit těsto, které dokáže zadržet dostatečné množství kvasných plynů. Kromě tohoto musí mít mouka schopnost tmavnout. Schopnost mouky tmavnout je dána činností enzymu tyrozinázy, který oxiduje volný tyrozin na tmavě zbarvené produkty. [12]

V pekařství se hodnotí vlastnosti pšeničné mouky podle chemického složení. Největší podíl tvoří sacharidy (68 až 75 %), z toho je asi 0,01 až 0,05 % glukosy, 0,015 až 0,05 % fruktózy, 0,1 až 0,55 % sacharosy a 0,5 až 1,1 % tvoří ostatní oligosacharidy. Podstatnou část sacharidů tvoří škrob, který tvoří asi 4/5 její sušiny. V pšeničné mouce se také vyskytují pentosany (2 až 4 %), jsou nejvíce zastoupené v obalových vrstvách zrna a v aleuronové vrstvě. Další důležitou složkou mouky je voda (13 až 15 %), rovněž vitaminy a minerální látky. [10]

Rovněž jsou významné dusíkaté látky, které ovlivňují vlastnosti mouky, výrobků i jejich výživovou hodnotu. Jsou významným zdrojem bílkovin ve výživě člověka. Jejich množství je do značné míry ovlivňované stupněm vymletí, tj. bílá mouka má méně bílkovin než tmavá celozrnná. Nejdůležitějšími složkami bílkovin jsou z pekařského hlediska gliadin (40 až 50 %) a glutenin (34 až 42 %), protože jsou součástí lepku. [41] Z tuků jsou důležité triacylglyceroly a doprovodné látky přírodních tuků (např. fosfolipidy, glykolipidy, steroly, karotenoidy). V moukách vymletých na 70 % jsou asi 2 % tuků, nejvíce se jich vyskytuje v otrubách a klíčku. [10] Mouka ze silné (s vyšším obsahem bílkovin) a z tvrdé pšenice (s vyšším obsahem poškozeného škrobu), vyžadují více vody, než je potřeba u mouk ze slabých (nižší obsah bílkovin) nebo měkkých pšenic (méně poškozený škrob), tak, aby mělo těsto standardní konzistenci. [23]

Mouky se označují převážně slovním popisem dle způsobu jejich použití (např. pšeničná mouka chlebová tmavá). Mezi odborníky po celém světě je běžné označování mouky podle obsahu popela (nespalitelné, převážně minerální látky obsažené v mouce). Typ mouky je značen číslem, které udává přibližně tisícinásobek hmotnosti popela v mouce. Označení T 530 tedy znamená, že 100 kg mouky obsahuje 0,53 kg nespalitelných látek. Rozdílné typy mouk mají nejen různý obsah popelovin a různou barvu, ale i ostatní jejich vlastnosti se liší. Je to způsobeno různým poměrem chemických látek v jednotlivých typech

mouk, protože vlivem rozdílného vymletí se v nich poměr obalových částí k moučnému jádru mění. [13] (tab. 2)

Kromě popelovin jsou důležitými obchodními znaky také granulace a obsah lepku. Čím nižší je číslo typu mouky, tím méně vlákniny mouka obsahuje a tím je také světlejší. Čím vyšší číslo, tím je mouka tmavší a více vymletá, obsahuje méně lepku a tím méně bude těsto kynout (nejvíce lepku obsahuje mouka typu T 550). [17]

Tab. 2. Základní druhové mouky pšenice [41]

PARAMETRY	Typ	Obsah popela v %	Granulace (síta μm / min.propad (%))	
Hrubá	T 450	max. 0,50	485/96	162/15*
Polohrubá	T 400	max. 0,50	366/96	162/75*
Hladká světlá	T 530	max. 0,60	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

* max. povolený propad

3.1 Druhové pšeničné mlýnské produkty

3.1.1 Krupice, hrubé a polohrubé mouky

Obsahují převážně kvalitní nepoškozený škrob a bílkoviny komplexu lepku, který zpravidla vykazuje vysokou elasticitu a nízkou tažnost. Obsah ostatních složek je velmi nízký, velmi nízká je i enzymová aktivita. Tyto výrobky jsou sestaveny z předních pasážních produktů. Vzhledem k jejich složení (i granulaci) se uplatňují především při výrobě těstovin, noků a knedlíků, případně v některých cukrářských výrobcích, pekařské využití je zcela ojedinělé. [41]

3.1.2 Hladká mouka světlá

Obsahuje převážně bílkoviny lepku a škrob. Škrob je poškozen zpravidla spíše mírně, enzymová aktivita je přiměřená nižšímu obsahu popela. Lepek je vyrovnaný, někdy může inklinovat k převaze elasticity. Jeho obsah (mokrý lepek) se pohybuje kolem 30 %. Mouka

je sestavena z převahy předních pasážních produktů. Jedná se o běžnou pekařskou mouku používanou hlavně pro výrobu běžného (bílého) pečiva, jemného pečiva a toustových a sendvičových chlebů. [41]

3.1.3 Hladká mouka polosvětlá

Její složení je velmi podobné světlé mouce, je sestavena z velmi podobných nebo totožných pasážních produktů s přidavkem podílu produktů pasáží středních až zadních. Je-li správně sestavena, jedná se o velmi kvalitní pekařskou mouku s vhodnou enzymatickou aktivitou a vyrovnaným lepkem vyznačujícím se vyšší vazností vody a tažností. Obsah mokrého lepku bývá vyšší než 30 %. Použití je shodné se světlou moukou. [41]

3.1.4 Hladká mouka chlebová

Obsahuje vyšší podíl méně kvalitních bílkovin včetně bílkovin rozpustných (nelepkových). Obsah mokrého lepku se pohybuje často nad 35 %, bývá málo pružný. Vyšší je i poškození škrobu, které je způsobeno i mechanicky díky vyšší námaze, které byly mouky pocházející převážně ze středních a zadních pasáží vystaveny. Používá se při výrobě chleba. [41]

3.1.5 Krmné produkty

Jedná se o krmnou mouku a otruby. Obsahují převahu obalových vrstev a pouze části vnějšího endospermu. Krmná mouka se získává se zadních pasáží, obsah popela se pohybuje od 3 do 5 %, obsah škrobu 30-40 %. Otruby jsou šupinkovité části slupek získané v případech třídících zadních pasáží a vytloukaček. Obsah popela se pohybuje od 5 do 7 %, obsah škrobu cca 15 %. [41]

3.2 Pekařská jakost

Pekařské vlastnosti se uplatňují až při zpracování mouky v pekárenské technologii a jsou patrné na objemu a vlastnostech pekařského výrobku. Pekařská jakost pšenice je ve značné míře dána genotypem a je podmíněna hlavně bílkovinným komplexem zrna. [41]

3.2.1 Obsah popela

Obsah popela (ČSN ISO 2171) v mlýnských výrobcích slouží jako technologický ukazatel mlecího procesu a je vedle granulace rozlišovacím znakem pro jednotlivé druhy vý-

robků. Z hlediska kvalitativních ukazatelů souvisí s barvou, která je ovlivněna nejen stupněm vymletí mouky, ale i s barvou endospermu zrna. [40] Souvisí s technologií výroby mouky T-550. Obsah popelovin není v obilce rovnoměrně rozložen. V obalech, aleuronové vrstvě i v klíčku je několikrát vyšší než v endospermu. [21] Je v korelaci s tvrdostí zrna. [53]

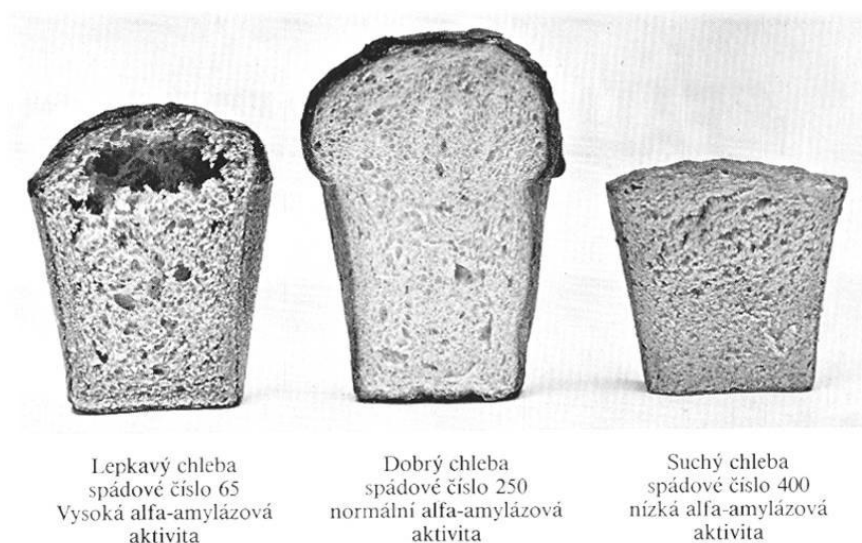
3.2.2 Číslo poklesu

Číslo poklesu (ČSN ISO 3093 (46 1018)) se stalo v Evropě používaným kritériem pro odhalování skrytého porůstání zrna, tj. poškozeného škrobu hydrolytickými enzymy, syntetizovanými v zrně v důsledku startu procesu klíčení zrna v klasu před sklizní vlivem nadměrného příjmu vlhkosti. [21]

Číslo poklesu je metoda, která hodnotí stav sacharido-amylasového komplexu v mouce a tím vhodnost mouky pro pekařské účely. Principem metody je stanovení viskozity suspenze mouky nebo celozrnného mletého výrobku z obilovin během jejího rychlého zmazovatění a následného ztekucení alfa-amylasou obsaženou ve vzorku. U nás pro potravinářskou pšenici platí základní hodnota poklesu min. 220 s. Jako číslo poklesu se udává celkový čas v sekundách, od ponoření viskozimetrické zkumavky do vroucí vody. [14]

Porostlé zrno (činnost alfa-amylasy) má nízké číslo poklesu. Snížení způsobuje teplé a deštivé počasí před sklizní. Nízké číslo poklesu snižuje pekařskou kvalitu zeslabením pružnosti střídy pečiva, snižuje schopnost těsta vázat vodu. [53] Pro pekařskou kvalitu pšenice je významný vztah čísla poklesu, zpracovatelnosti těsta a jakosti finálního výrobku. Obecně platí:

- 62-180 s – vysoká aktivita alfa-amylasy, zrno poškozeno porostlostí, těsto lepivé, výrobek málo klenutý, střída se známkami mazlavosti, snížená skladovatelnost
- 200-300 s – optimální aktivita alfa-amylasy, zrno zdravé, zpracovatelnost těsta dobrá, tvar a kvalita střídy výrobků spotřebitelsky standardní
- nad 300 s nízká aktivita alfa-amylasy, těsto suché, objem výrobků nižší, střída suchá, drobná, doporučeno upravovat pšeničné mouky sladovými přípravky [40] (obr. 4)



Obr. 4. Porovnání bochníku v závislosti na aktivitě alfa-amylasy v mouce [47]

3.2.3 Sacharido-amylasový komplex

Sacharido-amylasový komplex popisuje stupeň poškození škrobu a aktivitu přítomných amylas. [16] Principem stanovení je měření viskozity suspenzí šrotu nebo mouky. [40]

V technologickém procesu se uplatňuje:

- během fermentace, kde jsou zkvašovány jednoduché cukry, které jsou přidány jako recepturní složka a zejména vznikají působením amylas na škrob
- během pečení, kde se uplatňuje schopnost škrobu za vyšší teploty mazovatět a poupat velké množství vody. Zmazovatělý škrob je amylasem přístupnější než škrob nativní. Vysoká aktivita amylas může způsobit přílišné ztekucení škrobu a snížit jeho schopnost vázat vodu v dostatečném množství.

Chování sacharido-amylasového komplexu pšeničné mouky lze upravovat pekařskými přípravky. Nejsnáze se sníží přípravky obsahujícími amylolytických enzymů, např. pšeničnou Diastou. [16]

3.2.4 Obsah mokrého lepku a gluten indexu

Mokrý lepek (ČSN ISO 5531) je nerozpustný podíl pšeničných bílkovin, převážně gliadinů a gluteninů, který je díky svým vlastnostem (zejména pružností a tažností) schopen tvořit v těstě pružnou trojrozměrnou síť. Ta umožňuje těstu zvětšovat působením kvasných plynů svůj objem při zachování tvaru. [40]

Gluten index je definován jako poměr množství lepku, které zůstalo na standardním kovovém síti za přesně definovaných podmínek odstředování, k celkovému množství lepku vloženého na sítko před odstředováním. Stanovením lze posoudit, zda je lepek slabý, středně silný nebo silný. [40] Vysoké hodnoty gluten indexu ukazují na pevný lepek, který je těžko zpracovatelný. Nízké hodnoty charakterizují slabý lepek, který také není vhodný pro pekařské účely. [24]

3.2.5 Obsah dusíkatých látek

Stanovení obsahu dusíkatých látek (ČSN ISO 1871) v sušině je založeno na stanovení obsahu dusíku v sušině. Obsah dusíkatých látek v sušině se určí jako součin obsahu dusíku v sušině a přepočítávacího koeficientu. [24] Čím je vyšší obsah dusíkatých látek, tím se zvyšuje jakost těsta a objem pečiva. Pokud je obsah dusíkatých látek nízký, dochází ke snižování tažnosti lepku a těsto obsahuje méně vody a proto má hustší konzistenci. [21]

3.2.6 Zelenyho sedimentační test

Hodnota sedimentačního testu (ČSN 461100-2:2001) charakterizuje viskoelastické vlastnosti bílkovin a jejich kvalitu, umožňující fermentační procesy v těstě. Pozitivně koreluje s objemem pečiva a obsahem hrubé bílkoviny, je ve velké míře specifickou vlastností odrůdy. Sedimentační hodnota je vyjádřena objemem sedimentu. [24] Pro pekárenské použití je nejnižší hodnota Zelenyho indexu 30 ml a pro pečivářenskou výrobu nejvyšší doporučená hodnota testu 25 ml. Významná je kladná korelace s tvrdostí zrna, která naznačuje na velmi významný charakter tohoto parametru. [18]

3.2.7 Farinografické vlastnosti

Farinografická vaznost je schopnost mouky koloidně poutat vodu, vyjadřuje se v % na hmotnost mouky a pohybuje se kolem 50 až 65%. Vaznost patří k významným ukazatelům, které informují o reologických vlastnostech mouky. Pomocí vaznosti vody a ostatních farinografických charakteristik posuzujeme sílu mouky, vhodnost k pekárenskému či pečivářskému využití. Vaznost vody se zvyšuje s obsahem popela a je závislá na obsahu a vlastnostech lepkových bílkovin. [38] Je ovlivněna také tvrdostí zrna (mouka z tvrdozrných odrůd vykazuje větší mechanické poškození škrobu a v důsledku toho váže větší množství vody než měkké pšenice). [24] Farinografickou vaznost vody ovlivňuje také granulace mouky, čím jemnější mouka, tím má větší povrch a zároveň má větší schopnost

vázat více vody. [38] Princip hodnocení je založen na měření změn odporu těsta při hnětení. Těsto z kvalitní mouky řídne při hnětení zvolna. [53]

Doba vývinu těsta je vzestupná část křivky od počátku až do dosažení maximální konzistence. Po tuto dobu je voda rychle absorbována moukou. Čím více mouka obsahuje lepku, tím je delší doba vývinu. Lepek je schopen vázat vodu, čímž se zpevňuje struktura těsta. Uvádí se v minutách. [38]

Stabilita těsta je vyjádřena jako doba od okamžiku, kdy horní obrys vzestupné křivky přetíná přímkou 500 FJ (farinografických jednotek) až do okamžiku, kdy ji opět horní obrys protne naposledy. Stupeň změknutí těsta je rozdíl mezi hodnotou konzistence (střední hodnota šíře křivky) v okamžiku maxima a za 12 minut od maxima. Uvádí se ve FJ. [40]

3.2.8 Pekařský pokus

Pekařský pokus je konečným přímým ukazatelem pekařské jakosti pšenice. Součástí pekařských pokusů je komplexní hodnocení pečiva. Zahrnuje kromě hodnocení měrného objemu i posouzení vlastností těsta a pečiva. [21]

Po průběhu pekařského pokusu je stanovena objemová výtěžnost (směrnice ECC 2062/81). Představuje hlavní a nejdůležitější kritérium kvality a odpovídá ve velké míře svým významem zařazení odrůd pšenice do kvalitativních skupin pro pekárenské zpracování. Je v pozitivní korelaci k hodnotám sedimentačního testu a čísla poklesu. [21]

4 JAKOST OBILOVIN

Pšenice vhodné pro pekařské zpracování (převážně pro výrobu kynutých těst) jsou členěny dle jakosti do následujících skupin:

- E - elitní (dříve označovaná jako zlepšující)
- A - kvalitní (dříve dobrá, samostatně zpracovatelná)
- B - chlebové (dříve doplňková, zpracovatelná ve směsi)
- C - nevhodné (odrůdy nevhodné pro výrobu kynutých těst) [53]

Jakost vyjadřuje stupeň naplnění potřeb vůči standardu, není absolutní veličinou, ale hodnotou poměrnou. Jsou známy následující typy jakosti:

- hygienická – obilovina je buď zdravotně nezávadná, nebo zdravotně závadná
- nutriční – udává, jak je obilovina podle množství obsažených složek významná pro výživu člověka
- senzorická – je základním kritériem spotřebitele pro volbu (křupavost, vzhled)
- technologická – důležitým ukazatelem pro výrobce, může ovlivnit náklady a cenu (tab. 3)
- užitná – směr a způsob využití, rychlá příprava, trvanlivost [53]

Tab. 3. Jakostní požadavky potravinářské pšenice (ČSN 461100-2) [14]

Ukazatel jakosti	Pro pekařské účely
Vlhkost (%)	max. 14,0
Objemová hmotnost (kg/hl)	min. 76,0
Příměsi a nečistoty (%)	max. 6,0
Sedimentační hodnota, Zeleny (ml)	min. 30
Číslo poklesu (s)	min. 220
Obsah N-látek v sušině (N x 5,7 %)	min. 11,5

Technologická jakost zrna pšenice je komplexní veličinou, která souvisí s chemickým složením zrna a především se složením zásobních bílkovin endospermu zrna, které jako jediné z cereálií má schopnost vytvářet v procesu hnětení těsta spolu s ostatními chemickými sloučeninami endospermu a přidané vody, lepkový bílkovinný komplex. [53] Technologická jakost potravinářské pšenice je obecně ovlivňována čtyřmi faktory – odrůdou pšenice, lokalitou pěstování, agrotechnickým postupem a klimatem během daného ročníku sklizně. [49] Obilí jako průmyslová surovina se hodnotí podle chování v průběhu technologického procesu a podle jakosti finálních výrobků, tj. mouky a pečiva. [36]

5 VISKOZITA MOUKY

5.1 Lepek

Schopnost pšeničné mouky tvořit viskoelastické vlastnosti těsta závisí na povaze pšeničných bílkovin. Když je mouka smíchána s určitým množstvím vody, bílkoviny hydratují, vstupují do interakcí s určitými sacharidy a tuky a vytváří se lepek. Kvalita lepku je určena zejména optimální kombinací zásobních bílkovin – gliadinů a gluteninů. [27] Gliadin je nositelem tažnosti a glutenin pružnosti a bobtnavosti lepku. [12]

5.2 Pentosany

Pentosany jsou polymery obsahující v molekulách podstatný podíl pentos. U pšenice se uvádí hodnota 5-7%. Rozpustné pentosany, jejichž základem je xylosa a arabinosa, tvoří polymerní řetězce arabinoxylany. Pentosany jsou schopny vázat velké množství vody (na svůj hmotnostní podíl několikanásobné množství vody ve srovnání s lepkovými bílkoviny). Tato voda je použita pro mazovatění škrobu a bobtnání nerozpustných pentosanů pro vytváření gelovité struktury střídy chleba. Je důležitý poměr mezi škrobem a pentosany. Rozpustné pentosany mají negativní vliv na kvalitu chleba, může docházet vlivem vyššího obsahu k vyšší hydrolyze pentosanů a tím se zvýší pružnost a pórovitost chleba. [19] Přebytek škrobu způsobuje suché střídy, nadbytek pentosanů pak roztékání těsta a vlhké střídy. [12] Vysoká viskozita mouky je prakticky způsobena arabinoxylany, které jsou asi 15krát viskóznější než arabinogalaktany. Vysoká viskozita je dána délkou řetězce arabinoxylanu. Význam mají rovněž ferulové kyseliny, které mohou ovlivnit viskozitu vytvořením můstků mezi pentosanovým a bílkovinným řetězcem, což má význam pro stabilitu gelu. Byl prokázán vliv pentosanů na stárnutí chleba. [19]

5.3 Endoxylanasy neboli xylanasy

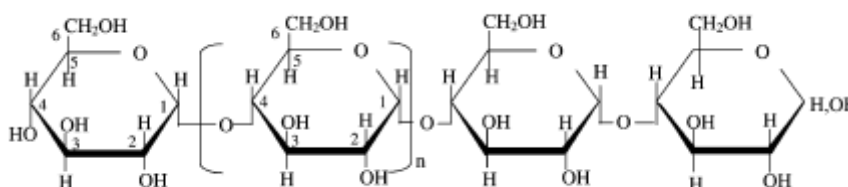
Enzymy endoxylanasy mají vliv na strukturu a funkčnost arabinoxylanasy. Hydrolyzují arabinoxylanasy, čímž dochází k uvolňování xylobiosy a xylosy, u kterých se nemění jejich konfigurace. Při vyšší aktivitě endoxylanasy se snižuje konzistence a zvyšuje se lepavost těsta. Rovněž se aktivitou endoxylanasy zvyšuje nárůst těsta. [19]

6 ŠKROB

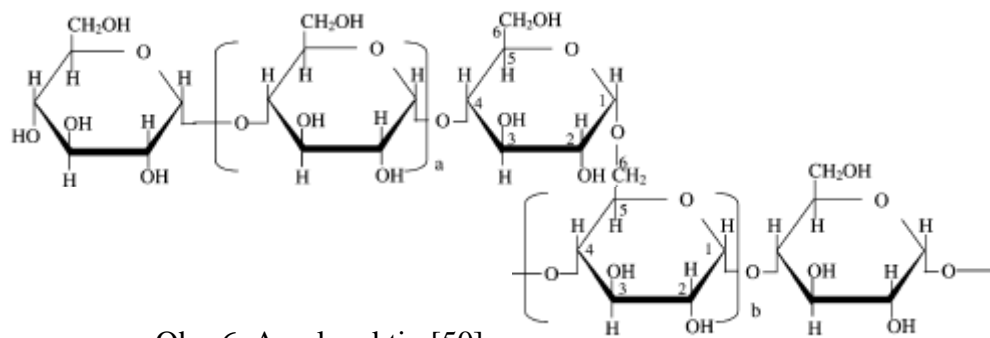
Škrob patří mezi fyziologicky a hospodářsky nejdůležitější polysacharidy. Ukládá se v zásobních orgánech rostlin (např. hlízách brambor nebo v semenech kukuřice, pšenice a rýže) ve formě škrobových zrn, která se nerozpouštějí ve studené vodě. [48] V obilninách je obsažen v endospermu (tvoří přibližně 60-75% sušiny obilky) anebo v chloroplastech v průběhu fotosyntézy ve formě přechodného škrobu. Obsah škrobu v málo vymleté bílé mouce je asi 80 %. [40] Z chemického hlediska jsou škroby směsí dvou α -D-glukosových homopolymerů, amylosy a amylopektinu.

Amylosa je lineární polymer složený z přibližně 6000 glukosových jednotek spojených α -1,4-glykosidovými vazbami. (obr. 5) Průměrný obsah amylosy ve škrobech se pohybuje v rozmezí 0-75 %, ale typická hodnota je 20-25 %. [50] Řetězce amylosy jsou stočené do šroubovice - tzv. helixu, v které na 1 závit připadá 6 glukosových jednotek. Molekulová hmotnost amylosy je okolo 10^5 - 10^6 Da. [33] Množství amylosy se ve škrobu běžně pohybuje mezi 200 až 300 g/kg. [45]

Amylopektin je složen z krátkých lineárních řetězců o velikosti 10–60 glukosových jednotek, které jsou spojeny α -1,4-glykosidovými vazbami. Na rozdíl od amylosy obsahuje postranní řetězce o velikosti 15–45 glukosových jednotek, které jsou spojeny α -1,6-glykosidovými vazbami. (obr. 6) Průměrný obsah amylopektinu ve škrobech se pohybuje okolo 75 %. [50] Jsou větvené tak, že nad každou 10. až 12. jednotkou je α -1,6 glykosidovou vazbou připojený další řetězec. Rozvětvená molekula amylopektinu je větší než molekula amylosy. Jeho molekulová hmotnost se pohybuje v rozmezí 10^7 - 10^9 Da. [33] Obě frakce se díky různé struktuře liší také svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi. Amylosa je rozpustná ve vodě za studena, amylopektin pouze bobtná a není schopen vytvořit roztok. [41]



Obr. 5. Amylosa [50]



Obr. 6. Amylopektin [50]

Škroby pšenice rodu *Triticum* obsahují zejména LPL (lysofosfolipidy) – cholin, ethanolamin a glycerol, zatímco ostatní obilné škroby jsou bohaté na FFA (volné mastné kyseliny). [50] Obilné škroby obsahují vnitřní lipidy ve formě LPL a FFA, které kladně korelují s obsahem amylosy a LPL mohou dosahovat až 2 % hmotnostních škrobu (u obilovin s vysokým obsahem amylosy). [50] Nejčastější mastné kyseliny nalezené ve škrobových zrnech jsou palmitová a linolová kyselina. [45]

Škroby také obsahují malé množství (0,4 %) minerálních látek (vápník, hořčík, fosfor, draslík a sodík), které mají zanedbatelný význam, s výjimkou fosforu. Fosfor se vyskytuje ve třech hlavních formách: monoestery kyseliny fosforečné, fosfolipidy a anorganické sloučeniny fosforu. Monoestery kyseliny fosforečné jsou společně vázány v amylopektinu. [50]

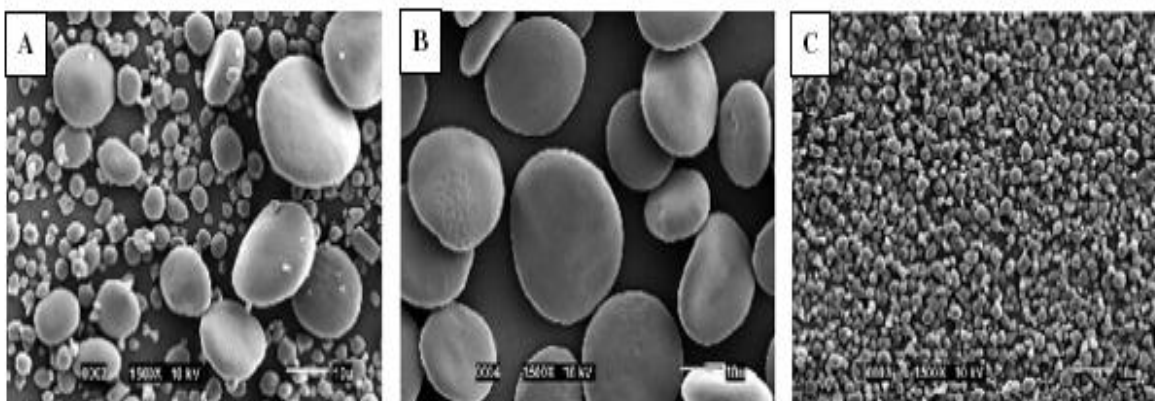
6.1 Škrobová zrna

Škrob se vyskytuje v zrně a v mouce ve formě škrobových zrn. Velikost a tvar zrn jsou různé a jsou charakteristické pro škroby z vyzrálých zrn každé obiloviny. [40] Škrobová pšeničná zrna jsou dvojího typu, liší se svojí velikostí. Velké, čočkovité tzv. typ A, které vytváří pouze 3-4 % všech škrobových zrn, ale vytváří 50-75 % hmotnosti hmoty veškerého škrobu v zrně. Druhou formou jsou malá (< 10 μ m), sférická zrna, tzv. B typ. [29] (viz obr. 6)

Škrobová zrna typu B v porovnání s typem A, obsahují méně amylosy a více fosfolipidů. [33] Zrna B-škrobu obsahují více lipidů než je tomu u A-škrobu. Lipidy vytvářejí šroubovicové komplexy s amylosou, čímž brání nabobtnání. Jde většinou o mono-acyl-lysofosfolipidy. Nejvýznamnější rozdíl mezi zrny A a B-škrobu v mnohem vyšší entalpii,

kteřá je způsobena amyloso-lipidovými komplexy B-zrn. Obecně platí, že všechny nevoskové cereální škroby obsahují lipidy přibližně úměrně obsahu amylosy. Ale zrna A-škrobu *Triticatae* obsahují více amylosy než B-zrna, a přesto menší částice obsahují více lipidů. [48]

Přítomnost škrobových zrn jako takových má vliv na kvalitu těsta a také pečiva. Škrobová zrna ovlivňují reologické vlastnosti těsta složením, velikostí a tvarem. [9]



Obr. 7. Elektronový snímek granulí pšeničného škrobu (A), A - granulí (B), malých B - granulí (C) [2]

6.1.1 Tvorba škrobových zrn

Škrobová zrna se vytvářejí během zrání obilky. S postupným vyzráváním se jednak zvětšují makromolekuly všech biopolymerů, tedy i amylosy a amylopektinu, jednak se dotváří jejich struktura. [40]

6.2 Chování suspenze škrobu při zahřívání

Z fyzikálních vlastností škrobu jsou nejvýznamnější schopnosti bobtnání, mazovatění a retrogradace.

6.2.1 Bobtnání

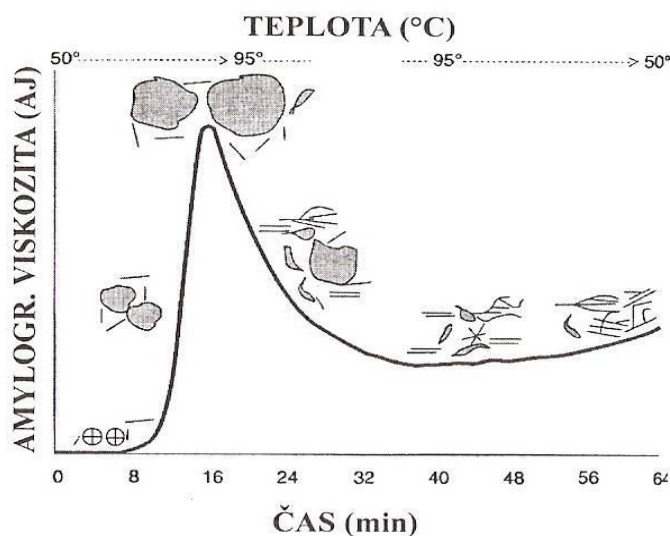
Škrobová zrna jsou ve vodě nerozpustná. Ve studené vodě mírně bobtnají, přijímají asi 30% vody (vztaženo na hmotnost vody) a postupně začnou ztrácet svoji původní strukturu. Se zvyšující se teplotou nabývá bobtnání škrobových zrn na intenzitě. [44]

6.2.2 Mazovatění

Jakmile se roztok voda-škrob zahřívá při 60 °C, dojde k rozrušení mezimolekulárních vodíkových můstků. Zrna začnou bobtnat a objem granulí se zvyšuje 60 až 120násobně, tím se zvýší viskozita suspenze. [22]

Při dalším zahřívání se do vody uvolňují molekuly amylosy a rozrušují se plně nabobtnalé části zbylého amylopektinu. Když zmazovatí veškerý nerozpustný škrob, začíná viskozita při neustálém míchání směsi klesat. Průběh mazovatění lze sledovat na amylografu. [44] (obr. 8) Nad teplotou mazovatění hydratace pokračuje natolik, že vodíkové můstky jsou zpřetrhány a dochází k dezintegraci zrna. [30] Mazovatění škrobu je důležité pro pevnost střídy, počátek mazovatění bude ukončeno pečením na správnou pružnost. Při mazovatění je důležité dodržovat teplotu a dobu během pečení. [8]

V těstě však v průběhu pečení nikdy nedojde k úplnému mazovatění škrobových zrn. Dochází především k bobtnání zrn a jen jejich povrch může pravděpodobně zmazovatět, neboť k úplnému zmazovatění není v těstě dostatek vody. Po zahřátí dojde k nabobtnání a částečnému rozpouštění amylosy, a tudíž k jejímu neuspořádanému rozptýlení do gelu. U amylopektinu se určité rozrušení krystalického uspořádání struktury projeví jen „rozevřením“ jeho struktury. Při chladnutí dochází nejprve k uspořádání amylosových řetězců, a v delším čase při tzv. stárnutí výrobků pak i ke zpětnému uspořádání amylopektinové krystalické struktury. [44] Při mazovatění jsou změny škrobových zrn nevratné, tepelným pohybem se přerušují stávající vazby a volná vazebná místa interagují s vodou. [51]



Obr. 8. Znárodnění změn škrobových zrn při mazovatění škrobu během jeho zahřívání [41]

6.2.3 Retrogradace

Retrogradace je opakem mazovatění. Dochází ke změně struktury a rheologických vlastností škrobových gelů a past. Dochází k asociaci mezi dvěma nebo více lineárními řetězci amylosy vodíkovými vazbami, a tím se ztrácejí vazebná místa poutající molekuly vody. [51] Retrogradace je primárně ovlivněna amylosou, navzdory tomu, že amylopektin má vázanější strukturu, je méně náchylný na retrogradaci. [50] Stárnutí pekařských výrobků jako výsledek změn škrobové složky (tj. změny amylosových a amylopektinových molekul) se označuje jako retrogradace škrobu. Retrogradace škrobu začíná v okamžiku dopečení výrobku a nastupujícího chlazení.

Když se voda-škrob zahřívá, zrna začnou bobtnat až do fáze, kdy je proces bobtnání nezvratný. Doprovodným jevem je tvorba gelu. Dochází k uvolňování amylosy ze zrn a tím se zvyšuje viskozita roztoku. [31] Při dostatečné koncentraci škrobu vzniká viskosní škrobový maz – jeho ochlazením opět roste viskozita (obnova H-vazeb mezi makromolekami amylosy a amylopektinu), dochází ke vzniku pevné trojrozměrné sítě, vzniká škrobový gel. [51] V průběhu zahřívání se objem zrn zvyšuje 60 až 120 krát a rozpustný neasociovaný stav se mění na asociovaný. [31]

Škrobový gel po čase mění strukturu a reologické vlastnosti, vzniká dvoufázový systém pevná látka – kapalina. Dochází k tvorbě intermolekulárních vodíkových vazeb (přednostně u amylopektinu). [46] U amylosy většinou proběhne kompletní retrogradace během chlazení na pokojovou teplotu, retrogradace amylopektinu, která je primárním faktorem stárnutí, vyžaduje mnohem více času. Během doby stárnutí se molekuly amylopektinu vrací do původního pevného stavu krystalických granulí. V důsledku toho ztrácí střída pečiva vlhkost, stává se tuhou a méně elastickou. [25]

6.3 Poškození škrobu

Pro stanovení poškozeného škrobu se používají metody založené na enzymatických a jodometrických testech. Enzymatické metody jsou závislé na náchylnosti poškozených granulí na přítomnost α -amylasy. Výsledné produkty se měří objemově nebo spektrofotometricky. Jodometrické metody závisí na zvýšené reaktivitě poškozených granulí s jodem, měří se kolorimetricky. [30]

Během mletí je malý, ale významný podíl (5-8 %), škrobových zrn v mouce fyzicky poškozen. Úroveň poškození škrobu se liší podle náročnosti mletí a tvrdosti pšenice. Míra absorpce vody během tvorby těsta a enzymové degradace se s rostoucím poškozením škrobu zvyšuje. [4]

Určitá úroveň poškozeného škrobu je žádoucí, protože optimalizuje hydrataci a podporuje fermentační aktivitu během pečení chleba. Mouka s vyšší úrovní poškozeného škrobu a vysokou aktivitou α -amylasy může být zcela nevhodná pro zpracování. Během fermentace dochází rychleji k hydrolýze škrobu, následkem je lepivé těsto a rychlá tvorba nízkomolekulárních cukrů. [5]

V průběhu pečení je α -amylasa aktivní při vyšších teplotách, poškozený škrob není schopen udržet potřebné množství vody ve střídě, a podle úrovně poškození vzniká mazlavá nebo drobivá střída. Množství uvolněné vody je závislé nejen na úrovni poškozeného škrobu a na aktivitě α -amylasy, ale i na délce kvašení a také na teplotě těsta. [23]

Při mlecím procesu dochází vlivem stříhových sil mlecích válců na škrobové granule k jejich poškození. Tento jev je velmi významný, protože spolu s obsahem bílkovin a pentosanů má významný podíl na vaznost vody v mouce. Tento parametr je velmi důležitý pro ekonomiku pekárenské výroby, jelikož významnou měrou zvyšuje výtěžnost těsta. Z pohledu textury endospermu zrna pšenice vyšší poškození škrobových granulí vykazují odrůdy s velkou tvrdostí. Tyto odrůdy mají potom vysokou vaznost vody moukou. [29]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo zjistit vztahy mezi viskozitou a technologickými parametry mouky. Studované parametry byly číslo poklesu, obsah mokrého lepku, gluten index, obsah dusíkatých látek, Zelenyho test a objemová hmotnost. Zároveň byly zkoumány vztahy mezi viskozitou a reologickými vlastnostmi pšeničného těsta – tažností, pružností těsta, bobtnacím indexem a alveografickou energií.

8 MATERIÁL A METODY

8.1 Charakteristika použitých surovin – pšeničná mouka

Práce byla provedena na 29 vzorků komerčně vyrobené pšeničné mouky T 530; výrobce Penam, s.r.o. KROMĚŘÍŽ. Charakteristiky pšeničných mouk jsou uvedeny v tab. 4. Hodnoty vybraných ukazatelů technologické kvality mouky byly rovněž získány z Penam, s.r.o. KROMĚŘÍŽ.

Tab. 4. Výsledky základních rozborů

Parametry	Lepek (% v suš.)	GI (%)	OH (kg/hl)	ČP (s)	Z (ml)	NL (%)	ALVEOGRAF.PARAMETRY				
							P (mm)	L (mm)	G (ml)	W 10 ⁻⁴ J	P/L
Č.vzorku											
1	36,8	65	81,2	353	49	14,0	79	108	23,1	287	0,73
2	33,5	80	79,0	370	44	13,4	62	172	29,2	288	0,36
3	30,3	96	79,6	379	41	13,0	55	125	24,9	217	0,44
4	34,9	67	79,8	345	46	13,0	66	92	21,4	210	0,72
5	33,8	92	82,0	356	46	13,3	95	87	20,8	306	1,09
6	30,3	97	78,4	316	50	13,5	102	89	21,0	321	1,15
7	31,0	78	78,9	291	39	12,1	85	87	20,8	243	0,98
8	32,1	55	81,8	231	33	12,5	39	120	24,4	139	0,32
9	31,7	78	80,1	343	43	12,5	99	85	20,5	283	1,16
10	35,4	84	80,5	387	43	13,3	98	84	20,4	270	1,17
11	33,5	79	80,6	373	45	12,9	73	90	21,1	230	0,81
12	34,3	80	80,6	289		13,0	93	70	18,6	248	1,33
13	35,2	78	79,2	312		13,3	87	78	19,7	232	1,12
14	31,2	96	78,5	301		13,1	100	80	19,9	284	1,25
15	34,0	95	79,6	282		13,4	91	90	21,1	295	1,01
16	37,9	64	78,8	342		13,4	75	94	21,6	228	0,80
17	35,8	86	78,7	320		13,1	97	100	22,3	341	0,97
18	29,8	91	79,2	335		12,2	88	61	17,4	212	1,44
19	35,1	72	81,5	350		13,5	82	97	21,9	268	0,85
20	33,9	91	81,8	297		13,6	91	91	21,2	304	1,00
21	34,8	78	81,6	376		13,2	64	112	23,6	228	0,57
22	34,1	89	82,6	316		13,3	86	81	20,0	270	1,06
23	25,5	45	73,0	291	23	11,3	35	48	15,4	43	0,73
24	35,5	72	81,2	352	51	13,7	76	121	24,5	301	0,63
25	33,2	74	78,9	160	45	13,2	75	107	23,0	243	0,70
26	30,6	75	78,2	276	44	13,5	89	73	19,0	226	1,22
27	35,7	73	81,1	302	58	13,9	78	88	20,9	242	0,89
28	29,9	77	79,75	326	38	12,3	56	83	20,3	160	0,67
29	28,9	88	79,3	305	33	11,8	54	90	21,1	161	0,60

8.2 Metodika

Viskozita moučné suspenze byla měřena v Zemědělském výzkumném ústavu Kroměříž, s.r.o., Oddělení kvality zrna. Ukazatele technologické kvality byly známy, byla změřena viskozita moučné suspenze za daného předpokladu, že:

- viskozita pšeničné mouky je ovlivněna obsahem a kvalitou lepkových bílkovin, stavem sacharido-amylasového komplexu, který popisuje stupeň poškození škrobu a aktivita přítomných amylas
- technologická kvalita je rovněž ovlivněna obsahem a kvalitou lepkových bílkovin, stavem sacharido-amylasového komplexu a aktivitou přítomných amylas [16]

Proto se předpokládalo, že budou existovat vztahy mezi viskozitou a ukazateli technologické kvality. Vztahy byly vyhodnoceny metodou korelačních koeficientů. Korelační analýza označuje míru stupně závislosti dvou proměnných. Dvě proměnné korelují, pokud určité hodnoty jedné proměnné mají tendenci se vyskytovat společně s určitými hodnotami druhé proměnné. Existují 2 případy, které mohou nastat:

- pozitivní korelace – jedná se o kladnou závislost, když jedna veličina roste, druhá roste také
- negativní korelace – jedná se o zápornou závislost, když hodnota jedné veličiny roste, tak hodnota druhé veličiny klesá

8.3 Laboratorní postupy

8.3.1 Postup měření viskozity

Bylo naváženo 13 g pšeničné mouky a přidáno 60 ml destilované vody. Během 5 minut byla mícháním připravena moučná suspenze. Z reometru byl vyjmut otáčivý válec s měřícím tělískem. Na termostatu byla nastavena teplota 40°C. Do válce byla kvantitativně převedena suspenze, vloženo měřící tělísko a byl nasazen šroub, poté byl válec vložen do reometru a upevněn pomocí manžety.

Na počítači byl spuštěn program Rheoplus pro zjišťování viskozity suspenze. Byla nastavena smyková rychlost 100 l/s. Suspenze byla při otáčení válce zahřívána z výchozí teploty 40 °C na konečnou teplotu 78 °C. Po dosažení konečné teploty byl termostat pře-

pnut zpět na 40 °C, aby bylo dosaženo chlazení. Celková doba 20 minut. Měřením byla získána křivka závislosti viskozity na čase, který při konstantním nárůstu teploty charakterizuje teplotní průběh mazovatění.

Měření viskozity bylo prováděno na přístroji RheolabQC. Přístroj umožňuje nastavení měření smykových rychlostí a smykových napětí. [52]

Přístrojem RheolabQC byly vyhotoveny křivky viskozit moučných suspenzí a vznikajícího škrobového mazu. U křivek vzorku mouk se z počátku viskozita nemění, dokud nezačne škrob mazovatět. Dochází k uvolňování amylasových molekul, tím dochází k prudkému vzestupu viskozity a následně dochází k tvorbě gelu. Nejdůležitější je amylografické maximum, kdy veškerý škrob vytvoří gel a viskozita při zahřevu následně klesá. Viskozita klesá účinkem degradace škrobu a inaktivací amylas tepelným rozkladem. U vzorku mouky č. 10 měla viskozitní křivka vyšší vrchol v maximu oproti vzorku č. 23. Rovněž při ochlazení dosahuje křivka vyšších hodnot než vzorek č. 23. To může být vysvětleno tím, že vzorek mouky č. 10 obsahuje více amylosy a více dlouhých řetězců amylopektinu než vzorek mouky č. 23.

8.3.2 Statistická analýza

Jakostní parametry pšeničné mouky ve vztahu s viskozitou byly statisticky vyhodnoceny korelační analýzou v programu Statistica 9 (StatSoft ČR, s.r.o.) s vyjádřením statistické průkaznosti korelačních koeficientů na hladině významnosti $p < 0,05$.

9 VÝSLEDKY A DISKUZE

Analýza dat prokázala, že existuje významná korelace mezi viskozitou a sledovanými parametry zrna, šrotu a mouky. Největší korelace s viskozitou byla zjištěna u objemové hmotnosti ($r = -0,32$). Naopak nejnižší koeficient ($r = -0,05$) viskozity byl dosažen u alveografického poměru. Korelační koeficienty viskozity s jakostními parametry pšeničné mouky jsou uvedeny v tab. 6.

Tab. 5. Korelační koeficienty mezi jakostními znaky pšenice a viskozitou

Ukazatel	Viskozita	
Číslo poklesu	-0,06	
Mokrý lepek	-0,29 *	
Gluten index	-0,23 *	
Zelenyho test	-0,30 *	
Dusíkaté látky	-0,31 *	
Objemová hmotnost	-0,32 *	
Alveograf	P	-0,20 *
	L	-0,12 *
	P/L	-0,05
	G	-0,16 *
	W	-0,26 *

* $p < 0,05$ (statisticky průkazné korelace); P – pružnost těsta,

L - tažnost těsta, P/L – alveografický poměr, G – bobtnací index,

W – alveografická energie

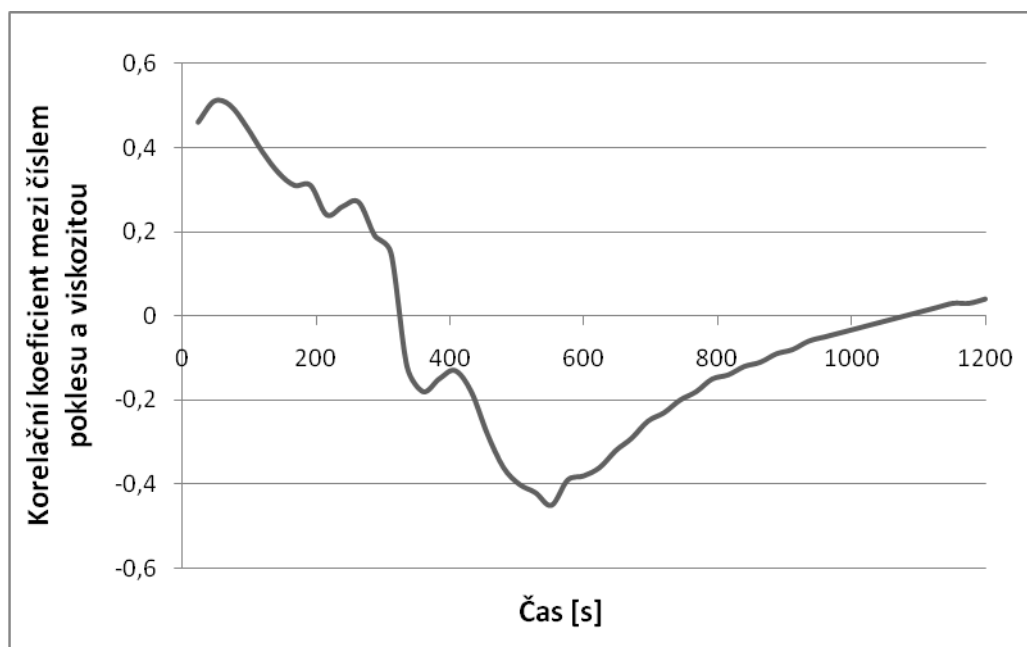
9.1 Číslo poklesu

U čísla poklesu nebyla zjištěna statisticky průkazná korelace s viskozitou ($r = -0,06$). Výsledná hodnota korelačního koeficientu mezi viskozitou a číslem poklesu je nízká. Hodnota čísla poklesu vyjadřuje aktivitu amylolytických enzymů v pšeničném šrotu. [28] Kopačová (2003) [26] je toho názoru, že mazovatění škrobu je zpomaleno u mouky s nízkou aktivitou amylas (číslo poklesu cca 400 s). Z toho lze vyvodit závěr, že moučná suspenze

obsahuje dostatečné množství amylas, což znamená, že enzymy jsou nejvíce aktivní na začátku mazovatení.

Podle hodnot čísla poklesu (tab. 5) mouka dosahuje optimální aktivitu α -amylasy (200-300 s) a těsto je zpracovatelné, střída bude velmi dobrá (ani suchá ani mazlavá). Mouky s nízkým číslem poklesu mají vysokou aktivitu alfa-amylasy a mají sklony vytvářet lepkavé a mazlavé těsto. Mouky s vysokými čísly poklesu mají příliš nízkou aktivitu alfa-amylasy a mají sklon vytvářet suché těsto a malý objem výrobku. [12] Aktivitu enzymů zrna je třeba zvýšit např. přidavkem α -amylas, které vedou k prodloužení trvanlivosti pekárenských výrobků a snižují proces stárnutí pečiva. Podle Magaly, Kohajdové, Karovičové (2001) [32] xylanasy ve vhodných dávkách (1 %) zlepšují zpracovatelnost a stabilitu těsta, strukturu střídky a zvyšují objem pečiva.

Na obr. 9 dochází nejprve ke snižování hodnot čísla poklesu a viskozity. Od hodnoty 360 s docházelo ke snižování viskozity, došlo k mírnému nárůstu z důvodu bobtnání zrn škrobu. Posléze začala viskozita opět klesat, protože docházelo k mazovatení škrobu. Od hodnoty 600 s se začala viskozita opět zvyšovat a došlo k tvorbě gelu.



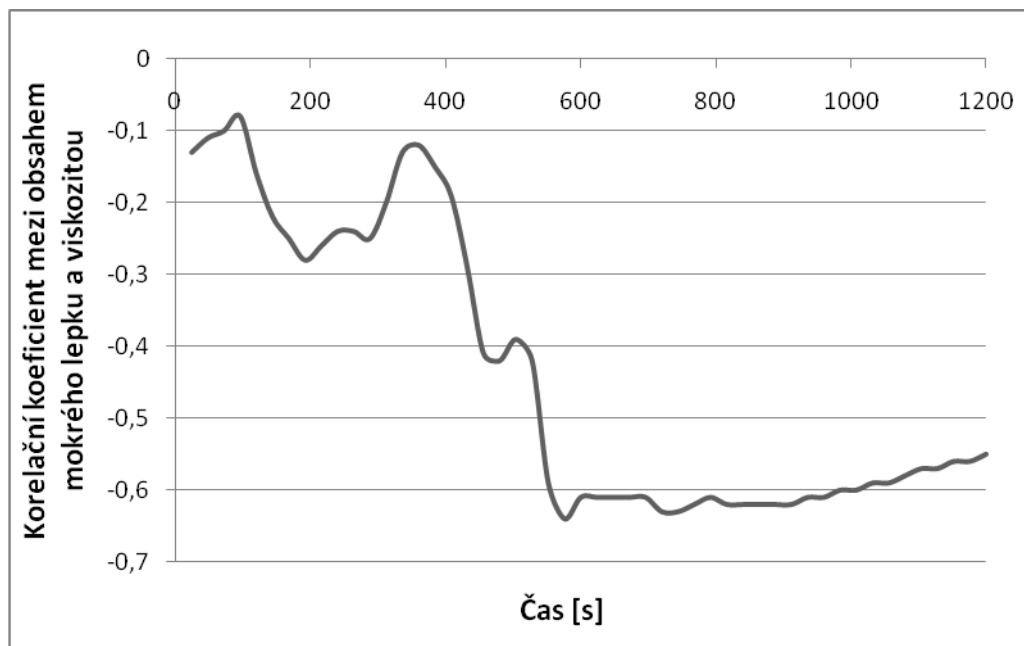
Obr. 9. Časová závislost korelačního koeficientu mezi číslem poklesu a viskozitou

9.2 Mokrý lepek a gluten index

U mokrého lepku byla zjištěna statisticky průkazná korelace s viskozitou ($r = -0,29$). Hodnota korelačního koeficientu mezi mokrým lepkem a viskozitou byla záporná, což znamená, že se viskozita se zvýšeným obsahem lepkových bílkovin snižuje (obr. 12). Jakost lepku závisí na poměru dvou hlavních součástí zásobních bílkovin pšeničného zrna, tj. gliadinových a gluteninových frakcí. Cauvian (2003) [8] je toho názoru, že na viskoelasticitu pšeničného lepku má vliv poměr mezi gliadinovými a gluteninovými frakcemi. V pšeničné mouce jsou zastoupeny přibližně ve vzájemném poměru gliadiny: gluteniny 2:3. [41]

Mezi viskozitou a gluten indexem byla zjištěna statisticky průkazná korelace ($r = -0,23$). Hodnota korelačního koeficientu mezi gluten indexem a viskozitou byla záporná. Stanovením gluten indexu podle Příhody a Hruškové (2007) [40] lze posoudit, zda je lepek slabý, středně silný nebo silný.

Z obr. 12 je zřejmé, že docházelo ke zvyšování obsahu mokrého lepku, a proto došlo ke snížení viskozity. Hodnota mokrého lepku se zvyšovala z důvodu tvorby pružného gelu. S postupným snižováním teploty začaly lepkové bílkoviny pohlcovat vodu a následně docházelo k mírnému zvyšování viskozity. Křivka má obdobný průběh jako křivka s obsahem dusíkatých látek (obr. 11) a rovněž jako křivka se Zelenyho testem (obr. 12). Důvodem je souvislost všech parametrů s bílkovinami – gliadinem a gluteninem.

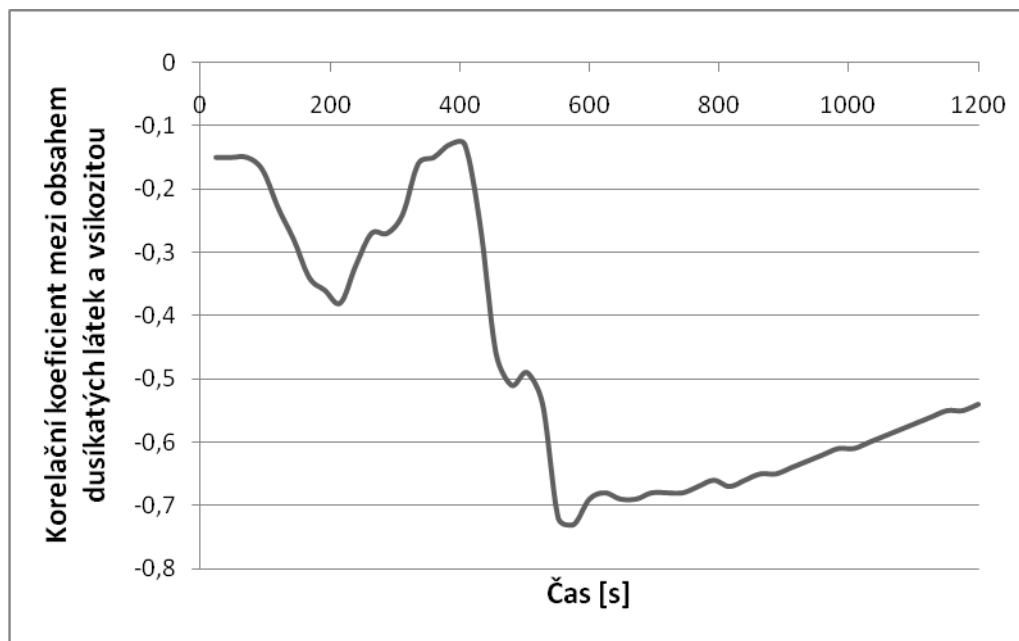


Obr. 10. Časová závislost korelačního koeficientu mezi obsahem mokrého lepku a viskozitou

9.3 Dusíkaté látky

Obsah dusíkatých látek významně negativně koreloval s viskozitou moučné suspenze ($r = -0,31$). Se zvyšujícím se obsahem dusíkatých látek roste záporná hodnota korelačního koeficientu. Obsah lepkových bílkovin a obsah pečiva roste s rostoucím obsahem dusíkatých látek. [7] Novotný (2006) [34] uvádí, že s nízkým obsahem dusíkatých látek dochází ke snižování tažnosti lepku a potažmo i těsta. Podle obr. č. 11 je zřejmé, že se zvyšuje hodnota korelačního koeficientu mezi dusíkatými látkami a viskozitou, z čehož mohou být závěry podle Novotného (2006) [34] potvrzeny. Vyšším obsahem dusíkatých látek se zvyšuje tažnost těsta, tím pádem moučná suspenze má dostatek vody a dochází ke snížení viskozity.

Na obr. 11 došlo ke zvyšování hodnoty obsahu dusíkatých látek a tím pádem se snižuje viskozita. Následně docházelo ke zvyšování viskozity, protože docházelo k absorbování vody pšeničnými bílkoviny.

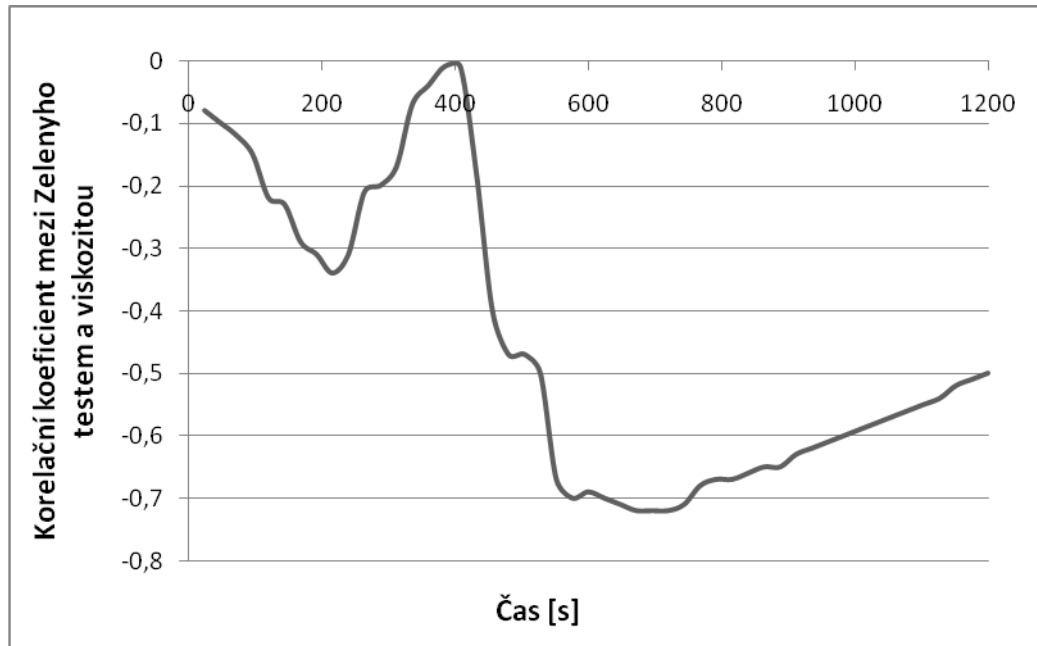


Obr. 11. Časová závislost korelačního koeficientu mezi obsahem dusíkatých látek a viskozitou

9.4 Zelenyho test

Statisticky průkazná korelace s viskozitou byla zjištěna i u Zelenyho testu ($r = -0,30$). Hodnota byla záporná, hodnota Zelenyho testu se zvyšuje v závislosti na viskozitě a tím pádem se snižuje viskozita moučné suspenze (obr. 12). Hodnota Zelenyho testu charakterizuje viskoelastické vlastnosti bílkovin a jejich kvalitu, umožňující fermentační procesy v těstě. [24] Slouží k rychlému posouzení pekařské jakosti pšenice a pšeničné mouky na základě množství a kvality jejich bílkovin. [40] Krejčířová (2007) [27] je toho názoru, že se zvyšujícím se obsahem N-látek a lepku v zrna pšenice dochází k navyšování podílu gliadinů a gluteninů. Z toho lze vyvodit, že čím více obsahuje těsto kvalitních bílkovin, tím se vytvoří kvalitnější lepek, zahřevem dochází k bobtnání lepkových bílkovin, začnou pohlcovat vodu, a tudíž se sníží viskozita.

Z obr. 12 je zřejmé, že s prodlužující se délkou analýzy roste absolutní hodnota korelačního koeficientu. Nejsilnější korelace byla zjištěna mezi 500-700 s. V tomto rozmezí dosahovala teplota nejvyšších hodnot, docházelo k tvorbě pružného gelu a tím pádem se viskozita snižovala.



Obr. 12. Časová závislost korelačního koeficientu mezi Zelenyho testem a viskozitou

9.5 Objemová hmotnost

U objemové hmotnosti byla zjištěna statisticky průkazná korelace s viskozitou ($r = -0,32$). Hodnota korelačního koeficientu mezi objemovou hmotností a viskozitou byla záporná. Nízká objemová hmotnost (pod 75 kg/hl) svědčí o drobném zrně s relativně vyšším podílem obalových vrstev vůči endospermu. [41] Podle vysokých hodnot objemové hmotnosti (tab. 5) lze tvrdit, že mouka byla vymleta z větších zrn s nižším podílem obalových vrstev vůči endospermu a tím pádem byla mouka bohatá na škrob, bílkoviny, tuky, vitaminy. Silný korelační vztah může být daný přítomností škrobu a bílkovin. Při záhřevu docházelo k bobtnání a rozrušování struktury škrobu, což vedlo k následnému mazovatění, čímž se snižovala viskozita. Ke snížení viskozity přispěly i bílkoviny, které začaly tvořit lepkovou strukturu.

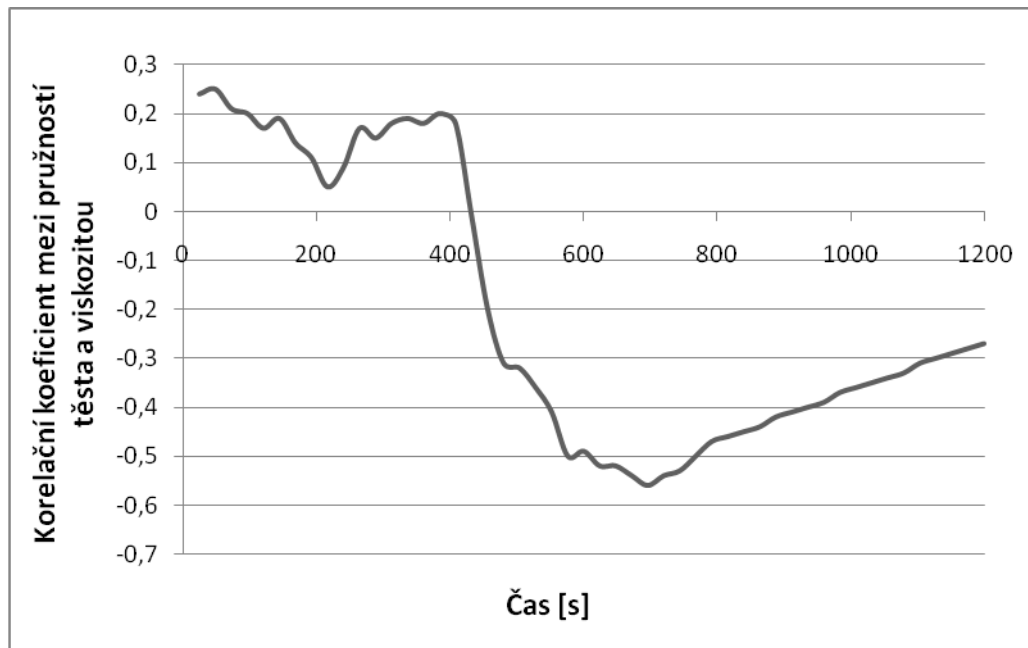
9.6 Alveografické hodnocení

Reologické vlastnosti pšeničného těsta, zejména pružnost, tažnost a stabilita, ovlivňují výrobní operace v pekárnách a mají významný vliv na spotřebitelskou kvalitu pekařských výrobků. [15] Na zjištění pekařské kvality mouky se používá přístroj Alveograf. Alveografem se zjišťuje napínání bubliny těsta přetlakem plynu. [42]

Alveografická křivka poskytuje informace o charakteristikách mouky – pevnosti, tažnosti, energii a bobtnacím indexu. [42] Výška alveografické křivky se hodnotí v maximu, plocha pod křivkou (energie) je považována za měřítko pekařské zpracovatelnosti těsta. [15]

9.6.1 Pružnost těsta, P (mm H₂O)

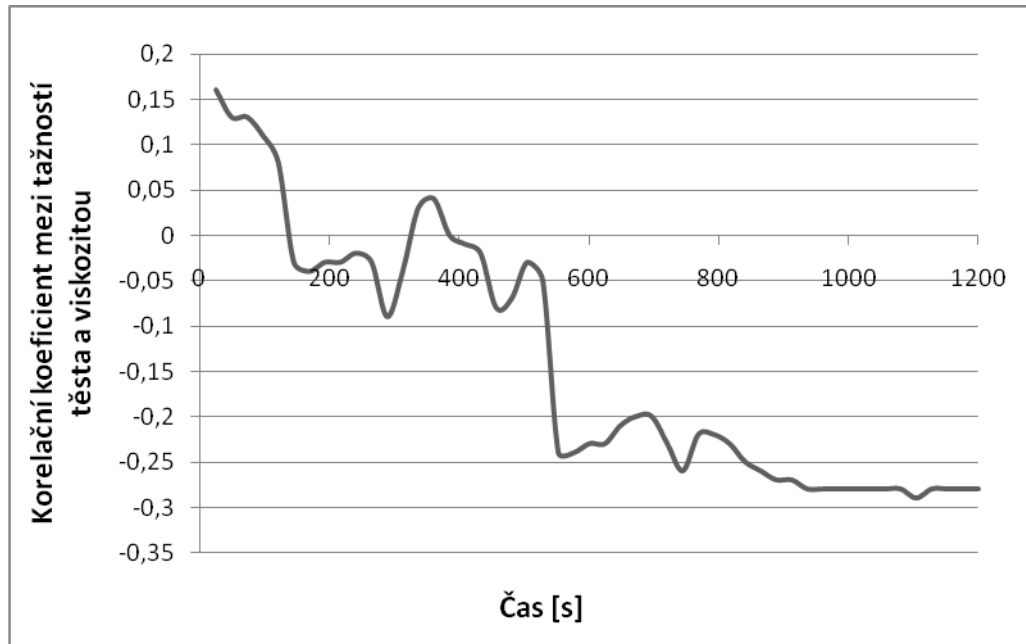
Pružnost těsta průkazně záporně ($r = -0,20$) korelovala s viskozitou. Pšeničné gluteniny mají vyšší molekulovou hmotnost ve srovnání s gliadiny a poskytují lepku pružnost. [44] Pokud je lepek zcela hydratován, je Kopáčová (2007) [26] toho názoru, že gluteniny dosahují tužší konzistence. Pružnost těsta je tedy ovlivňována tuhostí lepku, z čehož je možné vyvodit, že pevnější lepek je méně viskózní. Gluteniny jsou složeny z 2 podjednotek, vysokomolekulárních gluteninových podjednotek (HMW) a nízkomolekulárních gluteninových podjednotek (LMW). [44] Kvalita pšeničné mouky je podle Příhody, Skřivana (2006) [41] spojena s počtem a charakteristikami vysokomolekulárních gluteninových jednotek HMW. Vysokomolekulární jednotky HMW mají dva druhy disulfidových vazeb, z nichž jedny jsou interřetězcové, které udržují pevnou a pružnou strukturu. Z obr. 13 je patrné, že z počátku se korelační koeficient mezi pružností a viskozitou mírně snižoval. Následně došlo ke zvyšování pružnosti a tím pádem došlo ke snižování viskozity. Po dosažení nejvyššího záporného bodu došlo k postupné tvorbě lepkové struktury, snižovala se pružnost těsta, došlo ke snižování obsahu vody a tím ke zvýšení viskozity.



Obr. 13. Časová závislost korelačního koeficientu mezi pružností těsta a viskozitou

9.6.2 Tažnost těsta, L (mm)

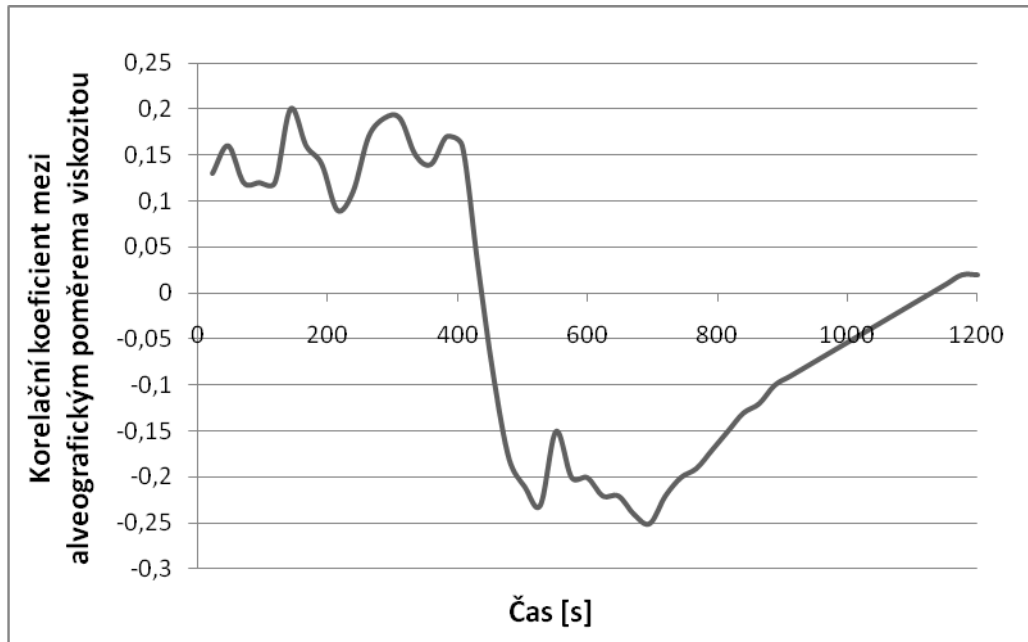
U tažnosti těsta byla zjištěna statisticky průkazná záporná korelace s viskozitou ($r = -0,12$). Tažnost odpovídá nafukování bubliny až do okamžiku jejího prasknutí. [20] Pšeničné prolaminy (gliadiny) mají nižší molekulovou hmotnost ve srovnání s gluteliny a poskytují lepku tažnost. [44] Kopáčová (2007) [26] je toho názoru, že gliadiny se stává viskóznější, pokud je lepek zcela hydratován. Podle Sabol (2007) [42] je tažnost těsta ovlivňována tuhostí lepku, pokud je lepek hodně tažný, vytvoří se roztékavé těsto a výrobek bude mít plochý tvar. Podle Příhody, Skřivana (2006) [41] se ukázalo, že pokud pšeničná mouka neobsahuje žádné HMW, nemá dostatečnou tažnost těsta. Z těchto závěrů lze vyvodit, že moučná suspenze obsahuje HMW, vzhledem k průkazné korelaci. Tažnost těsta je vzhledem k výsledným hodnotám optimální, čímž lze tvrdit, že těsto má správnou konzistenci (pevné, neroztékavé). Podle obr. 14 je patrné, že se tažnost zvyšovala a tím pádem došlo ke snižování viskozity. U křivky byl sledován podobný průběh jako u křivky s bobtnacím indexem (obr. 16). Podobnost může být dána tím, že lepek ve vodě bobtná a odpovídá za pružnost a tažnost těsta.



Obr. 14. Časová závislost korelačního koeficientu mezi tažností těsta a viskozitou

9.6.3 Alveografický poměr, P/L

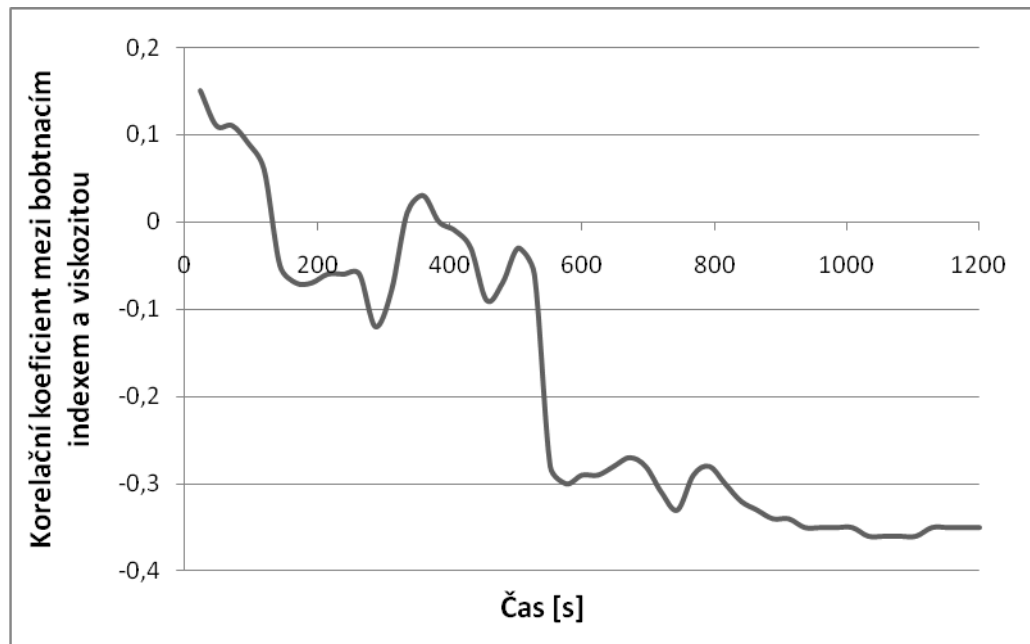
U alveografického poměru nebyla zjištěna statisticky průkazná korelace ($r = -0,05$). Alveografický poměr je určen poměrem maximálního přetlaku (pružností) a tažností těsta a udává vyrovnanost vlastností. [20] Vzhledem k nízkým poměrovým hodnotám nemá pravděpodobně alveografický poměr vliv na viskozitu. Na základě výsledků bylo zjištěno, že poměr tažnosti a pružnosti má zanedbatelný vliv na viskozitu (obr. 15). U křivky nebyla shledána podobnost průběhu s ostatními křivkami. Důvodem může být skutečnost, že mezi těmito parametry nebyla prokázána statisticky průkazná korelace.



Obr. 15. Časová závislost korelačního koeficientu mezi alveografickým poměrem a viskozitou

9.6.4 Bobtnací index

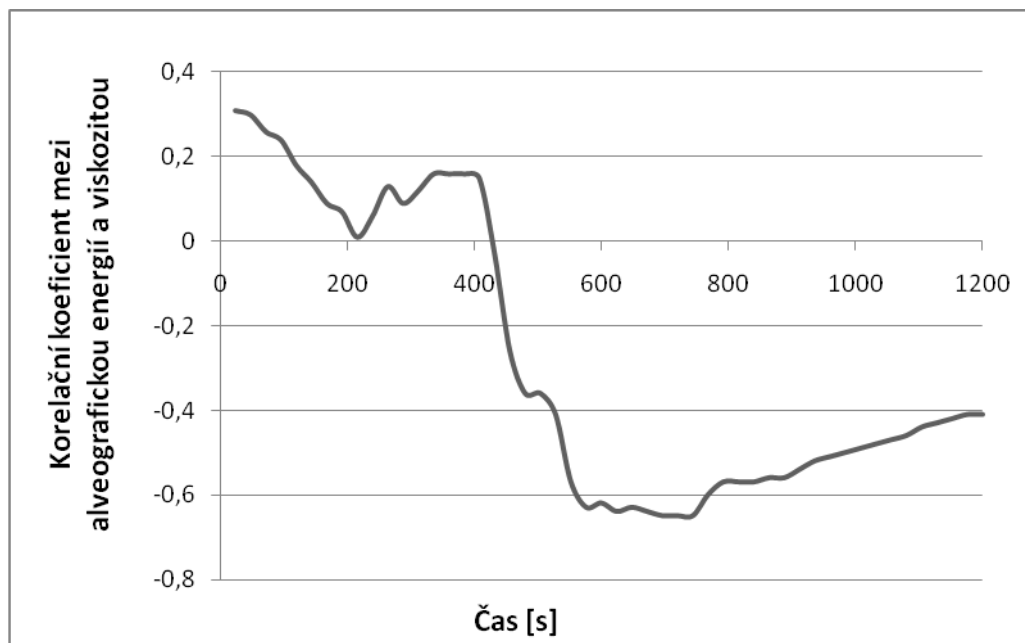
Bobtnací index průkazně záporně koreloval s viskozitou ($r = -0,16$). Při záhřevu moučné suspenze vlákna lepku bobtnají, spojují se, až vznikne pružný gel. [42] Hampl, Příhoda (1985) [12] dospěli k názoru, že čím vyšší je bobtnací index, tím silnější je lepek a zároveň se získá pevnější a mechanicky odolnější těsto. Slabý lepek bobtná rychleji, ale snadno podléhá peptizaci, silný lepek dlouho udržuje svou konzistenci, což zaručuje dobrý tvar pečiva. [24] Podle obr. 16 lze soudit, že se zvyšující hodnotou bobtnacího lepku se snižuje viskozita, tím pádem dochází k vyššímu bobtnání lepku a těsto by mělo být kvalitnější.



Obr. 16. Časová závislost korelačního koeficientu mezi bobtnacím indexem a viskozitou

9.6.5 Alveografická energie

U alveografické energie byla zjištěna statisticky průkazná korelace s viskozitou, kde hodnota korelačního koeficientu byla záporná ($r = -0,26$). Alveografická energie je kombinací pevnosti (P) a tažnosti (L) těsta. [43] Podle alveografické energie lze odlišit tzv. pekařsky silné a slabé mouky a zajistit požadované úpravy těchto charakteristik např. přidáním enzymů nebo kyseliny askorbové. [20] Hampl, Příhoda (1985) [12] uvádí skutečnost, že čím je energie menší, tím je těsto méně odolné a méně stabilní při zpracování, dává malý objem pečiva, tzn., že je choulostivé na předávkování vody, přehnětení. Lze z těchto závěrů vyvodit, jakmile se zvyšuje hodnota korelačního koeficientu alveografické energie, zvyšuje se tím pádem i kvalita těsta a rovněž dochází ke snížení viskozity (viz obr. 17). Určitá podobnost křivek byla rovněž shledána u alveografické energie (obr. 17) s pružností těsta (obr. 16). Určité souvislosti mezi těmito křivkami mohou souviset s tím, že alveografická energie je kombinací pružnosti a tažnosti těsta.



Obr. 17. Časová závislost korelačního koeficientu mezi alveografickou energií a viskozitou

ZÁVĚR

Při této práci bylo zjištěno, že viskozita ovlivňuje kvalitu pekárenské mouky. Vysoká kvalita mouky se vyznačuje tím, že během zpracování váže větší množství vody, a proto je viskozita nižší. Korelační analýzou byly ve většině případů zjištěny vztahy mezi viskozitou a technologickými parametry pšeničné mouky. Pro podrobnější vztahy s viskozitou byly zhotoveny křivky, které lépe znázorňovaly, jak teplota ovlivňuje viskozitu s parametry mouky.

Bylo zjištěno, že s vyšším obsahem dusíkatých látek se zvyšuje tažnost těsta, těsto má dostatek vody a je snižena viskozita. Podobné závěry byly zjištěny u Zelenyho testu a obsahu mokrého lepku, kde s vyšším obsahem a vhodným poměrem bílkovin se získá lepková struktura s nízkou viskozitou. Křivky s obsahem mokrého lepku, dusíkatých látek a Zelenyho testu měly obdobný průběh, u všech parametrů se zvyšující se teplotou docházelo ke snížení viskozity. Největší korelace s viskozitou byla zjištěna u objemové hmotnosti z důvodu přítomnosti škrobu a bílkovin.

Reologické vlastnosti pšeničného těsta byly také ovlivňovány viskozitou. Z výsledků vyplynulo, že tažnost těsta má optimální hodnotu a těsto je neroztékavé a pevné s nižší viskozitou. U moučné suspenze bylo zjištěno, že pružnost těsta je ovlivněna vyšším obsahem vody a proto je viskozita nižší. Z vyšší hodnoty bobtnacího indexu vyplynulo, že je získán silnější lepek s nízkou viskozitou. U tažnosti těsta byla shledána podobnost křivky s bobtnacím indexem. Důvodem je bobtnání lepku ve vodě a tím odpovídá za pružnost a tažnost těsta. Kvalita těsta je dána vyšší hodnotou alveografické energie. Křivka alveografické energie je podobná křivce s pružností těsta, vzájemný vztah může být dán tím, že alveografická energie je kombinací tažnosti a pružnosti těsta.

U čísla poklesu a alveografického poměru nebyly zjištěny průkazné korelace. Z vyhotovených křivek nedošlo k žádné podobnosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ANTONOV, A., GRODECKÝ, V. Atlas obilnin. 1. vydání. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1958. 278 s.
- [2] AO, Z., JANE, J. Characterization and modeling of the A- and B-granule starches of wheat, triticale, and barley. *Carbohydrate Polymers* 67, 2007. 46-55
- [3] BENDA, V., ŽDÁRSKÝ, J. Biologie II. 1. vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2000. 195 s. ISBN 80-7080-168-9
- [4] BORGHT, A., GOESAERT, H. Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. *Journal of Cereal Science* 41, 2005. 221-237
- [5] BOYACI, H. I., WILLIAMS, C. P. A rapid method for the estimation of damaged starch in wheat flours. *Journal of Cereal Science* 39, 2004. 139-14
- [6] BUREŠOVÁ, I., PALÍK, S. Kvalita obilovin. *AGRO* 10, 2005. 60-61
- [7] BUREŠOVÁ, I., PALÍK, S. Kvalita zrna potravinářské pšenice sklizené v roce 2007. *Obilnářské listy* 2, 2008. 11-13
- [8] CAUVIAN, S. P., Bread making. 1. vydání. Woodhead Publishing Limited, 2003. ISBN 1 85573 553 9
- [9] CAUVIAN, S. P., YOUNG, L. Baking problems solved. 1. vydání. Woodhead Publishing Limited, 2001. 212 s. ISBN 1 85573 564 4
- [10] DODOK, L. Chémia a technológia trvanlivého pečiva. Alfa, Bratislava, 1988. 300 s
- [11] DRDÁK, M. Základy potravinárskych technológií. 1. vydání. Bratislava: Malé centrum, 1996. 495 s. ISBN 80-967064-1-1
- [12] HAMPL J., PŘÍHODA, J. Cereální chemie a technologie II. 1. Vydání. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1985. 248 s.

- [13] HOLÝ, Č., JANÍČEK, F. Technologie pekárenství v praxi. 2.vydání. Praha, 1967. 356 s.
- [14] HRABĚ, J., KOMÁR, A. Technologie, zbožíznalství a hygiena potravin. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska, 2003. 163 s. ISBN 8072311077
- [15] HRUŠKOVÁ, M., BEDNÁŘOVÁ, M. Předpověď reologických parametrů pšeničného těsta analýzou NIR spekter pšeničné mouky. Chemické listy 98, 2004. 423-431
- [16] HRUŠKOVÁ, M., JIRSA, O. Sacharido – amylasový komplex pšeničné mouky světlé. Mlynářské noviny 7/8, 2006. 3-6
- [17] HRUŠKOVÁ, M., VAGENKNECHT O. Tvrdost komerční potravinářské pšenice. Mlynářské noviny 3, 2008. 7 – 9
- [18] HUBÍK, K. Technologická jakost zrna potravinářské pšenice – sedimentační test. [cit.2011-04-08]. Dostupný z WWW: http://www.agrokrom.cz/texty/Obilnarske_listy/Hubik_TECHNOL_JAKOST_ZRNA_POTR_PSENICE_20014.pdf
- [19] IZYDORCZYK, M. S., RATTAN, O. Effect of arabinoxylans on bread-making quality of wheat flours. Food Chemistry 53, 1995. 165 – 171
- [20] JIRSA, O., HRUŠKOVÁ, M. Hodnocení vlastností pšeničného těsta a analýzou NIR spekter mouky. Chemické listy 102, 2008. 829–836
- [21] JUREČKA, D., NOVOTNÝ, F. Hodnocení kvality. Speciální příloha k pěstování a kvalitě potravinářské pšenice. Zemědělec, 1998. 52 s, 14-16
- [22] KARIM, A.A., NORZIAH, N.H. Methods for the study of starch retrogradation. Food Chemistry 71, 2000. 9-36
- [23] KENT, N. L., EVERS, A. D. Technology of cereals. 4. vydání. BPC Wheatons Ltd, 1994. 335 s. ISBN 0 08 040833 8
- [24] KONVALINA, P., STEHNO, Z. Metodika výběru a hodnocení genotypů jarních forem dosud málo využívaných druhů pšenice, vhodných pro udržitelné systémy

hospodaření. 1. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2008. 78 s.

[25] KOPÁČOVÁ, O. Balení prodlužuje dobu údržnosti pekařských výrobků. [cit. 2011-03-24]. Dostupný z WWW:

<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=418&ch=13&typ=1&val=2710>

[26] KOPÁČOVÁ, O. Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům. [cit. 2010-11-26]. Dostupný z WWW:

http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Kopov_Cerelie%20web.pdf

[27] KREJČÍŘOVÁ, L., CAPOUCHOVÁ, I., PETR J. Skladba bílkovin a kvalita ozimé pšenice z ekologického a konvenčního způsobu pěstování. Sborník z konference „Ekologické zemědělství“, 2007. 73-7

[28] KREJČÍŘOVÁ, L., SLUKOVÁ, M., CAPOUCHOVÁ, I. Rozdíly ve skladbě zásobních bílkovin u pšenice ozimé vypěstované ekologicky a konvenčně. Obilnářské listy 2, 2011. 35-39

[29] KULOVANÁ, E. Kvalita obilnin [cit. 2010-11-26]. Dostupný z WWW:

http://www.agroweb.cz/KVALITA-OBILNIN__s44x8475.html

[30] LIN, P. Y., CZUCHAJOWSKA, Z. Starch Damage in Soft Wheats of the Pacific Northwest. Cereal Chem. 73 (5). 551-555

[31] MACHOVIČ M., JANEČEK, Š. Bioinformatická analýza škrobu – viažúcej domény. [cit.2011-04-18]. Dostupný z WWW: http://fpv.ucm.sk/katedry/biotechnolog/journal_nova_biotechnologica/revue_nova_biotechnologica_4_1/08_Machovic.pdf

[32] MAGALA, M., KOHAJDOVÁ, Z., KAROVIČOVÁ, J. Staling of bakery products. [cit. 2011-05-09]. Dostupný z WWW: <http://www.potravinarstvo.com/journal1/index.php/potravinarstvo/article/viewFile/124/pdf>

[33] MATZ, S. A., The chemistry and technology of cereals as food and feed. 2.

- vydání. 1991. 743 s. ISBN 0-442-30830-2
- [33] MIKULÍKOVÁ, D., HORVÁTHOVÁ, V. Obsah a zloženie škrobu v zrne pšenice, raže a triticales. Chemické listy 102, 2008. 822-828
- [34] NOVOTNÝ, F., HUBÍK, K. Nové směry v hodnocení potravinářské jakosti pšenice. [cit.2011-04-30]. Dostupný z WWW:<http://www.agrokrom.cz/texty/Obilnarske_listy/novotny_nove%20smery%20v%20hodnoceni_1%20cast_973.pdf>
- [35] PALÍK, S., BUREŠOVÁ, I., EDLER, S., SEDLÁČKOVÁ, I., TICHÝ, F., VÁŇOVÁ M. Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice. Kroměříž: Agrotest fyto, 2009. 68 s. ISBN: 978-80-86888-07-1
- [36] PELIKÁN, M. Zpracování obilovin a olejnin. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. 152 s. ISBN 80-7157-525-9
- [37] PETR, J. Problémy kolem potravinářské pšenice. Zemědělec, 1994. 14 s, 6
- [38] POPOVSKÁ E. Charakteristiky pasážních mouk. Mlynářské noviny 2, 2009. 6 - 7
- [39] PRUGAR, J., HRAŠKA, Š. Kvalita pšenice. Příroda, Bratislava. 220 s
- [40] PŘÍHODA, J., HRUŠKOVÁ, M. Hodnocení kvality. 1. vydání. Praha: Svaz průmyslových mlýnů České republiky, 2007. 187 s. ISBN 978-80-239-9475-9
- [41] PŘÍHODA, J. SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. Cereální chemie a technologie I. 1. vydání. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. 200 s. ISBN 80-7080-530-7
- [42] SABOL, M. Testovanie reologických vlastností slovenských múk z úrod rokov 2004 až 2007 v laboratoriu spoločnosti IREKS ENZYMA s.r.o. Prešov. [cit.2011-04-10]. Dostupný z WWW: http://www.ireks.com.tr/xist4cdownload/web/Bulletin_14.01.09_uplId_182701__coId
- [43] SHELTON, D., MARTIN, G. Wheat and Flour Testing Methods. [cit.2011-04-29]. Dostupný z WWW: <http://www.wheatflourbook.org/doc.aspx?Id=201>
- [44] SLUKOVÁ, M. Kvalitativní ukazatele pšenice a pšeničných mouk

- [cit. 2010-11-26]. Dostupný z WWW: www.vscht.cz/main/soucasti/fakulty/fpbt/grant_TRP/dokumenty/06.pdf
- [45] SVIHUS, B., UHLEN, A. K. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch. *Animal Feed Science and Technology* 122, 2005. 303-320
- [46] ŠÁRKA, E. Technologie škrobu. [cit.2011-03-24]. Dostupný z WWW: <http://www.vscht.cz/sch/www321/starch.pdf>
- [47] ŠÁRKA, E. Výsledky pečení. [cit.2011-04-19]. Dostupný z WWW: <http://www.vscht.cz/sch/www321/13S.html>
- [48] ŠÁRKA, E., BUBNÍK, Z. Morfologie, chemická struktura, vlastnosti a možnost využití pšeničného B-škrobu. *Chemické listy* 104. 2010, 318-325
- [49] ŠVEC, I., HRUŠKOVÁ, M. Využití vícerozměrných statistických metod pro sledování jakostního profilu komerční pšenice. *Chemické Listy* 103, 2009. 172-178
- [50] TESTER, R. F., KARKALAS, J. Starch – composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science* 39, 2004. 151-165
- [51] VÁLEK, V., MAŠTERA, V., DRDLA, J. *Chemie potravin*. [cit.2011-04-28]. Dostupný z WWW: http://utb-files.cepac.cz/moduly/M0028_chemie_a_analyza_potravin/distančni_text/M0028_chemie_a_analyza_potravin_distančni_text.pdf
- [52] WINDISCHBACHER, E. Anton Paar. Rheometer. [cit.2011-03-12]. Dostupný z WWW:http://www.antonpaar.com/Rheometer/59_Corporate_en?productgroup_id=23&Rheometer
- [53] ZIMOLKA, J. Pšenice – pěstování, hodnocení a užití zrna. 1. vydání. Praha: Nakladatelství Profi Press, 2005. 180 s. ISBN 80-86726-09-6

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

LPL	lysofosfolipid
FFA	volné mastné kyseliny
Da	Dalton – jednotka molekulové hmotnosti
HMW	vysokomolekulární gluteninové podjednotky
LMW	nízkomolekulární gluteninové podjednotky
ČP	číslo poklesu
GI	gluten index
NL	dusíkaté látky
ZT	Zelenyho test
OH	objemová hmotnost
P	pružnost těsta
L	tažnost těsta
P/L	alveografický poměr
G	bobtnací index
W	alveografická energie
FJ	farinografická jednotka

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Klasy různých typů pšenice (1 – jednozrnka, 2 – polská, 3 – špalda, 4 – dvouzrnka, 5 – tvrdá, 6 – obecná, osinatá, 7 – obecná bezosinná) [8]	13
Obr. 2. Podélný řez pšeničným zrnem (vrstva E přechází při mletí do mouky, vrstva O do otrub, vrstva K je odstraňována s klíčkem) [11].....	14
Obr. 3. Vzájemné nastavení rýhování povrchu mlecích válců [7].....	18
Obr. 5. Amylosa [17]	31
Obr. 6. Amylopektin [17]	32
Obr. 7. Elektronový snímek granulí pšeničného škrobu (A), A - granulí (B), malých B - granulí (C) [27]	33
Obr. 8. Znárodnění změn škrobových zrn při mazovatění škrobu během jeho zahřívání [5].....	34
Obr. 10. Časová závislost korelačního koeficientu mezi obsahem mokrého lepku	45
Obr. 11. Časová závislost korelačního koeficientu mezi obsahem dusíkatých látek a..... viskozitou.....	46
Obr. 12. Časová závislost korelačního koeficientu mezi Zelenyho testem a viskozitou.....	47
Obr. 13. Časová závislost korelačního koeficientu mezi pružností těsta a viskozitou	49
Obr. 14. Časová závislost korelačního koeficientu mezi tažností těsta a viskozitou.....	50
Obr. 15. Časová závislost korelačního koeficientu mezi alveografickým poměrem a..... viskozitou.....	51
Obr. 16. Časová závislost korelačního koeficientu mezi bobtnacím indexem a viskozitou.....	52
Obr. 17. Časová závislost korelačního koeficientu mezi alveografickou energií a..... viskozitou.....	53

SEZNAM TABULEK

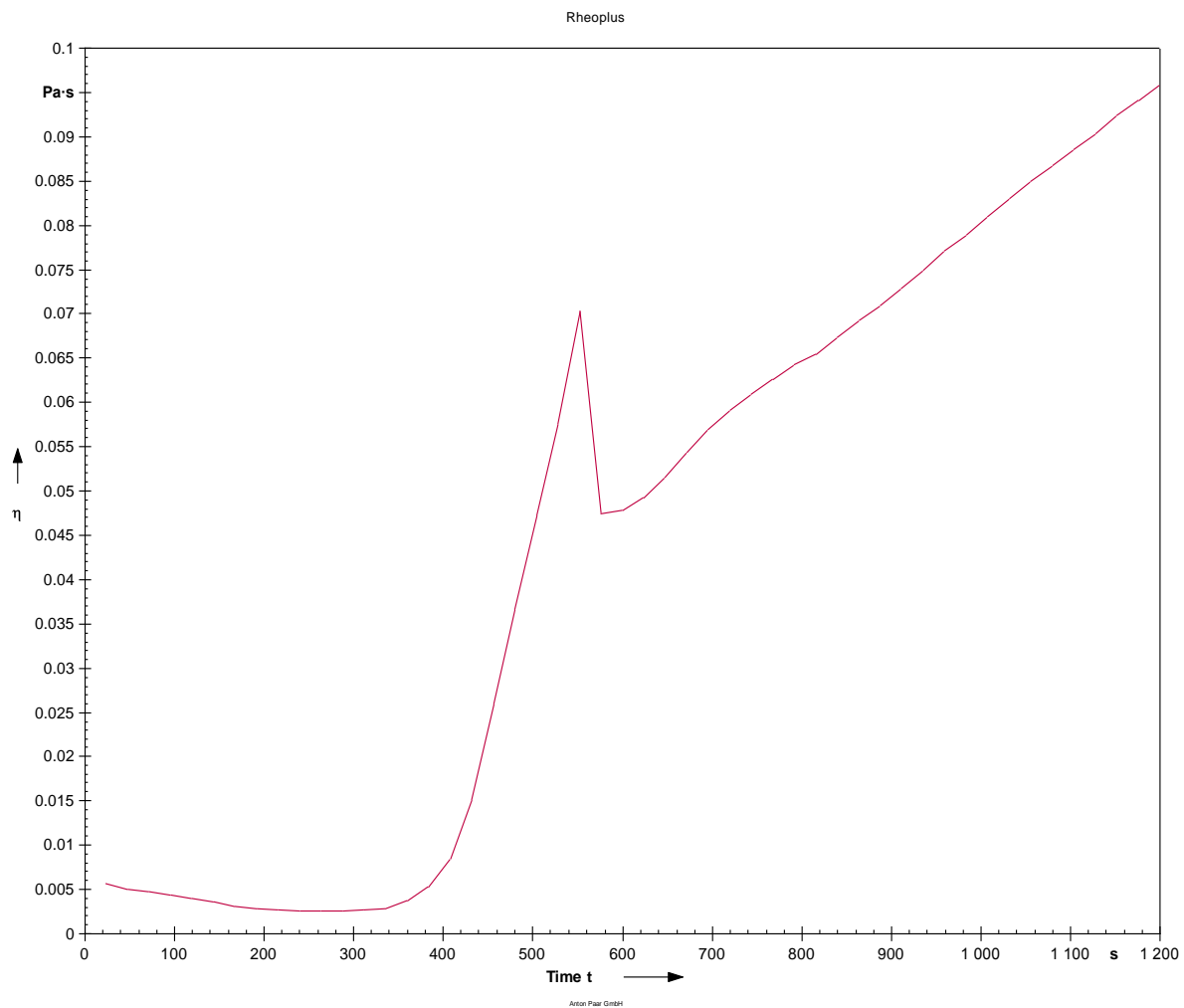
Tab. 1. Závislost chemického složení pšeničných mouk na vymletí (v %) [7]	19
Tab. 2. Základní druhové mouky pšenice [5]	22
Tab. 3. Jakostní požadavky potravinářské pšenice (ČSN 461100-2) [7].....	28
Tab. 4. Výsledky základních rozborů	39
Tab. 5. Korelační koeficienty mezi jakostními znaky pšenice a viskozitou.....	42

SEZNAM PŘÍLOH

P 1: Křivka mazovatění moučné suspenze – vzorek mouky č. 10

P 2: Křivka mazovatění moučné suspenze – vzorek mouky č. 23

PŘÍLOHA P I: KŘIVKA MAZOVATĚNÍ MOUČNÉ SUSPENZE – VZOREK MOUKY Č. 10



PŘÍLOHA P II: KŘIVKA MAZOVATĚNÍ MOUČNÉ SUSPENZE – VZOREK MOUKY Č. 23

