

Úprava a sledování vlastností těst pomocí přídatku hydrokoloidů měřených na farinografu a extenzografu

Bc. Kateřina Juříková

Diplomová práce
2010

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav biochemie a analýzy potravin
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Kateřina JUŘÍKOVÁ**
Osobní číslo: **T08801**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Úprava a sledování vlastností těst pomocí přídavku hydrokoloidů měřených na farinografu a extentografu**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

- 1. Obiloviny.
- 2. Chemické složení pšeničné mouky.
- 3. Hodnocení kvality mouky.
- 4. Hydrokoloidy.
- 5. Reologické vlastnosti těsta.

II. Praktická část

- 6. Farinografické měření.
- 7. Extenzografické měření.
- 8. Chemické analýzy těst.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] PŘÍHODA, J., HUMPLÍKOVÁ, P., NOVOTNÁ, D. Základy pekárenské technologie. Praha: Pekař a cukrář s. r. o., 2003. ISBN 80-902922-1-6

[2] VIVELÍŠEK, J. Chemie Potravin. Tábor: Osis, 1999.

[3] PHILIPS, G.O., WILLIAMS, P.A. Handbook of hydrocolloids, New York: CRC Press, Boca Raton, 2000. ISBN 0-8493-0850-X

[4] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. Cereální chemie a technologie. Praha: VŠCHT 2003. ISBN 80-7080-530-7

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavlína Pečivová, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

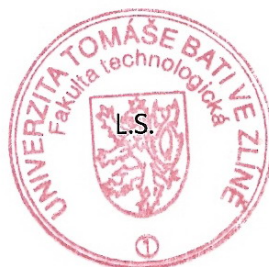
4. ledna 2010

Termín odevzdání diplomové práce:

19. května 2010

V Uherském Hradišti dne 8. dubna 2010

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce bylo sledovat vliv hydrokoloidů (arabská guma a pektin) na reologické vlastnosti pšeničného těsta. V práci bylo popisováno chemické složení mouky a její kvalita, dále vlastnosti hydrokoloidů na pšeničné těsto, reologické vlastnosti pšeničného těsta a způsoby měření reologických vlastností.

Vliv hydrokoloidů na pšeničné těsto byl sledován pomocí chemické analýzy. Reologické vlastnosti byly měřeny pomocí farinografu a extenzografu.

S přidavkem arabské gumy do těsta se snižovala vaznost vody, zpracovatelnost a mechanická odolnost těsta. Naopak se zvyšovala stabilita a doba vývinu. Z hlediska tažnosti nemá přidavek arabské gumy vliv na těsto. Přídavek pektinu do těsta zvýšil vaznost vody, dobu vývinu i tažnost. Stabilita těsta se zvyšovala do koncentrace 0,5 % (w/w). Zpracovatelnost a mechanická odolnost se s přidavkem pektinu snížila. S přidavkem pektinu i arabské gumy se zvyšovala lepivost těsta.

Klíčová slova: pšeničná mouka, arabská guma, jablečný pektin, reologické vlastnosti, extenzograf, farinograf

ABSTRACT

The aim of this thesis was to monitor the influence of hydrocolloids (gum arabic and pectin) on the rheological properties of wheat flour dough. Chemical properties of flour and quality of flour, properties of hydrocolloids on wheat flour dough, rheological properties of wheat flour dough and measurement technique of rheological properties were described in thesis.

Influence of hydrocolloids on wheat flour dough was studied by chemical analysis. Rheological properties were measured by the farinograph and the extensograph.

The addition of gum arabic on dough decreased water absorption, workability and mechanical strength of dough. However dough stability and development time of dough were increased. The addition of gum arabic does not have any effect on dough extensibility. Water absorption, development time of dough and dough extensibility were increased with the addition of apple pectin. Dough stability was increased to the concentration of 0,5 % (w/w). Workability and mechanical strength of dough were decreased with the addition of apple pectin. The dough stickiness was increased with the addition of apple pectin and gum arabic

Keywords: wheat flour, gum arabic, apple pectin, rheological properties, extensograph, farinograph

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Pavlíně Pečivové, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost, cenné rady, konzultace a připomínky, kterými mi pomáhala při zpracování této práce.

Poděkování také patří Mgr. Ivě Burešové, Ph.D. za umožnění měření reologických vlastností ve firmě Agrotest fyto s.r.o. v Kroměříži. V neposlední řadě bych ráda poděkovala laborantkám zmíněné firmy, Věře Korbélyiové a Blance Kalivodové, za pomoc při měření na farinografu a extenzografu.

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

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 užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

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

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

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

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

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

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či 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 užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 11 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 12 |
| 1 OBILOVINY | 13 |
| 1.1 PŠENICE..... | 13 |
| 1.2 SLOŽENÍ OBIHKY | 14 |
| 2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ PŠENIČNÉ MOUKY | 16 |
| 2.1 SACHARIDY | 16 |
| 2.1.1 Jednoduché cukry | 16 |
| 2.1.2 Škrob | 17 |
| 2.1.3 Neškrobové polysacharidy | 18 |
| 2.2 BÍLKOVINY..... | 19 |
| 2.2.1 Lepek..... | 20 |
| 2.3 LIPIDY | 21 |
| 2.4 MINERÁLNÍ LÁTKY A VITAMÍNY | 21 |
| 3 HODNOCENÍ KVALITY MOUKY | 23 |
| 3.1 TVORBA PLYNU | 23 |
| 3.2 PEKAŘSKÁ SÍLA MOUKY | 23 |
| 3.2.1 Vlastnosti lepku..... | 23 |
| 3.2.2 Pekařský pokus..... | 24 |
| 3.3 GRANULACE MOUKY | 24 |
| 3.4 SMYSLOVÉ HODNOCENÍ..... | 25 |
| 4 HYDROKOLOIDY | 26 |
| 4.1 EFEKT HYDROKOLOIDŮ NA PŠENIČNÉ TĚSTO | 27 |
| 4.2 PEKTIN | 28 |
| 4.2.1 Chemické složení | 29 |
| 4.2.2 Vlastnosti pektinu..... | 30 |
| 4.2.3 Vliv pektinu na vlastnosti těst..... | 30 |
| 4.3 ARABSKÁ GUMA..... | 31 |
| 4.3.1 Chemické složení | 31 |
| 4.3.2 Vlastnosti arabské gumy | 32 |
| 4.3.3 Vliv arabské gumy na vlastnosti těst..... | 32 |
| 5 REOLOGICKÉ VLASTNOSTI TĚSTA | 34 |
| 5.1 FYZIKÁLNÍ PODSTATA TVORBY TĚSTA..... | 34 |
| 5.2 VLIV JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGICKÝCH OPERACÍ NA VLASTNOSTI TĚSTA | 35 |
| 5.2.1 Hnětení | 35 |
| 5.2.2 Kynutí a zrání | 36 |
| 5.2.3 Tvarování a dokynutí | 37 |
| 5.2.4 Pečení | 37 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 5.3 | PŘÍSTROJE NA MĚŘENÍ REOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ..... | 38 |
| 6 | FARINOGRAF | 40 |
| 6.1 | POPIS PŘÍSTROJE..... | 40 |
| 6.2 | VYHODNOCENÍ FARINOGRAFICKÉ KŘIVKY | 41 |
| 7 | EXTENZOGRAF | 44 |
| 7.1 | POPIS PŘÍSTROJE..... | 44 |
| 7.2 | VYHODNOCENÍ EXTENZOGRAFICKÉ KŘIVKY | 45 |
| II | PRAKTICKÁ ČÁST | 47 |
| 8 | CÍL PRÁCE | 48 |
| 9 | MATERIÁLY A METODIKA..... | 49 |
| 9.1 | CHARAKTERISTIKA SUROVIN | 49 |
| 9.2 | FARINOGRAFICKÉ MĚŘENÍ..... | 49 |
| 9.3 | EXTENZOGRAFICKÉ MĚŘENÍ | 49 |
| 9.4 | CHEMICKÁ ANALÝZA TĚSTA..... | 49 |
| 9.4.1 | Stanovení vlhkosti..... | 49 |
| 9.4.2 | Stanovení aktivní kyselosti | 50 |
| 10 | VÝSLEDKY A DISKUZE | 51 |
| 10.1 | FARINOGRAFICKÉ MĚŘENÍ..... | 51 |
| 10.1.1 | Výsledky měření těsta s přidavkem arabské gumy a pektinu | 51 |
| 10.1.2 | Grafické porovnání přídatku hydrokoloidů a kontrolního vzorku | 57 |
| 10.2 | EXTENZOGRAFICKÉ MĚŘENÍ | 60 |
| 10.2.1 | Výsledky měření těsta s přidavkem arabské gumy a pektinu | 60 |
| 10.2.2 | Grafické porovnání přídatku hydrokoloidů a kontrolního vzorku | 66 |
| 10.3 | CHEMICKÁ ANALÝZA TĚSTA..... | 71 |
| 10.3.1 | Chemická analýza těsta s přidavkem arabské gumy | 71 |
| 10.3.2 | Chemická analýza těsta s přidavkem pektinu | 72 |
| | ZÁVĚR..... | 73 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 75 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 80 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 81 |
| | SEZNAM TABULEK..... | 82 |

ÚVOD

Tato práce se zabývá působením hydrokoloidů na reologické vlastnosti pšeničných těst.

V současné době je pšenice nejpoužívanější obilninou v pekárenském průmyslu. V minulosti se pro pekařské výrobky používaly ty obiloviny, které byly v dané oblasti nejdostupnější. Pšenice získala vedoucí postavení díky vlastnostem bílkovin, které jsou schopny vytvořit nakypřenější strukturu a vyšší klenbu pečeného výrobku, než bílkoviny ostatních obilovin. [1] Z dalších obilnin se v pekárenském průmyslu používá žito. Pečivo z žitné mouky je specifické pouze pro střední a východní Evropu. Ve dalších částech světa je pečivo z žitné mouky spíše výjimkou.

Současným trendem je zlepšování, zjednodušování a urychlování výroby tím, že se do těsta přidávají různá aditiva. Úlohy jednotlivých aditiv jsou různé. Za základní rozdělení aditiv lze považovat rozdělení na oxidační a redukční činidla. Kdy oxidační činidla jsou obecně používána na zesílení těsta, což se projeví lepší zpracovatelností a vyšším objemem hotového produktu. Naopak redukční činidla jsou používány u silných mouk k jejich zeslabení, což se například projeví snížením doby hnětení. Hydrokoloidy lze díky jejich vlastnostem zařadit mezi oxidovadla.

Měření reologických vlastností slouží jako objektivní posouzení kvality mouky. V mlýnském a pekárenském průmyslu se vyskytuje mnoho přístrojů, které jsou schopny tohoto objektivního posouzení. Ze získaných výsledků lze posoudit nejen kvalitu mouky, ale i chování těsta během zpracování a vzhled konečného produktu. Pomocí farinografu lze na základě sledování změn konzistence těsta během hnětení charakterizovat kvalitu mouky a odolnost vyrobeného těsta vůči mechanickému namáhání. Extenzograf umožňuje pomocí měření průběhu délkové deformace těsta a jeho napětí posoudit pekařské kvality mouky.

[1]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBILOVINY

Obiloviny jsou nejstaršími kulturně pěstovanými rostlinami. V mírném pásmu jsou obilniny zastoupeny na orné půdě více jak 50% podílem. Jejich využití je široké, používají se k výživě člověka a hospodářských zvířat i k průmyslovým účelům (výroba lihu, škrobu, sladu). Nejpěstovanější obilovinou je pšenice, následuje ji žito, ječmen, kukuřice, oves, proso, rýže, pohanka. Pečivo z žitné mouky je typické pro střední a východní Evropu. V ostatních částech světa se pro výrobu používá většinou pšeničná mouka.

V lidské výživě představují obiloviny rozhodující část příjmu energie z potravin. V rozvojových zemích tento podíl činí až 60%. Také příjem bílkovin v těchto zemích je kryt převážně z obilovin. K lidské výživě patří i nepřímé využití obilovin jako krmivo. [2]

1.1 Pšenice

Pšenice je nejpěstovanější obilninou pro pekařské využití, její světová produkce je 550 milionů tun, což představuje 1/3 celkové produkce obilí. [2]

Význam pšenice narostl v době, kdy byly zjištěny mimořádné vlastnosti bílkovin. Pšeničné bílkoviny jsou schopny vytvořit nakypřenější strukturu a vyšší klenbu pečiva než jakákoliv jiná obilovina.

Pšeničná mouka má menší množství zkvasitelných sacharidů a také méně enzymů. Důležitou složkou jsou pentosany neboli slizy, které mají vliv na absorpci vody a její distribuci v těstě, na viskozitu těsta a jeho reologické vlastnosti. [2]

V potravinářském průmyslu jsou nejvíce využívány dva druhy, a to *Triticum aestivum* a *Triticum durum*.

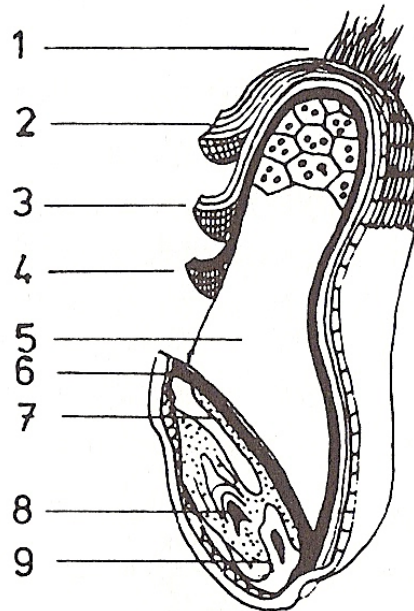
Triticum aestivum se používá k výrobě pečiva, chleba, krup a v cukrářství. Je hlavním zdrojem škrobu. Obsah lepku se pohybuje ve středních hodnotách.

Triticum durum má vyšší obsah lepku. Což způsobuje malý objem pečiva, proto se tento druh pšenice používá zejména pro výrobu těstovin. [3] Obsah lepku pro těstářskou pšenici je 30 %, bobtnavost je nejvýše 10 ml a číslo poklesu nejméně 250 s.

Pro pekárenské účely se požaduje pšenice se středním nebo nižším obsahem lepku, ale jeho dobrou kvalitou, číslo poklesu by mělo být v rozmezí 200-300 s a vaznost mouky 54 %. [4]

1.2 Složení obilky

Obilka je jednosemenný plod, u kterého je obalová vrstva pevně spojena se zbytkem zrna. Obilné zrno je uloženo v klasech a skládá se z klíčku, endospermu a obalových vrstev.



1 - voušek, 2 - oplodí, 3 - osemení, 4 - vrstva aeluronových buněk, 5 - endosperm, 6 - vrstva palisádových buněk, 7 - štítek, 8 - zárodek listů, 9 - zárodek kořínku

Obr. 1: Řez obilným zrnem [5]

Klíček zaujímá asi 3-4 %, je uložen na štítku a slouží jako zárodek nové rostliny. Od endospermu je oddělen vrstvou palisádových buněk. V klíčku se vyskytuje větší množství tuků, dále enzymy, vitamíny (B₁ a E) růstové hormony a minerální látky. Vzhledem k vysokému obsahu tuku se klíček před mletím odstraňuje. [3]

Obalové vrstvy tvoří asi 8-14 % celkové hmotnosti. Jednotlivé vrstvy chrání zrno před vysycháním a poškozením. Skládají se z oplodí (epidermis, epicarp, mesocarp, endocarp) a osemení (barevná a hyalinní vrstva). Obalové vrstvy propouštějí pouze vodu a v některých případech kyslík. Jsou bohaté na vlákninu, minerální látky (Ca, K, S). Obalové vrstvy jsou z pekařského hlediska nežádoucí, protože snižují kvalitu těsta a vzhled výrobku. Z výživového hlediska jsou však žádoucí pro snížení energetické hodnoty a zvýšení obsahu vlákniny. [3]

Endosperm tvoří 84-86 % celkové hmotnosti. Jedná se o technologicky nejdůležitější část obilky. 75 % jeho hmotnosti tvoří škrob, 10 % tvoří lepek, dle kterého se určuje

kvalita mouky. [3]

2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ PŠENIČNÉ MOUKY

Největší procentuální podíl v sušině pšeničné mouky zaujímají polysacharidy a bílkoviny. Dále se v malých množstvích vyskytují minerální látky, lipidy, vitamíny. Obsah těchto látek se různí podle stupně vymletí. Procentuální zastoupení hlavních složek je uvedeno v tabulce 1.

Tab. 1: Průměrné zastoupení jednotlivých složek v % sušiny [6]

| Složka | Pšeničná mouka |
|------------|----------------|
| Škrob | 75,0 - 79,0 |
| Bílkoviny | 10,0 - 12,0 |
| Tuky | 1,1 - 1,9 |
| Cukry | 2,0 - 5,0 |
| Vláknina | 0,1 - 1,0 |
| Slizy | 2,5 - 3,4 |
| Popeloviny | 0,4 - 1,7 |

2.1 Sacharidy

2.1.1 Jednoduché cukry

Jsou stavební jednotkou polysacharidů. Volně se v obilce vyskytují nejvíce v klíčku, který je během procesu mletí odstraňován. Do mouky se tedy dostane jen nepatrné množství jednoduchých sacharidů. Z monosacharidů se v mouce vyskytují glukosa a fruktosa, z disacharidů je to sacharosa a maltosa, která je předposledním stupněm hydrolýzy škrobu.

Pšeničná mouka obsahuje 100-900 mg·kg⁻¹ glukosy, 200-800 mg·kg⁻¹ fruktosy, 500-1000 mg·kg⁻¹ maltosy, 1000-4000 mg·kg⁻¹ sacharosy, 500-1700 mg·kg⁻¹ rafinosy. V cereálních výrobcích je obsah jednoduchých sacharidů různý, závisí na stupni hydrolýzy škrobu. [7]

2.1.2 Škrob

Škrob je zásobní polysacharid, který se v mouce vyskytuje v největším procentuálním zastoupení. Mouka se mele převážně z endospermu, proto je obsah škrobu v mouce vyšší než obsah v obilce.

Škrob je uložen v nerozpustných miscelách, které se nazývají škrobová zrna nebo škrobové granule. Cereální škroby mají bimodální distribuci granulí. Pšeničný škrob má dva velikostní typy granulí. Velké granule (granule typu A) mají tvar čočky o velikosti 15-25 μm a malé granule (granule typu B) jsou sférické částice o velikosti 4-6 μm . [7]

Makromolekula škrobu je složena z amylosy a amylopektinu. Pšeničný škrob obsahuje průměrně 26 % amylosy a 74 % amylopektinu [8]

Amylosa je lineární řetězec obsahující 20-1000 glukosových zbytků, které jsou spojeny α (1 \rightarrow 4) glykosidovými vazbami. Amylosa je dobře rozpustná ve vodě .

Amylopektin je tvořen řetězcem glukosových jednotek spojených α (1 \rightarrow 4) glykosidovými vazbami. Tento řetězec je průměrně po 25 jednotkách bočně větven α (1 \rightarrow 6) glykosidovou vazbou. Amylopektin je ve vodě nerozpustný, pouze bobtná v teplé vodě.

2.1.2.1 Hydrolyza škrobu

Hydrolyzu škrobu způsobují dva typy enzymů, a to α -amylasa a β -amylasa. Katalyzují štěpení glykosidických vazeb mezi molekulami glukosy.

α -amylasa je enzym ztekucující a dextrinační. Způsobuje štěpení zevnitř molekuly škrobu. Tímto štěpením se postupně vytváří maltotriosa, maltosa a dextriny. Aktivita α -amylasy se zvyšuje u naklíčených nebo jinak poškozených zrn, u neporušených zrn je její aktivita poměrně nízká. Mouka s takto poškozeným škrobem je pro pekárenské využití nevhodná. Díky vysoké aktivitě α -amylasy se v těstě vyskytuje příliš velké množství zkvasitelných cukrů a těsto se stává lepivým. Pečivo má pak mazlavou či drobivou střídu. [1]. Optimální podmínky pro působení α -amylasy jsou teplota 70°C a pH 5,6-5,8, inaktivační teplota 80-85°C.

Větší obsah poškozeného škrobu mají mouky z tvrdé pšenice než z měkké. Tím je ovlivněna také absorpce vody, kdy s vyšším obsahem poškozeného škrobu roste absorpce vody. [9]

β -amylasa je enzym zcukřující. Štěpí molekulu škrobu od neredukujícího konce řetězce, kdy odštěpí vždy poslední dvě molekuly glukosy. β -amylasa není schopna rozštěpit α (1 \rightarrow 6) glykosidovou vazbu, proto štěpí amylopektin pouze ze 60 %, naopak amylosu štěpí úplně. Optimální podmínky pro působení jsou teplota 62 °C a pH 4,5, inaktivační teplota je 70 °C.

2.1.2.2 Bobtnání a mazovatění škrobu

Ve vodě jsou škrobová zrna nerozpustná, pouze bobtnají. Bobtnání roste se stoupající teplotou. Při teplotě 60°C začíná škrob mazovatět. Zrno postupně přijímá vodu a začíná ztrácet svou strukturu. U pekařských výrobků nedojde k mazovatění veškerých škrobových zrn, protože v těstě není dostatek vody. Škrobová zrna nabobtnají a pouze jejich povrch zmazovají.

2.1.2.3 Retrogradace škrobu

Retrogradace škrobu u pekařských výrobků začíná hned se chlazením právě dopečených výrobků. [10].

V upečeném výrobku je amylosa přítomna ve formě nasyceného roztoku a amylopektin ve formě gelu.

Při retrogradaci dochází k intermolekulární asociaci mezi dvěma nebo více řetězci amylosy vodíkovými vazbami. Tím se ztrácejí vazebná místa, která poutají molekuly vody. [7] Zároveň se také smršťuje amylopektinový gel. Voda uvolněná během těchto dvou procesů se vypařuje, a tím střída ztrácí svou vlhkost a stává se méně elasticou.

Retrogradace probíhá při teplotách -7 až 55 °C. Nejrychleji probíhá při chladírenských teplotách, naopak se zpomaluje při teplotách kolem 30 °C. [8]

2.1.3 Neškrobové polysacharidy

2.1.3.1 Celulosa

Celulosa je složena z glukosových jednotek, které jsou spojeny β (1 \rightarrow 4) glykosidovou vazbou. Člověk nemá enzymy, které jsou schopny štěpit β (1 \rightarrow 4) glykosidovou vazbu. Celulosa tedy prochází trávicím traktem jako vláknina. Celulosa je zcela nerozpustná a nebobtná ani při zvýšených teplotách.

Celulosa je v obilkách obsažena převážně v obalových vrstvách. Její obsah v mouce tedy závisí na stupni vymletí.

Celulosa, přidávaná do těsta, obecně snižuje vaznost vody a pružnost těsta. Proto se s přidavkem celulosy musí do mouky přidávat i zlepšující přípravky pro posílení lepku.

2.1.3.2 *Pentosany*

Jedná se o vysokomolekulární polysacharidy, které obsahují ve svých molekulách velké množství pentos. Strukturně se jedná o polysacharid arabinoxylan s lineárním řetězcem, který je tvořený jednotkami xylosy spojenými β (1 \rightarrow 4) glykosidovými vazbami s krátkými postranými řetězci arabinosy. [11]

Jsou rozpustné ve vodě. Technologický význam mají u žitných mouk, kdy přispívají k prostorové struktuře těsta.

2.2 **Bílkoviny**

Z technologického hlediska jsou bílkoviny nejdůležitější složkou v mouce. Jejich význam spočívá v tvorbě trojrozměrné sítě, která tvoří strukturu pšeničného těsta.

Z chemického hlediska jsou bílkoviny biopolymery složené z aminokyselin. Jednotlivé aminokyseliny jsou spojeny peptidovou vazbou -CO-NH-. Tato vazba vzniká reakcí karboxylové skupiny jedné aminokyseliny a aminoskupiny druhé aminokyseliny. Při této reakci je uvolněna molekula vody.

V obilovinách je obsaženo všech 20 základních aminokyselin, ale na rozdíl od bílkovin živočišných nejsou plnohodnotné. U pšenice se za limitující aminokyselinu považuje leucin.

Pšeničné proteiny jsou klasifikovány dle jejich rozpustnosti v různých rozpouštědlech. Toto rozdělení provedl na začátku 20. století T. D. Osborne.

1. Albuminy, které jsou rozpustné ve vodě
2. Globuliny, které jsou rozpustné ve vodě a zředěném roztoku NaCl, ale nerozpustné ve vysoce koncentrovaném roztoku NaCl
3. Gliadiny, které jsou rozpustné v 70 % etanolu
4. Gluteniny, které jsou rozpustné v zředěných roztocích kyseliny a NaOH.

Nejmenší molekulovou hmotnost mají albuminy, následně globuliny. Gliadiny a gluteniny obsahují velké množství prolinu a mají vyšší molekulovou hmotnost. [12]

Albuminy a globuliny tvoří asi 25 % celkového obsahu bílkovin. Vyskytují se převážně v obalových vrstvách. V těchto frakcích se vyskytují enzymy.

Gliadiny a gluteniny jsou označovány jako zásobní proteiny. Tvoří 75 % z celkového obsahu bílkovin. Vyskytují se v endospermu. Vytváří strukturu těsta a konečného výrobku. Gliadiny a gluteniny ve vodě pouze bobtnají.

2.2.1 Lepek

Tvorba lepku je nejdůležitější vlastnost pšeničné mouky. Je příčinou pružnosti a tažnosti pšeničného těsta. Vytváří se smícháním vody s pšeničnou moukou.

Z těsta jej lze lehce vyprat vodou, čímž se odstraní látky rozpustné ve vodě a zůstane pouze mokrý lepek. Obsah mokrého lepku je důležitý zejména z technologického hlediska. Je charakteristický svou pružností, tažností a schopností bobtnat ve zředěném roztoku kyseliny mléčné. [1]

Obsah mokrého lepku u našich pšeničných mouk kolísá v rozmezích 21-36 %. Dle obsahu mokrého lepku se dělí mouka na slabou a silnou.

Silná mouka má vyšší obsah lepku. Lepek se vyznačuje nízkým obsahem enzymů, je málo tažný a tuhý. Vyžaduje se delší doba kynutí a přídavek enzymatického přípravku. Těsto z této mouky je tužší, elastičtější, zadržuje dobře CO₂ a výrobky jsou objemnější. Silné mouky jsou vhodné pro výrobu chleba a těstovin. [7] Za silnou mouku se považuje obsah mokrého lepku nad 30 %

Slabá mouka má opačné vlastnosti oproti mouce silné. Mouky jsou vhodné pro výrobu sušenek a cukrářského pečiva. [7]

Vypraný lepek obsahuje v sušině průměrně 90 % bílkovin, 8 % lipidů a 2 % sacharidů.

2.2.1.1 Chemické složení lepku

Lepek má velmi vysoký obsah glutaminu, glutamové kyseliny a prolinu. Jejich celkový obsah je více než 50 %. Vzhledem k nízké rozpustnosti ve vodě má naopak nízký obsah lysinu, argininu a asparagové kyseliny, méně než 10 %. Asi 30 % lepkových aminokyselin je hydrofobní. Tyto aminokyseliny velmi napomáhají proteinům tvořit

hydrofobní interakce s lipidy a dalšími nepolárními sloučeninami. Proteiny lepku dále obsahují 2-3 % cysteinu a jeho zbytků. [13]

Lepek se skládá ze dvou frakcí a to gliadinů a gluteninů. Jsou zastoupeny v poměru 2:3. Gliadiny dávají lepku tažnost. Gluteniny poskytují lepku pružnost.

Předpokládá se, že gliadin je spojitý řetězec bílkovin, tvořený z části úseky helixů držené vodíkovými vazbami a zčásti náhodnými ohyby držené disulfidickými vazbami.

Glutenin je představován jako složitý komplex, tvořený mnoha řetězci o různé velikosti. Nízkomolekulární řetězce jsou uvnitř udržovány disulfidovými a vodíkovými vazbami, ale navenek jsou s ostatními řetězci spojeny jen vodíkovými vazbami a udržovány hydrofobními interakcemi [1].

2.3 Lipidy

Obsah lipidů v mouce je malý, pouze 1-2 % hmotnosti. Lipidy se nejvíce vyskytují v klíčku, v endospermu jsou obsaženy v zanedbatelném množství.

V obilovinách se tuky vyskytují převážně ve formě triacylglycerolů. Z mastných kyselin se v mouce nejvíce vyskytuje kyselina linolová, linolenová a olejová. Vzhledem k vysokému výskytu nenasycených mastných kyselin, dochází snadno k hydrolyze a následnému žluknutí. Ke žluknutí dochází při nevhodném a dlouhodobém skladování mouky.

Dále se v mouce vyskytují fosfolipidy, a to ve formě fosfatidylcholinu (lecitin) a fosfatidyletanolaminu (kefalin).

Bylo prokázáno, že malé množství lipidů má technologický význam při výrobě pečiva. Lipidy s polárním charakterem mají pozitivní vliv na objem výrobku, nepolární lipidy přesně naopak. [1]

2.4 Minerální látky a vitamíny

Obsah minerálních látek neboli popelovin závisí na stupni vymletí mouky. Minerální látky se vyskytují nejvíce v obalových vrstvách. V pšenici je obsah minerálních látek asi 1,84 %. [14]

Vitamíny se v mouce vyskytují v zanedbatelném množství, protože v obilce jsou

soustředěny do klíčku, který se během mletí odstraňuje.

3 HODNOCENÍ KVALITY MOUKY

Za hlavní ukazatele kvality pšeničné mouky se tradičně považuje tvorba kypřících plynů, pekařská síla, smyslové hodnocení a granulace mouky.

3.1 Tvorba plynu

Schopnost tvorby plynu je důležitá u těst, které jsou kypřeny fermentací cukrů. Pro správný průběh fermentace je důležitý obsah zkvasitelných cukrů, tj. glukosy, fruktosy a maltosy. Zmíněné cukry jsou v mouce přítomny přirozeně a dále mohou vznikat při působení amylolytických enzymů při přípravě těsta. Mouka s dobrou kvalitou by neměla obsahovat větší množství zkvasitelných cukrů a příliš velké množství porušených makromolekul škrobu. Současně by měla mít dostatečnou aktivitu amylolytických enzymů po celou dobu přípravy těsta. Tím se zajistí stabilní produkce oxidu uhličitého.

Pro dobrou plynotvornou schopnost je nutný dobrý stav amylaso-škrobového komplexu. Pro jeho posouzení se používají různé instrumentální metody, jako je amylograf a číslo poklesu. Pro posouzení průběhu fermentace těsta se používají přístroje maturograf a rheofermentograf. [1]

Principem stanovení čísla poklesu se zakládá na měření doby poklesu standardního tělíka na dráze konstantní délky v suspenzi mouky během jejího mazovatění. [3]

Amylografická zkouška je založena na měření viskozity moučné suspenze v závislosti na stoupající teplotě. Viskozita je závislá na schopnosti škrobu mazovatět a na činnosti amylolytických enzymů. [15]

3.2 Pekařská síla mouky

Hlavními ukazateli pekařské síly mouky jsou množství a kvalita lepku. Obsah lepku významně ovlivňuje objem výsledného produktu. Vedle množství lepku je důležitá i jeho kvalita. Kvalitu lepku dobře prokáží vlastnosti jako je bobtnavost, rozplývavost, pružnost a tažnost.

3.2.1 Vlastnosti lepku

Bobtnavost lepku je schopnost mokrého lepku zvětšovat svůj objem v kyselině mléčné. *Rozplývavost* je schopnost vymezeného množství mokrého lepku zaujímat za

daných podmínek určitou plochu. *Pružnost* je schopnost mokrého lepku vracet se po mírném vytažení do původní polohy. *Tažnost* lepku je schopnost mokrého lepku prodlužovat se při mírném vytahování. [15]

V poslední době se pro určení kvality lepku používá metoda, která zjišťuje kvalitu lepku na základě jeho průchodu jemným sítkem v odstředivce. Zjištěný ukazatel, Gluten Index, se udává v procentech zbylého lepku na sítku k celkovému množství lepku. Tento ukazatel kvality je spolehlivější než výše zmiňovaná bobtnavost lepku. [1]

Ke zjištění kvality lepkové bílkoviny se dále používá sedimentační test, který je založen na rychlosti sedimentace moučné suspenze v kyselině mléčné. Čím vyšší je hodnota sedimentačního testu, tím kvalitnější je lepková bílkovina obsažená v mouce.

3.2.2 Pekařský pokus

Pekařský pokus patří k neobjektivnějším zkouškám. Správné provedení zkoušky je závislé na kvalitě doprovodných surovin, době a způsobu hnětení, kynutí a pečení.

U upečeného pečiva se zjistí objem pečiva a přepočítá se na 100 g mouky, tím se zjistí měrný objem pečiva v ml. Čím je měrný objem vyšší, tím je mouka kvalitnější. [16]

Měrný objem v $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ je ovlivňován spoustou faktorů, jako je typ surovin, včetně kvality mouky a zpracování. Příliš malý objem bochníku dává velmi kompaktní a uzavřenou strukturu a příliš velký objem bochníku dává velmi otevřenou strukturu. [17]

3.3 Granulace mouky

Granulace mouky je poměrná velikost částic mouky. Je to podíl propadu předepsanými síty, vyjádřených v hmotnostních procentech. Granulace ovlivňuje vlastnosti a kvalitu konečného výrobku. [3]

Dle vyhlášky 333/1997 ve znění posledních předpisů je pro hladké mouky požadován podíl částic menších než 257 μm nejméně 96 % a podíl částic 162 μm nejméně 75 %. [18]

Mouky s jemnější granulací mají vyšší procento poškozených škrobových zrn, tím se zvyšuje působení amylytických enzymů a škrob je rychleji hydrolyzován na zkvasitelné cukry.

Mouky s jemnou granulací se používají pro většinu pekárenských výrobků. Hrubší

mouky jsou používány na výrobu těstovin. [15]

3.4 Smyslové hodnocení

Smyslové hodnocení slouží k rychlému posouzení kvality mouky. Při smyslovém hodnocení se posuzuje barva, chuť a vůně mouky.

Barva mouky je závislá na odrůdě obilí, klimatických podmínkách, stupni vymletí, granulaci mouky, skladování mouky. Mouky nesmějí být chemicky běleny. Pšeničné mouky mají bílou barvu s nažloutlým odstínem.

Chuť mouky by měla být málo výrazná a příjemná. Za nevhodnou se považuje chuť nakyslá (dlouhodobé skladování, mikrobiologická kontaminace), nahořklá (žluklá mouka), výrazně nasládlá (mouka z porostlého obilí).

Vůně mouky má být přirozená a nevýrazná. Při skladování by se měla věnovat pozornost cizím pachům, protože mouka je dobrým sorbentem. [3]

4 HYDROKOLOIDY

Termín hydrokoloidy je obvykle užíván pro skupinu ve vodě rozpustných polymerů, které se hojně vyskytují v přírodě. Jejich molekuly jsou složeny ze stovek až mnoha set tisíc jednoduchých molekul. V přirozeném prostředí působí jako stavební jednotky a zdroj energie pro rostliny i živočichy, působí také jako antikoagulanty (látky zabraňující srážení krve). Mezi hydrokoloidy se řadí mnoho polysacharidů a proteinů. Mezi proteinové hydrokoloidy patří želatina, kasein, vaječný albumin. Typickými hydrokoloidy polysacharidy jsou škrob, celulóza a rostlinné gummy (arabská guma, guarová guma). [19] V těchto polysacharidech se nejčastěji vykytují D-glukosa, D-manosa, D-galaktosa a D-galakturonová a D-glukuronová kyselina. Vlastnosti hydrokoloidů ovlivňuje velikost molekul, orientace a asociace molekul, koncentrace, velikosti částic, stupeň disperze aj. [1]

Hydrokoloidy se vyskytují v potravinách buď přirozeně a nebo jsou do potravin záměrně přidávány. Přirozeně se vyskytujícími hydrokoloidy jsou lepek, škrob, celulóza, kolagen. Záměrně přidávané hydrokoloidy zlepšují funkční vlastnosti potravin. Patří mezi ně pektiny, rostlinné gummy, karagenany, modifikované škroby. [20] Jejich hlavní funkcí v potravinách je zlepšení struktury a organoleptických vlastností. Jejich koncentrace v potravinách bývá 1 % a méně. I při takto nízkých koncentracích jsou hydrokoloidy schopny tvořit vysoce viskózní roztoky a pevné gely. [21] Hydrokoloidy jsou vzhledem ke svému molekulovému složení, vzájemným molekulovým interakcím, vaznosti vody a koncentraci schopny navázat vodu, které odpovídá až stonásobku původní hmotnosti hydrokoloidu. [22] Hydrokoloidy nahradí až desetinásobek škrobu a zajistí stejný zahušťující účinek jako škrob. [23]

V dnešní době se hydrokoloidy používají v různých průmyslových odvětvích, kde vykonávají řadu funkcí, jako je tuhnutí a gelování vodných roztoků, stabilizace pěny, emulzí a disperzí, zabraňují tvorbě ledu a tvorbě krystalové struktury a řízení uvolňování vůně. [19]

Dle fyzikálně-chemických a koloidních vlastností lze použití hydrokoloidů v potravinářské technologii rozlišit:

- Zahušťování roztoků, suspenzí, past,
- Želírující materiály – stabilizace gelů,

- Stabilizace emulzí a pěn,
- Stabilizace vázané vody ve zmrazených produktech,
- Inhibitory krystalizace,
- Jako náhražka tuku a činidla redukující energetický obsah. [1]

4.1 Efekt hydrokoloidů na pšeničné těsto

Hydrokoloidy jsou obecně pro pekařské výrobky vysoce funkční ingredience. Mohou se přidávat buď se suchými složkami (mouka, cukr) nebo v hydratované formě. Způsob a podmínky aplikace je nutné volit s ohledem na požadované účinky (tvorba gelu, zahušťování, stabilizace). [1] S ohledem na důležitost tvorby lepkové struktury by se v pekárenském průmyslu měli používat hydrokoloidy, které nesnižují hodnotu gluten index. [24]

V pekárenském průmyslu nabývají hydrokoloidy velkého významu jako zlepšující látky při výrobě pečiva. Hydrokoloidy zlepšují celkovou kvalitu těsta, manipulační vlastnosti, zkvalitní čerstvé pečivo a zvýší skladovatelnost pečiva. [23] [25]

Pokud jsou hydrokoloidy přidány do sypkých ingrediencí pekařských produktů, zvýší se obsah rozpustné vlákniny a vaznost vody. [23]

V pekařských výrobcích ovlivňují reologii a strukturu vodních suspenzí. Dalším využitím může být nahrazení tuků či lepku. [26]

Způsobují strukturální změny v hlavních složkách pšeničné mouky během výroby pečiva a během skladování. Ovlivňují mazovatění, rozklad a retrogradaci škrobu. Mazovatění škrobu v přítomnosti hydrokoloidů má silný vliv na lepivost škrobového těsta. Zdroj tohoto synergismu byl vysvětlen tvorbou komplexů mezi škrobovými polymery (amylasa nebo amylopektin) a hydrokoloidy během míchání. [27]

V poslední době se trendem v pekárenském průmyslu stává zmrazování těst pro zjednodušení a zrychlení výroby. Zmrazovacími procesy dochází k namáhání těsta, čímž dochází ke ztrátě síly těsta, ke snížení stability kvasinek. Následkem toho dojde ke zhoršení kvality finálního výrobku. Dalším problémem u zmrazovaných těst je tvorba ledových krystalů, které mohou vést ke zničení lepkové sítě, ztrátě síly těsta a zničeními kvasinek. [28] Hydrokoloidy mají schopnost zadržovat vodu a minimalizovat migraci vody v těstě během zmrazování. Díky tomu dojde k tvorbě menších krystalů a nedojde

k poškození lepkové struktury. [29]

Hydrokoloidy jsou používány také při snižování obsahu tuku. Vzhledem k snižování pohybu vody v těstě dojde ke zvýšení stability při tvorbě emulze. Hydrokoloidy napomáhají zadržovat v těstě vzduch stejně jako tuk. [30] Napomáhají provzdušnění během míchání těsta a expanze během pečení. [23]

Hydrokoloidy obecně zvyšují vaznost vody. To je způsobeno přítomností hydroxylových skupin v hydrokoloidech, které jsou schopny tvořit více vzájemných interakcí prostřednictvím vodíkových vazeb. Přídavek hydrokoloidu zvýší tažnost těsta a celkovou stabilitu během zpracování. Doba vývinu těsta se mění v závislosti na použitém hydrokoloidu. [31]

Stabilita těsta ve kterém byl přidán hydrokoloid, je v nízkých koncentracích hydrokoloidu snižena. Naopak při vyšších koncentracích stabilita roste. [26]

Vliv jednotlivých hydrokoloidů se liší podle jejich druhu, vlastností a chemické struktury. Účinek hydrokoloidů ovlivňují i jiné látky přidávané do těsta, jako jsou enzymy, tenzory a emulgátory. Proto se také zjišťuje jejich součinný nebo antagonistický účinek. [32]

Zlepšení reologických vlastností může být dosaženo použitím komplexního složení, které obsahuje hydrokoloidy v kombinaci s amylolytickými a neamylolytickými enzymy a emulgátory. [17]

4.2 Pektin

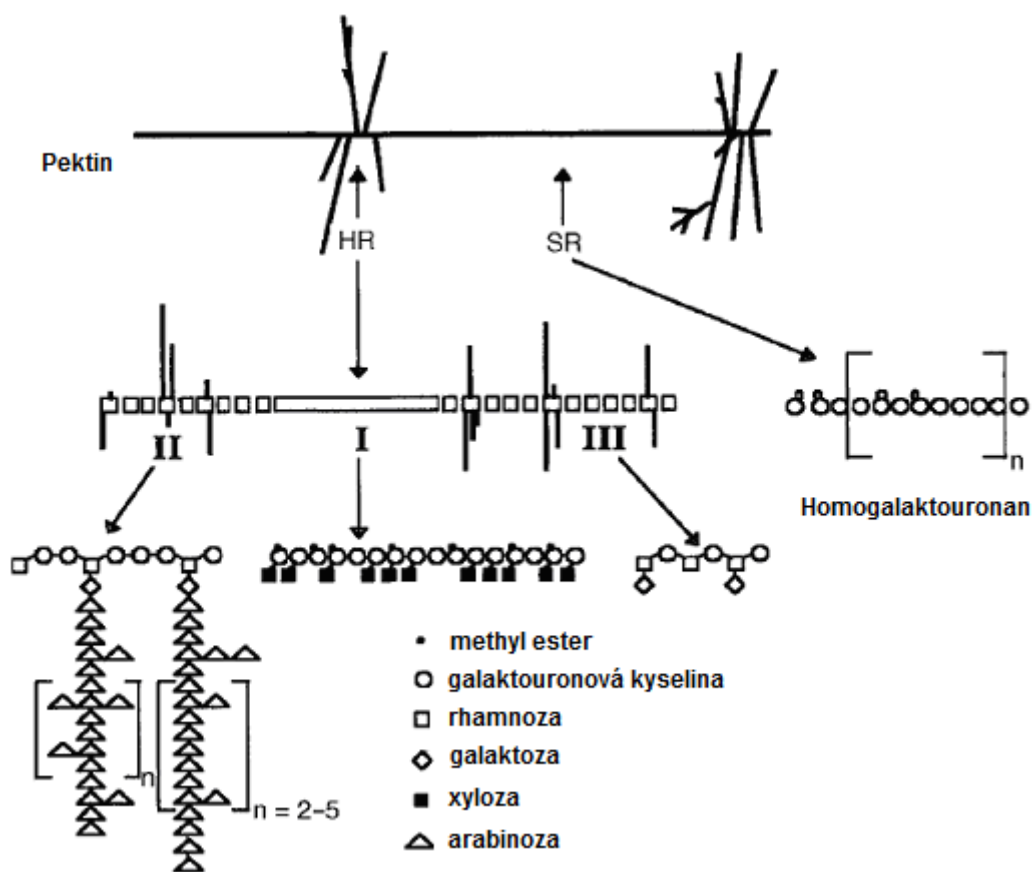
Pektiny jsou skupinou polydisperzních polysacharidů o proměnném složení. Nacházejí se v pletivech vyšších rostlin jako součást stěn primárních buněk a mezibuněčných prostor. Vznikají a ukládají se hlavně v ranných stádiích růstu, kdy se nezvětšuje plocha buněčných stěn. [7]

Pektin se vyrábí z jablečných výlisků (sušina obsahuje 16 % pektinu) nebo z albeda citrusových plodů (sušina obsahuje 30-40 % pektinu). Princip výroby pektinu spočívá v hydrolýze protopektinu a pektocelulos na pektin.

Pektin se používá jako náhrada tuku, kdy poskytuje plnou chuť a dává pocit tajícího tuku. Nejčastěji je používán u potravin, které obsahují emulgované tuky. [23]

4.2.1 Chemické složení

Jsou odvozené z více komplexních protopektinů, které jsou přítomny v pletivu rostlin. Obsahují nejméně 65 % jednotek kyseliny galaktouronové. Tyto jednotky mohou být volné, nebo jako jednoduché soli se sodíkem, draslíkem, vápníkem nebo amonným iontem. Dále mohou být esterifikované metanolem. Pektin obsahuje rhamnosu, galaktosu, arabinosu a malé množství dalších sacharidů. Tyto cukerné jednotky jsou přítomny v pravidelné struktuře. Předpokládaná struktura pektinu je uvedena na obrázku 2. Není jasné, jak tato komplexní struktura a jeho střídání ovlivňují funkční vlastnosti pektinu. [19].



Obr. 2 Předpokládaná struktura jablečného pektinu (I - část xylogalaktouranenu, II - část s postraními řetězci arabinosy, III - část rhamnogalaktouronanu) [19]

Dle stupně esterifikace se pektiny dělí na nízkoesterifikované a vysokoesterifikované. Stupeň esterifikace je definován jako % karboxylových skupin, které jsou esterifikovány metanolem.

- Nízkoesterifikované pektiny - menší než 50 %

- Vysokoesterifikované pektiny větší než 50 %

Nízkoesterifikovaný pektin je vyrobený chemickou cestou, naopak vysokoesterifikovaný pektin je získán z ovoce [33]

4.2.2 Vlastnosti pektinu

Jsou rozpustné ve vodě, ale nerozpustné ve většině organických rozpouštědlech. S rostoucí molekulovou hmotností a stupněm esterifikace klesá jejich rozpustnost ve vodě. Viskozita nízkoesterifikovaných pektinů se zvyšuje přítomností Ca^{2+} iontů, u vysokoesterifikovaných pektinů se viskozita zvyšuje přidáním sacharosu v kyselém prostředí. Cukr váže vodu, a tak se snižuje stupeň hydratace pektinu. Pektiny, které jsou 100% esterifikovány tvoří gely pouze v přítomnosti sacharosu. [7] Gely vytvořené z vysokoesterifikovaných pektinů nejsou reverzibilní, zatímco některé z nízkoesterifikovaných pektinů jsou termoreverzibilní. [33]

Při všech aplikacích pektinu se musí brát v úvahu pH, iontová síla a složení produktu, dále poměr sladidel a jejich vlastnosti. V produktech, kde je přítomno ovoce, je nutné znát množství a vlastnosti pektinu, který je v tomto ovoci přirozeně přítomen. [19]

4.2.3 Vliv pektinu na vlastnosti těst

Pektin přidávaný do těsta zvyšuje objem konečného výrobku a snižuje počáteční tuhost střídky. [34]

Pektin přidávaný do těsta v nejvyšších koncentracích vykazuje pozitivní účinek na stabilitu těsta a objem u výrobků s přidáním kvasnic. [35]

Ovlivňuje hydrataci kvalitu a množství lepku, snižuje viskoelastické vlastnosti během záhřevu a chlazení. Přídavek pektinu také významně snižuje bobtnavost lepku a naopak zvyšuje vaznost vody. Toto může být způsobeno přítomností ionizovaných karboxylových skupin v molekule pektinu. Tyto skupiny jsou zodpovědné za vytvoření silnějších interakcí jako je ion-dipól. [24]

Přidávaný pektin zlepšuje kvalitu hotových výrobků, ve zmrzlých produktech pektin ovlivňuje tvorbu ledových krystalů. Má také pozitivní vliv na retrogradaci škrobu. Po upečení, se na hotovém výrobku objeví tenký suchý okraj střídky, který zůstane po dobu 24 - 48 hodin. To výrazně prodlouží čerstvost, což preferují spotřebitelé. Pektin se do mouky přidává v koncentraci 0,1 – 0,3 % a je rovnoměrně smíchaný s moukou. [36]

Vlastnosti makromolekulárního pektinu omezují množství, které se smí přidat do těsta, ale i toto přidané množství zvýší obsah rozpustné vlákniny [37]

Pektin zvyšuje flexibilitu chleba, což ho udělá méně křehký a sníží střídku. Tento účinek je vhodný pro těsta na tortilly a pity. [38]

4.3 Arabská guma

Arabská guma je přírodní guma, která vznikla ztvrdnutím šťávy ze stromu rodu *Acacia*, a to *Acacia seyal* a *Acacia senegal*. Stromy rodu *Acacia* rostou na území Afriky, které se nazývá Sahel (část Afriky od Senegalu po Somálsko). Šťáva prosakuje ze stonků a větví stromů starých 5 a více let v době vystavení stromu stresovým podmínkám (sucho, půda chudá na živiny, poranění stromu). Gumovitá hmota na větvích zaschne a poté se ručně sbírá. [19]

Arabská guma je třetí nejvíce používaný hydrokoloid na zlepšení objemu. Celosvětová spotřeba byla v roce 2008 57 000 tun. Je využívána jako emulgátor, stabilizátor, texturní činidel. Ze zdravotního hlediska patří k jejím výhodám také obsah rozpustné vlákniny s prebiotickým účinkem a přirozený rostlinný původ. [38]

4.3.1 Chemické složení

Arabská guma je komplexní polysacharid, který obsahuje malé množství dusíkatých látek. Jejich složení mírně kolísá s druhem, podnebím, roční dobou a věkem stromu. Složení u obou druhů (*acacia seyal* a *acacia senegal*) se vyskytují stejné cukerné zbytky, pouze v jiném poměru. V arabské gumě se vyskytuje galaktosa, arabinosa, rhamnosa, glukuronová kyselina. Nejvíce se vyskytující aminokyselinou je hydroxyprolin a serin. Obsah jednotlivých cukrů a dusíkatých látek jsou uvedeny v tabulce 2. [19]

Tab. 2: Průměrné zastoupení jednotlivých cukerných zbytků (v % z celkových cukrů), dusíkatých látek (% v sušině) [19]

| | <i>Acacia senegal</i> | <i>Acacia seyal</i> |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Galaktosa | 44 | 38 |
| Arabinosa | 27 | 46 |
| Rhamnosa | 13 | 4 |
| Glukuronová kyselina | 14,5 | 6,5 |
| 4-methoxyglukuronová kyselina | 1,5 | 5,5 |
| Dusíkaté látky | 0,36 | 0,15 |
| Průměrná molekulová hmotnost | 380 000 | 850 000 |

4.3.2 Vlastnosti arabské gumy

Je dobře rozpustná ve vodě, její roztok je málo viskózní i při vyšších koncentracích. Viskozita se snižuje v přítomnosti elektrolytů a v nízkém pH (karboxylová skupina se stává nedisociovatelná). Rozvětvená struktura je příčinou vzniku pevných molekul s relativně malým termodynamickým objemem.

Arabská guma je schopná stabilizovat emulzi olej ve vodě. Díky přítomným proteinům vázané na polysacharidy je schopna se pevně vázat na kapky oleje. [20] Zvyšuje viskozitu vodní fáze, a tím získává optimální stabilitu emulzí. [39]

4.3.3 Vliv arabské gumy na vlastnosti těst

Přídavkem arabské gumy se zvětší objem finálního výrobku. Je používána u těst, které se zmrazují. Těsto si díky jejímu přídavku udrží požadované vlastnosti. Oproti pečivu, ve kterém není přidán hydrokoloid, zlepšuje přídavek arabské gumy soudržnost, objem a vnější i vnitřní vlastnosti pečiva. Pečivo přijme také větší množství vlhkosti, a tím se může déle skladovat. Díky vyšší vlhkosti se výrobky stávají také měkčí. [40] Použití hydrofilních gum, jako je arabská guma, snižují problém s vodou během zmrazování. [17]

Rozvětvena ale kompaktní struktura arabské gumy by mohla překážet při možných interakcích mezi jejími polárními skupinami a peptidovými řetězci. [24]

Arabská guma dále působí na viskoelastické vlastnosti škrobu. Za přítomnosti arabské gumy v koncentracích 0,7 % a 1,3 % je viskozita škrobové suspenze významně ovlivněná.

Její přítomnost v těstě snižuje hodnoty ukazatelů množství lepku (obsah mokrého lepku a suchého lepku) a kvality lepku (gluten index) [24]

Při teplotě 25 °C u těst se zvýšeným přídatkem arabské gumy dochází ke zvýšení obsahu pružných součástí v těstě. [41]

Při přípravě jemného pečiva arabská guma zlepšuje vlastnosti během manipulace s těstem a tvorbu listové struktury, ale na zvýšení objemu jemného pečiva nemá arabská guma vliv. [39]

5 REOLOGICKÉ VLASTNOSTI TĚSTA

Reologie je odvětví fyziky, které se zabývá fyzikálním a matematickým popisem chování látek za deformace. Studuje vztahy mezi napětím, kterému je materiál vystaven a rychlosti deformace. Pomocí reologického chování těsta se může určit zpracovatelská a spotřebitelská kvalita výrobku. Pro hodnocení těsta existuje mnoho speciálních měřících přístrojů. Výsledky jsou vyjadřovány pomocí empirických jednotek u nichž je pomocí dlouholetých zkušeností známa dobrá vypovídací schopnost (zpracovatelnost a kvalita výrobku). [1]

Hlavní cíle reologického měření jsou

- Získat kvantitativní popis materiálů mechanickými vlastnostmi,
- Získat informace, které souvisejí s molekulární strukturou a složením materiálu,
- Charakterizovat a simulovat výkon materiálu během zpracování a kontroly jakosti [42]

Reologické vlastnosti pšeničného těsta, zejména pružnost, tažnost a stabilita, ovlivňují výrobní operace v pekárnách a mají značný vliv na spotřebitelskou kvalitu pekařských výrobků. [43] Základní mechanické vlastnosti pšeničného těsta jsou důležité pro určování chování těsta během zpracování, kvalitu finálního výrobku. [44] Dále určují tvorbu plynů a stabilitu během kynutí a pečení. [45]

Reologické vlastnosti pšeničného těsta jsou ovlivněny hlavně škrobem, proteiny (lepkem) a přídavkem vody. Škrob vyskytující se ve vysokých koncentracích tvoří nepřetržitou síť částíček, které způsobují viskoelastické chování. Lepek má schopnost tvořit souvislou makromolekulární síť, která vzniká dostatečným přídavkem vody a mechanickou energií při míchaní. Tyto dva nezávislé zdroje a jejich možné interakce udávají reologii pšeničného těsta. [46]

Reologické vlastnosti těsta jsou ovlivněny také aditivy přidávanými do těsta. Proto se při odhadování zpracovatelnosti těsta a konečné kvality výrobku musí brát v úvahu kompletní složení. [47] Avšak většina reologických vlastností je odvozena od mouky, vody a vzduchu. [45]

5.1 Fyzikální podstata tvorby těsta

Základem těsta je mouka, voda a sůl, v některých případech se přidává tuk

a povrchově aktivní látky. Při míchání mouky a vody, částice mouky zvolna hydratují, nevytváří se však hned spojitá masa těsta. Ke vzájemnému styku molekul bílkovin a hydratovaných polysacharidů dochází až během hnětení, které přispívá k jejich orientování a tvorbě příčných vazeb. Díky tomu se tvoří trojrozměrná síť dávající elasticitu pšeničnému těstu. Z nabobtnalé bílkoviny a polysacharidů se tvoří gel, který umožní těstu viskózní tečení.

V této trojrozměrné struktuře jsou dispergována škrobová zrna, buňky kvasinek a vzduchové bublinky. Pro tvorbu pšeničného těsta jsou zpočátku hnětení nejdůležitější bílkoviny. Škrobová zrna, která přijímají vodu a částečně bobtnají, jsou významná až v konečných fázích (pečení), kdy dochází k jejich mazování. Během mechanického hnětení se zpevňuje trojrozměrná bílkovinná síť, čímž se mění tekutost, tuhost a elasticita těsta. Těsto se pak stává homogennější. V průběhu zrání a kynutí napomáhá činnost enzymů a účinky organických kyselin k bobtnání a změnám chemických vazeb. V některých případech se uplatňuje ještě přetuzování, kterým dojde k dosažení žádoucích reologických vlastností těsta.[1]

5.2 Vliv jednotlivých technologických operací na vlastnosti těsta

Těsto lze charakterizovat jako polydisperzní soustavu (soustava, složená nejméně ze dvou druhů hmot, kdy jedna je rozptýlena ve druhé). Disperzním prostředím bývá v těstě většinou voda. Z fyzikálního hlediska se systém rozděluje na fáze (část hmoty, která má stejné vlastnosti). Jednotlivé fáze jsou odděleny fázovým rozhraním, které v tomto případě představuje povrch rozptýlených částic. Částice v těstě se rozlišují na pravé a koloidní roztoky. Koloidní roztoky vytvářejí v těstě hlavně některé bílkoviny a slizy. Pravé roztoky se v těstě vyskytují ve formě vodných roztoků sacharidů, solí, kyselin atd. Pevné částice, větší jak koloidní roztoky, vytvářejí v kapalinách suspenze. V těstě jsou to nezbobtnalá škrobová zrna. Pro kvalitu těsta jsou důležité disperzní systémy tzv. gely. Ty mají kromě spojitého disperzního prostředí také spojitý disperzní podíl. Vytvářejí spojitou strukturu, která umožňuje zadržovat kvasné plyny a udržovat tvar při pečení. Mezi gely patří lepek. [8]

5.2.1 Hnětení

Hnětení je činnost, kdy z mouky, vody a dalších přísad vzniká plastická hmota. Dobře

vymíchané těsto by mělo být dokonale soudržné, pružné a plastické. [48]

Při hnětení a nějakou dobu po ukončení hnětení probíhá koloidní poutání vody na moučné částice (bobtnání). V této fázi výrobního procesu bobtnají pouze slizy a bílkoviny. Začíná se tvořit trojrozměrná síť lepku. Škrob hydratuje jen mírně, protože bobtnat mohou jen zrna výrazně narušená. [8] Následkem těchto změn se nejprve zvyšuje viskozita vznikajícího těsta a v průběhu hnětení se zpevňuje struktura, která se projevuje zvyšováním pružnosti. Po určité době mechanického namáhání dochází k zhroucení této struktury a ke snížení viskozity a pružnosti. [1]

Do vzniklého těsta se začleňují vzduchové bubliny, které jsou malé velikosti. Během dalších technologických postupů se do bublin dostává CO₂ a zvětšují svou velikost. Velikost bublin je omezená lepkovou strukturou, která je obklopuje. [49]

5.2.2 Kynutí a zrání

Kypření se provádí biologickou nebo chemickou cestou, popřípadě jejich kombinací. Biologické kypření je prováděno pomocí přídavku droždí (kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* Hansen). Droždí kromě kypření těsta způsobuje změny ve struktuře těsta a ovlivňuje sensorické vlastnosti pečiva. Probíhá zde proces alkoholového kvašení, kdy hlavním produktem je oxid uhličitý, vyprodukovaný etanol se během dalších procesů odpařuje.

Chemická kypřidla obvykle obsahují potravinářskou kyselinu (citrónová, vinná, mléčná) a rozpustný hydrogenuhlíčan sodný nebo draselný, popřípadě amonný, který se rozkládá teplem. Principem všech chemických kypřidel je jejich rozklad na CO₂, který způsobí nakypření těsta. [1]

Během zrání se ještě vyrovnává rozložení vody. Jsou ukončeny koloidně-chemické změny. V těstech kypřených droždím se zvyšuje kyselost, což vede ke zvýšení bobtnavosti bílkovin. Tím se mírně sníží viskozita. Při přetuzování, kdy dojde k provzdušnění těsta se viskozita opět zvýší. Dochází také ke změnám v pružnosti. [1]

Velký význam během zrání mají oxidačně-redukční procesy, kdy za přístupu kyslíku dochází k tvorbě disulfidických vazeb mezi dvěma triolovými skupinami. Tím se dva sousední řetězce pevně spojí. [8]

Pro správný průběh kynutí a zrání těsta je důležitá přiměřená aktivita α -amylasy. Při

její nízké aktivitě dochází k nedostatku zkvasitelných cukrů, což vede ke zpomalení kynutí. Naopak při její vysoké aktivitě dochází k tvorbě dextrinů, které způsobují nežádoucí lepivost těsta a porušený škrob není schopen přijímat dostatek vody. Všechny tyto nedostatky vedou ke zhoršení kvality konečného výrobku. [1]

5.2.3 Tvarování a dokynutí

Fermentační procesy probíhají od počátku zrání až do začátku pečení. Během tvarování dojde k vypuzení části plynů z těsta, tím se zmenší jeho objem a dojde k ztužení. Následkem toho by se měla zvyšovat jeho pružnost. Pro regeneraci těsta a tvorbu dalšího CO₂ se nechává těsto několik minut odležet. [1]

5.2.4 Pečení

Pečení je mnohostranný proces, kdy dochází k dotvoření kůrky a střídky výrobku. Výrobky se po upečení stávají stravitelnější, uchovatelnější, po tepelném opracování jsou z mikrobiologického hlediska zcela nezávadné. [50]

Na začátku pečení je použita nižší teplota (asi 220 °C). Teprve v druhé fázi se teplota zvyšuje (260 °C – 270 °C). Tento postup způsobí urychlení vnitřních procesů (narůstání objemu výrobku) a zpomalení vnějších procesů (přeměna na pevnou kůrku). Zvětšování objemu je způsobeno rozpínáním CO₂, etanolu a částečně vodní páry.

Při ohřevu se nejprve prohřívají povrchové vrstvy, postupně teplo prochází směrem do středu výrobku. Prohřívání probíhá za stálé přítomnosti vodních par. Vypařování probíhá nejintenzivněji na povrchu, pára částečně uniká do prostoru pece, ale také se šíří směrem ke středu těsta, do neprohřátých vrstev, kde kondenzuje. Postupně se prohřívají vrstvy blíže středu a proces se opakuje. Pásmo kondenzační vlhkosti se posouvá ke středu výrobku.

Během pečení probíhají ve výrobku fyzikálně-chemické, biologické i biochemické změny. Na počátku pečení probíhají stále probíhají fermentační procesy. Životnost kvasinek se prudce snižuje po dosažení teploty 45 °C. Činnost enzymů se inaktivuje při teplotě 70 °C - 80 °C. Bílkoviny v první fázi bobtnají, se zvyšující teplotou tuto schopnost ztrácejí a při 60 °C začínají denaturovat a uvolňovat vodu. Škrob se zvyšující teplotou bobtná a postupně i mazovatí, tím přijímá vodu přítomnou v těstě i uvolněnou denurací bílkovin. Změny škrobu a bílkovin jsou hlavní procesy při tvorbě střídky pečiva. Na

povrchu vznikne ihned blanka, která se začne velmi rychle přeměňovat na základ kůrky. Změny, které vznikají, jsou způsobeny hlavně tepelnou dextrinací škrobu a karamelizací cukrů.

Začínají se tvořit chuťové, barevné a aromatické látky. Nejdůležitější jsou organické kyseliny a jejich sloučeniny (mléčná, máselná, octová, pyrohroznová, vinná, jablečná), alkoholy (etanol, propanol, isopropanol, pentanol), ketony (aceton, diacetyl, 2-butanon), aldehydy (formaldehyd, acetaldehyd, benzaldehyd, akrolein, 5-hydroxymethylfurfural). V kůrce vznikají barevné látky tepelným rozkladem jednoduchých sacharidů, které patří do skupiny karamelů. Důležitou skupinou látek jsou melanoidy, které vznikají za zvýšené teploty reakcí mezi sacharidy a štěpnými produkty bílkovin – Maillardovy reakce. [8]

5.3 Přístroje na měření reologických vlastností

Těsto; kombinace mouky, vody, soli, popřípadě jiných surovin, je pravděpodobně nejkompexnějším materiálem z pohledu potravinářské reologie. Z toho důvodu bylo vytvořeno mnoho přístrojů na měření reologických vlastností. Přístroje mohou být rozděleny do dvou hlavních kategorií:

- Přístroje, které měří výkon dodávaný během vytváření těsta,
- Přístroje, které měří jednotlivé vlastnosti vytvořeného těsta.

Tyto přístroje změří mechanické vlastnosti těsta pod různými deformačními podmínkami (viskozita, elasticita, konzistence a další). Většina těchto testů jsou používány pro předvídání pečícího výkonu a chování těsta během zpracování před pečením. Některé testy jsou interpretované subjektivně na základě nějaké tradice, zatímco jiné tvoří údaje o množství. [9]

K nejpoužívanějším přístrojům, které jsou používány pro měření reologie těst, patří farinograf, extenzograf, mixograf, alveograf, amylograf. Pomocí farinografu a mixografu se určí pekařská kvalita pšeničné mouky. Extenzograf a alveograf sleduje chování těsta. Amylograf sleduje chování moučných suspenzí během mazování. [51]

Mixograf určuje těstové a lepkové vlastnosti z mouky měřením odporu těsta proti míchání háků. Výsledná mixografická křivka určuje lepkovou sílu, optimální dobu vývoje těsta, odolnost k intenzivnímu míchání a další těstové charakteristiky. Jeho výhodou je rychlá analýza malého množství mouky. [52]

Alveograf určuje lepkovou sílu těsta měřením síly, která je potřebná k nafouknutí a prasknutí bubliny těsta. Výsledkem měření je hodnota P, L a W. P hodnota udává sílu, která je potřebná k nafouknutí bubliny. L hodnota udává tažnost těsta před prasknutím bubliny. Poměr hodnot P/L udává rovnováhu mezi silou a tažností těsta. W hodnota udává oblast pod křivkou (energií). Slabá mouka má nízkou hodnotu P a vyšší hodnotu L, naopak silná mouka má vyšší hodnotu P a nízkou hodnotu L. [52]

Amylograf určuje viskozitu měřením odporu suspenze mouky a vody k míchání háků. Při zahřátí suspenze se škrobová zrna zvětší a stává se z ní těsto. Silnější suspenze má vyšší maximální viskozitu a signalizuje nižší aktivitu enzymů. Z této mouky jsou poté vyrobeny lepší produkty. Pomocí amylografu se určí aktivita α -amylázy, která pomáhá rozkládat škrob. [52]

6 FARINOGRAF

Tento přístroj byl vytvořen v roce 1930 v německé firmě Brabender. Farinograf patří k nejpoužívanějším přístrojům pro určení kvality mouky. Používá se v mlynářské a pekárenské praxi, ale využití také našel v praxích šlechtitelských a pěstitelských. Měří točivý moment během míchání malého množství těsta dvěma protiběžnými lopatkami ve tvaru Z.

Jeho hlavní využití spočívá v:

- Určení vaznosti vody (množství vody potřebné k vytvoření těsta pevné konzistence),
- Určení vlastnosti mouky během míchání,
- Předpovídání pekařského výkonu, [9]
- Zhodnocení účinků dalších sypkých přísad v mouce,
- Kontrole homogennosti mouky. [52]

Mouka s kvalitnější bílkovinou má vyšší vaznost, delší dobu vývinu a větší stabilitu při hnětení. Doba vývinu se u střeoevropské pšenice příliš neliší. Doba vývinu je však důležitá jako ukazatel pro pekárenskou technologii z hlediska spotřeby energie. [1]

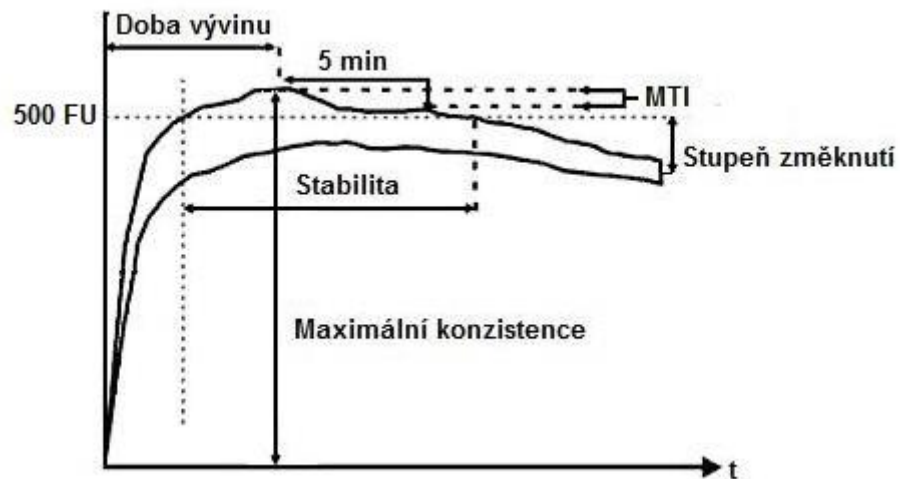
6.1 Popis přístroje

Těsto je hněteno v temperované hnětací nádobce dvěma protisměrně se otáčejícími Z-lopatkami. Poměr jejich otáček je 3:2. Současně s přístrojem je dodávaná skleněná byreta s dvojitým cejchováním a automatickým nastavením nuly. Hnětačky se sestavují na 50 g nebo 300 g mouky. Temperační teplota je 30 °C, stejnou teplotu musí mít i voda, používaná při měření. [1]



Obr. 3: Farinograf [53]

6.2 Vyhodnocení farinografické křivky



Obr. 4: Farinogram [25]

Mouky různé kvality mají rozdílný průběh křivky. Křivka se obvykle rozděluje na několik částí. Vzestupná část křivky (od počátku měření po dosažení maximální konzistence) odpovídá času, po který mouka rychle absorbuje vodu.

Po dosažení maxima začíná křivka různou rychlostí klesat. U kvalitních pšeníc je tento

pokles velmi mírný. Čím slabší mouka, tím je pokles rychlejší. Pokles tak charakterizuje odolnost těsta vůči dalšímu mechanickému namáhání. Měření konzistence je důležité pro zjištění chování těsta během zpracování. Pokud je přidáno velké množství vody (velká vaznost), těsto má nízkou konzistenci a sklon k lepkavosti. Naopak u nízké vaznosti (malé množství vody) má těsto sklon být tuhé a má nízkou výtěžnost. Mouky s kvalitnějšími bílkovinami mají vyšší vaznosti. Na vaznost mouky má vliv původní vlhkost mouky a stupeň vymletí. Pečivářské pšenice mají vaznost v intervalu 50 – 55 %. Pšenice, určené pro výrobu kynutého pečiva, mají vaznost v intervalu 54 – 60 %. [1] S vazností souvisí kromě konzistence a stability, také pružnost a tažnost. [15]

Doba vývinu je určena jako doba od počátku přidání vody do okamžiku, kdy se objeví první pokles od maximální konzistence. Tento čas bývá rozdílný, u českých a středoevropských pšenic se pohybuje od 2 do 6 minut. U Kvalitní pšenice pěstované v Kanadě, USA a Austrálii se čas pohybuje kolem 10, ve výjimečných případech až 20 minut.

Stupeň změknutí je rozdíl mezi hodnotou konzistence v okamžiku maxima a za 12 minut od maxima. Je uváděn v FU (farinografická jednotka). Měknutí těsta způsobují proteolytické enzymy aktivované teplotou 30 °C, které odbourávají bílkoviny.

Stabilita je ukazatelem síly mouky. Čím vyšší hodnota, tím silnější těsto. [31] Stabilita je časové rozmezí mezi okamžikem, kdy horní obrys křivky protíná hodnotu 500 FU při stoupání a okamžikem, kdy ji protíná při klesání. Stabilita je udávána v minutách.

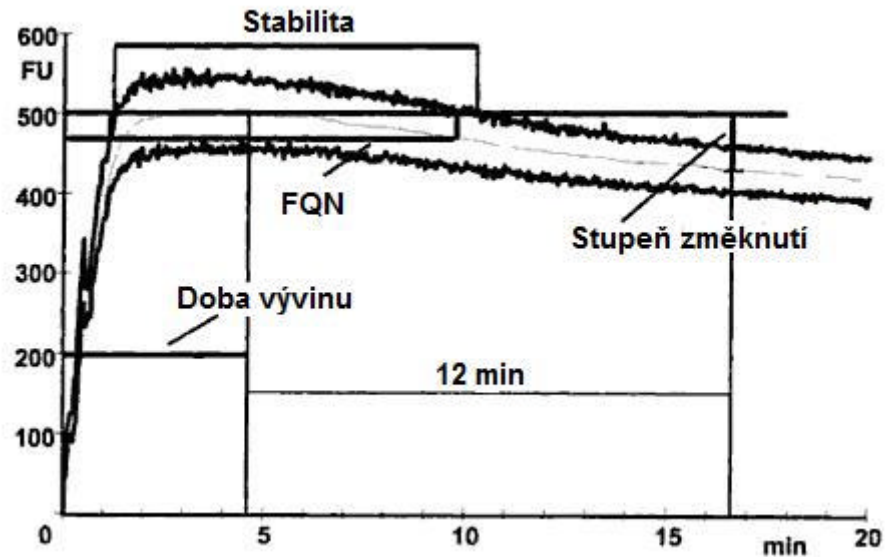
Číslo kvality je udáváno jako délka na časové ose od okamžiku přidání vody do okamžiku, kdy konzistence poklesne o 30 FU od maxima. Farinografické číslo kvality (FQN) je kombinovaná hodnota pro dobu vývinu, těstovou stabilitu a MTI. Proto může FQN klasifikovat kvalitu mouky pouze jednou hodnotou. [54]

Dalším ukazatelem, který se vyskytuje v některých literaturách je index mechanické odolnosti (MTI). MTI je rozdíl v FU mezi horním okrajem křivky v okamžiku maxima a po 5 minutách za maximem. Tento ukazatel však nenašel dalšího využití. [55]

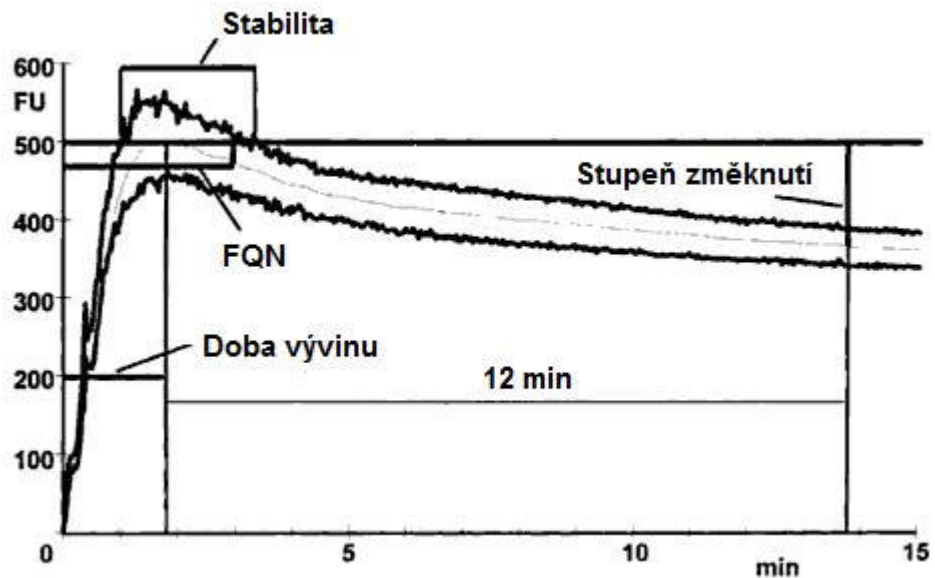
Pružnost a tažnost těsta je vyjádřena šířkou křivky. Čím je křivka širší, tím je těsto v daném okamžiku pružnější a tažnější. [15]

Rozdíl v farinogramech pro slabou a silnou mouku je ukázán na obrázcích 5 a 6. Kdy slabá mouka dosahuje rychleji maxima, má kratší dobu vývinu, ztrácí rychleji stabilitu

a stupeň změknutí je vysoký. Naopak silná mouka má delší dobu vývinu, křivka klesá pomaleji, proto si těsto drží déle stabilitu a stupeň změknutí je menší. Liší se i farinografické číslo kvality, kdy slabá mouka má FQN podstatně nižší než silná mouka.



Obr. 5: Farinogram pro silnou mouku [9]



Obr. 6: Farinogram pro slabou mouku [9]

7 EXTENZOGRAF

Extenzografická zkouška doplňuje informace získané při farinografickém měření. Sleduje strukturní vlastnosti těsta, tzn. měří rozsah, ve kterém může být dobře vyvinutý lepek v těstě deformován, napínán a trhán, a současně se stanovuje schopnost těsta zadržovat kvasné plyny. [15]

Extenzograf měří odpor a tažnost těsta během měření síly, která je potřebná k natažení těsta pomocí háku do doby, než se těsto přetrhne. Výsledky měření jsou užitečné v určování lepkové síly a zjišťování vlastností konečného výrobku. [52]

7.1 Popis přístroje

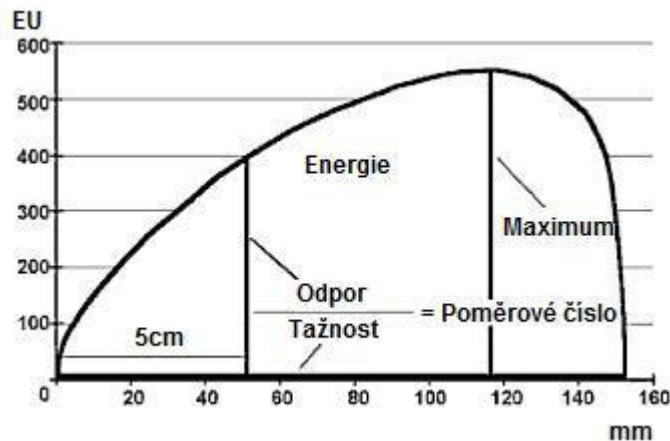


Obr. 7: Extenzograf [53]

Těsto pro extenzografickou zkoušku je připravováno na hnětače farinografu vyhnětením do konzistence 500 FU. Vyhnětené těsto se nejprve skuluje na skulovači, který je umístěn na extenzografu. Z kulatého klonku se vytvoří váleček potřebný pro měření na rozvalovacím zařízení (dva válce v sobě, kdy vnitřní se otáčí a vnější je pevný). Vzniklý váleček se umístí do podložního žlábků, ve kterém zůstává až do měření. Na žlábek se seshora nasadí kryt, který na obou krajích má několik zubů, jež zasahují do těsta. Žlábek

s těstem se ukládá do temperovaného prostoru extenzografu k odležení. Po uplynutí doby odležení se žlábek umístí na držáky. Rovnoměrným klesáním háku dochází k napínání volné části válečku těsta až dojde k jeho přetržení. [1]

7.2 Vyhodnocení extenzografické křivky



Obr. 8: Extenzogram [55]

Extenzografická tažnost je jednou z hlavních charakteristik extenzografického hodnocení. Je to délka pruhu těsta od počátku natahování až do okamžiku jeho přetržení, udává se v mm. Čím vyšší tažnost, tím je výsledné těsto povolnější a tažnější. Znamená to, že těsto vydrží velké prodloužení. Tím lze předpokládat, že při dostatečném vývinu kypřících plynů bude plyn udržován v těstě. Tak může být dosaženo velkého objemu pečiva. Vysoká tažnost však nezaručuje dostatečné klenutí výrobku a správné držení tvaru.

Extenzografický odpor zobrazuje protipůsobící sílu vznikající při tažení těsta. Udává se dvojím způsobem:

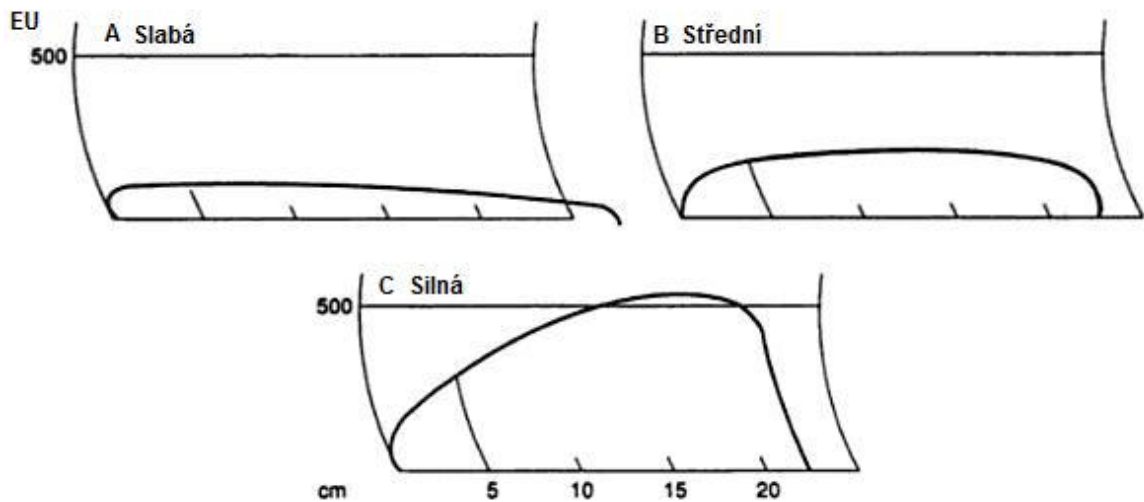
- Maximální odpor (R) tzn. maximální výška křivky,
- Odpor při konstantním prodloužení (R_{50}), který se odečítá při délce 50mm. R_{50} bývá častěji používán jako jedna z hlavních charakteristik.

Lze předpokládat, že čím vyšší odpor, tím je silnější a tužší lepek mouky, a tím pevnější a mechanicky odolnější je těsto.

Extenzografická energie (E) se udává v cm^2 a představuje plochu pod celou křivkou až do přetržení. Energie je považována za měřítko pekařské zpracovatelnosti a kvality těsta. Čím menší energie, tím je těsto méně odolné a méně stabilní při zpracování. Nízkou

hodnotu E mohou mít také mouky s tuhým a krátkým lepkem.

Poměrové číslo je poměr odpor/tažnost, kde odpor je buď maximální odpor, nebo odpor při konstantním prodloužení. Tato hodnota určuje kvalitu těsta. [1] Poměrové číslo je dobrý ukazatel rovnováhy mezi elastickými a viskózními složkami těsta. [25]



Obr. 9: Příklady extenzogramů pro různé typy mouk [56]

V případě slabé mouky zobrazené na obrázku A je těsto roztékavé. Struktura těsta je tak slabá, že výrobky nedosahují žádoucího objemu. Tato těsta poskytuje většinou mouka z poškozeného obilí.

Na obrázku B je zobrazeno těsto tažné, měkké ale ještě dosti pružné, při kynutí rozbíhavé. Struktura pečiva je špatná při přezrání a překynutí těsta.

Na obrázku C je zobrazeno těsto pružné a tažné. Toto těsto má optimální vlastnosti poskytující výrobky dobře nakypřené a objemné. [15]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je zjistit vliv definovaných hydrokoloidů na reologické a chemické vlastnosti pšeničného těsta.

V rámci reologických měření byl sledován vliv daných hydrokoloidů na viskoelastické vlastnosti pšeničného těsta. Byly vybrány následující přídatné látky: Jablečný pektin, Arabská guma.

Z pohledu chemické analýzy byl sledován vliv jednotlivých hydrokoloidů na změnu pH a sušiny.

Pro dosažení tohoto základního cíle jsou stanoveny tyto úkoly:

- Teoreticky popsat vliv hydrokoloidů na pšeničné těsto
- Vyrobít pšeničná těsta s použitím daných hydrokoloidů
- Provést chemické rozbory: pH, sušina
- Provést měření reologických vlastností pšeničných těst pomocí farinografu a extenzografu.

9 MATERIÁLY A METODIKA

9.1 Charakteristika surovin

Pro měření byly použity následující suroviny:

1. Pšeničná mouka hladká světlá T 530 s následujícími parametry

- Vlhkost 14,3 %
- Obsah mokrého lepku v sušině 31,3 %
- Gluten index 91
- Pádové číslo 424 s
- Vaznost vody 60,0 %

2. Hydrokoloidy

- Gum arabic from Acacia tree (Sigma aldrich, Steiheim, Německo)
- Pectin from apple (Sigma aldrich, Steiheim, Německo)

3. Redestilovaná voda

4. Chlorid sodný

9.2 Farinografické měření

Před vlastním farinografickým měřením je nutné stanovit vlhkost. Měření bylo provedeno pomocí normy ČSN ISO 5530-1. [57] Vlhkost mouky byla stanovena dle normy ČSN ISO 712. [58]

9.3 Extenzografické měření

Měření bylo prováděno dle normy ČSN ISO 5530-2. [59]

9.4 Chemická analýza těsta

9.4.1 Stanovení vlhkosti

Stanovení vlhkosti bylo provedeno dle normy ČSN 56 0116-3. [60]

9.4.2 Stanovení aktivní kyselosti

Aktivní kyselost byla stanovena pomocí pH-metru po každém farinografickém měření. Při extenzografickém měření bylo měření provedeno před uložením těsta do temperovaného prostoru extezografu. Měření bylo provedeno vpíchnutím skleněné elektrody při teplotě 22 ± 1 °C do těsta. Každý vzorek byl měřen třikrát a výsledek byl uveden jako průměr (\pm)

10 VÝSLEDKY A DISKUZE

Jednotlivá měření byla provedena pro 7 různých koncentrací pro každý hydrokoloid, arabskou gumu i pektin. Koncentrace byly voleny dle jejich vlivu na těsto.

V případě arabské gumy byly použity koncentrace ve větším rozsahu, protože rozdíly mezi kontrolním vzorkem a koncentrací 1 % (w/w) nebyly velké. Proto byly zvoleny koncentrace 0,2 % (w/w), 0,5 % (w/w), 1 % (w/w), 1,5 % (w/w), 2 % (w/w), 2,5 % (w/w) a 3 % (w/w).

U pektinu byl rozdíl mezi kontrolním vzorkem a koncentrací 1 % (w/w) významnější, proto byly u pektinu zvoleny koncentrace v nižším rozsahu. Byly zvoleny koncentrace 0,2 % (w/w), 0,3 % (w/w), 0,4 % (w/w), 0,5 % (w/w), 0,6 % (w/w), 0,7 % (w/w) a 1% (w/w).

10.1 Farinografické měření

Cílem farinografického měření bylo stanovit vliv arabské gumy a pektinu na reologické vlastnosti těsta. Během měření byly výsledky zaznamenávány a vyhodnoceny pomocí počítačového programu Brabender® Farinograph (Brabender® GmbH & Co, Duisburg, Německo). Vizuelní porovnání křivek bylo dodatečně provedeno v programu Farinograph Data Correlation (Brabender® GmbH & Co, Duisburg, Německo).

10.1.1 Výsledky měření těsta s přidavkem arabské gumy a pektinu

V následujících tabulkách jsou zobrazeny hodnoty jednotlivých farinografických ukazatelů, jako je vaznost, doba vývinu, stabilita, stupeň změknutí a farinografické číslo kvality. Při měření jsou odčítány dva stupně změknutí, v tabulce uvedeny jako stupeň změknutí (10 min), který je měřen 10 minut od začátku měření. Stupeň změknutí (12 min) je měřen 12 minut po dosažení maxima.

Každý vzorek byl měřen dvakrát až třikrát a výsledek je uveden jako průměr \pm směrodatná odchylka.

Tab. 3: Hodnoty farinografického měření kontrolního vzorku a vzorku s přidavkem arabské gumy

| Farinografický ukazatel | K. vzorek | Arabská guma [% (w/w)] | | | | | | |
|-------------------------------|--------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 0,2 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 |
| Vaznost [%] | 60,0 ± 0,1 | 59,7 ± 0,1 | 59,3 ± 0,3 | 58,9 ± 0,1 | 57,9 ± 0,1 | 57,4 ± 0,1 | 57,5 ± 0,1 | 57,3 ± 0,1 |
| Doba vývinu [min] | 3,5 ± 0,4 | 4,8 ± 2,2 | 6,0 ± 0,0 | 7,2 ± 0,9 | 8,4 ± 0,6 | 8,9 ± 0,5 | 9,5 ± 0,4 | 8,5 ± 0,0 |
| Stabilita [min] | 12,3 ± 0,0 | 14,6 ± 3,9 | 9,2 ± 0,2 | 13,2 ± 0,5 | 14,5 ± 1,6 | 14,9 ± 0,1 | 14,8 ± 0,8 | 15,0 ± 0,6 |
| Stupeň změknutí (10 min) [FU] | 21 ± 2 | 18 ± 6 | 10 ± 1 | 10 ± 6 | 8 ± 1 | 5 ± 1 | 3 ± 2 | 4 ± 2 |
| Stupeň změknutí (12 min) [FU] | 30 ± 4 | 31 ± 5 | 32 ± 1 | 35 ± 6 | 41 ± 7 | 42 ± 1 | 46 ± 4 | 45 ± 1 |
| Farinografické číslo kvality | 159 ± 13 | 142 ± 52 | 148 ± 14 | 148 ± 7 | 168 ± 14 | 168 ± 4 | 171 ± 1 | 171 ± 6 |

Vaznost vody se snižovala se zvyšující se koncentrací arabské gumy. Největší snížení bylo zaznamenáno mezi koncentracemi 1 % (w/w) a 1,5 % (w/w), kdy vaznost poklesla o 1 % (w/w). Od koncentrace 2 % (w/w) se pokles ustálil a k výraznému snížení už nedošlo. Rozdíl mezi vaznostmi kontrolního vzorku a nejvyšší koncentrací byl 2,7 %.

Doba vývinu se oproti kontrolnímu vzorku zvýšila. Postupně se zvyšovala až do koncentrace 2,5 % (w/w). Zvyšující doba vývinu znamená, že těsto s přidavkem arabské gumy potřebuje delší dobu relaxace (těsto je tužší).

Těsta s přidavky arabské gumy se téměř ve všech koncentracích oproti kontrolnímu stala stabilnějšími. Čím vyšší stabilita, tím víc je těsto mechanicky odolnější.

Stupeň změknutí měřený 10 minut od začátku měření se zvyšující koncentrací snižoval. Což bylo způsobeno zvyšující se dobou vývinu, protože tento stupeň se odečítá jako rozdíl mezi hodnotou konzistence v maximu a hodnotou konzistence v době 10 minut. Čím více se doba vývinu blíží k 10 minutám, tím kratší dobu docházelo k poklesu křivky. Proto bylo nejpomalejší změknutí pozorováno u koncentrace 2,5 % (w/w), kdy doba vývinu byla 9,5 minuty.

Stupeň změknutí měřený 12 minut po dosažení maxima naopak se zvyšující se koncentrací arabské gumy stoupal. Toto zvýšení bylo při nízkých koncentracích téměř zanedbatelné. Rozdíl byl patrný až při koncentraci 1,5 % (w/w) a vyšší.

Dle farinografického čísla kvality došlo k zlepšení kvality těst až při koncentraci 1,5 % (w/w), kdy se hodnota FQN oproti kontrolnímu vzorku zvýšila. FQN určuje kvalitu těsta, což má také dopad na kvalitu konečného pečárenského výrobku.

Při měření byla zjištěna zvýšená lepivost těsta. Lepivost se zvyšovala lineárně s přidavkem arabské gumy. Lepivost mohla být způsobena přítomností galaktózy v arabské gumě, která nepatrně zvyšuje obsah jednoduchých cukrů.

Tab. 4: Hodnoty farinografického měření kontrolního vzorku a vzorku s přidavkem pektinu

| Farinografický ukazatel | K. vzorek | Pektin [% (w/w)] | | | | | | |
|-------------------------------|--------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 1 |
| Vaznost [%] | 60,0 ± 0,1 | 60,6 ± 0,2 | 60,9 ± 0,0 | 61,4 ± 0,1 | 61,9 ± 0,1 | 62,1 ± 0,1 | 63,0 ± 0,1 | 64,4 ± 0,1 |
| Doba vývinu [min] | 3,5 ± 0,4 | 4,9 ± 2,3 | 5,3 ± 0,1 | 4,7 ± 1,0 | 5,4 ± 0,0 | 11 ± 3,8 | 11,2 ± 2,6 | 11,2 ± 0,2 |
| Stabilita [min] | 12,3 ± 0,0 | 13,5 ± 0,1 | 12 ± 2,0 | 12,2 ± 2,4 | 13,8 ± 0,4 | 12,5 ± 0,2 | 11,3 ± 0,1 | 6,8 ± 0,9 |
| Stupeň změknutí (10 min) [FU] | 21 ± 2 | 15 ± 1 | 11 ± 3 | 12 ± 1 | 7 ± 2 | 7 ± 1 | 3 ± 1 | 4 ± 0 |
| Stupeň změknutí (12 min) [FU] | 30 ± 4 | 26 ± 3 | 17 ± 4 | 13 ± 1 | 14 ± 1 | 70 ± 21 | 85 ± 25 | 102 ± 4 |
| Farinografické číslo kvality | 159 ± 13 | 186 ± 17 | 200 ± 1 | 200 ± 0 | 191 ± 6 | 179 ± 6 | 179 ± 8 | 149 ± 0 |

S přidavkem pektinu se vaznost vody v těstě zvyšovala. Rozdíl mezi kontrolním vzorkem a nejvyšší koncentrací (1 % (w/w)) byl 4,4 %. Se zvyšující se vazností rostla úměrně i lepivost těsta, která zhoršuje manipulaci s těstem.

Doba vývinu se u těst s přidavkem pektinu zvyšovala. Při nejvyšších koncentracích dosáhla doba vývinu hodnot kolem 11 minut. Obecně je dané, že se zvyšující hodnotou doby vývinu roste síla těsta. V tomto případě došlo při nejvyšších koncentracích (0,6 % (w/w), 0,7 % (w/w) a 1 % (w/w)) se zvyšující se lepivostí těsta ke ztrátě požadovaných vlastností těsta. Těsto se stávalo méně mechanicky odolnější, snižovala se stabilita těsta a těsto velmi rychle měklo.

Stabilita u některých koncentrací (0,3 % (w/w), 0,4 % (w/w) a 0,6 % (w/w)) byla s kontrolním vzorkem srovnatelná. U vzorků s přidavkem pektinu o koncentraci 0,7 % (w/w) a 1 % (w/w) byla pozorována zvýšená lepivost těsta, a tím se významně snížila jeho kvalita.

Stupeň změknutí měřený po 10 minutách od začátku se se zvyšující koncentrací snižoval. I v tomto případě to bylo způsobeno zvýšenou dobou vývinu.

Stupeň změknutí měřený 12 minut po dosažení maxima se do koncentrace 0,5 % (w/w) snižoval. Těsta do této koncentrace vykazovala zlepšené vlastnosti. Těsta byla více mechanicky odolnější, byla stabilnější a nevykazovala takovou lepivost jako těsta s vyšším přidavkem pektinu. Při dalších koncentracích se stupeň změknutí výrazně zvýšil, při nejvyšší koncentraci dosahoval hodnoty 102 FU. Z těchto hodnot vyplývá, že při přidavku koncentrací 0,6 % (w/w), 0,7 % (w/w) a 1 % (w/w) docházelo naopak ke zhoršení kvality těsta. Těsta rychle měkla, stávala se málo odolná vůči mechanickému zpracování, proto jsou přídatky pektinu v těchto koncentracích nevhodné.

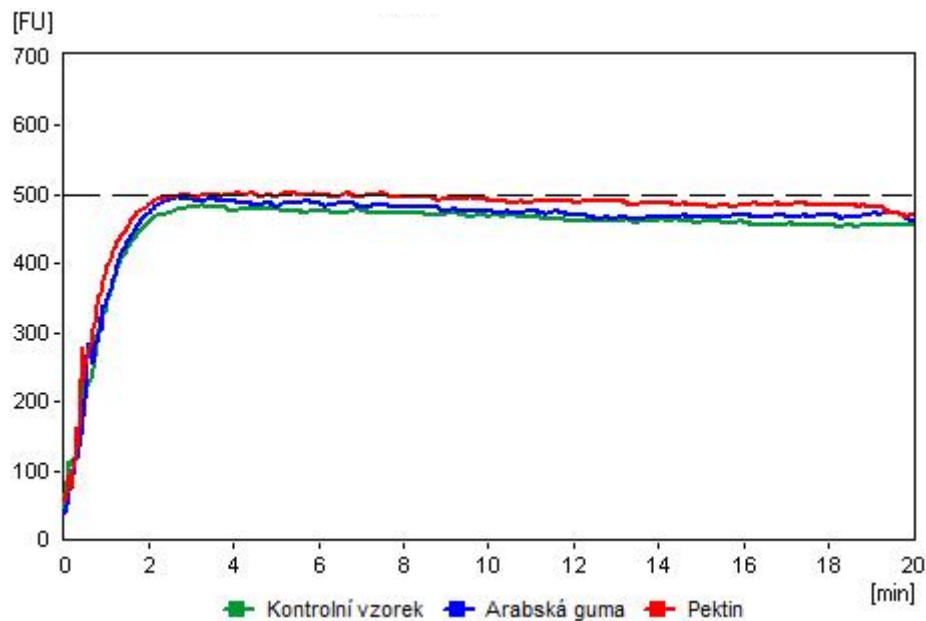
Farinografické číslo kvality nepřímo souvisí se stupněm změknutí. To je způsobeno tím, že FQN udává délku na časové ose od počátku měření do poklesu křivky o 30 FU od dosažení maxima. Tím že docházelo k rychlému měknutí (viz stupeň změknutí (12 min.)), docházelo k rychlému poklesu křivky, a tím došlo i k rychlejšímu poklesu o 30 FU. Což vede k nižší hodnotě FQN v případě vyššího stupně změknutí. Farinografické číslo kvality se zvyšovalo do koncentrace 0,5 % (w/w). Od koncentrace 0,6 % (w/w) se FQN se zvyšující koncentrací snižovalo až na hodnotu 149, které bylo dosaženo přidavkem 1 % (w/w). Tato hodnota byla nižší oproti kontrolnímu vzorku, tím

lze říci, že se kvalita těsta s přidavkem 1 % (w/w) zhoršila. I FQN ukázalo, že přidavek pektinu zlepšuje vlastnosti pouze do koncentrace 0,5 % (w/w). U ostatních koncentrací se projevovaly již zmíněné nevhodné vlastnosti (lepivost, snížená stabilita, rychlé měknutí)

Zlepšení reologických vlastností těst se projevovalo do koncentrace 0,5 % (w/w), kdy byla doba vývinu optimální, stabilita a FQN měla stoupající charakter, stupeň změknutí (12 min po dosažení maxima) měl naopak klesající trend. I v těchto koncentracích se však mírně zvyšovala lepivost těsta. U vyšších koncentrací docházelo k poklesu kvality těst. Od koncentrace 0,6 % (w/w) došlo k zvýšení stupně změknutí (12 min po dosažení maxima) a doby vývinu. Vyšší přidavek pektinu vyžadoval delší dobu vývinu pro dosažení maximální konzistence, kdy docházelo k navázání pektinu na jednotlivé složky těsta, těsto však poté ztrácelo rychle stabilitu a rychle měklo. Od těchto koncentrací mělo FQN klesající charakter.

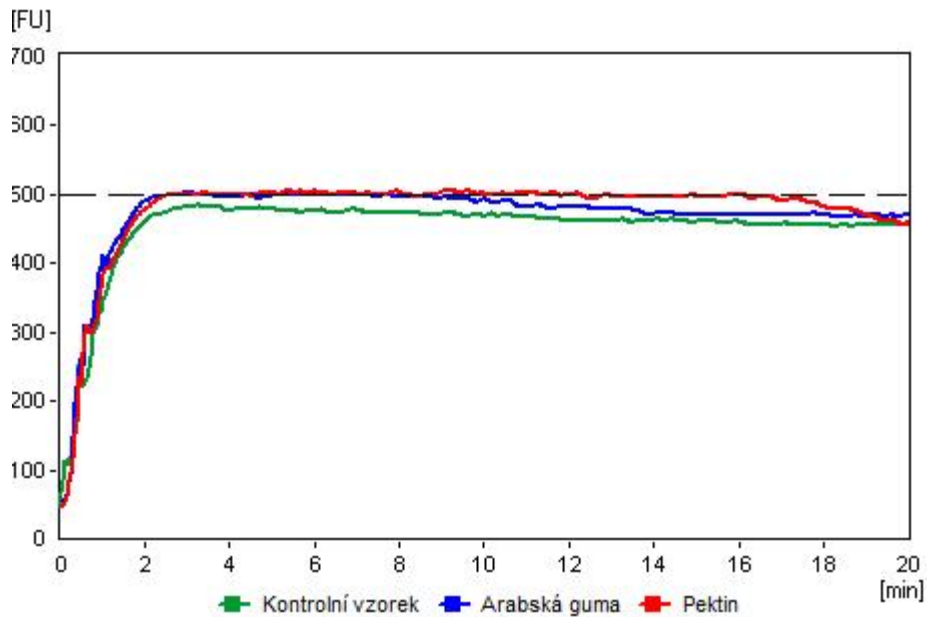
10.1.2 Grafické porovnání přídavku hydrokoloidů a kontrolního vzorku

Na následujících grafech jsou zobrazeny stejné koncentrace arabské gumy a pektinu ve srovnání s kontrolním vzorkem. Vzhledem k možnosti měřit těsta s přídavky pektinu pouze do 1 % (w/w), byly porovnány pouze přídavky hydrokoloidů v koncentracích 0,2 % (w/w), 0,5 % (w/w) a 1 % (w/w).



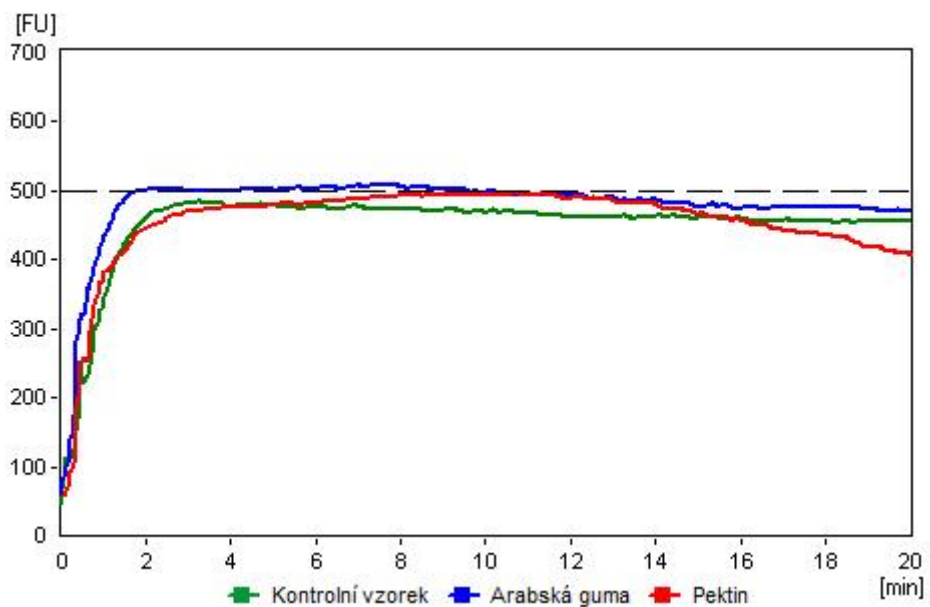
Obr. 10: Průběh farinografického měření přídavku 0,2 % (w/w) uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem

Z obrázku 10 je patrné, že křivky s 0,2 % (w/w) přídavkem arabské gumy i pektinu jsou téměř shodné s křivkou kontrolního vzorku. U vzorků s přídavky hydrokoloidů je patrná delší doba vývinu a vyšší stabilita oproti kontrolnímu vzorku. (tab. 3 a tab. 4)



Obr. 11: Průběh farinografického měření přidavku 0,5 % (w/w) uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem

Na obrázku 11 lze vidět, že průběh křivek s přidavkem 0,5 % (w/w) arabské gummy a 0,5 % (w/w) pektinu je do 8. minuty téměř totožný. Poté křivka vzorku s přidavkem arabské gummy začíná mírně klesat. Výsledkem tohoto poklesu je nižší stabilita a rychlejší měknutí po 12 minutách oproti vzorku s pektinem i kontrolním vzorkem (tab. 3 a tab. 4)



Obr. 12: Průběh farinografického měření přidavku 1 % uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem

Na obrázku 12 lze vidět největší rozdíl mezi vzorky s 1 % (w/w) arabské gumy a pektinu. Je patrné, že křivka těsta s 1 % (w/w) přídavkem pektinu má delší dobu vývinu a po dosažení maxima dochází k rychlému poklesu. Od toho se odvíjí malá stabilita těst a vysoký stupeň změknutí. U křivky těsta s 1 % přídavkem arabské gumy je vidět rychlý vzestup křivky. V okolí hodnoty 500 FU se křivka drží několik minut, poté dochází k mírnému poklesu. Tento průběh křivky dokazuje vyšší stabilita těsta a nízký stupeň změknutí (12 min). (tab. 3 a tab. 4)

10.2 Extenzografické měření

Cílem extenzografického měření bylo stanovit vliv arabské gumy a pektinu na reologické vlastnosti těsta. Během měření byly výsledky zaznamenávány a vyhodnoceny pomocí počítačového programu Brabender® Extensograph (Brabender® GmbH & Co, Duisburg, Německo). Vizuální porovnání křivek bylo dodatečně provedeno v programu Extensograph Data Correlation (Brabender® GmbH & Co, Duisburg, Německo).

Při extenzografickém měření vyšších koncentrací (0,6 % (w/w), 0,7 % (w/w) a 1 % (w/w) u pektinu a 3 % (w/w) u arabské gumy) způsobovala problémy v měření lepidlost těsta, kdy se špatně tvořil váleček těsta (těsto se lepilo na rozvalovač a docházelo k mírným ztrátám těsta). U přídatku 1 % pektinu nebylo možné vytvarovat váleček pomocí rozvalovače. Váleček byl z tohoto důvodu vytvarován ručně. Proto jsou výsledky u 1 % (w/w) přídatku pektinu částečně zkreslené (váleček byl nepravidelný a došlo k většímu kontaktu těsta s rukami).

10.2.1 Výsledky měření těsta s přídatkem arabské gumy a pektinu

V následujících tabulkách jsou zobrazeny hodnoty jednotlivých extenzografických ukazatelů, jako je energie, odpor, tažnost maximum, poměrové číslo. Během měření jsou odčítána dvě poměrová čísla: poměrové číslo, které udává poměr mezi odporem a energií; poměrové číslo (max) udává poměr mezi maximem a energií.

Každý vzorek byl měřen dvakrát a výsledek je uveden jako průměr \pm směrodatná odchylka.

Tab. 5: Hodnoty extenzografického měření kontrolního vzorku a vzorku s přidavkem arabské gumy

| Ukazatel | Doba odležení | K. vzorek | Arabská guma [% (w/w)] | | | | | | |
|----------------------------|---------------|-----------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | 0,2 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 |
| Energie [cm ²] | 45 | 129 ± 19 | 119 ± 3 | 119 ± 3 | 119 ± 10 | 122 ± 7 | 108 ± 16 | 104 ± 6 | 93 ± 19 |
| | 90 | 150 ± 1 | 142 ± 3 | 147 ± 3 | 159 ± 19 | 154 ± 21 | 154 ± 16 | 148 ± 13 | 136 ± 29 |
| | 135 | 144 ± 5 | 142 ± 0 | 145 ± 27 | 127 ± 9 | 132 ± 3 | 140 ± 12 | 140 ± 9 | 137 ± 12 |
| Odpor [EU] | 45 | 411 ± 4 | 412 ± 11 | 399 ± 8 | 392 ± 9 | 416 ± 27 | 414 ± 76 | 364 ± 1 | 328 ± 42 |
| | 90 | 656 ± 4 | 619 ± 16 | 627 ± 54 | 646 ± 31 | 668 ± 4 | 700 ± 55 | 574 ± 22 | 596 ± 49 |
| | 135 | 655 ± 37 | 683 ± 26 | 696 ± 6 | 653 ± 59 | 612 ± 21 | 702 ± 40 | 706 ± 33 | 668 ± 47 |
| Tažnost [mm] | 45 | 165 ± 19 | 155 ± 5 | 157 ± 5 | 159 ± 4 | 158 ± 6 | 143 ± 3 | 156 ± 4 | 151 ± 8 |
| | 90 | 137 ± 3 | 134 ± 0 | 141 ± 10 | 144 ± 16 | 136 ± 9 | 135 ± 3 | 154 ± 9 | 138 ± 12 |
| | 135 | 131 ± 6 | 129 ± 4 | 132 ± 18 | 125 ± 16 | 135 ± 21 | 127 ± 11 | 129 ± 12 | 134 ± 7 |
| Maximum [EU] | 45 | 583 ± 16 | 566 ± 7 | 574 ± 1 | 568 ± 37 | 589 ± 19 | 584 ± 29 | 492 ± 25 | 450 ± 69 |
| | 90 | 875 ± 33 | 835 ± 30 | 825 ± 51 | 874 ± 20 | 887 ± 53 | 902 ± 78 | 753 ± 31 | 761 ± 55 |
| | 135 | 865 ± 51 | 878 ± 28 | 862 ± 44 | 841 ± 63 | 772 ± 18 | 876 ± 0 | 869 ± 29 | 799 ± 35 |
| Poměrové číslo | 45 | 2,5 ± 0,3 | 2,7 ± 0,1 | 2,6 ± 0,1 | 2,5 ± 0,0 | 2,7 ± 0,3 | 2,9 ± 0,6 | 2,4 ± 0,1 | 2,2 ± 0,1 |
| | 90 | 4,8 ± 0,1 | 4,6 ± 0,1 | 4,5 ± 0,7 | 4,6 ± 0,8 | 4,9 ± 0,4 | 5,2 ± 0,3 | 3,8 ± 0,1 | 4,3 ± 0,0 |
| | 135 | 5,1 ± 0,5 | 5,4 ± 0,4 | 5,3 ± 0,7 | 5,3 ± 1,1 | 4,7 ± 2,5 | 5,6 ± 0,8 | 5,6 ± 0,8 | 5,0 ± 0,1 |
| Poměrové číslo (max) | 45 | 3,6 ± 0,4 | 3,7 ± 0,2 | 3,7 ± 0,1 | 3,6 ± 0,1 | 3,7 ± 0,1 | 4,1 ± 1,0 | 3,2 ± 0,1 | 3,0 ± 0,3 |
| | 90 | 6,4 ± 0,4 | 6,3 ± 0,2 | 5,9 ± 0,8 | 6,1 ± 0,6 | 6,5 ± 0,1 | 6,7 ± 0,5 | 5,0 ± 0,1 | 5,6 ± 0,4 |
| | 135 | 6,7 ± 1,1 | 6,8 ± 0,4 | 6,6 ± 0,6 | 6,9 ± 1,3 | 5,9 ± 2,4 | 7,0 ± 0,6 | 6,8 ± 0,8 | 6,0 ± 0,1 |

Energie je požadována jako měřítko pro pekařskou zpracovatelnost těsta. Ve všech měřeních (doba odležení 45, 90 a 135 minut) došlo v nejnižších koncentracích k poklesu energie. V případě odležení 45 minut došlo k poklesu energie u všech koncentracích oproti kontrolnímu vzorku. Se zvyšující se koncentrací arabské gummy v těstě docházelo k lineárnímu poklesu téměř u všech hodnot. Po 90 a 135 minutovém odležení byl zaznamenán pokles téměř ve všech měřených koncentracích.

Čím vyšší tažnost, tím je vzniklé těsto tažnější a povolnější. Při odležení 45 minut došlo oproti kontrolnímu vzorku k poklesu. Během odležení 90 a 135 minut nebyl zaznamenán výraznější rozdíl ve změně tažnosti téměř u všech koncentrací oproti kontrolnímu vzorku. Z celkového hlediska, nemá arabská guma výrazný vliv na tažnost těsta.

Odpor udává sílu lepku, tedy čím vyšší odpor, tím tužší lepek a tím je vzniklé těsto pevnější a mechanicky odolnější. V případě extenzografického odporu jsou výsledky dosti rozdílné. Při odležení 45 a 90 minut měly téměř všechny hodnoty klesající trend ve srovnání s kontrolním vzorkem. Naopak v případě 135 minutového odležení došlo téměř u všech koncentrací arabské gummy ke zvýšení extenzografického odporu oproti kontrolnímu vzorku. Změna trendu během odležení může být způsobena působením arabské gummy během delší doby odležení, kdy se mohou tvořit vazby, (vodíkové, disulfidické) mezi arabskou gumou a bílkovinami. Ty způsobí zesílení lepku, a tím zvýšení odporu.

Z hlediska všech tří měření (odležení po 45, 90 a 135 minutách) došlo ke zlepšení vlastností těsta při koncentraci 2 % (w/w), kdy odpor vykazoval vyšší hodnoty oproti kontrolnímu vzorku. Tím lze říci, že těsto v této koncentraci vykazuje větší mechanickou odolnost.

Maximum je nejvyšší výška křivky. Určuje stejně jako odpor sílu lepku. V případě 45 minutového odležení docházelo se zvyšující se koncentrací arabské gummy k poklesu oproti kontrolnímu vzorku téměř u všech koncentrací. Výrazný pokles nastal při nejvyšších koncentracích (2,5 % (w/w) a 3 % (w/w)). Při 90 minutovém odležení byl zaznamenán téměř stejný trend jako při 45 minutovém odležení. Při odležení 135 minut došlo k poklesu téměř u všech koncentrací oproti kontrolnímu vzorku. Z klesajícího trendu se vychyluje přísávek 2 % (w/w).

Poměrové číslo ukazuje poměr mezi odporem a tažností. Poměrové číslo (max)

ukazuje poměr mezi maximem a tažností. Po 45 minutovém odležení zůstávají obě poměrová čísla téměř srovnatelné s poměrovým číslem kontrolního vzorku. Při odležení 90 minut dochází ke snížení poměrových čísel téměř ve všech koncentracích ve srovnání s kontrolním vzorkem. Po odležení 135 minut došlo téměř ve všech koncentracích k mírnému zvýšení poměrových čísel, protože v tomto odležení došlo i ke zvýšení odporu, ze kterého se je poměrové číslo počítáno.

Tab. 6: Hodnoty extenzografického měření kontrolního vzorku a vzorku s přidavkem pektinu

| Ukazatel | Doba odležení | K. vzorek | Pektin [% (w/w)] | | | | | | |
|----------------------------|---------------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 1 |
| Energie [cm ²] | 45 | 129 ± 19 | 105 ± 1 | 120 ± 18 | 126 ± 1 | 106 ± 5 | 110 ± 4 | 100 ± 1 | 90 ± 30 |
| | 90 | 150 ± 1 | 138 ± 4 | 150 ± 5 | 138 ± 8 | 131 ± 8 | 132 ± 3 | 127 ± 2 | 100 ± 19 |
| | 135 | 144 ± 5 | 132 ± 7 | 136 ± 6 | 114 ± 1 | 129 ± 21 | 121 ± 6 | 116 ± 2 | 102 ± 15 |
| Odpor [EU] | 45 | 411 ± 4 | 354 ± 8 | 381 ± 62 | 386 ± 30 | 340 ± 83 | 389 ± 69 | 359 ± 45 | 326 ± 49 |
| | 90 | 656 ± 4 | 571 ± 21 | 627 ± 90 | 570 ± 62 | 564 ± 95 | 580 ± 83 | 601 ± 50 | 452 ± 90 |
| | 135 | 655 ± 37 | 627 ± 8 | 634 ± 62 | 509 ± 71 | 614 ± 99 | 635 ± 99 | 621 ± 62 | 423 ± 66 |
| Tažnost [mm] | 45 | 165 ± 19 | 156 ± 4 | 165 ± 1 | 170 ± 8 | 163 ± 17 | 157 ± 8 | 158 ± 19 | 155 ± 16 |
| | 90 | 137 ± 3 | 138 ± 1 | 141 ± 8 | 140 ± 4 | 139 ± 31 | 142 ± 23 | 138 ± 11 | 147 ± 6 |
| | 135 | 131 ± 6 | 134 ± 7 | 135 ± 20 | 122 ± 9 | 135 ± 16 | 127 ± 17 | 128 ± 11 | 160 ± 16 |
| Maximum [EU] | 45 | 583 ± 16 | 508 ± 4 | 556 ± 81 | 553 ± 40 | 489 ± 78 | 521 ± 40 | 472 ± 58 | 410 ± 68 |
| | 90 | 875 ± 33 | 792 ± 34 | 870 ± 50 | 779 ± 81 | 771 ± 85 | 746 ± 80 | 754 ± 60 | 493 ± 95 |
| | 135 | 865 ± 51 | 788 ± 2 | 857 ± 67 | 767 ± 70 | 782 ± 99 | 774 ± 89 | 745 ± 54 | 469 ± 40 |
| Poměrové číslo | 45 | 2,5 ± 0,3 | 2,3 ± 0,1 | 2,3 ± 0,4 | 2,3 ± 0,3 | 2,1 ± 0,7 | 2,5 ± 0,6 | 2,3 ± 0,6 | 2,1 ± 0,1 |
| | 90 | 4,8 ± 0,1 | 4,2 ± 0,2 | 4,5 ± 0,9 | 4,1 ± 0,6 | 4,3 ± 1,2 | 4,3 ± 1,0 | 4,4 ± 0,7 | 3,1 ± 0,5 |
| | 135 | 5,1 ± 0,5 | 4,7 ± 0,2 | 4,8 ± 1,6 | 5,1 ± 0,9 | 4,7 ± 1,1 | 5,1 ± 1,2 | 4,9 ± 1,3 | 2,6 ± 0,1 |
| Poměrové číslo (max) | 45 | 3,6 ± 0,4 | 3,3 ± 0,1 | 3,4 ± 0,5 | 3,3 ± 0,4 | 3,1 ± 0,8 | 3,3 ± 0,4 | 3,1 ± 0,8 | 2,6 ± 0,6 |
| | 90 | 6,4 ± 0,4 | 5,7 ± 0,3 | 6,3 ± 1,1 | 5,6 ± 0,7 | 5,8 ± 1,2 | 5,5 ± 1,0 | 5,5 ± 0,8 | 3,4 ± 0,5 |
| | 135 | 6,7 ± 1,1 | 5,9 ± 0,3 | 6,5 ± 1,0 | 6,4 ± 1,1 | 6,0 ± 1,3 | 6,3 ± 1,1 | 5,9 ± 1,3 | 3,0 ± 0,1 |

Při přidavku pektinu do těsta nedošlo ke zvýšení energie. Po 45, 90 a 135 minutovém odležení došlo k poklesu energie ve všech měřených koncentracích oproti kontrolnímu vzorku.

V případě tažnosti došlo v některých koncentracích k žádoucímu zvýšení oproti kontrolnímu vzorku. V případě odležení 45 minut se hodnoty pohybovaly téměř na srovnatelné úrovni jako tažnost kontrolního vzorku. Po 90 minutovém odležení došlo ke zvýšení ve všech koncentracích. Nejlepších výsledků dosahovaly koncentrace 0,3 % (w/w), 0,4 % (w/w) a 0,5 % (w/w), kdy bylo zaznamenáno nejvýraznější zvýšení tažnosti. Při vyšších koncentracích, došlo ke zvýšení tažnosti, ale vzhledem ke zvýšené lepivosti, tyto koncentrace nejsou žádoucí. Po 135 minutovém odležení došlo ke zvýšení tažnosti téměř ve všech koncentracích.

Během měření odporu došlo k poklesu oproti kontrolnímu vzorku ve všech třech odleženích (45, 90 a 135 minut). Vzhledem k tomu, že odpor udává mechanickou odolnost těsta, lze říci, že přídavek pektinu tuto odolnost snižuje. To může mít za následek nedostatečné nakynutí těsta, které vede k malému objemu pečiva. Malý objem pečiva je však u některých pekárenských výrobků žádoucí (pizza, tortilla, pita).

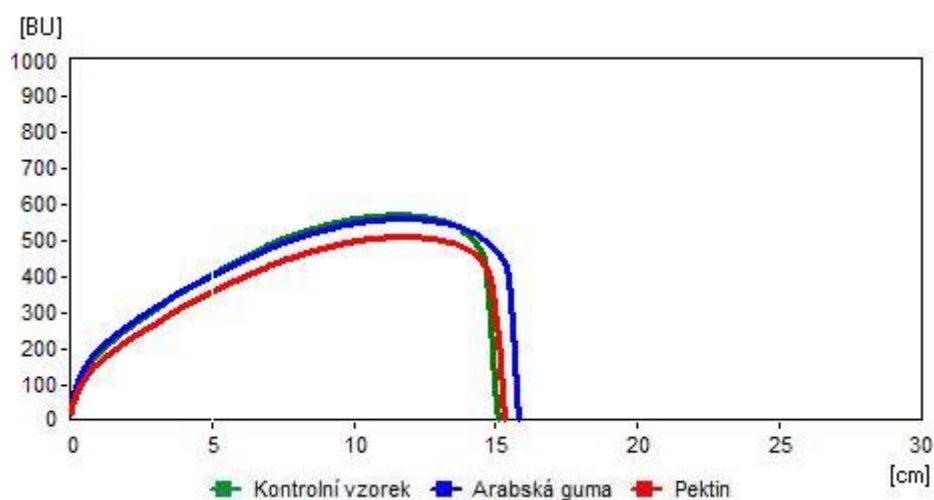
Hodnoty maxima vykazovaly oproti kontrolnímu vzorku pokles ve všech odleženích (45, 90 a 135 minut). V případě hodnot maxima platí stejné následky jako při poklesu hodnot extenzografického odporu. Těsto s přidavkem pektinu se stává v závislosti na koncentraci pektinu méně mechanicky odolné a výsledný pekárenský výrobek může vykazovat nižší objem.

Po 45 minutovém odležení došlo ke snížení obou poměrových čísel. Stejný trend vykazovalo i 90 a 135 minutové odležení pro obě poměrová čísla

10.2.2 Grafické porovnání přídavku hydrokoloidů a kontrolního vzorku

Na následujících grafech jsou porovnány shodné koncentrace arabské gumy a pektinu s kontrolním vzorkem. V grafech jsou porovnány koncentrace 0,2 % (w/w), 0,5 % (w/w) a 1 % (w/w). Porovnání bylo provedeno po 45 a 90 minutovém odležení. Odležení po 135 minutách není uváděno, protože v praxi dochází k rychlému zpracování a v době kdy uplyne odležení 135 je těsto již zpracováno. Proto není nutné tyto grafy uvádět.

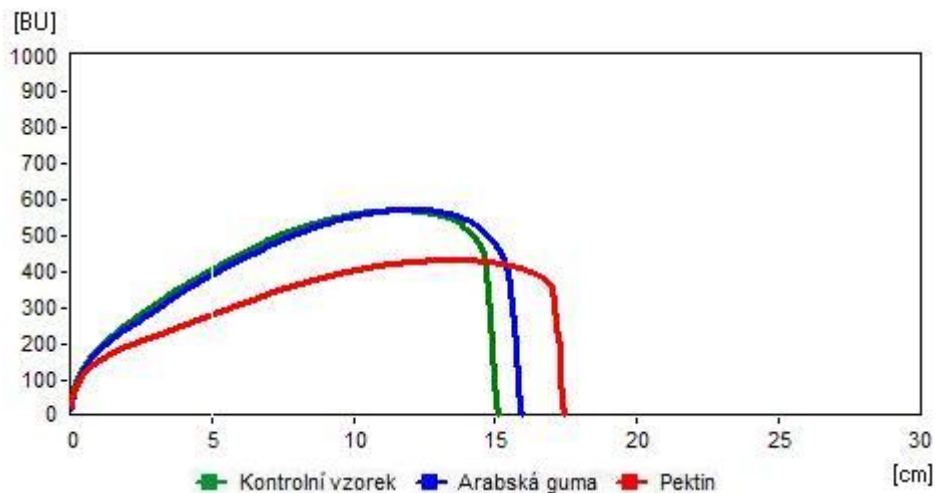
10.2.2.1 Grafické porovnání po 45 min odležení



Obr. 13: Průběh extenzografického měření při 45 minutovém odležení za přídavku 0,2 % (w/w) uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem

Z obrázku 13 je patrné, že těsto s přídavkem pektinu má nejnižší hodnotu maxima, která udává sílu v bodu přetržení. Těsto s přídavkem arabské gumy se pohybuje téměř ve srovnatelné výšce jako kontrolní vzorek. Tím lze říci, že přídavek pektinu způsobuje zeslabení lepku, protože se zvyšujícím odporem roste i síla lepku. (tab. 5 a tab. 6)

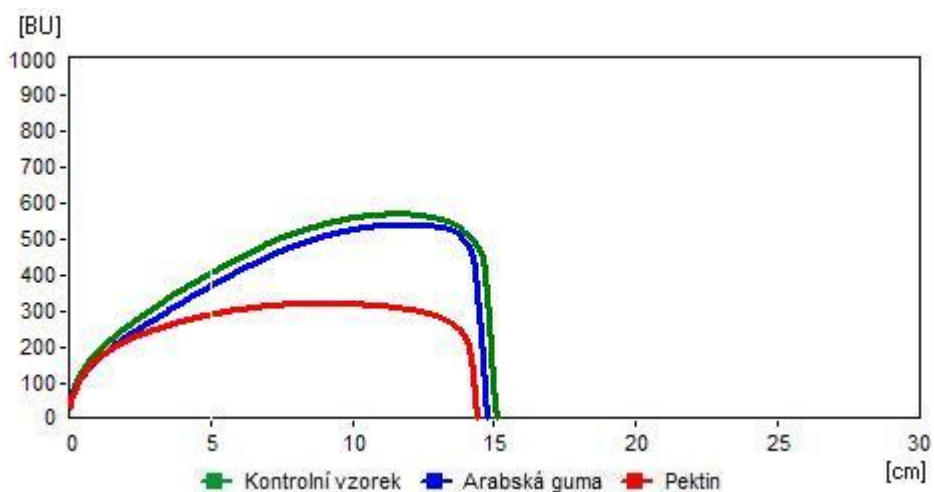
Tažnost u těsta s přídavkem pektinu byla téměř srovnatelná s kontrolním vzorkem. (tab. 6)



Obr. 14: Průběh extenzografického měření při 45 minutovém odležení za přídavku 0,5 % (w/w) uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem

Na obrázku 14 lze vidět největší rozdíl v tažnosti u těsta s přídavkem pektinu. Tažnost se u tohoto vzorku výrazně zvětšila, oproti tomu maximum výrazně kleslo. Lze tedy říct, že těsto s 0,5 % (w/w) přídavkem pektinu je výrazně tažnější oproti kontrolnímu vzorku, ale na jeho přetržení stačí menší síla, než u kontrolního vzorku. (tab. 5 a tab. 6)

U těsta s přídavkem 0,5 % (w/w) arabské gummy nenastala výraznější změna oproti těstu s přídavkem 0,2 % (w/w) arabské gummy. (obrázek 13, tab. 5 a tab. 6)

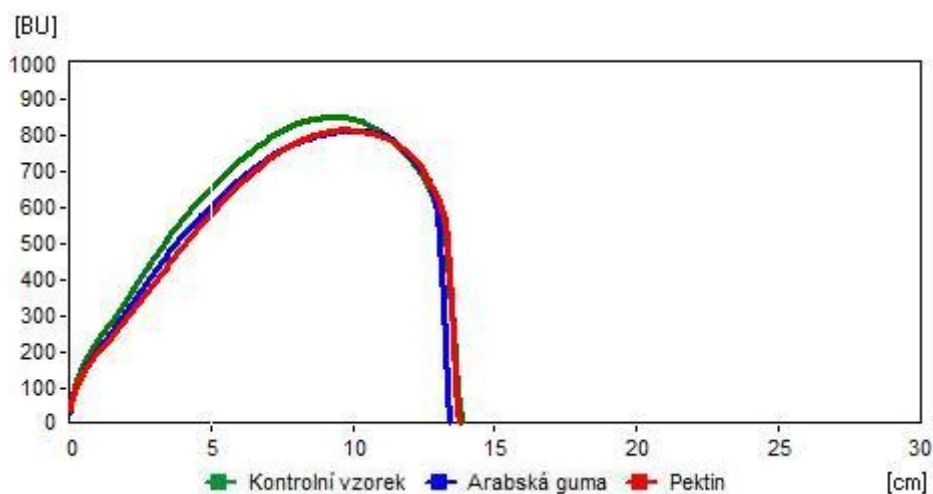


Obr. 15: Průběh extenzografického měření při 45 minutovém odležení za přídavku 1 % uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem

Jak už bylo zmíněno výše, u pektinu s koncentrací 1 % (w/w) musel být váleček těsta vyválen ručně díky jeho vysoké lepivosti. Křivka těsta s přidavkem pektinu vykazuje velmi nízký odpor a malou tažnost. Z toho lze usoudit, že těsto s takto vysokým přidavkem pektinu (1 % (w/w)) ztrácí tažné vlastnosti a sílu lepku. (tab. 5 a tab. 6)

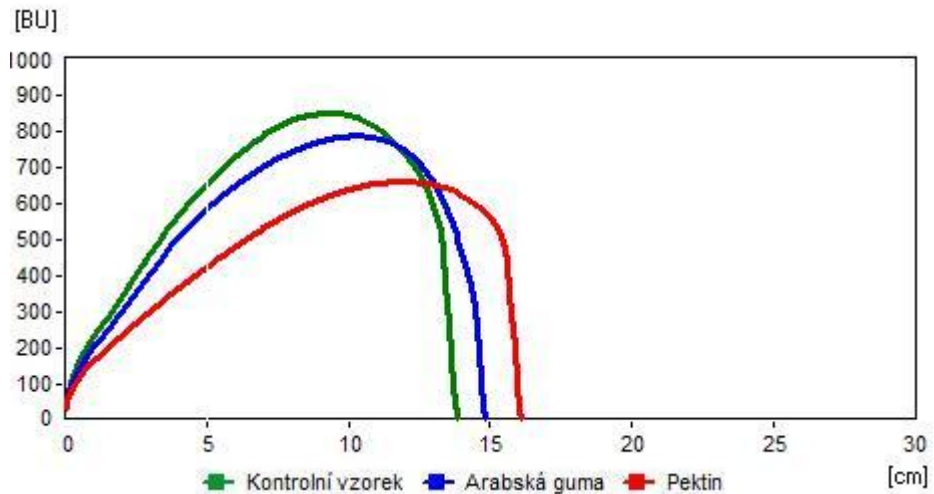
V případě přidavku arabské gummy došlo k mírnému poklesu u tažnosti i odporu ve srovnání s kontrolním vzorkem. (tab. 5a tab. 6)

10.2.2.2 Grafické porovnání po 90 min odležení



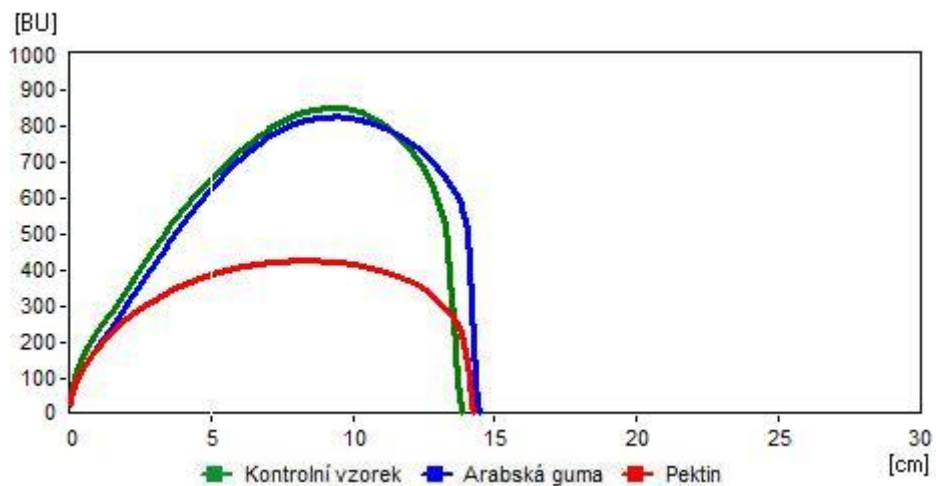
Obr. 16: Průběh extenzografického měření při 90 minutovém odležení za přidavku 0,2 % (w/w) uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem

V případě křivek po 90 minutovém odležení u koncentrace 0,2 % (w/w) nedošlo k výrazné změně oproti kontrolnímu vzorku v níže uvedených charakteristikách. Těsto s přidavkem arabské gummy má menší tažnost oproti kontrolnímu vzorku a oproti těstu s přidavkem pektinu. Těsto s přidavkem pektinu dosahuje menšího maxima oproti zbývajícím dvěma vzorkům. (tab. 5, tab. 6)



Obr. 17: Průběh extenzografického měření při 90minutovém odležení za přídatku 0,5 % (w/w) uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem

Na obrázku 17 lze opět vidět zvýšení tažnosti a pokles maxima u těsta s přídatkem pektinu. U 0,5 % (w/w) přídatku arabské gumy došlo také ke zvýšení tažnosti a poklesu maxima, změna však nebyla tak výrazná u poklesu maxima jako v případě přídatku pektinu. (tab. 5, tab. 6)



Obr. 18: Průběh extenzografického měření při 90 minutovém odležení za přídatku 1 % (w/w) uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem

V případě těst s 1 % (w/w) přídatkem pektinu se potvrdila ztráta odporu těsta, došlo k výraznému snížení maxima a ke zvětšení tažnosti. Těsto s 1 % (w/w) přídatkem arabské gumy dosahoval téměř srovnatelného maxima jako kontrolní vzorek. U této koncentrace

došlo také k mírnému zvýšení tažnosti (tab. 5, tab. 6)

10.3 Chemická analýza těsta

Během analýzy bylo pH měřeno při farinografickém i extenzografickém měření. Při farinografickém měření bylo pH stanoveno u těsta, které bylo složeno pouze z redestilované vody a mouky. Při extenzografickém měření bylo těsto složeno z redestilované vody, mouky a 2 % roztoku chloridu sodného. Aby mohlo být zjištěno, zda přídavek daných hydrokoloidů ovlivňuje stanovované veličiny, byly výsledky porovnány s hodnotami kontrolního vzorku, který neobsahoval žádnou přídatnou látku.

pH u každého vzorku bylo měřeno třikrát a výsledek byl uveden jako průměr \pm směrodatná odchylka. Měření sušiny bylo prováděno ze dvou těst, kdy z každého těsta byla prováděna 3 opakování. Výsledný průměr \pm směrodatná odchylka je tedy výsledkem z 6 měření.

10.3.1 Chemická analýza těsta s přídavkem arabské gumy

Tab. 7: Výsledky chemické analýzy kontrolního vzorku a vzorků s přídavky arabské gumy

| Chemický ukazatel | Kontrolní vzorek | Arabská guma [% (w/w)] | | | | | | |
|-------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | 0,2 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 |
| pH – farinograf | 6,15 \pm 0,06 | 6,13 \pm 0,02 | 6,08 \pm 0,04 | 6,14 \pm 0,03 | 6,05 \pm 0,04 | 6,15 \pm 0,07 | 6,07 \pm 0,03 | 6,12 \pm 0,07 |
| pH - extenzograf | 5,91 \pm 0,04 | 5,90 \pm 0,03 | 5,82 \pm 0,03 | 5,84 \pm 0,04 | 5,91 \pm 0,02 | 5,89 \pm 0,04 | 5,85 \pm 0,04 | 5,93 \pm 0,04 |
| Sušina [%] | 46,42 \pm 0,16 | 46,33 \pm 0,06 | 46,05 \pm 0,11 | 45,70 \pm 0,07 | 45,05 \pm 0,14 | 44,72 \pm 0,06 | 44,34 \pm 0,17 | 44,15 \pm 0,06 |

Hodnota sušiny se u vzorku se zvyšujícím se přídavkem arabské gumy se snižovala oproti kontrolnímu vzorku. Rozdíl mezi nejnižší koncentrací (0,2 % (w/w) arabské gumy) a kontrolním vzorkem je zanedbatelný. Při nejvyšší koncentraci (3 % (w/w) arabské gumy) je rozdíl oproti kontrolnímu vzorku 2,27 %. Na pokles sušiny u vzorku s přídavkem arabské gumy má vliv snížení vaznosti mouky. Vaznost mouky se zvyšujícím přídavkem aditiva klesala.

Při porovnání výsledků pH v tabulce 7 lze říct, že hodnoty u vzorků s přídavkem arabské gumy získané při farinografickém i extenzografickém měření byly téměř srovnatelné s hodnotami pH u kontrolního vzorku.

K rozdílu pH došlo mezi těstem připravovaného pro farinografické měření a těstem pro extenzografické měření. To bylo způsobeno přidavkem další látky do těsta při přípravě pro extenzografické měření, kdy byl do těsta přidán 2 % roztok chloridu sodného.

10.3.2 Chemická analýza těsta s přidavkem pektinu

Tab. 8: Výsledky chemické analýzy kontrolního vzorku a vzorků s přidavky pektinu

| Chemický ukazatel | Kontrolní vzorek | Pektin [% (w/w)] | | | | | | |
|-------------------|------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 1 |
| pH – farinograf | 6,15 ± 0,06 | 5,99 ± 0,06 | 5,85 ± 0,05 | 5,87 ± 0,03 | 5,80 ± 0,05 | 5,84 ± 0,04 | 5,90 ± 0,03 | 5,79 ± 0,03 |
| pH - extenzograf | 5,91 ± 0,04 | 5,96 ± 0,03 | 5,89 ± 0,08 | 5,94 ± 0,04 | 5,97 ± 0,04 | 5,89 ± 0,06 | 5,93 ± 0,05 | 5,93 ± 0,04 |
| Sušina [%] | 46,42 ± 0,16 | 46,52 ± 0,14 | 46,64 ± 0,04 | 46,93 ± 0,15 | 47,04 ± 0,08 | 47,26 ± 0,14 | 47,50 ± 0,10 | 48,19 ± 0,08 |

U vzorku s přidavkem pektinu se sušina oproti kontrolnímu vzorku zvyšovala, přičemž rozdíl mezi nejnižší koncentrací (0,2 % (w/w) pektinu) a kontrolním vzorkem byl také zanedbatelný. Rozdíl mezi nejvyšší koncentrací (1 % (w/w) pektinu) a kontrolním vzorkem byl 1,77 %. Zvyšování sušiny způsobila zvýšená vaznost mouky u vzorků s přidavkem pektinu. Vaznost se zvýšila díky přítomnosti hydroxylových skupin v molekule hydrokoloidu. Ty umožnily zvýšenou tvorbu vodíkových vazeb, a tím vyšší vaznost vody.

Při farinografickém měření došlo u vzorků s přidavkem pektinu k mírnému snížení pH. To bylo nejspíš způsobeno chemickou strukturou pektinu, který má ve své molekule polygalakturonovou kyselinu. Díky tomu došlo k posunutí pH do kyselejšího prostředí.

U extenzografického měření, kde se kromě hydrokoloidu přidával i chlorid sodný, se pH v závislosti na kontrolním vzorku nezměnilo.

Z výsledků je patrné, že k poklesu pH u farinografického měření došlo vlivem přidavku pektinu. Naopak u extenzografického měření došlo k zanedbatelnému poklesu pH nejspíše vlivem přidavku 2 % chloridu sodného, protože pokles byl zaznamenán už při měření kontrolního vzorku, který neobsahoval další aditivní látku. S přidáním pektinu do těsta k dalšímu poklesu už nedošlo.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala vlivem definovaných hydrokoloidů na reologické vlastnosti pšeničného těsta.

Teoretickou část lze rozdělit do tří oddílů. V prvním oddílu bylo popsáno chemické složení pšeničné mouky, vliv jednotlivých složek na tvorbu těsta, hodnocení kvality mouky. Další oddíl se zabýval hydrokoloidy a jejich vlivem na pšeničné těsto. Větší pozornost byla věnována arabské gumě a pektinu, protože tyto hydrokoloidy byly vybrány pro praktické měření. Poslední část se zabývala reologickými vlastnostmi pšeničného těsta, přístroji, které jsou v reologii používány. Pozornost byla věnována zvláště farinografu a extenzografu, na kterých bylo měření prováděno.

V praktické části jsou shrnuty výsledky z farinografického a extenzografického měření a chemické analýzy těsta.

Z výsledků farinografického měření vyplývá, že při přidavku arabské gumy do těsta docházelo ke snižování vaznosti mouky. Vaznost mouky se snižovala lineárně a při nejvyšší koncentraci arabské gumy se snížila o 2,7 % oproti kontrolnímu těstu. Naopak přidavek pektinu vaznost mouky zvyšoval. Vaznost byla u nejvyšší koncentrací o 4,4 % vyšší než vaznost kontrolního vzorku. Při přidavku arabské gumy i pektinu se se zvyšující koncentrací zvyšovala doba vývinu těsta. V případě přidavku pektinu byla limitující koncentrace 0,5 % (w/w), do této koncentrace vykazovala těsta zlepšené vlastnosti. U použití vyšších koncentrací pektinu (0,6 % (w/w) a vyšší) docházelo ke snížení stability, FQN, těsta byla málo mechanicky odolná a velmi lepkavá. Při přidavku arabské gumy docházelo ke zlepšování vlastností postupně, od koncentrace 2 % (w/w) a vyšší se farinografické hodnoty od sebe navzájem příliš nelišily.

Extenzografické měření ukázalo, že přidavek arabské gumy i pektinu snížilo zpracovatelnost těsta, kdy u pektinu o mnohem více. Snížení extenzografického odporu bylo výraznější u těsta s přidavkem pektinu. V tomto případě dochází k snížení mechanické odolnosti, což může způsobit nedostatečné nakynutí výrobku. Těsto s přidavkem arabské gumy vykazovalo snížení při 45 a 90 minutovém odležení. Při odležení 135 minut došlo ke zvýšení, což může být vysvětleno tvorbou vazebných interakcí mezi arabskou gumou a složkami těsta během dlouhého odležení. V případě tažnosti nemá přidavek arabské gumy výrazný vliv. Naopak přidavek pektinu způsobil

zvýšení tažnosti téměř ve všech koncentracích. Nejvýraznější zvýšení tažnosti bylo zaznamenáno u koncentrací 0,3 % (w/w), 0,4 % (w/w), 0,5 % (w/w). Ve vyšších koncentracích docházelo také k zvýšení tažnosti, ale zvýšená lepivost těsta byla nežádoucí.

Výsledky chemické analýzy ukázaly, že přídavek arabské gumy neměl vliv na pH těsta. Při přidavku pektinu do těsta došlo k mírnému poklesu pH u farinografického měření. Během extenzografického měření nebyl při přidavku pektinu zaznamenán rozdíl oproti kontrolnímu vzorku.

Sušina těsta s přidavkem pektinu se v závislosti na zvyšující se koncentraci pektinu v těstě zvyšovala. Naopak přídavek arabské gumy se zvyšující se koncentrací snižoval sušinu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PŘÍHODA, J., HUMPLÍKOVÁ, P., NOVOTNÁ, D. *Základy pekárenské technologie*. Praha: Pekař a cukrář s. r. o., 2003. 363s. ISBN 80-902922-1-6.
- [2] PETR, J., LOUDA, F. *Produkce potravinářských surovin*. Praha: VŠCHT, 1.vyd., 1998. 213s. ISBN 80-7080-332-0.
- [3] JUŘÍKOVÁ, K. *Pekárenské vlastnosti pšeničné a žitné mouky* [bakalářská práce]. Zlín: UTB – fakulta technologická, 2008, 46s.
- [4] PEČIVOVÁ, P. *Vliv definovaných přídatných látek na pekárenské vlastnosti pšeničného těsta* [diplomová práce]. Zlín: UTB – fakulta technologická, 2006, 120s.
- [5] BLÁHA, L., ŠREK, F. *Suroviny pro učební obor Cukrář, Cukrářka*. Praha: Informatorium, 1999. 257s. ISBN 80-86073-44-0.
- [6] SKOUPIL, J. *Suroviny na výrobu pečiva*. Pardubice: Kora s. r. o. 1994. 212s. ISBN 80-85644-07-X.
- [7] VELÍŠEK, J. *Chemie Potravin*. Tábor: Osis, 2002. 331s. ISBN 80-86659-00-3.
- [8] SKOUPIL, J., MÜLLEROVÁ, M., ŠTROBACH, J. *Zpracování mouky*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1981. 286s.
- [9] DENDY, D. A. V., DOBRASZCZYK, B. J. *Cereals and cereal products: chemistry and technology*. Gaithersburg: Aspen Publishers 2001. 429s. ISBN 0-8342-1767-8.
- [10] KOPÁČOVÁ, O. *Balení prodlužuje dobu údržnosti pekařských výrobků*. dostupný z WWW:
<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=418&ch=13&typ=1&val=27106>
- [11] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. *Cereální chemie a technologie*. Praha: VŠCHT 2003. 202s. ISBN 80-7080-530-7.
- [12] BELDEROK, B., MESDAG, J., DONNER D. A. *Bread-making quality of wheat: a century of breeding in Europe*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers 2000. 416s. ISBN 0-7923-6383-3.
- [13] FENNEMA, O. R. *Food chemistry*. New York: Marcel Dekker. Inc. 1996. 1069s.

ISBN 0-8247-9691-8.

- [14] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. Zlín: UTB, 2006. ISBN 80-7318-372-2.
- [15] NOVOTNÁ, A., NOVOTNÝ, R. *Chemické kontrolní metody*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1987. 248s.
- [16] KULOVANÁ, E. *Kvalita obilnin*. Dostupný z WWW: http://www.agroweb.cz/KVALITA-OBILNIN__s44x8475.html
- [17] DODIĆ, J., PEJIN, D., DODIĆ, S., POPOV, S., MASTILOVIĆ, J., POPOV-RALJIĆ, J., ZIVANOVIC, S. *Effects of hydrophilic hydrocolloids on dough and bread performance of samples made from frozen dough*. *Journal of Food Science* 2007, 72, s. 235-241.
- [18] Vyhláška Ministerstva zemědělství ČR č. 333/1997 Sb. v platném znění.
- [19] PHILLIPS, G.O., WILLIAMS, P.A. *Handbook of hydrocolloids*. Boca Raton: CRC Press, 2000. 442s. ISBN 0-8493-0850-X.
- [20] KODET, J., ŠOTOLOVÁ, I., ŠTĚRBA, S. *Plnicí, zahušťovací, gelotvorné a stabilizační látky pro potraviny*, 1. vyd. Praha: Středisko potravinářských informací, 1993. 236 s. ISBN 80-85120-32-1.
- [21] MCKENNA, B. M. *Texture in Food*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003. 425s. ISBN 1-85573-673X
- [22] KHAN, K., SHARADANANT, R. *Effect of hydrophilic gums on the quality of frozen dough: electron microscopy, protein solubility, and electrophoresis studies I*. *Cereal chemistry*. 2006, 83, s. 411-417.
- [23] HUI, Y. H., CORKE H., NIP, W., DE LEYN, I. *Bakery products: science and technology*, Ames: Blackwell Publishing, 2006. 575s. ISBN 0-8138-0187-7
- [24] BÁRCENAS, M. E., DE LA O-KELLER, J., ROSELL, C. M. *Influence of different hydrocolloids on major wheat dough components (gluten and starch)*. *Journal of Food Engineering*. 2009, 94, s. 241-247
- [25] SAHIN, S., SUMNU, S. G. *Physical properties of foods*. New York: Springer Science + Business Media, 2006. 257s. ISBN 976-0387-30780-0

- [26] GUARDA, A., ROSSELL, C. M., BENEDITO, C., GALOTTO, M. J. *Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. Food Hydrocolloids.* 2004, 18, s. 241-247
- [27] BAHNASSEY, Y. A., & BREENE, W. M. *Starch.* 1994, 46, s. 134–141.
- [28] KHAN, K., SHARADANANT, R. *Effect of hydrophilic gums on frozen dough. I. dough quality.* Cereal Chemistry. 2003, 80, s. 764 -772
- [29] MATUDA, T. G., CHEVALLIER, S., DE ALCANTRA PESSOA FILHO, P., LEBAIL, A. TADINI, C. C. *Impact of guar and xanthan gums on proofing and calorimetric parameters of frozen bread dough.* Journal of Cereal Science. 2008, 48, s. 741-746
- [30] ZAMBRANO, F., DESPINOY, P., ORMENESE, R. C. S. C., FARIA, E. V. *The use of guar and xanthan gums in the production of „light“ low fat cakes.* Journal of Food Science and Technology. 2004, 39, s. 959-966
- [31] ROSELL, C.M., ROJAS, J.A., BENEDITO, C. *Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality.* Food Hydrocolloids. 2001, 15, s. 75-81
- [32] ROSELL, C. M., ROJAS, J. A., & BENEDITO, C. *Combined effect of different antistaling agents on the pasting properties of wheat flour.* European Food Research and Technology. 2001, 212, s. 473–476
- [33] EDWARDS, W. P., *The science of bakery products.* Cambridge: The Royal Society of chemistry, 2007. 259s. ISBN 978-0-85404-486-3
- [34] RIBOTTA, P. D., AUSAR, S. F., BELTRAMO, D. M., LEÓN, A. E. *Interactions of hydrocolloids and sonicated-gluten proteins.* Food Hydrocolloids. 2005, 19, s.93-99
- [35] COLLAR, C., ANDREU, P., MARTÍNEZ, J. C., ARMERO, E. *Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study.* Food Hydrocolloids. 1999, 13, s. 467-475
- [36] HUY, H. Y., *Handbook of food science, technology, and engineering, Volume 3.* Boca Raton: CRC Press, 2006. 712s. ISBN 1-57444-552-9
- [37] CHO, S. S., SAMUEL, P. *Fiber ingredients: food applications and health benefit.* Boca Raton: CRC Press, 2009. 480s. ISBN 1-42004-384-6

- [38] IMESON, A. *Food stabilisers, thickeners and gelling agents*. Ames: Blackwell Publishing, 2009. 368s. ISBN 978-1-40513-267-1.
- [39] LEUNG, H. K., MATLOCK, J. P., MEYER, R. S., MORAD, M. M. *Storage stability of a puff pastry dough with reduced water Activity*. Journal of Food Science. 1984, 49, s. 1405-1409
- [40] KHAN, K., SHARADANANT, R. *Effect of hydrophilic gums on frozen dough. II. bread quality*. Cereal Chemistry, 2003, 80, s. 773-780
- [41] LAZARIDOU, A., DUTA, D., PAPAGEORGIOU, M., BELC, N., BILIADERIS, C.G. *Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations*. Journal of Food Engineering. 2007, 79, s. 1033–1047
- [42] CAUVAIN, S. P. *Bread making: improving duality*. Cambridge: Woodhead publishing limited, 2003. 589s. ISBN 1-85573-5539
- [43] HRUKOVÁ, M., BEDNÁŘOVÁ, M., MEJDA, P. *Předpověď reologických parametrů pšeničného těsta analýzou NIR spekter pšeničné mouky*. Chemické listy. 2004, 98, s. 423-431
- [44] WANG, C. F., KOKINI J. L. *Prediction of the nonlinear viscoelastic properties of gluten doughs*. Journal of Food Engineering. 1995, 25, s. 297-309
- [45] STOJCESKA, V., BUTLER, F., GALLAGHER, E., KEEHAN, D. *A comparison of the ability of several small and large deformation rheological measurements of wheat dough to predict baking behaviour*. Journal of Food Engineering. 2007, 83, s. 475-482
- [46] AMEMIYA, J. I., MENJIVAR, J. A. *Comparison of small and large deformation measurements to characterize the rheology of wheat flour doughs*. Journal of Food Engineering. 1992, 16, s. 91-108
- [47] Indrani, D., Venkateswara Rao, G. *Rheological characteristics of wheat flour dough as influenced by ingredients of parotta*. Journal of Food Engineering. 2007, 79, s. 100-105
- [48] MATĚJOVSKÝ, K. *Přehled pekařství*. Praha: Práce, 1958.
- [49] CAUVAIN, S. P., YOUNG, L. S. *Baking problems solved*. Cambridge: Woodhead publishing, 2001. 280 s. ISBN 978-1-85573-564-4

- [50] CURIC, D., KARLOVIC, D., TUSAK, D. PETROVIC, B., DUGUM, J. *Gluten as a standard of wheat flour quality*. Food technology and biotechnology. 2001, 39, s.353-361
- [51] STEFFE, J. F. *Rheological methods in food process engineering*. Michigan: Freeman Press, 1996. 418s. ISBN 0-9632036-1-4
- [52] *Wheat and flour testing method: A Guide to understanding wheat and flour quality: version 2* dostupné na <http://www.wheatflourbook.org/Main.aspx?p=36>
- [53] www.brabender.com ze dne 7. března 2010
- [54] FU, L., TIAN, J., SUN, C., LI, CH. *RVA and Farinograph properties study on blends of resistant starch and wheat flour*. Agricultural Sciences in China. 2008, 7, s. 812-822
- [55] YOUNG, L. S. *The ICC Handbook of cereals, flour, dough & product testing: methods and applications*. Lancaster: DEStech Publication. Inc., 2009. 498s. ISBN 978-1-932078-99-2
- [56] KENT, N. L., EVERS, A. D. *Technology of cereals: an introduction for students of food science and agriculture*. Cambridge: Woodhead publishing, 1994. 334s. ISBN 0-08-040833-8
- [57] ČSN ISO 5530-1: Fyzikální charakteristiky těst, část 1. Stanovení vaznosti vody a reologických vlastností na farinografu
- [58] ČSN ISO 712: Obiloviny a výrobky z obilovin - Stanovení vlhkosti - Praktická referenční metoda
- [59] ČSN ISO 5530-2: Fyzikální charakteristiky těst, část 2: Stanovení reologických vlastností na extenzografu
- [60] ČSN 56 0116-3: Metody zkoušení pekařských výrobků

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|------------------|-----------------------------------|
| Tab. | Tabulka |
| Obr. | Obázek |
| Ca | Vápník |
| K | Draslík |
| S | Síra |
| NaCl | Chlorid sodný |
| NaOH | Hydroxid sodný |
| CO ₂ | Oxid uhličitý |
| Ca ²⁺ | Vápenatý kationt |
| FU | Farinografická jednotka |
| EU | Extenzografická jednotka |
| MTI | Index mechanické odolnosti |
| FQN | Farinografické číslo kvality |
| R ₅₀ | Odpor při konstantním prodloužení |
| R | Maximální odpor |
| E | Extenzografická energie |
| ČSN | Česká státní norma |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obr. 1: Řez obilným zrnem [5]..... | 14 |
| Obr. 2 Předpokládaná struktura jablečného pektinu [19]..... | 29 |
| Obr. 3: Farinograf [53]..... | 41 |
| Obr. 4: Farinogram [25]..... | 41 |
| Obr. 5: Farinogram pro silnou mouku [9]..... | 43 |
| Obr. 6: Farinogram pro slabou mouku [9]..... | 43 |
| Obr. 7: Extenzograf [53]..... | 44 |
| Obr. 8: Extenzogram [55]..... | 45 |
| Obr. 9: Příklady extenzogramů pro různé typy mouk [56]..... | 46 |
| Obr. 10: Průběh farinografického měření přídavku 0,2 % (w/w) uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem..... | 57 |
| Obr. 11: Průběh farinografického měření přídavku 0,5 % (w/w) uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem..... | 58 |
| Obr. 12: Průběh farinografického měření přídavku 1 % uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem..... | 58 |
| Obr. 13: Průběh extenzografického měření při 45 minutovém odležení za přídavku 0,2 % (w/w) uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem..... | 66 |
| Obr. 14: Průběh extenzografického měření při 45 minutovém odležení za přídavku 0,5 % (w/w) uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem..... | 67 |
| Obr. 15: Průběh extenzografického měření při 45 minutovém odležení za přídavku 1 % uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem..... | 67 |
| Obr. 16: Průběh extenzografického měření při 90 minutovém odležení za přídavku 0,2 % (w/w) uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem..... | 68 |
| Obr. 17: Průběh extenzografického měření při 90minutovém odležení za přídavku 0,5 % (w/w) uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem..... | 69 |
| Obr. 18: Průběh extenzografického měření při 90 minutovém odležení za přídavku 1 % (w/w) uvedených hydrokoloidů v porovnání s kontrolním vzorkem..... | 69 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tab. 1: Průměrné zastoupení jednotlivých složek v % sušiny [6]..... | 16 |
| Tab. 2: Průměrné zastoupení jednotlivých cukerných zbytků (v % z celkových cukrů), dusíkatých látek (% v sušině) [19]..... | 32 |
| Tab. 3: Hodnoty farinografického měření kontrolního vzorku a vzorku s přidavkem arabské gumy..... | 52 |
| Tab. 4: Hodnoty farinografického měření kontrolního vzorku a vzorku s přidavkem pektinu..... | 54 |
| Tab. 5: Hodnoty extenzografického měření kontrolního vzorku a vzorku s přidavkem arabské gumy..... | 61 |
| Tab. 6: Hodnoty extenzografického měření kontrolního vzorku a vzorku s přidavkem pektinu..... | 64 |
| Tab. 7: Výsledky chemické analýzy kontrolního vzorku a vzorků s přidavky arabské gumy..... | 71 |
| Tab. 8: Výsledky chemické analýzy kontrolního vzorku a vzorků s přidavky pektinu | 72 |