

Pekárenská kvalita zrna pšenice s modrým aleuronem

Bc. Martin Helis

Diplomová práce 2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Helis**

Osobní číslo: **T17539**

Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie potravin**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Pekárenská kvalita zrna pšenice s modrým aleuronem**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Požadavky na pšeničné zrno určené na výrobu pečiva.
2. Pšenice s modrým zbarvením zrna.
3. Technologie výroby pečiva.

II. Praktická část

1. Charakteristika pšeničného zrna s modrým aleuronem.
2. Metody stanovení kvality mouky, těsta a pečiva.
3. Popis získaných výsledků a jejich diskuse.
4. Formulování závěrů práce.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] BUREŠOVÁ, V., KOPECKÝ, D., BARTOŠ, J., MARTINEK, P., WATANABE, N., VYHNÁNEK, T., DOLEŽEL, J. Variation in genome composition of blue-aleurone wheat, 2015. *Theoretical and applied genetics*, 128 (2), 273–282.
- [2] HEMDANE, S., JACOBS, P. J., DORNEZ, E., VERSPREET, J., DELCOUR, J. A., COURTIN, C. M. Wheat (*Triticum aestivum* L.) bran in bread making: A critical review, 2016. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15 (1), 28–42.
- [3] Štastník, O., Karásek, F., Štenclová, H., Martinek, P., Mrkvicová, E., Pavlata, L. The effect of feeding wheat with blue aleurone to the blood biochemical profile of rats, 2016. *Proceedings of reviewed scientific papers NutriNET*, 109–114.
- [4] WATANABE, N., MOCHIDA, M., MARTINEK, P., PENG, Z. Blue aleurone trait diagnoses developmental origin of three pistils in a floret in common wheat, 2015. *Plant Breeding*, 134 (6), 641–645.

Vedoucí diplomové práce:

doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

2. února 2019

Termín odevzdání diplomové práce:

3. května 2019

Ve Zlíně dne 2. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

děkan

doc. Ing. Jiří Mlček, Ph.D.

ředitel ústavu

Příjmení a jméno: HELIS MARTIN

Obor: TECHNOLOGIE POTRAVIN

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 29. 4. 2019

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

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

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení 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, užíje-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³¹ 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 výtěžku 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 výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na stanovení základních a pokročilých parametrů udávajících technologickou kvalitu a využitelnost mouk z pšenice s modrou aleuronovou vrstvou. Velká část práce se věnuje možnostem využití barevné pšenice v porovnání s běžnou pšenicí. Zjišťována byla také možná pekárenská využitelnost mouk s modrou aleuronovou vrstvou. Výsledky zkoušky tažnosti ukázaly, že těsta z odrůdy Skorpion jsou dostatečně tažné, avšak lze očekávat, že budou podléhat snadnějšímu roztržení. Sledováním chování při farinografickém měření a záhřevu pomocí Mixolabu byly nalezeny rozdíly mezi moukou komerční. Výsledky prokazují možnou použitelnost testované modré pšenice v pekárenské výrobě.

Klíčová slova: pšenice, pšenice s modrou aleuronovou vrstvou, anthokyany, technologická kvalita, pekárenské využití

ABSTRACT

This thesis is focused on the determination of basic and advanced parameters of grain technological quality and grain applicability in bread-making. The uniaxial deformation test indicated good dough ability to elongate. The dough was, however, weak and can be expected to rupture more easily than dough prepared from commercial flour. In farinographic and mixolab tests, clear differences in the behavior of doughs prepared from colored and commercial flours were not found. The results showed the applicability of the tested blue wheat in bakery production.

Keywords: wheat, wheat with blue aleurone, anthokyans, technological quality, bakery

Rád bych tímto chtěl poděkovat doc. RNDr. Ivě Burešové, Ph.D. za vedení a rady při psaní diplomové práce. Velice děkuji manželce a rodině za veškerou pomoc a podporu nejen při studiu. Poděkování patří také Mendelově univerzitě v Brně- Agronomické fakultě za poskytnutí mouk z pšenice s modrým aleuronem.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PŠENICE	12
1.1 BOTANICKÁ CHARAKTERIZACE	12
1.2 MORFOLOGIE A ANATOMIE PŠENICE	13
1.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ OBILKY PŠENICE SETÉ	14
1.3.1 Voda	15
1.3.2 Sacharidy	15
1.3.3 Bílkoviny	16
1.3.3.1 Lepek	17
1.3.4 Lipidy	18
1.3.5 Minerální látky	18
1.3.6 Vitaminy	18
2 PŠENICE S MODRÝM ZBARVENÍM ALEURONU	19
2.1 MORFOLOGIE A CHEMICKÉ SLOŽENÍ PŠENICE S MODRÝM ALEURONEM.....	19
2.2 ANTIOXIDANTY	19
2.2.1 Mechanismus působení antioxidantů	20
2.2.2 Antioxidanty v obilovinách	20
2.3 ANTHOKYANY	21
3 JAKOST A KVALITA PŠENICE	22
3.1 MLYNÁŘSKÁ JAKOST	22
3.1.1 Objemová hmotnost	22
3.1.2 Stanovení hmotnosti tisíce zrn	22
3.1.3 Výtěžnost mouky	23
3.1.4 Vlhkost	23
3.1.5 Stanovení tvrdosti.....	23
3.1.6 Stanovení podílu plných zrn.....	23
3.2 PŠENIČNÁ MOUKA	23
3.2.1 Vlastnosti pekárenské mouky	23
3.2.2 Vlastnosti pečivářské mouky.....	24
3.2.3 Mouka pro těstářenské účely.....	25
3.2.4 Hodnocení kvality mouky	25
3.2.4.1 Stanovení vlhkosti.....	26
3.2.4.2 Stanovení čísla poklesu.....	26
3.2.4.3 Stanovení obsahu mokrého lepku, gluten index	26
3.2.4.4 Stanovení sedimentačního indexu	27
3.2.4.5 Reologické vlastnosti těsta.....	27
3.2.4.6 Pekařský pokus	28
3.2.4.7 Namáhání těsta tahem	28
3.2.4.8 Stanovení reologického chování těsta vystaveného míchání a teplotním výkyvům 29	
3.2.4.9 Sledování těsta během kynutí	29

4	MOŽNOSTI VYUŽITÍ PŠENICE S MODRÝM ALEURONEM.....	31
II	PRAKTICKÁ ČÁST	32
5	CÍL PRÁCE	33
6	MATERIÁL A METODIKA	34
6.1	ANALYZOVANÉ VZORKY MOUKY	34
6.2	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE.....	34
6.3	METODIKA	34
6.3.1	Stanovení základních parametrů	34
6.3.2	Namáhání těsta tahem	36
6.3.3	Reologické chování těsta.....	37
6.3.4	Sledování chování těsta během kynutí pomocí reofermentometru	38
6.3.5	Statistické vyhodnocení dat.....	40
7	VÝSLEDKY A DISKUZE	41
7.1.1	Stanovení základních parametrů	41
7.1.2	Namáhání těsta tahem	42
7.1.3	Farinografické měření	43
7.1.4	Chování těsta během záhřevu.....	44
7.1.5	Chování těsta během kynutí	45
	ZÁVĚR	48
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	49
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ.....	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ	55
	SEZNAM TABULEK.....	56

ÚVOD

Obiloviny a obilné výrobky patří mezi jedny z nejstarších potravinových zdrojů pro lidskou populaci. Jejich přínos ve výživě člověka je dán vysokou energetickou hodnotou, obsahem minerálních látek, vitaminů a jiných životně důležitých složek. Obiloviny byly a jsou důležitou strategickou plodinou.

Pšenice je jednou z nejdůležitějších plodin zajišťujících výživu lidské populace. Její uplatnění je nejrozšířenější jako základní surovina pro výrobu pečiva, těstovin a celé řady pokrmů, dále je hojně využívána jako krmná komodita.

Pšenice obecná (*Triticum aestivum*), je plodinou rostoucí převážně v mírných klimatických podmínkách a je poměrně nenáročná na pěstování. Její pěstování zaujímá velkou část orné půdy, která je určena k vysévání obilovin. K oblastem s největší produkcí pšenice jsou řazeny země Evropského společenství, Rusko, Indie, USA a Austrálie. Na našem území je pšenice historicky pěstována s vysokými výnosy především v nižších úrodných oblastech. U pšenice obecně platí, že ji lze dobře a dlouho skladovat, aniž by docházelo k extrémním ztrátám na její kvalitě a nutriční hodnotě [1] [2].

Během posledních několika let se společnost snaží šlechtit a zkoumat pšenice s netypicky zabarvenými obilkami, u nichž je snaha zvýšit nutriční hodnotu pro konzumenta. Tyto barevné pšenice jsou hodnoceny jako přínosné především díky přítomnosti látek obsažených v aleuronových a perikarpových vrstvách obilky. Účinky těchto látek by mohly být spojovány především s antioxidačními vlastnostmi přítomných látek [1] [2].

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŠENICE

Pšenice (*Triticum aestivum*) je z pohledu pěstování a užitkovosti jednou z nejdůležitějších obilovin na světě. Možnosti pěstování pšenice jsou velmi široké, způsobem hospodaření lze ovlivnit finální kvalitu zrna. Pěstování této komodity nevyžaduje příliš speciální mechanizace, je tedy jednoduchá. Lze také různě kombinovat úrovně a druhy užívaných hnojiv. Průměrná sušina u pšenice by se měla pohybovat kolem 86 %. Obsah dusíkatých látek by měl dosahovat 10-18 %. Důležitý je i obsah a aktivita přítomných enzymů. Dobrá kvalita má vliv na pozdější manipulovatelnost, skladovatelnost a úpravu zrna. Z celkové produkce na našem území se v největším množství využívá pšenice ke krmným účelům a to z 50 – 58 %. Zbylá část je využita v potravinářském průmyslu v rozsahu 28 – 30 % a na znovu osetí 6 %. Část potravinářské pšenice se ukládá do státních hmotných rezerv, jako záloha pro nepředvídatelné situace. Světovou prioritou je zvýšit pěstování a výnosy pšenice až o 50 % z důvodu nárůstu populace. Lze tedy předpokládat další šlechtění z odrůd, které by plnily očekávání vyšších výnosů a vyšší nutriční hodnoty [3] [4].

1.1 Botanická charakterizace

Nejrozšířenějším druhem pšenice pěstované u nás, ale i ve světě je pšenice setá (*Triticum aestivum* L.). Tato pšenice bývá pěstována ve dvou formách a to jako ozimá a jarní. Pšenice vznikla pravděpodobně domestikací divoké trávy *Triticum tauschii*. (3)

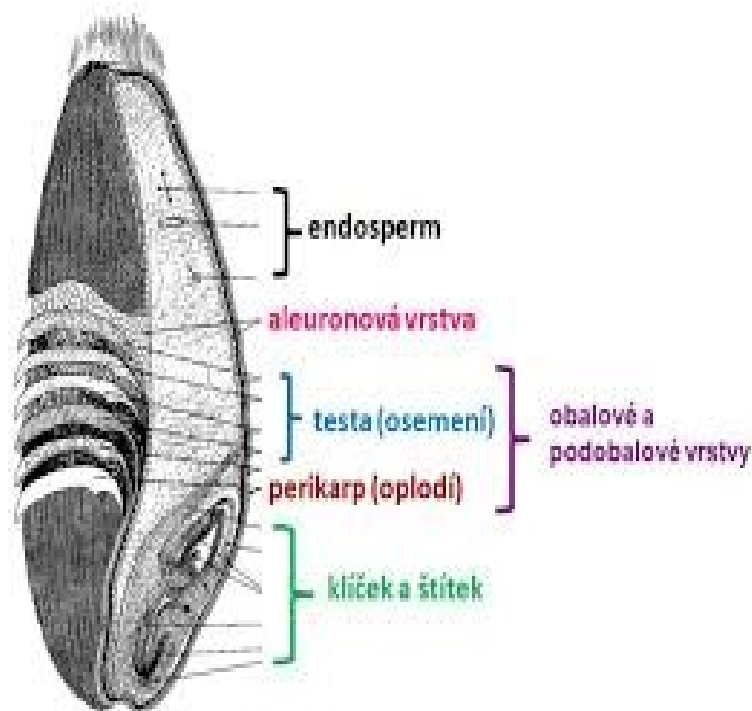
Pšenice obecně patří do čeledi lipnicovitých *Poaceae*. Rostliny mohou být 1 – 7 květů, převážně 1 – 4 bývají plodné. [1] [3]

Dle počtu vlastních chromozomů se zahrnují do rodu *Triticum* tři skupiny. Pšenice s diploidním počtem chromozomů: pšenice planá jednozrnka *Triticum boeoticum*, pšenice kulturní jednozrnka *Triticum monococcum* L.

Pro zemědělskou praxi má větší význam pšenice tetraploidní, kam řadíme: pšenici planou dvouzrnku *Triticum dicocoides*, pšenici dvouzrnku *Triticum dicoceum* Schrank, pšenici Timofejevovu *Triticum timopheevi* zhuk, pšenici naduřelou *Triticum turgidum* L., pšenici polskou *Triticum polonicum* a pšenici tvrdou *Triticum durum*. Nejvýznamnější skupinou jsou pšenice hexaploidní, do které zařazujeme pšenici špalda *Triticum spelta* L. a pšenici setou *Triticum aestivum* L [3].

1.2 Morfologie a anatomie pšenice

Plodem pšenice je obilka, která má tři části: obaly - tvoří 8 – 14 % hmotnosti zrna, endosperm - představuje 84 – 86 % hmot. zrna a klíček (zárodek) - tvoří 3 % hmot. zrna.



Obrázek 1 Složení obilného zrna [5]

Zrno pšenice i jiných obilovin se skládá z několika vrstev, viz obrázek 1. Struktura stavby zrn všech obilovin je velice podobná, nejodlišnější je kukuřice.

Svrchní vrstva (epidermis) má za účel ochránit obilku především před mechanickými hrozbami a krátkodobě před smáčením vodou a proniknutím škodlivých látek. Tato vrstva je tvořena z látek těžce rozpustných a špatně bobtnajících, především se jedná o celulózu.

Další vrstva (osemení) nese ve svých buňkách barevné látky, které dávají zrnu charakteristický vzhled. Další vrstvy obsahují látky polysacharidické povahy, umožňující bobtnání a vázání vlhkosti, respektive vody. Slouží tedy k udržování vlhkosti zrn. Zmíněné obalové vrstvy jsou pevného charakteru a přecházejí při mlynářském procesu do produktu nazývaného otruby.

Mezi samotnými obalovými vrstvami a vlastním endospermem zrna se nachází měkký jednoduchá vrstva buněk, která je označována jako aleuronová vrstva a tvoří asi 5-8% jádra pšenice. Tloušťka aleuronu závisí především na druhu pšenice. Tato vrstva může být v mlynářské technologii z velké části vymílána společně s endospermem do mouk, část této vrstvy může také ulpívat na obalových vrstvách a zůstat tak v otrubách. Vymílání této vrstvy, která se často označuje jako vnější endosperm, je poměrně snadné. Vhodným technologickým postupem vymílání této vrstvy lze částečně ovlivnit kvalitu a nutriční vlastnosti mouky.

Nejhodnotnější vrstva z hlediska využitelnosti se nachází pod aleuronovou vrstvou a je jí vnitřní endosperm. Endosperm tvoří až 80% hmotnosti obilky. Endosperm je energetickou zásobárnou zrna. Hlavními složkami jsou sacharidy, převažuje škrob, dále se zde vyskytují albuminy, globuliny a řada dalších látek bílkovinného charakteru včetně glutenového komplexu, tedy lepku. Strukturu a tvrdost endospermu lze ovlivnit volbou odrůd. Odrůdy jsou odlišné a rozhodující pro kvalitu a využití v dalším zpracování.

Obilka dále obsahuje zárodek (klíček), který je umístěn z botanického pohledu na hřbetní straně zrna. Poměrově zabírá asi 3 % hmotnosti celého zrna. Jeho složení je mezidruhově podobné. Klíček má poměrně vysoký obsah bílkovin (asi 25 % zrna), dále obsahuje tuky (asi 35 % zrna). Klíček lze dále z pohledu morfologie rozdělit na embryo a orgány označované jako kořínky, jenž mají za úkol transportovat živiny k embryu. Shora je zárodek kryt oplodím a o semením. Při technologickém zpracování je klíček odstraňován broušením, aby přítomný tuk nemohl oxidačními a enzymatickými ději znehodnotit vyrobenou mouku [6] [7].

1.3 Chemické složení obilky pšenice seté

Chemické složení v jednotlivých částech zrna je velmi rozdílné. Obsah vody a sušiny závisí na způsobu pěstování, klimatických podmínkách a odrůdě. Nejvíce zastoupeny jsou v zrně sacharidy, bílkoviny, lipidy a minerální látky. Velký podíl bílkovin (hrubých) je obsažen v klíčku a v aleuronové vrstvě. Cukry obsažené v zrně mají pro zrna především funkci zásobní, tvoří ji polysacharid škrob, který je obsažen v endospermu a je tvořen amylozovými a amylopektinovými jednotkami. Obsah škrobu je asi 80% zrna. Jeho významnou vlastností je schopnost bobtnání a mazovatění. Tuk je obsažen převážně v klíčku. Mi-

nerální látky spolu s vlákninou jsou nevíce zastoupeny v obalových vrstvách, lze tedy říci, že oloupaná zrna mají nižší obsah těchto látek [3] [7] [8].

Tabulka 1 Složení obilky pšenice seté [8]

Složka	Podíl (%)
Bílkoviny	12,8
Sacharidy	61,3
Lipidy	2,4
Minerální látky	1,3
Vláknina	2,1

1.3.1 Voda

Voda je nezbytná pro biochemické procesy včetně fyziologických. Obsah vody má vliv na růstové fáze, zrání i skladovatelnost. Vlhkost potravinářské pšenice by měla dosahovat dle ČSN 461100-2 maximálně 14%. [9] Z hlediska terminologie lze označit dle vlhkosti:

- mokrý (obsah vody nad 17 %)
- vlhký (obsah vody v rozmezí 15,5 – 17 %)
- středně suchý (obsah vody v rozmezí 14 – 15,5 %)
- suchý (obsah vody do 14 %) [3].

1.3.2 Sacharidy

Sacharidy jsou nejvíce zastoupenou skupinou látek v pšeničném zrně. Nalézají se v buněčných stěnách a cytoplazmě. Obsah sacharidů může být odlišný u různých odrůd, opět je závislý na způsobu a podmínkách pěstování. Distribuce těchto složek je různorodá a může se obsahově lišit v různých částech zrna. V pšeničném zrně je zastoupena celá řada sacha-

ridů, od jednoduchých monosacharidů až po vysokomolekulární polysacharidy, převážně tedy škrob.

- Hexózy a pentózy- glukóza, fruktóza, xylóza, ribóza, převážně v klíčku.
- Disacharidy-sacharóza, maltóza, především v klíčku.
- Celulóza a hemicelulóza-celulóza je obsažena nejvíce v obalových vrstvách, má funkci mechanické ochrany, hemicelulóza se vyskytuje převážně v podobalových vrstvách a tvoří nestravitelnou část.
- Škrob-je obsažen v zrně ve formě škrobových granulí, výhradně v endospermu. Škrob je nejdůležitější zásobní látkou, obsah se pohybuje od 50 do 80 % v sušině. Škrob se skládá ze dvou složek – amylózy, obsah se pohybuje mezi 20-30 % (nerozvětvený řetězec vazba $\alpha 1 \rightarrow 4$), a amylopektinu s obsahem okolo 70-80 % (rozvětvená struktura, vazba $\alpha 1 \rightarrow 4$ a $\alpha 1 \rightarrow 6$). Škrob je látka ve vodě nerozpustná, mezi jeho zásadní fyzikální vlastnosti patří schopnost bobtnání, mazovatění, a retrogradace. Retrogradace škrobu má velký vliv na tvorbu textury pečiva a výrazně se podílí na jeho stárnutí. Struktura škrobu je globulárního mírně deformovaného tvaru. [10] [11]
- Vlákna- zahrnuje neškrobové polysacharidy - celulózu, hemicelulózu, beta-glukany, inulin. Je prospěšná pro správnou fyziologii lidského trávení [12].

1.3.3 Bílkoviny

Bílkoviny jsou důležitým ukazatelem kvality a využitelnosti zrna a následně mouky. Jsou důležitou složkou výživy člověka. Bílkoviny se skládají z aminokyselin vázaných peptidovou vazbou. V pšenici se pohybuje obsah bílkovin v rozmezí 10-16 %.

Bílkoviny se obecně dají rozdělit dle morfologického původu (bílkoviny endospermu, aleuronové vrstvy, z klíčku), chemického složení, velikosti molekul, rozpustnosti atd. Klasické dělení bílkovin tzv. Osbornovo rozdělení vychází z rozpustnosti bílkovin v různých rozpouštědlech:

- Albuminy-rozpustné ve vodě
- Globuliny-rozpustné v roztocích soli
- Prolaminy-rozpustné v 70% alkoholu
- Gluteliny-z části rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad [10].

Albuminy a globuliny vytvářejí dva podíly tvořící skupinu protoplazmatických bílkovin. V pšeničném zrně zastupují asi 20% všech bílkovin. Jejich funkce v obilce je převážně strukturální a jsou součástí enzymů i jejich inhibitorů.

Prolaminy jsou bílkovinami se zásobní funkcí. Prolaminy jsou tvořeny směsí peptidů s heterogenním charakterem. Dále tvoří poměrně složité a provázané struktury, jež jsou stabilizovány disulfidickými můstky. Pro tuto skupinu bílkovin je charakteristickým znakem vysoký obsah aminokyselin prolinu a glutaminu a nízký obsah lyzinu. U pšenice jsou tyto proteinové frakce triviálně nazývány jako gliadiny.

Gluteliny se vyskytují ve vnitřním endospermu jako zásobní proteiny. Jsou obsaženy v endoplazmatickém retikulu a mohou mít funkci metabolické i strukturální. Pšeničné gluteliny jsou označovány jako gluteniny [8] [10].

1.3.3.1 Lepek

Proteiny pšenice jsou v podstatě jedinečné a nenahraditelné. Je známo, že tyto pšeničné proteiny jsou schopny tvořit viskoelastický gel, nazývaný lepek. Lepkové bílkoviny jsou tvořeny gliadiny a gluteniny. Množství a vlastnosti lepkových bílkovin výrazně ovlivňuje viskoelasticitu pšeničného těsta a s tím související využití. Zásadní roli hraje frakce pšeničných prolaminů tedy gliadinů. Gliadiny se obvykle dělí na 4 subfrakce - alfa, beta, gama a omega gliadiny, které obsahují ještě další typy proteinů. Tyto frakce se liší různým složením aminokyselin, fyzikálním a fyziologickým působením. Alfa a beta gliadiny jsou těmi proteiny, které dokáží vyvolávat u disponovaných osob celiakii, přitom některé omega gliadiny mohou vyvolávat alergie.

Gluteniny dávají těstu elasticitu (pružnost) a gliadiny jsou zodpovědné za tažnost těsta. Lepková síť je vytvářena spojováním gliadinů intramolekulárně disulfidickými vazbami, struktura je globulární. U gluteninů se tvoří disulfidické vazby intra i intermolekulárně a charakter vazby je spíše fibrilární.

Z těsta lze lepek poměrně snadno izolovat vypíráním proudem vody, přičemž se postupně vyplavují látky rozpustné ve vodě spolu se škrobem. Po vyprání vzniká tzv. „mokrý lepek“ [8] [13] [14].

1.3.4 Lipidy

Lipidy se v obilce vyskytují v nízkém množství. Jsou však důležité v nutričním hodnocení a zpracování zrna. Nejvyšší koncentrace tuků se nachází v klíčku. Mimo klíček se tuky vyskytují také v aleuronové vrstvě. Ve vlastním endospermu zrna je obsah lipidů poměrně nízký, i přesto je technologicky významný a při špatných podmínkách skladování může docházet k nežádoucí oxidaci a znehodnocení [10].

1.3.5 Minerální látky

Minerální látky z hlediska výskytu a potřeby v lidském těle dělíme na mikroprvky a makroprvky. Vesměs se jedná o látky anorganické povahy. Obecně lze minerální látky označit také jako „popel“, což je minerální zbytek po spálení. Za dané metodiky lze takto minerální látky také stanovovat. Obsah minerálních látek lze ovlivnit podmínkami a agronomickým způsobem pěstování, významný vliv má také způsob přihnojování během vegetační doby. Největší podíl minerálních látek je soustředěn do obalových vrstev, ve vnitřním endospermu je výskyt minerálních látek poměrně zanedbatelný. Nejhojněji zastoupenými minerálními látkami je fosfor, hořčík, vápník. Mohou být detekovány také nežádoucí prvky a to zejména těžké kovy, například olovo, rtuť či kadmium. Tyto látky jsou označovány jako kontaminanty a pocházejí převážně ze znečištěné půdy [10] [15].

1.3.6 Vitaminy

Pšeničné zrno obsahuje řadu vitaminů, z nichž převažují vitaminy rozpustné ve vodě. Nejvíce zastoupenou skupinou jsou vitaminy B, konkrétně thiamin (vit. B1) a riboflavin (vit. B2). Další hojně zastoupena je kyselina nikotinová a nikotinamid. Nejvyšší výskyt vitaminů v pšeničném zrně je v obalových vrstvách, obsah vitaminů v moukách je tedy závislý na stupni vymletí. Ze skupiny vitaminů rozpustných v tucích má význam vitamin E (tokoferol), jenž se nachází ve vysokých koncentracích v pšeničném klíčku [15].

2 PŠENICE S MODRÝM ZBARVENÍM ALEURONU

Výzkumy prokazují, že pšenice s modrou aleuronovou vrstvou jsou pro člověka velmi přínosné z pohledu zdravotní stránky a to díky jejich antioxidačnímu, protizánětlivému, antimikrobiálnímu a protirakovinnému potenciálu. Ten je přisuzován přítomnosti anthokyanů a vlastnosti redukce volných radikálů. V běžné pšenici je anthokyanů velmi málo. Nicméně v nových liniích právě s modrým zbarvením aleuronu je obsah těchto látek poměrně vysoký a lze předpokládat přínos ve výživě a zdraví člověka. Výrobky z této pšenice mohou být definovány i jako funkční potraviny.[16]

2.1 Morfologie a chemické složení pšenice s modrým aleuronem

Stavba zrna pšenic s modrou aleuronovou vrstvou je srovnatelná s morfologií běžné pšenice. Rozdíl je v barvě zrna a v barvě mlýnských produktů. Barevnost je dána obsahem anthokyanů v aleuronové vrstvě [17] [18].

Barevné zbarvení pšenice pochází pravděpodobně z planého druhu *Thinopyrum ponticum* a z pšenice *Triticum monococcum* L.. Za modré zbarvení je zodpovědný převážně anthokyan delfinid-3-glukosid, delfinidin-3-rutinosid, kyanidin-3-glukosid a 3-kyanidin rutinosid. Rozložení barevných látek není konstantní, obsah se liší také v mlýnských výrobcích, což je způsobeno vlastnostmi mlýnské technologie.

Odrůda Skorpion-pšenice s modrou aleuronovou vrstvou, byla vyšlechtěna na území České republiky. Výzkumem se zabíral Výzkumný ústav rostlinné výroby v Praze. Původní dárkový materiál pocházel z USA. Po systematickém křížení, šlechtění, zkoumání a popisu byla zaregistrována tato odrůda v roce 2012 do evropského katalogu odrůd [17].

Genomová konstituce pšenice s modrým aleuronem je do značné míry neznámá. Můžeme však říci, že modré zbarvení je řízeno dvěma geny. První gen, označovaný jako Ba1, je osazen na rameni chromozomu 4BS-4e12, jenž je přenesen z planého druhu *Triticum ponticum* L.. Druhý gen je umístěn na chromozomu 4A^m, tento gen pochází z pšenice jednozrnky (*Triticum monococcum*) [17] [18] [19] [20].

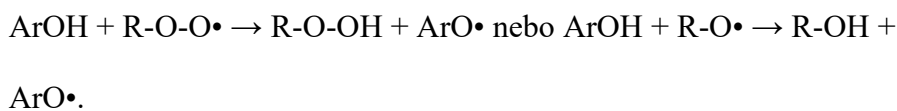
2.2 Antioxidanty

Antioxidanty v posledních letech jsou nepochybně ve společnosti více diskutovány a jsou jim přisuzovány vlastnosti, které jsou nejen pro člověka žádoucí. Se zvyšujícím povědomím

a stoupající úrovni poznání víme, že antioxidanty mají důležitou úlohu v odbourávání volných radikálů. Volné radikály působí na celou řadu biologicky a fyziologicky významných sloučenin. Jejich aktivitou a působením dochází ke změnám struktur a funkčnosti lipidů, sacharidů, bílkovin a dalších biologických sloučenin. Tyto reakce mohou mít za následek mnoho negativních vlivů na strukturu buněk, tkání, orgánů i celého organismu. Antioxidanty prodlužují přirozenou trvanlivost potravin. Svým charakterem zamezují v určité míře oxidační destrukci buněk a tkání. Mezi antioxidanty pocházející z obilovin tedy i pšenice patří anthokyany, flavonoidy, vitaminy a karotenoidy [21].

2.2.1 Mechanismus působení antioxidantů

Sloučeniny fenolového charakteru mohou jako primární antioxidanty reagovat s radikály hydroperoxidů ($\text{ROO}\cdot$), které vznikají při oxidaci lipidů nebo s alkoxylovými radikály ($\text{RO}\cdot$), které vznikají rozkladem hydroperoxidů. Poskytují poté volný atom vodíku, čímž přerušují řetězovou radikálovou reakci. Jako produkty vznikají fenoxylové radikály antioxidantu:



Tyto radikály reagují s volným hydroperoxylovým nebo alkoxylovým radikálem oxidované mastné kyseliny v terminační fázi [21].

2.2.2 Antioxidanty v obilovinách

Antioxidační vlastnosti v obilovinách mají především látky, jimiž jsou přítomné tokoferoly, karotenoidy anthokyany. Antioxidační hodnota u obilovin je různá. Pro konzumenta je důležitý antioxidační potenciál, který je dán biologickou dostupností a absorpcí v zažívacím traktu. U pšeníc s modrým aleuronem se největší antioxidační aktivita přisuzuje právě přítomnosti anthokyanových barviv v aleuronové vrstvě, které přecházejí do mlýnských výrobků a následně vyrobených pekařských výrobků [20].

2.3 Anthokyany

Anthokyany jsou látky patřící do skupiny flavonoidů. Většinou se jedná o intenzivně barevné látky, které jsou dobře rozpustné ve vodě. Barevné pigmenty dodávají většinou červené, modré až fialové odstíny zbarvení. Vyskytují se zejména u květin, ovoce a zelenině. Často přecházejí do produktů vyrobených z těchto surovin, např. víno.

Je popsáno přes 400 anthokyanů, z nichž v rostlinách je nejhojněji nacházeno šest základních (cyanidin, delphinidin, pelargonidin, peonidin, petunidin a malvidin). Tyto základní anthokyany jsou klasifikovány na základě počtu a umístění hydroxylových a methoxylových skupin na flavanoloovém jádru. Přítomnost těchto barevných látek má zaujmout zvířata (především hmyz), čímž se napomáhá opylování a rozptylování semen do okolí. Další funkční vlastností je ochrana rostlin před škodlivým působením ultrafialového záření.

Anthokyany jsou příznivé v celé řadě biologických aktivit, plní funkci dobrých antioxidantů, mají antimikrobiální a protizánětlivý účinek. V posledních letech s novými výzkumy se došlo k závěru že anthokyany indukují apoptózu, mají neuroprotektivní účinky a mají také protikarcinogenní aktivitu. Ta však nelze prokazatelně dokázat, jelikož po požití je množství anthokyanů v krvi velmi malé. V dalších studiích se zjistilo, že anthokyany mohou mít ochranný účinek proti koronárnímu srdečnímu onemocnění.

Jednou z širokého využití anthokyanů v potravinářství je výroba nebo přímé použití jako přírodní potravinářské barvivo. Přirozeně a nejvíce se anthokyany konzumují v ovoci a zelenině. Jejich obsah je značně odlišný a ovlivněný podle genetické propozice a způsobem pěstování. U obilovin se anthokyany nacházejí ve značném množství u purpurové kukuřice, červené a černé rýži a také již ve zmíněné pšenici s purpurovým oplodím nebo modrou aleuronovou vrstvou.

U pšenice s modrým aleuronem je obzvláště zajímavý poměrně vysoký obsah anthokyanů. Další výhodou je, že anthokyanové pigmenty mohou být koncentrovány suchým mletím a dalšími vhodnými a relativně jednoduchými operacemi [16] [17] [18].

3 JAKOST A KVALITA PŠENICE

Pojem jakost je poměrně široký, obecně lze jakost definovat jako soubor komplexní znaků a vlastností, podle něhož se kvalita posuzuje. Jako jakost můžeme označit všechny charakteristiky produktu. Obecně lze rozdělit kritéria jakosti do několika kategorií:

- Technologická jakost-sledovaným parametrem je obsah bílkovinného komplexu, vlhkost, objemová hmotnost, sedimentační index, číslo poklesu, příměsi a nečistoty, zlomky zrn a příměsi a další. Všechny tyto parametry mají následně vliv na využití pro výrobu a mají také vliv na ekonomický proces.
 - Zahrnuje kritéria *mlynářské* a *pekařské jakosti*.
- Hygienická jakost- udává důležitou zdravotní nezávadnost, zahrnuje mikrobiologický rozbor, rezidua pesticidů, mykotoxiny a další látky, které mají vliv na zdravotní nezávadnost.
- Nutriční jakost- sleduje nutriční hodnotu, zahrnuje sledování sacharidů, bílkovin, lipidů, vitaminů a minerálních látek tvořící výživovou hodnotu.
- Senzorická jakost-zahrnuje senzorické vnímání zákazníka.
- Užitná jakost- řeší otázku způsobu využití, trvanlivost a náročnosti na přípravu [7] [10] [22].

3.1 Mlynářská jakost

Mlynářskou jakost definují především anatomické, morfologické, fyzikálně-mechanické a strukturní znaky [22] [23]. Sledované parametry:

3.1.1 Objemová hmotnost

Je ukazatelem mlynářské jakosti a souvisí s výtěžností mouky. Její hodnota je závislá na odrůdě, podmínkách pěstování, vlhkosti a mikrobiálním stavu. Souvisí s velikostí a tvarovou vyrovnaností zrn [3] [24]. Dle ČSN 46 10 11 část 5 je objemová hmotnost „hmotnost jednoho litru zrna nasypného za podmínek zkoušky vyjádřena v kilogramech na hektolitr [22].

3.1.2 Stanovení hmotnosti tisíce zrn

Uvádí hmotnost přesně definovaného počtu zrn. Charakterizuje vyrovnanost zrna testované partie. Výsledek závisí opět na podmínkách pěstování a stavu zrn [22].

3.1.3 Výtěžnost mouky

Jedná se o jediný přímý ukazatel. Tento parametr se posuzuje pomocí provedeného pokusného zámelu. Zrno je vymleto na frakce a je procentuálně vyčíslen poměr frakcí [8].

3.1.4 Vlhkost

Vlhkost je zásadním parametrem důležitým pro prodej. Je definována jako úbytek hmotnosti vzorku po vysušení za předepsaných podmínek [3].

3.1.5 Stanovení tvrdosti

Jedná se o důležitý parametr, charakterizuje moučný endosperm, tzn. poškození škrobu. Souvisí s vlhkostí a vazností vyrobené mouky [22].

3.1.6 Stanovení podílu plných zrn

Tato zkouška se provádí dle ČSN 461011 část 7. Kdy podíl plných zrn tvoří hmotnostní procento zrn, nepropadajících sítím o velikosti ok 205x22 mm [24].

3.2 Pšeničná mouka

Pekařskou jakostí rozumíme vlastnosti a znaky pšeničného zrna, jenž se projeví po zpracování mouky především na vlastnostech finálního výrobku. U hotového výrobku je takto ovlivněn tvar, objem, velikost pórů a kyprost [8].

3.2.1 Vlastnosti pekárenské mouky

Pekárenská mouka musí dosahovat vysoké jakosti, především se jedná o mouku určenou na výrobu biologicky kypřeného pečiva. Tato mouka by měla disponovat vysokým obsahem bílkovin a měla by tvořit dostatečně pevnou a pružnou lepkovou síť. Kvalita pekárenské mouky se odvíjí od:

- Plynotvorné schopnosti mouky
- Cukrotvorné činnosti mouky
- Síle mouky [10]:

Zmíněné vlastnosti mouky se vzájemně ovlivňují a jsou navzájem propojeny. Předpokladem dobré *plynotvorné schopnosti* je dostatek přítomných zkvasitelných cukrů, dále závisí

na dobrém stavu a dostatečném množství funkčních amylolytických enzymů. V samotné mouce je výskyt přímo zkvasitelných cukrů nízký, a proto je důležitý dostatek amylolytických enzymů. V případě *cukrotvorné činnosti* se na této vlastnosti nejvíce podílejí přítomné amylolytické enzymy, které rozkládají složité sacharidy (především škrob), ve formě škrobových granul, na jednodušší sacharidové sloučeniny, které již jsou dále využitelné pro fermentaci. Důležitost správné cukrotvorné plynotvorné činnosti se projevuje postupně během zpracování. Nejprve se v počáteční fázi kynutí tvoří plyny z přirozeně přítomných zkvasitelných sacharidů, následně během dokynutí a pečení se uplatňuje cukrotvorná schopnost. Optimální stav mouky je tedy stav, kdy bude mít dostatečnou zásobu zkvasitelných sacharidů, což se projeví dostatečnou produkcí CO₂ od okamžiku vyhnětení až do umrtvení přítomných kvasinek po dosažení letální teploty vně produktu. U mouky s nedostatečnou cukrotvornou činností hrozí nedostatečný příjem zkvasitelných cukrů kvasinkám, výrobku bude hrozit nedostatečné vykynutí a malý objem [10] [15].

Pekařská síla mouky je definována jako schopnost zadržet kypřící (kvasné) plyny, vznikající při kynutí těsta. Síla pšeničné mouky je dána množstvím bílkovin, zejména lepkových, a kvalitou těchto bílkovin. Předurčena a ovlivněna je síla mouky především genetickými vlastnostmi odrůdy pšenice, z které je mouka vyrobena. Dále je síla předurčena a ovlivněna způsobem a podmínkami pěstování plodiny. Během hnětení vázou lepkové bílkoviny vodu, spojují se za účasti polysacharidů, lipidů a dalších složek do delších řetězců, čímž vytvářejí elastickou síť neboli lepkovou síť. Pšeničný lepek má významné viskoelastické vlastnosti, které jsou tvořeny převážně poměrem gluteinů a gliadinů. Lepková síť umožňuje udržet kypřící plyn uvnitř těsta. Stanovení obsahu lepku je prováděno většinou již ve mlýně a tento údaj by měl být deklarován odběrateli při dodávce. Ukazateli kvality lepkových bílkovin bývají hodnoty jako bobtnavost lepku, lepkový index, sedimentační test [10] [15].

3.2.2 Vlastnosti pečivářské mouky

Pečivářská mouka je používána jako základní surovina pro výrobu většiny trvanlivého pečiva. Stejně jako v případě pekárenské mouky platí, že kvalita je ovlivněna množstvím a kvalitou bílkovin. Vesměs je většinou žádoucí nízký obsah bílkovin a tvorba tažného lepku. U většiny výrobků zařazených do kategorie trvanlivého pečiva se nevyžaduje tvorba příliš pevné bílkovinné struktury, a proto se někdy k mouce přidávají za účelem oslabení

pevnosti bílkovin proteolitické enzymy. Je však obecně platné, že mouka by měla být vyrobená ze zdravé pšenice [15].

3.2.3 Mouka pro těstářenské účely

Další velkou skupinou výrobků vyráběných z pšeničné mouky jsou těstoviny. Pšeničná mouka zásadně ovlivňuje mechanické vlastnosti a vzhled těstovin. Pro výrobu této skupiny výrobků je vhodná mouka s vysokým obsahem bílkovin (12-16 %), což odpovídá 35-50 % mokrého lepku. Požadovaným vlastnostem nejlépe odpovídá mouka vyráběná ze zrn pšenice tvrdé (*Triticum durum Desf.*), použitelná je také mouka ze zrna pšenice obecné, případně lze využívat směsí těchto základních surovin. Zrna pšenice tvrdé mají být sytě sklovitě zbarvena. Tato sklovitost je způsobována přímo vlastnostmi endospermu a je úzce spjata s mlýnskou kvalitou a obsahem přítomných bílkovin v zrně. Je obecným pravidlem, že při vzrůstajícím obsahem bílkovin vykazují vyrobené těstoviny pevnější strukturu a nižší lepivost [6] [10] [15].

3.2.4 Hodnocení kvality mouky

Kvalitu mouky tvoří několik základních parametrů. Mezi důležité fyzikálně-chemické aspekty patří:

- Vlhkost-stanovení vlhkosti je základem pro hodnocení vlhkosti, jelikož většina analýz se vztahuje na hmotnost s 0% vlhkostí, tedy na sušinu.
- Číslo poklesu-tato hodnota udává stav amylo-škrobového komplexu zkoušené mouky. Znalost aktivity amylolytických enzymů je zásadní pro tvorbu optimálního množství kypřícího plynu vznikajícího během fermentace. Pokud je aktivita amylolytických enzymů nedostatečná, lze ji zvýšit přidáním sladu, jeho extraktu či přímo alfa-amylázy.
- Obsah popela-udává množství přítomných minerálních látek v mouce a indikuje stupeň oddělení endospermu od obalových vrstev během mletí zrn. Obsah popela u mouk, kdy cíleně vymíláme aleuronovou vrstvu, je vyšší, jelikož v aleuronové vrstvě se nachází větší množství minerálních látek než v samotném endospermu.
- Obsah dusíkatých látek- obsah těchto látek výrazně ovlivňuje kvalitu a využitelnost mouky. Často se obsah dusíkatých látek vyjadřuje jako obsah bílkovin. Stanovení se provádí referenční Kjeldahlovou metodou.

- Obsah mokrého lepku-obsah lepku je důležitým parametrem pro určení kvality mouky, má totiž souvislost s objemem pečiva a jeho soudržnosti.
- Sedimentační index- lze podle něj dělit mouky pro jejich další využití. Vyjadřuje se v milimetrech sedimentu vzniklého za specifických podmínek viz. další kapitola.[10] [15].

3.2.4.1 Stanovení vlhkosti

Vlhkost a její stanovení je jedním ze základních stanovení. Vlhkost je důležitým parametrem ovlivňující kvalitu mouky. Vlhkost je definována jako hmotnostní úbytek vzorku, který je vysoušen za podmínek metodiky. Obvykle se vlhkost vyjadřuje v %. Stanovení vlhkosti lze provádět několika metodami, které jsou různě přesné. Výběr metodiky záleží na požadavcích přesnosti. Metody lze tedy dělit:

- Klasická metoda- dle ČSN EN ISO 712 (461014), referenční metoda, sušení probíhá v elektrické sušárně při teplotě 130 °C
- Speciální sušárny- metoda využívá speciálních sušících zařízení se zabudovanými váhami (gravimetrická sušárna). Tato metoda je rychlá, poměrně přesná. Přístroj obvykle nabízí možnosti nastavení různé teploty sušení. Jedná se většinou o provozní stanovení vlhkosti.
- Speciální vlhkoměry
- NIR analyzátor [22] [25].

3.2.4.2 Stanovení čísla poklesu

Stanovení čísla poklesu je důležitý parametr pro stanovení amylázo-škrobového komplexu. Vychází z normy ČSN ISO 3093. Číslo poklesu vyjadřuje čas v sekundách, který uplynul od ponoření viskozimetrické zkumavky do horké vody, včetně času na promíchání viskozimetrickým míchadlem a času trvajících k poklesu míchadla o určené vzdálenosti ve vodném zmazovatěném gelu připraveného ze vzorku mouky. Pro toto stanovení se využívá přístroj Falling Numer švédské firmy Perten Instrumens [22] [26].

3.2.4.3 Stanovení obsahu mokrého lepku, gluten index

Mokrý lepek, je možné stanovit ručně tzv. ručním vypíráním lepku z těsta. Další možností stanovení této hodnoty je použití automatického vypírače. Označení mokrý lepek nesou

všechny složky, které jsou získány z vyhněteného těsta po jeho vyprání vodou. Mimo obsah lepku je žádoucí znát i jeho kvalitu, ta se vyjadřuje jako gluten index. Hodnota gluten indexu může nabývat od 0% do 100%. V případě dolní hranice charakterizujeme lepek jako měkký a rozplývavý. Naproti tomu v případě horní hodnoty je lepek charakterizován jako pevný [10].

3.2.4.4 Stanovení sedimentačního indexu

Sedimentační index (Zelenyho test) se stanovuje u vzorků pšeničné mouky. Hodnota sedimentačního testu je jakostním ukazatelem kvality viskoelastických vlastností lepkových bílkovin. Sedimentační index udává hodnotu v milimetrech a je roven objemu sedimentu, který vzniká za podmínek metodiky z připravené suspenze vzorku zkoušené mouky v roztoku kyseliny mléčné [10] [27].

3.2.4.5 Reologické vlastnosti těsta

Reologické vlastnosti těsta jsou důležitými informacemi v pekárenských technologiích, mají důležitou roli ve vytváření žádoucího a kvalitního produktu. Znalost reologických vlastností nám dokáže pomoci odhadnout průběh a chování těst v různých stádiích procesu výroby. Ve většině případů se na měření reologických vlastností využívají k tomu určené speciální přístroje. Přístroje se dají rozdělit na dva respektive tři druhy dle jejich účelu použití, a to na přístroje zjišťující jen některé reologické charakteristiky těst, které slouží jako ukazatele kvality. Druhými přístroji jsou zařízení, které mají simulovat některé technologické pochody. Existují i zařízení, které kombinují oba účely použití. Vesměs reologické přístroje měří odezvy těsta na různé druhy deformací. Výsledky měření jsou obvykle vyjadřovány pomocí empirických jednotek typických pro dané zařízení [10].

Rozdělení přístrojů fungujících na principech reologických měření:

- Zjišťování vybraných usančních vlastností reologického chování vzorků těst- Těsto je deformováno napínáním. Zjišťuje se tažnost do momentu přetrhnutí, nebo protrhnutí a dále se sleduje odpor vůči napínání.
- Sledování chování těsta během hnětení, simulování procesu hnětení- při tomto stanovení se zaznamenává odpor vůči hnětacímu procesu, dále se sleduje vaznost vody potřebné pro tvorbu ideální konzistence a vývinu těsta.

- Sledování průběhu vývinu těsta během fermentačního procesu- vytvořené těsto s droždím kyne v přístroji a zaznamenává se objem plynu a změna objemu těsta.
- Zjišťování chování těsta v průběhu pečení- Sleduje se změna objemu pečeného vzorku.
- Sledování vlastností při mazovatění (aktivita α -amylázy)
- Měření tuhosti, pružnosti a tvrdosti střídy upečeného vzorku.
- Simulativní přístroje napodobující extruzi [10] [28] [29].

3.2.4.6 Pekařský pokus

Pekařský pokus je důležitá zkouška, při které se hodnotí kvalita mouky. Pekařský pokus probíhá v režimu simulace výrobního procesu v laboratorních podmínkách. Metoda přípravy a provedení pekařského pokusu má zásadní vliv na finální vlastnosti upečeného vzorku. V některých případech zjištěné výsledky z provedeného pekařského pokusu nemusí korelovat s chováním v reálném průmyslovém provozu. Společnost AACC (American Association of Cereal Chemists) uvedla dvanáct možných metod pro provedení pekařského pokusu. U nás je nejpoužívanější metoda ICC č 131, jenž je charakterizována silným hnětením a poměrně krátkou dobou odležení. Po odležení se vytvarují bochníky, které mírně nakynou a následně se upečou za podmínek metodiky. Celková doba pokusu je poměrně krátká a trvá přibližně tři hodiny [10] [22].

Po provedení pekařského pokusu se následně u upečeného vzorku po vychlazení sleduje:

- Objemová výtěžnost pečiva- Představuje důležité kritérium kvality, z velké části odpovídá významu zařazení mouky do kvalitativního rozdělení. Hodnota objemové výtěžnosti je přímo úměrná objemu upečeného bochníku [3] [10] [30].
- Textura pečiva- textura zahrnuje široký pojem, ve své podstatě tento pojem zahrnuje mechanické, geometrické a ostatní vlastnosti, které navzájem tvoří komplexní vlastnosti výrobku. U pekařského pokusu se standardně v rámci textury zjišťují vlastnosti, jakými jsou tvrdost, soudržnost a žvýkatelnost. S texturou souvisí také ve velké míře senzorická analýza [10] [31].

3.2.4.7 Namáhání těsta tahem

Pro měření vlastností pšeničného těsta při namáhání se používá Brabenderův extenzograf. Kieffer dough and gluten extensibility rig je alternativní metoda, která umožňuje měřit

extenzografické vlastnosti těsta s menší spotřebou vzorku. Tato alternativní metoda využívá měření na texturním analyzátoru za použití speciálního nástavce.

Vzorek těsta je vylisovaný ve speciální formě o přesných rozměrech lichoběžníkového tvaru. Proužek těsta je umístěn mezi dvě destičky a je natahován háčkem umístěným na texturním analyzátoru. Vlivem vysokého namáhání tahem dochází k deformaci zkoušeného materiálu těsta, který je deformován do doby jeho přetržení [32].

3.2.4.8 Stanovení reologického chování těsta vystaveného míchání a teplotním výkyvům

Při měření reologického chování těsta, které je vystaveno míchání a teplotním výkyvům se v reálném čase měří kroutící moment mezi dvěma míchacími lopatkami. Tímto měřením se umožňuje zkoumání hned několika parametrů poskytujících informace o reologickém a enzymatickém chování vzorku.

Parametry získané měřením mají vypovídající vlastnosti o reologických vlastnostech těsta jako celku, redukci bílkovin, enzymatické aktivity mouky, mazovatění a retrogradace škrobových granulí.

- Redukce bílkovin- vychází se ze závislosti, že s postupným zvyšováním teploty těsta jeho konzistence řídne. Intenzita řídnutí je přímo závislá na kvalitě a stavu přítomných bílkovin v mouce respektive v těstě.
- Mazovatění škrobu-při dosažení určité teploty těsta dochází k jevu souvisejícím s mazovatěním přítomného škrobu. Tento stav se projeví zahušťováním konzistence těsta. Intenzita a rychlost zahušťování je přímo závislá na kvalitě škrobu a v určitých případech na možných případných přísadách ve zkoušeném vzorku.
- Amylázová aktivita-opět souvisí s konzistencí v průběhu záhřevu, je výrazně závislá na endogenní nebo záměrně přidané amylázové aktivitě.
- Retrogradace škrobu-tento ukazatel je charakterizován etapou, při níž dochází k ochlazení vzorku těsta. Během chlazení škrob retrograduje, což se projeví houstnutím konzistence [33] [34].

3.2.4.9 Sledování těsta během kynutí

Vlastnosti a vývin těst vyráběných z pšeničných mouk závisí na tvorbě kypřícího plynu ve vodné fázi a zároveň na jejich reologických vlastnostech. Kynutí těsta ovlivňují možnosti deformace proteinové sítě vlivem vytvářejícího se tlaku plynu a schopnosti těsta tento tvo-

řící se plyn zadržovat před samotnou tepelnou úpravou, při níž dochází k denaturaci bílkovin a mazovatění přítomného škrobu [35] [36] [37].

Na pekařskou kvalitu těsta a jeho reologické vlastnosti má vliv více faktorů. Tyto faktory lze rozdělit z pohledu fyzikálního, chemického a mikrobiálního. Z fyzikálních činitelů to je například rychlost, délka, intenzita a způsob hnětení. Z chemických vlivů se jedná především o obsah vody a dalších přítomných (přídavných) látek, které nají na těsto a jeho vývin vliv. Vesměs se jedná o látky přidávané se záměrem zlepšení vlastností výrobku. Z mikrobiálního hlediska je důležitý druh a aktivita použitého droždí (u kynutých těst). Činnost kvasinek má zásadní vliv na množství vytvořeného kypřícího plynu [36] [37].

4 MOŽNOSTI VYUŽITÍ PŠENICE S MODRÝM ALEURONEM

V současné době roste zájem o výrobky s vysokým pozitivním účinkem na lidské zdraví, vysoký zájem je o skupinu potravin označovaných jako funkční. Tyto skupiny potravin jsou známé a žádané kvůli jejich antioxidační aktivitě, která má schopnost vychytávat volné radikály, jenž mají ve velké míře nežádoucí vliv na lidský organismus. Barevné pšenice jsou potenciálně dobrými surovinami pro výrobu potravin s těmito žádanými vlastnostmi. Existuje řada výzkumů, které prokazují přínosné vlastnosti této suroviny. Barevná pšenice představuje zajímavý materiál pro potravinářský průmysl se zajímavými vlastnostmi [38].

V technologické praxi, zejména tedy v pekárenské technologii je důležité znát vlastnosti mouky tak, aby výrobky vyrobené z této suroviny odpovídaly požadovaným vlastnostem vyrobeného výrobku. Bylo vypracováno několik studií, které se zaměřily právě na aplikaci použití mouk z barevných odrůd pšenic. Výsledky byly samozřejmě odlišné dle použité mouky vyrobené z různých odrůd pšenic. Potenciální využití pšenice s modrou aleuronovou vrstvou je poměrně vysoké. Antioxidační aktivita je poměrně vysoká u výrobků, jelikož aleuronová vrstva je lokalizována blízko endospermu a přechází tak vcelku dobře do vyráběných mouk [17] [38].

Koncem roku 2011 byla v Rakousku zaregistrována odrůda pšenice s modrou aleuronovou vrstvou nazvaná Skorpion. Odrůda je určena pro speciální použití v potravinářství. Skorpion je odrůda středně pozdní až pozdní, se střední výškou vzrůstu, s odolností proti řadě chorob. Optimální podmínky pěstování na našem území poskytují míst s úrodnějším půdním systémem. Výtěžnost mouky ze zrn je střední míry [17].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo ověřit hypotézu, zda těsta připravená z pšeníc s modrou aleuronovou vrstvou vykazují rozdílné chování než těsta vyrobená z komerční (běžné) pšenice. Pro ověření bylo nutné stanovit, vyhodnotit a posoudit kvalitativní parametry mouky z pšenice s modrou aleuronovou vrstvou vůči mouce z pšenice obecné.

Dílčí cíle:

- Stanovení základní jakostních parametrů
- Praktická příprava těst dle vybrané metodiky-sledování těsta během kynutí
- Stanovení reologických vlastností
- Statistické vyhodnocení dat
- Diskuze a formulace závěrů

6 MATERIÁL A METODIKA

6.1 Analyzované vzorky mouky

Vypracovaná práce byla provedena na moukách z pšenice s modrou aleuronovou vrstvou- odrůdy Skorpion, dodaná z Mendelovy univerzity Brno. Mouky byly ve frakcích hladká, polohrubá a hrubá dle vyhlášky č. 333/1997 Sb. Jako srovnávací vzorek byla použita mouka zakoupena v tržní síti pod názvem Babiččina volba- výrobce GoodMills Česko s.r.o., v hrubosti hladká, polohrubá, hrubá [39].

6.2 Použité chemikálie

Chemikálie: Všechny použité chemikálie byly v čistotě p.a. Voda k přípravě těst a následnému měření byla použita výhradně demineralizovaná.

6.3 Metodika

U vzorku mouk z pšenice s modrou aleuronovou vrstvou i u srovnávacího vzorku byly provedeny základní stanovení a to:

- Stanovení vlhkosti
- Stanovení mokrého lepku
- Stanovení čísla poklesu
- Stanovení sedimentačního indexu

6.3.1 Stanovení základních parametrů

Stanovení vlhkosti:

Jako vlhkost se označují veškeré látky, které jsou těkající za podmínek metodiky. Navážené množství vzorku mouky je sušeno v analyzátoru vlhkosti halogenovými vahami (Ohaus MB 120). Vzorek mouky se suší při teplotě 130-133°C po dobu nutnou k dosažení konstantní hmotnosti [40] [41].

Pracovní postup:

Do čisté hliníkové misky, předem vytárované, se navážilo $5,0 \pm 0,5$ g vzorku mouky. Na přístroji se nastavila sušící teplota 130 °C. Sušilo se do doby konstantní hmotnosti. Přístroj vyhodnotil hodnotu obsažené vlhkosti.

Stanovení mokrého lepku:

Lepkové bílkoviny jsou hlavní součástí pšeničné mouky a jsou ve vodě nerozpustné. Převážné množství metodik je založeno na přípravě těsta, jeho odložení a následném vypírání vodou. Následným zbavením přebytečné přítomné vody z vypraného lepku získáme tzv. mokrý lepek, který je možné následně vysušit a získat tzv. suchý lepek. Obsah lepku závisí na stupni vymletí. Vypírané těsto je připravováno ze zkoušené mouky smíchané s roztokem chloridu sodného. Stanovení vychází z normy ČSN EN ISO 21415 [40] [42].

Pracovní postup:

Odvážilo se $10,0 \pm 0,5$ g vzorku mouky, která se smíchala v kádince s $5,0$ až $5,5$ ml roztoku chloridu sodného (20 g/l). Následně se špachtličkou vytvořilo těsto do tvaru kuličky, které se nechalo 30 minut odležet v uzavřené kádince. Po odležení se těsto vypíralo pod slabým proudem vody z vodovodního řádu nad záchytnou látkou tak, aby byly zachyceny případné odplavené kousky těsta. Případné odplavené kousky těsta se ihned spojovaly s hlavním podílem. Mnutí a stálé promačkávání se dělalo tak dlouho, dokud voda vytlačená z mokrého lepku vytvářela zákal. Po úspěšném vyprání se 3-krát rázným stiskem lepek zbavil přebytku vody. Následně se lepek mnul a mačkal po desce laboratorního stolu tak dlouho, až začal mírně lepit. Takto upravený lepek se ihned zvažil s přesností $0,01$ g [41].

$$X = 10 \cdot m \cdot \frac{100}{100 - w_1}$$

m obsah mokrého lepku v gramech

w_1 obsah vody ve vzorku %

Stanovení čísla poklesu

Stanovení čísla poklesu je založené na schopnosti připravené suspenze se vzorkem mouky. V horké vodní lázni se měří rychlost ztekucení škrobového gelu působením přítomné alfa-amylázy. Ztekucení a jeho rychlost je ovlivněno kvalitou a vlastnostmi škrobového gelu, který klade odpor viskozimetrickému míchadlu, čímž ho zpomaluje při pádu ve viskozime-

trické zkumavce. Stanovení se provádělo na přístroji Falling Number 1100 (Perten Instruments) [40] [41].

Pracovní postup:

Do viskozimetrické zkumavky se navážilo přesné množství zkoušeného vzorku s ohledem na jeho vlhkost. K odváženému vzorku se přidalo $25 \pm 0,2$ ml vody a zkumavka se uzavřela. Celý obsah zkumavky se důkladně protřepal, tak aby nebyla mouka ulpělá na stěnách zkumavky. Následně se zkumavka odzátkovala (zátka se otře o hranu zkumavky tak, aby nedocházelo ke ztrátám). Míchadlem, které se vloží do zkumavky, se nejprve setřely stěny zkumavky. Zkumavka s míchadlem se zasunula do vodní lázně přístroje a upevnila se otočením měřicí hlavice, čímž se měření spustilo. Změřená hodnota se následně odečetla z displeje [40] [41].

Stanovení sedimentačního indexu

Princip metody je založen na přípravě suspenze z roztoku kyseliny mléčné s přidavkem bromfenolové modře a vzorku zkoušené mouky. Tato směs je protřepávána a následně ponechána v klidu. Po usazení je odečtena hodnota objemu sedimentu. Stanovení vychází z normy ČSN EN ISO 5529 [27].

Pracovní postup:

S přesností 0,05 g se navážilo 3,20 g vzorku zkoušené mouky s ohledem na její vlhkost. Vzorek se nasypal do odměrného válce. Do válce se dále přidalo $50,0 \pm 0,5$ ml roztoku bromfenolové modře. Válec se uzavřel a ručně se promíchal přibližně 5 sekund. Po promíchání se válec vložil do třepačky a spustily se stopky. Po uplynutí doby 5 minut se válec vyjmul a ke směsi se přidalo $25,0 \pm 0,2$ ml zkušební roztoku kyseliny mléčné určené pro sedimentační test. Válec se opětovně vložil do třepačky. Celková doba protřepávání byla 10 minut. Po uplynutí této doby se válec vyjmul a postavil na rovnou plochu. Doba sedimentace byla 5 minut, po uplynutí 5 minut se ihned odečítal objem sedimentu s přesností 0,5 ml [10] [27].

6.3.2 Namáhání těsta tahem

Tahová zkouška těsta byla prováděna na texturním analyzátoru TA.XT plus (Stable Micro Systems, UK) s použitím metody Kieffer dough and gluten extensibility rig.. Nejprve bylo

připraveno těsto smísením 9,73 g zkoušeného vzorku mouky s 0,20 g chloridu sodného a 6,20 ml redestilované vody. Vyhnětené těsto se nechalo 10 minut odležet. Po odležení se těsto vložilo do teflonové formy a nechalo se tvarovat 40 ± 1 minut v termostatu na 30 ± 1 °C. Během testování byl vzorek těsta tažen hákem, dokud se neroztrhl. Rychlost pohybu háku byla $3,00 \text{ mm.s}^{-1}$, spouštěcí síla 5 g. Měření je zaznamenáváno softwarem ve formě grafu do elektronické podoby [32] [41].

6.3.3 Reologické chování těsta

Chování těsta a jeho reologické vlastnosti během procesu míchání byly studovány za použití přístroje Mixolab (Chopin Technologies, Paříž, Francie) obrázek č 2. Těsto bylo připraveno smícháním vody a vzorku mouky. Měření probíhalo ve dvou režimech [34].

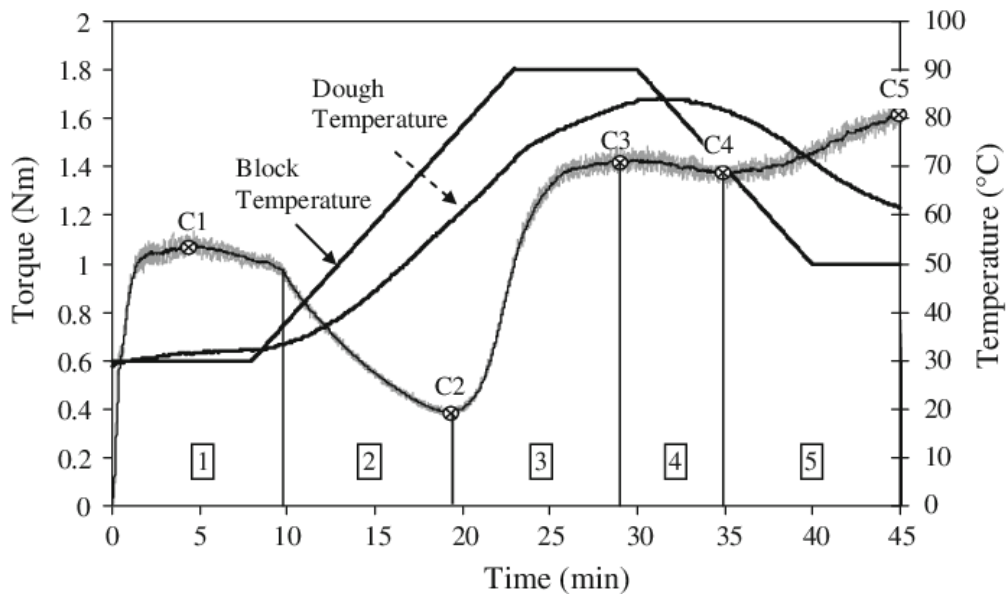
Prvním režimem byl protokol Chopin S, který simuloval provozní podmínky farinografu. Parametry získané tímto režimem měření byly: vaznost vody v mouce W (%), doba vývinu těsta V (min), stabilita těsta S (min) a stupeň změkčení Z (FU). Přehled naměřených hodnot u daných parametrů je uveden v tabulce č.4 [34] [35].



Obrázek 2 Mixolab [45]

Druhým použitým režimem, pro zjišťování reologického chování za použití přístroje Mixolab 2, bylo měření při použití nastavení označeného jako Standardní protokol Chopin + (obr. č. 3) Vybraná nastavení slouží pro testování chování těsta při zahřívání a chlazení. Cyklus teplotního rozsahu je definován v nastavení tohoto protokolu na $30-90-50$ °C. Po provedení měření byly hodnoceny následující vlastnosti vzorku: slábnutí těsta (redukce bílkovin) α (Nm.min^{-1}), mazovatění (gelovatění) škrobu β (Nm.min^{-1}) a stabilita amyλά-

zové aktivity γ (Nm.min⁻¹). Každý z testů byl proveden na vzorcích těsta připravených alespoň v šesti opakováních. Získané hodnoty uvádí tabulka č.5 [34] [43] [44] [46].



Obrázek 3 Graf Mixolab Chopin + [46]

- 1- vypracování těsta, 2- redukce bílkovin (alfa), 3- mazovatění škrobu (beta), 4- amy-lázová aktivita (gama), 5- retrogradace škrobu

6.3.4 Sledování chování těsta během kynutí pomocí reofermentometru

Sledování vývinu a zároveň sledování úniku vytvořeného kypřícího plynu v závislosti na čase během kynutí za podmínek metody je zaznamenáván přístrojem zvaným reofermentometr RheoF4 společnosti Chopin Technologies. Do komory přístroje je vložen košík, v němž je připravené těsto přiklopeno pístem se závažím. [37].



Obrázek 4 reofermentometr RheoF4, Chopin Technologies [37]

Měřicí píst je napojen na snímač, kterým je měřena měnící se výška těsta, což odpovídá vývinu v čase. Zaznamenáván je také tlak kypřícího plynu a jeho změna v systému. Výsledkem měření jsou dvě křivky.

Složení těsta: těsto bylo připraveno dle receptury uvedené v návodu k přístroji.

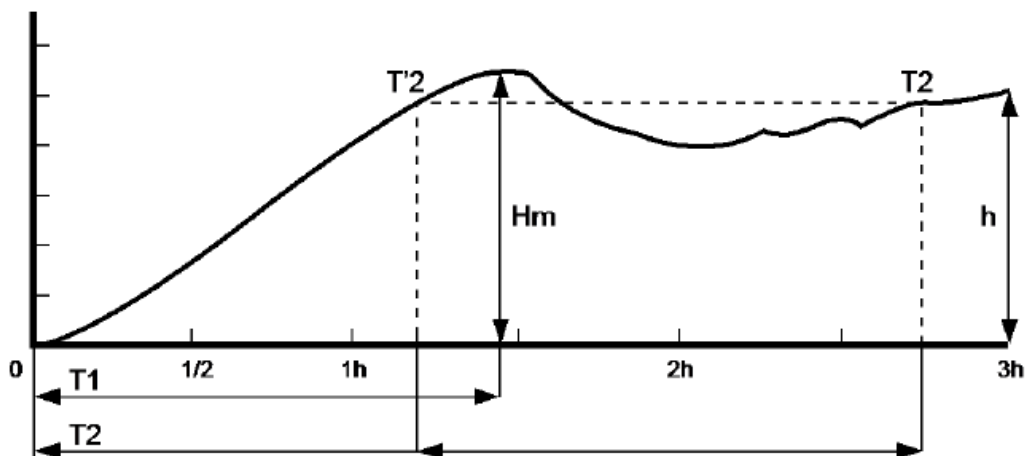
-250 g vzorku mouky,

-3 g sušeného droždí,

-5 g soli a vody z řádu.

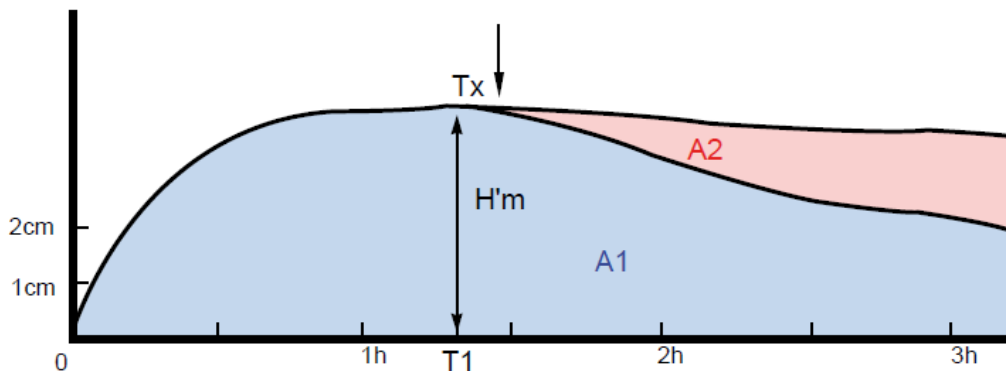
-Navážka vzorku mouky byla přepočtena dle aktuálního obsahu vlhkosti vzorku a objem přidané vody byl zjištěn s ohledem na hodnotu vaznosti vody [37].

Na obrázku č. 5 je znázorněna křivka vývinu těsta a na obrázku č. 6 je znázorněna křivka úniku plynu z těsta. Hodnoty závislostí jsou uvedeny v tabulce č. 6 a 7, dále statisticky zpracovávány [37].



Obrázek 5 Křivka průběhu vývinu těsta [37]

- T_1 – čas dosažení maximální výšky těsta [h, min]
- H_m – maximální výška těsta [mm]
- $T_2, T'2$ – rozmezí časů kdy dojde k relativní stabilizaci těsta při maximální výšce těsta $0,88H_m$ a současně ne nižší než 6 mm
- $\Delta T_2 = T_2 - T'2 =$ odolnost těsta
- h – výška těsta na konci měření



Obrázek 6 Křivka úniku plynu z těsta [37]

- $H'm$ – maximální výška křivky
- $T1$ – čas nutný k dosažení $H'm$
- Tx – čas úniku plynu
- $A1 + A2 =$ celkový vzniklý objem plynu
- $A1$ – objem plynu zadrženy v těstě
- $A2$ – objem plynu uvolněný z těsta během kynutí

6.3.5 Statistické vyhodnocení dat

Původním úmyslem bylo testování odchylky a význam odlišnosti hodnot parametrů pomocí metody parametrické analýzy rozptylu (ANOVA). Použít tuto metodu však lze pouze za splnění určitých předpokladů – normálního rozdělení souboru dat. Při použití za nesplněných předpokladů by mohlo dojít ke zkreslení vyhodnocení a chybnému závěru o významnosti vlivu zkoumaných faktorů, a proto se před samotnou analýzou ANOVA nejdříve testuje splnění předpokladů [47].

Normalita experimentálně naměřených dat byla testována Shapiro-Wilkovským testem. Výsledkem tohoto testu byly hodnoty W a p , přičemž W je korelační koeficient, jenž vyjadřuje korelaci experimentálně získaných dat s křivkou normálního rozdělení. Parametr p označuje chybu zamítnutí hypotézy, že hodnoty plní předpoklad normálního rozdělení. Rozdíly byly testovány na hladině významnosti $\alpha=0,05$, při použití testu Fischer LSD test. Pro p menší než α ($p < 0,05$) neměla data normální rozdělení. Při porušení normality rozložení dat, byla parametrická ANOVA nahrazena její neparametrickou obdobou Kruskal-Wallisův test, jenž nejeví závislost na typu rozdělených experimentálních dat. Celá analýza byla provedena za pomoci softwaru Statistica 13 (společnosti StatSoft, ČR) [47] [48].

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

Pro kvalitní pekárenské výrobky je důležité, aby kvalita použité mouky dosahovala vysoké jakosti. Těsto z připravené mouky by mělo mít optimální vlastnosti, mělo by být dostatečně tažné a zároveň elastické. Těsto by mělo poskytovat dobré podmínky pro působení kvasinek (u kynutého pečiva), optimální tvorbu a zadržování kypřícího plynu. Pro ověření vhodnosti zpracování mouky z pšenice s modrou aleuronovou vrstvou se provedla řada měření, které se statisticky vyhodnotily a porovnaly s výsledky s běžnou komerční moukou.

7.1.1 Stanovení základních parametrů

Kvalitu pšeničné mouky lze charakterizovat řadou parametrů, které dávají základní přehled o vhodném využití a následném zpracování. Mezi základní parametry pšeničné mouky lze řadit vlhkost, číslo poklesu, sedimentační index a množství mokrého lepku [3] [10]. Hodnoty naměřené u vzorku mouky Skorpion v granulaci hladká, polohrubá a hrubá uvádí tabulka č. 2.

Vlhkost mouky stanovovaná provozní metodou za použití halogenových vah dosahuje hodnot, které splňují legislativní požadavky. Požadavek vyhlášky č. 333/1997 Sb. stanovuje obsah vlhkosti u pšeničných mouk na maximální hodnotu 15,0 %. Hodnoty vlhkosti stanovovaných vzorků se pohybovaly v rozmezí od 9,46 do 9,76 %. [39].

Číslo poklesu u pšeničných mouk charakterizuje aktivitu amylytických enzymů a je spjat se správnou tvorbou struktury vyráběného pečiva. Požadavky čísla poklesu uvádí norma ČSN 461100-2, která u pšeničné mouky stanoví hodnotu čísla poklesu na nejméně 220 sekund. Požadavky této normy splňuje mouka z odrůdy Skorpion ve frakcích hladká a polohrubá. Experimentálně zjištěné hodnoty čísla poklesu odpovídají zjištěným hodnotám měřeným skupinou Machalková a spol. [9] [10] [49].

Sedimentační index (Zelenyho test) je u pšeničné mouky ukazatelem přítomných lepkových bílkovin, hodnota sedimentačního indexu je vyjádřena jako množství vzniklého sedimentu v mililitrech. Požadavek v normě ČSN 461100-2 pro pšeničnou mouku pekárenskou je nejméně 30,0 ml sedimentu. Experimentálně získané hodnoty Zelenyho testu požadavkům zmíněné normy. Nejvyšší hodnoty sedimentu byly získány u mouky hrubé, což bylo způsobeno pravděpodobně vyšším množstvím obalových vrstev, které navýšily množství sedimentu [9].

Mokrý lepek je jedním z kvalitativních ukazatelů pšeničné mouky. Požadavky mokrého lepku řešila dnes již neplatná ČSN norma, která množství mokrého lepku stanovovala na nejméně 25,0 %. Tento parametr je v novější verzi nahrazen parametrem N-látek v sušině. Mouky z pšenice odrůdy Skorpion dosahuje poměrně vysokých hodnot a dnes již zrušenou normu s přehledem splňuje [9] [50].

Tabulka 2 Základní parametry

Odrůda	Granulace	Vlhkost (%±SD)	Číslo poklesu (s±SD)	Sedimentační index (ml±SD)	Mokrý lepek (%±SD)
Skorpion	Hladká	9,76 ±0,13 ^a	250 ±4 ^b	34 ±1 ^a	50,8 ±0,4 ^b
	Polohrubá	9,59 ±0,07 ^a	234 ±10 ^b	36 ±1 ^b	43,1 ±0,3 ^b
	Hrubá	9,46 ±0,05 ^a	194 ±6 ^a	37 ±1 ^b	35 ±1 ^a

7.1.2 Namáhání těsta tahem

Chování těsta v průběhu deformace tahem uvádí tabulka č. 3. Základními parametry, které se sledovaly v průběhu této zkoušky, byly: odpor k tažení S, tažnost D a práce potřebná k přetržení P.

Síla potřebná k přetržení těsta z pšenice s modrou aleuronovou vrstvou se pohyboval v rozmezí 0,11-0,15 N, u komerčního vzorku pšenice se rozsah síly pohyboval od 0,31 do 0,34 N. Odolnost těst u všech granulací z odrůdy Skorpion je tedy v porovnání s komerčními vzorky mouky napříč všemi zkoušenými hrubostmi výrazně nižší. Vzdálenost nutná k přetržení, označená *D*, je u těst z mouky hladké a polohrubé u odrůdy Skorpion v porovnání s komerční moukou vyšší.

Nižší odpor k přetržení u mouky z barevné pšenice může souviset se snížením extenzivních ploch. Kombinace vysoké odolnosti k roztržení a tažnosti je jedním ze základních předpokladů pro dobrou kvalitu výroby kynutého pečiva.

Výsledky tedy ukázaly, že těsta z odrůdy Skorpion mohou být poměrně dobře protáhlé, avšak snadněji prasknou než těsta z komerční pšenice. Pro vypracování těsta z mouk Skorpion je zapotřebí menší práce než u komerčních vzorů [17] [32] [44].

Tabulka 3: Texturometr

Odrůda	Granulace	S (N ±SD)	D (mm ±SD)	P (N.mm ±SD)
Skorpion	Hladká	0,15 ±0,02 ^a	61 ±15 ^a	6 ±1 ^a
	Polohrubá	0,11 ±0,03 ^a	65 ±15 ^{a, b}	4,1 ±0,8 ^a
	Hrubá	0,11 ±0,01 ^a	34 ±6 ^{b, c}	2,3 ±0,4 ^b
Komerční vý- robek	Hladká	0,34 ±0,03 ^c	52 ±8 ^c	12 ±2 ^c
	Polohrubá	0,31 ±0,03 ^{c, d}	50 ±7 ^c	11 ±1 ^{c, d}
	Hrubá	0,32 ±0,02 ^d	47 ±4 ^d	11 ±1 ^d

S-síla potřebná k přetržení vzorku, D-vzdálenost potřebná k přetržení vzorku, P-práce potřebná k přetržení vzorku

7.1.3 Farinografické měření

Farinografické měření se používá k popsání a charakterizaci chování těsta při hnětení za konstantní teploty. Měřením se získá informace o optimálním množství vody k přípravě těst o optimální konzistenci 500 FU (farinografických jednotek), vyjádřené jako vaznost (absorpce) vody. Experimentální hodnoty jsou uvedeny v tabulce č.4.

Vaznost vody W u mouk Skorpion napříč všemi hrubostmi byla prokazatelně vyšší než u komerčních vzorků. Nejvyšší vaznost 73 % měla mouka Skorpion hrubá, nejnižší vaznost vykazovala komerční mouka hladká 53 %. Vysoká vaznost vody je pravděpodobně způsobena zvýšeným obsahem obalových vrstev v moukách.

Doba vývinu DT byla u komerční mouky prokazatelně vyšší než u mouk Skorpion, tento jev má výrazný vliv na vývin těsta viditelný a stanovovaný metodou za použití reofermentometru viz. dále.

Stabilita těsta ST byla významně ($p < 0,05$) vyšší než mouka komerční. Stupeň změknutí v porovnání mezi odrůdou Skorpion a komerční moukou byl statisticky nejviditelnější u polohrubé mouky, vysoká rozdílnost byla nejspíš způsobena nestandardním chováním těsta v průběhu měření. Z farinografického měření vyplývá, že mouky z barevné pšenice vyžadují vyšší přídavek vody, aby dosáhly optimální konzistence 500 FU. Dále se prokázalo, že těsta vyrobené z odrůdy Skorpion budou rychleji vyhnětena, avšak jejich stabilizace vli-

vem zvýšené přítomnosti obalových vrstev bude výrazně nižší než u těst vyráběných z pšenice obecné [36] [37] [51].

Tabulka 4 Farinografické měření

Odrůda	Granulace	W (% ±SD)	DT (min ±SD)	ST (min ±SD)	DS (FU ±SD)
Skorpion	Hladká	62,4 ±0,8 ^{b, c}	1,0 ±0,1 ^a	39 ±5 ^c	30 ±4 ^a
	Polohrubá	65,1 ±0,1 ^c	1,2 ±0,3 ^{a, b}	42,1 ±0,5 ^c	15 ±7 ^a
	Hrubá	73 ±1 ^d	1 ±1 ^a	57,7 ±0,6 ^d	2,1 ±0,9 ^a
Komerční výrobek	Hladká	53 ±1 ^b	2,9 ±0,1 ^{a, b}	25 ±6 ^b	59 ±5 ^a
	Polohrubá	57 ±5 ^a	5 ±4 ^b	10 ±8 ^a	320 ±90 ^b
	Hrubá	50,1 ±0,2 ^a	15 ±1 ^c	7 ±2 ^a	17 ±7 ^a

vaznost vody (W), vývin těsta (DT), stabilita těsta (ST), stupeň změknutí (DS)

7.1.4 Chování těsta během záhřevu

Chování těsta při záhřevu souvisí se změnou viskozity těsta, čehož se využívá při tomto stanovení. Způsob chování během pečení významně ovlivňuje schopnost těsta zachytit a zadržet plyn a expandovat spolu s ním. Během pečení dochází ke změnám viskozity. Tyto změny jsou obecně přisuzovány rozpadu bílkovin, rychlosti želatinizace a stabilitě při záhřevu.

V první fázi ohřevu (30–50 ° C) vykazovala těsta oslabení indikované negativními hodnotami α (tabulka 5). U parametru α (uvolnění vody) s významností ($p < 0,05$) jsou viditelné rozdíly mezi vzorky Skorpion a komerčním výrobkem, viskozita u vzorků Skorpion je nižší než komerčního výrobku. Dochází k částečnému uvolnění vody z proteinů po dosažení teploty jejich denaturace a částečně k uvolnění vody z dalších makromolekul v důsledku mechanického namáhání aplikovaného na vzorek.

Viskozita vzrostla v teplotním rozmezí 60–80 ° C, což je zřejmé z kladných hodnot β . Zatímco v předchozí fázi zahřívání byly vlastnosti těsta ovlivněny denaturací proteinu, v této fázi záhřevu se vytvořil gel škrobu. U gelování škrobu je viditelný rozdíl mezi odrůdou Skorpion a komerčním výrobkem jenž dosahoval prokazatelně vyšších hodnot. Nejnižší viskozitu vykazovaly předvídatelně hladké mouky.

Během závěrečné fáze γ zahřívacího procesu bylo pozorováno slabé oslabení těsta, což je viditelné ze záporných hodnot. U fáze β je viskozita oproti komerčnímu výrobku naopak vyšší, nejvyšší hodnotu vykazuje mouka Skorpion hrubá, tento jev ovlivňuje struktura škrobových granul. Ve fázi γ je statistický rozdíl pouze u mouky hladké komerčního výrobku, u níž je hodnota viskozity nejvyšší. [34] [44] [45].

Tabulka 5 Chování těsta během záhřevu-Mixolab

Odrůda	Granulace	α ($10^{-3}\text{Nm.min}^{-1}\pm\text{SD}$)	β ($\text{Nm.min}^{-1}\pm\text{SD}$)	γ ($\text{Nm.min}^{-1}\pm\text{SD}$)
Skorpion	Hladká	-97 ± 3^a	$0,50 \pm 0,08^{b,c}$	$-0,07 \pm 0,01^a$
	Polohrubá	$-93 \pm 6^{a,b}$	$0,58 \pm 0,05^c$	$-0,07 \pm 0,02^a$
	Hrubá	-97 ± 6^a	$0,61 \pm 0,05^c$	$-0,09 \pm 0,01^a$
Komerční výrobek	Hladká	-85 ± 5^b	$0,1 \pm 0,2^a$	$0,05 \pm 0,07^b$
	Polohrubá	-85 ± 4^b	$0,4 \pm 0,1^b$	$-0,1 \pm 0,1^a$
	Hrubá	-95 ± 6^b	$0,47 \pm 0,04^{b,c}$	$-0,05 \pm 0,03^{a,b}$

7.1.5 Chování těsta během kynutí

Pozorováním a sledováním chování těsta se zjišťuje kvalita těst a lze pomocí tohoto měření odhadnout chování těst v reálném provozu. Sledováním těsta v průběhu kynutí je viditelný, z naměřených dat (tabulka č. 6), zřetelný rozdíl mezi těstem vyrobeným z odrůdy Skorpion a komerčním výrobkem.

U parametru Tl (čas dosažení maximální výšky těsta) je na hladině významnosti ($p < 0,05$) znatelný rozdíl mezi vzorky i hrubostmi, nejkratší čas dosažení maximální výšky vykazovalo těsto z mouky Skorpion hrubé. Při statistickém vyhodnocení parametru Hm (relativní výšky těsta) je statisticky průkazný rozdíl mezi komerčními vzorky a vzorky mouk Skorpion.

Těsta z pšenice s modrým aleuronem vykazují nižší hodnoty maximální výšky těsta h . Nejnižší hodnotu výšky těsta 15,6 mm dosahuje těsto z mouky Skorpion hrubá. Tento jev pravděpodobně způsobuje přítomnost vyššího množství obalových vrstev ve vzorcích mouky Skorpion.

Při vyhodnocení procentuálního poklesu ve vývinu těsta z poměru relativního nárůstu výšky těsta a výšky těsta na konci měření se statisticky prokázal rozdíl mezi moukami z odrůdy Skorpion a komerční moukami ve všech frakcích hrubosti. Nejvyšší pokles vykazovalo těsto z mouky hladké Skorpion s hodnotou 36,3 %. U komerčního výrobku mouky polohrubé je směrodatná odchylka vyšší než samotná průměrná hodnota, což pravděpodobně způsobilo nestandardní chování mouky během stanovení [34] [51].

Tabulka 6 Vývin těsta

Odrůda	Granulace	T1(min±SD)	Hm (mm±SD)	h (mm±SD)	(Hm-h)/Hm (%±SD)
Skorpion	Hladká	108 ±13 ^{a, b, c}	35 ±6 ^b	22 ±4 ^b	36,3 ±0,8 ^e
	Polohrubá	94 ±8 ^a	29 ±2 ^{a, b}	21,5 ±0,4 ^b	25 ±8 ^c
	Hrubá	75 ±4 ^a	21,65 ±0,07 ^a	15,6 ±0,3 ^a	28 ±1 ^{c, d}
Komerční výrobek	Hladká	141 ±23 ^c	45 ±2 ^c	40 ±2 ^d	11,2 ±0,4 ^{a, b}
	Polohrubá	130 ±9 ^{b, c}	34,8 ±0,5 ^b	33,9 ±0,8 ^c	3 ±4 ^a
	Hrubá	111 ±21 ^{a, b}	33 ±4 ^{b, c}	28 ±2 ^c	14 ±6 ^{b, c}

T1 – čas dosažení maximální výšky těsta [h, min], Hm – relativní nárůst výšky těsta [mm], h – výška těsta na konci měření, (Hm-h)/Hm – % poklesu ve vývinu po celkovém čase měření v porovnání s T1

Součástí zkoumání chování těsta je sledování vývinu a schopnosti zadržení kypřícího plynu v těstě. Tyto parametry jsou rozhodující pro kvalitu finálního výrobku. Experimentálně ujištěné hodnoty uvádí tabulka č. 7.

Čas nutný T'1 k dosažení maximální výšky křivky vývinu kypřícího plynu, je dle statistického vyhodnocení u všech mouk dle statistického vyhodnocení bez rozdílu.

Parametr Tx čas úniku plynu nebyl u všech těst napříč hrubostmi statisticky rozdílný. Vzniklý objem celkového plynu Vt byl nejnižší se svou hodnotou 870 ±150 ml u těsta z komerční mouky hrubé. U ostatních těst nebyl prokázán u objemu vývinu celkového kypřícího plynu statistický rozdíl. Obdobný trend byl pozorován také u parametru Vr objem plynu zadrženého v těstě, kdy nejnižší hodnotou vykazovalo těsto připravené z komerční mouky hrubé. Množství objemu těsta uniklého s těsta je označen jako Vc. Nejvyšší únik plynu z těsta vykazovalo těsto

z mouky hrubé Skorpion, Vývoj a únik plynu souvisí s granulací a přítomností obalových vrstev v mouce. Zmíněné vlastnosti měřených těst shrnuje parametr R (retenční koeficient). Nejnižší schopnost zadržení kypřícího plynu vykazuje těsto z mouky hrubá Skorpion, ostatní těsta vykazují statisticky podobné procento zadrženého plynu [34] [51] [52].

Tabulka 7 Vývin kypřícího plynu

Odrůda	Granulace	H'm (mm±SD))	T1 (min±SD)	Tx (min±SD)	Vt (ml±SD)	Vr (ml±SD)	Vc (ml±SD)	R (%±SD)
Skorpion	Hladká	55 ±8 ^a	100 ±8 ^a	84 ±2 ^a	1230 ±190 ^b	1090 ±100 ^b	140 ±80 ^a	89 ±5 ^b
	Polohrubá	56 ±6 ^a	107 ±11 ^a	81 ±11 ^a	1280 ±140 ^b	1090 ±70 ^b	200 ±70 ^{a, b}	85 ±4 ^{a, b}
	Hrubá	61 ±11 ^a	125 ±2 ^a	64 ±4 ^a	1390 ±30 ^b	1130 ±30 ^b	270 ±5 ^b	80,6 ±0,1 ^a
Komerční výrobek	Hladká	57 ±5 ^a	84 ±47 ^a	82 ±22 ^a	1330 ±40 ^b	1170 ±10 ^b	170 ±20 ^{a, b}	88 ±1 ^{a, b}
	Polohrubá	52 ±8 ^a	73 ±8 ^a	73 ±1 ^a	1160 ±120 ^b	1040 ±70 ^b	120 ±50 ^{a, b}	90 ±3 ^b
	Hrubá	53 ±11 ^a	63 ±1 ^a	66 ±1 ^a	870 ±150 ^a	790 ±150 ^a	80 ±3 ^a	91 ±2 ^b

H'm – maximální výška křivky, T1 – čas nutný k dosažení H'm, Tx – čas úniku plynu, Vt celkový vzniklý objem plynu, Vr – objem plynu zadržený v těstě, Vc – objem plynu uvolněný z těsta během kynutí, R- retenční koeficient

ZÁVĚR

V práci byla testována mouka z pšenice s modrou aleuronovou vrstvou odrůdy Skorpion v hrubosti hladká, polohrubá, hrubá. Tyto mouky byly porovnávány s komerční moukou v obdobných hrubostech, aby se vyhodnotila použitelnost v praxi. Základní parametry odrůdy Skorpion až na stanovení sedimentačního indexu- Zelenyho test u všech odrůd a číslo poklesu u hrubé mouky odpovídají požadavkům norem.

Zkouškou tažnosti bylo prokázáno, že těsta z pšenice s modrou aleuronovou vrstvou jsou schopna natažení do delší vzdálenosti, avšak síla potřebná k přetržení je nižší než u komerčních mouk. Farinografickým měřením bylo zjištěno, že mouky z odrůdy Skorpion vykazují zvýšenou vaznost vody, vaznost stoupá s granulací. Tento jev je pravděpodobně spjat s přítomností vyššího obsahu aleuronových vrstev. Vývin u těst z odrůd Skorpion byl rychlejší, byla také dokázána výrazně vyšší stabilita než u běžné pšenice. Ze sledování chování těsta během záhřevu lze vyvodit, že Skorpion podléhá v první fázi záhřevu většímu slábnutí /redukci bílkovin, dochází u něj při záhřevu vyšší mazovatění škrobu, stabilita amylázové aktivity vyjádřená měřením vykazovala nižší hodnoty než komerční mouky. Při kynutí těst dosahuje odrůda Skorpion nižšího nakynutí avšak rychlejšího než těsta z běžné pšenice. Vývin kypřícího plynu a jeho udržení ve struktuře těsta je přibližně srovnatelná.

Z provedených stanovení vyplývá, že pro pekárenské využití je mouka z pšenice Skorpion použitelná. Nejvhodnější a nejbližší vlastnosti v porovnání s klasickou moukou vykazuje mouka Skorpion hladká. Pro potvrzení využitelnosti by bylo vhodné provést ještě pekařský pokus.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KENT. N., a A. D. EVERS, *Technology of cereals*. Woodhead Publishing, 1994. ISBN 0-08-040833-8
- [2] TEMPÍR, Z.: *Pěstování gengelu na Moravě a na Slovensku. Agrikultúra 2*, 1963, s. 93-97.
- [3] ZIMOLKA, J. a kol. *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*. Praha: Profi Press, s.r.o., 2005, 180 s. ISBN 80-86726-09-6
- [4] ALLEN, Alexandra M, Mark O WINFIELD, Amanda J. BURRIDGE, et al. *Characterization of a Wheat Breeders' Array suitable for high-throughput SNP genotyping of global accessions of hexaploid bread wheat (Triticum aestivum)*. *Plant Biotechnology Journal* [online]. WILEY, 2017, 15(3), 390-401 [cit. 2019-03-08]. DOI: 10.1111/pbi.12635. ISSN 14677644
- [5] ANONYM dostupný z: http://www.ctpp.cz/data/files/Prezentace_vlaknina.pdf
- [6] HRABĚ, J., I. HOZA a Otakar ROP. *Technologie výroby potravin rostlinného původu: bakalářský stupeň*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005, 178 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 8073183722
- [7] KULP, Karel a Joseph G. PONTE. *Handbook of cereal science and technology*. 2nd ed., rev. and expanded. Boca Raton: CRC Press, 2000, ix, 790 s. ISBN 0-8247-8294-1.
- [8] PŘÍHODA, J., P. Skřivan a M. Hrušková. *Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. Praha: VŠCHT, 2004. ISBN 80-7080-530-7
- [9] ČSN 46 1100-2:2001 *Obiloviny potravinářské – část2: Pšenice potravinářská*, Český normalizační institut, 2001
- [10] BUREŠOVÁ, Iva a Eva LORENCOVÁ. *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2013, 302 s. ISBN 978-80-7454-278-7.
- [11] ŠÁRKA E., BUBNÍK Z., *Referát 318* „Ústav chemie a technologie sacharidů“, Chem. Listy 104, 318-325 (2010) Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.

- [12] KOVÁČIKOVÁ E, VOJTAŠŠAKOVÁ A., *Vláknina v potravinách* 1. Vyd. Vyzkumny ustav potravinarsky 2003 30s., ISBN 80-89088-27-9 E.
- [13] ANONYM *Současné trendy výzkumu a vývoje potravin pro skupiny obyvatel se zvláštními požadavky na výživu, Studie pro Ministerstvo zemědělství ČR*, dostupné z: https://www.vupp.cz/wp-content/uploads/2018/05/Studie_MZe_1_cast.pdf
- [14] P. R. SHERY, Wheat, *Journal of Experimental Botany*, Vol. 60, No. 6, pp. 1537–1553, 2009, doi:10.1093/jxb/erp058
- [15] PAŽOUT V., Hemalová V., Aldorfová M., *Hygiena a technologie vegetativních produktů*, dostupné z <https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/Pazout-skripta-web.pdf>
- [16] BUREŠOVÁ, V., KOPECKÝ, D., BARTOŠ, J., MARTINEK, P., Watanabe, N., Vyhnanek, T., Doležel, J. *Variation in genome composition of blue-aleurone wheat*, THEORETICAL AND APPLIED GENETICS 128: 273-282, 2015, doi: 10.1007/s00122-014-2427-3
- [17] MARTINEK P.; ŠKORPÍK M.; CHRPOVÁ J.; FUČÍK P.; SCHWEIGER J, *Development of the New Winter Wheat Variety Skorpion with Blue Grain*, Czech Journal of Genetics and Plant Breeding 49(2):90-94 DOI: 10.17221/7/2013-
- [18] GRAUSGRUBER H, Atzgersdorfer K, Böhmdorfer S, *Purple and Blue Wheat—Health-Promoting Grains with Increased Antioxidant Activity*, Cereal Foods World, Vol. 63, No. 5, DOI: <https://doi.org/10.1094/CFW-63-5-0217>.
- [19] Mbarki, S., Sytar, O., Zivcak, M., Abdelly, C., Cerda, A., & Brestic, M. (2018). *Anthocyanins of Coloured Wheat Genotypes in Specific Response to SalStress*. *Molecules* (Basel, Switzerland), 23(7), 1518. doi:10.3390/molecules23071518
- [20] Martinek, P., Coufalová, O., Kurečka, R., Nováková E, Mikulcová J 2006 *Netradiční barva obilok pšenice (Triticum aestivum L.) její genetická podmíněnost a možnosti využití v potravinářství* s 95-98 In: UŽÍK M (eds) *Nové poznatky z genetiky a šlechtění polnohospodarských rostlin*, Výzkumný ústav rostlinné výroby Piešťany 120s
- [21] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*, Tábor: OSSIS, 1999, ISBN 80-902391-5-3
- [22] Kovaříková D., Netolická V., *Vzdělávací materiál pro předmět Technologická příprava*, 2011 reg. č. projektu: CZ.1.07/1.1.03/03.0037

- [23] PŘÍHODA J., HUMPLÍKOVÁ, P. a NOVOTNÁ, D., 2001, *Základy pekárenské technologie* Vyd. 1. Praha, ISBN 8090292216)
- [24] PŘÍHODA J., HRUŠKOVÁ M., 2007: *Hodnocení kvality: aplikace doporučených přístrojů, metod a interpretace výsledků pro praxi*. Praha: Svaz průmyslových mlýnů České republiky, ISBN 8023994751
- [24] PETR J., 2001: *Pěstování pšenice podle užitkových směrů*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, ISBN: 80-7271-090-7.
- [25] ČSN ISO 712 (461014), Obiloviny a výrobky z obilovin - Stanovení vlhkosti - Praktická referenční metoda, Praha:Český normalizační institut
- [26] ČSN ISO 3093 (461018), Obiloviny. Stanovení čísla poklesu, Praha:Český normalizační institut
- [27] ČSN EN ISO 5529 Stanovení sedimentačního indexu – Zeleného test, Praha: Český normalizační institut, 2000
- [28] Kadlec P., a kolektiv, *Technologie potravin I*, 2007, VŠCHT, ISBN 9788070805091
- [29] ANONYM, *WHEAT and FLOUR TESTING METHODS*, Wheat Marketing Center, Inc. Portland, Oregon USA, dostupné z: <https://nebraskawheat.com/wp-content/uploads/2014/01/WheatFlourTestingMethods.pdf>
- [30] AACC (American Association of Cereal Chemists), international-methods, Baking kvality, dostupné z: <http://methods.aaccnet.org/toc.aspx>
- [31] BUŇKA, F., HRABĚ, J., VOSPĚL, B. (2008): *Senzorická analýza potravin I*, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, 157. ISBN 978-80-7318-628-9.
- [32] Dunnewind, B., Sliwinski, E. L., Grolle, K., & Vliet, T. V. (2003). *The Kieffer Dough and Gluten Extensibility Rig-An Experimental Evaluation*. *Journal of Texture Studies*, 34(5-6), 537–560
- [33] Banu I., Stoenescu G., Ionescu V., Aprodu I. (2011): *Estimation of the baking quality of wheat flours based on rheological parameters of the mixolab curve*. *Czech J. Food Sci.*, 29: 35–44.
- [34] ANONYM, *Návod k obsluze Mixolab 2*, O.K. Servis BioPro

- [35] GUJRAL, Singh Hardeep a N. SINGH. *Effect of additives on dough development, gaseous release and bread making properties*. Food Research International, 1999, číslo 32, str. 691-697, ISSN: 0963-9969.
- [36] VERHEYEN, Christoph, A. ALBRECHT, D. ELGETI, M. JEKLE a T. BECKER. *Impact of gas formation kinetics on dough development and bread quality*. Food Research International, 2015, svazek 76, část 3, str. 860-866, ISSN: 0963-9969.
- [37] ANONYM. Rheo F4 User's manual. Chopin Technologies, Francie, 2016, 42 s.
- [38] RUBAN, A, HŘIVNA L., KONG J. L. H., DOSTÁLOVÁ Y., MACHÁLKOVÁ L., MÜLLEROVÁ M., ŠOTTNÍKOVÁ V., MRKVICOVÁ E., VYHNÁNEK T., TROJAN V., BUREŠOVÁ I., *The Use of Hemp and Color Wheat Flour as Baking Ingredients*. In: Proceedings of International PhD Students Conference, (MENDELNET 2016) [online]. Mendel Univ Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2016, s. 639-644.
- [39] ČESKO, Vyhláška č. 333/1997 Sb. Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí §18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, Sbírka zákonů. 1997.
- [40] SKOUPIL, Jan a Zdeňka LECJAKSOVÁ. *Chemické kontrolní metody pro 4. ročník SPŠ studijního oboru zpracování mouky*. 1. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury., 1988
- [41] BUREŠOVÁ, Iva. *Výroba potravin rostlinného původu: návody do cvičení I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014, 98 s. ISBN 978-80-7454-331-9.
- [42] ČSN EN ISO 21415 část 1, Stanovení mokrého lepku Český normalizační institut, 2007.
- [43] DAPČEVIĆ, Tamara, M. HADNAĐEV a M. POJIĆ. *Evaluation of the Possibility to Replace Conventional Rheological Wheat Flour Quality Control Instruments with the New Measurement Tool – Mixolab*. Agriculturae Conspectus Scientificus, 2009, svazek 74, číslo 3, str. 169-174, ISSN: 1331-7776.

- [44] BUREŠOVÁ, I., TROJAN, V., & HELIS, M. (2019). *Characteristics of flour and dough from purple and blue wheat grain*. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 13(1), 163-166, ISSN 1337-0960
- [45] MIXOLAB 2, Chopin Technologies dostupné na: <https://chopin.fr/en/page-dun-produit/mixolab-2.html>
- [46] SERPIL O., Kevser K. Æ Bengihan T., Hamit K., *Predicting the cookie quality of flours by using Mixolab*, European Food Research and Technology, DOI 10.1007/s00217-008-0879-x
- [47] ZVÁRA, Karel. *Základy statistiky v prostředí R*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2013, 259 s. Biomedicínská statistika, 4. ISBN 978-80-246-2245-3.
- [48] LEPŠ, Jan a Petr ŠMILAUER. *Biostatistika*. Vydání 1. České Budějovice: Nakladatelství Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, 2016. 438 stran. Episteme. Natura. ISBN: 9788073945879
- [49] MACHALKOVA L., HRIVNA L., JANECKOVA M., DOSTALOVA Y., MRKVICKOVA E., VYHNANEK T., TROJAN V., *Quality parameters and chemical composition of colored grain wheat after foliar fertilization*, MendelNet 2015, At At Fac Agron, Brno, Czech Republic
- [50] ANONYM-dostupná z <https://www.uroda.cz/kvalita-obilnin/>
- [51] SAKHARE SD, INAMDAR AA, SOUMYA C, Indrani D, Rao GV. *Effect of flour particle size on microstructural, rheological and physico-sensory characteristics of bread and south Indian parotta*. J Food Sci Technol. 2013;51(12):4108–4113. doi:10.1007/s13197-013-0939-5
- [52] CODINA G.G., MIRONEASA S., VOICA D.V., MIRONEASA C. (2013): Multivariate analysis of wheat flour dough sugars, gas production, and dough development at different fermentation times. Czech J. Food Sci., 31: 222–229

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

- T_1 – čas dosažení maximální výšky těsta [h, min]
- H_m – maximální výška těsta [mm]
- T_2, T'_2 – rozmezí časů kdy dojde k relativní stabilizaci těsta při maximální výšce těsta $0,88H_m$ a současně ne nižší než 6 mm
- $\Delta T_2 = T_2 - T'_2 =$ odolnost těsta
- h – výška těsta na konci měření
- H'_m – maximální výška křivky
- T_1 – čas nutný k dosažení H'_m
- T_x – čas úniku plynu
- $A_1 + A_2 =$ celkový vzniklý objem plynu
- A_1 – objem plynu zadržovaný v těstě
- A_2 – objem plynu uvolněný z těsta během kynutí
- W je korelační koeficient
- p chyba zamítnutí hypotézy
- W vaznost vody
- DT vývin těsta
- ST stabilita těsta
- DS stupeň směknutí
- V_t celkový vzniklý objem plynu
- V_r objem plynu zadržovaný v těstě
- V_c objem plynu uvolněný z těsta během kynutí
- V_r/V_t procento zadržovaného plynu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Složení obilného zrna [5]	13
Obrázek 2 Mixolab [45].....	37
Obrázek 3 Graf Mixolab Chopin + [46]	38
Obrázek 4 reofermentometr RheoF4, Chopin Technologies [37]	38
Obrázek 5 Křivka průběhu vývinu těsta [37].....	39
Obrázek 6 Křivka úniku plynu z těsta [37].....	40

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Složení obilky pšenice seté [8]	15
Tabulka 2 Základní parametry	42
Tabulka 3: Texturometr	43
Tabulka 4 Farinografické měření.....	44
Tabulka 5 Chování těsta během záhřevu-Mixolab	45
Tabulka 6 Vývin těsta	46
Tabulka 7 Vývin kypřicího plynu	47