

# **Technologická kvalita a možnosti pekárenského využití pšenice s purpurovým zbarvením zrna**

Bc. Romana Šebestíková

---

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. Romana Šebestíková**  
Osobní číslo: **T17542**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Technologická kvalita a možnosti pekárenského využití pšenice s purpurovým zbarvením zrna**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Pšeničné zrna jako surovina pro výrobu pečiva.
2. Pšenice s purpurovým zbarvením zrna.
3. Požadavky na kvalitu mouky určenou na výrobu pečiva.

### II. Praktická část

1. Charakteristika pšeničného zrna s purpurovým zbarvením.
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: **tiskárenská/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] ABDEL-AAL, E. S. M., HUCL, P., RABALSKI, I. Compositional and antioxidant properties of anthocyanin-rich products prepared from purple wheat, 2018. *Food chemistry*, 254, 13-19.

[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] LACHMAN, J., MARTINEK, P., KOTÍKOVÁ, Z., ORSÁK, M., ŠULC, M. Genetics and chemistry of pigments in wheat grain. A review, 2016. *Journal of Cereal Science*, 74, 145-154.

[4] TIAN, S. Q., CHEN, Z. C., QIAO, Y. F. Analysis of main physicochemical parameters in purple wheat with different milling technology, 2018. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), e13382.

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 Mižek, Ph.D.

*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: SEBESTIKOVÁ ROMANA

Obor: TECHNOLOGIE PETRAVA

## 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 <sup>1)</sup>;
- 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 <sup>3)</sup> 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

<sup>1)</sup> 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 nevydávající 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 nahlédnutí 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.

<sup>2)</sup> 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 nezahrnuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, učje-li nikdo 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).

<sup>14</sup> 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 díla:

(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 navržení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ústavní § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

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

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

## **ABSTRAKT**

Cílem této diplomové práce bylo vypracovat literární rešerši o pšenici, porovnat složení zrn pšenice obecné s pšenicí s purpurovým zbarvením zrna, o vlivu její konzumace na lidské zdraví a zjistit možnosti pekárenského využití mouky z purpurové pšenice. Dále zkoumat základní i pokročilé parametry technologické kvality u mouky namleté z purpurových pšenic, včetně obsahu vlhkosti, mokrého lepku, čísla poklesu, Zelenyho test, chování během kynutí, reologické chování během míchání a zahřívání a profil textury těsta. Nebyly nalezeny významné rozdíly mezi moukami AF Jumiko nebo PS Karkulka v porovnání s komerčními vzorky. Na základě výsledků této studie lze hladkou mouku z purpurových pšenic doporučit pro výrobu pečiva. Pro potvrzení závěrů probíhají rozbory pekařských pokusů.

Klíčová slova: pšenice, purpurové pšenice, purpurový perikarp, technologická kvalita mouky, pekárenské využití mouky

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis was elaborate a literary research about wheat, to compare the composition of common wheat grain with purple-colored wheat, its influence on human health and to evaluate the possibilities of purple wheat flour in bakery industry. Secondaly, to examine elementary and advanced technological quality parameters of the flour milled from purple wheats including determination of the moisture amount, wet gluten amount, Hagberg falling number, Zeleny sedimentation volume, dough behaviour during fermentation, rheology behaviour during uniaxial elongational test, mixing and heating test. No significant differences were found between AF Jumiko or PS Karkulka flour and the Commercial samples. Based on the results of our study, we can recommend fine purple flour for bread making. For a final confirmation of our conclusions, experimental baking tests are being performed.

Keywords: wheat, purple wheat, purple pericarp, technological quality of flour, bakery usage of flour

Ráda bych tímto poděkovala své vedoucí práce doc. RNDr. Ivě Burešové, Ph.D. za rady, pomoc a vstřícný přístup při vypracovávání diplomové práce.

Děkuji Agronomické fakultě Mendelovy Univerzity v Brně za poskytnutí vzorků mouky pšenice s purpurovým perikarpem.

Poděkování patří také mé rodině za veškerou pomoc a podporu v dosavadním studiu.

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

## OBSAH

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 PŠENICE A JEJÍ KLASIFIKACE</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 ANATOMICKÁ STAVBA ZRNA</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2 PŠENICE S NETRADIČNÍM ZBARVENÍM OBILKY</b> .....	<b>14</b>
1.2.1 PŠENICE S PURPUROVÝM ZBARVENÍM ZRNA .....	15
1.2.2 PŠENICE S MODRÝM A ŽLUTÝM ZBARVENÍM ZRNA.....	15
<b>2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA PŠENICE S PURPUROVÝM ZBARVENÍM ZRNA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 BÍLKOVINY</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2 SACHARIDY</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3 LIPIDY</b> .....	<b>19</b>
<b>2.4 VITAMINY A MINERÁLNÍ LÁTKY</b> .....	<b>19</b>
<b>2.5 DALŠÍ MINORITNÍ SLOŽKY</b> .....	<b>20</b>
2.5.1 ANTIOXIDANTY .....	20
2.5.2 ANTOKYANY .....	21
2.5.3 KAROTENOIDY.....	22
<b>3 TECHNOLOGICKÁ KVALITA PŠENICE</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY</b> .....	<b>26</b>
3.1.1 STANOVENÍ VLHKOSTI .....	26
3.1.2 STANOVENÍ OBSAHU MOKRÉHO LEPKU .....	26
3.1.3 STANOVENÍ ČÍSLA POKLESU .....	27
3.1.4 STANOVENÍ SEDIMENTAČNÍHO INDEXU .....	27
<b>3.2 SLEDOVÁNÍ CHOVÁNÍ TĚSTA BĚHEM KYNUTÍ POMOCÍ REOFERMENTOMETRU</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3 STANOVENÍ REOLOGICKÉHO CHOVÁNÍ TĚSTA POMOCÍ MIXOLABU</b> .....	<b>30</b>
<b>3.4 STANOVENÍ TAŽNOSTI TĚST POMOCÍ TEXTUROMETRU</b> .....	<b>33</b>
<b>4 MOŽNOSTI PEKÁRENSKÉHO VYUŽITÍ PŠENICE S PURPUROVÝM ZBARVENÍM ZRNA</b> .....	<b>35</b>
<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>36</b>
<b>5 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>37</b>
<b>6 MATERIÁL A METODY</b> .....	<b>38</b>
<b>6.1 ANALYZOVANÉ VZORKY</b> .....	<b>38</b>



<b>6.2</b>	<b>POUŽITÉ CHEMIKÁLIE .....</b>	<b>38</b>
<b>6.3</b>	<b>METODIKA.....</b>	<b>38</b>
6.3.1	ZÁKLADNÍ PARAMETRY.....	38
6.3.2	SLEDOVÁNÍ CHOVÁNÍ TĚSTA BĚHEM KYNUTÍ POMOCÍ REOFERMENTOMETRU .....	40
6.3.3	STANOVENÍ REOLOGICKÉHO CHOVÁNÍ TĚSTA POMOCÍ MIXOLABU .....	41
6.3.4	STANOVENÍ TAŽNOSTI TĚSTA POMOCÍ TEXTUROMETRU .....	41
<b>6.4</b>	<b>STATICICKÉ VYHODNOCENÍ DAT .....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>43</b>
<b>7.1</b>	<b>ZÁKLADNÍ PARAMETRY .....</b>	<b>43</b>
<b>7.2</b>	<b>SLEDOVÁNÍ CHOVÁNÍ TĚSTA BĚHEM KYNUTÍ POMOCÍ REOFERMENTOMETRU.....</b>	<b>44</b>
<b>7.3</b>	<b>STANOVENÍ REOLOGICKÉHO CHOVÁNÍ TĚSTA POMOCÍ MIXOLABU .....</b>	<b>49</b>
<b>7.4</b>	<b>STANOVENÍ TAŽNOSTI TĚSTA POMOCÍ TEXTUROMETRU.....</b>	<b>51</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>64</b>

## ÚVOD

Obiloviny, nebo také cereálie, hrají důležitou roli v potravinářství a to zejména v pekárenství. Jedná se o plody rostlin, obilnin, řadící se mezi traviny (*Gramineae*), do čeledě Lipnicovité (*Poaceae*). Mezi nejvýznamnější a celosvětově nejprodukovanější obiloviny patří zejména pšenice, rýže a kukuřice [1], [2].

Trendem v moderní výživě je v dnešní době zvyšovat nutriční hodnotu potravin, což lze ovlivnit především výběrem surovin. Pekárenství a pečivárenství není výjimkou. Konzumenti v honbě za zdravou výživou nacházejí oblibu například v celozrnném pečivu a dalších výrobcích, vyznačujících se příznivými vlivy na organismus. Pšenice s purpurovým perikarpem představují spolu s pšenicemi s modrým aleuronem velký potenciál pro výrobu pečiva. Zmíněné odrůdy, vzniklé vyšlechtěním z pšenice seté (*Triticum aestivum* L.), prokazatelně obsahují vysoký obsah vitaminů, minerálních látek, antokyanových barviv a jiných přírodních pigmentů s antioxidační aktivitou. Ty navíc poskytují zrnu i mouce charakteristické zbarvení. Nachází se především v obalových vrstvách zrna, a tudíž jejich množství klesá s vyšším stupněm namletí. To například znamená, že v hladké mouce lze nalézt méně antokyanů oproti mouce hrubé. Na základě výše uvedených skutečností se tedy předpokládá, že zařazení purpurových pšenic by mohlo mít významný kladný vliv na zdraví člověka [3].

Jedním z hlavních cílů bylo tedy stanovení vybraných základních i pokročilých parametrů technologické kvality u získaných vzorků mouky vybraných odrůd pšenice s purpurovým perikarpem. Jednalo se o vlhkost, číslo poklesu, sedimentační index a obsah mokrého lepku. Dále byl sledován průběh vývinu těsta, únik plynu z těsta pomocí reofermentometru, reologické chování těsta vystaveného míchání a teplotním výkyvům přístrojem Mixolab a stanovení tažnosti těst texturometrem. Na základě výsledků a dalších studií jsme se pokusili odhadnout možná použití barevné pšenice v pekárenství.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PŠENICE A JEJÍ KLASIFIKACE

Člověk začal pěstovat pšenici pro své stravovací účely jako jednu z prvních rostlin vůbec. Důkazy o jejím pěstování jsou staré asi 12 tisíc let a více. Nenáročnost této plodiny umožňuje její pěstování ve většině typů půdy a v různých klimatických pásmech. Podmínky pěstování spolu se šlechtěním zapříčiňují odlišné chemické složení zrn jednotlivých odrůd. Kromě výroby pečiva lze pšenici využít i jako krmivo, pro výrobu škrobu, nebo lihu. Existují různá hlediska klasifikace na jednotlivé druhy, viz níže [1], [2], [4].

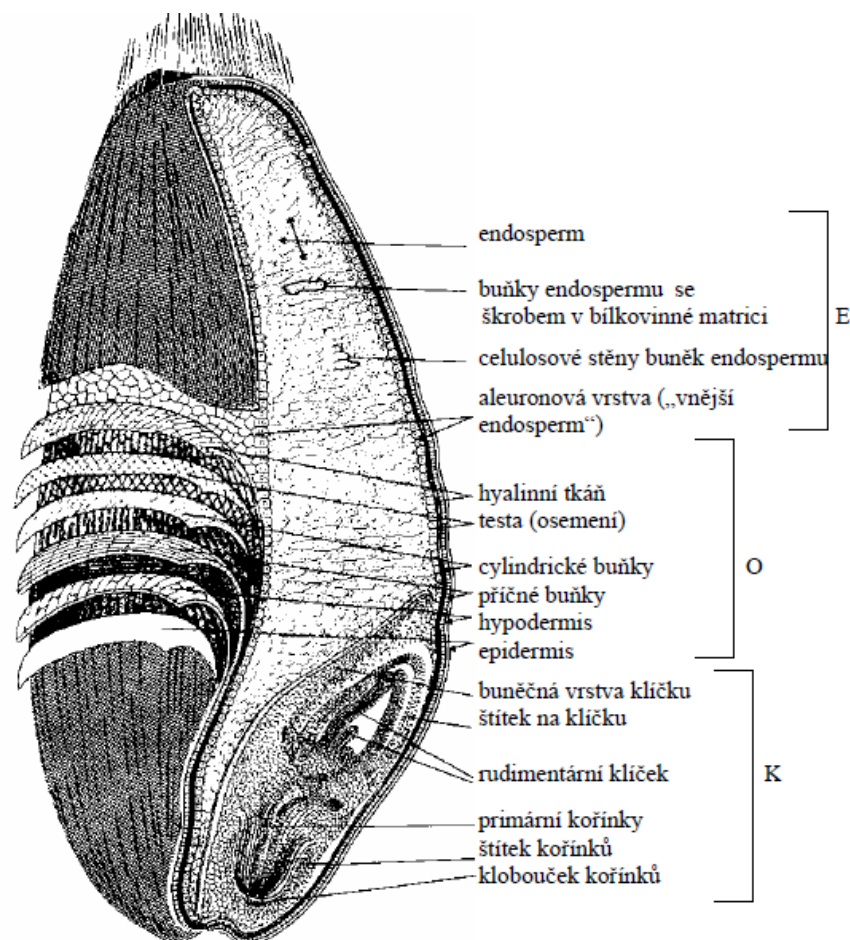
Jedním možným způsobem dělení pšenice je na jarní a ozimou, a to dle doby setí. Jarní pšenice se seje i sklízí ve stejný rok. Oproti tomu pšenice ozimá má delší vegetační dobu, jelikož je zasetá na podzim a sklizena příští rok v létě [1], [4].

Dále lze pšenici dělit dle barvy obalových vrstev na červenou a bílou. Bílé pšenice se vyznačují vysokou amylázovou aktivitou a náchylností k předsklizňovému porůstání, a tak se u nás pěstují spíše vyjímečně. Kromě červených a bílých pšeníc existují navíc i pšenice s netradičními zbarveními obilky. Jsou to pšenice žluté, modré a purpurové. Jejich zvláštností je obsah charakteristických pigmentů, který je určen vždy konkrétními geny [1], [4], [5].

Šlechtění dalo během posledního století vzniknout mnoha druhům pšenice. Jednotlivé botanické druhy se liší počtem chromozomů, složením zrn, technologickými vlastnostmi, a tedy i možnostmi pekárenského využití. Mezi nejrozšířenější komerčně pěstované druhy pšenice patří zejména pšenice setá (obecná, „pekařská“; *Triticum aestivum*), tvrdá („těstářská“; *T. durum*) a špalda („samopše“; *T. spelta*). Dále existují i další druhy, nicméně se hojně nepěstují. Z těchto lze jmenovat například pšenici jednozrnnou (*T. monococcum*), dvouzrnnou (*T. dicoccum*), polskou (*T. polonicum*), naduřelou (*T. turgidum*) a shloučenou (*T. compactum*) [2].

### 1.1 Anatomická stavba zrna

Pšeničné zrno má vejčitý tvar, od jednoho konce k druhému vede rýha, na vrcholu lze nalézt krátké jemné vlásky a na opačném konci se nachází klíček, neboli zárodek. Jedná se o zrno nahá, čili bezpuchá. Obilka je tvořena třemi hlavními částmi: obalovými vrstevami (15 % hm.), endospermem (82 % hm.) a zárodkem (3 % hm.). Každá odrůda se liší relativním obsahem jednotlivých částí zrna. Jejich zastoupení navíc ovlivňují i podmínky pěstování [1], [2], [4].



Obrázek 1: Podélný řez pšeničným zrnem se znázorněním jeho morfologických vrstev. Vrstva přecházející při mletí do otrub označena O, do mouky označena E, odstraňované s klíčkem K [2].

Jednotlivé vrstvy jsou zakresleny a detailně popsány na obrázku 1. Nejsvrchnější vrstvy, čili obalové, jsou dále děleny na oplodí a osemení. Jsou tvořeny zejména celulózu, hemicelulózu a minerálními látkami, například vápníkem, fosforem, železem, hořčíkem a křemíkem. Jejich funkcí je především ochrana před vnějšími vlivy, mechanickým poškozením, mikroorganismy, škodlivými látkami a nežádoucí nadbytečnou vlhkostí. Oplodí, jinak nazýváno perikarp je dále členěno na pokožku (epidermis), buňky podélné (epikarp) a buňky hadicové (endokarp). Pod oplodím je situováno osemení tvořené testy, což jsou buňky obsahující charakteristická barviva a určují tak zbarvení obilky. Další vrstvou je hyalinová membrána. Všechny výše zmíněné při mlýnském zpracování zrn přechází do pšeničných otrub [1], [2], [6].

Rozhraní mezi obalovými vrstvami a endospermem je tvořeno takzvanými aleuronovými buňkami. Někdy je označována jako vnější endosperm. Jedná se o krychlovité buňky obsahující bílkoviny, tuky, vitaminy, minerály, eventuelně barviva. Aleuronová vrstva při mletí ulpívá částečně na otrubách, částečně je převedena do mouk a zvyšuje tak obsah popelovin [1], [2], [6].

Vnější vrstvy obklopují endosperm. Ten je složen ze zásobních látek, polysacharidů a bílkovin. Jak ukazuje obrázek 1, jedná se tedy o buňky se škrobem a celulózovými stěnami, uložené v bílkovinné matrici. Kromě technologického významu mají zásobní látky endospermu základní funkci jako zásoba živin pro novou rostlinu [1], [2], [6].

Zárodek, klíček, neboli embryo je také chráněn vrstvami oplodí a osemení. Je složen z mnoha částí. Pomocí štítku dosedá na endosperm. Obsahuje zejména lipidy a vitaminy, zvláště skupiny B, dále jednoduché sacharidy a bílkoviny. Kvůli přítomnosti lipidů je před mletím zrna odstraňován, jelikož snadno podléhá oxidačním a enzymatickým změnám. Ovlivňoval by tak senzorké vlastnosti mlýnských produktů nežádoucím způsobem [1], [2].

## 1.2 Pšenice s netradičním zbarvením obilky

Jak již bylo zmíněno, u nás jsou s výhodou nejčastěji pěstovány odrůdy pšenice s červeným zbarvením zrna ve srovnání s bílým. Červená barva obilek je nesena na jedné až třech dominantních alelách (R-A1b, R-B1b a R-D1b). Vyšší obsah hořkých polyfenolických látek, zejména taniny, zapříčiňuje odolnost vůči předsklizňovému porůstání. Oproti bílým pšenicím obsahují otruby z červených odrůd i vyšší obsah kyseliny felurové. U bílých pšenic jsou výše zmíněné alely recesivní. Nepřítomnost polyfenolů způsobuje přirozenou vyšší sladkost těchto odrůd, čehož by bylo možné využít v cukrářství [5], [7], [8].

Zatímco v obilkách bílých pšenic se žádné pigmenty nevyskytují, byly vyšlechtěny genotypy, které oproti tradičním, červeným pšenicím, obsahují zvýšené množství různých fytochemikálií, jež mnohdy značně ovlivňují zbarvení zrna a potažmo i mlýnských výrobků. Z těch lze jmenovat například antokyany, flavonoidy, flobafeny a karoteonoidy, přičemž každá skupina z těchto látek zapříčiňuje jiné zbarvení a je kumulována v jiné struktuře obalových vrstev, eventuelně endospermu [5], [7], [9].

Podle těchto různých zbarvení rozlišujeme tedy obilky purpurové, modré a žluté. Koncentrace barviv je ovlivněna nejen genetickými faktory, ale také podmínkami pěstování a způsobem technologického zpracování. Vzhledem k tomu, že jsou barevné pigmenty

situovány primárně do svrchních vrstev zrna, předpokládá se využití netradičně zbarvených pšeníc zejména u výrobků vyrobených z celých zrn, nebo z mouky hrubé, případně s přídavkem otrub [5], [7], [9].

### 1.2.1 Pšenice s purpurovým zbarvením zrna

Purpurové zbarvení obilky je řízeno geny Pp, purple pericarp, konkrétně Pp1, Pp2 a Pp3, jež byly nově přejmenovány na Pp1, Pp3b a Pp3a. Zmíněné geny původem pochází z tetraploidních a hexaploidních odrůd pšenice z Etiopie. Celkem bylo v perikarpu purpurových pšeníc nalezeno 13 antokyanů, z nich byly nejpočetněji zastoupeny například kyanidin-3-glukosid, kyanidin-3-galaktosid a malvidin-3-glukosid. Spolu s nimi byly detekovány i pelargonidin-3-glukosid, nebo antokyany glykosilované arabinózou. Z registrovaných odrůd pšeníc s purpurovým zbarvením obilek lze uvést například odrůdy Rosso, Indigo, PS Karkulka a AF Jumiko [5], [7], [10].

PS Karkulka je odrůda řadící se mezi ozimé pšenice, pocházející ze Slovenska a je vyobrazena na následující straně na obrázku č. 2. Její zrno je drobné (hmotnost tisíce zrn HTZ je 41,3 g), obsahuje vysoký obsah dusíkatých látek a lepku. Mouka namletá z obilek této odrůdy se vyznačuje vysokým číslem poklesu, i vysokou vazností vody. Navíc je poměrně odolná i vůči různým chorobám [11].

Novou odrůdou pšenice s purpurovým perikarpem je AF Jumiko, jež byla na českém území vyšlechtěna poprvé a zaregistrována v roce 2018. Jedná se o ozimou pšenici a od jiných purpurových pšeníc se liší vyšším obsahem karotenoidů (1,67 mg/kg) a luteinu. Je středně až méně odolná vůči chorobám. Zrna má drobná a tvrdá. Kromě mlynářského pracování na mouky byla doporučena i pro výrobu vloček, těstovin, nápojů, nebo speciálních piv [12], [13].

### 1.2.2 Pšenice s modrým a žlutým zbarvením zrna

Modré zbarvení pochází u pšeníc z různých zdrojů, například od odrůdy *Triticum monococcum* L., nebo od plané *Thinophyrum ponticum* a je uloženo v kodominantním genu *Ba* (blue aleurone). I modré pšenice se vyznačují vysokým obsahem antokyanů, konkrétně lze jmenovat delfinidin-3-glukosid, delfinidin-3-rutinosid, kyanidin-3-glukosid, nebo 3-kyanidin rutinosid. Antokyany jsou lokalizovány zejména v aleuronové vrstvě zrna. Jednotlivé odrůdy se liší nejen rozdílným složením antokyanů, ale i různým zastoupením v povrchových vrstvách [5], [7], [14], [15].

U žlutých pšenic je charakteristickým rysem zbarvení způsobené žlutými pigmenty, karotenoidy. Ty jsou přítomny především v endospermu zrna, a tak se vymíláním dostávají i do konečných mlýnských výrobků. Hlavními obsaženými karotenoidy jsou lutein a zeaxantin. Porovnáme-li obsah karotenoidů červených a žlutých pšenic, zjistíme, že jejich množství může být až pětinasobně větší u odrůd se žlutým zbarvením [5], [7].



## 2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA PŠENICE S PURPUROVÝM ZBARVENÍM ZRNA

Pšeničná zrna obsahují bílkoviny, sacharidy, lipidy, vitaminy, minerální látky a další složky, jež jsou zastoupeny minoritně. Množství hrubých bílkovin se zjišťuje přepočtem ze získané hodnoty stanovení obsahu dusíku. Minerální látky v zrně se vyjadřují jako popeloviny. Zastoupení složek v obilce je proměnlivé u různých odrůd a je značně ovlivňováno i podmínkami pěstování, kupříkladu klimatickými podmínkami, hnojením, dále použitou agrotechnikou a podobně [1], [2], [16].

Nedílnou součástí zrna, mimo výše uvedených látek obsažených v sušině, je i voda, uváděná jako vlhkost. Ta funguje jako prostředí pro biochemické a fyziologické procesy, jež probíhají v obilce. Dle výše vlhkosti se z technologického hlediska zrna člení na zrna suchá (< 14 %), středně suchá (> 14 %), vlhká (> 15 %) a mokrá (>17 %) [16].

Chemické složení se liší navíc i napříč jednotlivými vrstvami zrna. Například sacharidy lze nalézt v různých formách. Zatímco endosperm je z většiny složen ze škrobu, v obalových vrstvách se nachází v podobě celulózy a pentózanů a v klíčku jako redukující cukry. Možná variabilita zastoupení složek zapříčinila snahu standardizovat vlastnosti komerčně pěstovaných odrůd a s nimi i jejich výrobků [1], [2], [16].

### 2.1 Bílkoviny

Zralá pšeničná zrna vypěstovaná na našem území běžně obsahují ve své sušině 8 – 15 % bílkovin. Z chemického hlediska jsou bílkoviny, nebo také proteiny, biopolymery složené z aminokyselin, vzájemně propojených peptidovou vazbou. Nejzastoupenějšími aminokyselinami jsou leucin, prolin, serin, glycin, threonin [1], [2], [17].

Bílkoviny lze klasifikovat dle různých hledisek. Rozlišují se různé typy bílkovin například podle jejich morfologického původu, biologické funkce, chemického složení, a také dle rozpustnosti v různých rozpouštědlech. Jinak nazývané Osbournovo členění dělí pšeničné bílkoviny na protoplazmatické albuminy (rozpustné ve vodě) a globuliny (v roztocích solí) a dále na zásobní gliadiny (rozpustné v 70% etanolu) a gluteniny, jež se částečně rozpouští působením zředěných roztoků kyselin a bází. Gliadiny a gluteniny, také nazývány lepkové bílkoviny, se vyznačují schopností společně tvořit pevnou a současně pružnou lepkovou síť, a tak zajišťují dobré viskoelastické vlastnosti těst [1], [2], [16], [18].

Obsah a vlastnosti pšeničných bílkovin jsou významnými ukazateli technologické kvality a spolurozhodují o možném využití v potravinářství. Kupříkladu, pšenice s vysokým obsahem zásobních bílkovin jsou žádány zejména při výrobě kypřeného pečiva. Naopak jejich nízký obsah je žádoucí při výrobě lihu, nebo speciálních sladů. U purpurových pšenic bylo nalezeno vysoké množství bílkovin i mokrého lepku [1], [2], [16], [17], [18].

## 2.2 Sacharidy

Obilky pšenice jsou velmi bohaté na sacharidy. Obsaženy jsou v různých formách, od jednoduchých cukrů až po polysacharidy, od stopových množství po desítky procent obsahu zrna. Jako u bílkovin je jejich zastoupení ovlivňováno odrůdou, klimatickými a půdními podmínkami, nebo dodržováním agrotechnických opatření [1], [2], [18].

Zvýšený obsah jednoduchých cukrů lze pozorovat během klíčení zrna. Jmenovitě jde například o glukózu, fruktózu, galaktózu, sacharózu, maltózu, nebo rafinózu. Jak v zrně, tak v mouce lze běžně nalézt jen malé množství monosacharidů, a to pouze 1 až 3 % [1], [2].

Z hlediska technologického je mnohem více sledován obsah polysacharidů. Tím nejvýznamnějším je škrob, zatímco mezi neškrobové se řadí arabinoxylany, celulóza, hemicelulózy, lignin a  $\beta$ -glukany. Škrob plní zásobní funkci, nachází se v endospermu ve škrobových zrnech a je tvořen navzájem propojenými glukózovými podjednotkami. Jeho podíl v sušině je 54-72 %. Obsah škrobu je v negativním vztahu s obsahem bílkovin v zrně, což přirozeně znamená, že čím vyšší obsah škrobu se v obilce vyskytuje, tím menší množství bílkovin v ní lze nalézt. Škrob je složen ze dvou frakcí, amylozy (25 %) a amylopektinu (75 %), z nichž první jmenovaná má lineární strukturu, je rozpustná v horké vodě a působením jódu vzniká modré zbarvení. Amylopektin vykazuje větvenou strukturu, ve vodě tvoří viskózní roztoky a mazy a jódem je barven dočervena. Schopnost tvorby škrobového gelu, jeho vlastnosti a stabilita hrají důležitou roli jak pro tvorbu textury pečiva, tak pro jeho údržnost a stárnutí. Navíc je škrob zdrojem zkrasitelných cukrů pro mikroorganismy při výrobě biologicky kypřeného pečiva. Pšeničný škrob lze upravovat za vzniku modifikovaných škrobů. Možnosti jeho využití tím ještě narůstají [1], [2], [18], [19].

Neškrobové polysacharidy zastávají funkce stavební. Z valné většiny jsou nerozpustné ve vodě. Celulóza ve vodě ani příliš nebobtná, snižuje vaznost vody a pevnost a pružnost těsta. Z toho důvodu se přidávají při výrobě do mouky zlepšující látky, například kyselina askorbová nebo sušený lepek pro posílení lepkové sítě. Nicméně byl prokázán

pozitivní vliv vlákniny na lidské zdraví, a tak je kladen stále větší důraz na konzumaci celozrnných výrobků. Některé pentozany jsou rozpustné ve vodě a vyznačují se dobrou vazností vody, čímž přispívají ke zlepšování kvality střídy pečiva. Naopak mohou být příčinou tvorby sraženin a zákalů při výrobě nápojů a piva [1], [2], [18].

### 2.3 Lipidy

Charakteristickou vlastností pro skupinu těchto látek je jejich omezená mísitelnost s vodou, a naopak dobrá rozpustnost v nepolárních organických rozpouštědlech. Patří mezi ně neutrální lipidy, tedy tuky a oleje, dále polární lipidy (fosfolipidy), steroidy, vosky, lipofilní pigmenty a některé vitaminy. Běžný obsah lipidů v pšeničné obilce spadá do rozmezí 1,5 – 2,5 %. Nejvíce se jich nachází v klíčku a obalových vrstvách. Kromě nutričního mají lipidy v pšeničné obilce i technologický význam. Nepolární lipidy v obilkách tvořené kyselinou linolenovou a dalšími nepolárními mastnými kyselinami snadno oxidují za přítomnosti vzdušného kyslíku, nebo jsou hydrolyzovány přítomnými lipázami. Starší mouky tak vykazují vyšší kyselost a jsou negativně ovlivněny i jejich senzorycké vlastnosti. Na druhou stranu přítomné polární lipidy příznivě ovlivňují objem pečiva. Dalšími významnými lipofilními sloučeninami jsou pigmenty, žlutá a oranžová barviva, jimž bude věnováno pár slov níže (viz kapitola 2.5.3) [1], [2], [16], [18], [20].

### 2.4 Vitaminy a minerální látky

V pšeničném endospermu lze nalézt spíše nepatrná množství vitaminů. Zejména ty ze skupiny B se nachází v obalových vrstvách a v klíčku. Odtud přechází do mouky větší hrubosti. Do světlé mouky přechází asi jen 10-20 % původního množství vitaminů. Konkrétně se jedná o vitaminy thiamin, riboflavin, kyselinu nikotinovou a nikotinamid a další. Vitamin E, je vlivem své lipofility soustředěn v pšeničném klíčku, odkud je izolován pro farmaceutické účely [1], [2], [18].

Obsah minerálních látek je stanovován jako množství popela, anorganický zbytek po spálení materiálu vzorku za podmínek metody, pohybující se v rozmezí 1,3-2,5 %. Nejméně minerálních látek se nachází v endospermu, kdežto v obalových vrstvách je přítomna většina. Jmenovitě se v obilkách nachází fosfor, hořčík, vápník, železo a podobně. V příměstských a průmyslových oblastech mohou být zrna kontaminována těžkými kovy, například kadmíem, olovem, nebo rtuť [1], [2], [18], [20].

## 2.5 Další minoritní složky

Mimo majoritně zastoupených látek obsahuje obilka i další, ne malého významu. Prvním příkladem jsou enzymy ze skupin amyláz, proteáz a lipáz, navzájem se lišící svou aktivitou. Zadruhé lze jmenovat kyselinu fytoovou, jež se vyskytuje spíše formou fytoátů. Ta se vyznačuje schopností vázat dvojmocné kovy a jiné minerální látky, a tak omezovat jejich využitelnost pro organismus. Dalším zástupcem minoritních složek je cholin, významný pro neuromotorickou činnost těla. A neposledními v řadě jsou skupiny pigmentů, poskytující rostlinám, obilkám a jejich součástem charakteristické zbarvení. Konkrétně se jedná o antokyanová a karotenoidní barviva, chlorofyl, antoxantiny a další [1], [2], [18].

### 2.5.1 Antioxidanty

Látky vyznačující se schopností zachycovat volné radikály, což zapříčiňuje i snížení oxidačního poškození, jsou nazývány antioxidanty. Jinými slovy, zamezují oxidaci téměř jakéhokoliv substrátu, i když jsou obsaženy ve velmi malém množství [3], [21].

V organismech je udržována rovnováha mezi antioxidanty a oxidanty. Dojde-li k nadměrnému vzniku volných radikálů, je rovnováha porušena, tělo je vystaveno oxidačnímu stresu a může vést i ke vzniku různých onemocnění, například některých typů rakoviny, aterosklerózy, mrtvice, revmatoidní artritidy, neurodegenerace, nebo cukrovky. Volnými radikály jsou zvané molekuly mající ve vnějším orbitalu nepárový elektron. Jedná se například o superoxidové, hydroxylové, peroxylové, alkoxylové, hydroperoxylové a mnohé jiné radikály. Vyznačují se poměrně vysokou reaktivitou, ale pomocí antioxidantů mohou být převedeny na méně reaktivní sloučeniny, čímž činí organismus odolnější vůči oxidačnímu stresu. Antioxidační aktivitu vykazují látky, běžně se vyskytující v potravinách, kupříkladu polynenasycené mastné kyseliny, vitamíny, fytochemikálie jako fenolické a polyfenolické látky, flavonoidy, antokyany, nebo karotenoidy [3], [21], [22], [23].

Existuje vícero možností jak vyjádřit obsah antioxidantů ve vzorku. Buďto se uvádí celková antioxidační aktivita, jejíž jednotkou jsou mg Trolox na kg sušiny. Dalším možným způsobem je stanovení celkových fenolických látek, které se uvádí v mg kyseliny gallové nebo ferulové na kg sušiny, nebo obsahu fenolických kyselin, vyjadřované taktéž v mg na kg sušiny [20], [24].

### 2.5.2 Antokyany

Největší významnou skupinou přírodních, ve vodě rozpustných pigmentů jsou antokyany. Jedná se o fenolické sloučeniny nesoucí u různých druhů rostlin, zeleniny, ovoce nebo obilovin škálu zbarvení od červené přes purpurovou po modrou. Lze je nalézt v různých rostlinných pletivech, stoncích, listech a semenech [25], [26], [27], [28], [29].

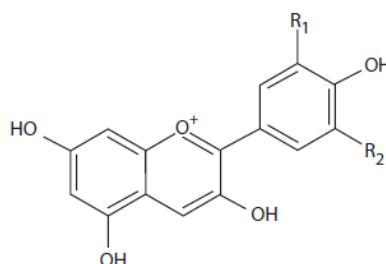
Antokyany se nejčastěji vyskytují ve formě glykosidů. Základní struktura, aglykon, neboli antokyanidin je spojen glykosidickou vazbou s jednou nebo více molekulami monosacharidu. Nejčastěji s glukózou, galaktózou, arabinózou, ramnózou, xylózou nebo fruktózou. Obecná struktura antokyanidinu je zakreslena v obrázku 2 a funkční skupiny nejdůležitějších aglykonů uvedeny v tabulce 1 [26], [28], [29], [30].

Purpurové pšenice obsahují ve srovnání s červenými a bílými odrůdami zvýšené množství antokyanů, zejména v perikarpu a obalových vrstvách. Nejzastoupenějším antokyanidinem je u purpurových odrůd kyanidin 3-glukosid, jež způsobuje typické červené až purpurové zbarvení. Je následován peonidinem, pelargonidinem a malvinidinem. Delfinidin a petunidin dává barvu odrůdám modrým. Obsah antokyanových barviv se uvádí jako celkové množství antokyanů v mg na kg sušiny, nebo jako obsah konkrétního aglykonu na 100 g sušiny [26], [27], [28], [29], [30].

Byly prokázány nejrůznější blahodárné vlivy dlouhodobé konzumace antokyanů na lidské zdraví. Působí antioxidačně, antimutageně, protizánětlivě a proti vzniku některých typů rakoviny, srdečních onemocnění a cukrovky. Navíc mají schopnost zachytávat volné radikály, detoxikovat enzymy a vázat kovy, například železo, zinek a měď. Proto je vyvíjena snaha o zvýšení jejich denního příjmu v běžně konzumovaných potravinách. Odhaduje se, že běžně konzumenti přijímají 3 až 215 mg antokyanů denně, přičemž množství je značně ovlivněno typem potravin a jejich úpravou. Díky zvýšenému obsahu antokyanových barviv jsou purpurové a modré pšenice a jejich výrobky považovány za funkční potraviny [26], [27], [28], [31].

Navzdory glykosilaci se jedná o látky poměrně nestabilní. Mohou být degradovány světlem, vysokými teplotami, vlivem kyslíku, rozpouštědel, případně enzymů. I jejich zbarvení je závislé na pH a přítomnosti kovů. Proto se nejrůznější studie snaží o jejich stabilizaci, čímž by umožnily širší využití nejen v potravinářství, ale i ve farmacii a dalších odvětvích [30].

Obrázek 2: Obecná chemická struktura antokyanidinu [30]



Tabulka 1: Nejzastoupenější antokyanidiny, jejich funkční skupiny a zbarvení, upraveno [28], [30]

aglykon	– R <sub>1</sub>	– R <sub>2</sub>	barva
Kyanidin	– OH	– H	červená
Peonidin	– OCH <sub>3</sub>	– H	fialová
Pelargonidin	– H	– H	červená
Malvinidin	– OCH <sub>3</sub>	– OCH <sub>3</sub>	červená
Delfinidin	– OH	– OH	modrá
Petunidin	– OCH <sub>3</sub>	– OH	fialová

### 2.5.3 Karotenoidy

Žlutě, oranžově a červeně zbarvené pigmenty jsou nejrozšířenějšími ve světě rostlin, mikroorganismů i živočichů a plní role jak provitaminů, tak antioxidantů. Jsou dále členěny do dvou skupin, na karoteny a xantofyly, z nichž druhé jmenované jsou kyslíkatými deriváty skupiny první. Bylo identifikováno více než 600 sloučenin, většina v orientaci trans. Jejich tvar, reaktivita a schopnost absorpce světla je dána přítomností konjugovaných dvojných vazeb ve středu molekuly [23], [32], [33].

Běžně se vyskytujícími karotenoidy v celozrnných obilovinách jsou lutein, zeaxantin, beta-kryptoxantin, beta-karoten a alfa-karoten. Jsou rovnoměrně obsaženy ve všech strukturách zrna, zejména v endospermu [23], [32], [33].

V pšenících s purpurovým perikarpem bylo nalezeno v porovnání s červenými, bílými a modrými odrůdami poměrně vysoké množství karotenoidních barviv. Výsledky

byly vyjádřeny buďto jako mg beta-karotenu na 100 g sušiny, nebo jako celkový obsah karotenoidů v mg na kg sušiny [20], [24].

### 3 TECHNOLOGICKÁ KVALITA PŠENICE

Kvalita bývá vyjadřována pomocí stupňů jakosti a jedná se o skutečné parametry dané obiloviny a jejich porovnání se zadaným standardem. Jakost je soubor znaků a charakteristik, jež jsou očekávány spotřebiteli a míra naplnění jejich požadavků. Kvalita pšenice je navíc dána i zamýšleným použitím. Jiné jakostní parametry jsou například vyžadovány při výrobě biologicky kypřeného pečiva, jiné pro výrobu těstovin, sladu, škrobu nebo lihovin. Skutečnost, že není vhodná pro konkrétní výrobu z ní však automaticky nečiní surovinu nekvalitní [1].

Hodnocení kvality obilovin, včetně pšenice, je upravováno jak pomocí Českých technických norem (ČSN), tak státní i evropskou legislativou. V tabulce č. 2 jsou zaznamenány jakostní parametry pro potravinářskou pšenici jaké jsou požadovány dle ČSN 46 110-2. Vyhláška 333/1997 Sb. udává, že obiloviny určené k přímé konzumaci smí obsahovat nejvýše 14 % vlhkosti, 1 % zloмокů zrn, 1 % příměsí a 0,15 % nečistot [34], [35], [36].

Tabulka 2: Jakostní parametry Pšenice potravinářské [34]

Jakostní parametr	Pšenice potravinářská
Vlhkost [%]	max. 14,0
Objemová hmostnost [kg/hl]	min. 76,0
Obsah N-látek [%]	min. 11,5
Sedimentační index [ml]	min. 30,0
Číslo poklesu [s]	min. 220
Příměsí a nečistoty celkem [%]	max. 6,0
Zlomky zrn [%]	max. 3,0
Zrnové příměsí [%]	max. 5,0
z toho tepelně poškozená zrna [%]	max. 0,5
Porostlá zrna [%]	max. 2,5
Nečistoty [%]	max. 0,5
z toho tepelně poškozená zrna [%]	max. 0,05



Parametry technologické kvality lze dále rozdělit na mlynářské a pekařské. Zatímco mlynářské popisují fyzikálně-mechanické a strukturní vlastnosti zrna obiloviny, pekařská kvalita souvisí zejména s hotovými výrobky a charakterizuje použitou surovinu – mouku. Mezi mlynářské parametry tedy patří objemová hmotnost, vyrovnanost zrn, hmotnost tisíce zrn (HTZ), výtěžnost mouky, vlhkost a obsah popela. Kritéria pekařské kvality jsou následující: Rapid Mix Test (objemová výtěžnost), obsah dusíkatých látek v sušině ( $N \times 5,7$ ), číslo poklesu, sedimentační index (Zelenyho test), objemová hmotnost a vaznost mouky [1], [37], [38].

Dle normy jsou jako potravinářská pšenice definovány zralé obilky pšenice obecné, s typickou barvou, jež neobsahuje žádné cizí pachy, škůdce, naplesnivělá ani plesnivá zrna, zrna poškozená sáním ploštic, ani nakažená mazlavou snětí, které splňují požadavky na zdravotně nezávadnou surovinu a nepřesahují limity kontaminujících látek, včetně radioaktivity. Normou a legislativou je dále dělena na pšenici pekárenskou, pečivářskou, pšenici pro výrobu těstovin a pro speciální použití. Pekařská se používá při výrobě biologicky kypřeného pečiva, pečivářská nachází využití jako surovina trvanlivého pečiva a speciálním použitím je myšlena výroba škrobu, nebo lihu [1], [34], [35].

Dalším možným způsobem klasifikace potravinářské pšenice je členění dle pekárenského využití. Pak se rozeznávají čtyři skupiny pekařské pšenice: elitní (E), kvalitní (A), chlebové (B) a nevhodné pro pekařské zpracování (C). Do tabulky č. 3 byly zaznamenány minimální požadavky na mouky pro zařazení do těchto skupin [34], [38].

Tabulka 3: Minimální požadavky na mouky dle pekárenského využití [34]

Parametr / jakostní skupina	E – elitní	A - kvalitní	B - chlebová
objemová výtěžnost [ml]	530	500	470
obsah N-látek [%]	12,6	11,8	11,0
sedimentační index [%]	49	35	21
číslo poklesu [s]	286	226	196
objemová hmotnost [g/l]	790	780	760
vaznost mouky [%]	55,4	53,2	52,1

### 3.1 Základní parametry

Ve zbývajících částech této kapitoly budou popsány principy jednotlivých stanovení, jež byly provedeny v rámci praktické části u získaných vzorků mouky z purpurových pšeníc. U vzorků byly nejprve zjištěny základní parametry charakterizující mouky, konkrétně vlhkost, obsah mokrého lepku, číslo poklesu a sedimentační index. Následně by sledován průběh vývinu těsta a únik plynu během kynutí pomocí reofermentometru a mixolabem bylo pozorováno reologické chování těst za mechanického a tepelného namáhání. Nakonec byla testována tažnost těst pomocí textuometru.

#### 3.1.1 Stanovení vlhkosti

Vlhkost je definována jako úbytek hmotnosti vzorku vyjadřovaný v procentech. Provádí se sušením vzorku za definovaných podmínek, po stanovenou dobu odpovídající velikosti částic. Zatímco sušina je pevný zbytek po sušení, vlhkost odpovídá těkavému podílu, který se odpaří ze vzorku. Navážka je sušena při teplotě 130 – 133 °C za běžného atmosférického tlaku. Měření se provádí paralelně minimálně dvakrát. Výsledky se uvádí s přesností na 0,1 % [35], [39].

#### 3.1.2 Stanovení obsahu mokrého lepku

Množství lepku obsaženého v těstě je ukazatelem pekárenské kvality mouky. Kromě vztahu k objemu pečiva hraje důležitou roli pro soudržnost těstovin. Navíc je významná i jeho kvalita, vyjadřovaná jako gluten index v rozmezí 0 – 100 %. Nízká hodnota znamená měkký a rozplývavý lepek, zatímco vyšších hodnot nabývají mouky obsahující velmi pevný lepek. [1]

Obsah mokrého lepku se zjišťuje u těsta připraveného z mouky a roztoku chloridu sodného. Těsto se postupně vypírá vodou z řádu nebo solným roztokem, ručně, nebo mechanicky pomocí přístrojů k tomu určených. Intenzita hnětení se během propírání postupně zvyšuje. Po vyprání škrobu je z těsta vytlačena přebytečná voda a získaný mokřý lepek je zvážen. Výsledek je vypočítán ze dvou vedle se prováděných stanovení a vyjadřován v hmotnostních procetech s přesností na jedno desetinné místo [40].

### 3.1.3 Stanovení čísla poklesu

Číslo poklesu je hodnota uváděná v sekundách, která nepřímo ukazuje aktivitu amyláz ve vzorku. Stanovení je založeno na schopnosti tohoto enzymu mazovatět a ztekucovat přítomný škrob. Po smíchání vzorku mouky s vodou a řádné homogenizaci ve zkumavce, vložení viskozimetrického míchadla a uložení do vroucí vodní lázně je měřena rychlost propadu míchadla škrobovým gelem. Čím rychleji míchadlo vzorkem klesá, tím vyšší je aktivita přítomných amyláz. Navážka vzorku se odečítá z tabulky v závislosti na obsahu vlhkosti [1], [41].

### 3.1.4 Stanovení sedimentačního indexu

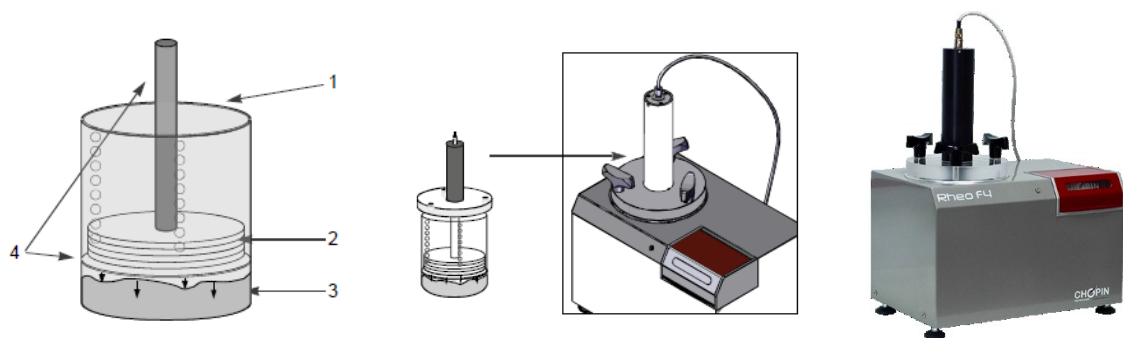
Hodnota sedimentačního indexu poukazuje na kvalitu lepkových bílkovin v pšeničné mouce, respektive odráží množství podjednotek gluteninů o vysoké molekulové hmotnosti (HMW). Metoda je také zvana Zelenyho test a jednotkou jsou mililitry, jelikož se měří objem sedimentu, který se vzniká po pěti minutách usazování suspenze mouky, kyseliny mléčné a bromfenolové modři v uzavíratelných odměrných válcích. Výsledky se uvádí v celých číslech [1], [42].

## 3.2 Sledování chování těsta během kynutí pomocí Reofermentometru

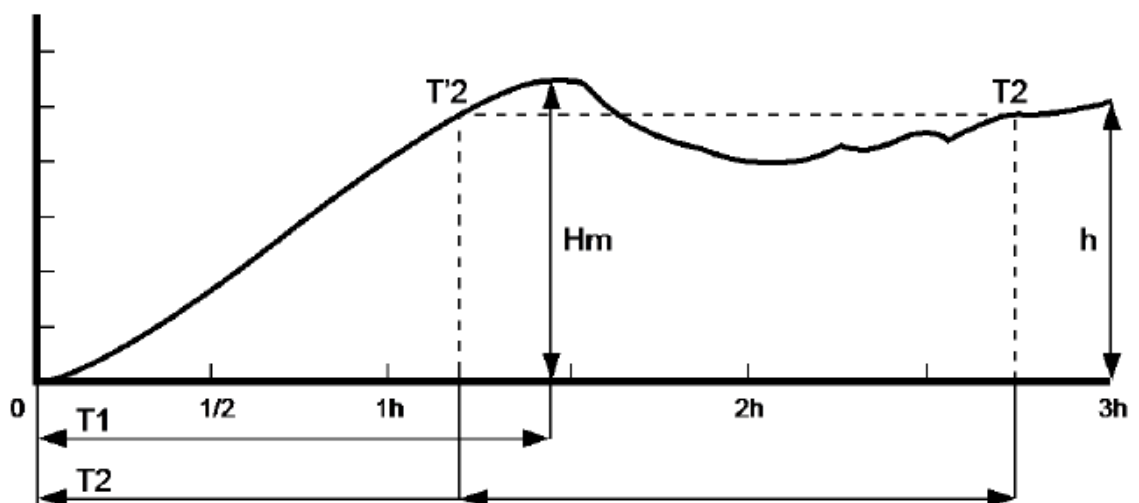
Vývin pšeničných těst závisí na tvorbě kypřícího plynu ve vodné fázi a současně na jejich reologických vlastnostech. Kynutí těsta tudíž záleží na možnostech deformace proteinové sítě vlivem tlaku plynu a schopnosti tento plyn zadržovat před tepelnou úpravou, kdy dochází k denaturaci bílkovin a gelování škrobu [43], [44], [45], [46], [47].

Pekařskou kvalitu těsta, jeho reologické vlastnosti ovlivňuje více faktorů. Z fyzikálních vlivů jde o způsob, rychlost a délku hnětení. Příliš krátkým hnětením nedojde k dostatečné hydrataci škrobů a během kynutí k jeho interakci s proteiny. Naopak dlouhé hnětení zapříčiňuje vznik příliš lepkavého a hůře zpracovatelného těsta. Z chemických vlivů lze uvést obsah vody a různých přídatných látek. Ty propůjčují výrobkům sensorické vlastnosti, ovlivňují také jejich texturu, nutriční hodnotu, objem a trvanlivost. Jde například o hydrokoloidy, sušená mléka, tuky a oleje, sůl a kyseliny mléčnou nebo octovou. Struktura těsta a pekařských výrobků je navíc ovlivněna i zadrženým množstvím kypřícího plynu, který vzniká činností kvasinek. Hustota těsta po kynutí závisí na druhu droždí a počtu kolonií tvořících jednotek (KTJ) [43], [44], [45].

Sledování vývinu těsta spolu s únikem kypřicího plynu v závislosti na čase během kynutí za podmínek metody umožňuje přístroj, zvaný reofermentometr RheoF4 společnosti Chopin Technologies. Do testovací komory přístroje je uložen košík s připraveným těstem přiklopeným pístem a zatíženým závažím. Tyto komponenty jsou zakresleny na obrázku č. 3. Pomocí pístu napojeného na senzor je měřena měnící se výška těsta, a tedy jeho vývin v čase. Změny tlaku vlivem vznikajícího kypřicího plynu jsou sledovány pneumatickým okruhem přístroje. Výsledkem měření jsou dvě křivky, viz obrázky číslo 4 a 5 níže. [46], [47]



Obrázek 3: vlevo – soustava komponent pro měření v reofermentometru (1-košík, 2-závaží, 3-vzorek těsta, 4-píst); uprostřed – vložení soustavy do testovací komory reofermentometru; vpravo – reofermentometr RheoF4, Chopin Technologies [46]



Obrázek 4: Křivka průběhu vývinu těsta [46]

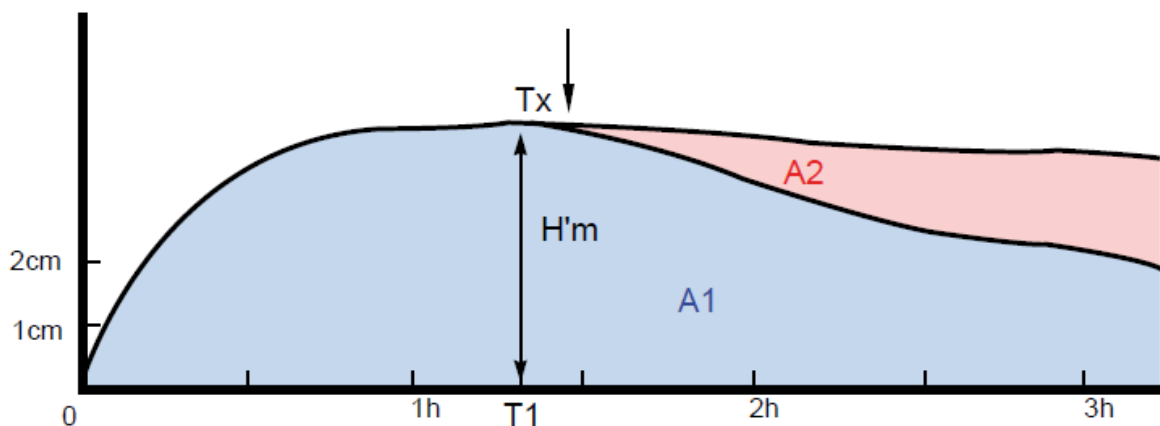
Záznam vývinu výšky těsta v závislosti na čase je zaznačen na obrázku číslo 4. Vyhodnocením křivky lze získat následující hodnoty, s jejichž pomocí lze posoudit kvalitu těsta:

- $T_1$  – 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
- $(H_m-h)/H_m$  – % poklesu ve vývinu po celkovém čase měření v porovnání s  $T_1$

Z hodnot  $T_1$  a  $(H_m-h)/H_m$  je možno určit nejlepší čas hnětení těsta, nicméně  $T_1$  souvisí s aktivitou droždí. S výsledným objemem těsta je spojena výška  $H_m$ . Indikátorem odolnosti těsta během kynutí je hodnota  $T_2$  [46].

Souběžně se stanovením vývinu těsta je měřen i únik kypřícího plynu ze vzorku. Významnými body výsledné křivky, jež je zakreslena na obrázku 5, jsou následující:

- $H'_m$  – 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 zadržený v těstě
- $A_2$  – objem plynu uvolněný z těsta během kynutí



Obrázek 5: Křivka úniku plynu z těsta [46]

Výslednou hodnotou vyhodnocení grafu je retenční koeficient  $R$ , uváděný v procentech. Jedná se o poměr zadrženého objemu plynu ( $A_1$ ) k celkovému objemu kypřícího plynu, vyprodukovanému během měření ( $A_1+A_2$ ). Mouky získané namletím zdravých zrn vykazují retenční koeficient téměř 100 %. U vzorků s vysokým obsahem vnějších obalových vrstev, u celozrnné mouky a u získané z poškozených a nesprávně skladovaných zrn, může klesnout jeho hodnota až na 50 %. Z toho vyplývá, že čím vyšší je čas úniku plynu  $T_x$ , tím vyšší je kvalita mouky [46].

### 3.3 Stanovení reologického chování těsta pomocí Mixolabu

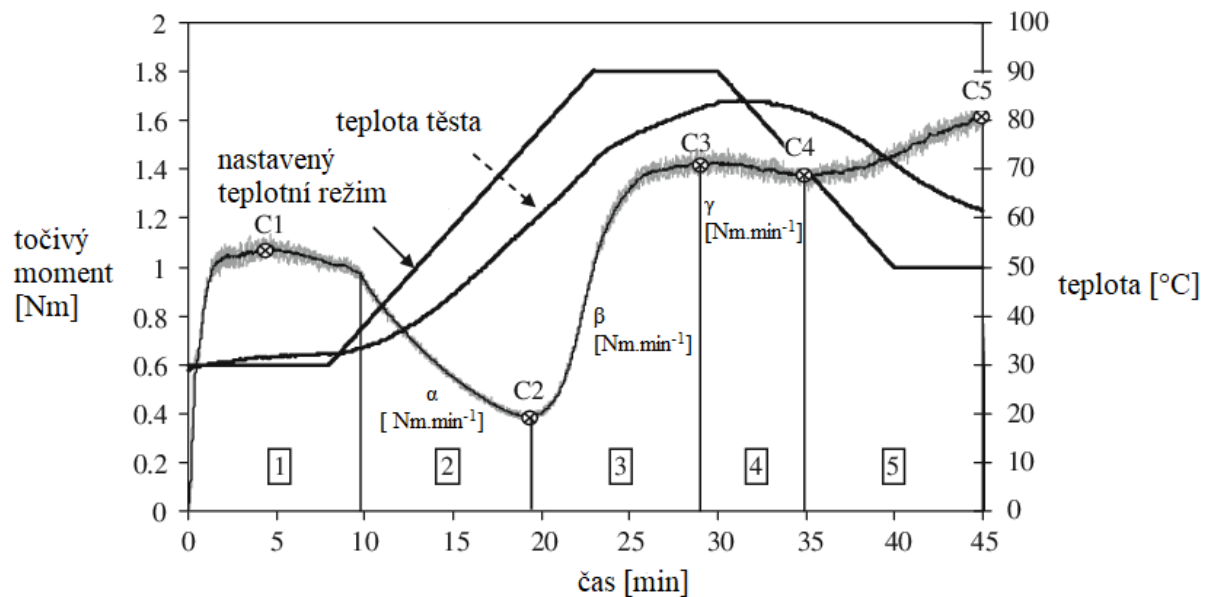
Mixolab je přístroj (viz obrázek č. 6), umožňující stanovit kvalitu mouky různých obilovin tak, že je připravené těsto vystaveno mechanickému namáhání přednastavenou rychlostí míchání (množství otáček za minutu v rozmezí 30-250 rpm) a zvoleným teplotním cyklům (maximální dosažitelná teplota je 90 °C). Jeho nejdůležitější součástí je speciální skládací miska se dvěma rotujícími míchadly. Kombinuje metody měření na extenzografu, alveografu, farinografu a mixografu a lze s jeho pomocí získat komplexní charakteristiku reologických a deformačních vlastností těsta [47], [48], [49], [50], [51].

Je možno současně měřit jak charakter přítomných proteinů, tak škrobu, včetně jiných složek v reálném čase a za použití poměrně malého množství vzorku (30–110 g). Společně během jednoho měření lze zjistit kapacitu absorpce vody mouky, sílu lepku, stabilitu během míchání, aktivitu alfa-amyláz a dalších enzymů, teplotu želatinace a retrogradace škrobu a další [47], [48], [49], [50], [51].



Obrázek 6: Mixolab, Chopin Technologies [52]

Výsledné hodnoty lze využít pro stanovení vhodnosti použití mouky pro konkrétní účely, také zjištění reologických vlastností a chování těst připravených z celozrnné mouky a těst bohatých na vlákninu. Jiným možným způsobem využití mixolabu je detekce napadení pšenice škůdci, aktivity enzymů plísní, stanovení vlivu přísad aditiv do těsta, například enzymů, lepků, emulgátorů, solí, cukrů a tuků, a mnohé další [47], [48], [49], [50], [51].



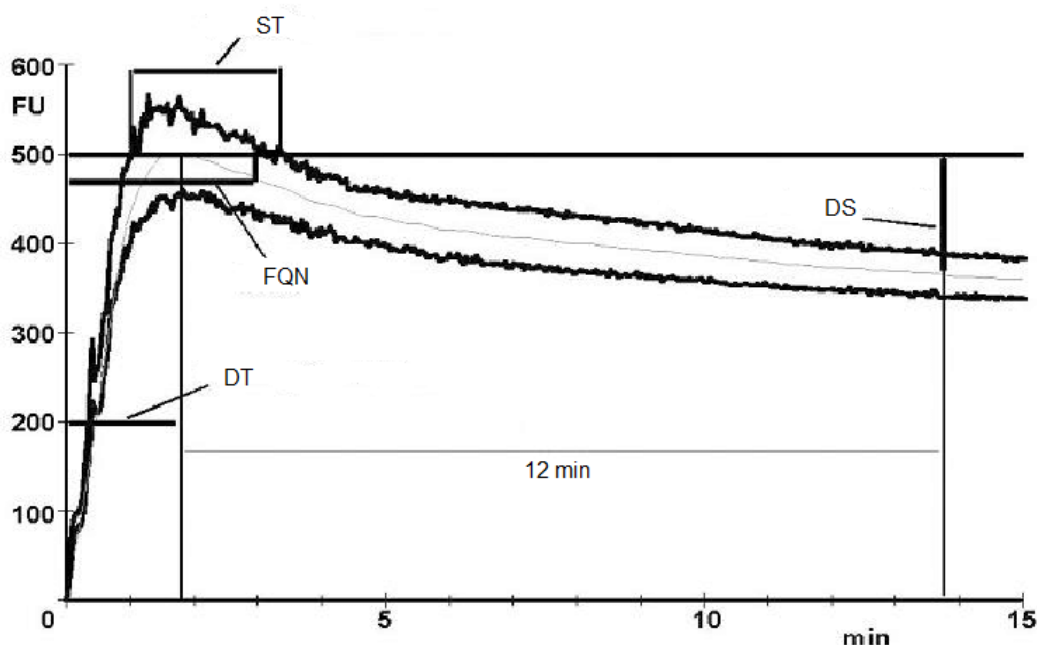
Obrázek 7: Měření na mixolabu – závislost točivého momentu a teploty na čase [53], upraveno

Na obrázku číslo 7 je zakreslena popsaná standardní křivka měření na mixolabu, včetně důležitých bodů [54]:

- C1 – C5: charakteristické body na křivce vymežující oblasti křivky 1-5
- 1 – vypracování těsta – konstantní teplota, měření základních charakteristik těsta během hnětení a schopnosti vaznosti vody moukou
- 2 – redukce bílkovin ( $\alpha$ ) – snížení konzistence za zvýšení teploty, dána kvalitou proteinů, způsobeno slábnutím těsta
- 3 – mazovatění škrobu ( $\beta$ ) – zvýšení konzistence vlivem mazovatění, ovlivněno kvalitou škrobu a přísadkami některých aditiv
- 4 – amylázová aktivita ( $\gamma$ ) – způsobuje velký pokles konzistence
- 5 – retrogradace škrobu – vinou ochlazení dochází k retrogradaci, provázené zvýšením konzistence, ovlivněno přísadkami aditiv (zjemnění výsledného produktu)
- $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – směrnice křivky, jednotkami jsou  $[\text{Nm}\cdot\text{min}^{-1}]$

Dále je možno pomocí mixolabu měřit ve farinografickém režimu, kdy je v čase sledován průběh dynamické deformace při hnětení těsta za standardních podmínek metody. Do nádoby přístroje je nasypán vzorek mouky a je automaticky postupně přidávána voda. Vzniklé těsto je prohnětáváno dvěma lopatkami, přičemž každá rotuje jinou rychlostí. Cílem je vytvořit těsto o konzistenci 500 FU, farinografických jednotek, jež je považována u pšeničné mouky za optimální. Farinogram je tedy křivka závislosti konzistence [FU] na čase [min], znázorněná na obrázku číslo 8 [1], [54].

Během doby od počátku měření po dosažení nejvyšší konzistence dochází k rychlé absorpci vody, hydrataci bílkovin a formování lepkové sítě. Tato doba je označována jako doba vývinu těsta (DT) v minutách. Rozmezí času, od doby kdy křivka dosáhne hodnoty 500 FU při nárůstu po dobu, kdy ji protne při poklesu, je nazýváno dobou stability těsta (ST). Další významnou hodnotou je takzvaný stupeň změknutí (DS) uváděný ve FU a jedná se o rozdíl mezi maximální hodnotou konzistence a konzistencí naměřenou po 12 minutách od zaznamenání maxima [1], [54].



Obrázek 8: Běžný farinogram – závislost farinografických jednotek na čase [55]



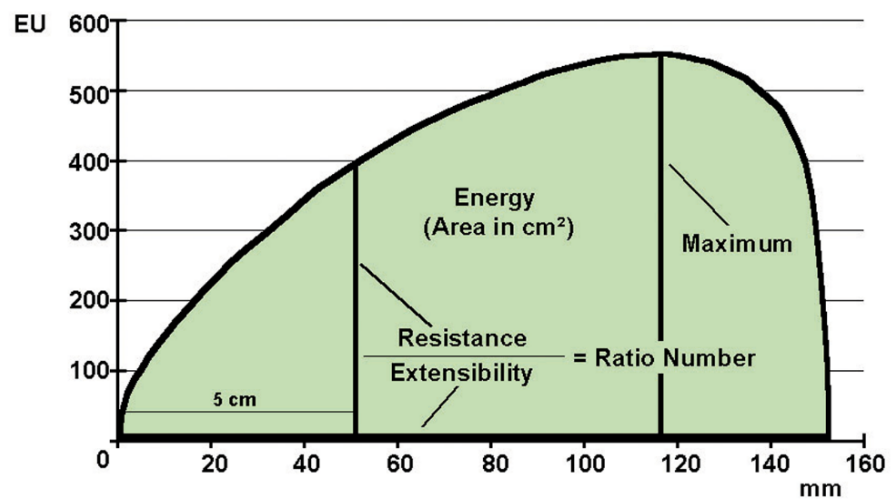
### 3.4 Stanovení tažnosti těst pomocí textuometru

Měření tažnosti těsta, neboli extenzografické měření slouží k charakterizaci viskoelastických vlastností těst. Ty jsou ovlivňovány kvalitou lepku, přípravou těsta, a také přítomností aditiv, jako jsou soli, emulgátory, nebo enzymy. Stanovení lze provést pomocí textuometru a Kiefferova zařízení pro stanovení tažnosti těsta a lepku, zobrazeného na obrázku číslo 8, ale existují i zvláštní přístroje, zvané extenzografy. Měření spočívá v přípravě těsta, jeho vytvarování, odležení a délkové deformaci až k přetržení, dle metodiky [1], [47], [56], [57].

Výsledkem stanovení je křivka, k nahlédnutí na obrázku č. 9, závislost odporu těsta ku délce, z jejíž velikosti a tvaru jsou dále vyhodnocovány ukazatele kvality těsta. Prvním a základním z nich je extenzografická tažnost  $E$ , zjišťována z délky křivky a jejíž jednotkou jsou mm. Vypovídá o schopnosti těsta zadržovat kypřící plyn a zvětšovat svůj objem. Další je extenzografický odpor  $R$ , udáván jako  $R_{50}$ , který odpovídá prodloužení těsta na 50 mm, nebo  $R_m$ , neboli maximální odpor, odečítán v maximu křivky. Charakterizuje pevnost lepku a platí, že čím větší je odpor, tím je lepek pevnější. Písmenem  $A$  je označována plocha pod křivkou, udávána v  $\text{cm}^2$ , nazývána extenzografická energie a vyjadřující zpracovatelnost těsta. Nízké hodnoty  $A$  vykazují těsta méně stabilní, nebo obsahující velmi pevný lepek [1], [47].



Obrázek 9: Kiefferovo zařízení pro stanovení tažnosti těsta a lepku [57]



Obrázek 10: Křivka měření roztažnosti těsta a její parametry [58], upraveno

Poznámky: EU – extenzografické jednotky, Energy – extenzografická energie, plocha v cm<sup>2</sup>,  
Poměrové číslo = odpor R/tažnost E

## 4 MOŽNOSTI PEKÁRENSKÉHO VYUŽITÍ PŠENICE S PURPUROVÝM ZBARVENÍM ZRNA

Jak již bylo řečeno, purpurové zbarvení je v zrnech situováno ve vnějších obalových vrstvách buněk perikarpu. Z čehož vyplývá že vyšší obsah antokyanových barviv budou obsahovat mouky s vyšším stupněm namletí, eventuelně směsi s přidavkem otrub. Jejich obsah by však neměl přesahovat 10 % hm., aby nedošlo ke zvýšení ztráty pečením, negativnímu ovlivnění textury a snížení výsledného objemu výrobků [3], [5], [59] [60].

Naším úkolem bylo vzájemně porovnat chování těst, připravených z mouky o rozdílné granulaci a posoudit vhodnost jejich použití z hlediska technologie výroby pečiva. Z výsledků podrobně rozepsaných v rámci experimentální části této práce lze usuzovat, že nejlepší vlastnosti, a tudíž největší potenciál ve využití v praxi má mouka hladká.

Pečivo vyrobené z mouky purpurových pšenic dostupné na trhu od roku 2017. Chléb Karkulka, k nahlédnutí na obrázku č. 11, byl pojmenován dle odrůdy, ze které je mouka namleta, konkrétně PS Karkulka. U jeho vzniku stála jednak Agronomická fakulta Mendelovy univerzity v Brně, zodpovědná za výzkum barevných pšenic, jednak firma SEMO, jež přispěla produkcí osiva a samotným výrobcem chleba je Karlova pekárna z jižní Moravy. [61]

Napříč studii je zkoumáno i další využití purpurových odrůd pšenice v potravinářství. Předpokládá se možnost například výroby sušenek, různých druhů pečiva, pufovaných výrobků, vloček, těstovin, speciálního piva a dalších. [3], [5], [12], [61]



Obrázek 11: Chléb z mouky purpurových pšenic, Karkulka [61]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo ověřit hypotézu, že těsta připravená z mouky namleté ze zrn dvou odrůd purpurové pšenice vykazují rozdílné chování oproti těstu z běžně prodávané pšeničné mouky. Úkolem bylo porovnat základní parametry vzorků mouky o různé granulaci, srovnat texturní vlastnosti těst během mechanického namáhání, případně zahřívání a pozorovat, jestli se nerůzní i jejich chování během kynutí. Lišící se reologické parametry a ostatní zkoumané vlastnosti ve srovnání s běžnými těsty by mohlo potenciálně způsobovat omezení v technologickém využití purpurových pšenic, zejména při výrobě kynutého pečiva.

Dílčí cíle práce:

- Stanovit základní parametry mouky
- Sledovat chování připraveného těsta během kynutí
- Stanovit reologické vlastnosti těst
- Statisticky vyhodnotit data
- Shrnout výsledky měření a poznatky v diskuzi, formulovat závěr

## 6 MATERIÁL A METODY

V této kapitole budou popsány jednak analyzované vzorky a jejich původ, jednak postupy a podmínky metod provedených v rámci experimentální části této diplomové práce.

### 6.1 Analyzované vzorky

Experimentální fáze této diplomové práce bylo provedena na vzorcích mouky různé granulace, namleté ze dvou odrůd pšenice s purpurovým perikarpem, jmenovitě AF Jumiko a PS Karkulka, poskytnutých od Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně. Dle velikosti částic byly mouky děleny na jednotlivé frakce tak, jak zadává vyhláška 333/1997 Sb. na hladkou, polohrubou a hrubou. Pro srovnání byla pořízena a analyzována mouka běžně dostupná na trhu s názvem Babiččina volba, jejíž výrobcem je společnost GoodMills Česko s.r.o., opět hladká, polohrubá a hrubá [36].

### 6.2 Použité chemikálie

Všechny chemikálie byly poskytnuty v čistotách p.a., použitá voda byla dle charakteru metodiky buďto demineralizovaná, nebo z řádu.

### 6.3 Metodika

Následující kapitola pojednává o postupech a podmínkách jednotlivých měření. Nejprve byly u mouky analyzovány základní parametry, poté byla ze vzorků připravena těsta a sledováno jejich chování během kynutí. Dále byly sledovány reologické vlastnosti těst pomocí Mixolabu a textuometru.

#### 6.3.1 Základní parametry

Nejprve bylo u všech vzorků mouky provedeno stanovení základních parametrů. Jmenovitě šlo o obsah vlhkosti, mokrého lepku, čísla poklesu a sedimentačního indexu. Tím byly získány základní informace a předběžná charakteristika mouky. O hodnoty některých parametrů se opíralo stanovení reologických vlastností a chování těsta a byly tak důležité pro další kapitoly experimentální části.

- **Vlhkost**

Postup stanovení obsahu vlhkosti udává norma ČSN ISO 712 [39].

Vlhkost byla zjištěna pomocí analyzátoru vlhkosti firmy OHAUS Europe GmbH, model MB120. Přístroj funguje na principu termogravimetrického měření. Zdrojem záření je halogenová lampa, která je ve srovnání s infračervenou schopna dosáhnout maximální teploty za kratší čas. Na vytárovanou misku vah přístroje bylo naváženo a rovnoměrně rozprostřeno 5 g mouky. Přiklopením víka bylo spuštěno měření a vzorek byl sušen při 130 °C do konstantní hmotnosti. Poté byl z displeje přístroje odečten výsledný obsah vlhkosti v procentech [62].

- **Mokrý lepek**

Postup stanovení obsahu lepku ukládá ČSN ISO 214 15 - Část 1 [40].

Nejprve bylo naváženo  $10 \pm 0,5$  g vzorku mouky a byl připraven roztok chloridu sodného o koncentraci 20 g/l. Ke vzorku bylo přidáno 5,0 ml tohoto roztoku a bylo vypracováno těsto, které se ponechalo v uzavřené kádince odležet. Následně bylo provedeno vypírání těsta vodou z řádu za stálého prohnětávání a spojování případných odplavených kousků. Poté, co u vytlačené vody nebyl pozorován zákal byla z těsta vytlačena nadbytečná voda dalším propracováním. Mírně lepivé těsto bylo zváženo s přesností 0,01 g. Obsah mokrého lepku byl vypočítán dle vzorce: [62]

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

Kde:  $m$  .... hmotnost mokrého lepku [g]

$w_1$ .... obsah vody ve vzorku [%]

- **Číslo poklesu**

Postup stanovení je uveden v normě ČSN ISO 3093 (46 1018) [41].

Dle obsahu vlhkosti ve vzorku byla z tabulek odečtena hodnota navážky. Poté byl vzorek navážen do viskozimetrické zkumavky, a po přidavku  $25 \pm 0,2$  ml demineralizované vody byla zkumavka uzavřena. Po důkladné homogenizaci suspenze bylo vloženo viskozimetrické míchadlo a tato sestava byla uložena do vodní lázně přístroje Falling Number 1100 firmy Perten Instruments, z jehož displeje byla po ukončení měření odečtena výsledná hodnota čísla poklesu [62].

- **Sedimentační index**

Stanovení sedimentačního indexu bylo provedeno dle normy ČSN ISO 5529 (46 1022). [42]

Navážka vzorku,  $3,20 \pm 0,5$  g s ohledem na vlhkost, byla pomocí násypky vravena do odměrného válce se zábrusem. Následně bylo k mouce přidáno pomocí dávkovače  $50,0 \pm 0,5$  ml zásobního roztoku bromfenolové modři. Po rychlé homogenizaci se uzavřený válec upevnil na třepačku značky Brabender a byl protřepáván 5 min. Dále bylo přidáno 25 ml kyseliny mléčné a proces se zopakoval. Po celkovém čase 10 minut třepání byly směsi v odměrných válcích ponechány v klidu sedimentovat 5 min. Nakonec byl odečten objem vzniklého sedimentu s přesností 0,5 ml [62].

### 6.3.2 Sledování chování těsta během kynutí pomocí reofermentometru

Postup provedení sledování vývinu těsta a úniku kypřícího plynu v současné době není zadán žádnou státní, ani evropskou normou.

Úvodem bylo připraveno těsto dle receptury uvedené v návodu ke přístroji. Skládalo se z 250 g vzorku mouky, 3 g sušeného droždí, 5 g soli a vody z řádu. Navážka mouky byla vypočítána dle aktuálního obsahu vlhkosti vzorku a objem přidané vody byl zjištěn s ohledem na hodnotu vaznosti vody, pomocí vzorců uvedených níže [46]:

$$m_{mouky} = \frac{86}{100 - w_{vody, \%}} \cdot 250 \quad [g]$$

$$V_{vody} = \frac{vaznost\ vody\ [\%]}{100} \cdot 250 \quad [ml]$$

Nejprve byly v míse hnětače promíchány sypké ingredience, následně byl přidán odpovídající objem vody a šestiminutovým hnětením bylo připraveno hladké těsto. Dále bylo naváženo  $315 \pm 0,5$  g vzorku. Tento podíl byl vpraven do košíku reofermentometru F4 firmy Chopin Technologies, zatížen pístem se závažími a celá sestava byla uzavřena a hermeticky uzavřena víkem přístroje. V programu byl zadán protokol CHOPIN, v němž byly přednastaveny následující podmínky měření [46]:

- t:  $28,5 \pm 0,2$  °C
- hmotnost těsta: 315 g
- hmotnost závaží: 2 kg
- celkový čas měření: 3 h



Následně bylo zahájeno měření průběhu vývinu těsta a úniku plynu během kynutí. Stanovení bylo provedeno pro každý vzorek mouky minimálně dvakrát. Výsledné hodnoty byly získány vyhodnocením grafů.

### 6.3.3 Stanovení reologického chování těsta pomocí Mixolabu

Postup při sledování reologických vlastností těsta za stálého míchání a zahřívání pomocí přístroje Mixolab je uveden v normě ČSN ISO (461506) 17 718. Během měření bylo připraveno těsto smícháním navážky vzorku a demineralizované vody. Jeho chování bylo zjišťováno ve dvou režimech. Nejprve byly simulovány podmínky farinografického měření přednastavenými protokolem Chopin S, přičemž byly zjištěny hodnoty vaznosti vody mouky W [%], doba vývinu těsta DT [min], stabilita těsta ST [min] a stupeň změknutí DS [FU]. Následně bylo testováno chování těsta pomocí protokolu Chopin+, jehož předvolenými podmínkami byl cyklus zahřívání a chlazení na 30–90–50 ° C. Jak již bylo uvedeno v teoretické části, z mixolabické křivky byly zjištěny hodnoty parametrů  $\alpha$ ,  $\beta$  a  $\gamma$ , jejichž jednotkou jsou [Nm.min<sup>-1</sup>]. Každý test byl u vzorků těsta proveden minimálně šestkrát [53], [54], [63], [64].

### 6.3.4 Stanovení tažnosti těsta pomocí texturometru

Stanovení tažnosti těsta bylo provedeno pomocí texturního analyzátoru TA.TX firmy Stable Micro Systems UK a Kiefferova zařízení pro stanovení roztažnosti těsta a lepku.

Analyzované těsto bylo připraveno smísením 9,73 g vzorku mouky, 0,20 g chloridu sodného a 6,20 ml demineralizované vody a řádným prohnětením. Poté se nechalo 10 minut odležet a 40 ± 1 minut tvarovat pomocí teflonové formy v termostatu vytemperovaném na 30 ± 1 °C. Vzniklé proužky těsta o délce 5 cm a lichoběžníkového průřezu o rozměrech 3 mm x 5 mm x 4 mm byly přichyceny k podložce pomocí destiček a testovány v horizontální poloze. V průběhu měření byly vzorky natahovány hákem do jejich roztržení, přičemž nastavená rychlost pohybu háku byla 3,00 mm.s<sup>-1</sup> a spouštěcí síla 5 g. Výsledná křivka závislosti odporu na čase, včetně jejího vyhodnocení, byla popsána dříve v kapitole 3.4 [1], [56], [64], [65].

## 6.4 Statistické vyhodnocení dat

Původně bylo zamýšleno provést testování odchylek a významnosti rozdílu mezi hodnotami parametrů pomocí parametrické analýzy rozptylu, zvané ANOVA. Její použití je však limitováno splněním jistých předpokladů, například předpokladu normálního rozdělení základního souboru dat. Pokud by nedošlo ke splnění předpokladů, vedlo by použití parametrické ANOVY k nesprávnému vyhodnocení náhodnosti výskytu testované odchylky a k nesprávným závěrům o významnosti vlivu zkoumaných faktorů [66].

Před provedením analýzy variance bylo nejprve testováno splnění předpokladů pro její použití. Pro zjištění normality experimentálně získaných dat pro každou sledovanou odrůdu byl proveden Shapiro-Wilksův test. Jeho výsledkem jsou hodnoty  $W$  a  $p$ , přičemž  $W$  je korelační koeficient, vyjadřující míru korelace experimentálních dat s křivkou normálního rozdělení a chyba při zamítnutí hypotézy, že data vykazují normální rozdělení, je označována  $p$ . Byla zvolena hladina významnosti  $\alpha=0,05$ . V případě nalezení  $p$  menší než  $\alpha$  neměla experimentálně získaná data normální rozdělení [66], [67].

Jelikož bylo zjištěno porušení normality rozložení dat, byl použit neparametrický Kruskal-Wallisův test, místo parametrické analýzy rozptylu. Ten není závislý na typu rozdělení experimentálně získaných dat. Při Kruskal-Wallisov testu jsou zkoumané hodnoty nejprve seřazeny dle velikosti a ke každé je přiřazeno pořadové číslo. Opakuje-li se některá z hodnot v souboru, pořadové číslo dostává stejné. Při výpočtu se používají namísto původních hodnot přidělená pořadová čísla a s jejich pomocí je počítána mírně modifikovaná analýza rozptylu [67].

Vyhodnocení dat bylo provedeno pomocí programu Statistica 13 společnosti StatSoft, Inc., ČR. Výstupem je tabulka nazvaná *Kruskal-Wallisova ANOVA založená na poř*, obsahující výsledky analýzy rozptylu Kruskal-Wallisovy ANOVY. Statistická významnost rozdílu mezi jednotlivými odrůdami a granulacemi byla testována vícenásobným porovnáním průměrného pořadí. Statisticky průkazné rozdíly byly v tabulkách označeny písmeny a až e. Hodnoty v jednom sloupci označené různými písmeny se statisticky prokazatelně liší na hladině  $p < 0,05$ .

## 7 VÝSLEDKY A DISKUZE

Změřené hodnoty byly zaznamenány celkem do šesti tabulek, ze kterých lze vyčíst průměry se směrodatnými odchylkami pro jednotlivé vzorky odrůd, včetně granulace. Nejprve byly uvedeny výsledky měření základních parametrů mouky, dále data sledování průběhu kynutí připravených těst, poté hodnoty sledování reologických vlastností těst a nakonec vyhodnocení stanovení textury těst.

### 7.1 Základní parametry

Tabulka číslo 4. obsahuje výsledky stanovení základních parametrů mouky, odrůd AF Jumiko a PS Karkulka. Konkrétně zjištěná vlhkost, obsah mokrého lepku, číslo poklesu a sedimentační index u vzorků.

Tabulka 4: Výsledky stanovení základních parametrů u odrůd AF Jumiko a PS Karkulka

odrůda	granulace	vlhkost [% ± SD]	mokrý lepek [% ± SD]	číslo poklesu [s ± SD]	sedimentační index [ml ± SD]
AF Jumiko	hladká	9,41 ± 0,01 <sup>a</sup>	27,6 ± 0,1 <sup>b</sup>	454 ± 10 <sup>b</sup>	34 ± 0 <sup>a</sup>
	polohrubá	8,95 ± 0,05 <sup>a</sup>	23,8 ± 0,1 <sup>b</sup>	394 ± 15 <sup>b</sup>	35 ± 0 <sup>a</sup>
	hrubá	9,03 ± 0,04 <sup>a</sup>	23,15 ± 0,07 <sup>b</sup>	378 ± 13 <sup>a</sup>	37 ± 0 <sup>b</sup>
PS Karkulka	hladká	9,51 ± 0,01 <sup>a</sup>	9,51 ± 0,01 <sup>a</sup>	402 ± 13 <sup>b</sup>	16 ± 0 <sup>b</sup>
	polohrubá	9,45 ± 0,01 <sup>a</sup>	9,45 ± 0,01 <sup>a</sup>	354 ± 2 <sup>a</sup>	17 ± 0 <sup>b</sup>
	hrubá	9,35 ± 0,07 <sup>a</sup>	9,35 ± 0,07 <sup>a</sup>	311 ± 10 <sup>a</sup>	20 ± 0 <sup>c</sup>

Hodnoty vlhkosti vzorků mouky se pohybovaly v rozmezí od 8,95 do 9,45 %. Jak dle vylášky, tak dle příslušné normy, mají obiloviny určené ke přímé spotřebě vykazovat maximálně 14,0 % vlhkosti. Vzorky do tohoto rozmezí spadaly a navíc úzké rozmezí mezi

hodnotami vypovídá o jejich jednotných skladovacích podmínkách a správné homogenizaci vzorků před stanovením [34], [36].

Srovnáme-li obsah mokrého lepku, odrůdy se vzájemně lišily. AF Jumiko obsahovala 23,2 – 27,6 %, kdežto PS Karkulka 9,35 – 9,51 %. Pokud jde o granulaci, více lepku bylo naměřeno vždy u mouky hladké a méně u hrubé.

Námi naměřená data čísla poklesu korespondují s dostupnou literaturou. Jak konstatují Marinek a Vyhnánek ve svém článku z roku 2018, AF Jumiko vykazuje vysokou amylázovou aktivitu. Zatímco oni uvádí hodnotu čísla poklesu 417 s, my jsme u vzorků stanovili rozmezí 378 až 454 s. Hřivna a kol. (2018) uvádí pro odrůdu PS Karkulka číslo poklesu 350 s, což opět odpovídá námi stanovenému rozsahu 311 až 402 s. Vyšší hodnoty byly naměřené u mouky s nižším stupněm vymletí, jinými slovy, u mouky hladké byla zjištěna vyšší amylázová aktivita ve srovnání s moukou hrubou. Obě odrůdy obecně mají nízké hodnoty sedimentačního indexu. Ve výše zmíněné literatuře autoři udávají 38 ml pro AF Jumiko a 21,4 ml pro PS Karkulka. Naše data jsou ve srovnání s jejich hodnotami nižší. U sedimentačního indexu byl pozorován opačný trend, a tak hladká mouka tvořila menší objem sedimentu oproti hrubším moukám [12] [60].

## 7.2 Sledování chování těsta během kynutí pomocí reofermentometru

V další dvou tabulkách jsou uvedeny hodnoty charakterizující chování těsta během kynutí, v první z nich data průběhu vývinu těsta, a v druhé úniku plynu, jež byly naměřeny a vyhodnoceny reofermentometrem RheoF4. Pro jednotlivé odrůdy včetně srovnávacího vzorku komerční mouky a granulace uvádí tabulka č. 5 hodnoty maximální výšky těsta v mm, dobu dosažení maximální výšky těsta v min, výšku těsta na konci měření v mm a hodnotu relativního nárůstu výšky těsta v procentech. V tabulce číslo 6 lze nalézt hodnotu výšky křivky v mm, čas nutný k dosažení maximální výšky křivky v min, čas úniku plynu v min, celkový objem vzniklého plynu v ml, objem zadrženého plynu v těstě v ml, objem uvolněného plynu v ml a procenta objemu zadrženého plynu.

Tabulka 5: Výsledky sledování vývinu těsta během kynutí pomocí reofermentometru

odrůda	granulace	T1 [min ± SD]	Hm [mm ± SD]	h [mm ± SD]	(Hm-h)/Hm [% ± SD]
AF Jumiko	hladká	77 ± 3 <sup>a,b</sup>	29,0 ± 0,6 <sup>c</sup>	22,9 ± 0,3 <sup>c</sup>	21 ± 3 <sup>d,e</sup>
	polohrubá	78 ± 13 <sup>a,b</sup>	23,3 ± 0,4 <sup>b</sup>	19,0 ± 0,2 <sup>b,c</sup>	18 ± 2 <sup>b,c, d, e</sup>
	hrubá	99,5 ± 0,7 <sup>a,b</sup>	15 ± 4 <sup>a</sup>	14 ± 4 <sup>a</sup>	9 ± 3 <sup>a,b</sup>
PS Karkulka	hladká	102 ± 8 <sup>b</sup>	34 ± 1 <sup>d,e</sup>	27,3 ± 0,1 <sup>d</sup>	19 ± 3 <sup>c,d, e</sup>
	polohrubá	73 ± 4 <sup>a</sup>	29,9 ± 0,4 <sup>c,d</sup>	22 ± 1 <sup>c</sup>	26 ± 3 <sup>e</sup>
	hrubá	98 ± 15 <sup>a,b</sup>	20 ± 2 <sup>b</sup>	17,7 ± 0,1 <sup>a,b</sup>	12 ± 10 <sup>a,b, c, d</sup>
Komerční výrobek	hladká	104 ± 23 <sup>d</sup>	45 ± 2 <sup>f</sup>	40 ± 2 <sup>f</sup>	11,2 ± 0,4 <sup>a,b, c</sup>
	polohrubá	130 ± 4 <sup>c,d</sup>	34,8 ± 0,5 <sup>e</sup>	33,9 ± 0,8 <sup>e</sup>	3 ± 4 <sup>a</sup>
	hrubá	112 ± 21 <sup>a,b, c</sup>	33 ± 4 <sup>d,e</sup>	28 ± 2 <sup>d,e</sup>	14 ± 6 <sup>b,c, d, e</sup>

Poznámky: maximální výška těsta (Hm), čas dosažení maximální výšky těsta (T1), výška těsta na konci měření (h), % poklesu ve vývinu po celkovém čase měření v porovnání s T1 ((Hm-h)/Hm)

Hodnota maximální výšky těsta Hm přímo souvisí s objemem výsledného chleba, respektive pečiva obecně. Jak píše Singh a Gurjal ve svých článcích, zaměřených na problematiku vývinu těsta a únik plynu, objem připravovaného těsta lze ovlivnit jak jeho složením, tak dobou zpracování. Ve své studii potvrdili, že výšku těsta lze podpořit přidávkou aditiv, například kyselinou mléčnou, chloridem sodným, mokřým lepkem a navíc správným časem a intenzitou hnětání. Prodloužením doby zpracování totiž dochází k jeho přehnětění, snížení výsledného objemu chleba a celkové přijatelnosti výrobku. Na objem těsta má dále vliv i obsah tuku v těstě. Ačkoliv jeho přidávek také pomáhá zvýšit objem těsta, neměl by převyšovat 3 %, neboť by snížil celkovou přijatelnost výrobku. Navzdory

faktu, že obsah chloridu sodného může příznivě poznamenávat přijatelnost výrobku i jeho objem, nelze přidávat sůl neomezeně. Zvýšením osmotického tlaku by totiž došlo k omezení činnosti kvasinek, a tak i snížení množství vznikajícího oxidu uhličitého [43], [44], [46]. Z námi naměřených hodnot maximální Hm v tabulce číslo 5 vyplývá, že nejvyšších objemů dosáhla vždy těsta, připravená z mouky hladké a nejnižších těsta z hrubé mouky. To odpovídá skutečnosti, neboť hladké mouky nejsnáze tvoří lepkovou síť, ve které je zadržován kypřící plyn. Ve srovnání s komerčním výrobkem nakynula těsta z mouky purpurových odrůd méně, a tak jsou jejich hodnoty maximální výšky nepatrně menší. Porovnáme-li data pro testované hladké mouky zjistíme, že nejvyšší Hm dosáhl srovnávací vzorek komerční mouky ( $45 \pm 2$  mm), následován odrůdou PS Karkulka ( $34 \pm 1$  mm) a nejméně nakynulo těsto z AF Jumiko ( $29,0 \pm 0,6$  mm). Obdobný trend je patrný z hodnot pro hrubé mouky.

Jako T1 je označována doba potřebná k dosažení maximální výšky těsta Hm. Odpovídá vlastně rychlosti kynutí těsta, a tudíž čím nižší je její hodnota, tím rychleji těsto nabyde nejvyššího objemu. Souvisí také se schopností hydratace škrobu a vazností vody, a tak by hodnoty T1 měly být pro hrubé a polohrubé mouky vyšší ve srovnání s moukami hladkými. Optimální rychlost kynutí vykazoval komerční vzorek pšeničné mouky s hodnotami od 104 do 130 min. Mezi daty T1 pro purpurové mouky nebyl nalezen statistický rozdíl, ale lze z nich vyčíst, že připravená těsta kynula rychleji v porovnání s těsty z komerční mouky. Hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 73 do 102 min. Tento poznatek však nemusí být z technologického hlediska výhodou. Z dalšího hodnocení a srovnávání hodnot výšky těsta na konci měření (h) a procent poklesu ve vývinu po celkovém čase měření  $((Hm-h)/Hm)$  můžeme usoudit, že purpurová těsta sice rychleji kynou, ale nabývají menších objemů a dochází u nich k vyšším poklesům objemu po celkovém čase fermentace. Výsledky těchto měření by bylo vhodné potvrdit pekařským pokusem a dalšími metodami [46].

Tabulka 6: Výsledky sledování úniku plynu během kynutí pomocí reofermentometru

odrůda	granulace	H'm [mm ± SD]	T'1 [min ± SD]	Tx [min ± SD]	A1+A2 [ml ± SD]	A1 [ml ± SD]	A2 [ml ± SD]	R [% ± SD]
AF Jumiko	hladká	63 ± 3 <sup>a,b,c</sup>	78 ± 4 <sup>a</sup>	62 ± 2 <sup>a,b</sup>	1390 ± 60 <sup>c,d</sup>	1130 ± 20 <sup>c,d</sup>	255 ± 35 <sup>b,c</sup>	82 ± 2 <sup>a,b,c</sup>
	polohrubá	67 ± 14 <sup>c</sup>	91 ± 21 <sup>a,b</sup>	65 ± 23 <sup>a,b,c</sup>	1400 ± 220 <sup>c,d</sup>	1130 ± 90 <sup>b,c,d</sup>	270 ± 130 <sup>b,c</sup>	81 ± 6 <sup>a,b</sup>
	hrubá	65 ± 2 <sup>a,b,c</sup>	107 ± 3 <sup>a,b</sup>	60,0 ± 0,1 <sup>a,b</sup>	1400 ± 10 <sup>d</sup>	1136 ± 6 <sup>c,d</sup>	280 ± 20 <sup>b,c</sup>	80 ± 1 <sup>a,b</sup>
PS Karkulka	hladká	52,1 ± 0,1 <sup>a,b</sup>	105 ± 4 <sup>a,b</sup>	91 ± 4 <sup>c</sup>	1190 ± 5 <sup>b,c</sup>	1030 ± 20 <sup>b</sup>	160 ± 10 <sup>a,b</sup>	87 ± 1 <sup>b,c,d</sup>
	polohrubá	66,1 ± 0,4 <sup>b,c</sup>	76 ± 8 <sup>a</sup>	53 ± 6 <sup>a</sup>	1477 ± 1 <sup>d</sup>	1150 ± 10 <sup>d</sup>	325 ± 10 <sup>c</sup>	78 ± 1 <sup>a</sup>
	hrubá	56 ± 2 <sup>a,b,c</sup>	124 ± 13 <sup>b</sup>	70 ± 8 <sup>a,b,c</sup>	1300 ± 80 <sup>b,c,d</sup>	1060 ± 40 <sup>b,c,d</sup>	200 ± 30 <sup>a,b</sup>	85 ± 2 <sup>a,b,c,d</sup>
Komerční výrobek	hladká	57 ± 5 <sup>a,b,c</sup>	84 ± 47 <sup>a,b</sup>	82 ± 22 <sup>b,c</sup>	1330 ± 40 <sup>b,c,d</sup>	1170 ± 10 <sup>d</sup>	165 ± 25 <sup>a,b</sup>	88 ± 1 <sup>c,d</sup>
	polohrubá	52 ± 8 <sup>a</sup>	73 ± 8 <sup>a</sup>	72,5 ± 0,7 <sup>a,b,c</sup>	1160 ± 120 <sup>b</sup>	1040 ± 70 <sup>b,c</sup>	115 ± 45 <sup>a</sup>	90 ± 3 <sup>d</sup>
	hrubá	54 ± 11 <sup>a,b,c</sup>	63,0 ± 0,1 <sup>a</sup>	66,0 ± 0,1 <sup>a,b,c</sup>	870 ± 150 <sup>a</sup>	800 ± 150 <sup>a</sup>	78 ± 3 <sup>a</sup>	91 ± 2 <sup>d</sup>

Poznámky: maximální výška křivky (H'm), čas dosažení maximální výšky křivky (T'1), čas úniku plynu (Tx), celkový objem vzniklého plynu (A1+A2), objem plynu zadrženého v těstě (A1), objem plynu uvolněného během kynutí (A2), retenční koeficient (R)

Hodnoty H'm, maximální výšky křivky, jsou významně ovlivňovány teplotou prostředí během kynutí a obsahem tuku v těstě. Z výsledků zanesených do tabulky číslo 6 je patrné, že byl průběh kynutí těst sledován za stejných podmínek, neboť mezi daty H'm nejsou patrné žádné statisticky významné rozdíly. Hodnoty maximální výšky křivky se pohybovaly v intervalu od 52 do 67 mm [43], [44], [45], [46].

V místě, kde je křivka úniku rozdělována na dvě, se nachází bod Tx, odpovídající času úniku plynu z těsta. Z námi získaných dat by bylo možno usuzovat, že k úniku plynu dochází nejprve u těsta z hrubé mouky a později u těst z mouky polohrubé a hladké, což je dáno kvalitou a stabilitou vzniklé lepkové sítě. Mezi hodnotami nebyly napříč odrůdami a granulacemi nalezeny statisticky významné rozdíly. Pouze u mouky odrůdy AF Jumiko si byly časy velmi blízké (rozmezí 60 až 65 min). Z výsledů plyne, že je kypřící plyn z matrice těsta uvolněn nejdříve asi za 50 až 60 minut, u silnějších těst i později [46].

Celkový objem vzniklého plynu, označovaný A1+A2, je závislý na druhu a množství použitého droždí, obsahu a dostupnosti přítomných živin pro mikroorganismy a teplotě prostředí během fermentace. Jelikož jsou kvasinky klasifikovány jako mezofilní, byla jako nejideálnější zvolena teplota prostředí v reofermentometru  $28,0 \pm 0,2$  °C. Jak naznačují výsledky srovnávacího vzorku komerční mouky, nejméně kypřícího plynu vzniklo v těstě z hrubé (asi 870 ml) a nejvíce z hladké (asi 1330 ml) mouky. To by mohlo být způsobeno jednak tím, že v hladké mouce jsou ve srovnání s hrubou škrobové granule nadrobno dezintegrovány, a tak jsou sacharidy dostupnější jako živiny pro činnost kvasinek. U výsledků těst z purpurové mouky tento trend patrný není. S jistotou však lze říci, že u těst připravených z mouky odrůd AF Jumiko i PS Karkulka vzniklo větší množství kypřícího plynu v porovnání se srovnávací komerční moukou. Porovnáme-li však hodnoty A2 (uniklého plynu) a retenčních koeficientů, zaznamenaných v posledních dvou sloupcích tabulky číslo 6, zjistíme, že komerční mouka měla vyšší schopnost kypřící plyn zadržet a z těst z purpurové mouky uniklo větší množství oxidu uhličitého. Tento fakt je spíše nepříznivý, pokud jde o výrobu biologicky kypřeného pečiva. Obecně platí, že pokud se hodnoty retenčního koeficientu blíží 100 %, jedná se o kvalitní mouku ze zdravých zrn. U mouky z poškozených a nekvalitních zrn, nebo s přídavkem otrub klesá jeho hodnota k 50 %. Přesto lze říci, že jsou hodnoty zadržitého plynu u všech námi testovaných vzorků poměrně vysoké a zejména těsta z hladké mouky purpurových odrůd se vyznačovaly dobrou schopností zadržovat vznikající kypřící plyn [46].



### 7.3 Stanovení reologického chování těsta pomocí Mixolabu

Následující dvě tabulky shrnují výsledky stanovení reologických vlastností pomocí přístroje Mixolab 2. V tabulce číslo 7 jsou zaznačeny výsledky měření ve farinografickém režimu, konkrétně vaznost vody v procentech, vývin a stabilita těsta v minutách, a stupeň změknutí ve farinografických jednotkách FU. Další tabulka číslo 8 obsahuje hodnoty výstupu měření v režimu mixolab, tedy tří parametrů získaných vyhodnocením křivky jako její směrnice. Jedná se o parametry  $\alpha$ ,  $\beta$  a  $\gamma$ , jejichž jednotkou jsou Newtonmetry za minutu.

Tabulka 7: Výsledky stanovení reologických vlastností těsta – farinografický režim měření

odrůda	granulace	W [% $\pm$ SD]	DT [min $\pm$ SD]	ST [min $\pm$ SD]	DS [FU $\pm$ SD]
AF Jumiko	hladká	60,0 $\pm$ 0,4 <sup>b,c</sup>	12 $\pm$ 11 <sup>a,b</sup>	51 $\pm$ 23 <sup>c,d</sup>	45 $\pm$ 10 <sup>a</sup>
	polohrubá	62,7 $\pm$ 0,1 <sup>c,d</sup>	12 $\pm$ 11 <sup>a,b</sup>	41,4 $\pm$ 0,1 <sup>b,c</sup>	34,7 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>
	hrubá	68,3 $\pm$ 0,1 <sup>e</sup>	10 $\pm$ 13 <sup>a,b</sup>	55 $\pm$ 2 <sup>c,d</sup>	17 $\pm$ 7 <sup>a</sup>
PS Karkulka	hladká	61,6 $\pm$ 0,1 <sup>b,c, d</sup>	4,8 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	7,6 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	43 $\pm$ 3 <sup>a</sup>
	polohrubá	64,7 $\pm$ 0,5 <sup>d,c</sup>	17 $\pm$ 5 <sup>a,b</sup>	47 $\pm$ 1 <sup>c,d</sup>	19 $\pm$ 19 <sup>a</sup>
	hrubá	68 $\pm$ 1 <sup>e</sup>	22 $\pm$ 8 <sup>b</sup>	60 $\pm$ 2 <sup>d</sup>	N
Komerční výrobek	hladká	57,6 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	2,9 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	26 $\pm$ 6 <sup>b</sup>	59 $\pm$ 5 <sup>a</sup>
	polohrubá	53 $\pm$ 5 <sup>a</sup>	5 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	10 $\pm$ 8 <sup>a</sup>	326 $\pm$ 93 <sup>b</sup>
	hrubá	50,3 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	15 $\pm$ 1 <sup>a,b</sup>	7 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	17 $\pm$ 7 <sup>a</sup>

Poznámky: vaznost vody (W), vývin těsta (DT), stabilita těsta (ST), stupeň změknutí (DS), nelze změřit (N)

Vaznost je ovlivňována kvalitou a množstvím a kvalitou obsažených bílkovin a zčásti přítomností poškozených škrobových zrn a pentozanů. Mouky purpurových pšenic vykazovaly vyšší hodnoty vaznosti vody (60,0 - 68,3 %) v porovnání s komerčním výrobkem (50,3 - 57,6 %).

Pokud jde o vývin těsta, mělo by platit, že s vyšším stupněm namletí by měla doba vývinu těsta růst, protože je potřebný delší čas a více vody k hydrataci mouky a vypracování těsta, vykazující dané parametry. U komerční mouky a odrůdy PS Karkulka tomu tak opravdu bylo, avšak vzorky AF Jumiko se během farinografického měření chovaly poměrně nestandardně. Významně vyšší stabilitu těsta dosahovaly purpurové odrůdy ve srovnání s komerčním vzorkem. Nejvyšší hodnoty se pohybovaly mezi 47 až 60 min. Avšak hodnota stability těsta hladké mouky odrůdy PS Karkulka se blížila spíše srovnávací mouce. Napříč odrůdami ani granulacemi nebyl nalezen statisticky významný rozdíl mezi daty stupně změknutí těsta. Nejvyšší hodnotu vykazovala polohrubá mouka srovnávacího vzorku, jednalo se však pravděpodobně o chybu měření. Obecně lze říci, že pro vznik těsta optimální konzistence 500 FU z mouky purpurových pšenic je potřeba zvýšit přídavek vody oproti běžným komerčním výrobkům [64].

Tabulka číslo 8 zachycuje výsledné hodnoty parametrů získané měřením v mixolabickém režimu. Pozorování změn konzistence těsta během změn jeho teploty je významné pro hodnocení schopnosti těsta zadržovat kypřící plyn a textury výsledného výrobku. Ze záporných hodnot parametrů  $\alpha$  je patrné, že během počátečního záhřevu na 50 °C došlo k redukci proteinů a uvolnění vody vlivem denaturace proteinů a mechanického namáhání, jež způsobilo slábnutí těsta a snížení jeho viskozity. V příští fázi záhřevu (na 80 °C) nastalo snížení viskozity, zapříčiněné mazováním přítomného škrobu, a proto jsou hodnoty parametrů  $\beta$  kladné. Parametru  $\gamma$  pro vykazují opět záporný charakter, což vypovídá o opětovném mírném snížení konzistence vzorku, způsobeném aktivitou amyláz. Mezi vzorky nebyly zjištěny významné statistické rozdíly mezi daty zjištěnými při sledování reologických vlastností těst během záhřevu [64].

Tabulka 8: Výsledky stanovení reologických vlastností těsta – režim Mixolab

odrůda	granulace	$\alpha$ [ $10^{-3}$ Nm.min <sup>-1</sup> $\pm$ SD]	$\beta$ [Nm.min <sup>-1</sup> $\pm$ SD]	$\gamma$ [Nm.min <sup>-1</sup> $\pm$ SD]
AF Jumiko	hladká	$-62 \pm 14^d$	$0,06 \pm 0,07^a$	$-0,1 \pm 0,2^{a,b}$
	polohrubá	$-22 \pm 10^f$	$0,08 \pm 0,070^a$	$0,02 \pm 0,09^{a,b}$
	hrubá	$-39 \pm 22^{e,f}$	$0,3 \pm 0,4^{a,b}$	$-0,01 \pm 0,02^{a,b}$
PS Karkulka	hladká	$-110 \pm 8^a$	$0,5 \pm 0,2^b$	$-0,05 \pm 0,03^{a,b}$
	polohrubá	$-68 \pm 20^{c,d}$	$0,41 \pm 0,06^b$	$-0,02 \pm 0,02^{a,b}$
	hrubá	$-53 \pm 3^{d,e}$	$0,56 \pm 0,08^b$	$-0,04 \pm 0,01^{a,b}$
Komerční výrobek	hladká	$-85 \pm 5^{b,c}$	$0,1 \pm 0,2^a$	$0,05 \pm 0,07^b$
	polohrubá	$-85 \pm 4^{b,c}$	$0,4 \pm 0,1^b$	$-0,1 \pm 0,1^a$
	hrubá	$-95 \pm 6^{a,b}$	$0,47 \pm 0,04^b$	$-0,05 \pm 0,03^{a,b}$

Poznámky: redukce bílkovin ( $\alpha$ ), mazovatění škrobu ( $\beta$ ), amylázová aktivita ( $\gamma$ )

#### 7.4 Stanovení tažnosti těsta pomocí textuometru

Výsledky stanovení tažnosti těsta byly zaznamenány do tabulky číslo 9. Tažnost těsta je charakterizována pomocí hodnot síly, vzdálenosti a práce, jež jsou potřebné k přetržení vzorku těsta. Síla byla uvedena v Newtonech, délka v milimetrech a práce v N.mm.

Tabulka 9: Výsledky stanovení tažnosti těsta pomocí texturometru

odrůda/mouka	granulace	S [N ± SD]	D [mm ± SD]	P [N. mm ± SD]
AF Jumiko	hladká	0,30 ± 0,04 <sup>c</sup>	44 ± 9 <sup>c</sup>	10 ± 2 <sup>c,d</sup>
	polohrubá	0,31 ± 0,01 <sup>c</sup>	36 ± 4 <sup>d</sup>	8 ± 1 <sup>b</sup>
	hrubá	0,31 ± 0,02 <sup>c</sup>	32 ± 4 <sup>d</sup>	7 ± 1 <sup>a</sup>
PS Karkulka	hladká	0,21 ± 0,02 <sup>a,b</sup>	56 ± 7 <sup>a</sup>	9 ± 1 <sup>b,c</sup>
	polohrubá	0,19 ± 0,01 <sup>a</sup>	46 ± 6 <sup>c</sup>	7 ± 1 <sup>a</sup>
	hrubá	0,23 ± 0,01 <sup>b</sup>	35 ± 4 <sup>d</sup>	6 ± 1 <sup>a</sup>
Komerční výrobek	hladká	0,34 ± 0,03 <sup>d</sup>	52 ± 8 <sup>a,b</sup>	12 ± 2 <sup>f</sup>
	polohrubá	0,31 ± 0,03 <sup>c</sup>	50 ± 7 <sup>a,b, c</sup>	11 ± 2 <sup>d,e</sup>
	hrubá	0,32 ± 0,02 <sup>c,d</sup>	47 ± 4 <sup>b,c</sup>	11 ± 1 <sup>e,f</sup>

Poznámky: síla potřebná k přetržení vzorku (S), vzdálenost potřebná k přetržení vzorku (D), práce potřebná k přetržení vzorku (P)

U jednotlivých odrůd se síly potřebné k přetržení těsta statisticky významně nelišily. Hodnoty spadaly do rozmezí od 0,19 do 0,34 N. Obecně byla pozorována závislost mezi vzdáleností potřebnou k přetržení vzorku a granulací vzorku. Platilo, že s vyšším stupněm namletí byla potřebná menší vzdálenost pro přetržení těsta. Mouky hladké tak vykazovaly větší tažnost oproti polohrubým a hrubým moukám. Tomuto trendu odpovídala i velikost práce potřebná k přetržení vzorku těsta. Vysokou hodnotu práce, odporu a délky vykazují kvalitní těsta se silnou proteinovou sítí. Nejvyšší data byla naměřena pro všechny granulace komerčních vzorků a hladké mouky purpurových pšeníc, čímž byla potvrzena jejich dobrá pekárenská kvalita [64].

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo literárně podložit a experimentálně ověřit technologickou kvalitu a možnou využitelnost v pekárenství u šesti vzorků mouky namleté ze dvou odrůd purpurové pšenice (AF Jumiko a PS Karkulka) porovnáním s běžnou komerční moukou pořízenou v tržní síti. Vzorky byly děleny na tři základní frakce granulace (333/1997 Sb.) a poskytnuty Agronomickou fakultou Mendelovy univerzity v Brně.

U vzorků bylo provedeno stanovení základních parametrů mouky, konkrétně obsahu vlhkosti, mokrého lepku, čísla poklesu a sedimentačního indexu. Poté byly studovány pokročilejší charakteristiky mouky rozbořem připravených těst. Byl sledován průběh vývinu těsta a úniku plynu pomocí reofermentometru, a reologické vlastnosti vzorků těst texturometrem a Mixolabem. Vyhodnocením výsledků bylo zjištěno, že hodnoty ze jmenovaných stanovení se nijak výrazně nelišily od dat naměřených pro srovnávací vzorek komerční mouky. Těsta byla dobře zpracovatelná, obsahovala velké množství kvalitních lepkových bílkovin, schopných zadržovat kypřicí plyn. S ohledem na výsledky obou odrůd je možno říci, že nejvhodnější pro pekárenské zpracování se zdá být purpurová mouka hladká.

Na základě vyhodnocení námi naměřených výsledků a dostupné literatury lze usoudit, že mouky odrůdy AF Jumiko a PS Karkulka vykazovaly dobrou pekárenskou kvalitu a představují velký potenciál pro moderní potravinářskou výrobu. Získané výsledky měření a poznatky by bylo vhodné potvrdit provedením pekařského pokusu a ověřit vliv tepelného ošetření pekařských výrobků na stálost antokyanových barviv dalším studiem.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BUREŠOVÁ, Iva a E. LORENCOVÁ. Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013, 302 s. ISBN 978-80-7454-278-7.
- [2] PŘÍHODA, Josef, M. HRUŠKOVÁ a P. SKŘIVAN. Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003, 202 s. ISBN 80-7080-530-7.
- [3] LI, Yaoguang, D. MA, D. SUN, CH. WANG, J. ZHANG, Y. XIE, T. GUO. *Total phenolic, flavonoid content, and antioxidant activity of flour, noodles, and steamed bread made from different colored wheat grains by three milling methods*. The Crop Journal, 2015, svazek 3, číslo 4, str. 328–334, dostupné z: <http://www.sciencedirect.com>
- [4] RANKEN, Michael D., R. C. KILL a C. BAKER. Food industries manual. 24th ed. London: Blackie Academic & Professional, 1997, 650 s. ISBN 0-7514-0404-7.
- [5] MARTINEK, Petr, O. COUFALOVÁ, R. KUREČKA, E. NOVÁKOVÁ, J. MIKULCOVÁ. *Netradiční barva obilok pšenice (Triticum aestivum L.), její genetická podmíněnost a možnost využití v potravinářství*. Nové poznatky z genetiky a šlachtenia poľnohospodárskych rastlín: Zborník z 13. vedeckej konferencie. Výzkumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, 2006, str. 95–98, ISBN 80-88872-57-X.
- [6] HEMDANE, Sami, P. J. JACOBS, E. DORNEZ, J. VERSPREET, J. A. DELCOUR a CH. M. COURTIN. *Wheat (Triticum aestivum L.) Bran in Bread Making: A Critical Review*. Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety, 2016, číslo 15, str. 28–42. doi:10.1111/1541-4337.12176.
- [7] MARTINEK, Petr a T. VYHNÁNEK. *Barevné zrno jako zdroj antioxidantů*. Úroda, Profi Press s.r.o, 2014, číslo 7, str. 68–70.

- [8] MARTINEK, Petr, M. ŠKORPÍK, J. CHRPOVÁ a P.FUČÍK. *Skorpion – odrůda ozimé pšenice s modrým zrnem*. Obilářské listy, Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž s.r.o., 2012 ročník 20, číslo 3, str. 78–79.
- [9] TROJAN, Václav, M. MUSILOVÁ, T. VYHNÁNEK, L. HAVEL. *The genetic variability of coloured grain wheat collection*. Mendel 2010, International Ph.D. Students Conference, Mendel University in Brno str. 845–851.
- [10] LACHMAN, Jaromír, P. MARTINEK, Z. KOTÍKOVÁ, M. ORSÁK a M. ŠULC. *Genetics and chemistry of pigments in wheat grain – a review*. Journal of cereal science, 2017, číslo 74, str. 145–154.
- [11] PS KARKULKA. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž s.r.o., <https://www.vukrom.cz/cz/nase-odrudy/ps-karkulka.html>
- [12] MARTINEK, Petr, H. CHYTRÁ, J. MIKULCOVÁ, T. VYHNÁNEK, L. BOBKOVÁ, S. F. KOVAL. *AF Jumiko - odrůda ozimé pšenice s purpurovým perikarpem (AF Jumiko - variety of winter wheat with purple pericarp) Technical Report*, 2018, dostupné na: <https://www.researchgate.net/publication/327629902>.
- [13] AF JUMIKO. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž s.r.o., <https://www.vukrom.cz/cz/nase-odrudy/af-jumiko.html>
- [14] KNIEVEL, D. C., E.–S.M. ABDEL-AAL, I. RABALSKI, T. NAKAMURA a P. HUCL. *Grain color development and the inheritance of high anthocyanin blue aleurone and purple pericarp in spring wheat (Triticum aestivum L.)*. Journal of Cereal Science, 2009, svazek 50, číslo 1, str. 113–120.
- [15] ABDEL-AAL, EL–Sayed. M a P. HUCL. *Composition and Stability of Anthocyanins in Blue-Grained wheat*. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2003, svazek 51, str. 2174–2180
- [16] KUČEROVÁ, Jindřiška. *Technologie cereálií*, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2010, 141 s. ISBN 978-80-7157-811-6

- [17] TIAN, Shuang-Qi, Z.-Ch. CHEN a Y.-F. QIAO. *Analysis of main physicochemical parameters in purple wheat with different milling technology*. Journal of Food Processing and Preservation, 2018, svazek 42, číslo 1, DOI: 10.1111/jfpp.13382
- [18] KADLEC, Pavel. *Technologie potravin I.*, Vyd. 1, Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002, 300 s., ISBN 80-7080-509-9.
- [19] BEMILLER, James a R. WHISTLER. *Starch: Chemistry and Technology*, Vyd. 3. Academic Press, 2009, 894 s., ISBN 978-0-12-746275-2.
- [20] GRAUSGRUBER, Heinrich, J. SCHEIBLAUER, R. SCHÖNLECHNER, P. RUCKENBAUER a E. BERGHOFER. *Variability in chemical composition and biologically active constituents of cereals*. Genetic variation for plant breeding: Proceedings of the 17<sup>th</sup> EUCARPIA General Congress, Tulln: European Association for Research on Plant Breeding, 2004, str. 23-26, ISBN 3-900962-56-1
- [21] KVASNIČKOVÁ, Alexandra. *Potravinářství IV: Přírodní antioxidanty v potravinách*, UZPI, 2000, 147 s., ISBN 80-7271-003-6.
- [22] KALAČ, Pavel. *Funkční potraviny – kroky ke zdraví*, nakladatelství DONA, 2003, 130 s., ISBN 80-7322-029-6.
- [23] FANG, Yun-Zhong, S. YANG a G. WU. *Regulation of Physiological systems by Nutrients: Free Radicals, Antioxidants, and Nutrition*. Nutrition, 2002, svazek 18, číslo 10, str. 872-879, ISSN: 0899-9007
- [24] ZRCKOVÁ, Monika, I. CAPOUCHOVÁ, M. ELIÁŠOVÁ, L. PAZNOCHT, K. PAZDERŮ, P. DVOŘÁK, P. KONVALINA, M. ORSÁK a Z. ŠTĚRBA. *The effect of genotype, weather conditions and cropping system on antioxidant activity and content of selected antioxidant compounds in wheat with coloured grain*. Plant, Soil and Environment, 2018, svazek 64 číslo 11, str 530-538, ISSN 1805-9368.
- [25] SYTAR, Oksana, P. BOŠCO, M. ŽIVČÁK, M. BRESTIC a I. SMETANSKA. *Bioactive Phytochemicals and Antioxidant Properties of the Grains and Sprouts of Coloured Wheat Genotypes*. Advances in Anthokyanin Research. Molecules, 2018, str. 167–180, ISSN 1420-3049.



- [26] ABDEL-AAL, EL-Sayed. M, J. Ch. YOUNG a I. RABALSKI. *Anthokyan Composition in Black, Blue, Pink, Purple and Red Cereal Grains*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, svazek 54, číslo 13, str. 4696-4704, ISSN: 1520-5118.
- [27] ABDEL-AAL, EL-Sayed. M, P. HUCL, I. RABALSKI. *Compositional and antioxidant properties of anthokyan-rich products prepared from purple wheat*. Food Chemistry, 2008, svazek 254, str. 13-19, ISSN: 0308-8146.
- [28] HOSSEINIAN, Farah S., W. LI a T. BETA. *Measurement of anthokyanins and other phytochemicals in purple wheat*. Food Chemistry, 2008, svazek 109, str. 916-924, ISSN: 0308-8146.
- [29] BARTL, Pavel, A. ALBREHT, M. SKRT, B. TREMLOVÁ, M. OŠŤÁDALOVÁ, K. ŠMEJKAL, I. VOVK a N. POKLAR ULRIH. *Anthocyanins in purple and blue wheat grains and in resulting bread: quantity, composition, and thermal stability*, International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2015, svazek 66, číslo 5, str. 514-519, DOI: 10.3109/09637486.2015.1056108
- [30] BARTL, Pavel, B. TREMLOVÁ, M. OŠŤÁDALOVÁ, P. ČÁSLAVKOVÁ, M. ELIÁŠOVÁ a M. ŽĎÁRSKÝ. *Stanovení anthokyanů v pšenicích s purpurově a modře zabarveným zrnem (Determination of Anthocyanins in Kernels of Purple and Blue Coloured Wheat Cultivars)*. Obilnářské listy, Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž s.r.o., 2013, ročník 21, číslo 3, str. 77-79, dostupné z: [https://www.vukrom.cz/userfiles/files/obilnarske\\_listy/2013/2013\\_3\\_4/75-77.pdf](https://www.vukrom.cz/userfiles/files/obilnarske_listy/2013/2013_3_4/75-77.pdf)
- [31] BUSTOS, Daniela V., R. RIEGEL a D. F. CALDERINI. *Anthocyanin content of grains in purple wheat is affected by grain position, assimilate availability and agronomic management*. Journal of Cereal Science, 2012, svazek 55, číslo 3, str. 257-264, ISSN: 0733-5210.
- [32] GANI, Adil, SM WANI, FA MASOODI a G. HAMEED. *Whole-grain Cereal Bioactive compounds and Their Health Benefits: A Review*. Food Processing and Technology, 2012, svazek 3, číslo 3, 10 s, ISSN:2157-7110, DOI: 10.4172/2157-7110.1000146

- [33] LIU, Rui Hai. *Whole grain phytochemicals and health*. Journal of Cereal Science, 2007, svazek 46, str. 207-219, ISSN: 0733-5210., DOI:10.1016/j.jcs.2007.06.010
- [34] ČSN ISO 46 110: Obiloviny potravinářské – Část 2: Pšenice potravinářská. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [35] Nařízení Komise (EU) č. 1272/2009 ze dne 11. prosince 2009 , kterým se stanoví společná prováděcí pravidla k nařízení Rady (ES) č. 1234/2007, pokud jde o nákup a prodej zemědělských produktů v rámci veřejné intervence
- [36] 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.
- [37] ZIMOLKA, Josef. Pšenice – Pěstování, hodnocení a užití zrna. Vyd.1, Praha: ProfiPress, 2005, 180 s, ISBN 80-86726-09-6.
- [38] ANONYM. Obilniny 2017, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský se sídlem v Brně, Národní odrůdový úřad Brno, 2017, ISBN 978-80-7401-142-9.
- [39] ČSN ISO 712 (46 1014): Obiloviny a výrobky z obilovin - Stanovení obsahu vody (praktická referenční metoda). Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2010
- [40] ČSN ISO 214 15 - Část 1: Stanovení mokrého lepku ručním vypíráním. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2007
- [41] ČSN ISO 3093 (46 1018): Obiloviny - Stanovení čísla poklesu. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2011
- [42] ČSN ISO 5529 (46 1022): Pšenice - stanovení sedimentačního indexu - Zeleného test. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2011
- [43] 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.

- [44] SINGH, Narpinderm, H. S. GUJRAL a J. SINGH. *Effect of baking ingredients and mixing duration on dough development, gas release and bread making properties*. Journal of Food Quality, 2002, číslo 25, str. 305-315, ISSN: 1745-4557.
- [45] 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.
- [46] ANONYM. Rheo F4 User's manual. Chopin Technologies, Francie, 2016, 42 s.
- [47] CAUVAIN, Stanley P. a L. S. YOUNG. *The ICC Handbook of Cereals, Flour, Dough & Product Testing: Methods and Applications*. DEStech Publications, Inc., 2009, 498 s., ISBN 978-1-932078-99-2
- [48] DUBAT, Arnaud, C. M. ROSELL a E. GALLAGHER. *Mixolab: A New Approach to Rheology*. Academic Press, 2016, 126 s., ISBN: 978-1-891127-77-9
- [49] BANU, Iuliana, G. STOENESCU, V. IONESCU a I. APRODU. *Estimation of the Baking Quality of Wheat Flours Based on Rheological Parameters of the Mixolab Curve*. Czech Journal of Food Sciences, 2011, svazek 29, číslo 1, str. 35-44, ISSN 1805-9317.
- [50] 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.
- [51] KAHRAMAN, Kevser, O. SAKIYAN, S. OZTRUK, H. KOKSEL, G. SUMNU a A. DUBAT. *Utilization of Mixolab to predict the suitability of flours in terms of cake quality*. European Food Research and Technology, 2008, svazek 227, číslo 2, str. 565-570, ISSN: 1438-2385.
- [52] MIXOLAB 2, Chopin Technologies dostupné na: <https://chopin.fr/en/page-dun-produit/mixolab-2.html>

- [53] OZTRUK, Serpil, K. KAHRAMAN, B. TIFTIK a H. KOKSEL. *Predicting the cookie quality of flours by using Mixolab*. European Food Research and Technology, 2008, svazek 227, číslo 5, str. 1549-1554, ISSN: 1438-2377.
- [54] ANONYM. *Mixolab 2 User's manual*. Chopin Technologies, Francie, 2016, 77 s.
- [55] MEKURIA, Bekele a S.A. EMIRE. *Effects of Vital Gluten Enrichment on Qualities of Value Added Products*. Journal of Food Science and Technology, 2015, svazek 6, číslo 15, ISSN: 2157-7110.
- [56] GALLAGHER, Eimear. *Gluten-Free Food Science and Technology*, vyd. 1, Wiley-Blackwell, 2009, 256 s., ISBN 978-1-4051-5915-9.
- [57] Kiefferovo zařízení pro stanovení roztažnosti těsta a lepku. Dostupné na: <https://textureanalysisprofessionals.blogspot.com/2014/12/texture-analysis-in-action-kieffer.html>
- [58] Křivka stanovení roztažnosti těsta a lepku. Brabender. <https://www.brabender.com/en/food/products/rheometers/inspect-rheological-dough-properties-extensograph-e/>
- [59] JANEČKOVÁ, Marie, L. HŘIVNA, M. JŮZL, Š. NEDOMOVÁ, T. VYHNÁNEK, V. TROJAN a E. MRKVICOVÁ. *Possibilities of using purple wheat in producing bakery products*. MendelNet2014, Proceedings of International PhD Students Conference, Agronomická fakulta Mendelovy univerzity v Brně, 2014, str 412 – 416, ISBN 978-80-7509-174-1.
- [60] HŘIVNA, Luděk, V. ZIGMUNDOVÁ, I. BUREŠOVÁ, R. MACO, T. VYHNÁNEK a V. TROJAN. *Rheological properties of dough and baking quality of products using coloured wheat*. Plant, Soil and Environment, 2018, svazek 64, číslo 5, str 203 – 208, ISSN 1805-9368.
- [61] CHLÉB KARKULKA, dostupné z: <http://mendelu.cz/28952n-cervený-chleb-karkulka>
- [62] BUREŠOVÁ, Iva. *Výroba potravin rostlinného původu: návody do cvičení I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2014, 98 s., ISBN 978-80-7454-331-9.

- [63] ČSN ISO (461506) 17 718 Pšeničná mouka a pšeničná celozrnná mouka (*Triticum aestivum* L.) – Stanovení reologického chování v závislosti na míchání a zahřívání. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2015
- [64] BUREŠOVÁ, Iva, V. Trojan a M. Helis. *Characteristics of flour and dough from purple and blue wheat grain*. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2019, svazek 13, číslo 1, str. 163-166, ISSN 1337-0960.
- [65] DUNNEWIND, Bertus, E. L. SIWINSKI, K. GROLLW a T VAN VLIET. The Kiefer dough and gluten extensibility rig – an experimental evaluation. *Journal of Texture Studies*, 2004, svazek 34, str. 537-560, ISSN: 1745-4603
- [66] LEPŠ, Jan a P. ŠMILAUER. *Biostatistika*. Vyd. 1. České Budějovice: Nakladatelství Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Episteme, Natura, 2016, 438 s., ISBN: 9788073945879
- [67] ZVÁRA, Karel. *Biomedicínská statistika IV. Základy statistiky v prostředí R*. vyd.1., Praha: Karolinum, 2013, 259 s. ISBN 978-80-246-2245-3.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1: Podélný řez pšeničným zrnem se znázorněním vrstev [2].....	13
Obrázek 2: Obecná chemická struktura antokyanidinu [30] .....	22
Obrázek 3: vlevo – soustava komponent reofermentometru; uprostřed – vložení soustavy do testovací komory; vpravo – reofermentometr RheoF4 [46] .....	28
Obrázek 4: Křivka průběhu vývinu těsta [46] .....	28
Obrázek 5: Křivka úniku plynu z těsta [46].....	29
Obrázek 6: Mixolab, Chopin Technologies [52] .....	30
Obrázek 7: Měření na mixolabu [53], .....	31
Obrázek 8: Běžný farinogram [55].....	32
Obrázek 9: Kiefferovo zařízení pro stanovení roztažnosti těsta a lepku [57].....	33
Obrázek 10: Křivka měření roztažnosti těsta a její parametry [58] .....	34
Obrázek 11: Chléb z mouky purpurových pšeníc, Karkulka [59] .....	35

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Nejzastoupenější antokyanidiny, jejich funkční skupiny a zbarvení, upraveno .....	22
Tabulka 2: Jakostní parametry Pšenice potravinářské .....	24
Tabulka 3: Minimální požadavky na mouky dle pekárenského využití.....	25
Tabulka 4: Výsledky stanovení základních parametrů.....	43
Tabulka 5: Výsledky sledování vývinu těsta pomocí reofermentometru .....	44
Tabulka 6: Výsledky sledování úniku plynu pomocí reofermentometru .....	47
Tabulka 7: Výsledky stanovení reologických vlastností těsta – farinografický režim .....	49
Tabulka 8: Výsledky stanovení reologických vlastností těsta – režim Mixolab .....	50
Tabulka 9: Výsledky stanovení tažnosti těsta pomocí textuometru .....	52

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

R-A1b, R-B1b a R-D1b	dominantní alely zbarvení červených obilek
Pp1, Pp3b a Pp3a	geny purple periikarp, zbarvení purpurových pšeníc
HTZ	hmotnost tisíce zrn
KTJ	kolonie tvořící jednotku
T1	čas dosažení maximální výšky těsta [h, min]
Hm	maximální výška těsta [mm]
T2, T'2	rozmezí časů kdy dojde k relativní stabilizaci těsta při maximální výšce těsta 0,88Hm a současně ne nižší než 6 mm
h	výška těsta na konci měření
(Hm-h)/Hm	% poklesu ve vývinu po celkovém čase měření v porovnání s T1
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 zadržený v těstě
A2	objem plynu uvolněný z těsta během kynutí
R	retenční koeficient
C1 – C5	charakteristické body na křivce vymežující oblasti křivky 1-5
$\alpha, \beta, \gamma$	směrnice mixolabické křivky [Nm.min <sup>-1</sup> ]
W	vaznost vody
DT	doba vývinu těsta
ST	stability těsta
DS	stupeň změknutí
FU	farinografické jednotky



---

E	extenzografická tažnost
R	extenzografický odpor
R <sub>50</sub>	extenzografický odpor odpovídající prodloužení těsta na 50 mm
R <sub>m</sub>	extenzografický odpor v maximu křivky
A	extenzografická energie, plocha pod křivkou, udávána v cm <sup>2</sup> neboli maximální odpor, odečítán v maximu křivky
m	hmotnost mokrého lepku
w <sub>1</sub>	obsah vody ve vzorku
S	síla potřebná k přetržení vzorku
D	vzdálenost potřebná k přetržení vzorku
P	práce potřebná k přetržení vzorku