

# Stanovení dusíku, bílkovin a tuku v červené pšenici

Veronika Vítková

---

Bakalářská práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie a mikrobiologie potravin  
akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika VÍTTKOVÁ**  
Osobní číslo: **T09140**  
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Stanovení bílkovin a tuků v červené pšenici**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Stručně charakterizovat obiloviny, blíže se zaměřit na pšenici.
2. Popsat chemické složení pšenice s důrazem na významné složky pšenice červené.
3. Uvést principy analytických stanovení prováděných v experimentální části.

### II. Experimentální část

1. V metodické části popsat pracovní postupy jednotlivých analýz a charakterizovat analyzované vzorky.
2. Diskuze výsledků a formulace závěrů.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. Cereální chemie a technologie I. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. ISBN 80-7080-530-7
2. HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I. Technologie výroby potravin rostlinného původu. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně: UTB Academia centrum Zlín, 2006. ISBN 80-7318-372-2
3. HAMPL, B. a kolektiv autorů. Přehled potravinářského a kvasného průmyslu. Státní nakladatelství technické literatury, 1962. ISBN 04-817-62
4. BAJAJ, Y., P., S. Biotechnology in Agriculture and Forestry 13, Wheat. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1990. ISBN 3-540-51809-6
5. FRANCIS, F., J. Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology. John Wiley & Sons, 1999. ISBN 978-0-471-19285-5. 2. vydání

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.**  
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

**1. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**21. května 2012**

Ve Zlíně dne 10. února 2012

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



  
doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: .....

Obor: .....

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek 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 užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....

.....

---

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

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

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

<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 nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).*

<sup>3)</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 dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

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

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

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce byla zaměřena na stanovení bílkovin a tuku v červené pšenici. Mimo to byl stanoven také obsah vlhkosti, popelovin a hmotnosti tisíce zrn. Tato práce obsahuje také charakteristiku červené pšenice, její stavbu a chemické složení.

Klíčová slova: červená pšenice, vlhkost, popel, bílkoviny

## **ABSTRACT**

Bachelor thesis was focused on the determination of protein and fat in red wheat. Another objective was to determine the dry matter content, moisture, ash content and weight of thousand grains. This work also includes the characteristic red wheat, its chemical composition and nutrition benefit in human body.

Keywords: red wheat, moisture, ash, protein

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při vypracování.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 OBILOVINY</b> .....	<b>12</b>
1.1 PŠENICE.....	12
1.2 PRODUKCE PŠENICE.....	14
1.2.1 Produkce pšenice ve světě.....	14
1.2.2 Produkce pšenice v ČR .....	15
1.3 MORFOLOGIE PŠENICE.....	15
<b>2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA ČERVENÉ PŠENICE</b> .....	<b>18</b>
2.1 SACHARIDY .....	19
2.2 BÍLKOVINY .....	20
2.2.1 Gluten .....	21
2.3 TUKY.....	23
2.4 VITAMINY .....	23
2.5 MINERÁLNÍ LÁTKY .....	24
<b>3 PRINCIPY ANALYTICKÝCH STANOVENÍ</b> .....	<b>25</b>
3.1 STANOVENÍ VLHKOSTI.....	25
3.2 STANOVENÍ POPELOVIN .....	25
3.3 STANOVENÍ TUKU .....	26
3.3.1 Stanovení tuku přímou extrakcí – Twisselmannův extraktor .....	26
3.3.2 Stanovení tuku Soxhletovou metodou .....	26
3.4 STANOVENÍ OBSAHU HRUBÝCH BÍLKOVIN .....	27
3.4.1 Kjeldahlova metoda .....	27
3.5 STANOVENÍ HMOTNOSTI TISÍCE ZRN .....	28
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>29</b>
<b>4 MATERIÁL A PŘÍSTROJE</b> .....	<b>30</b>
4.1 POUŽITÉ PŘÍSTROJE, CHEMIKÁLIE A POMŮCKY .....	30
4.2 ANALYZOVANÉ VZORKY .....	30
4.3 STANOVENÍ VLHKOSTI.....	31
4.4 STANOVENÍ POPELOVIN .....	32
4.5 STANOVENÍ TUKU .....	32
4.6 STANOVENÍ BÍLKOVIN KJELDAHLOVOU METODOU .....	33
4.7 STANOVENÍ HMOTNOSTI TISÍCE ZRN .....	34
<b>5 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>35</b>
5.1 STANOVENÍ VLHKOSTI.....	35
5.2 STANOVENÍ POPELOVIN .....	35
5.3 STANOVENÍ TUKU .....	36
5.4 STANOVENÍ BÍLKOVIN KJELDAHLOVOU METODOU .....	37
5.5 STANOVENÍ HMOTNOSTI TISÍCE ZRN .....	38
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>40</b>



<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>42</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>46</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>47</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>48</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>49</b>

## ÚVOD

Obiloviny a obilné produkty jsou významnou složkou výživy obyvatelstva celé planety. Obiloviny jsou strategickou a historicky nejvýznamnější plodinou. V současnosti se obiloviny pěstují téměř po celém světě, pokud jsou k tomu příznivé podmínky. Mezi základní druhy obilovin patří: pšenice, ječmen, oves, žito, rýže, kukuřice, čirok a proso. Nejvýznamnější je pšenice a rýže. K oblastem s největší produkcí pšenice patří středozápad USA, Kanada, Rusko, Austrálie, Indie a Čína [1,2].

Pšenice patří botanicky mezi traviny (*Gramineae*), do čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Používá se nejen pro potravinářské účely, ale méně kvalitní průmyslová pšenice je také jedním z hlavních zdrojů potravy ke krmení zvířat a využití má i v průmyslu (výroba škrobu, biopaliv) [3].

Pšenice je důležitá zejména pro svou nutriční hodnotu. Největší zastoupení mají sacharidy, z nichž je nejdůležitější škrob. Vyskytuje se v endospermu obilky v množství 50 – 80 %. Další důležitou složkou je vláknina, která je pro člověka nestravitelná a podporuje trávení. Obiloviny také obsahují bílkoviny, které jsou neplnohodnotné. V obilném klíčku je obsažen tuk, důležité jsou hlavně nenasycené mastné kyseliny. Z vitaminů a minerálů jsou obiloviny bohatým zdrojem hlavně vitamínu E, který je důležitým antioxidantem, vitaminů skupiny B, vápníku, železa, hořčíku, zinku a fosforu [3].

Cílem této práce bylo stanovit obsah bílkovin, tuku, popelovin, vlhkosti (sušiny) a HTZ ve vzorcích červené pšenice. Zrno červené pšenice bylo na mlýnku rozmléto na hrubou mouku, hladkou mouku, namleto na mikro velikost, byly z něj udělány na témže mlýnku vločky a také bylo pro analýzu použito celé zrno.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 OBILOVINY

Obiloviny byly velmi důležitou plodinou po tisíce let. Náznaky pěstování obilovin se datují 12. až 10. tisíciletí před naším letopočtem. Mají na výživě lidstva rozhodující podíl. Základními druhy obilovin jsou: pšenice, ječmen, oves, žito, rýže, kukuřice, čirok a proso, z nichž nejvýznamnější je pšenice [1].

Obiloviny patří botanicky mezi traviny (*Gramineae*) a téměř všechny do čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Pro lidskou výživu se přímo využívá pouze zrna. Zrna jsou zdrojem energie a jedním z hlavních zdrojů bílkovin. Díky společnému botanickému původu jsou si složením velmi podobné. Každé zrno obsahuje celý komplex biochemického materiálu, genetickou informaci, biosyntetický aparát a zásobárnu energie, které ve vhodných klimatických a půdních podmínkách umožňují zrnu vyrůst [3,4].

### 1.1 Pšenice

Pšenice (*Triticum aestivum*) je z hospodářského hlediska nejdůležitější obilovina sklízená na světě. S jejím pěstováním začaly starověké civilizace Babylonu, Egypta, Řecka a Říma již 6 700 let př. n. l. Je pěstována v širokém rozmezí klimat od Asie, Evropy, Afriky, USA až po Austrálii [2].

Botanicky patří mezi traviny (*Gramineae*), do čeledi lipnicovité (*Poaceae*) a má 14 základních druhů. Ty se dále dělí do tří hlavních podrodů podle počtu chromozomů, a to na diploidní, tetraploidní a hexaploidní. Mezi nejrozšířenější, komerčně pěstované druhy, se řadí tetraploidní pšenice tvrdá a hexaploidní pšenice obecná a špalda. Pěstované odrůdy, lišící se místem růstu v odlišných klimatických a půdních podmínkách, prokazují široké spektrum vlastností [5].

Používá se nejen pro potravinářské účely, ale méně kvalitní průmyslová pšenice je také jedním z hlavních zdrojů potravy ke krmení zvířat a využití má i v průmyslu (výroba škrobu, biopaliv). Pro svou nutriční hodnotu je významným zdrojem rostlinných bílkovin v lidské potravě, a také je zdrojem důležitých vitaminů (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> a E), minerálních látek (hořčík, fosfor) a vlákniny (rezistentní škrob, celulóza a hemicelulózy) [6, 7].

Tabulka č. 1: Přehled druhů pšenice [2]

druh	Latinský název	Obecný název	Počet chromozomů
Diploid	<i>T. aegilpoides</i>	Divoká jemnozrná	14
	<i>T. monococcum</i>	Pšenice kulturní jednozrná	14
Tetraploid	<i>T. dicoccoides</i>	Pšenice planá dvouzrná	28
	<i>T. dicoccum</i>	Pšenice dvouzrná	28
	<i>T. durum</i>	Pšenice tvrdá	28
	<i>T. persicum</i>	Pšenice perská	28
	<i>T. turgidum</i>	Pšenice naduřelá	28
	<i>T. polonicum</i>	Pšenice polská	28
	<i>T. timopheevi</i>	Pšenice Timofejevova	28
Hexaploid	<i>T. aestivum, vulgare</i>	Pšenice obecná	42
	<i>T. sphaerococcum</i>	-	42
	<i>T. compactum</i>	Pšenice shloučená	42
	<i>T. spelta</i>	Pšenice špalda	42
	<i>T. macha</i>	-	42

Z pěstitelského hlediska se rozlišují pšenice jarní a ozimá. Jarní pšenice se začíná pěstovat v jarních měsících a vyžaduje maximum srážek a maximální teploty v měsících letních, což vede k rychlému růstu zrna se skelným endospermem a vysokým obsahem bílkovin. Tato forma je vhodná pro výrobu chleba. Ozimá pšenice je pěstována v podzimních měsících, v klimatech s vyrovnanými teplotami a srážkami. Zrna dozrávají pomaleji, obsahují méně dusíku a úroda zaručuje vyšší výnos. Obecně se hodí spíše pro výrobu pekařských výrobků, jako jsou suchary, sušenky atd. V konvenčním zemědělství se pěstují převážně ozimé formy, v ekologickém zemědělství zaujímají důležité místo i jarní formy pšenice.

Pšenice patří k základní pečárenské obilovině z hlediska mimořádné kvality jejích bílkovin, které jsou schopny vytvořit nakypřenější strukturu a vyšší klenbu pečeného výrobku než bílkoviny z kterýchkoliv jiných obilovin. Proto je z hlediska zpracování mouk nejvýznamnější dělení na pšenici měkkou a tvrdou. Toto dělení závisí na způsobu rozpadu

endospermu při mletí na mouku. V tvrdé pšenici má rozdrčený endosperm sklon vyskytovat se podél linky hranic buněk, zatímco u měkké pšenice se tyto fragmenty endospermu vyskytují v buňce v nepravidelném rozložení. Tvrdá pšenice proto dává mouku hrubou, krupičnatou z pravidelně formovaných částí, z nichž mnohé jsou celé buňky endospermu uspořádány ve skupinách nebo samostatně, prosívání je jednoduché. Z odrůd jemné pšenice je mouka naopak jemná, skládající se z nepravidelně formovaných částí buněk endospermu, které jsou vzájemně propletené, prosívání je obtížné [5, 8].

## 1.2 Produkce pšenice

### 1.2.1 Produkce pšenice ve světě

V celosvětovém měřítku jsou největšími producenty této komodity středozápad USA, Kanada, Rusko, Austrálie, Indie a Čína. V posledních letech se staly významnými producenty pšenice i země EU, která je nyní schopna produkovat kvalitní pšenici a začala významně konkurovat tradičním exportérům na světovém trhu [3].

Z hlavních světových exportérů došlo k největším propadům sklizně pšenice v roce 2011 především v Rusku, na Ukrajině, v Kazachstánu, EU a v Kanadě. Naopak v USA, Austrálii a v Argentině byla sklizeň pšenice vyšší než v roce předcházejícím. K meziročnímu nárůstu světové spotřeby pšenice (o 3 %) významně přispívá silná poptávka po krmné pšenici, která je podpořena díky vysokým cenám kukuřice [9].

Tabulka č. 2: Produkce a vývoz pšenice ve vybraných zemích světa [9]

Ukazatel	Produkce [mil.t]			Vývoz [mil.t]		
	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2008/2009	2009/2010	2010/2011
Rusko	63,70	61,70	41,51	18,40	18,56	3,98
Ukrajina	25,90	20,90	16,84	13,04	9,34	4,30
Čína	112,46	115,12	115,18	0,72	0,89	0,94
Indie	78,57	80,68	80,80	-	0,10	0,05
Země EU	151,12	138,06	135,61	25,32	22,12	22,85
Kanada	28,61	26,85	23,17	18,67	18,97	16,50
USA	68,02	60,37	60,06	27,10	24,18	35,08
Austrálie	21,42	22,50	26,00	13,45	13,74	18,30
Argentina	10,10	10,50	15,00	8,62	5,17	9,00

### 1.2.2 Produkce pšenice v ČR

Zcela dominantní roli mezi obilovinami hraje ozimá pšenice. Na růstu výroby pšenice v roce 2011 se podílí především nadprůměrný hektarový výnos ozimé pšenice, ale také navýšení osevních ploch. Celková výroba pšenice významně vzrostla proti předchozímu roku o 20 %. Toto navýšení vyplývá především ze zvýšení produkce pšenice ozimé o 18,5 % [3, 9].

Tabulka č. 3: Bilanční tabulka pšenice v ČR [9]

Ukazatel	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2011/2012
osevní plocha [tis.ha]	802,30	831,30	833,60	863,10
výroba [tis.t]	4 631,50	4 358,10	4 161,60	4 993,40
výnos [t.ha <sup>-1</sup> ]	5,77	5,24	4,99	5,79
vývoz [tis.t]	1 595,30	1 338,30	1 180,30	1 800,00
dovoz [tis.t]	44,70	32,30	23,50	30,00

### 1.3 Morfologie pšenice

Plodem pšenice je zrno, které může být různého tvaru, velikosti a barvy. Pšeničné zrno je oválného, vejcovitého tvaru, jeho délka se pohybuje od 4 do 8 mm v závislosti na odrůdě a podmínkách růstu rostliny. Jeho hmotnost se pohybuje mezi 30 – 50 mg [10].

Dobře vyvinuté zrno je na povrchu hladké s oblými hranami. Na vertikální straně zrna se nachází brázda, která se směrem do středu zrna rozšiřuje a rozděluje zrno na dvě lící části. Zrno se podle barvy rozděluje na bílé a červené. Barva bílo-zrnných odrůd může kolísat od bílé přes krémovou až po žlutou barvu. Červeno-zrnné odrůdy mohou být od světlehnědé až do tmavých odstínů červené barvy. Intenzita tmavě-červené barvy zrn závisí na struktuře endospermu, od látek přítomných v osemení a od zralosti oplodí [11].

Zrno je tvořeno ze čtyř hlavních částí a to z obalové vrstvy (oplodí), aleuronové vrstvy, endospermu a zárodku (embrya, klíčku) [6].

Tabulka č. 4: Rozmezí hmotnostních podílů částí zrna pšenice [3]

část zrna	rozmezí podílů [% hmotn.]
oplodí	3,5 – 9,5
aleuronová vrstva	4,6 – 10,4
endosperm	80,1 – 88,5
klíček	2,3 – 36,0

Vnější vrstva zrna (epidermis) plní funkci pouzdra pro ostatní buněčné vrstvy, které tvoří oplodí silné přibližně 50  $\mu\text{m}$ . V sušině zaujímá 13 – 17 %. Oplodí je tvořeno nerozpustnými a obtížně bobtnajícími materiály, především celulózu, a je určeno k ochraně zrna před mechanickým poškozením a krátkodobými účinky vody a škodlivých látek. V následujících podpovrchových vrstvách, v osemení, jsou barviva určující vnější barevný vzhled zrna. Další vrstvy obsahují polysacharidy, schopné v různém stupni bobtnat a vázat vodu, čímž do jisté míry přispívají k udržování rovnováhy vlhkosti zrna [3, 10].

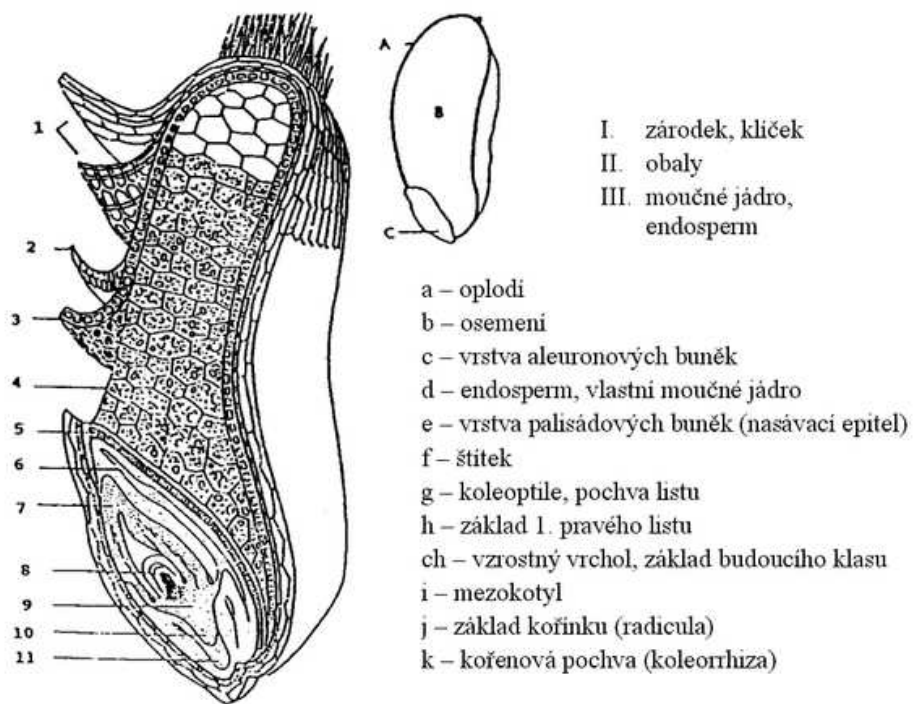
Na rozhraní obalových vrstev a endospermu se nachází jednoduchá, měkká vrstva velkých buněk, tzv. aleuronová vrstva, která obsahuje až 30 % bílkovin, což je téměř třikrát vyšší obsah než v endospermu. Aleuronové buňky mají nejvyšší obsah minerálních látek z celého zrna [7].

Pod aleuronovou vrstvou se nachází endosperm, vrstva bohatá zejména na škrob. Endosperm zaujímá až 80 % váhy celého zrna. Kromě sacharidů, hlavně škrobu, se v endospermu nachází také albuminy, globuliny a hlavní bílkoviny glutenového komplexu – gluteniny a gliadiny [6].

Zárodek (embryo, klíček) je lokalizován na konci zrna a zabírá 2 – 3 % z celé váhy zrna. Je bohatý na proteiny (zhruba 25 % celého zrna) a tuky (8 – 13 % zrna). Shora je zárodek kryt oplodím a osemením. V zárodku je uloženo většinou 3 – 5 kořínků (podle druhu). Na vrcholu kořene je kořenová čepička, která chrání meristematické buňky. Na povrchu zárodku je epidermis, na které se v pozdějších vývojových fázích vytvoří kutikula [10, 12].

Díky tukům se před mlýnským zpracováním zrna klíček broušením odstraňuje, jinak by velmi rychle podléhal oxidačním a enzymovým změnám a zhoršoval senzoryckou kvalitu výrobku [7].





Obrázek č. 1: Anatomická stavba pšeničného zrna [12]

## 2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ZRNA ČERVENÉ PŠENICE

Taxonomické zařazení červené pšenice je následující [13]:

Druh: *Triticum aestivum* L. – pšenice setá

- Poddruh: *Triticum aestivum subsp. aestivum* L. – pšenice setá
  - Varieta: *Triticum aestivum var. erythrospermum* – pšenice bílá osinatá
  - Varieta: *Triticum aestivum var. ferrugineum* – pšenice červená osinatá
  - Varieta: *Triticum aestivum var. lutescens* – pšenice bílá bezosinná
  - Varieta: *Triticum aestivum var. milturum* – pšenice červená bezosinná

Červená pšenice patří mezi druh *Triticum aestivum* a poddruh *Triticum aestivum subsp. aestivum* L. Tento poddruh zahrnuje i pšenici bílou. Pšenice červená se dále dělí podle osinatosti klasu na osinatou a bezosinnou [13].

Pšenice je považována za dobrý zdroj bílkovin, minerálních látek, vitaminů skupiny B a vlákniny. Rozložení látek v zru je následující: v obalech minerální látky (popel) a vláknina, v endospermu je soustředěn škrob a lepkotvorné bílkoviny, aleuronová vrstva obsahuje bílkoviny, v klíčku jsou pak sacharidy, tuk a vitaminy [14].

Červená pšenice má stejnou morfologickou stavbu jako pšenice obecná. Rozdíl je v barvě zrna a procentuálním zastoupení základních látek. Barva zrna je dána obsahem antokyanů, které se nacházejí především ve slupce. Jejich obsah tedy závisí na stupni vymletí a byl stanoven na  $200 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ . Tyto barviva mají antioxidační účinky, pohlcují volné radikály a pomáhají při odstraňování škodlivých látek z těla. Co se týká látkového složení má červená pšenice vyšší obsah tuků a sacharidů, konkrétně škrobu. Obsah bílkovin je naopak nižší. Látkové složení červené pšenice je popsáno níže. Z červené pšenice se odebíráním genů zajišťujících obsah antokyanů, a tím i barvu červené pšenice, šlechtí bílá pšenice [15, 16].



Obrázek č. 2: Barevné srovnání červené a bílé pšenice [17]

## 2.1 Sacharidy

Tvoří největší podíl obilného zrna a nacházejí se jak v buněčných stěnách, plastidech, vakuolách i cytoplazmě. Celkový obsah sacharidů v zrně červené pšenice je 74,2 %. V obilném zrně jsou zastoupeny sacharidy od jednoduchých cukrů až po vysokomolekulární polysacharidy, které se nejčastěji dělí na škrob a skupinu neškrobových polysacharidů [6, 18].

Z jednoduchých sacharidů se v zrně červené pšenice vyskytují hlavně mono- a oligosacharidy, a to pouze v nepatrném množství. Mezi monosacharidy patřící do hexóz se v zrně nachází hlavně glukóza a fruktóza, které tvoří oligosacharid sacharózu. Z pentóz je v zrně arabinóza, xylóza a ribóza. Nejdůležitějšími oligosacharidy jsou disacharidy sacharóza a maltóza. Jsou obsaženy především v klíčku [3, 6, 7].

Dále jsou to koloidně disperzní sacharidy (polysacharidy), kde hlavními zástupci této skupiny jsou škrob, dextriny, celulóza, hemicelulózy, pentózany a slizovité látky. Hlavním polysacharidem obsaženým v zrně je škrob. Obsah škrobu v endospermu, který je přítomen v podobě škrobových granulí, se pohybuje od 60 – 75 %. Škrobové granule jsou velké mezi 25 – 40  $\mu\text{m}$ . Škrob je složen z amylozy a rozvětveného amylopektinu. Obsah amylozy 25 – 27 % a 70 – 80 % ve formě amylopektinu [3, 6].

Kromě škrobu obsahuje zrno i další neškrobové polysacharidy, z nichž nejvýznamnější jsou hemicelulózy a celulóza. Jsou to nestravitelné, takzvané balastní látky, mající příznivý vliv na trávení člověka. Hemicelulózy se vyskytují převážně v podobalových vrstvách a tvoří nestravitelnou část potravy. Jejich hlavní složkou jsou pentózany heterogenního složení, s převahou arabinózy a xylózy. Rozpustná část hemicelulóz má značnou aktivitu

vázání vody a je schopna tvořit vysoce viskózní roztoky. I celulóza je součástí obalových vrstev a rovněž nestavitelnou složkou potravy [7].

Vláknina je tvořena látkami, které nemohou být v tenkém střevu stráveny a absorbovány a proto procházejí do tlustého střeva nedotčeny. Obsahuje neškrobové polysacharidy (celulózu, hemicelulózu, rostlinné gumy, pektiny) a další rostlinné složky (slizovité látky). Vláknina obsahuje rovněž rezistentní škrob. Má příznivé účinky na fyziologii trávení [19].

## 2.2 Bílkoviny

Pšeničné bílkoviny představují nejen důležitý zdroj energie ve výživě člověka, ale jsou také ukazatelem kvality pečárenských výrobků. Význam pro technologickou hodnotu, ale i pro krmnou hodnotu zrna, má bílkovinný komplex, tedy obsah bílkovin a aminokyselinové složení. Celkový obsah bílkovin v červené pšenici je 10,4 %. Nejvíce ze základních 20 aminokyselin jsou v bílkovinném řetězci zastoupeny tyto aminokyseliny: kyselina glutamová, prolin a leucin. Červená pšenice se řadí mezi neplnohodnotné potraviny (z pohledu obsahu esenciálních aminokyselin), neboť obsahuje málo lyzinu, který je limitující aminokyselinou [3, 18, 20].

Dusíkaté látky se v zrně pšenice dělí podle Osbornovy klasifikace na dusíkaté látky nebílkovinné povahy (nitráty, aminocukry, amidy, amidické soli, aminy, volné aminokyseliny apod.) a bílkoviny, které se dále člení do několika skupin [21].

Bílkoviny se také dělí podle morfologického původu, rozpustnosti v různých rozpouštědlech, biologické funkce a chemického složení. Dle morfologického původu se dělí na bílkoviny endospermu, aleuronové vrstvy a zárodečné, čili pocházející z klíčku. Podle rozpustnosti se dělí proteiny pšenice na albuminy (rozpustné ve vodě a zředěných pufrách), globuliny (nerozpustné ve vodě, rozpustné v roztocích soli), prolaminy (rozpustné v 70 – 90 % etanolu) a gluteliny (rozpustné ve zředěných kyselinách nebo zásadách). Dle biologické funkce se bílkoviny dělí na protoplazmatické (dále dělené na katalytické a konstituční) a na zásobní bílkoviny (nízkomolekulární a vysokomolekulární). A podle chemického složení se dělí na jednoduché a komplexní bílkoviny (př. glykoproteiny, lipoproteiny) [3, 22].

Albuminy a globuliny – tyto dvě frakce tvoří skupinu protoplazmatických bílkovin. V obilce mají především metabolické a strukturální funkce, tzn. jsou součástí enzymů, enzymových inhibitorů, buněčných stěn, membrán a ribozomálního aparátu [10, 23].

Prolaminy jsou zásobními bílkovinami. Jejich obsah se pohybuje mezi 40 – 60 % celkového obsahu bílkovin zrna v závislosti na druhu, hnojení a genotypu. Triviálním názvem pro prolamin je gliadin. Prolamin se vyznačuje vysokým obsahem prolinu a glutaminu a nízkým obsahem bazických aminokyselin, především lyzinu. Lyzin je u všech prolaminů první limitující aminokyselinou. Prolaminy jsou směsí heterogenních peptidů, tvořících složité struktury stabilizované disulfidickými můstky [6, 8, 10].

Gluteliny jsou obsaženy v endospermu a jde o zásobní bílkoviny. Jsou obsaženy v endoplazmatickém retikulu a ostatních buněčných membránách a proto mohou mít funkce strukturální a metabolické. Podíl glutelinů z celkového obsahu bílkovin zrna činí 40 % [3, 6, 10].

Gluteliny představují polydisperzní systém peptidů o velmi rozdílné molekulové hmotnosti se složitou terciární strukturou, která zamezuje jejich rozpouštění ve většině rozpouštědel [10].

### 2.2.1 Gluten

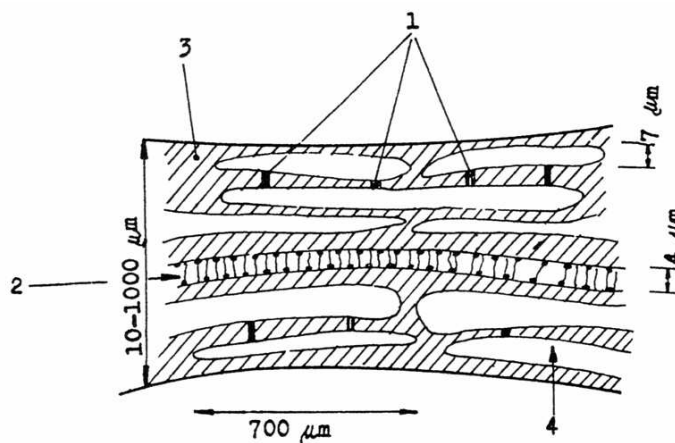
Pšeničné proteiny se výrazně liší od ostatních rostlinných proteinů svou schopností tvořit pružný gel – gluten (lepek), jehož nejdůležitějšími složkami jsou frakce nerozpustné ve vodě – gliadiny (monomerní proteiny) a gluteniny (polymerické proteiny), přibližně ve vzájemném poměru 2:3. Gluten zahrnuje zhruba 78 – 85 % celkového obsahu proteinů v endospermu pšeničného zrna. Gluteniny udělují těstu elasticitu (pružnost), zatímco gliadiny mají viskózní charakter a těstu zaručují tažnost. Molekuly gliadinů jsou pospojovány disulfidickými vazbami intramolekulárně a jejich charakter je tak globulární. Naopak molekuly gluteninů mají jak intramolekulární tak intermolekulární disulfidické vazby a jejich charakter je fibrilární [16, 24, 25].

Gliadiny a gluteniny se dále dělí [22]:

- Gliadiny:  $\alpha$ - gliadin,  $\beta$ - gliadin,  $\gamma$ - gliadin,  $\omega$ - gliadin
- Gluteniny: HMW - GS (high molecular weight of glutenin subunits – vysoká molekulová hmotnost gluteninové podjednotky; molekulová hmotnost 10 000 – 70 000 Da), LMW - GS (low molecular weight of glutenin subunits – nízká molekulová hmotnost gluteninové podjednotky; molekulová hmotnost 80 000 - 130 000 Da)

Lepek vytváří konstituci těsta tím, že vytváří trojrozměrnou síť peptidických řetězců spojených navzájem různými můstky a vazbami. Hlavní roli zde hrají především

disulfidické můstky mezi jednotlivými aminokyselinami. Typické viskoelastické vlastnosti propůjčují lepku gluteniny, jejichž molekuly jsou schopné tvořit trojrozměrnou síť, na jejímž vzniku se podílejí různé druhy vazeb mezi gluteninovými molekulami (vodíkové vazby, iontové a hydrofobní interakce aminokyselin). Gliadinové molekuly mají na viskoelastické vlastnosti těsta spíše jen modifikující účinek. Hlavním faktorem, který určuje kvalitu mouky je vzájemný poměr obou proteinů [6, 24].



Obrázek č. 3: Model struktury hydratovaného lepkového vlákna [6]

Popis obrázku: 1 – vodíkové můstky, 2 – vrstva lipoproteidu, 3 – vodní fáze, 4 – bílkovinné destičky

Lepek se vyznačuje viskoelastickými vlastnostmi, které umožňují v procesu kynutí těsta zadržovat oxid uhličitý a tím ovlivňovat objem pečiva. Lepek se izoluje z těsta připraveného z pšeničné mouky vypíráním proudem vody, při čemž se postupně vyplavují látky rozpustné ve vodě a škrob. Vypraný lepek je tvořen zhruba z 90 % proteinů, 8 % lipidů a 2 % sacharidů v sušině. Charakteristickými vlastnostmi lepku jsou tažnost, pružnost a schopnost bobtnat ve zředěné kyselině mléčné. Lepek do značné míry určuje tzv. sílu mouky (vlastnosti těsta). U tvrdé červené pšenice má rozdrčený endosperm, který obsahuje bílkoviny, sklon vyskytovat se podél linky hranic buněk, zatímco u měkké pšenice se tyto fragmenty endospermu vyskytují v buňce v nepravidelném rozložení. Proto je lepek tvrdé červené pšenice silnější než u měkké červené pšenice [24, 26].

Proteiny pšeničného lepku vyvolávají u některých jedinců onemocnění zvané celiakie, což je trvalá střevní intolerance lepku [26].

## 2.3 Tuky

Mezi lipidy pšenice patří acylglyceroly, fosfolipidy a steroly. Jsou situovány v zrně jako strukturální komponenty biomembrán a organel, v olejnatých tkáních aleuronové vrstvy a hlavně v klíčku. Hmotnostní podíl lipidů v klíčku z celého zrna je asi 2,54 %, podíl lipidů v něm obsažených je ale zhruba 64 %, zatímco v endospermu, který tvoří více než 80 % zrna je přibližně 3,3 % lipidů [7, 27].

Tuky v pšenici se nachází volně nebo ve vázané formě (tvoří komplexy s frakcemi škrobu). Obsah tuků v červené pšenici je 1,6 % [18, 28].

Mezi hlavní steroly obsažené v pšenici patří  $\beta$ -sitosterol. Steroly se vyskytují především jako estery sterylu nebo jako volné steroly, přičemž hladina volných sterolů je vyšší než esterů sterylu. Mastné kyseliny tvoří přibližně 96 % všech mastných kyselin v lipidové složce. Z mastných kyselin převládají v pšenici nenasycené mastné kyseliny, a to hlavně kyselina linolová, čímž mají pšeničné lipidy vysokou výživovou hodnotu, ale také nestabilitu při hydrolyze tuků lipázami při skladování mouk. Toto žluknutí mouky se projevuje její zvýšenou kyselostí [3, 27].

Mezi lipoidy přítomné v pšenici se řadí lipofilní pigmenty, zejména karotenoidy (žlutá a oranžová barviva). Pšenice obsahuje 2 – 12 % těchto látek, mezi něž patří hlavně  $\beta$ -karoten a lutein. Z fosfatidů jsou přítomny především fosfatidylcholin a fosfatidyletanolamin [3, 6, 27].

Lipidy mají jak pozitivní tak i negativní vliv na formování a objem těsta. Polární lipidy nebo volné mastné kyseliny mají na vlastnosti těsta vliv pozitivní (ovlivňují a tvoří komplex s glutenem a přispívají ke stabilizaci struktur bublin  $\text{CO}_2$ , které mají významný podíl na finální podobě pečárenského výrobku), zatímco nepolární lipidy mají naopak škodlivý účinek, a to především na objem těsta [28].

## 2.4 Vitaminy

Vitaminy se nachází především v klíčku a obalových vrstvách, endosperm je na vitaminy chudý. Význam mají hlavně vitaminy skupiny B. Vitamin  $\text{B}_1$  (thiamin) se nachází hlavně v obilkách pšenice, je termolabilní. Naopak vitamin  $\text{B}_2$  (riboflavin) je stálejší. Dalším zástupcem vitaminů skupiny B je vitamin  $\text{B}_3$  (niacin). Vitamin A se v pšenici nachází ve formě svého provitaminu  $\beta$ -karotenu v klíčku. Kyselina nikotinová je obsažena ve větším množství v naklíčeném zrně pšenice (ve zralém zrně se již nenachází), kyselina

pantotenová je obsažena především v okrajových částech zrna. V poměrně značném množství obsahují obilky lipofilní vitamin E, a to v klíčku. Ve 100 g červené pšenice se nachází 5,710 mg niacinu, 0,504 mg thiaminu, 0,115 mg riboflavinu a 1,010 mg vitaminu E [3, 6, 7, 29].

## 2.5 Minerální látky

Obsah minerálních látek se v celých zrnech pohybuje v rozmezí 1,5 – 3 %, přičemž největší koncentrace je v obalových vrstvách, především v aleuronové vrstvě, endosperm je na minerální látky chudý. Z biogenních prvků převažuje draslík, fosfor, hořčík, vápník, železo a oxid fosforečný. Souhrnně se tyto látky označují jako popel, což znamená anorganický zbytek po spálení organického materiálu [3, 6].



### 3 PRINCIPY ANALYTICKÝCH STANOVENÍ

#### 3.1 Stanovení vlhkosti

Vlhkost je úbytek hmotnosti výrobku, vyjádřený v procentech, ke kterému dojde za definovaných podmínek. Sušina vzorku je pevný podíl po vysušení, zatímco vlhkost je těkavý podíl, který za podmínek sušení těká [30].

Odvážené množství rozemletého vzorku se suší v elektrické sušárně předehřáté na teplotu 105 °C po dobu do dosažení konstantní hmotnosti, což obvykle bývá dosaženo po 3 hodinách [31].



Obrázek č. 4: Sušárna Venticell BTM [32]

#### 3.2 Stanovení popelovin

Norma ČSN ISO 2171, 2008 definuje popel jako nespalitelný zbytek získaný po spalování v souladu s metodou uvedenou v této mezinárodní normě. Podstatou stanovení je pálení navážky vzorku při teplotě 550 °C ± 5 °C v elektrické peci po dobu 5,5 hodiny a po vychladnutí zvážení popela [33].

Mezi minerální látky, které zůstávají jako zbytky po spálení a vyžihání organické hmoty za předepsaných podmínek, patří draselné, sodné, vápenaté a hořečnaté soli fosforečnanů, hydrogenfosforečnanů, dihydrogenfosforečnanů, síranů, chloridů, uhličitanů, křemičitanů atd [34].



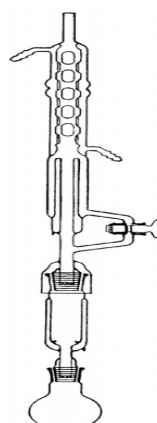
Obrázek č. 5: Laboratorní muflová pec [35]

### 3.3 Stanovení tuku

Tuk se stanovuje gravimetricky po extrakci z vysušeného materiálu v Twisselmannově extraktoru n-hexanem [31].

#### 3.3.1 Stanovení tuku přímou extrakcí – Twisselmannův extraktor

Metoda je vhodná pro vzorky s nižším obsahem vody a pro vzorky u nichž v lipidech převažují triacylglyceroly. Podstata stanovení je ta, že homogenizovaný, rozemletý a vysušený vzorek se extrahuje lipofilním rozpouštědlem v Twisselmannově extraktoru. Rozpouštědlo se po skončení extrakce a uzavření kohoutu na aparatuře nahromadí v extrakčním prostoru. Po odstranění rozpouštědla a po vysušení se hmotnost tuku zjistí vážením [34].



Obrázek č. 6: Twisselmannův extraktor [36]

#### 3.3.2 Stanovení tuku Soxhletovou metodou

Princip této metody je stejný jako u Twisselmannovy extrakce. Rozdíl je v hromadění rozpouštědla. U Twisselmannovy metody se rozpouštědlo po uzavření kohoutu na aparatuře hromadí v extrakčním prostoru, zatímco u Soxhletovy metody páry stoupají díky varu

do chladiče, kde kondenzují. Páry mohou na vzorek umístěný v patroně kapat. Po skončení extrakce se získá roztok jedné nebo více složek v destilační baňce, z níž se rozpouštědlo vydestiluje [37].

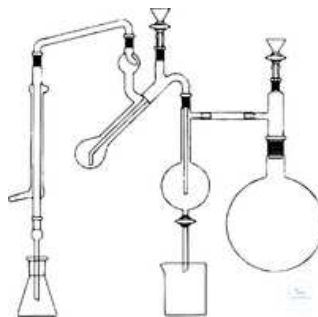
### 3.4 Stanovení obsahu hrubých bílkovin

Obsah hrubých bílkovin v zrně je důležitým technologickým kvalitativním parametrem pro svůj vysoký kladný korelační vztah k objemu pečiva. Rozhodující je zastoupení gliadinových a glutelinových frakcí, které se podílejí zásadní měrou na viskosoelastických vlastnostech pšeničného těsta. Stanovuje se obsah všech organických dusíkatých látek v zrně (proteinů, peptidů, aminokyselin). Obsah hrubých bílkovin v zrně se uvádí v procentech. Pro stanovení obsahu hrubých bílkovin v zrně se využívá Kjeldahlovy metody, je možné použít i nechemické NIR (reflektance v blízké části infračerveného spektra) a NIT (transmitance v blízké části infračerveného spektra) metody, popřípadě spalovací metody podle Dumase [26].

#### 3.4.1 Kjeldahlova metoda

Bílkoviny se v zemědělských a potravinářských materiálech zjišťují na principu zjištění veškerých dusíkatých látek, tzv. Kjeldahlovou metodou. Pro tuto metodu se využívá Parnas - Wagnerova aparatura.

Princip spočívá v mineralizaci vzorku mokrou cestou kyselinou sírovou za přídavku katalyzátoru ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  v poměru 10:1). Organická dusíkatá látka se varem s koncentrovanou kyselinou sírovou zmineralizuje. Dusík přítomný ve formě aminových a některých jiných funkčních skupin se převede na amoniak. Alkalizací mineralizovaného vzorku se uvolní amoniak, který se kvantitativně predestiluje s vodní parou do předlohy s kyselinou boritou, kde se určí titračně. Obsah dusíku se přepočte na bílkoviny po vynásobení faktorem, který je pro obiloviny pro potravinářské účely 5,7 [38].



Obrázek č. 7: Parnas - Wagnerova aparatura [39]

### 3.5 Stanovení hmotnosti tisíce zrn

Vyjadřuje se jí velikost (hmotnost) zrna. Velké zrno s velkou hustotou má zpravidla větší poměr endospermu k ostatním morfologickým částem zrna. Z toho důvodu je hmotnost tisíce zrn také potencionálním měřítkem výtěžnosti mouky. Uvádí se v jednotce gram [8, 26].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 MATERIÁL A PŘÍSTROJE

### 4.1 Použité přístroje, chemikálie a pomůcky

- hliníkové misky
- laboratorní sušárna Venticell BTM
- analytické váhy AFA – 210 LC
- exsikátor
- spalovací porcelánové kelímky
- elektrická muflová pec VEB ELEKTRO BAD FRANKENHAUSEN
- Twisselmannův extraktor
- topné hnízdo LTHS 250, Brněnská Drutěva, v. d.
- extrakční patrony
- mineralizační jednotka Bloc Digest 12
- Parnas - Wagnerova aparatura
- mineralizační zkumavky
- 96% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- 30% peroxid vodíku
- směsný katalyzátor (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O v poměru 10:1)
- 30% NaOH
- 2% kyselina boritá
- indikátor Tashiro
- 0,025 mol.dm<sup>-3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- destilovaná voda
- n – hexan
- běžné laboratorní sklo a pomůcky

### 4.2 Analyzované vzorky

Pro analýzu byla použita červená pšenice, která byla vypěstována na Jižní Moravě. Vzorky pšenice byly zaslány na objednávku přímo od distributora. Všechna balení pocházela z jedné šarže. Distributor a pěstitel budou prezentováni u obhajoby bakalářské práce. Celkem bylo zakoupeno 10 balení po 300 g. Před zahájením analýzy bylo zrno červené pšenice rozemleto na laboratorním mlýnku Waldner Biotech COMBI - STAR. Pro všechny ana-

lýzy byly namlety tyto vzorky: vločky, hrubá mouka, hladká mouka, namletí na mikro a také bylo pro analýzu ponecháno celé zrna. Vzorky byly následně skladovány při laboratorní teplotě 20 °C ve tmě.



Obrázek č. 8: Mlýnek na obilí Waldner Biotech COMBI - STAR [40]

### 4.3 Stanovení vlhkosti

Do předem zvážené hliníkové misky a vysušené při 105 °C bylo naváženo na analytických vahách 1 g vzorku s přesností na čtyři desetinná místa. Vzorek byl rozprostřen do stejnoměrné vrstvy a miska byla umístěna v sušárně předehřáté na 105 °C. Vzorek byl sušen při této teplotě do konstantního úbytku hmotnosti. Po vychladnutí v exsikátoru byla miska zvážena na analytických vahách.

#### Obsah vlhkosti v %

$$S_V = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100 \quad (1)$$

$m_0$  – hmotnost vysušené prázdné misky [g]

$m_1$  – hmotnost misky s navážkou vzorku před vysušením [g]

$m_2$  – hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g]

#### Sušina v %

$$S = 100 - S_V \quad (2)$$

#### 4.4 Stanovení popelovin

Porcelánový kelímek se po dobu jedné hodiny při teplotě 550 °C vyžihá v muflové peci. Po zhládnutí v exsikátoru se prázdný zváží na analytických vahách s přesností na čtyři desetinná místa. Poté se do něj naváží s přesností na čtyři desetinná místa 1 g vzorku, pak se porcelánové kelímky se vzorky umístí do muflové pece a nechají se spalovat při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po dokonalém spálení se kelímek vyjme z pece, ochladí v exsikátoru a zváží s přesností na čtyři desetinná místa.

##### Obsah popelovin v %

$$S_p = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_2} \cdot 100 \quad (3)$$

$m_0$  – hmotnost prázdné spalovací misky [g]

$m_1$  – hmotnost misky s naváženým vzorkem [g]

$m_2$  – hmotnost spalovací misky po spálení [g]

##### Obsah popela v sušině v %

$$X_p = \frac{S_p}{S} \cdot 100 \quad (4)$$

S – obsah sušiny v %

#### 4.5 Stanovení tuku

Do extrakční patrony se naváží 5 g zkušební vzorku s přesností na čtyři desetinná místa a patrona se utěsní vatou. Extrakční patrona se vloží do střední části extrakčního Twisselmannova přístroje. Tato část se nasadí na předem vysušenou a zváženou extrakční baňku, do níž bylo přidáno 100 ml n - hexanu. Baňka se umístí na vyhřívací zařízení, napojí na extraktor a extrahuje se podobu 5 hodin. Po této době se extrakce přeruší, oddestiluje se převážná část extrakčního činidla, zbytek se nechá volně odpařit. Baňka s extraktem se vysuší v sušárně po dobu 20 minut při teplotě 105 °C a poté se umístí do exsikátoru na 15 minut. Následně se baňka zváží.

##### Výpočet obsahu tuku v %

$$S_T = \frac{m_b - m_a}{m_n} \cdot 100 \quad (5)$$

$m_a$  - hmotnost prázdné baňky [g]

$m_b$  - hmotnost baňky s tukem [g]

$m_n$  - hmotnost navážky vorku [g]

##### Obsah tuku v sušině v %



$$X_T = \frac{S_T}{S} \quad (6)$$

S – obsah sušiny v %

#### 4.6 Stanovení bílkovin Kjeldahlovou metodou

V první fázi stanovení byla provedena mineralizace vzorku. Do mineralizační baňky bylo na analytických vahách naváženo 0,25 g vzorku s přesností na čtyři desetinná místa. V digestoři bylo ke vzorku přidáno 10 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a 0,5 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  a 1 malá lžička směsného katalyzátoru ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  v poměru 10:1). Potom byla baňka vložena na topnou desku mineralizátoru Bloc Digest 12 s přídatným zařízením umožňujícím odsávání par vznikajících zplodin a byl zapnut vyhřívací blok, pračka plynů a digestoř. Teplota ohřevu byla nastavena na 430 °C. Po vyhřátí topného zařízení probíhala mineralizace 1 hodinu. Po skončení mineralizace byl vypnut vyhřívací blok a tuby byly přendány do stojanu a ponechány vychladnout. Po vychladnutí byly získané mineralizáty kvantitativně převedeny do odměrných baněk o objemu 25 ml.

Pro stanovení bílkovin byla použita Parnas - Wagnerova aparatura. Nejprve byl mineralizát doplněn destilovanou vodou po rysku na objem 25 ml a obsah byl promíchán. Do destilační baňky přístroje bylo napipetováno 10 ml zředěného mineralizátu a 20 ml roztoku 30% NaOH. Amoniak, uvolněný přidávkem NaOH, se predestiluje pomocí destilace s vodní parou, a jímá se do předlohy s 50 ml 2% roztoku kyseliny borité. Destilace trvá 20 minut od počátku varu v destilační baňce. Po skončení destilace se do předlohy přidají 3 – 4 kapky indikátoru Tashiro. Destilát se titruje  $0,025 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$  do stálého červenofialového zbarvení. Z množství spotřebované kyseliny sírové se vypočte obsah dusíku.

#### Obsah hrubé bílkoviny v g

$$m = b \cdot 10^{-3} \cdot c \cdot M_N \cdot f_t \cdot f_z \cdot f_{př} \quad (7)$$

b – spotřeba odměrného roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  při titraci [ml]

c ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) – přesná koncentrace odměrného roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  [ $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ]

$M_N$  – molární hmotnost dusíku ( $M_N = 14,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

$f_t$  – titrační faktor ( $f_t = 2$ )

$f_z$  – poměrový zředovací faktor

$f_{př}$  – přepočítávací faktor ( $f_{př} = 5,7$ )

**Obsah hrubé bílkoviny v %**

$$S_B = \frac{m_x}{m_{\text{navážky}}} \cdot 100 \quad (8)$$

$m_x$  – obsah hrubé bílkoviny [g]

$m_{\text{navážky}}$  – hmotnost navážky vzorku [g]

**Obsah hrubé bílkoviny v sušině v %**

$$X_B = \frac{S_B}{S} \cdot 100 \quad (9)$$

S – obsah sušiny v %

**4.7 Stanovení hmotnosti tisíce zrn**

Bylo napočítáno a následně zváženo na analytických vahách s přesností na čtyři desetinná místa 1000 zrn od vzorku červené pšenice. Výsledek byl uveden v gramech. Vážení a výběr tisíce zrn byl pětkrát opakován.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5.1 Stanovení vlhkosti

Postup práce je popsán v kapitole 4.3. Vlhkost byla stanovována u vzorku celého zrna, vloček, hrubé mouky, hladké mouky a namletého vzorku na mikro. U každého z těchto vzorků byla vlhkost stanovena 3 krát. Obsah vlhkosti byl tedy počítán ze tří hodnot (u každého druhu produktu), které byly zprůměrovány a vypočtena směrodatná odchylka. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č. 5.

Tabulka č. 5: Výsledky stanovení vlhkosti u vzorků z červené pšenice ( $\pm$  SD)

vzorek	vlhkost [%]	sušina [%]
1 - zrna	9,32 $\pm$ 0,05	90,68 $\pm$ 0,05
2 - vločky	11,36 $\pm$ 0,03	88,64 $\pm$ 0,03
3 - hrubá mouka	11,42 $\pm$ 0,06	88,58 $\pm$ 0,06
4 - hladká mouka	11,58 $\pm$ 0,02	88,42 $\pm$ 0,02
5 - mikro	11,05 $\pm$ 0,02	88,95 $\pm$ 0,02

SD – směrodatná odchylka

Výsledky stanovení vlhkosti se pohybovaly v rozmezí 9,32 % ( $\pm$ 0,05) do 11,58 % ( $\pm$ 0,02). Nejnižší vlhkost vykazovalo zrna červené pšenice a nejvyšší vlhkost vykazovala hladká mouka z červené pšenice. Zrna po rozemletí uvolní obalové vrstvy, které tak chytají více vzdušné vlhkosti, proto je vlhkost hladké mouky nejvyšší. Naopak zrna, které nemá obalové vrstvy porušené má vlhkost nejvyšší. Obalové vrstvy ho chrání před navlhnutím. Vzorky byly uchovávány v tmavých obalech, které ale nebyly neprodyšné, takže vzorky mohly pojmout více vzdušné vlhkosti i během skladování. Z výsledků vyplývá, že obsah vlhkosti ani u jednoho druhu obilovin nepřekročil hodnotu 15 %, což je podle vyhlášky Ministerstva zemědělství na jakost mlýnských obilných výrobků 268/2006 Sb. nejvyšší přípustné množství vlhkosti [41].

### 5.2 Stanovení popelovin

Stanovení popela bylo provedeno podle postupu uvedeného v kapitole 4.4. Analýza byla prováděna u vzorku zrna, vloček, hrubé mouky a hladké mouky z červené pšenice. U každého z těchto vzorků byl obsah popela stanoven 3 krát. Obsah popela byl tedy počítán ze

tří hodnot (u každého druhu produktu), které byly zprůměrovány a vypočtena směrodatná odchylka. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č. 6.

Tabulka č. 6: Výsledky pro stanovení popelovin u vzorků z červené pšenice ( $\pm$ SD)

<b>vzorek</b>	<b>obsah popela [%]</b>	<b>obsah popela v sušině [%]</b>
zrno	2,03 $\pm$ 0,00	2,24 $\pm$ 0,00
vločky	1,95 $\pm$ 0,01	2,19 $\pm$ 0,01
hrubá mouka	2,03 $\pm$ 0,07	2,29 $\pm$ 0,08
hladká mouka	2,04 $\pm$ 0,06	2,41 $\pm$ 0,06

SD – směrodatná odchylka

Výsledky stanovení popelovin se pohybovaly v rozmezí 2,03 % do 2,04 % u obsahu popela a v rozmezí 2,19 % do 2,41 % u obsahu popela v sušině. Z výsledků lze vyhodnotit, že domácí či laboratorní přípravou vzorků mouk prakticky nedochází ke ztrátám obalových vrstev, obsah popelovin je tak v celé obilce totožný (taktéž 2,03 %). Vzorky, které byly namlety na mlýnku v laboratorních podmínkách lze považovat za celozrnné mouky, neboť mouky obsahovaly i obalové vrstvy a nebyly dále nijak upravovány ani čištěny. Celozrnné mouky obsahují díky přítomnosti obalových vrstev více minerálních látek (popelovin) než je tomu u běžné průmyslově zpracované mouky. Celozrnné mouky obsahují také více vitamínu E, vlákniny a jejich barva je tmavší, což je opět dáno přítomností obalových vrstev. Podle zdroje [3] je obsah minerálních látek v zrnu od 1,5 – 3 %. Z výsledků vyplývá, že obsah minerálních látek je v tomto rozmezí. Mouky z červené pšenice obsahují více minerálních látek než u mouk vyrobených z klasické bílé pšenice [42].

Vločky obsahují nejméně popelovin, a to 1,95 %. Úbytek popelovin u přípravy vloček je zapříčiněn tím, že zrna jsou stlačována dvěma proti sobě jdoucími čelistmi. Tím, že jsou zrna suchá, jejich povrchové obalové vrstvy praskají, a tím dochází k jejich minimálnímu úbytku. Při průmyslové výrobě vloček se zrna po očištění paří a poté se lisují na válkách. Díky paření zrn k lámání obalových vrstev nedochází [6, 14].

### 5.3 Stanovení tuku

Postup práce je popsán v kapitole 4.5. Tuk byl stanovován u vzorku zrna, vloček, hrubé mouky, hladké mouky a namletého vzorku na mikro. U každého z těchto vzorků byl obsah tuku stanoven třikrát. Obsah tuku byl tedy počítán ze tří hodnot (u každého druhu produk-

tu), které byly zprůměrovány a vypočtena směrodatná odchylka. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č. 7.

Tabulka č. 7: Výsledky pro stanovení tuku ve vzorcích červené pšenice ( $\pm$ SD)

vzorek	obsah tuku [%]	obsah tuku v sušině [%]
zrno	1,14 $\pm$ 0,05	1,26 $\pm$ 0,06
vločky	1,59 $\pm$ 0,04	1,75 $\pm$ 0,04
hrubá mouka	1,64 $\pm$ 0,05	1,81 $\pm$ 0,06
hladká mouka	1,73 $\pm$ 0,04	1,91 $\pm$ 0,04
mikro	2,13 $\pm$ 0,04	2,35 $\pm$ 0,04

SD – směrodatná odchylka

Obsah tuku se u vzorků pohyboval v rozmezí 1,14 % ( $\pm$ 0,05) do 2,13 % ( $\pm$ 0,04). Nejnižší obsah tuku vyšel u vzorku zrna a nejvyšší u namletí zrna na mikro. Výrobce uvádí hodnotu 1,6 g tuku ve 100 g výrobku zrna červené pšenice, což je 1,6 % obsahu tuku. Výsledek obsahu tuku u zrna je nižší než hodnota uvedená výrobcem, což může být zapříčiněno chybou v extrakci (nedokonalá extrakce z celého zrna). Naopak hodnota u vzorku namletého na mikro je značně vyšší než hodnota uvedená výrobcem, což může být zapříčiněno lepším uvolněním tuku z aleuronové vrstvy v důsledku velmi jemného namletí. Hodnoty obsahu tuku u vloček, hrubé mouky a hladké mouky jsou v souladu s hodnotou uvedenou výrobcem.

#### 5.4 Stanovení bílkovin Kjeldahlovou metodou

Postup práce je popsán v kapitole 4.6. Bílkoviny byly stanovovány u vzorku zrna, vloček, hrubé mouky, hladké mouky a namletí vzorku na mikro. U každého z těchto vzorků byl obsah bílkovin stanoven u 3 mineralizátů, přičemž každý mineralizát byl stanovován 2 krát. Obsah bílkovin byl tedy počítán ze šesti hodnot (u každého druhu produktu), které byly zprůměrovány a vypočtena směrodatná odchylka. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č. 8.

Tabulka č. 8: Výsledky pro obsah bílkovin u vzorků červené pšenice ( $\pm$ SD)

vzorek	obsah bílkovin [%]	obsah bílkovin v sušině [%]
zrno	10,43 $\pm$ 0,10	11,49 $\pm$ 0,11
vločky	10,15 $\pm$ 0,06	11,19 $\pm$ 0,07
hrubá mouka	10,86 $\pm$ 0,09	11,83 $\pm$ 0,10
hladká mouka	10,69 $\pm$ 0,08	11,78 $\pm$ 0,09
mikro	10,74 $\pm$ 0,09	11,69 $\pm$ 0,15

SD – směrodatná odchylka

Obsah bílkovin ve vzorcích červené pšenice se pohybuje v rozmezí 10,15 % ( $\pm$ 0,06) do 10,86 % ( $\pm$ 0,09). Nejnižší obsah bílkovin byl ve vzorku vloček a nejvyšší byl u vzorku hrubé mouky. Výrobce uvádí na obalu, že obsah bílkovin je 10,4 g ve 100 g výrobku zrna červené pšenice, což je 10,4 %. Výsledky jsou srovnatelné s hodnotou, kterou uvádí výrobce. Obsah bílkovin u klasické bílé pšenice se pohybuje v rozmezí 10 – 16 %, kdy mouky s větším obsahem bílkovin dávají silnější lepek a mouky s nižším obsahem bílkovin dávají lepek slabý [6].

## 5.5 Stanovení hmotnosti tisíce zrn

Postup práce je popsán v kapitole 4.7.

Tabulka č. 9: Výsledky pro stanovení hmotnosti tisíce zrn

	HTZ [g]
1.	37,64
2.	37,54
3.	37,35
4.	37,58
5.	37,62
průměr	37,55
SD	0,05

SD – směrodatná odchylka

HTZ – hmotnost tisíce zrn

HTZ byla počítána 5 krát, z čehož byl vypočítán průměr a směrodatná odchylka. Výsledek HTZ je 37,55 g ( $\pm 0,05$ ). Podle zdroje [8] je hmotnost tisíce zrn u klasické bílé pšenice 40 – 46 g. Hmotnost tisíce zrn červené pšenice je nižší než u klasické bílé pšenice.

## ZÁVĚR

Pšenice obecně patří k jedné z nejdůležitějších obilovin na světě. Je v pravém slova smyslu základní potravinou, protože obsahuje všechny základní živiny. Vyznačují se vysokým obsahem sacharidů, bílkovin a v případě celozrnných výrobků i vysokým obsahem vitamínů, minerálů a vlákniny, která příznivě působí na peristaltiku střev. Velmi důležitá je i v potravinářském průmyslu, kde je jednou z hlavních surovin k výrobě pečiva a cukrářských výrobků. Důležitý je zejména obsah a spojení bílkovin gliadinu a gluteninu do komplexu – glutenu (lepku), který se podílí na technologii výroby chleba a dalších pšeničných výrobků díky schopnosti tvořit trojrozměrnou síť peptidických řetězců. Tím udává těstu charakteristické vlastnosti – elasticitu a pružnost. Červená pšenice má chemické parametry prakticky shodné s pšenicí bílou, mírně se liší pouze v procentuálním zastoupení základních látek, jako jsou sacharidy, bílkoviny, tuky a také v obsahu barviv – antokyanů. Červená pšenice se používá hlavně v zahraničí, zejména v USA, kde se běžně používá k pečení, neboť má stejně dobré vlastnosti jako pšenice klasická a její lepek je také velmi kvalitní.

Cílem této práce bylo stanovit obsah bílkovin, tuku, popelovin, vlhkosti (sušiny) a HTZ ve vzorcích červené pšenice. Zrno červené pšenice bylo na mlýnku rozmléto na hrubou mouku, hladkou mouku, namleto na mikro velikost, byly z něj udělány na témže mlýnku vločky a také bylo pro analýzu použito celé zrno.

Obsah sušiny byl stanoven sušením v elektrické sušárně u vzorku zrna, vloček, hrubé a hladké mouky a u namletí na mikro. Výsledky stanovení vlhkosti se pohybovaly v rozmezí 9,32 % ( $\pm 0,05$ ) u zrna do 11,58 % ( $\pm 0,02$ ) u hladké mouky. Vyhláška Ministerstva zemědělství na jakost mlýnských obilných výrobků 268/2006 Sb. udává jako horní hranici pro vlhkost 15 %, čemuž výsledky odpovídají.

Obsah popelovin byl stanoven spálením vzorků zrna, vloček, hrubé a hladké mouky v muflové peci. Výsledky stanovení popelovin se pohybovaly v rozmezí 1,95 % ( $\pm 0,01$ ) u vloček do 2,05 % ( $\pm 0,06$ ) u hladké mouky. Podle zdroje [3] je obsah minerálních látek v zrna od 1,5 – 3 %. Z výsledků vyplývá, že obsah minerálních látek je v tomto rozmezí.

Obsah tuku byl stanoven extrakcí n - hexanem v Twisselmannově aparatuře u vzorků zrna, vloček, hrubé mouky, hladké mouky a u zrna namletého na mikro. Obsah tuku se u vzorků pohyboval v rozmezí 1,14 % ( $\pm 0,05$ ) u zrna do 2,13 % ( $\pm 0,04$ ) u zrna namletého na mikro. Výrobce uvádí hodnotu 1,6 g tuku ve 100 g výrobku zrna červené pšenice, což je 1,6 % obsahu tuku. Výsledek obsahu tuku u zrna je nižší než hodnota uvedená výrobcem, což může být zapříčiněno tím, že obalové vrstvy brání vyextrahování tuku (nedokonalá extrak-



ce z celého zrna), proto se vzorky melou. Naopak hodnota u vzorku namletého na mikro je vyšší než hodnota uvedená výrobcem, což může být zapříčiněno lepším uvolněním tuku z aleuronové vrstvy v důsledku velmi jemného namletí. Hodnoty obsahu tuku u vloček, hrubé mouky a hladké mouky jsou v souladu s hodnotou uvedenou výrobcem.

Obsah bílkovin byl stanoven Kjeldahlovou metodou na Parnas - Wagnerově aparatuře u vzorků zrna, vloček, hrubé mouky, hladké mouky a namletí zrna na mikro. Obsah bílkovin ve vzorcích červené pšenice se pohybuje v rozmezí 10,15 % ( $\pm 0,06$ ) u vloček do 10,86 % ( $\pm 0,09$ ) u hrubé mouky. Výrobce uvádí na obalu, že obsah bílkovin je 10,4 g ve 100 g výrobku zrna červené pšenice, což je 10,4 %. Výsledky jsou srovnatelné s hodnotou, kterou uvádí výrobce.

HTZ byla stanovena u zrna celkem 5 krát a výsledky byly zprůměrovány. Výsledek HTZ je 37,55 g ( $\pm 0,05$ ).

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] KENT, N., L. a A. D. EVERS. *Technology of Cereals*. Woodhead Publishing, 1994. ISBN 0-08-040833-8.
- [2] BAJAJ, Y., P., S. *Biotechnology in Agriculture and Forestry 13, Wheat*. New York: Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 1990. ISBN 3-540-51809-6.
- [3] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P. a M. HRUŠKOVÁ. *Cereální chemie a technologie I*. Praha: Vysoká škola chemicko - technologická v Praze, 2003. ISBN 80-7080-530-7.
- [4] DENDY, D., A., V. a B. J. DOBRASZCYK. *Cereals and Cereal Products: Chemistry and Technology*. Maryland: Aspen Publishers, Inc., 2001. ISBN 0-8342-1767-8.
- [5] Francis, Frederick J. *Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology*. John Wiley & Sons, 2. vydání, 1999. ISBN 978-0-471-19285-5.
- [6] HRABĚ, J., O. ROP a I. HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně: UTB- Academia centrum Zlín, 2006. ISBN 80-7318-372-2.
- [7] KOPÁČOVÁ, O. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1. vydání, 2007. ISBN 978-80-7271-184-0.
- [8] GRAMAN Josef a Vladislav ČURN. *Šlechtění rostlin*. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta: České Budějovice, 1997. ISBN 80-7040-255-5.
- [9] *Situační a výhledová zpráva, Obiloviny 12/2011* [online, cit 2011-12-04]. Dostupné z:  
<http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/roslinnekomodity/obiloviny/situacni-a-vyhledove-zpravy/>
- [10] CAUVAIN, S., P. *Bread Making: Improving quality*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2003. ISBN 1-85573-553-9.
- [11] *Morfologie pšenice* [online, cit. 2012-03-22]. Dostupný z:  
[http://www.plantprotection.hu/modulok/cseh/wheat/morf\\_wheat.htm](http://www.plantprotection.hu/modulok/cseh/wheat/morf_wheat.htm)
- [12] *Morfologie a anatomie obilnin I. skupiny* [online, cit. 2012-03-23]. Dostupný z:  
[http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul\\_key=81&idkapitola=4](http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=81&idkapitola=4)

- [13] Profil taxonu – pšenice setá [online, cit. 2012-04-12]. Dostupné z:  
<http://www.biolib.cz/cz/taxon/id185591/>
- [14] HAMPL, B. a kolektiv autorů. *Přehled potravinářského a kvasného průmyslu*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962. ISBN 04-817-62.
- [15] Pšenice červená Bio [online, cit. 2012-04-16]. Dostupné z:  
<http://www.solnelampy.cz/name/P%C5%A1enice+%C4%8Derven%C3%A1+Bio/product-details/7e56467d-91bf-4eab-9214-dc5443228412/process.aspx>
- [16] Whole wheat [online, cit. 2012-04-19]. Dostupné z:  
<http://www.wholegrainscouncil.org/whole-grains-101/whole-white-wheat-faq>
- [17] Barevné srovnání červené a bílé pšenice [online, cit. 2012-05-02]. Dostupné z:  
<http://nourishnetwork.com/2009/08/25/get-a-new-grain-wheat-berries/>
- [18] Bio červená pšenice [online, cit. 2012-02-23]. Dostupné z:  
<http://www.bionebio.cz/katalog/obilniny/bio-cervena-psenice-300-g-2>
- [19] KOVÁČIKOVÁ E., VOJTAŠŠÁKOVÁ A., MOSNÁČKOVÁ J., POSTOROVÁ J., HOLČÍKOVÁ J., SIMONOVÁ E., a M. KOŠICKÁ: *Vláknina v potravinách*. Brati-slava: Výzkumný ústav potravinářský., 2003. ISBN 80-89088-27-9.
- [20] MOHD, S., ALAM, Z., ZAHIR, A., WAQAR, A., TAUQIN, A. a K. IKHTIAR. Characterization of Wheat Varieties by Seed Storage Protein Electrophoresis. *African Journal of Biotechnology*. 2007, roč. 6, č. 5, s. 497 – 500. ISSN 16845315.
- [21] VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin 3*. Tábor: Osis, 1. vydání, 1999. ISBN 80-902391-5-3.
- [22] GIANIBELLI, M., C., LARROQUE, O., MACRITCHIE, F. a C. W. WRIGLEY. *Biochemical, Genetic and Molecular Characterization of Wheat Endosperm Proteins*. American Association of Cereal Chemists, Inc., 2001. ISSN 0926-0100.
- [23] HOZA, I., a D. KRAMÁŘOVÁ. *Potravinářská biochemie I*. Zlín: UTB Zlín, 1. vydání, 2005. ISBN 80-7318-295-5.
- [24] Lepek [online, cit. 2012-05-01]. Dostupné z:  
<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=76572>
- [25] Wheat protein [online, cit. 2012-05-01]. Dostupné z:  
<http://www.landfood.ubc.ca/courses/fnh/301/protein/protq4.htm>

- [26] Kvalita obilovin [online, cit. 2012-05-02]. Dostupné z:  
[http://www.agroweb.cz/KVALITA-OBILNIN\\_\\_s44x8475.html](http://www.agroweb.cz/KVALITA-OBILNIN__s44x8475.html)
- [27] MORISSON, W., R. *Wheat lipid composition*. Cereal Chemistry. 1978, roč. 5, č. 55, s. 548 – 558. ISSN 0009-0352.
- [28] Lipid in wheat flour [online, cit. 2012-05-02]. Dostupné z:  
<http://www.foodscience-avenue.com/search/label/wheat>
- [29] Wheat, hard red winter [online, cit. 2012-05-02]. Dostupné z:  
[http://www.nutritionvalue.org/Wheat%2C\\_hard\\_red\\_winter\\_nutritional\\_value.html](http://www.nutritionvalue.org/Wheat%2C_hard_red_winter_nutritional_value.html)
- [30] Norma ČSN ISO 712, 2003
- [31] SEVEROVÁ, M. a P. BŘEZINA. *Návody pro laboratorní cvičení z analýzy potravin*. Vyškov: VUŠ PV, 1998. ISBN 80-7231-022-4.
- [32] Sušárna Venticell BTM [online, cit. 2012-05-04]. Dostupné z:  
<http://www.labicom.cz/s-nucenou-ventilaci-257/>
- [33] Norma ČSN ISO 2172, 2008
- [34] SKOUPIL, J., a Z. LECJKOVÁ. *Chemické kontrolní metody*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1998.
- [35] Muflová pec [online, cit. 2012-05-04]. Dostupné z:  
<http://www.elsklo.cz/cs/katalog-peci/laboratorni-muflova-pec.html>
- [36] Twisselmannův extractor [online, cit. 2012-05-06]. Dostupné z:  
[http://www.kavalier.cz/en/glass-apparatus\\_\\_\\_\\_extractor-twisselmann\\_\\_\\_\\_technical-glass\\_\\_\\_\\_laboratory-glass.html](http://www.kavalier.cz/en/glass-apparatus____extractor-twisselmann____technical-glass____laboratory-glass.html)
- [37] Soxhletova extrakce [online, cit. 2012-05-06]. Dostupné z:  
[web.natur.cuni.cz/~pcoufal/extrakce.pdf](http://web.natur.cuni.cz/~pcoufal/extrakce.pdf)
- [38] KÁŠ, J., KODÍČEK, M. a O. VALENTOVÁ. *Laboratorní techniky biochemie*. Praha: Vysoká škola chemicko - technologická v Praze, 1. vydání, 2007. ISBN 80-7080-586-2
- [39] Parnas - Wagnerova aparatura [online, cit. 2012-05-08]. Dostupné z:  
<http://www.witeg.de/1749797951/120/PD61/2505610/auto/32030309/0/1/Witeg+Picture.html>

[40] Mlýnek na obilí Waldner Biotech COMBI – STAR [online, cit. 2012-05-09].

Dostupné z :

<http://www.atranet.cz/elektricky-mlynek-na-obili-vlockovac-waldner-biotech-combi-star/d-70409/>

[41] Vyhláška Ministerstva zemědělství na jakost mlýnských obilných výrobků 268/2006 Sb.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

EU	Evropská unie
HMW – GS	Vysoká molekulová hmotnost gluteninové podjednotky
LMW – GS	Nízká molekulová hmotnost gluteninové podjednotky
SD	Směrodatná odchylka
USA	Spojené státy americké

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek č. 1: Anatomická stavba pšeničného zrna [12].....	17
Obrázek č. 2: Barevné srovnání červené a bílé pšenice [17] .....	19
Obrázek č. 3: Model struktury hydratovaného lepkového vlákna [6] .....	22
Obrázek č. 4: Sušárna Venticell BTM [32] .....	25
Obrázek č. 5: Laboratorní muflová pec [35].....	26
Obrázek č. 6: Twisselmannův extraktor [36].....	26
Obrázek č. 7: Parnas - Wagnerova aparatura [39] .....	27
Obrázek č. 8: Mlýnek na obilí Waldner Biotech COMBI - STAR [40].....	31

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka č. 1: Přehled druhů pšenice [2] .....	13
Tabulka č. 2: Produkce a vývoz pšenice ve vybraných zemích světa [9].....	14
Tabulka č. 3: Bilanční tabulka pšenice v ČR [9] .....	15
Tabulka č. 4: Rozmezí hmotnostních podílů částí zrna pšenice [3] .....	16
Tabulka č. 5: Výsledky stanovení vlhkosti u vzorků z červené pšenice ( $\pm$ SD).....	35
Tabulka č. 6: Výsledky pro stanovení popelovin u vzorků z červené pšenice ( $\pm$ SD) .....	36
Tabulka č. 7: Výsledky pro stanovení tuku ve vzorcích červené pšenice ( $\pm$ SD) .....	37
Tabulka č. 8: Výsledky pro obsah bílkovin u vzorků červené pšenice ( $\pm$ SD).....	38
Tabulka č. 9: Výsledky pro stanovení hmotnosti tisíce zrn .....	38



## SEZNAM PŘÍLOH

## **PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY**