

# **Základní technologické rozборы obilovin pro lidskou výživu**

Bc. Marcela Zgařarová

---

Diplomová práce  
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

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

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marcela ZGAŽAROVÁ**  
Osobní číslo: **T080498**  
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Základní technologické rozbory obilovin pro lidskou výživu**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

- Současné druhy obilovin – stručný popis.
- Popis základních principů a metod stanovení při analýze vzorků.

### II. Praktická část

- Stanovení obsahu dusíkatých látek, lepku, vlákniny, tuku a čísla kyselosti experimentálními metodami.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M., Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. 1. vyd. Pra-ha: VŠCHT, 2004. 203 s. ISBN 80-7080-530-7**

**KUČEROVÁ, J., Technologie cereálií. 1. vyd. Brno: MZLU, 2004. 141 s. ISBN 80-7157-811-8**

**SKOUPIL, J., LECJAKSOVÁ, Z. Chemické kontrolní metody, 1. vyd., Praha: 1988, s. 280**

**Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest**

**BYUNG-KEE BAIK, S.E. Ullrich Journal of Cereal Science 48 (2008) 233--242**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Daniela Kramářová, Ph.D.**

Ústav biochemie a analýzy potravin

Datum zadání diplomové práce:

**4. ledna 2010**

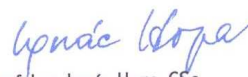
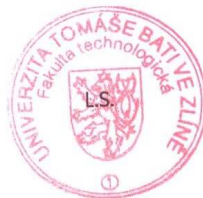
Termín odevzdání diplomové práce:

**19. května 2010**

Ve Zlíně dne 8. dubna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: Bc. MARCELA ŽERÁDOVÁ<sup>1</sup>

TECHNOLIE, HYGIENA  
A EKONOMIKA VÝROBY DOZRAVY  
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 14.5.2010 .....

Marcela Žerádová

---

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

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

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

<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:

## **ABSTRAKT**

Cílem práce byly základní technologické rozborů obilovin pro lidskou výživu. Diplomová práce uvádí přehled nejdůležitějších cereálií, chemické složení a jejich význam v lidské výživě. Praktická část popisuje stanovení základních chemických charakteristik u vybraných druhů obilovin: stanovení obsahu dusíkatých látek, lepku, vlákniny, tuku a popela.

Klíčová slova: obiloviny, vláknina, lepek, bílkoviny, tuk, popel

## **ABSTRACT**

The aim of work was fundamental technological analysis of cereals for human consumption. This diploma thesis gives an overview of the most important cereal chemistry and their importance in human nutrition. The practical part describes the determination of basic chemical characteristics of the selection of cereal species: determination of crude protein, gluten, fiber, fat and ash.

Keywords: cereals, fiber, gluten, protein, fat, ash

Ráda bych poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Daniele Kramářové, Ph.D. za cenné odborné rady, poznatky, připomínky a trpělivost při vypracování diplomové práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1 OBILOVINY</b> .....	<b>12</b>
1.1 ANATOMICKÁ STAVBA OBILNÉHO ZRNA .....	13
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ OBILOVIN .....	14
1.2.1 Sacharidy .....	15
1.2.2 Bílkoviny .....	17
1.2.3 Lipidy .....	19
1.2.4 Minerální látky .....	20
1.2.5 Vitaminy.....	20
1.2.6 Biologicky významné látky .....	20
1.2.7 Antinutriční látky .....	21
<b>2 NEJVÝZNAMNĚJŠÍ DRUHY OBILOVIN</b> .....	<b>22</b>
2.1 PŠENICE.....	22
2.2 JEČMEN .....	26
2.3 KUKUŘICE .....	28
2.4 ŽITO.....	30
2.5 OVES .....	32
2.6 PROSO .....	34
2.7 ČIROK.....	36
2.8 RÝŽE .....	37
<b>3 ZÁKLADNÍ PRINCIPY METOD A STANOVENÍ POUŽITÝCH PŘI ANALÝZE</b> .....	<b>40</b>
3.1 STANOVENÍ VLHKOSTI.....	40
3.2 STANOVENÍ OBSAHU HRUBÝCH BÍLKOVIN.....	40
3.2.1 Kjeldahlova metoda.....	40
3.2.2 Spektrometrie v blízké infračervené oblasti (NIR) .....	41
3.3 STANOVENÍ MOKRÉHO LEPKU.....	43
3.4 STANOVENÍ POPELOVIN .....	43
3.5 STANOVENÍ TUKŮ .....	43
3.6 STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY.....	45
<b>4 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>48</b>



4.1	POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY .....	48
4.2	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE .....	49
4.3	VYBRANÉ VZORKY OBILOVIN .....	49
4.4	STANOVENÍ VLHKOSTI .....	50
4.5	STANOVENÍ OBSAHU DUSÍKATÝCH LÁTEK KJELDAHLOVOU METODOU .....	51
4.6	STANOVENÍ DUSÍKATÝCH LÁTEK NIR SPEKTROMETRIÍ .....	52
4.7	STANOVENÍ OBSAHU POPELA .....	52
4.8	STANOVENÍ OBSAHU TUKU .....	53
4.9	STANOVENÍ OBSAHU HRUBÉ VLÁKNINY .....	54
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUSE .....</b>	<b>56</b>
5.1	STANOVENÍ VLHKOSTI .....	56
5.2	STANOVENÍ OBSAHU DUSÍKATÝCH LÁTEK .....	58
5.3	STANOVENÍ OBSAHU MOKRÉHO LEPKU .....	61
5.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ POPELA .....	63
5.5	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU TUKU .....	65
5.6	STANOVENÍ OBSAHU HRUBÉ VLÁKNINY .....	67
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>75</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>78</b>

## ÚVOD

Cereálie, čili obiloviny, a cereální produkty jsou od nepaměti významnou složkou výživy obyvatelstva prakticky celé naší planety. Obiloviny jsou strategickou a historicky nejvýznamnější plodinou. Archeologické výzkumy dokládají, že již v dobách neolitu, kdy člověk poznal jejich nenahraditelnost, je začal pěstovat. Další zmínky o pěstování obilovin pocházejí z období vlády faraónů v Egyptě, ze staré Babylónie a staré Číny. Do Evropy se dostaly z oblasti jihozápadní Asie a Středomoří. V současnosti se pěstují téměř po celém světě, pokud jsou k tomu příznivé podmínky.

Obiloviny mají v ekosystému na orné půdě rozhodující postavení. Osévají se na více jak 50 % orné půdy. Podle údajů FAO (Organizace pro výživu a zemědělství – Food and agriculture organization) dodávají obiloviny lidstvu téměř polovinu energetické hodnoty ve stravě a polovinu konzumovaných bílkovin. V České republice jsou obiloviny nejdůležitější zemědělskou plodinou, jsou základní surovinou pro řadu potravinářských výrob, pro krmivářský průmysl i pro průmyslovou surovinu. Jako potravina kryjí asi 33 % energetické hodnoty, zajišťují 30 % konzumovaných bílkovin, 56 % sacharidů a 10 % tuku. Jejich předností je výhodný poměr obsahu základních výživných látek – sacharidů a bílkovin. Kromě toho jsou dodavatelem minerálních látek a vitaminů skupiny B.

Cílem diplomové práce bylo stanovení vybraných chemických charakteristik u druhů obilovin užívaných pro lidskou výživu či potravinářské účely. Jedná se o stanovení vlhkosti, tuků, dusíkatých látek, lepku, popela a hrubé vlákniny.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

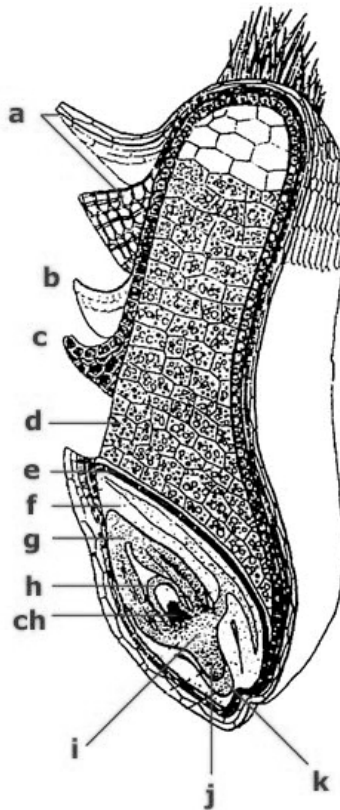
## 1 OBILOVINY

Z obilovin se pro lidskou výživu používá výhradně zrno. Obiloviny (cereálie) patří botanicky mezi traviny (*Graminae*). Téměř všechny známé obiloviny patří do čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Společný botanický původ obilovin čeledi lipnicovité předurčuje jejich značnou vzájemnou podobnost jak ve struktuře a tvorbě zrna, tak v chemickém složení, tj. např. uspořádání obalových a podobalových vrstev zrna nebo v zastoupení jednotlivých aminokyselin v obilné bílkovině nebo mastných kyselin v tukových složkách.

Obiloviny výrazně ovlivňují výživovou bilanci světové populace ve všech světadílech. Uplatňují se jednak pro lidskou výživu, kde mezi nejdůležitější patří pšenice a rýže, jsou hlavní surovinou pro výrobu potravin, ale slouží i pro výživu hospodářských zvířat a malé množství se zpracovává technicky, např. pro výrobu škrobu a lihu. Podle údajů FAO dodávají obiloviny lidstvu téměř polovinu energetické hodnoty ve stravě a polovinu konzumovaných bílkovin. Odhaduje se, že u průměrného střeoevropského obyvatele pokrývají obiloviny potřebu hlavních výživových složek asi takto: energetickou spotřebu 40 – 45 %, sacharidy 55 %, bílkoviny až 40 %, tuky 10 %, železo až 25 %, vápník až 15 %, vitamin B<sub>1</sub> 30 %, B<sub>2</sub> 15 % a fosfor 25 %.

Mezi významné složky obsažené v celých zrnech patří vitamin E, vitaminy skupiny B, dále minerální látky, selen, zinek, měď železo, hořčík a fosfor. Mimoto, celozrnné výrobky obsahují bílkoviny, komplexní polysacharidy a ochranné složky, např. rostlinné fytoestrogeny a lignany. Komplexní účinek všech těchto složek se projevuje v celkovém zlepšení zdraví a v ochraně proti nemocem, proto hrají obiloviny ve výživě člověka tak významnou roli.

## 1.1 Anatomická stavba obilného zrna



Obr.1 Anatomická stavba obilného zrna [3]

*Popis obrázku: a – oplodí, b – osemení, c – vrstva aleuronových buněk, d – endosperm, e – vrstva palisádových buněk, f – štítek, g – koleoptile, pochva listu, h – základ 1. pravého listu, ch – vzrostný vrchol, i – mezokotyl, j – základ kořínku, k – kořenová pochva (koleorhiza)*

Anatomická stavba obilného zrna má význam nejen při jeho hodnocení, ale také při skladování a následném zpracování. Zrna se mohou lišit tvarem, velikostí a podílem jednotlivých vrstev. Charakteristické pro zrna jednotlivých obilovin je přítomnost pluch nebo jsou nahé.

Každá obilka se skládá z endospermu, obalových vrstev a klíčku. Hmotnostní podíl jednotlivých částí zrna je rozdílný u jednotlivých obilovin.

**Endosperm** zaujímá 84 – 86 % hmotnosti zrna. Je tvořen velkými hranolovitými buňkami s poměrně jemnou buněčnou blánou; obsahuje hlavně škrob (téměř  $\frac{3}{4}$ ) a bílkoviny (asi

10 % obsahu endospermu). Zajišťuje výživu zárodku a při zpracování tvoří podstatnou složku finálního výrobku. Ve výživě je hlavním zdrojem bílkovin a energie.

**Aleuronová vrstva** buněk oddělujících endosperm od obalových vrstev, technologicky bývá zahrnována do celkového endospermu. Tvoří asi 8 % z celého zrna. Obsahuje vysoké množství bílkovin, minerálních látek, tuky a vitaminy.

**Obalové vrstvy** – ektosperm - chrání obilku před nepříznivými vnějšími vlivy. Jejich podíl na celkové hmotnosti zrna tvoří asi 8 %. Skládá se ze dvou částí oplodí a osemení. Oplodí (perikarp) tvoří pokožka (epidermis), buňky podélné (epikarp), buňky příčné (mesokarp) a buňky hadicové (endokarp). Osemení (perisperm) je tvořeno vrstvou barevných buněk, které dávají obilce typickou barvu a vrstvou skelných buněk. Obalové vrstvy jsou cenným zdrojem vlákniny a minerálních látek, hlavně fosforu, vápníku železa, hořčíku a křemíku. V mlýnské technologii jsou označovány jako otruby.

**Klíček** tvoří nejmenší, avšak nejvíce kolísající podíl zrna. Rozdíly mezi pšenicí a ostatními obilovinami nejsou příliš výrazné. Velmi podstatný rozdíl je v podílu klíčku mezi kukuřicí a ostatními obilovinami, kdy u kukuřice tvoří tento podíl 12 – 15 %, u pšenice pouze 3 % (Tab. 1). Obsahuje tuky, jednoduché cukry, bílkoviny, enzymy, vitaminy skupiny B a vitamin E. Významný je štítek obsahující až 33 % bílkovin. Před mlýnským zpracováním musí být odstraněn, neboť podléhá snadno oxidačním a enzymatickým změnám. Kromě krmných účelů mají obilné klíčky uplatnění v potravinářském a farmaceutickém průmyslu [1,2,3].

*Tab.1 Srovnání hmotnostních podílů zrna pšenice a kukuřice [2]*

Část zrna	Podíl v obilovině (% hm.)	
	pšenice	kukuřice
oplodí o osemení (otruby)	15	5
endosperm	82	82
klíček	3	13

## 1.2 Chemické složení obilovin

Důležitou složkou obilného zrna je voda, neboť všechny biochemické a fyziologické procesy probíhající během růstu, dozrávání a skladování se uskutečňují za její účasti. Voda

přítomná v zrně se nachází ve formě vody volné a vázané na hydrofilní koloidy. Volná voda slouží jako rozpouštědlo, zajišťující dopravu asimilátů a podílí se na tvorbě organických sloučenin. Mrzne při 0 °C a snadno se vypařuje. Vázanou vodu tvoří voda hydratační a sorpční, která nemá migrační schopnost a nemrzne ani při nižších teplotách. Bez volné vody je zrno v klidu aktivuje se teprve za její přítomnosti. Podle obsahu vody dělíme zrno na mokré (nad 17 %), vlhké (nad 15 %), středně suché (nad 14 %), suché (do 14 %). Jak vyplývá z tabulky č.2 je zastoupení chemických složek v jednotlivých částech zrna rozdílné [1,3].

Tab.2 Rozdělení látkového složení v jednotlivých částech zrna v % [3]

Složka	Popel	Bílkoviny	Tuky	Celková vláknina	Pentózany	Škrob
oplodí a osemení	3,4	6,9	0,8	50,9	46,6	-
aleuronová vrstva	10,9	31,7	9,1	11,9	28,3	-
klíček	5,8	34,0	27,6	2,4	-	-
endosperm	0,6	12,6	1,6	0,6	3,3	80,4

### 1.2.1 Sacharidy

Sacharidy představují nejdůležitější skupinu zásobních látek. Podle stupně polymerizace se rozdělují na monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy.

Monosacharidy se vyskytují ve formě pentózanů a hexózanů. Jako základní stavební složka škrobu a celulózy má největší význam glukóza. Spolu s fruktózou se vyskytuje v zrně v nepatrném množství. Z disacharidů se vyskytuje v obilce sacharóza, která se nachází v klíčku a v malém množství maltóza [3,5]. Polysacharidy jsou z technologického hlediska spolu s bílkovinami nejvýznamnější skupinou. Mají funkci zásobní a stavební. Zásobní polysacharidy jsou pro organizmy zdrojem energie, jejich hlavním představitelem je škrob. Stavební polysacharidy jsou základem buněčných stěn rostlin, představiteli této skupiny jsou celulóza, hemicelulóza a doprovází je fenolická látka lignin. Jsou to látky vesměs nerozpustné ve vodě.

Další skupinou polysacharidů je skupina rozpustných nebo ve vodě bobtnajících polysacharidů. Do této skupiny patří pentózany a  $\beta$ -glukany, což jsou slizovité bobtnavé látky o různě

ném stupni polymerace. Jejich základní jednotkou jsou pentózy xylóza a arabinóza. Nejvýznamnější jsou žitné pentózany, ječné a ovesné  $\beta$ -glukany.

### **1.2.1.1 Škrob**

Je nejdůležitější složka obilného zrna a je obsažen v endospermu. Obsah tvoří přibližně 60 - 75 % v sušině obilky. V obilovinách a rostlinách obecně se vyskytuje ve formě škrobových zrn charakteristického tvaru, která se vytváří během zrání obilky. Je složen ze dvou hlavních složek amylozy a amylopektinu. Základními stavebními jednotkami jsou molekuly glukózy, které jsou v případě amylozy spojeny  $\alpha$  (1,4)-glykosidickou vazbou a tvoří dlouhý rovný řetězec. Zatímco v molekulách amylopektinu se vyskytují i vazby  $\alpha$  (1,6), které způsobují větvení řetězce. U obilovin se uvádí poměr 25 % amylozy a 75 % amylopektinu. Obě frakce se liší fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Zatímco amyloza je rozpustná ve vodě, amylopektin pouze bobtná a není schopen vytvořit roztok. Z nutričního hlediska je škrob zařazen do skupiny využitelných polysacharidů.

Do skupiny nevyužitelných sacharidů se řadí celulóza, hemicelulózy a pektin. Celulóza a hemicelulózy jsou hlavní součástí obalů buněčných stěn [2,6,7].

### **1.2.1.2 Vlákna**

Vlákna potravy patří v širokém podvědomí spotřebitelů mezi významné, zdravotně prospěšné složky potravin. Termín vlákna potravy byl poprvé použit v roce 1953. Následovala řada dalších definic, které vycházely z analytického stanovení, dodnes ale neexistuje jednotná, mezinárodně uznávaná metoda stanovení vlákniny. Za výstižné lze považovat definici Nizozemské zdravotní rady: Vlákna potravy tvoří látky, které nejsou stráveny či vstřebávány v tenkém střevu člověka, s chemickou strukturou sacharidů či látek obdobných ligninu a příbuzných látek. Stále je dost běžné členit vlákna na rozpustnou a nerozpustnou. Světová zdravotnická organizace (její oficiální název WHO – World Health Organisation) však toto členění nedoporučuje.

Z chemického hlediska lze složky vlákniny rozdělit do těchto skupin:

- Polysacharidy mimo škrob: celulóza, hemicelulóza, pektiny,  $\beta$ -glukany, chitin, gemy, slizy. Nestravitelné oligosacharidy, např. fruktany (zejména inulin)



- Složky příbuzné oligosacharidům: zejména rezistentní škroby a modifikované celulózy.
- Lignin a doprovodné látky: kutin, třísloviny a jiné [8].

Při studiu potravinové vlákniny se v průběhu doby zjistily závažné dietetické vlastnosti, které mohou významně napomáhat v boji proti některým obávaným chorobám. Vláknina příznivě ovlivňuje fyziologické funkce trávicí soustavy. Udržuje zdravou funkci tlustého střeva, vytváří gelotvorné struktury, nabobtná a vyvolává dříve pocit nasycení. Vysoké množství vlákniny zvyšuje objem stolice a urychluje peristaltiku střev. Tím nedochází k zahnívání potravy ve střevech, která jsou dobře čištěna a navíc vláknina na sebe váže škodliviny, které pak z těla odvádí. V souvislosti s prevencí rakoviny tlustého střeva si zasluhují zvláštní pozornost otruby, jako spolehlivý a ověřený zdroj účinné cereální vlákniny, a to zejména otruby pšeničné (periferní část zrna, do níž při tradičních způsobech mlýnského zpracování přechází jen nepatrná část škrobnato-bílkovinného endospermu). Otruby jsou bohaté na tzv. stavební polysacharidy, které z nutričních aspektů představuje právě vláknina. Kromě ní ovšem jsou zde soustředěny i minerální látky a vitaminy, hlavně ze skupiny B-komplexu. Právě z těchto důvodů v porovnání s jinými zdroji potravinové vlákniny (např. ze zeleniny, ovoce, luštěnin) je účinnost otrub znatelně vyšší. Podle klinických pokusů a četných studií je to zřejmě dáno specifickou buněčnou strukturou pšeničné celulózy a ligninu [7,9].

### 1.2.2 Bílkoviny

Zralá zrna obsahují podle druhů a odrůd 9 - 16 % bílkovin, jejich základní stavební složkou jsou aminokyseliny. Tyto se rozdělují na neesenciální, které si dokáže lidský organizmus syntetizovat a esenciální. Ty jsou pro lidský organizmus nezbytné, protože si je nedokáže syntetizovat. Jsou to valin, leucin, isoleucin, treonin, metionin, fenylalanin, tryptofan, lyzin, u dětí ještě histidin a arginin. Jestliže bílkovina obsahuje všechny esenciální aminokyseliny ve správném poměru vyžadovaném lidským organizmem, pak má vysokou biologickou hodnotu. Jestliže jedna nebo více esenciálních aminokyselin je zastoupeno v příliš malém množství nebo vůbec, taková bílkovina má nízkou biologickou hodnotu. Aminokyselina přítomná v nejmenším množství ve vztahu k potřebě je označována jako limitující. V případě obilovin je touto limitující aminokyselinou lyzin [3].

Bílkoviny obilovin můžeme klasifikovat podle několika hledisek. Podle morfologického původu rozlišujeme bílkoviny endospermu, aleuronové vrstvy a zárodečné, pocházející z klíčku. Podle biologické funkce se rozlišují bílkoviny metabolicky aktivní, tzn. cytoplasmatické, s funkcemi v buňce a zásobní, které se dělí na nízkomolekulární a vysokomolekulární. Podle chemického složení se bílkoviny rozdělují na jednoduché bez jiných sloučenin a komplexní, které obsahují v molekule ještě jiné látky nebílkovinné povahy: glykoproteiny, lipoproteiny aj.

V roce 1907 publikoval Osborne frakcionaci pšeničných proteinů na základě jejich rozpustnosti v různých rozpouštědlech. Bílkoviny tak byly rozděleny do čtyř skupin:

- albuminy – rozpustné ve vodě,
- globuliny – rozpustné v roztocích solí,
- prolaminy – rozpustné v 70% etanolu,
- gluteliny – zčásti rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad.

Nejde ovšem o žádné dělení na základě jasně charakterizovaných rozdílných přirozených vlastností, ale jde o umělé rozdělení na základě fyzikální vlastnosti – rozpustnosti. Podle funkčních vlastností dělíme bílkoviny obilovin na protoplasmatické a zásobní.

- Protoplasmatické bílkoviny se nachází hlavně v klíčku a aleuronové vrstvě. Jsou tvořeny bílkovinami katalytickými, enzymaticky aktivními a stavebními. Patří sem albuminy a globuliny. Obsah činí u pšenice asi 15 – 20 %, u žita a tritikale je obsah vyšší.
- Zásobní bílkoviny tvoří podstatnou část obilného zrna a určují technologickou, nutriční, krmnou a biologickou hodnotu zrna. Do této skupiny patří prolaminy a gluteliny.

Pšeničné prolaminy (gliadiny) jsou popisovány jako jednořetězcové makromolekuly, v nichž se střídají krátké spirálové úseky  $\alpha$ -helixů s hydrofobními zbytky. Helixy jsou spojeny vodíkovými vazbami, ohyby řetězce pevnými disulfidickými řetězci. Obsahují vysoký obsah kyseliny glutamové a prolinu.

Pšeničné gluteliny (glutenin) jsou makromolekuly složené s více řetězců. Směs bílkovinných podjednotek je pojena vodíkovými a disulfidickými vazbami, čímž se dosahuje vysokých molekulových hmotností [1,2].

### **1.2.2.1 Lepek**

Pšeničné gliadiny a gluteniny bobtnají a za současného vložení mechanické energie na hnětení za přítomnosti vzdušného kyslíku tvoří pevný gel, který se nazývá lepek. Lepek je charakteristický tažností, pružností a schopností bobtnat, což je příčinou jedinečných vlastností pšeničného těsta. Gliadin je nositelem tažnosti a glutenin pružnosti a bobtnavosti lepku. Lepek tvoří trojrozměrnou síť peptidových řetězců, různým způsobem zřasených a navzájem propojených různými můstky a vazbami. Pšeničný lepek lze z těsta jednoduše izolovat vypíráním proudem vody, kdy se postupně vyplavují látky rozpustné ve vodě a škrob. Po určité době zůstává substance, která se nazývá mokřý lepek [2,10].

### **1.2.3 Lipidy**

S obsahem tuků 1,5 – 2,5 % patří obilky k semenům s nejnižším obsahem tuku. Nejvíce tuku obsahuje klíček a aleuronová vrstva. Tuk z obilných klíčků je z výživového hlediska velmi cenný (př. kukuřičný olej). Podstatný podíl tuků tvoří nenasycené mastné kyseliny, z nichž esenciální kyselina linolová tvoří minimálně 55 %, jak vyplývá z tab. 3.

V obilném zrně jsou zastoupeny v relativně značném množství i fosfolipidy (až 26 %). Jsou to sloučeniny kyseliny fosforečné s glycerolem a dalšími látkami. Představitelem této skupiny je fosfatidylcholin. Ten je důležitý při přenosu nervů a mozkové činnosti, zatímco cholin příznivě působí na snížení krevního tlaku a omezení nadměrného ukládání tuků [2,8].

Tab.3 Experimentálně zjištěné zastoupení mastných kyselin v lipidech různých obilovin v % hm. [2].

	myristová	palmitová	stearová	olejová	linolová	linolenová
ječmen	0,4	22,0	1,2	16,0	56,0	6,0
kukuřice	-	14,0	2,0	30,0	50,0	3,0
oves	1,4	20,0	2,0	35,0	41,0	2,0
pšenice	-	20,0	1,5	16,0	58,0	4,0
žito	0,1	16,0	1,0	14,0	59,0	9,0

#### 1.2.4 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. 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 [1].

#### 1.2.5 Vitaminy

Vitaminy jsou v obilovinách soustředěny hlavně v klíčku a aleuronové vrstvě. Význam mají hlavně vitaminy skupiny B. Vitamin B<sub>1</sub> se nachází hlavně v obilkách pšenice, je termolabilní, stálější je vitamin B<sub>2</sub>. Kyselina nikotinová je obsažena ve větším množství v zrně pšenice a ječmene, kyselina pantotenová je obsažena především v okrajových částech zrna. V poměrně značném množství obsahují obilky vitamin E, hlavně v klíčku [1,9].

#### 1.2.6 Biologicky významné látky

Cereálie obsahují řadu látek, které mohou vykazovat příznivé účinky na lidské zdraví. Tyto látky jsou označovány jako fytochemikálie nebo rostlinné bioaktivní látky. Flavonoidy jsou sice v cereáliích zastoupeny v relativně malém množství, jsou zde ale přítomny jiné antioxidanty, včetně menšího množství tokotrienolů, tokoferolů a karotenoidů. Flavonoidy mají blahodárný vliv a účinek preventivního charakteru proti některým typům rakoviny a srdeč-

ním onemocněním. Ligniny působí i na vnitrobuněčné enzymy, na syntézu bílkovin a na diferenciaci buněk. Kyselina *p*-aminobenzoová je významným růstovým faktorem a je obsažena nejvíce v obalových vrstvách [1,12].

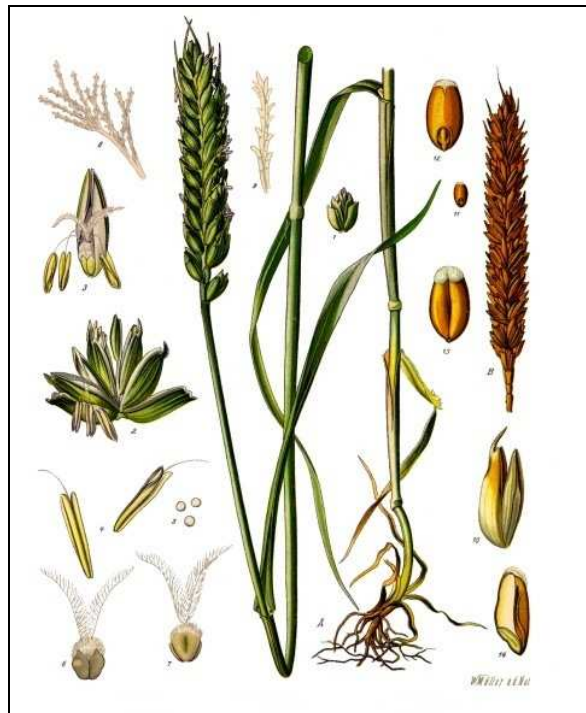
### 1.2.7 Antinutriční látky

Antinutriční látky jsou složky potravy, které mohou mít na výživu organismu negativní vliv tím, že zhoršují využitelnost živin nebo je rozkládají či jinak mění. Cereálie obsahují velké množství kyseliny fytové, která je zde přítomna ve formě fytátu. Ve většině obilovin se fytát koncentruje v aleuronové vrstvě, v menší míře i v klíčku. Má schopnost vázat na jednu svou molekulu šest atomů vápníku, hořčíku nebo dvojmocného železa. Tyto sloučeniny nejsou v lidském organismu rozložitelné a tím se snižuje jejich absorpce v organismu [11].

## 2 NEJVÝZNAMNĚJŠÍ DRUHY OBILOVIN

### 2.1 Pšenice

Pšenice je naší nejdůležitější obilninou. Ve světové produkci zaujímá vedle kukuřice a rýže největší osevní plochu, což je asi jedna třetina osevní plochy všech obilnin. Rod pšenice *Triticum* L. patří do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a zahrnuje řadu druhů. Pšenice setá (*Triticum aestivum*) vznikla dlouhodobým vývojem a šlechtěním z prapůvodních forem – pšenice jednozrnky a pšenice dvouzrnky. Podle setí rozlišujeme pšenice ozimé a jarní. Kromě pšenice obecné, která je nejrozšířenější se ve světě pěstují ještě další druhy. Se špaldou (*Triticum spelta*) se u nás prakticky nesetkáváme. Jednozrnka (*Triticum monococcum*) roste na kamenitých horských půdách. Dvouzrnka (*Triticum dicoccum*) se v dnešní době pěstuje ve státech kolem Středozemního moře na výrobu krupky a škrobu. Pšenice polská (*Triticum polonicum*) má velké zrno, dlouhé až 14 mm. Dodnes se pěstuje kolem Středozemního moře, v Etiopii a Severní Americe. S pšenicí tvrdou (*Triticum durum*) se setkáme v zemích kolem Středozemního moře. Má osinatý klas a tvrdé osinaté sklovité obilky s velkým obsahem bílkovin. Na obr.2 je znázorněna rostlina pšenice (klas, obilka a zrno) [1,14].



Obr.2 Pšenice setá (*Triticum aestivum* L.) [17]

### 2.1.1 Složení zrna

Pšenice je hlavně zdrojem energie díky vysokému obsahu škrobu (50 – 70 %), který je lehce stravitelný. Obsah hrubé vlákniny je nízký (1,6 - 2,0 %). Nachází se v obalech, které při zpracování pro výživu lidí přecházejí obvykle do otrub. Obsah bílkovin v zrně je obvykle 8 – 13 %. Zásobní bílkoviny gliadin a glutenin s vodou vytváří lepek. Vysoký obsah lepku ovlivňuje pekárenské vlastnosti pšenice. Obsah tuku je nízký (1,5 – 3 %). Obsahuje velké množství nenasycených mastných kyselin, kyseliny olejové a linolové. Z vitamínů jsou v pšeničném zrně obsaženy hlavně vitaminy skupiny B, vitamin E a v menším množství také  $\beta$ -karoten. Z minerálních látek je nejvíce zastoupen draslík a fosfor [18,19].

### 2.1.2 Význam a jakostní požadavky na potravinářskou pšenici

Pšenice obecná se používá k různým účelům, ale nejvíce pozornosti se věnuje její jakosti potravinářské, tj. mlynářské, pekařské, pečivářské a těstářské. Potravinářská hodnota pšenice je podmíněna technologickými vlastnostmi zrna ve spojení s kvalitními senzoric-kými vlastnostmi. O jakosti rozhoduje odrůda a podmínky prostředí. Odrůdy mají rozdílné vlastnosti a znaky jakosti, které se hodnotí v bodech. Podle systému hodnocení používaného v SRN, který jsme v ČR převzali, se odrůdy zařazují do pěti skupin [23]:

- Elitní pšenice E, tedy nejkvalitnější potravinářská pšenice, u nás označované též jako zlepšující.
- Kvalitní pšenice A, u nás vedené jako dobré, samostatně zpracovatelné a jako doplňkové.
- Chlebová pšenice B, jsou již odrůdy doplňkové, zpracovatelné ve směsi.
- Skupina K, keksové pšenice, hodí se k výrobě keksů, sušenek a podobných druhů pečiva, kde jsou speciální požadavky na jakost pšenice s malým objemem pečiva, ale vyšším číslem poklesu a výtěžností mouky T 550.
- Skupina C, zvláštní pšenice, je určená ke speciálním účelům. Jakost se definuje zvlášť pro tyto účely použití, např. k získávání škrobu z pšenice, apod. [23].

Požadavky na zrno pšenice jako zemědělského výrobku k mlýnskému zpracování stanovuje ČSN 46 1100-2, která uvádí, že za pšenici potravinářskou se považují zralé obilky pšenice obecné (*Triticum aestivum* L.), odrůd, které jsou registrovány podle jejich pekárenské nebo pečivářenské jakosti. Seznam registrovaných odrůd vydává každoročně Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský ve Státní odrůdové knize České republiky. Potravinářská pšenice se řídí dle ČSN 46 0011-1.

Tab.4 Hodnoty jakostních ukazatelů podle ČSN 46 1100-2 [20]

Jakostní ukazatele	pšenice pekárenská	pšenice pečivářská
vlhkost (%)	nejvýše 14	nejvýše 14
objemová hmotnost (kg.hl <sup>-1</sup> )	nejméně 76	nejméně 76
obsah N-látek v sušině (N x 5,7) (%)	nejméně 11,5	nejméně 11,5
sedimentační index – Zelenyho test (ml)	nejméně 30	nejméně 25
číslo poklesu (s)	nejméně 220	nejméně 220
příměsi a nečistoty celkem (%)	nejvýše 6,0	nejvýše 6,0

Zrno obilovin určených ke zpracování na výrobky pro lidskou výživu musí být vyztřelé, bez živých škůdců a cizích pachů. Nesmí obsahovat zrna zjevně naplesnivělá nebo plesnivá.

- Vlhkost – ovlivňuje zdravotní stav, má vliv na mletí, stanovuje se jako úbytek hmotnosti zrna sušením za podmínek zkoušky podle ČSN 712.
- Příměsi – zrna příslušného druhu obilovin s odlišnou jakostí snižující celkovou hodnotu výrobku nebo semena jiných než příslušných druhů.
- Nečistoty – minerální a organické nečistoty, semena všech ostatních kulturních a plevelných rostlin s výjimkou obilovin [15].
- Stanovení objemové hmotnosti (hektolitrová váha) – poměr hmotnosti obilovin k jejímu objemu, výsledek se vyjadřuje v kg.hl<sup>-1</sup> a souvisí s výtěžností mouky. Závisí na odrůdě, pěstitelských podmínkách, ročníku, zdravotním stavu, vlhkosti a polehlosti. Při deštivém počasí v době sklizně rychle klesá. Důležitou podmínkou pro



stanovení objemové hmotnosti je předběžné vysušení zrna na požadovanou vlhkost a odstranění příměsí a nečistot.

- Obsah N- látek v sušině - stoupající obsah bílkovin má pozitivní vliv na vlastnosti těsta a objem pečiva, s klesajícím obsahem se snižuje tažnost lepku. Obsah N-látek je silně ovlivněn agrotechnikou, ročníkem a prostředím.
- Stanovení sedimentační hodnoty se určuje dvěma metodami. Do české legislativy byl jako první v roce 1998 zaveden SDS test podle ČSN 46 1021 a pro hodnocení jakosti potravinářské pšenice se od roku 2000 používá Zeleného test podle ČSN ISO 5529. Sedimentační hodnota vyjadřuje souhrnné množství i kvalitu pšeničných bílkovin. Její podstatou je bobtnání bílkovin v kyselině mléčné. Podle objemu sedimentu se usuzuje na jakost pšenice. Hlavním rozdílem mezi oběma metodami je příprava vzorku ke stanovení – pro SDS test lze použít pšeničný šrot připravený na různých typech šrotovníků.
- Číslo poklesu (pádové číslo) – charakterizuje aktivitu  $\alpha$ -amylázy, což je hydrolytický enzym štěpící škrob, který se aktivuje na počátku klíčení zrna. Škodlivost procesu porůstání je dána degradací zásobních látek a narušením skladby bílkovin. Je to tedy nevratný proces. Pro stanovení čísla poklesu jsou používány tělískové viskozimetry. Principem metody je rychlé zmazování vodné suspenze mouky ve vroucí lázni. Působením  $\alpha$ -amylázy obsažené ve vzorku dojde ke ztekucení škrobu. Celkový čas v sekundách od ponoření vizkozimetrické zkumavky do vroucí lázně, promíchání a času poklesu míchadla o určenou vzdálenost se označuje jako číslo poklesu. Číslo poklesu u potravinářské pšenice by nemělo klesnout pod hranici 220 s [22].

Potravinářské obilí s převahou pšenice kryje v naší spotřebě potravin 35 % energetické potřeby a 30 % z potřeby bílkovin. V České republice se spotřeba obilí na jednoho obyvatele pohybuje okolo 112 kg v hodnotě mouky a to bez rýže [23].

## 2.2 Ječmen

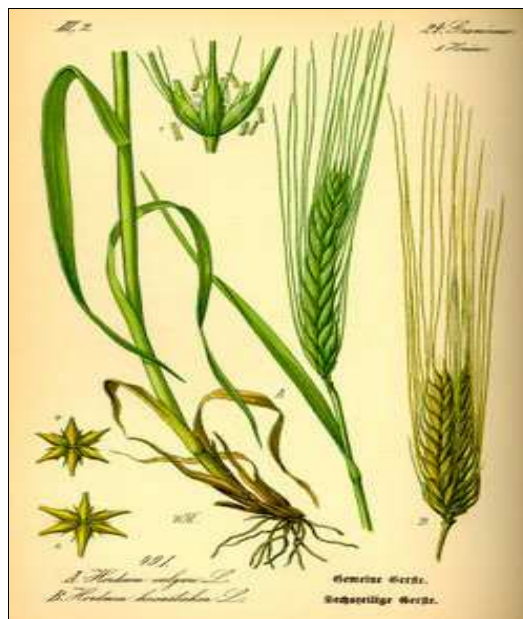
Ječmen je druhou nejstarší obilninou a již od počátku uvědomělého zemědělství provází spolu s pšenicí člověka. Historicky je ječmen bezpečně dokázán již od 5. století před n.l. Za oblast původu je považována Asie. O ječmeni v našich zemích je zmínka již z 2. poloviny 10. století. Asi od 17. století se rozšiřuje sladování ječmene.

Botanicky patří ječmen do čeledi lipnicovitých trav. Všechny kulturní ječmeny představují jeden kulturní diploidní ( $n=14$ ) druh *Hordeum vulgare* L., ječmen setý je dále členěný na convariety.

Předchůdcem dnešních ječmenů byl pravděpodobně ječmen víceřadý *H. agriocrithon* Åberg, z něho pravděpodobně vznikly ječmeny dvouřadé.

Rozlišují se u něj dva typy:

- Typ šestiřadý: má všechny 3 klásky plodné, klasy se 6 podélnými řadami obilek, stejnoměrně rozdělenými kolem vřetene v podobě šestičlenného přeslenu. Obilky protilehlých postranních řad jsou na straně ke střední obilce jednostranně prohnuté.
- Typ čtyřřadý: má rovněž všechny 3 klásky plodné, klas je řidší se 6 řadami obilek, ale se střední řadou obilek těsně přilehlou k vřetenu klasu a postranní obilky se částečně překrývají, takže na vřetenu jsou zdánlivě jen 4 řady obilek [15].



Obr.3 Ječmen (*Hordeum vulgare*)[17]

V celém světě nyní dochází k výrazné renesanci využití ječmene k lidské výživě. Perspektivní v tomto směru jsou i bezpluché (nahé) odrůdy ječmene využívané např. k přípravě ječných vloček a tzv. müsli. Rychle se rozšiřují různé farmaceutické výrobky připravené jako výtažky z ječného sladu nebo přímo z ječmene. Velký rozvoj potravinářského využití ječmene pozorujeme v Japonsku a v USA. V současném období je však ječmen převážně krmnou obilovinou, zvláště víceřadý ozimý ječmen. Tato různorodost využití předpokládá i šlechtění ječmene k různým užitkovým směrům, tj. ke krmným účelům, k výrobě sladu, whisky, k potravinářským, pícninářským a jiným účelům, protože u každého směru jsou jiné jakostní požadavky [15,24].

### 2.2.1 Význam a složení zrna

Celkový obsah dusíkatých látek v ječném zrně kolísá od 8,1 - 18 %. Běžně pěstovaný ječmen málokdy překoná hranici 4 g lyzinu na 100 g proteinu. Obsah tuku v ječném zrně kolísá v závislosti na odrůdě a pěstitelských podmínkách od 1,9 do 7 %. Významné je zastoupení kyseliny palmitové a zejména nenasycených mastných kyselin – olejové, kyseliny linolové a linolenové. Ječmen je zdrojem vitamínu B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, kyseliny pantotenové, listové, biotinu. Zrno obsahuje minerální látky, např. fosfor, vápník, draslík, hořčík, železo a selen. V ječmeni se nacházejí i látky inhibiční povahy (inhibitory enzymu *proteázy*, *trypsinu*, *chymotrypsinu* a *serinu* [27].

### 2.2.2 Potravinářský ječmen

Současná spotřeba ječmene k přímé lidské výživě je u nás malá, asi 1,2 – 1,6 kg na osobu, ale lze předpokládat její zvýšení s ohledem na příznivé dietní účinky. Pro potravinářské účely a výrobě sladu se používá jarní dvouřadý ječmen. Malá část se zužitkuje k přímé lidské spotřebě. Ve většině zemí Evropy je spotřeba ječných produktů velmi nízká a téměř výhradně je zde zpracován ječmen pluchatý. Ječmen se používá především na výrobu krup. Velikost krup je upravena podle normy ČSN 56 0671 na kroupy velké, střední, malé a perličky. Jejich barva má být bílá s nažloutlým odstínem, s nepatrným zbarvením po slupce v rýze. Chuť jemně nasládlá [22]. V posledních letech se pro potravinářské využití šlechtí ječmeny označované jako „waxy“ (sklovité, voskovité) s vyšším obsahem hypocholesterolemických látek, tj. β-glukanů a biologicky aktivních antioxidantů. Předpokládá se, že přijetí β-glukanů organizmem vede ke snižování cholesterolu a glukózy v krvi. Tyto ječmeny

se preferují v dietě omezující výskyt ischemické choroby srdeční a infarktů. Zrno dále obsahuje malé množství nízkomolekulárních sacharidů. Glukóza a fruktóza jsou převážně v jádře, sacharóza a rafinóza v zárodku [1,27].

### 2.2.3 Sladovnický ječmen

Jarní ječmen je v České republice v posledních letech pěstován na výměře kolem 400 tis. ha a je po ozimé pšenici druhou nejmasovější plodinou. Tomu odpovídá i jeho ekonomický význam. Na výrobu sladu se zpracovává kolem třiceti procent celkové sklizně jarního ječmene, asi 70 % zrna se používá ke krmení a jen velmi malé množství pro potravinářské využití. Pro přípravu pivovarského sladu jsou využívány převážně odrůdy jarního ječmene setého dvouřadého variety (*Hordeum Bulhare L. convar. distichon var. nutans*). Hlavními oblastmi pěstování sladovnického ječmene jsou zejména Haná, Lounsko a Žatecko [30].

Tab. 5 Jakost zrna sladovnického ječmene se posuzuje na základě ČSN 46 1100-5 [28]

odrůdová čistota deklarované odrůdy (%)	90,0
barva pluchy	světle žlutá
vlhkost (% hm.)	14,0
přepad zrna nad sítím 2,5 mm (% hm.)	95,0
zrnové příměsi sladařsky nevyužitelné (% hm.)	2,0
zrnové příměsi sladařsky využitelné (% hm.)	2,0
klíčivost (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) v % z celkového počtu zrn	98,0
obsah N-látek v sušině (N x 6,25) (% hm.)	11,0

## 2.3 Kukuřice

Kukuřice je po rýži a pšenici nejdůležitější světová obilnina. Pěstuje se pro zrno, pro přímý konzum, ke konzervování nezralých palic, jako silážní plodina i na zelenou píci. Za původní domov se považuje Jižní a Střední Amerika. Pěstovali ji Mayové, Inkové a Aztékové. *Zea mays L.* (Život mayův) patří do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a skupiny kukuřicovi-

tých (*Maydeae*). Podle vnějších znaků zrna, palic a podle konzistence živného pletiva (endospermu) se kukuřice rozděluje do těchto skupin [15]:

- Kukuřice obecná (tvrdá): zrno tvrdé, hladké, nahoře zaokrouhlené různých barev.
- Kukuřice koňský zub: zrno zploštělé, téměř tak dlouhé jako široké nahoře s malou jamkou. Endosperm má moučnatý.
- Kukuřice praskavá (pukancová): zrno velmi malé, dobře se hodí k pražení. Zrno má rohovitý, tvrdý endosperm. Při pražení praská oplodí a vnitřek zrna vystupuje na povrch jako kyprá bílá hmota – pukanec, který je větší než původní zrno a je oblíbenou pochoutkou pod názvem pop-corn.
- Kukuřice škrobnatá: endosperm je moučnatý, měkký a obsahuje nejvíce škrobu. Tato kukuřice je vhodná pro škrobárenský a lihovarnický průmysl. V Evropě se pěstuje zřídka.
- Kukuřice cukrová: zrno svraštělé a sklovité. Nehodí se k mletí ani ke šrotování, pěstuje se jako zelenina.
- Kukuřice vosková (čínská): zrno matné. Má velkou výživovou hodnotu [15].



Obr.4 Kukuřice setá (*Zea mays* L.) [17]

### 2.3.1 Význam a složení zrna

Kukuřičné zrno má ze všech obilnin nejvyšší energetickou hodnotu. Má vysoký obsah škrobu (73 %), což dělá z kukuřice obilovinu s nejvyšší energetickou hodnotou. Obsah škrobu v zrně se mění v závislosti od různých faktorů. Nejvýraznější vliv na množství

a kvalitu škrobu má v našich podmínkách posklizňová úprava zrna (způsob sušení zrna). Kukuřice má nízký obsah dusíkatých látek (asi 9 - 9,5 %). Bílkovina kukuřice se nazývá zein a obsahuje tyto složky: albumin 5 %, globulin 6 %, prolamin 50 %, glutelin 39 %. Obsahuje až 5 % tuku, kterého je nejvíce v klíčku. Cukrová kukuřice obsahuje více oleje, a to až 8 - 9 %. Olej obsahuje až 50 % kyseliny linolové, která je velmi žádaná v lidské výživě, protože patří mezi ty, které si živočišný organizmus neumí syntetizovat. Olej obsahuje dále 30 % kyseliny olejové a okolo 13 % kyseliny palmitové. Zbytek patří kyselině stearové, linolenové a arachové. Z izolovaných kukuřičných klíčků se vyrábí kvalitní olej. Jeho nutriční hodnota se zvyšuje z důvodu přítomnosti biologicky aktivních látek, jako karoteny a vitamin E. Minerální látky jsou soustředěny v klíčku a jejich obsah je nejnižší ze všech obilovin [1,32,33].

Podle ČSN 46 1200-6 lze k průmyslovému zpracování použít zralé obilky kukuřice (*Zea mays* L.), s výjimkou odrůd kukuřice pukancové a cukrové. Pro mlýnské zpracování se dodává kukuřice s červeným až žlutým zbarvením zrna, u kterého po odstranění příměsí a nečistot zůstane na sítu s kruhovými otvory o průměru 7,1 mm nejméně 90 % kukuřičných zrn.

Kukuřice zbavená klíčků je základní surovinou pro výrobu rozličných výrobků s nízkým obsahem tuku do 1 %. Jsou to např. kukuřičné zlomky, které jsou výchozí surovinou pro výrobu kukuřičných lupínků cornflakes. Dále kukuřičná krupice pro extruzi, z níž se vyrábí nejrůznější extrudované výrobky, známé pod názvem křupky. Značný význam má i výroba mouky pro těstářské účely, která zlepšuje barvu těstovin a jejich vařivé vlastnosti. Z kukuřičné mouky a krupice se připravuje chléb, kaše a jiné pokrmy. Oblíbená je kukuřice cukrová, která se používá jako zelenina. Mladé palice se sklízí v mléčné zralosti, vaří se ve slané vodě nebo se konzervují. Stále větší oblibě se těší kukuřice pukancová, jejíž zrna praskají a vznikají pukance, které buď přímo konzumují nebo se využívají v potravinářství. Z kukuřičného zrna se vyrábí líh, olej, aceton, kukuřičný lepek, cukr a mnoho dalších výrobků. Olej lisovaný z kukuřičných klíčků se používá k výrobě mýdel a stolních olejů [15,34].

## 2.4 Žito

Kulturní žito je mladší obilninou než pšenice a ječmen. Jako samostatná plodina se objevila vlastně přirozeným výběrem, kdy jako plevelná rostlina se hojně vyskytovala v porostech

pšenice. Do Evropy přinesli kulturní žito pravděpodobně Slované, od kterých jej záhy poznali Germáni a obyvatelé severských zemí. Žito snáší chladnější a méně úrodné oblasti vyšších poloh. V našich oblastech se žito pěstovalo hojně od pozdního středověku. Žito bylo až do poloviny tohoto století nejrozšířenější obilninou v Čechách. Spíše se pěstovalo ve směsi s pšenicí. Ozimá pšenice stále výnosem překonává žito.

Žito (*Secale*) je rod jednoděložných rostlin z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) s přibližně 12 druhy. Dnešní kulturní žito patří do druhu *Secale cereale* L. (Žito seté). Vedle ozimých odrůd žita jsou i jarní žita, která se u nás již nepěstují. Rostlina se skládá z klasu, stébla a kořenu [15,23].



Obr.5 Žito seté (*Secale cereale* L.) – klas [17]

#### 2.4.1 Význam a složení zrna

Žito obsahuje jen asi 9 % bílkovin, z toho většinu tvoří zásobní bílkoviny gliadin (prolamín) a gluteniny. Bílkoviny žita nemají tak výhodné pekařské vlastnosti jako bílkoviny pšenice. Hlavní živinou žitného zrna je škrob, ale obsahuje také další polysacharidy – xylany a arabinoxylany, v podobě žitných slizů. Hrubá vláknina představuje asi 2 %. Celkový obsah sacharidů se pohybuje okolo 70 %. Tuk tvoří 1,4 % hmotnosti zrna a podobně jako u pšenice se zde nacházejí nenasycené mastné kyseliny – kyselina olejová, linolová a linolenová. Obsah minerálních látek se pohybuje okolo 1,8 %, významné je zastoupení draslíku, fosforu, vápníku, fluoru a hořčíku. Vitaminy tvoří kyselina nikotinová, pantotenová, niacin, pyridoxin, významný je obsah kyseliny listové. Žito obsahuje i celou řadu bioaktivních

látek -  $\beta$ -glukany, maltodextriny, tokotrienoly, flavonoidy, fytoestrogeny (lignany), proteázové inhibitory, saponiny atd. [35].

K potravinářským účelům se žito využívalo ze 75 %, nyní až z 90 %. Žito se v malé míře využívá k výrobě žitné kávy a kávovin. Nemalé množství žita se spotřebuje k produkci bioetanolu [11].

Stoupá obliba pšeničného pečiva a chleba s větším podílem žitné mouky. Technologie pečení žitného chleba je pro velkopekárny náročnější než příprava pšeničného chleba nebo ze směsi pšeničné a žitné mouky. Jak vyplývá z tab. 6, rozdílná technologie při výrobě chleba závisí na rozdílném složení pšeničné a žitné mouky. Dále je stále poptávka po dobrém, chutném chlebu ve smyslu racionální výživy (tmavý a celozrnný chléb). Vzdělávací zájem o chléb speciální, pochoutkový se zvláštními sensorickými vlastnostmi. Tomu právě vyhovuje chléb žitný nebo chléb s větším podílem žitné mouky [23].

Tab. 6 Průměrné složení pšeničné a žitné mouky [3]

Složky	Obsah jednotlivých složek v % sušiny	
	mouka pšeničná	mouka žitná
škrob	75,0 - 79,0	69,0 - 81,0
bílkoviny	10,0 - 12,0	8,0 - 10,0
tuk	1,1 - 1,9	0,7 - 1,4
zkvasitelné cukry	2,0 - 5,0	5,0 - 8,0
vláknina	0,1 - 1,0	0,1 - 0,9
slizy	2,5 - 3,4	3,5 - 5,2
popeloviny	0,4 - 1,7	0,5 - 1,7

Žitný chléb je označován za potravinu s větším ochranným účinkem, než mají diety bohaté na vlákninu jiných druhů obilovin, zeleniny či ovoce. Pozitivní působení se neprojevuje pouze snížením hladiny cholesterolu v krevním séru, jako je tomu většinou u jiných diet, u žita dochází ke změnám i v jiných mechanismech, které se odrážejí ve sníženém krevním tlaku, zlepšeném metabolismu cukrů a nižším obsahem krevních tuků a cholesterolu [35].

## 2.5 Oves

Oves je jedním z nejmladších obilných druhů. Oblast jeho původu není dosud zcela zřejmá, ale uvádí se Malá Asie. Nejrozšířenějším druhem ovesa je Oves setý *Avenae sativa* L., který zaujímá 90 % světových osevních ploch. Druhou největší osevní plochu má Oves nahý,



*A. nuda*, který však někteří botanici považují za bezpluchou formu ovsa setého [15]. Oves (pluchatý) je považován za obilninu tolerantní k horším klimatickým a půdním podmínkám. V našich podmínkách se oves převážně pěstuje v bramborářské a horské oblasti. To jsou oblasti chladnější, se středně těžkými a vlhkými půdami [1,15].



Obr.6 Oves setý (*Avena sativa* L.) [17]

### 2.5.1 Význam a složení zrna

Obilky ovsa mají vysokou nutriční hodnotu danou vysokým obsahem bílkovin s příznivou skladbou esenciálních aminokyselin jako je lyzin, metionin, valin, isoleucin, leucin, fenylalanin a tryptofan. Esenciální aminokyseliny lyzinu je v ovsu o 30 % více než v pšenici. Oves dále vyniká obsahem tuku od 3,1 do 11,6 % a v něm obsažených mastných kyselin, hlavně kyselin olejové, linolové a linoleové. Vláknina ovsa má vysoký podíl rozpustné složky včetně  $\beta$ -glukanů. Obilky ovsa jsou významným zdrojem minerálních látek. Vyšší je obsah hořčíku, draslíku, železa, zinku a manganu. Vzhledem k velké poutací schopnosti kořenů ovsa však může být v zrně vyšší obsah nežádoucích těžkých kovů. Proto je dán důraz i na výběr lokalit pro jeho pěstování.

Oves obsahuje značné množství vitamínu B<sub>1</sub> a vitaminu E, popř. dalších antioxidantů. Naopak má málo vitaminů A, C a D, proto je vhodná kombinace ovesných vloček s mlékem a ovocem.

Škrob tvoří podobně jako u ostatních obilnin největší podíl obilky (u pluchatých ovsa kolem 38 - 45 %, u nahých 56 - 60 %). Vysoce bílkovinné ovsy mají pod aleuronovou vrst-

vou velmi málo škrobu a v endospermu relativně velká škrobová zrna, zatímco oves s nízkým obsahem bílkovin obráceně. Ovesný endosperm obsahuje více tuku, lépe váže vodu. Mouka z ovsa činí pečivo jemnějším, trvanlivějším ale drobivějším a méně objemným[36].

Tab.7 Chemické složení ovesného zrna (%) ve srovnání s pšenicí [37]

Druh	N-látky	Tuk	Popeloviny	Vláknina	Škrob
nahý oves	16,8	6,8	2,2	2,3	56,3
pluchatý oves	12,4	3,5	2,1	11,8	39,6
pšenice	13,7	2,1	1,9	2,6	66,7

Potravinářské využití s ohledem na výše uvedené vlastnosti ovsa postupně stoupá. Oves se stává dietní potravinou pro děti, mládež, sportovce, nemocné a seniory. Je prokázán vliv ovesné diety na snížení výskytu nádorového onemocnění zažívacího traktu, snížení hladiny cholesterolu v krvi, redukci glukózy v krvi diabetiků, omezení cévních a srdečních chorob, zvýšení psychické stability organismu a řady dalších léčivých a posilujících účinků [23].

## 2.6 Proso

Proso je vedle pšenice a ječmene nejstarší, člověkem využívanou obilovinou. Pěstovalo se již v 5. a 4. století před.n.l. Jeho pravlastí je Čína, východní Asie, Indie a jihovýchodní části Ruska. Pro nás má význam Proso obecné (*Panicum milliaceum* L), které se pěstuje hlavně pro zrno. Zrno je kulaté, vejčité nebo protáhlé, zcela obalené nesrostlou pluchou a plůškou. Barva obilky je bílá, světle žlutá, šedá, červená, hnědočervená nebo hnědá [15].



Obr.7 Proso obecné (*Panicum milliaceum* L). – lata [17]

### 2.6.1 Význam a složení zrna

Obsah sacharidů se pohybuje v rozsahu 70 - 73 %, z toho nejvíce je zastoupen škrob (62 - 66 %). Obsah bílkovin kolísá od 11,3 do 12,7 %. Z hlediska aminokyselinového složení jsou bílkoviny prosa deficitní především v obsahu lyzinu, treoninu a tryptofanu. Obsah lyzinu je však vyšší než u pšenice. Naproti tomu má proso ve svém bílkovinném komplexu největší podíl leucinu, ale i valinu, izoleucinu a fenylalaninu. Obsah tuku v semenech prosa je vyšší (3,7 - 4,6 %) než u pšenice a rýže. Z celkového množství je 24 % soustředěno v klíčku. Z minerálních látek má proso vysoký obsah železa ( $3,5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), hořčíku, fosforu a vápníku. Obilky prosa jsou bohaté na vitaminy A, B<sub>1</sub> a B<sub>2</sub>.

K potravinářským účelům se používají loupaná semena, která označujeme jako jáhly. Pokrmů z jáhel se připravují rychle (doba vaření je 25 minut) a vhodnou úpravou lze upravit původní fádňí chuť na znamenitý pokrm. V současné době je rovněž zájem o prosné jáhly jako dietní potraviny, převážně však získané ekologickým způsobem pěstování prosa. Z důvodu přítomnosti vysokého podílu nenasycených mastných kyselin, obzvláště kyseliny linolové, ztrácí základní prosné výrobky (hlavně mouka) svou trvanlivost. Využití a tím i pěstování prosa začalo klesat v 18. a 19. století. Příčin bylo několik, nejčastěji se uvádí rozvoj pěstování brambor a jejich potravinářské využití, rozšíření pěstování technických plodin, dovoz laciné rýže [15,24].

## 2.7 Čirok

Čirok je pátou nejrozšířenější obilovinou. Pochází z afrického kontinentu. Postupně se rozšířil do teplých a suchých oblastí všech kontinentů. Je odolný k suchu a tolerantní k zasoleným půdám. Pokroky ve šlechtění zvýšily jeho výnosy a posunuly jeho pěstování do severnějších oblastí. Všechny kulturní čiroky lze zahrnout v jeden polymorfní druh *Sorghum bicolor*. Je to jednoletá bylina, botanickými vlastnostmi podobná kukuřici, květenstvím prosu. Vytváří hluboko kořenící, bohatě rozvětvený kořenový systém. Bohatě olistěná stébla jsou vysoká až 3 m i více. U nás je pěstován jen velmi omezeně, protože je vytlačován kukuřicí.



Obr.8 Čirok (*Sorghum bicolor*) [17]

Podle účelu pěstování se čirok rozděluje na:

- Čirok zrnový (obecný) - *Sorghum vulgare* var. *Eusorghum* - pěstuje se hlavně pro zno.

- Čirok metlový (technický) - *Sorghum vulgare* var. *Technikum* - má silně vyvinutou latu, která bývá surovinou pro výrobu košťat a kartáčů, zrno je vedlejším produktem.
- Čirok cukrový - *Sorghum vulgare* var. *Saccharatum* - stébla obsahují šťávu až s 18 % převážně nekystalického hroznového cukru (glukózy). Ze šťávy se vyrábí zahuštěné sirupy, které slouží k výrobě cukrovinek nebo se zkvašují na alkohol. Jako jediný se využívá pro lidskou výživu.
- Čirok sudánský, sudánská tráva - *Sorghum vulgare* var. *Sudanense* – je rozšířenou pícninou vyznačující se silnou tvorbou odnoží [24,33].

### 2.7.1 Význam a složení zrna

Čirok má vysokou energetickou hodnotu a nízký obsah bílkovin, tuku a vlákniny. Obsah škrobu se pohybuje okolo 70 %, obsah amylázy je 21 - 34 % a amylopektinu 65 - 80 %. Obsah bílkovin se udává v rozmezí 8 - 16 %, obsah tuku tvoří 3,3 %, popeloviny 1,9 %, hrubá vláknina 1,9 %. Jako negativní se uvádí obsah taninu (proantokyanidin), a některých dalších antinutričních látek, které mohou nepříznivě ovlivňovat stravitelnost. To je však více vázáno na odrůdy čiroku cukrového či odrůdy s barevnými obilkami. Mladé rostliny obsahují v zelené hmotě glykosid dhurin, z tohoto je možno čirok sklízet až po dosažení určité výšky, kdy už nehrozí riziko intoxikace [26,29]. Vzhledem k nízkému obsahu lepku pod 10 mg ve 100 g sušiny je výhodné použití čiroku v bezlepkové dietě [39].

## 2.8 Rýže

Rýže setá (*Oryza sativa* L.) je jednoletá bažinná tráva. Patří do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a skupiny rýžovitých (*Oryzaceae*). Rýže představuje základní potravinu pro více než polovinu obyvatel Země. Do Evropy se dostala v 8. století. Roku 1522 byla v Itálii založena první rýžoviště. Z italského výrazu *riso* také pravděpodobně pochází její český název. Z hlediska nároků na prostředí se rýže řadí mezi náročné plodiny. Je to teplomilná rostlina, která vyžaduje růst denních teplot až do období dozrávání. Dosažení potřebných teplot je vedle požadavku na dostatek vody, rozhodujícím faktorem pro úspěšné pěstování rýže. Hlavními producenty jsou Čína, Indie a Indonésie.



Obr.9 Rýže setá (*Oryza sativa* L.) [17]

Podle nároku na zavlažování se rozdělují dva typy rýže:

- Horská rýže se pěstuje na terasovitých políčkách bez zavlažování až do výše do 2 700 m nad mořem, proto vyžaduje velké množství srážek. Je méně náročná na ruční práci. Má drobné obilky, a proto i větší výnosy.
- Bažinná rýže se pěstuje v nížinách, bažinách a deltách s vysokou teplotou vody a vzduchu a velkým množstvím slunečního svitu. Vyžaduje zavodňování a více ruční práce [11,26].

Z hospodářského hlediska postačí třídění rýže seté do 3 poddruhů: japonská skupina (subsp. *japonica*), indická skupina (subsp. *indica*), javanská skupina (subsp. *javanica*) [1,23].

### 2.8.1 Význam a složení zrna

Výživová hodnota závisí na stupni jejího opracování (odstranění pluch, broušení, leštění) neboť vitaminy, minerální látky a částečně i bílkoviny jsou koncentrovány v povrchových vrstvách zrna a tuk v klíčku. Zrno rýže má nižší obsah dusíkatých látek (asi 8 - 10 %), ale ve srovnání s pšenicí obsahují bílkoviny více lyzinu. Zásobní bílkovina se nazývá oryzenin (glutenin). Neloupaná rýže obsahuje asi 60 - 70 % BNLV (bezdušíkaté látky výtažkové), z nichž většinu představuje škrob, asi 10 % hrubé vlákniny, 2,5 % tuku, 5 % minerálních látek a vitaminy skupiny B. Při loupání se odstraní obaly a aleuronová vrstva. Oloupáním

klesne obsah vlákniny pod 1 %, spolu s vlákninou se ale odstraní také komplex vitaminů B, většina tuku a minerálních látek, které jsou obsaženy v těchto vrstvách [26].

Rýže se využívá převážně pro výživu lidí a to buď loupaná nebo pololoupaná (natural). Podle tvaru rozlišujeme rýži dlouhozrnnou, střednězrnnou a kulatozrnnou. Obrušováním a leštěním se získá hlazená, tzv. polírovaná rýže, která se používá k vaření. Tím se však zbaví periferních částí (aleuronová vrstva, embryo) bohatých na bílkoviny, vitaminy a minerální látky. Využívá se také jako dietetická potravina, jednak proto, že má vysokou stravitelnost živin a také jako hypoalergenní potravina, protože neobsahuje bílkoviny typu gliadinu, které vyvolávají alergii na lepek (celiakii). Vyrábějí se z ní také různé alkoholické nápoje, např. arak nebo saké. Nabobtnalá rýžová zrna, nafouklá rychlým upražením se prodávají jako oblíbené burisony. Z poškozených a polámaných zrn se vyrábí rýžový škrob. Rýžová sláma se používá pro pletení rohoží, košíků a klobouků, v Japonsku se na ní pěstují jedlé houby a v Číně se z ní vyrábí jemný papír [12,17,34].

### 3 ZÁKLADNÍ PRINCIPY METOD A STANOVENÍ POUŽITÝCH PŘI ANALÝZE OBILOVIN

#### 3.1 Stanovení vlhkosti

Voda je přirozenou součástí cereálních surovin a výrobků. Obsah vody, označovaný jako vlhkost, patří k základním analytickým ukazatelům a má význam z mnoha hledisek. Ovlivňuje způsob ošetření obilí po příjmu, možnosti skladování. Zjištěná množství jednotlivých složek vzorku se přepočítávají na sušinu nebo určitou vlhkost danou příslušnou metodou zkoušení.

Nejpoužívanější metody stanovení vlhkosti jsou:

- metoda rozhodčí (srovnávací) - sušení při teplotě  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  do konstantní hmotnosti,
- konvenční (dohodnutá) - sušení při teplotě  $130\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  po dobu jedné hodiny.

Podstatou stanovení je úbytek hmotnosti vzorku po uplynutí určené doby sušení [22,41].

#### 3.2 Stanovení obsahu hrubých bílkovin

Množství a kvalita bílkovin je pro pšeničnou mouku z pekařského hlediska velmi důležitá, zatímco pro žitnou mouku podstatný význam nemá. Rozhodující je zastoupení gliadinových a glutelinových frakcí, které se podílejí zásadní měrou na viskosoelastických vlastnostech pšeničného těsta. Obsah bílkovin často významně koreluje s obsahem mokrého lepku, který tyto dvě skupiny pšeničných bílkovin převážně tvoří, takže se dříve ze známé korelace obou znaků orientačně odhadoval. V mlýnských laboratořích se obsah bílkovin v zrně ani v mouce nestanovoval, protože nebyl určen jako jakostní znak. Patří také k základním jakostním znakům při zařazování odrůd pšenice potravinářské do jakostních tříd E, A a B podle kritérií ÚKZÚZ Brno (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno).

##### 3.2.1 Kjeldahlova metoda

Bílkoviny se v zemědělských a potravinářských materiálech zjišťují na principu zjištění veškerých dusíkatých látek, tzv. Kjeldahlovou metodou. Postup starý více než 100 let stále



platí jako mezinárodní referenční metoda pro stanovení dusíku v obilovinách a výrobců z nich. Nyní jsou postupy částečně modifikovány při užití automatických a poloautomatických analyzátorů, proces mineralizace se zrychluje použitím katalyzátorů a indikátorů při titraci.

Princip spočívá v mineralizaci vzorku mokrou cestou kyselinou sírovou za přídavku katalyzátoru. Dusíkaté látky ze vzorku se převedou na síran amonný, z něhož se v alkalickém prostředí uvolní amoniak. Amoniak se předestiluje pomocí vodní páry do předlohy s kyselinou boritou a stanoví titračně. Obsah dusíku se přepočte na bílkoviny po vynásobení faktorem, který je pro obiloviny pro potravinářské účely 5,7 a pro krmivářské 6,25 [22,41].

### 3.2.2 Spektrometrie v blízké infračervené oblasti (NIR)

NIR spektrometrie je jednou z metod molekulové spektroskopie, kde se procesu interakce mezi hmotou a zářením zúčastňuje celá molekula. Aktivní složky vzorku, např. látky obsahující skupiny  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-NH_4$ , se ve spektru vyznačují vyššími harmonickými nebo kombinačními absorpčními páry, ve kterých je sice obtížné jejich přesné přiřazení danému typu vibrace v molekule, ale jemné rozdíly chemické struktury podobných látek jsou zvýrazněny. Ve spojení s chemometrickými a statistickými metodami vyhodnocení dat lze NIR spektrum využít pro kvalitativní a kvantitativní analýzu vícesložkových materiálů. Historický základ využití NIR spektroskopie byl položen při stanovení obsahu vody v obilí při nákupu v USA, kde také byly v 70. letech minulého století vyrobeny první NIR analyzátoři pro hodnocení pšenice a mouky .

NIR metoda patří mezi nepřímé, tzn. že přístroje musí být kalibrovány na základě dat (znaků) získaných standardním laboratorním postupem. Změny ve spektru daného vzorku naznačují přítomnost a orientační množství dané látky. Výpočet kalibrační rovnice je tedy hledání závislosti mezi spektrálními daty a referenčními hodnotami. Metoda výpočtu kalibrační rovnice ovlivňuje počet získaných spektrálních údajů podle konstrukce spektrofotometru. Pro nalezení vztahu mezi odezvou NIR analyzátoru a hodnotou získanou kalibrací pomocí referenční metody je třeba mít k dispozici velký soubor vzorků s širokým rozsahem sledovaného znaku. Ze získaných údajů se počítají vhodnými kombinacemi kalibrační konstanty tak, aby byla nejlepší shoda mezi referenční metodou a NIR stanovením. Pro užití v daném prostředí, např. na začátku nové sklizně je nezbytná jejich validace, tedy zpřesnění

dat. Úpravy kalibrační rovnice lze provádět přímo uživatelem nebo prostřednictvím servisních laboratoří dodavatelů NIR přístrojů.

Předností NIR je rychlost. Během minuty lze stanovit obsah jednotlivých složek ve vzorku. Ve světě i u nás jsou NIR přístroje užívané pro rychlé provozní hodnocení, především při nákupu obilí. Stanovení obsahu bílkovin bylo vůbec první a je dosud nejvíce užívanou aplikací NIR techniky i v jiných rostlinných produktech. Ke stanovení mokrého lepku lze také využít NIR techniku. Získané výsledky jsou ve srovnání se stanovením obsahu bílkovin stejnou technikou méně přesné, s horší reprodukovatelností, závislé mimo jiné na chybě referenční metody. V naší firmě se používá přístroj INSTALAB 600, který dováží a zároveň zajišťuje jeho servis firma MEZOS, Hradec Králové. Jednou ročně, většinou v červnu před novou sklizní je proveden servis a upravena kalibrace. Zároveň se naše laboratoř zúčastňuje tzv. kruhových testů, kdy dochází ke kontrolnímu měření. V závislosti na výsledcích je kalibrace upravována.

Pro zjišťování praktických zpracovatelských a uživatelských vlastností se používá řada velmi různorodých metod. Většina z nich má za cíl na základě změřené nějaké vlastnosti suroviny, např. obilného šrotu nebo mouky, podat informaci o budoucí zpracovatelnosti suroviny na konečný výrobek [22,42].



*Obr.10 Instalab 600*

### 3.3 Stanovení mokrého lepku

Obsah mokrého lepku a jeho vlastnosti jsou při posuzování pekařské jakosti pšenice a pšeničné mouky stále jedním z užívaných kritérií. Mokrý lepek je nerozpustný podíl pšeničných bílkovin, převážně gliadinů a glutelinů, který je díky svým vlastnostem schopen tvořit v těstě pružnou trojrozměrnou síť. Ta umožňuje těstu zvětšovat působením kvasných plynů svůj objem při zachování tvaru.

Referenční metoda stanovení mokrého lepku vypíráním je jednoduchá, rychlá a nenáročná na spotřebu chemikálií. Principem metody je vypírání lepku z těsta, vytvořeného ze vzorku pšeničné mouky a roztoku NaCl.

Ke stanovení mokrého lepku lze využít také NIR techniku. Získané výsledky jsou méně přesné ve srovnání se stanovením obsahu bílkovin. Předností je rychlost stanovení v souboru dalších znaků. Jelikož v obchodním styku s našimi dodavateli a odběrateli je dostačující metoda stanovení lepku NIR technikou, referenční metoda se využívá velmi málo.

### 3.4 Stanovení popelovin

Pojmem popeloviny se rozumí minerální látky, které zůstávají jako zbytky po spálení a vyžhání organické hmoty za předepsaných podmínek. V potravinách jsou přítomny ve formě anorganických solí, v iontové formě vázané na organické složky nebo ve formě složitých komplexů. Ve výživě zaujímají významné místo, protože organismus si je nedovede syntetizovat. Účastní se mnoha biochemických reakcí, zvláště regulačních a oxidačně-redukčních, jsou nepostradatelné pro výstavbu organismů.

Podstata stanovení je ta, že navážka vzorku se spálí při teplotě  $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  v elektrické peci a po vychladnutí se zváží popel. Tento postup je použitelný téměř pro všechny druhy potravinářského materiálu [41].

### 3.5 Stanovení tuků

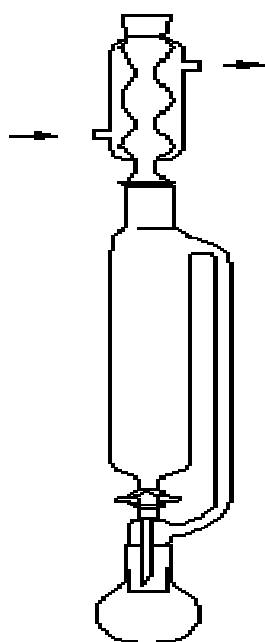
Při vyjadřování obsahu tuku v potravinách se jako tuk obvykle označuje souhrn všech látek získaných izolací vhodným rozpouštědlem z analyzovaného materiálu. Hlavní složkou takto získaného tuku jsou triacylglyceroly, které jsou z potravinářského hlediska nejdůležitější.

Nejrozšířenější metody stanovení tuku v potravinářských materiálech jsou metody extrakční, jejichž pracovní postupy se liší podle povahy vzorku. Odlišnosti spočívají jednak v podmínkách extrakce, jednak v druhu použitých extrakčních činidel.

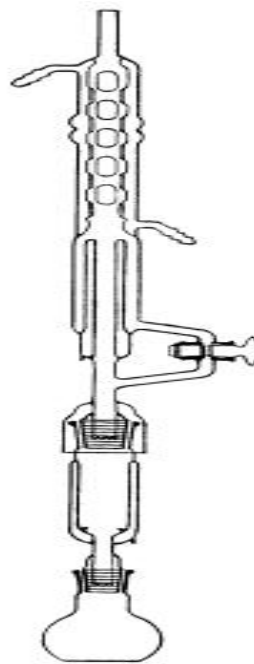
### 3.5.1 Stanovení tuků přímou extrakcí – Soxhletova metoda

Nejpoužívanější metoda, vhodná pro vzorky s nižším obsahem vody a tehdy, jestliže v lipidech vzorku převažují triacylglyceroly. Místo Soxhletova přístroje se u nás často používá extrakční přístroj Twieselmannův. Ten se využívá i v naší laboratoři. Oproti Soxhletově extraktoru má tu výhodu, že se doba stanovení zkracuje na čtyři hodiny a práce je jednodušší v tom, že se rozpouštědlo po skončené extrakci nahromadí v extrakčním prostoru. Extrakční patrona se vzorkem se uzavře malým smotkem vaty a vloží do střední části extrakčního přístroje. Eter se nalije do předem vysušené a zvážené baňky, sestaví se aparatura a obsah baňky se přivede k varu. Přitom se ze vzorku extrahuje tuk. Po skončení se uzavře kohout, extrahovadlo se nahromadí v extrakčním prostoru a vyjme se patrona. Zbytky rozpouštědla se odpaří. Baňka s vyextrahovaným tukem se suší v sušárně ještě 1 hodinu při teplotě 105 °C. Po vychladnutí v exsikátoru se zváží.

Podstata stanovení je ta, že homogenizovaný, rozemletý a vysušený vzorek se extrahuje lipofilním rozpouštědlem, většinou petroleterem v Soxhletově (Twieselmannově) extraktoru. Po odstranění rozpouštědla a po vysušení se hmotnost tuku zjistí vážením [41].



Obr.11 Aparatura podle Soxhleeta



Obr.12 Aparatura podle Twisselmanna

### 3.6 Stanovení hrubé vlákniny

Současně s vývojem poznatků o složkách a účincích potravinové vlákniny se vyvíjí i analytické metody jejího stanovení. Ideální metoda, která by vyhovovala definici vlákniny potravy, poskytovala komplexní kvalitativní a kvantitativní výsledky a zároveň byla rychlá, laciná a jednoduchá prakticky neexistuje.

První modifikaci metody stanovení vlákniny na principu hydrolýzy rostlinných krmiv provedl už v roce 1806 H. Einhof. V roce 1814 se tím samym problémem zabýval H. Davy, ale s tím rozdílem, že vláknitý zbytek z krmiva izoloval vyvařením ve vodě a alkoholu. V roce 1832 Sprengel použil na stanovení celulózy oxidační hydrolýzu v prostředí kyseliny, hydroxidu draselného a chlorové vody. V roce 1857 Schulze stanovoval vlákninu oxidační hydrolýzou v prostředí kyseliny dusičné a hydroxidu draselného. V roce 1859 Henneberg spolu se Stohmannem usoudili, že ani jeden z těchto způsobů není vhodný na analýzu krmiv rostlinného původu, a proto vypracovali mírnější způsob hydrolytické metody na principu dvoustupňové hydrolýzy krmiva v slabě kyselém a v slabě zásaditém prostředí. Předpokládali, že produktem tohoto postupu bude celulóza. Zjistili však, že kromě celulózy nezhydrolyzovaný podíl obsahoval ještě další látky různé povahy (dusíkaté látky, hemicelulózy, minerální látky, lignin). Tento nezhydrolyzovaný zbytek krmiva nazvali v roce 1864 hrubá vláknina. V roce 1931 pak navázal Scharrer a Kurschner na oxidační metody izolace

rostlinných strukturních polysacharidů a vypracovali analytický způsob stanovení, který kromě toho, že byl časově méně náročný, tak i v konečném výsledku dával při některých surovinách hodnoty přibližně shodné s metodou kyselé a alkalické hydrolyzy podle Henneberg–Stohmanna. Původní pracovní postup byl několikrát upraven.

Stanovení vlákniny v obilovinách bylo provedeno na přístroji ANKOM<sup>220</sup> Fiber Analyzer s použitím filtračních sáčků F 57. Po naplnění sáčků a jejich uzavření jsou vzorky uloženy do extrakční nádoby s refluxem přístroje ANKOM 220 Fiber Analyzer, který zahřívá a neustále protlačuje extrakční činidlo sáčkem (obr. 13). Takto je možné současně zpracovat až 24 vzorků současně, které projdou cca 60 minutovým procesem hydrolyzy a filtrace [45,46].



*Obr.13 ANKOM<sup>220</sup> Fiber Analyzer*

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 METODIKA PRÁCE

### 4.1 Použité přístroje a pomůcky

váha elektromechanická – AE 160 – Mettler Švýcarsko

Analyzer Instalab 600 – Dickey - John

sušárna elektrická atmosférická – HS – 32 A, HS – 62 A – Chirana Praha

hliníkové vysoušečky

mineralizační jednotka Block Digest 12 – J.P.SELECTA, s.a. - Španělsko

destilační přístroj PRO NITRO II – J.P.SELECTA, s.a - Španělsko

mineralizační tuby

laboratorní mlýnek VIBROM PSG

elektrická muflová pec s termostatem – LM – 112.10 - MLW

spalovací kelímek

exsikátor

extrakční přístroj podle Twieselmana

extrakční baňka

vyhřívací zařízení

extrakční patrony

obvazová vata

ANKOM<sup>220</sup> Fiber Analyzer – ANKOM Technology, New York

Sáčky ANKOM Technology F57 - ANKOM

impulzní svářečka - ANKOM



## 4.2 Použité chemikálie

destilovaná voda

tashiro indikátor

kyselina boritá p.a. – Lach –Ner, s.r.o. Neratovice

kyselina sírová 96% - Lach –Ner, s.r.o. Neratovice

hydroxid sodný p.a. - Lach –Ner, s.r.o. Neratovice

směsný katalyzátor (pentahydrát síranu měďnatého + síran draselný)

peroxid vodíku 30% - Lach –Ner, s.r.o. Neratovice

petroleter - Lach –Ner, s.r.o. Neratovice

hydroxid draselný p.a. - Lach –Ner, s.r.o. Neratovice

aceton - Lach –Ner, s.r.o. Neratovice

## 4.3 Vybrané vzorky obilovin

Před zahájením analýzy bylo potřeba vzorky upravit. Vzorky byly rozemlety na laboratorním mlýnku VIBROM PSG. Pouze ke stanovení vlhkosti bylo zrno ponecháno celé.

Pro analýzu byly použity vzorky pšenice ozimé, ječmene jarního a kukuřice seté. K samotným analýzám bylo použito konkrétně 8 různých vzorků pšenice ozimé a jejich odrůd, 3 ječmene jarního a jeho odrůd a 5 vzorků kukuřice seté a jejich odrůd. Všechny analyzované vzorky byly určeny pro humánní účely, nikoliv pro krmné účely. Jednotlivé odrůdy pšenice, ječmene a kukuřice jsou uvedeny v tabulkách č. 8, 9 a 10. Vzorky byly skladovány při laboratorní teplotě 20 °C na světle. Sklizeň pšenice a ječmene proběhla v období 8.7.2009 – 19.8.2009. Vzorky kukuřice byly odebrány v období 2.11.2009 – 23.11.2009.

*Tab. 8 Odrůdy pšenice seté*

Pšenice ozimá	odrůda
P1	Akteur
P2	Cubus
P3	Mulan
P4	Ebi
P5	Magister
P6	Apache
P7	Secese
P8	Bohemia

*Tab. 9 Odrůdy ječmene jarního*

Ječmen jarní	odrůda
J1	Bojos
J2	Radegast
J3	xanadu

*Tab. 10 Odrůdy kukuřice seté*

Kukuřice setá	odrůda
K1	Ronaldino
K2	Zidane
K3	LG 323
K4	Coxximo
K5	Ciclix

#### 4.4 Stanovení vlhkosti

Do vysoušečky, předem vysušené a vychlazené, zvážené s přesností nejméně na 0,001 g se odváží 5 g vzorku se stejnou přesností a vzorek se ve vysoušečce rovnoměrně rozprostře.

Vysoušečka se vzorkem se vloží do atmosférické sušárny, předem vyhřáté na teplotu  $130\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , odklopí se víčko a od okamžiku, kdy vnitřní prostor opět dosáhne uvedené teploty se suší po dobu jedné hodiny.

#### Výpočet vlhkosti v %

$$X = \frac{m}{m_0} \cdot 100$$

m - úbytek hmotnosti (g)

$m_0$  - navážka vzorku (g)

#### Obsah sušiny ve vzorku v %

$$S = 100 - X$$

S - obsah sušiny

### 4.5 Stanovení obsahu dusíkatých látek Kjeldahlovou metodou

Do mineralizační tuby se naváží 1 g zkušební vzorku s přesností nejméně na 0,001 g, přidá se 5 g směsného katalyzátoru (pentahydrát síranu měďnatého + síran draselný), 10 ml koncentrované kyseliny sírové. Stříčkou se přidává po malých dávkách roztok peroxidu vodíku, dokud se směs v tubě nevyčeří (odstíny šedé až zelené barvy). Po přidavku peroxidu vodíku je třeba obsah tuby promíchat. Zkumavka se vloží do mineralizačního zařízení a mineralizuje se podle návodu výrobce při teplotě  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  2 hodiny.

Po skončení mineralizace a částečném ochlazení tuby s mineralizátem se obsah naředí přídatkem asi 20 ml destilované vody. Tuba se umístí do destilačního zařízení a provede se vytěsnění amoniaku a předestilování do kyseliny borité o koncentraci  $0,4\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Obsah titrační baňky se titruje ihned po skončení destilace odměrným roztokem kyseliny sírové o koncentraci  $0,2\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  do právě vzniklé změny růžového zbarvení roztoku.

#### Obsah dusíkatých látek v %

$$X = \frac{F \cdot 14,0067 \cdot V \cdot C_2}{m \cdot 10}$$

F - přepočtový faktor : potravinářská pšenice F = 5,7

ječmen F = 6,25

V - spotřeba odměrného roztoku kyseliny sírové (ml)

C<sub>2</sub> - přesná koncentrace použitého odměrného roztoku kyseliny sírové (mol·dm<sup>-3</sup>)

m - navážka vzorku (g)

#### Obsah dusíkatých látek v sušině v %

$$X_s = \frac{X}{S} \cdot 100$$

S - obsah sušiny

#### 4.6 Stanovení dusíkatých látek NIR spektrometrií

Asi 100 – 150 g namletého vzorku se promíchá, ponechá vychladnou při laboratorní teplotě a poté se použije k vlastnímu měření. Část se přenesse do vzorkovací misky a uzavře skleněným víčkem a vloží do měřicího prostoru přístroje víčkem nahoru. Po zvolení požadovaného produktu se spustí analýza stiskem příslušného tlačítka. Po skončení analýzy jsou výsledky zobrazeny na displeji.

Tento postup byl použit i při měření lepku u potravinářské pšenice.

#### 4.7 Stanovení obsahu popela

Předem vyžíhaný a vychladlý spalovací porcelánový kelímek se zváží na analytických vahách s přesností na 0,001 g. Poté se do něj naváží s přesností na 0,001 g asi 5 g vzorku. Obsah spalovacího kelímku se zuhelnatí v peci při teplotě 550 °C ± 5 °C po dobu 5,5 hodiny. Je nutno, aby v popelu nebyly výrazné černé body, které představují přítomnost uhlíkatých částic, v tom případě je nutno vzorek ještě dále spalovat.

Po dokonalém spálení se kelímek vyjme z pece, ochladí v exsikátoru a zváží s přesností na 0,001 g.

**Výpočet obsahu popela v %**

$$X = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \cdot 100$$

$m_0$  - 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 %**

$$X_s = \frac{X}{S} \cdot 100$$

S - obsah sušiny

**4.8 Stanovení obsahu tuku**

Do extrakční patrony se naváží asi 5 g zkušební vzorku s přesností nejméně na 0,001 g a utěsní předem vatou. Extrakční patrona se vloží do střední části extrakčního přístroje. Tato část se nasadí na předem vysušenou a zváženou extrakční baňku. Do baňky se přidá potřebné množství extrakčního činidla (petroleteru), baňka se umístí na vyhřívací zařízení, napojí na extraktor a extrahuje se podobu 4 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 jedné hodiny při teplotě 98 °C a po ochlazení se zváží.

**Výpočet obsahu tuku v %**

$$p_t = \frac{m_b - m_a}{m_n} \cdot 100$$

$m_a$  - hmotnost prázdné baňky (g)

$m_b$  - hmotnost baňky s tukem (g)

$m_n$  - hmotnost navážky vorku (g)

**Obsah tuku v sušině v %**

$$p_{ts} = \frac{P_t}{S}$$

S - obsah sušiny v %

**4.9 Stanovení obsahu hrubé vlákniny**

Do předem označeného, odmaštěného a zváženého sáčku (F57, Ancom) se naváží 1 g šrotovaného vzorku, sáček se zataví tepelnou svářečkou a vzorek v sáčku se rovnoměrně rozprostře. Sáčky se vloží do láhve a přelijí dostatkem petroleteru, obsah se protřepe a nechá 10 minut odstát. Opakuje se ještě jednou s novou dávkou petroleteru. Ten se poté slijí a sáčky se nechají na vzduchu vyvětrat. Vzorky se naskládají do nosiče, vždy 3 vzorky do jednoho dílu, jednotlivé oddíly se na sebe skládají pootočené o 120°. Poslední díl zůstává prázdný a nasazuje se jako víko. Nosič se zatíží závažím. Do nádoby analyzátoru se nalije 1900 – 2000 ml roztoku kyseliny sírové (c= 0,255N). Vaří se za stálého míchání 45 minut. Vypouštěcím kohoutem se vypustí horká kyselina. Vypouštěcí ventil se uzavře a třikrát propláchne horkou vodou. Do nádoby analyzátoru se přidáme 1900 – 2000 ml roztoku hydroxidu draselného (c=0,313N) a opět se vaří při stálém míchání 45 minut. Po skončení vaření se vypustí horký hydroxid a třikrát se propláchne přístroj horkou vodou. Filtrační sáčky se vyndají z nosiče a jemným stisknutím se z nich vytlačí část vody. Sáčky se vloží do kádinky a přidá se tolik acetonu, aby byly sáčky ponořené. Po 2-3 minutách se sáčky vyndají a nechají vyvětrat. Sáčky se vysuší v sušárně při 105 °C 4 hodiny. Vysušené sáčky se vloží do exikátoru. Pak se sáčky zvaží. V předem zváženém kelímku se vzorek spálí 2 hodiny při 550 °C, nechá se vychladnout v exikátoru a zvaží.

**Výpočet hrubé vlákniny v %**

$$X = \frac{W4 - (W1 \cdot C2)}{W2 \cdot S} \cdot 100$$

W1 - hmotnost prázdného sáčku (g)

W2 - navážka (g)

W4 - hmotnost organické hmoty (g)

C2 - korekce

S - obsah sušiny v %

### Výpočet korekce C2

Korekce se zjišťuje provedením celého postupu s jedním nebo více prázdnými sáčky. Její hodnota se aktualizuje podle potřeby, nejméně vždy po obdržení nové šarže sáčků.

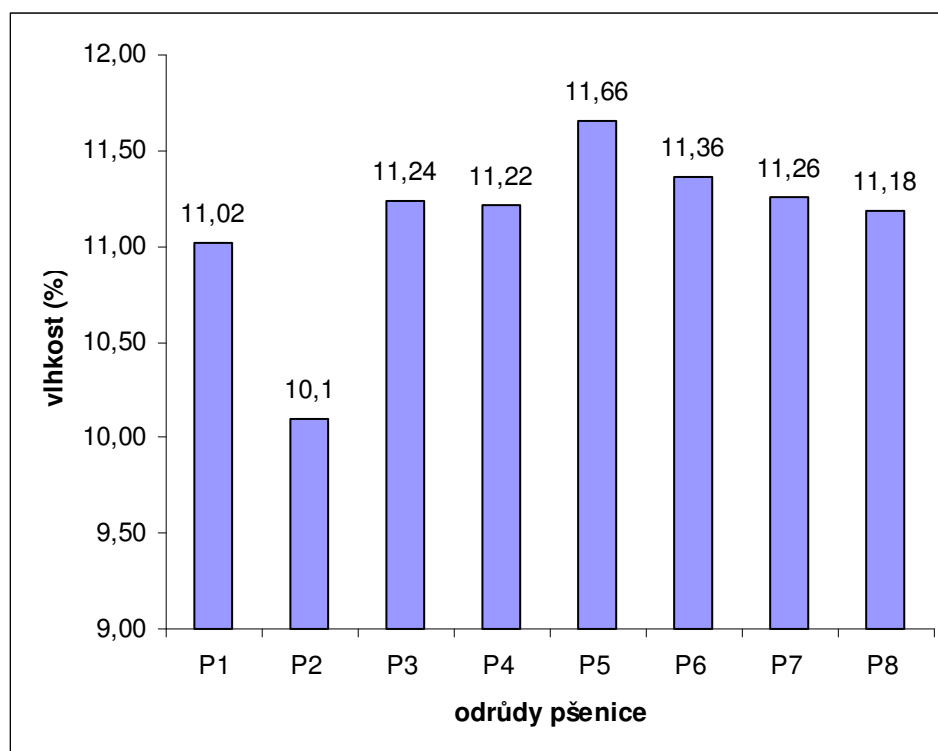
$$C2 = \frac{\text{kelímek se sáčkem před spálením} - \text{kelímek se sáčkem po spálení}}{\text{hmotnost prázdného sáčku}}$$

## 5 VÝSLEDKY A DISKUSE

### 5.1 Stanovení vlhkosti

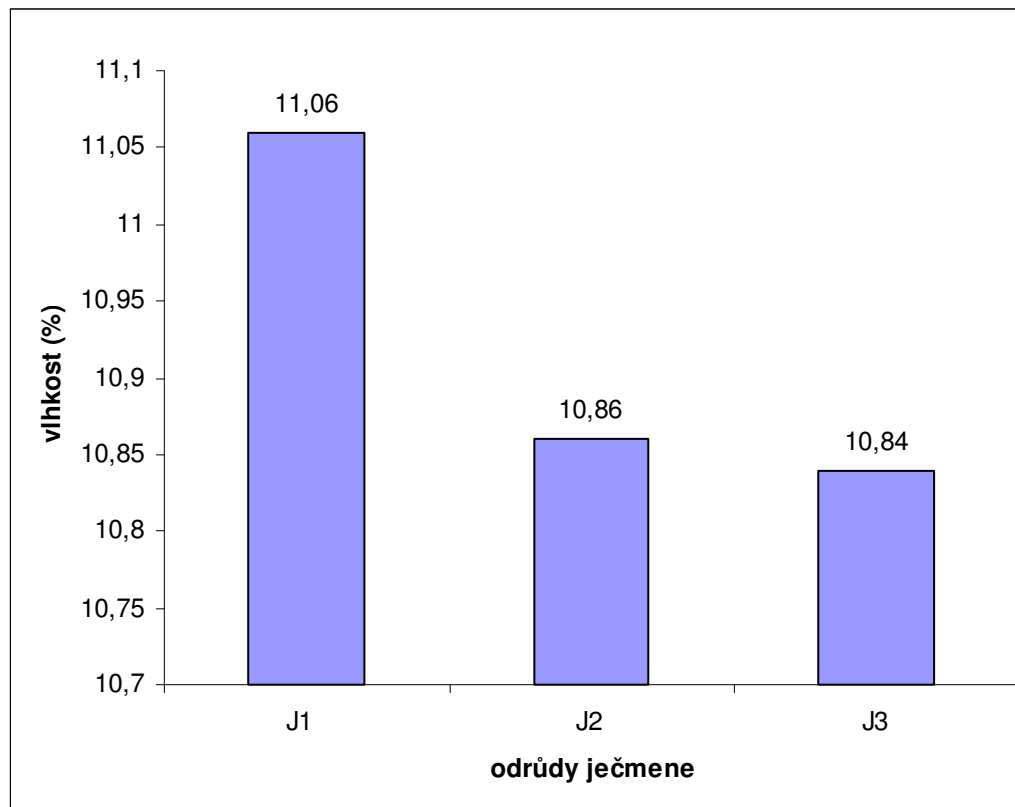
Stanovení vlhkosti obilného zrna bylo provedeno podle postupu uvedeného v kapitole 4.4. Obsah vlhkosti se počítal z pěti naměřených hodnot, které byly zprůměrnovány a byla vy počtena směrodatná odchylka.

Obsah vlhkosti u jednotlivých odrůd pšenice se pohybuje v rozmezí 10,10 % ( $\pm 0,141$ ) do 11,66 % ( $\pm 0,102$ ). Nejnižší vlhkost vykazovala odrůda pšenice P2 a nejvyšší P5. Obsah vlhkosti u odrůd ječmene byl v rozmezí 10,84 % ( $\pm 0,049$ ) až 11,06 % ( $\pm 0,101$ ). U odrůd kukuřice se obsah vlhkosti pohyboval v rozmezí 10,14 % ( $\pm 0,102$ ) až 10,68 % ( $\pm 0,075$ ). Z výsledků měření vyplývá, že obsah vlhkosti ani u jednoho druhu obilovin nepřekročil hodnotu 14 %, která je uvedena jako horní hranice vlhkosti v normě ČSN 461100–2 pro potravinářskou pšenici, ČSN 461100-5 pro sladovnický ječmen a 461200-6 pro kukuřici setou.

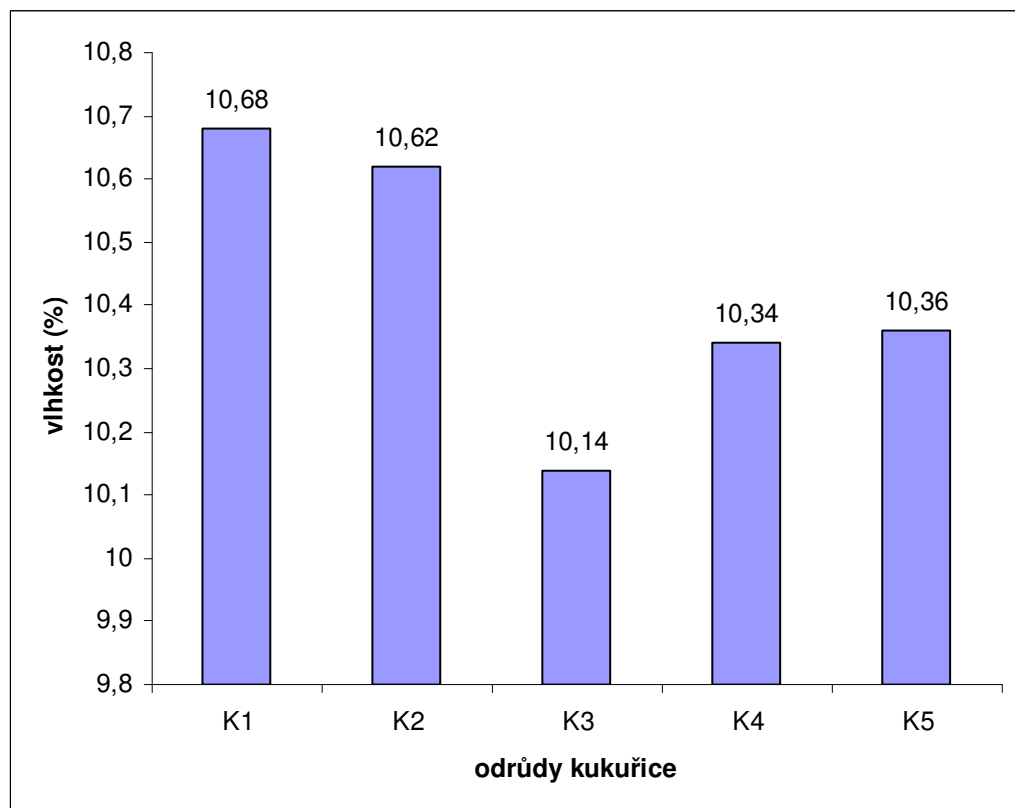


Graf 1. Výsledky stanovení vlhkosti (%) u odrůd pšenice





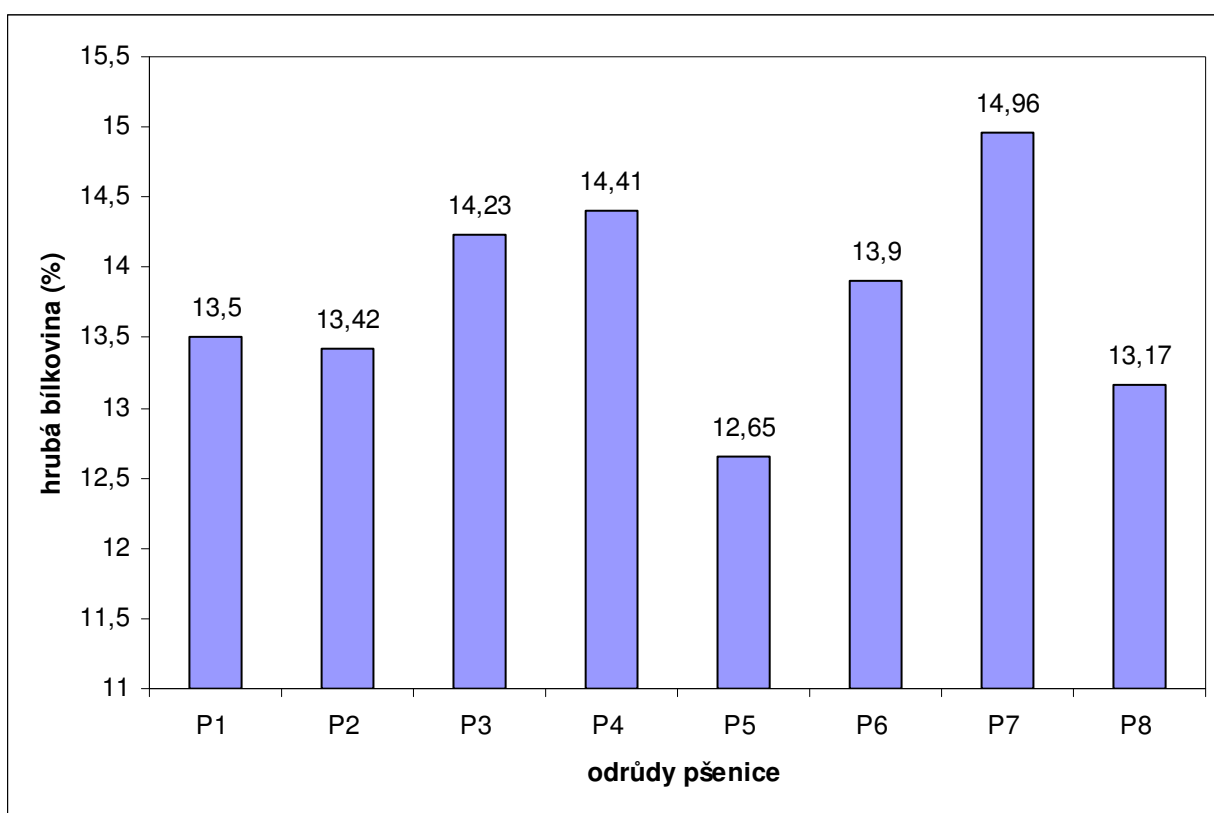
Graf 2. Výsledky stanovení vlhkosti (%) u odrůd ječmene



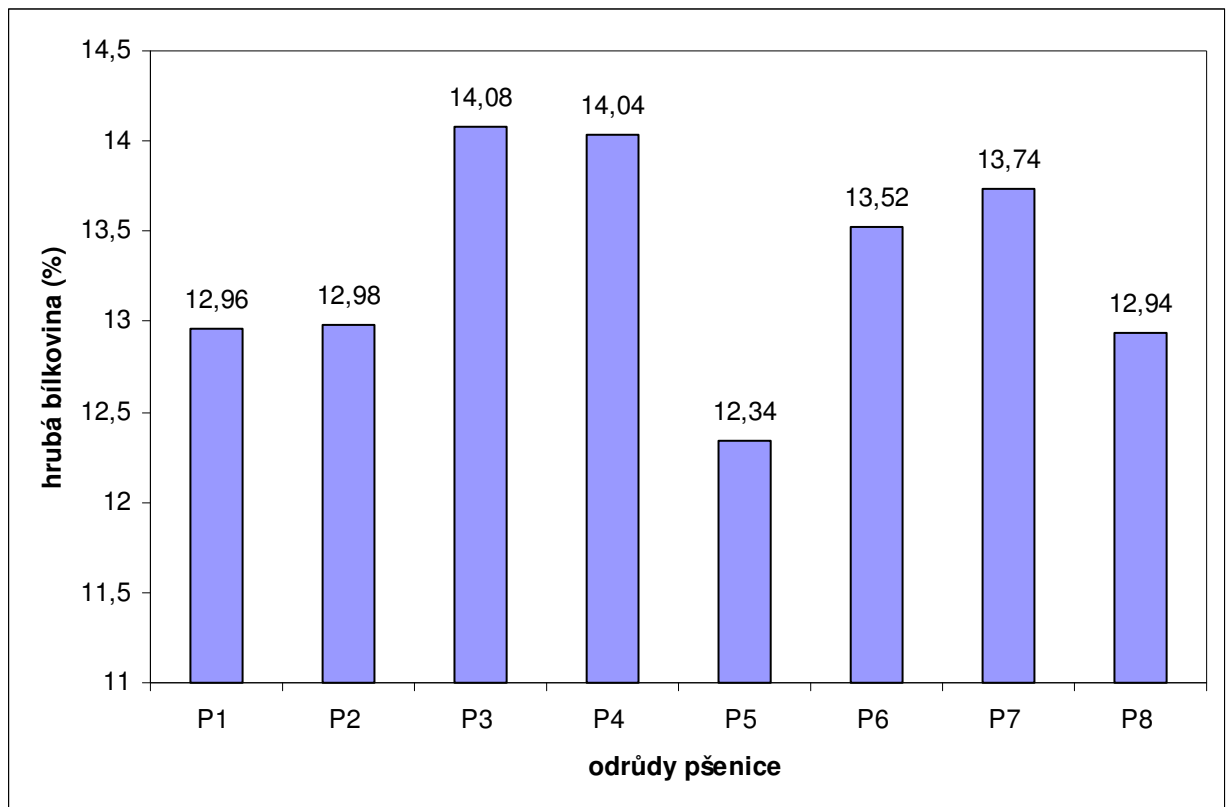
Graf 3. Výsledky stanovení vlhkosti (%) u odrůd kukuřice

## 5.2 Stanovení obsahu dusíkatých látek

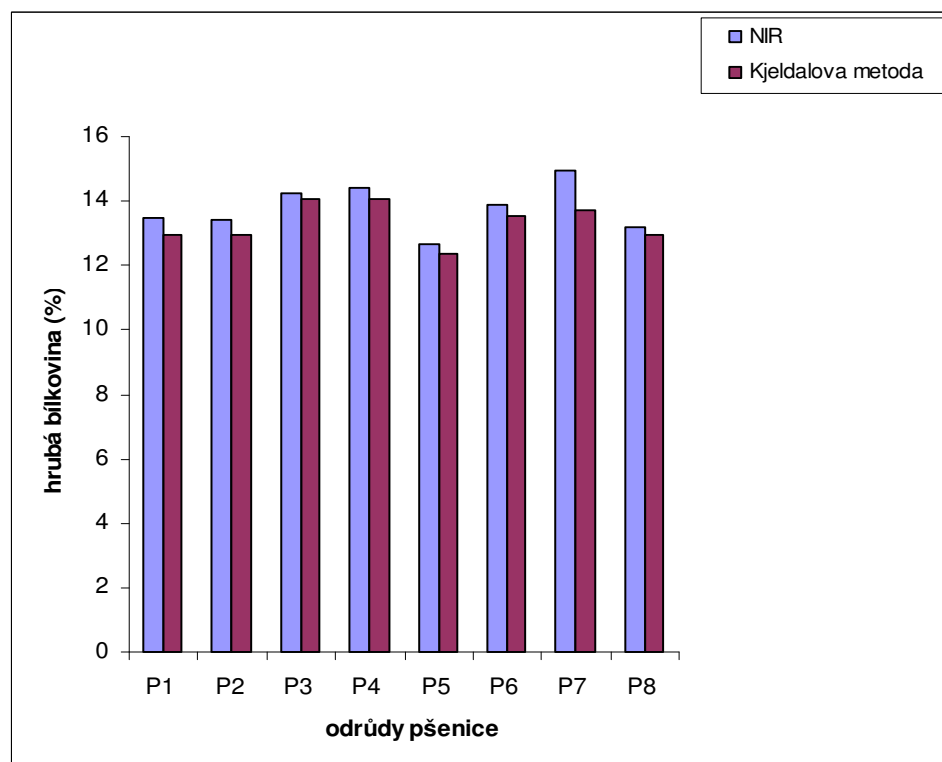
Podle pracovního postupu uvedeného v kapitole 4.5. byly stanoveny hodnoty dusíkatých látek Kjeldahlovou metodou. Podle pracovního postupu uvedeného v kapitole 4.6. byly stanoveny hodnoty dusíkatých látek NIR spektrometrií. Tato metoda byla použita pouze u vzorků pšenice a ječmene. Pro vzorky kukuřice není přístroj NIR kalibrován, proto byla použita pouze chemická metoda. Výsledné hodnoty jsou průměrem deseti měření u NIR techniky a pěti měření u chemické metody a byla vypočtena směrodatná odchylka.



Graf 4. Výsledky stanovení hrubých bílkovin NIR spektrometrií (%) u odrůd pšenice



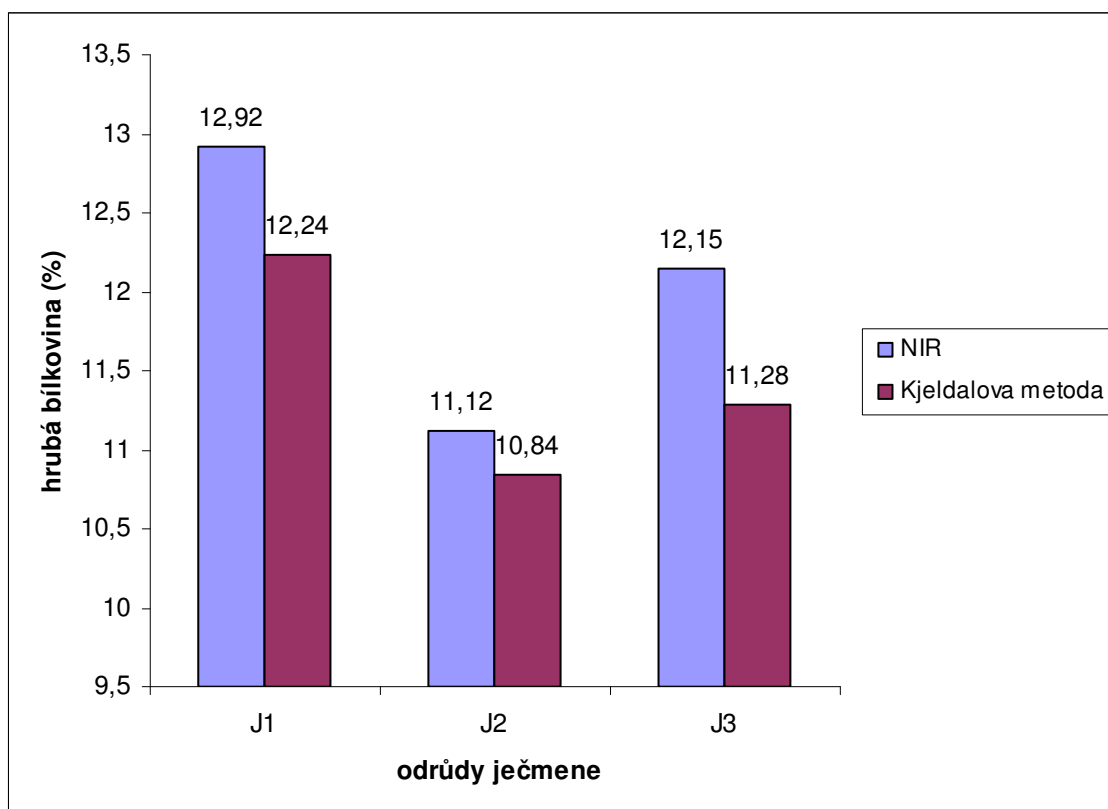
Graf 5. Výsledky stanovení hrubých bílkovin (%) Kjeldahlovou metodou u odrůd pšenice



Graf 6. Srovnání výsledků stanovení hrubých bílkovin NIR spektrometrií a Kjeldahlovou metodou u odrůd pšenice

Obsah hrubých bílkovin znamená obsah všech organických dusíkatých látek v zrně (proteiny, peptidů, aminokyselin). V zrně pšenice je důležitým technologickým kvalitativním parametrem pro svůj vysoký kladný korelační vztah k objemu pečiva.

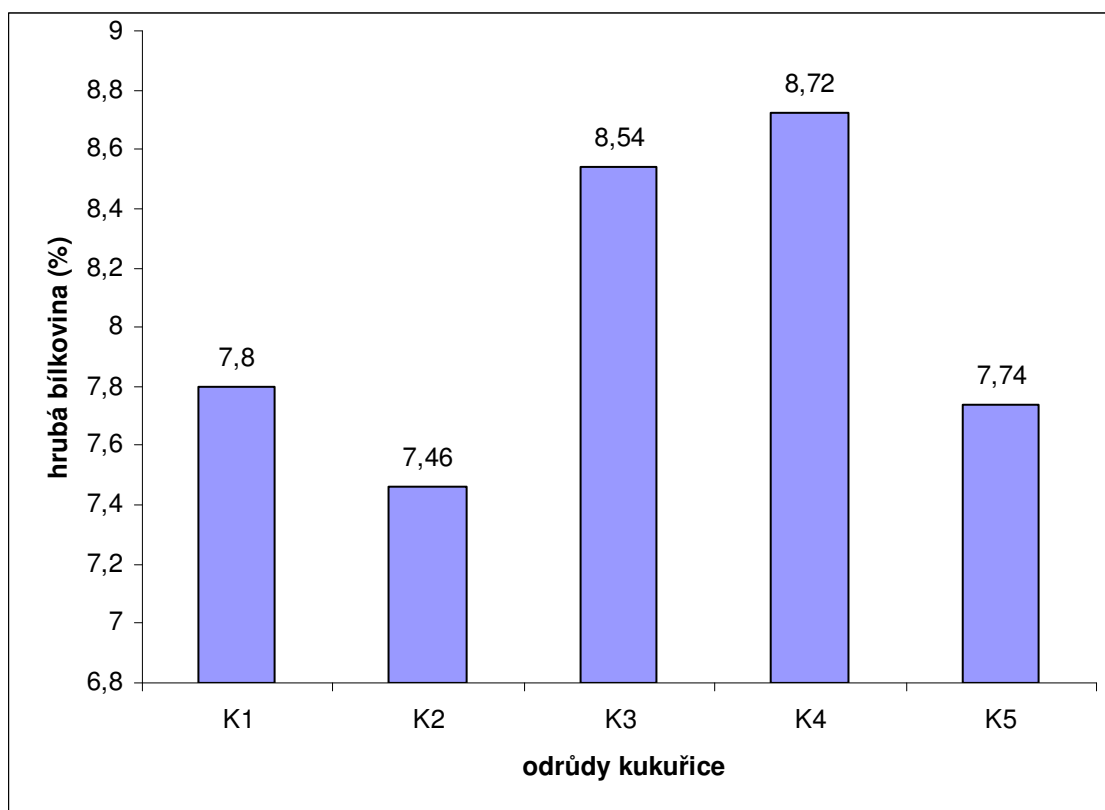
Při stanovení obsahu hrubých bílkovin NIR spektrometrií se jejich obsah pohyboval v rozmezí 12,65 % ( $\pm 0,670$ ) až 14,96 % ( $\pm 0,128$ ). Nejmenší obsah hrubých bílkovin byl naměřen u vzorku pšenice P5 a nejvyšší u vzorku P7. Při stanovení obsahu hrubých bílkovin Kjeldahlovou metodou byla nejnižší hodnota naměřena u vzorku pšenice P5 12,34 % ( $\pm 0,242$ ) a nejvyšší u vzorku P3 14,08 % ( $\pm 0,194$ ). Při srovnání měření NIR spektrometrií a Kjeldahlovou metodou byl naměřen nejvyšší rozdíl u vzorku P7, 1,22 % a nejnižší 0,15 % u vzorku P3. ČSN 461100-2 pro potravinářskou pšenici uvádí jako dolní hranici obsahu hrubých bílkovin 11 %. Z naměřených výsledků je zřejmé, že hodnoty nejsou nižší než 11 %.



Graf 7. Výsledky stanovení obsahu hrubých bílkovin (%) u odrůd ječmene

Při měření obsahu hrubých bílkovin u vzorků ječmene byla možnost srovnat výsledky měření NIR spektrometrií a Kjeldahlovou metodou. U vzorku J2 byly naměřeny nejmenší hodnoty. NIR spektrometrií činila tato hodnota 11,12 % ( $\pm 0,232$ ) a Kjeldahlovou metodou 10,84 % ( $\pm 0,233$ ). Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u vzorku J1, 12,92 % ( $\pm 0,209$ ) NIR

spektrometrií a 12,24 % ( $\pm 0,712$ ) Kjeldahlovou metodou. Největší rozdíl mezi měřeními 0,87 % byl naměřen u vzorku J3 a nejmenší u vzorku J2 0,28 %.



Graf 8. Výsledky stanovení obsahu hrubých bílkovin (%) u odrůd kukuřice

Obsah dusíkatých látek u vzorků kukuřice se pohyboval v rozmezí 7,46 % ( $\pm 0,08$ ) až 8,72 % ( $\pm 0,076$ ). Nejnižší hodnota byla naměřena u vzorku K2, nejvyšší u vzorku K4. Zdroj [32] uvádí, že obsah dusíkatých látek u kukuřice se pohybuje v rozmezí 9 – 9,5 %. Můžeme konstatovat, že obsah dusíkatých látek byl nižší.

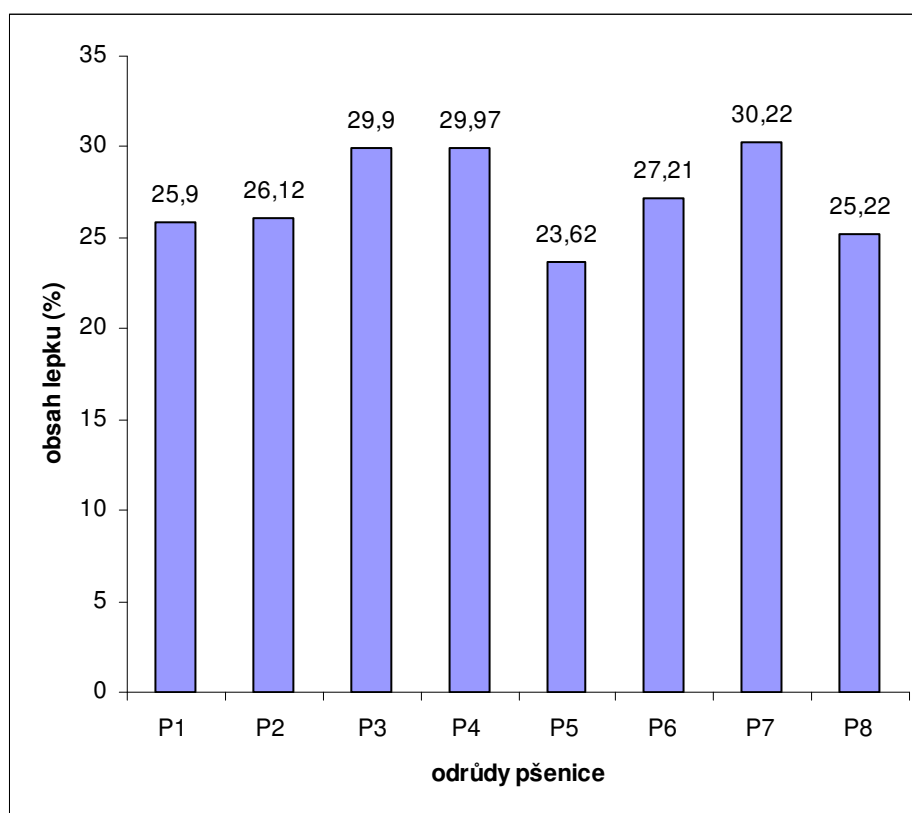
### 5.3 Stanovení obsahu mokrého lepku

Podle pracovního postupu uvedeném v kapitole 4.6. byly stanoveny hodnoty mokrého lepku u vzorků pšenice. Výsledné hodnoty jsou průměrem z deseti měření.

Lepek je složitá heterogenní fáze zásobních endospermálních prolaminových bílkovin, vázaných do makropolymerů pomocí chemických a elektrostatických vazeb, dále zbytků membrán a lipidů. Tvoří se v procesu hnětení těsta z mouky a vody. Lepek se vyznačuje viskoelastickými vlastnostmi, které umožňují v procesu kynutí těsta zadržovat oxid uhličitý

a tím ovlivňovat objem pečiva. Analyticky se určuje vypíráním uhněteného těsta vodou nebo vodným roztokem NaCl ručně nebo na různých přístrojích. Stanovení obecně je zatíženo vysokou analytickou chybou.

Nejnižší hodnota byla naměřena u vzorku pšenice P5 23,62 % ( $\pm 0,392$ ), nejvyšší u vzorku P7 30,22% ( $\pm 0,368$ ). Obsah mokrého lepku v sušině koreluje vysoce kladně s obsahem hrubých bílkovin zrna. S tímto názorem lze souhlasit, jak vyplývá z naměřených hodnot hrubých bílkovin. Hodnoty vzorku P5 byly nejnižší a vzorku P7 nejvyšší.



Graf 9. Výsledky stanovení obsahu lepku (%) u odrůd pšenice

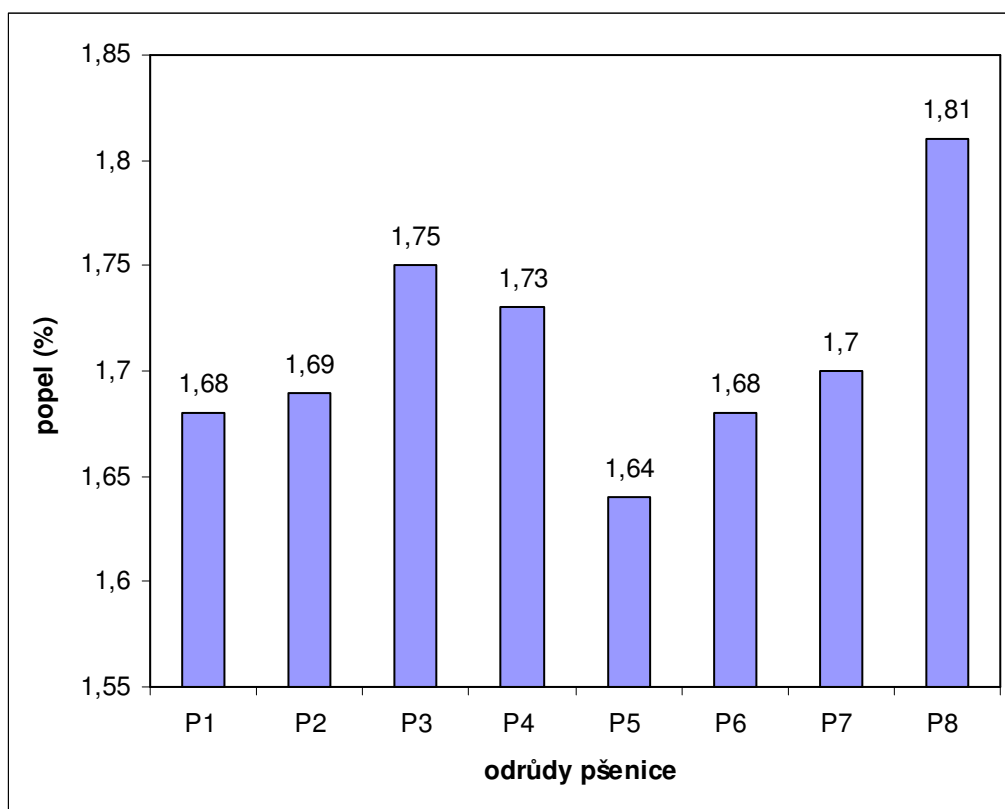
## 5.4 Výsledky stanovení popela

Stanovení popela bylo provedeno podle pracovního postupu uvedeném v kapitole 4.7. Výsledné hodnoty jsou průměrem pěti měření a byla vypočtena směrodatná odchylka.

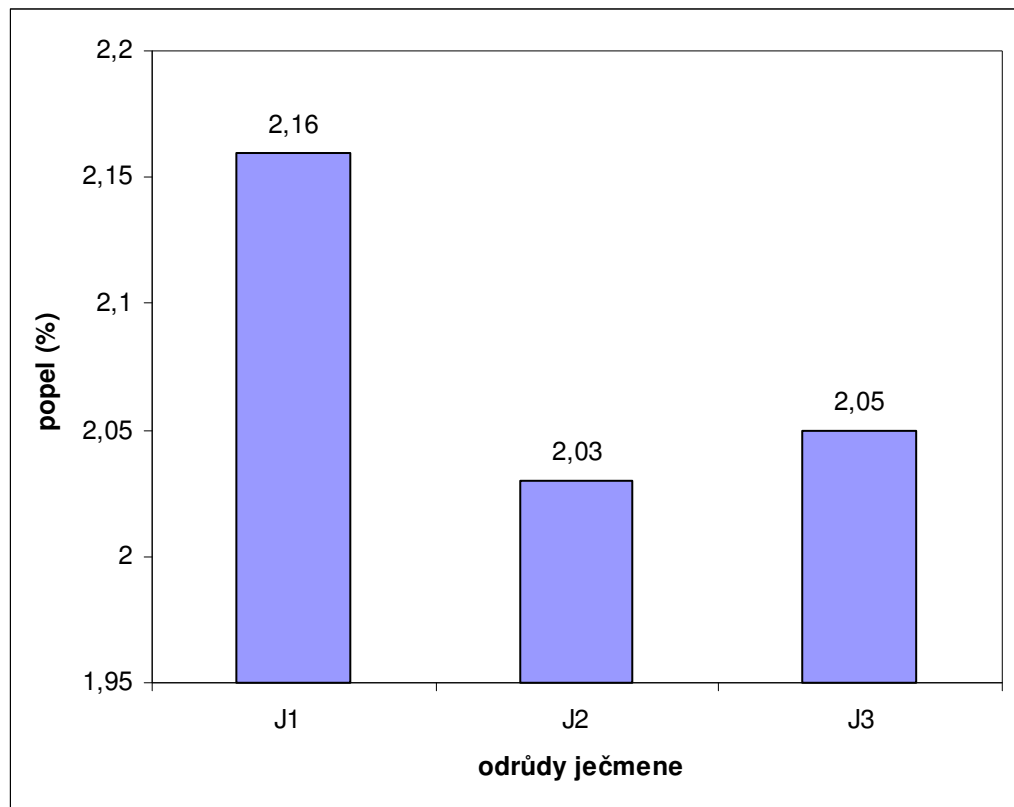
U vzorků pšenice se naměřené hodnoty pohybovaly v rozmezí 1,64 % ( $\pm 0,012$ ) až 1,81 % ( $\pm 0,021$ ). U vzorků P1 a P6 byly naměřeny shodné hodnoty 1,68%.

U vzorků ječmene byly naměřené hodnoty vyšší než u pšenice, překročily hranici 2 %. Nejvyšší hodnota byla naměřena u vzorku J1 2,16% ( $\pm 0,015$ ), nejnižší u vzorku J2 2,16 % ( $\pm 0,015$ ). Rozdíl mezi vzorky J2 a J3 byl pouze 0,02 %.

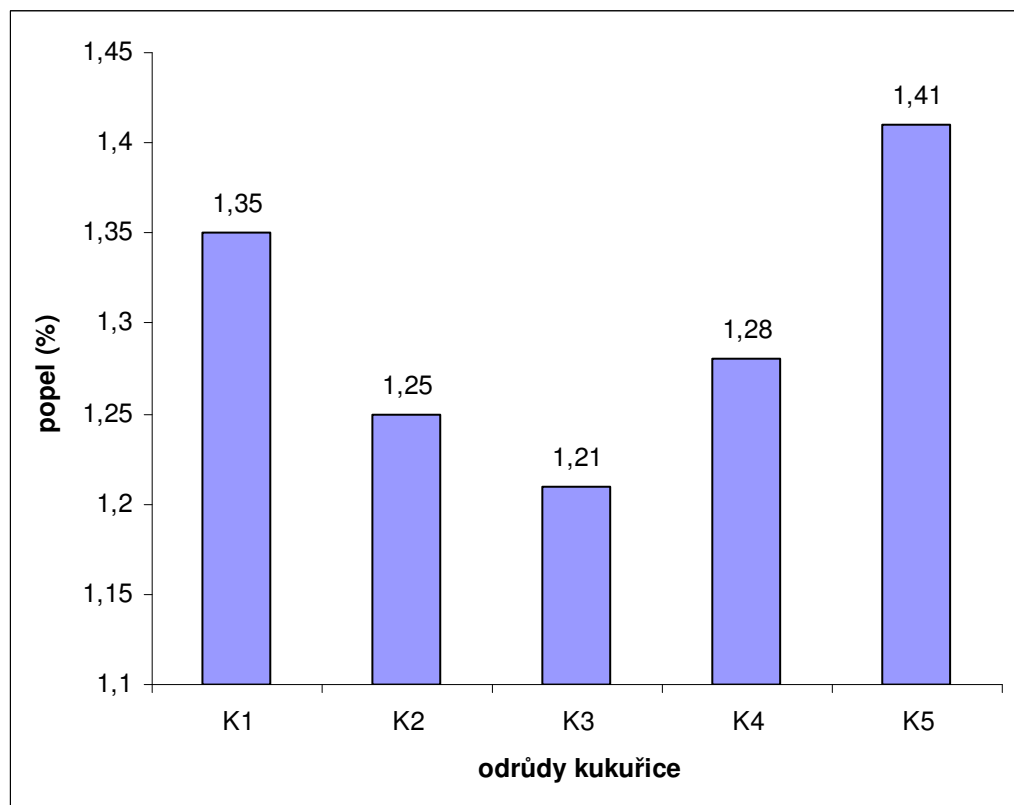
U kukuřice se hodnoty pohybovaly v rozmezí 1,21 % ( $\pm 0,017$ ) až 1,41 % ( $\pm 0,017$ ). Jak vyplývá z naměřených hodnot nejnižší obsah popela byl u vzorků kukuřice a nejvíce pope-  
lovin obsahovaly vzorky ječmene. Jak uvádí zdroj [2] obsah minerálních látek se v celých zrnech pohybuje v rozmezí 1,5 – 3 %. Můžeme konstatovat, že naměřené hodnoty odpovídají hodnotám uvedeným ve zdroji.



Graf 10. Výsledky stanovení popela (%) u odrůd pšenice



Graf 11. Výsledky stanovení popela (%) u odrůd ječmene



Graf 12. Výsledky stanovení popela (%) u odrůd kukuřice

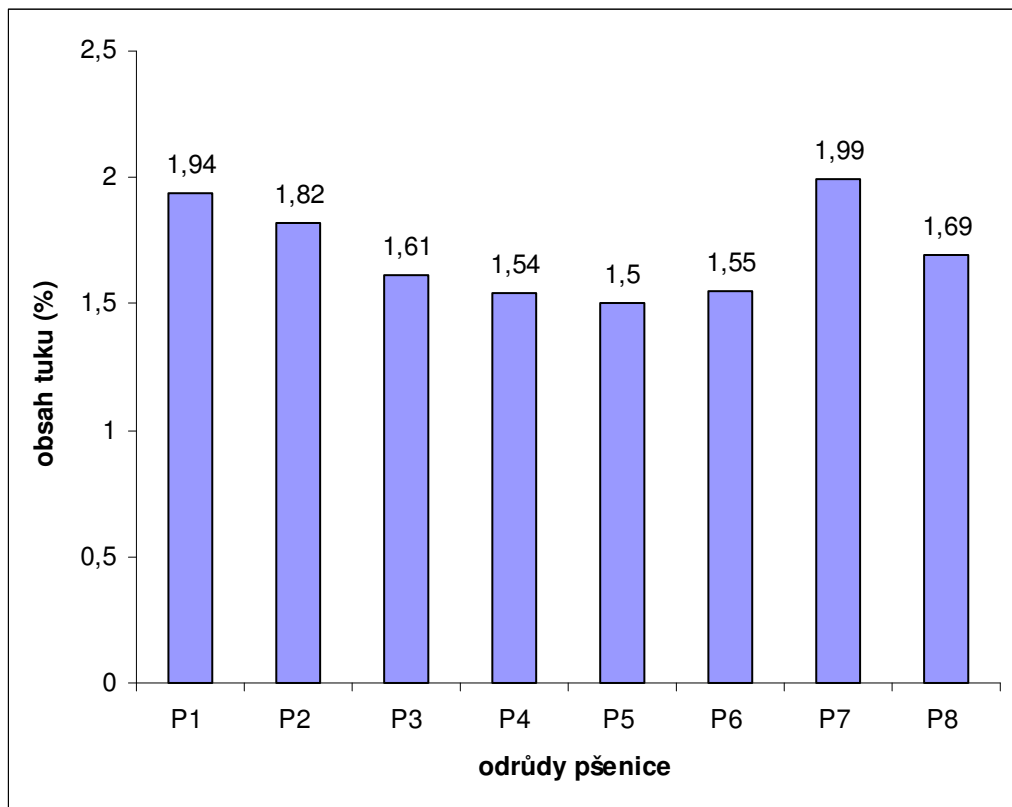


## 5.5 Výsledky stanovení obsahu tuku

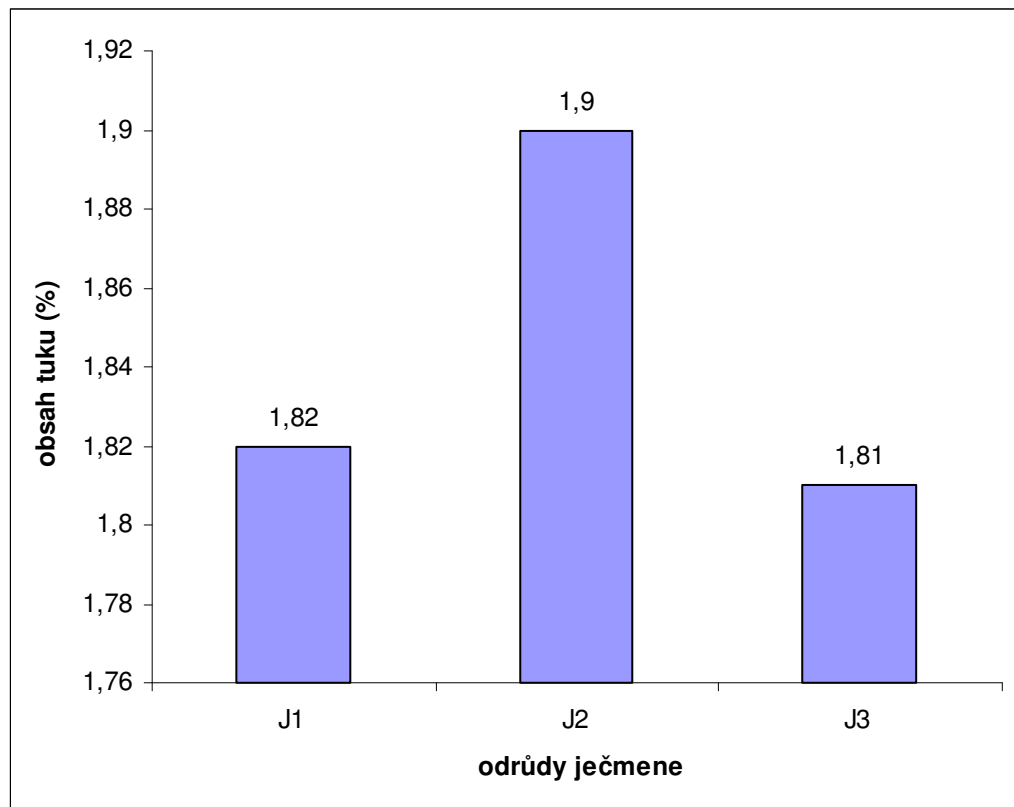
Stanovení tuku bylo provedeno podle pracovního postupu uvedeném v kapitole 4.8. Výsledné hodnoty jsou průměrem pěti měření, byla vypočtena směrodatná odchylka.

S obsahem tuků 1,5 – 2,5 % patří obilky k semenům s nejnižším obsahem tuku jak dokazují naměřené hodnoty. Pouze u kukuřice je obsah tuku vyšší, může dosahovat až 5 %.

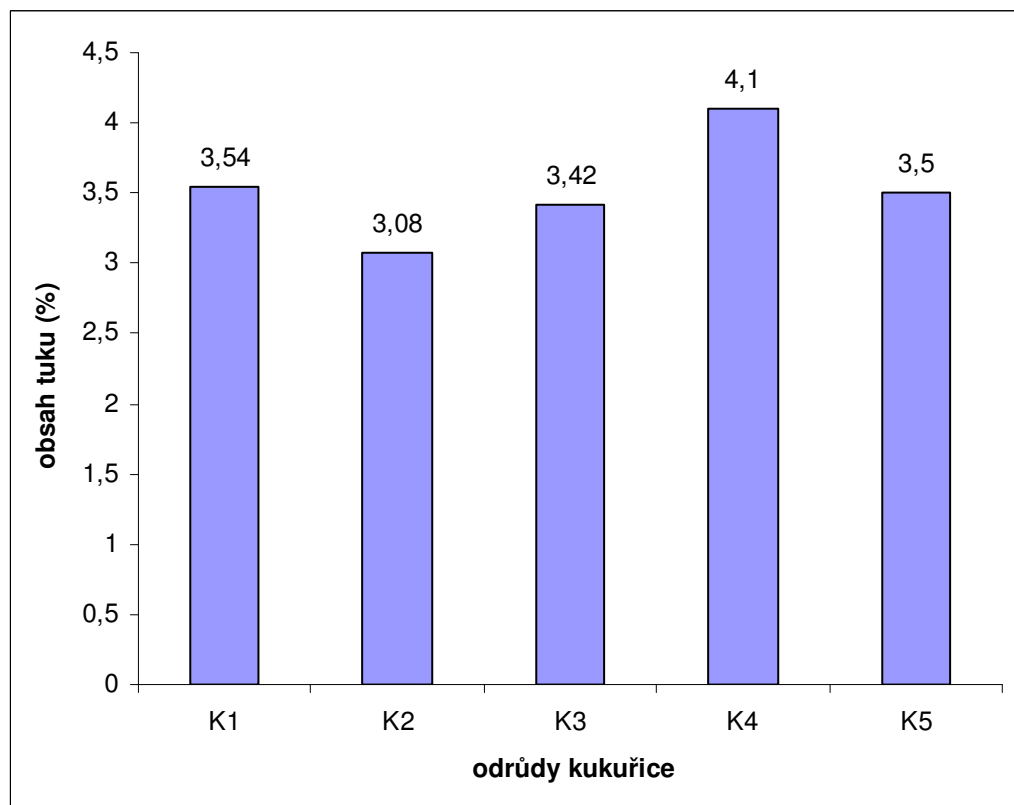
U vzorků pšenice se obsah tuku pohyboval v rozmezí 1,50 % ( $\pm 0,016$ ) u vzorku P5 až 1,99 % ( $\pm 0,019$ ) u vzorku P7. U ječmene byla nejmenší hodnota naměřena u vzorku J3 1,81 % ( $\pm 0,014$ ), nejvyšší 1,9 % ( $\pm 0,012$ ) u vzorku J2. Obsah tuku u kukuřice se pohyboval v rozmezí 3,08 % ( $\pm 0,075$ ) do 4,10 % ( $\pm 0,167$ ).



Graf 13. Výsledky stanovení obsahu tuku (%) u odrůd pšenice



Graf 14. Výsledky stanovení obsahu tuku (%) u odrůd ječmene

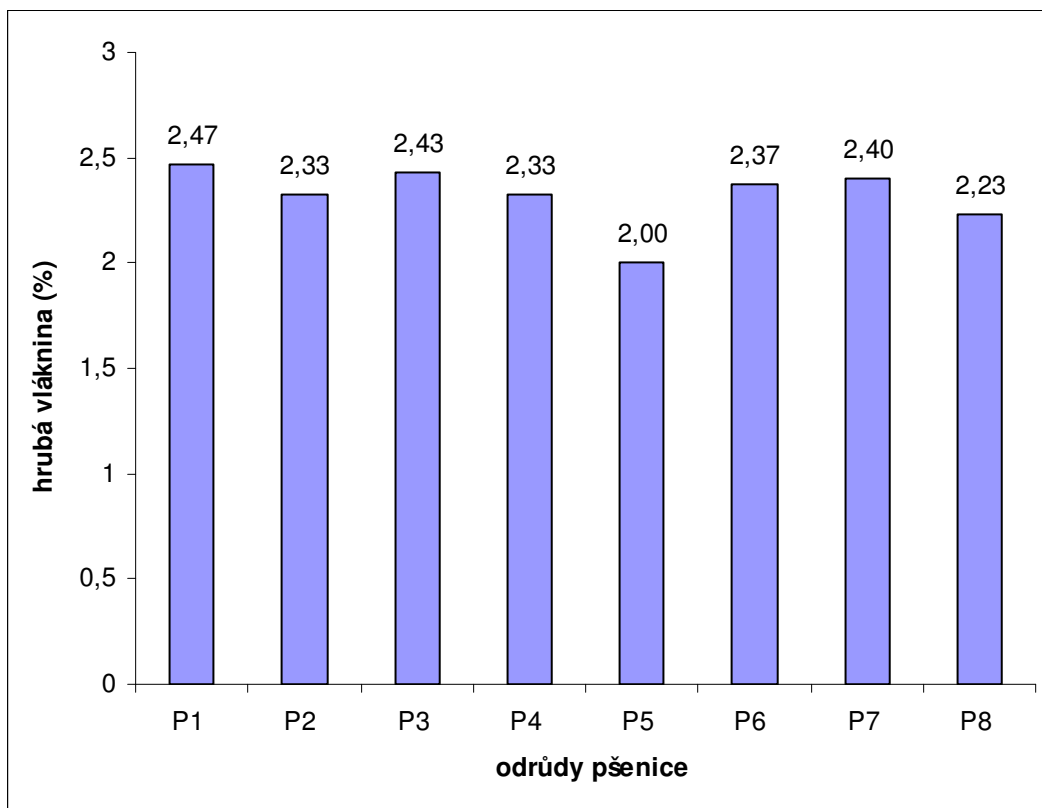


Graf 15. Výsledky stanovení obsahu tuku (%) u odrůd kukuřice

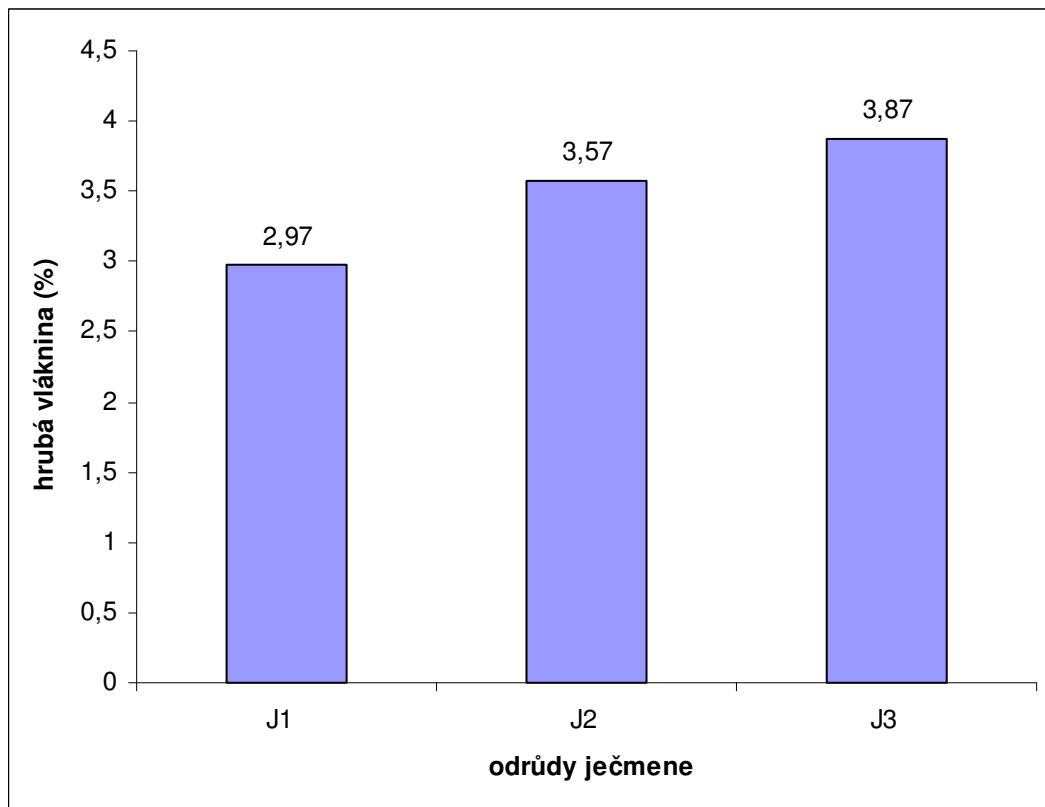
## 5.6 Stanovení obsahu hrubé vlákniny

Stanovení obsahu hrubé vlákniny bylo provedeno podle pracovního postupu uvedeném v kapitole 4.9. Výsledné hodnoty jsou průměrem pěti měření, byla vypočtena směrodatná odchylka.

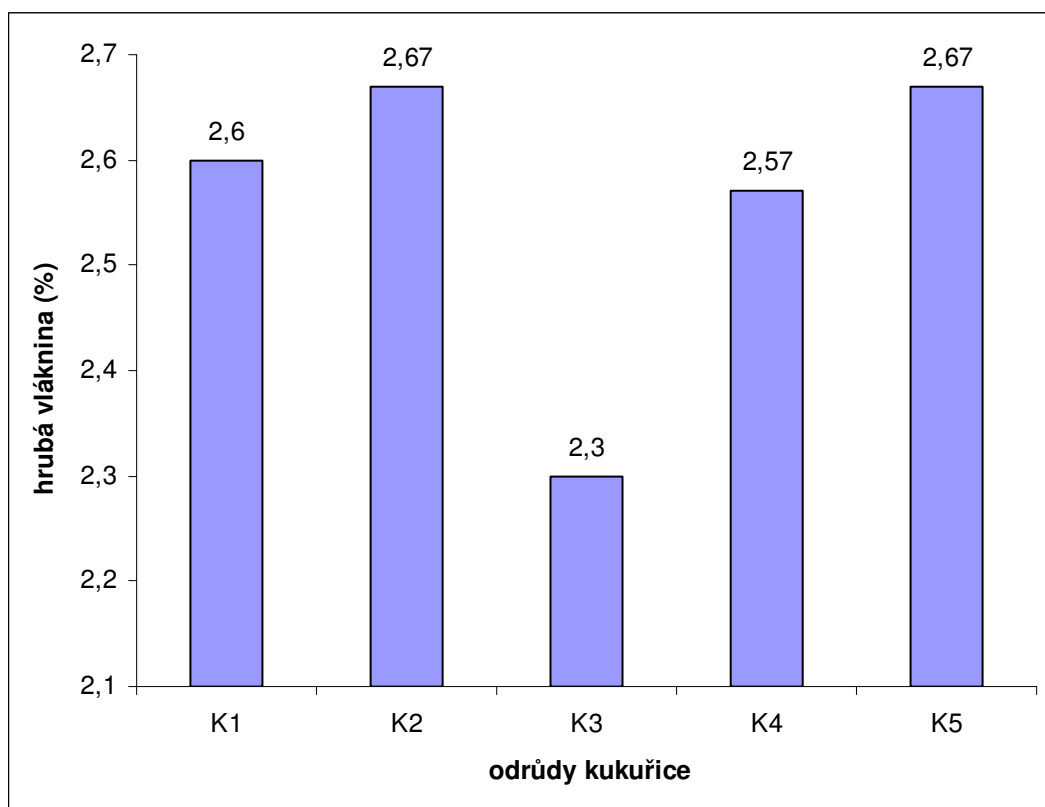
U vzorků pšenice vykazoval nejvyšší hodnotu vzorek P1 2,47 % ( $\pm 0,17$ ), nejnižší hodnotu vzorek P5 2,00 % ( $\pm 0,283$ ). U vzorků ječmene byly hodnoty vyšší, a to 2,97 % ( $\pm 0,047$ ) až 3,87 % ( $\pm 0,094$ ). Obsah vlákniny u kukuřice se pohyboval v rozmezí 2,30 % ( $\pm 0,082$ ) až 2,67 % ( $\pm 0,047$ ). Jelikož obilky ječmene jsou obaleny pluchami, naměřené hodnoty byly vyšší než hodnoty u pšenice a kukuřice.



Graf 16. Výsledky stanovení obsahu hrubé vlákniny (%) u vzorků pšenice



Graf 17. Výsledky stanovení obsahu hrubé vlákniny (%) u vzorků ječmene



Graf 18. Výsledky stanovení obsahu hrubé vlákniny (%) u vzorků kukuřice

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo provést a vyhodnotit základní technologické rozborů obilovin pro lidskou výživu. Byly použity vzorky pšenice potravinářské, sladovnického ječmene a kukuřice seté.

Obiloviny jsou v pravém slova smyslu základní potravinou, protože obsahují všechny základní živiny v ideálním poměru. Dnes již víme, že obiloviny ve svých semenech (obilkách) obsahují všechny živiny potřebné pro náš organizmus. Nejvíce jsou zde zastoupeny sacharidy a z nich velmi dobře stravitelné polysacharidy – škrob, v množství podle toho, o jakou obilovinu se jedná (55 až 80 %). Škrob je pro nás hlavně zdrojem energie (1 g = 17 kJ). Dále je zde hlavně v obalech obsažena vláknina v množství (3 až 10 %). Jako spolehlivý a ověřený zdroj účinné cereální vlákniny je možno považovat otruby, zejména pšeničné. Jak ale dokazují naměřené hodnoty, můžeme konstatovat, že nejvyšší obsah vlákniny vykazovaly vzorky ječmene. Nejvyšší obsah hrubé vlákniny byl naměřen u vzorku J3 (3,87 %). Zatímco hodnoty naměřené u vzorků pšenice se pohybovaly v rozmezí 2,00 % až 2,47 %. Další neméně významnou energetickou živinou jsou bílkoviny (10 až 11%). U vzorků pšenice byly naměřeny hodnoty v rozmezí 12,65 až 14,96 %, u ječmene byla nejnižší hodnota hrubých bílkovin 10,84 %. U kukuřice byly naměřené hodnoty nejmenší 7,46 až 8,72 %. Obsah bílkovin v zrně je silně ovlivněn především ročníkovými vlivy průběhem klimatu, použitou agrotechnikou a úrovní zásobení půdy minerálními živinami, především dusíkem a draslíkem. Další nevýhodou obilninových bílkovin je přítomnost lepku. Lepek vyvolává trávicí alergii zvanou celiakie. Obsah lepku ve vzorcích pšenice dosahoval hodnot 23,62 až 30,22 %. Obsah mokrého lepku v sušině koreluje vysoce kladně s obsahem hrubých bílkovin zrna. V obilkách je také obsažen tuk (1 až 6 %), vyšší množství obsahuje kukuřice. Naměřené hodnoty toto tvrzení dokazují. U pšenice činil obsah tuku 1,5 až 1,99 %, u ječmene 1,81 až 1,9 %. Hodnoty naměřené u kukuřice byly vyšší, 3,08 až 4,1 %. Tuk je soustředěn především v klíčku a obsahuje důležité nenasycené mastné kyseliny. Hlavním zástupcem těchto nenasycených mastných kyselin je kyselina linolová a kyselina olejová. Mezi významné složky obsažené v celých zrnech patří dále minerální látky souhrnně označované jako popel. Zvláště selen, zinek, měď, železo, hořčík, fosfor a vápník. Obsah popelovin ve vybraných vzorcích obilovin činil 1,21 až 2,16 %. Velký význam mají obiloviny v přítomnosti vitaminů skupiny B a vitaminu E, což je významný antioxidant.

Celozrnné obilné výrobky mají významný ochranný vliv proti nemocem srdce a některým typům rakoviny. Rozsáhlé epidemiologické studie provedené v nedávné době prokázaly, že pravidelná spotřeba celozrnných cereálních výrobků může snížit nebezpečí onemocnění srdce a krevního oběhu i některých druhů rakoviny [1].

Při výběru potravin bychom neměli zapomínat na obiloviny. Nabídka obilovin na našem trhu se s rostoucím zájmem o racionální výživu, ale i díky širší nabídce velmi obohatila.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ZGAŽAROVÁ, M. *Obiloviny jako součást lidské stravy*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Bakalářská práce, s. 62
- [2] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. *Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2004. 203 s. ISBN 80-7080-530-7
- [3] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií*. 1. vyd. Brno: MZLU, 2004. 141 s. ISBN 80-7157-811-8
- [4] PETR, J., LOUDA, F. *Produkce potravinářských surovin*, 1.vyd., Praha: VŠCHT, 1998, 213s. ISBN 80-7080-332-0
- [5] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. 2. vyd. Tábor: Osis. 2002. 344 s.
- [6] JINGZHAO, L., BLGA, M., ROSSNAGEL, G.B., LEGGE, W.G., CHIBBAR N.R. Identification of quantitative trait loci for  $\beta$ -glucan concentration in barley braun. *Journal of Cereal Science* 48, 2008, p.647 – 655
- [7] PRUGAR, J. Obilniny v naší výživě. *Výživa a potraviny*. 2002, č. 57, s. 46.
- [8] KALACĚ, P. Soudobý pohled na vlákninu potravy. *Výživa a potraviny*. 2008, č. 6, s.160
- [9] KOPÁČOVÁ, O. Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům, Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1.vyd. ,2007, ISBN 978-80-7271-184-0
- [10] PRUGAR, J. Nutriční hodnota obilovin a jejich význam v lidské výživě. *Výživa a potraviny*. 1999, č. 54, s. 22 - 23
- [11] HASKA, L. , NYMAN, M., ANDERSSON, R. Distribution and characterisation of fructan in wheat milling fractions, *Journal of Cereal Science* 48, 2008 p.768 – 774
- [12] PRUGAR, J. Obiloviny ve výživě (3). *Výživa a potraviny*. 58, 2003, 1, s. 3
- [13] LACHMAN, J. Obilniny - významný zdroj antioxidantů v lidské výživě, *Úroda*, 51, 2003, s. 20-23

- [14] RUI HAI L. Whole grain phytochemicals and health, *Journal of Cereal Science* 46, 2007, p. 207 – 219
- [15] ŠAŠKOVÁ, D., ŠTOLFA, V. *Trávy a obilí*. 1. vyd. Praha: Artia a.s., 1993, 64 s. ISBN 80-85805-03-0
- [16] JIANWEI T., CHUNQUIN Z., ZHONGHU H., RONGLI S., ORTIZ-MONASTERIO I., YANAING Q., YONG Z. Mineral element distributions in milling fractions of Chinese wheats, *Journal of Cereal Science* 48, 2008, p. 821 – 828
- [17] Wikipedie Obilniny. [online, cit. 2010-01-22-]  
Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Obilniny>>
- [18] LIYANA-PATHIRANA, CH. M. – SHAHIDI F. Antioxidant properties of commercial soft and hard winter wheats (*Tritium aestivum* L.) and their milling fractions, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86, 2006, p. 477-485
- [19] SKYLAS, D.J., VAN DYK, D., WRIGLEY, C.W. Proteomics of wheat grain. *Journal of Cereal Science* 41, 2005, p.165-179
- [20] ČSN 46 1100-2
- [21] BYUNG-KEE BAIK, ULLRICH S.E. Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science* 48, 2008, p. 233–242
- [22] PŘÍHODA J., HRUŠKOVÁ M. *Hodnocení kvality: Aplikace doporučených přístrojů, metod a interpretace výsledků pro praxi*, Praha: Svaz průmyslových mlýnů ČR, 2007,  
187 s. ISBN 978-80-239-9475-9
- [23] PETR, J., HÚSKA J. *Speciální produkce rostlinná – I*. 1. vyd. Praha: AF ČZU, 1997 197 s., ISBN 80-213-0152-X
- [24] Prezentace pro výuku na AF MZLU Brno [online, cit. 2010-02-20] Dostupný z WWW:  
<http://www.old.mendelu.cz/~upsr/doc/%7Eupsr/prezentace/obilniny/contens/čirok.html>



- [25] VACULOVÁ, K. Ječmen bezpluchý (*Hordeum L.*), *Výživa a potraviny*, 1999, roč.54, č.4, str. 108-110
- [26] DEAN,M., SHEPHERD, A., ARVOLA, A., VASSALLO, M., WINKWLMANN, M., CLAUPEIN, L.,LAHTEENMAKI, L., RAATS, M.M., SABA, A. Consumer perceptions of healthy cereal products and production methods, *Journal of Cereal Science* 46,2007, p. 188–196
- [27] VACULOVÁ, K., EHRENBROGEROVÁ, J., ERBAN, V., MILOTOVÁ, J., GABROVSKÁ, D., POLEDNE, R. Nutriční a zdravotně preventivní přínos obilovin pro výživu lidí. Kvalita rostlinné produkce: současnost a perspektivy směrem k EU. *Sborník příspěvků z česko-slovenské konference 6. února 2003*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2003. s. 37-44.
- [28] ČSN 46 1100-5
- [29] LINGZHI WANG, CHANGZHENG XU, MINGLI QU, JUREN ZHANG, Kernel amino acid composition and protein content of introgression lines from *Zea mays* ssp. *mexicana* into cultivated maize. *Journal of Cereal Science* 48, 2008, p. 387-393
- [30] Ječmen jarní (*Hordeum vulgare conv. distichon var. Nici*) [online, cit. 2010-01-22]. Dostupné WWW:  
<http://www.agromanual.cz/cz/atlas/plodiny/plodina/jecmen-jarni.html>
- [31] ČSN 46 1200-6
- [32] Maize in Human Nutrition [on line]. Fao.org, [cit.2010-02-23]. Dostupné z WWW:  
<http://www.fao.org/docrep/T0395E/T0395E00.htm#Contents>
- [33] TICHÁ, M., VYZÍNOVÁ, P. *Polní plodiny*. Brno: VFU, 2006, 41 s.
- [34] MALEŘ J. *Zpracování obilovin*, Praha, Institut výchovy a vzdělávání Mze ČR, 1994, ISBN 80-7105-073, s. 340
- [35] PRUGAR, J. *Dtest: Články o obilovinách* [online, cit. 2010-01-22]. Dostupný z WWW: <http://www.dtest.cz/index.php?action=95>

- [36] ASP, N.G., MATTSSON, B., ÖNNING, G., Variation in dietary fibre,  $\beta$  - glucan, starch, protein, fat and hull content of oats grown in Sweden. *European Journal of Clinical Nutrition*. 46, 1999, s. 31-37
- [37] MOUDRÝ, J. Oves nahý, *Výživa potravin*, 1999, č.3, s. 77-78
- [38] MICHALOVÁ, A. Proso seté, *Výživa a potravin*, 1999, č.2, s. 44-45
- [39] PETR, J. Čirok zrnový pro bezlepkovou dietu, *Výživa a potravin*, 2004, č.5, str.58-59
- [40] BUSHUK, W., Rye. *Encyclopedia of Grain Science*. Vol. 3. Oxford: Academic, 2004, s. 85-91
- [41] SKOUPIL J., LECJAKOVÁ Z. *Chemické kontrolní metody*, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1998, 280 S, ISBN
- [42] MÍKA V. *Spektroskopie v blízké infračervené oblasti*, 2008, Výzkumný ústav rostlinné výroby
- [44] Zpracoval kolektiv autorů, *Instrumentální analýza*, SNTL/ALFA, 1986
- [45] KOVÁČIKOVÁ, E., VOJTAŠÁKOVÁ, A., MOSNÁČKOVÁ, J., PASTOROVÁ, J., HOLČÍKOVÁ, K., SIMONOVÁ, E., KOŠICKÁ, M. *Vláknina v potravinách*. 1.vyd. Bratislava: Výzkumný ústav potravinářský, 2003. 30 s. ISBN 80 – 89088 – 27 – 9.
- [46] manuál ANKOM220 Fiber Analyser

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

FAO	Organizace OSN pro výživu a zemědělství se sídlem v Římě
ÚKZÚS	Ústřední kontrolní a zkušební ústav Brno
WHO	Světová zdravotnická organizace
ČSN	České technické normy
NIR	Spektrometrie v blízké infračervené oblasti (Near Infrared Spektrometry)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr.1 Anatomická stavba obilného zrna [2].....	13
Obr. 2 Pšenice setá ( <i>Tritium aestivum</i> L.) [17].....	23
Obr. 3 Ječmen ( <i>Hordeum bulgare</i> ) [17].....	31
Obr. 4 Kukuřice setá ( <i>Zea mays</i> L.) [17].....	30
Obr. 5 Žito seté ( <i>Secale cereale</i> L.) [17].....	32
Obr. 6 Oves setý ( <i>Avenae sativa</i> L.) [17].....	34
Obr. 7 Proso obecné ( <i>Panicum milliaceum</i> L.) - lata [17].....	36
Obr. 8 Čirok ( <i>Sorghum bicolor</i> ) [17].....	36
Obr. 9 Rýže setá ( <i>Oryza sativa</i> L.) [17].....	39
Obr. 10 Instalab 600.....	43
Obr. 11 Aparatura podle Soxhleta.....	38
Obr.12 Aparatura podle Twiselmanna.....	46
Obr.13 ANKOM220 Fiber Analyzer.....	47

**SEZNAM TABULEK**

Tab.1 Srovnání hmotnostních podílů zrna pšenice a kukuřice [3].....	14
Tab.2 Rozdělení látkového složení v jednotlivých částech zrna v % sušiny [3].....	15
Tab.3 Experimentálně zjištěné zastoupení mastných kyselin v lipidech různých obilovin (% hm.) [2].....	20
Tab.4 Hodnoty jakostních ukazatelů podle ČSN 46 1100-2 [20].....	24
Tab. 5 Jakost zrna sladovnického ječmene se posuzuje na základě ČSN 46 1100-5 [28]..	28
Tab.6 Průměrné složení pšeničné a žitné mouky [3].....	33
Tab.7 Chemické složení ovesného zrna (%) ve srovnání s pšenicí [37].....	35
Tab. 8 Odrůdy pšenice seté.....	51
Tab. 9 Odrůdy ječmene jarního.....	51
Tab. 10 Odrůdy kukuřice seté.....	51

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1. Výsledky stanovení vlhkosti (%) u odrůd pšenice.....	57
Graf 2. Výsledky stanovení vlhkosti (%) u odrůd ječmene.....	58
Graf 3. Výsledky stanovení vlhkosti (%) u odrůd kukuřice.....	58
Graf 4. Výsledky stanovení hrubých bílkovin NIR spektrometrií (%) u odrůd pšenice.....	59
Graf 5. Výsledky stanovení hrubých bílkovin (%) Kjeldahlovou metodou u odrůd pšenice.....	60
Graf 6. Srovnání výsledků stanovení hrubých bílkovin NIR spektrometrií a Kjeldahlovou metodou u odrůd pšenice.....	60
Graf 7. Výsledky stanovení obsahu hrubých bílkovin (%) u odrůd ječmene.....	61
Graf 8. Výsledky stanovení obsahu hrubých bílkovin (%) u odrůd kukuřice.....	62
Graf 9. Výsledky stanovení obsahu lepku (%) u odrůd pšenice.....	63
Graf 10. Výsledky stanovení popela (%) u odrůd pšenice.....	64
Graf 11. Výsledky stanovení popela (%) u odrůd ječmene.....	65
Graf 12. Výsledky stanovení popela (%) u odrůd kukuřice.....	65
Graf 13. Výsledky stanovení obsahu tuku (%) u odrůd pšenice.....	66
Graf 14. Výsledky stanovení obsahu tuku (%) u odrůd ječmene.....	67
Graf 15. Výsledky stanovení obsahu tuku (%) u odrůd kukuřice.....	67
Graf 16. Výsledky stanovení obsahu hrubé vlákniny (%) u vzorků pšenice.....	68
Graf 17. Výsledky stanovení obsahu hrubé vlákniny (%) u vzorků kukuřice.....	69
Graf 18. Výsledky stanovení obsahu hrubé vlákniny (%) u vzorků kukuřice.....	69

