

# **Stanovení minerálních látek a těžkých kovů v obilovinách a rýži**

Bc. Lenka Vyňuchalová

---

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. Lenka VYŇUCHALOVÁ**  
Osobní číslo: **T08828**  
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Stanovení minerálních látek a těžkých kovů  
v obilovinách a rýži**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

- Chemické složení cereálií a rýže
- Stručně popsat analyzované obiloviny a druhy rýže
- Definovat principy metodik použitých v experimentální části
- Stručný přehled stanovených minerálních látek a těžkých kovů

### II. Praktická část

- Popis metodik a materiálu použitého při analýzách
- Zpracování výsledků a diskuse

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] Klouda,P.Moderní analytické metody.,1.vydání.,Ostrava:Nakladatelství Petr Klouda,1996,ISBN 80-902155-0-5.

[2] Velíšek,J.Chemie potravin.,1.vydání.,Tábor:OSSIS,1999, ISBN 80-902391-5-3.

[3] Davídek,J.a kol.Laboratorní příručka analýzy potravin.,1.vydání.,Praha 1977, ISBN 04-830-77.

[4] Mary Ngu,Elena Moya,Naresh Mogan.International Biodeterioration and Biodegradation.,Tolerance and uptake of cadmium, arsenic and lead by Fusarium pathogenes of cereals.,Volume 42,Issue 1,1 July 1998,p.55-62.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Daniela Kramářová, Ph.D.**

Ústav biochemie a analýzy potravin

Datum zadání diplomové práce:

**4. ledna 2010**

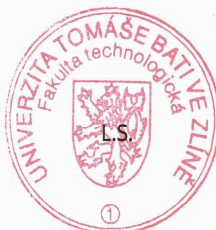
Termín odevzdání diplomové práce:

**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: ...VĚNUCHALOVÁ LENKA, Bc.....

Obor: ...THEVP.....

## 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 29.4.2010

.....  
Věnuchalová

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

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

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

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

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

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

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Cílem této diplomové práce bylo stanovení minerálních látek a těžkých kovů v obilovinách a rýži metodou AAS. Z minerálních látek bylo stanovení zaměřeno na vápník a hořčík a z těžkých kovů na rtuť, olovo a kadmium. Pozornost byla také věnována stanovení celkového obsahu dusíkatých látek.

Klíčová slova: obiloviny, rýže, minerální látky, těžké kovy, AAS

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis was to determine minerals and heavy metals in cereal and rice by the AAS method. Determination of minerals was focused on calcium and magnesium and on heavy metals (mercury, lead and cadmium). The attention was also paid to the detection of total content of nitrogen substances.

Keywords: cereal, rice, minerals, heavy metals, AAS

## Poděkování

Ráda bych poděkovala své vedoucí Ing. Daniele Kramářové, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, cenné rady, poskytnuté informace a trvalý zájem při vypracovávání této práce. Také bych chtěla zároveň poděkovat své rodině a přátelům za podporu během celého studia.

## Prohlášení

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

# OBSAH

ÚVOD.....	11
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>12</b>
<b>1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ CEREÁLIÍ A RÝŽE.....</b>	<b>13</b>
1.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ OBILNÉHO ZRNA.....	13
1.1.1 Voda a sušina .....	13
1.1.2 Sacharidy .....	13
1.1.3 Dusíkaté látky.....	15
1.1.4 Tuky .....	17
1.1.5 Minerální látky .....	17
1.1.6 Enzymy.....	18
1.1.7 Pigmenty.....	18
1.1.8 Vitaminy.....	18
1.2 ANATOMICKÁ STAVBA OBILNÉHO ZRNA .....	19
<b>2 CHARAKTERISTIKA ANALYZOVANÝCH OBILOVIN A RÝŽE .....</b>	<b>22</b>
2.1 OBILOVINY .....	22
2.1.1 Špalda loupaná .....	22
2.1.2 Grünkern.....	24
2.1.3 Špaldové kernotto.....	24
2.1.4 Pšenice ozimá ( <i>Triticum aestivum</i> ) .....	24
2.1.5 Kamut.....	25
2.2 RÝŽE .....	25
2.2.1 Parboiled rýže.....	26
2.2.2 Kulatozrná rýže .....	26
2.2.3 Indiánská rýže.....	26
2.2.4 Basmati rýže .....	27
2.2.5 Natural rýže .....	27
2.2.6 Dlouhozrná rýže .....	27
2.2.7 Sushi rýže .....	27
<b>3 PRINCIPY METODIK POUŽITÝCH V EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI .....</b>	<b>28</b>
3.1 MINERALIZACE MOKROU CESTOU.....	28
3.2 ATOMOVÁ ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIE .....	29
3.2.1 Přístroje a pomocná zařízení .....	30
3.2.2 Atomový absorpční spektrofotometr GBC 933 AA.....	30
3.2.3 Analyzátor AMA 254.....	31
3.3 STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU DUSÍKATÝCH LÁTEK .....	31
<b>4 PŘEHLED STANOVOVANÝCH MINERÁLNÍCH LÁTEK A TĚŽKÝCH KOVŮ .....</b>	<b>32</b>
4.1 MINERÁLNÍ LÁTKY .....	32
4.1.1 Vápník .....	32
4.1.2 Hořčík.....	32



4.2	TĚŽKÉ KOVY.....	33
4.2.1	Olovo a kadmium.....	34
4.2.2	Rtuť .....	35
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>METODIKA .....</b>	<b>38</b>
5.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE .....	38
5.2	POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY .....	38
5.3	POUŽITÉ VZORKY .....	39
5.3.1	Obiloviny.....	40
5.3.2	Rýže.....	41
5.4	STANOVENÍ TĚŽKÝCH KOVŮ V OBILOVINÁCH A RÝŽI ATOMOVOU ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIÍ .....	42
5.4.1	Stanovení rtuti analyzátozem AMA 254 .....	42
5.4.2	Stanovení olova a kadmia atomovou absorpční spektrometrií.....	43
5.5	STANOVENÍ MINERÁLNÍCH LÁTEK V OBILOVINÁCH A RÝŽI ATOMOVOU ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIÍ.....	43
5.5.1	Stanovení vápníku a hořčíku atomovou absorpční spektrometrií .....	43
5.6	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU DUSÍKATÝCH LÁTEK .....	44
5.6.1	Stanovení dusíku v obilovinách pomocí Parnas-Wagnerovy aparatury.....	44
5.6.2	Stanovení dusíku v rýži pomocí přístroje Pro-Nitro 1430 .....	45
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUSE .....</b>	<b>47</b>
6.1	STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ KVANTITATIVNÍCH ANALÝZ .....	47
6.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ TĚŽKÝCH KOVŮ V OBILOVINÁCH A RÝŽI ATOMOVOU ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIÍ (AAS) .....	48
6.2.1	Výsledky stanovení obsahu rtuti v obilovinách a rýži pomocí analyzátoru AMA 254 .....	48
6.2.2	Výsledky stanovení obsahu olova a kadmia v obilovinách pomocí přístroje GBC 933 AA.....	50
6.2.3	Výsledky stanovení obsahu olova a kadmia v rýži pomocí přístroje GBC 933 AA.....	52
6.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH LÁTEK V OBILOVINÁCH A RÝŽI ATOMOVOU ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIÍ (AAS) .....	54
6.3.1	Výsledky stanovení obsahu vápníku a hořčíku v obilovinách pomocí přístroje GBC 933 AA.....	54
6.3.2	Výsledky stanovení obsahu vápníku a hořčíku v rýži pomocí přístroje GBC 933 AA.....	56
6.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU DUSÍKATÝCH LÁTEK.....	57
6.4.1	Výsledky stanovení obsahu dusíku a dusíkatých látek v obilovinách pomocí Parnas-Wagnerovy aparatury .....	58
6.4.2	Výsledky stanovení obsahu dusíku a dusíkatých látek v rýži pomocí přístroje Pro-Nitro 1430 .....	58
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>62</b>

<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>67</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>68</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>69</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>70</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>71</b>

## ÚVOD

Obiloviny jsou rostliny využívané a pěstované pro svá semena. Slouží především k lidské výživě – ať už celá (rýže) nebo rozemletá na mouku. Zrna se zkrmují a celé rostliny se využívají jako zelená píče. Nadzemní část se silážuje (kukuřice), zpracovává jako sláma (pšenice, ječmen) nebo se z ní vyrábí rohože, košíky, kartáče (čirok).

Obiloviny jsou v podstatě ušlechtilé trávy, které ve svých semenech obsahují důležité živiny. V dávné minulosti lidé neznali tyto důležité látky, jen vnímali pozitivní účinek na organismus, že při konzumaci zabrání pocitu hladu.

Dnes již víme, že obiloviny ve svých semenech (obilkách) obsahují všechny živiny potřebné pro náš organismus. Nejvíce jsou zde zastoupeny sacharidy a z nich velmi dobře stravitelné polysacharidy – škrob, v množství podle toho o jakou obilovinu jde (55 – 80 %). Škrob je pro nás hlavně zdrojem energie (1 g = 17 kJ). Další, neméně významnou energetickou živinou jsou bílkoviny (9 – 16 %). Nejsou plnohodnotné, takže se potravina z obilovin musí kombinovat s jiným zdrojem bílkovin (maso, vejce, mléko apod.). V obilkách je také obsažen tuk (1 – 6 %). Je sice soustředěn především v klíčku, ale obsahuje důležité nenasycené mastné kyseliny a také vitamin E, což je významný antioxidant, který likviduje v těle nebezpečné látky, jež mohou být příčinou vzniku rakoviny. Z neenergetických živin je v obilkách 14 – 15 % vody a 1,8 - 1,9 % minerálních látek a ostatních látek důležitých pro metabolismus.

Obiloviny jsou rostliny poměrně nenáročné, rostou v různých podmínkách a poskytují vysoké výnosy. Lze je dlouho skladovat, vytvářet zásoby a obchodovat s nimi. Proto hrály obiloviny v lidské historii velmi významnou úlohu jak při přechodu od sběratelství a lovectví k usedlému zemědělství, tak také při vzniku obchodu a měst. Dnes se podíl obilovin na celosvětové lidské výživě odhaduje na 60 - 70 %, v chudých rozvojových zemích ale ještě daleko více.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ CEREÁLIÍ A RÝŽE

Chemické složení zrna značně kolísá podle oblasti, provenience, v závislosti na odrůdě, hnojení, době setí, agrotechnice (závlaha), klimatických podmínkách a mnoha dalších činitelích. Z jednotlivých složek, skládajících obilné zrno, je nutné se zmínit o vodě, sacharidech, dusíkatých látkách, minerálních látkách, enzymech a vitamínech, kromě mnoha látek dalších, množstvím sice malých (slizy, barviva), avšak pro využití zrna velmi důležitých. Na kvalitě zrna rýže se navíc výrazně odráží způsob zpracování – stupeň mletí, broušení a leštění [1,2].

## 1.1 Chemické složení obilného zrna

### 1.1.1 Voda a sušina

Obilné zrno se skládá ze dvou hlavních částí a to z vody a sušiny. Voda je důležitou složkou obilného zrna, protože se podílí na všech biologických procesech probíhajících během růstu, dozrávání, skladování a zpracování. Podle obsahu vody mluvíme z technologického hlediska o obilí mokré (nad 17 %), vlhkém (nad 15,5 %), středně suchém (nad 14 %) a suchém (do 14 %). Sušinu tvoří nejčastěji kolem 75 % sacharidy, 10 – 15 % bílkoviny a 2 % lipidy [1,3].

### 1.1.2 Sacharidy

Sacharidy představují důležitou skupinu zásobních látek, nahromaděných v obilném zrně. Nacházejí se v obilce ve formě cukrů, dextrinů, škrobu, hemicelulózy a celulózy.

#### Monosacharidy

Pentózy se nacházejí v obilném zrně ve formě složitých polysacharidů (arabinóza, xylóza), hlavně v obalových vrstvách a buněčných stěnách endospermu a zárodku. Jejich obsah se pohybuje kolem 1 %. Z hexóz je významná glukóza a fruktóza. V pšeničném zrně se vyskytují v nepatrném množství, více je jich obsaženo v zrně žita. Glukóza je základní stavební kámen pro tvorbu škrobu a celulózy [1,4].

#### Disacharidy

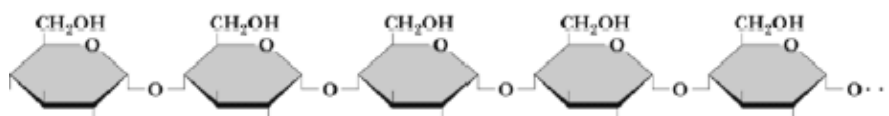
Z disacharidů má z fyziologického hlediska největší význam sacharóza, jako jediný cukr, který má klíčící zrno k dispozici. Obsah sacharózy se v obilkách pšenice pohybuje kolem

0,6 %, žitný klíček dosahuje až 3 %. Při dorůstání zrna se obsah sacharózy podstatně zvyšuje. Dále obilné zrna obsahuje malé množství maltózy (0,2 - 2 %) a v klíčku trisacharid rafinózu, jejíž obsah může dosáhnout až 3 % [1].

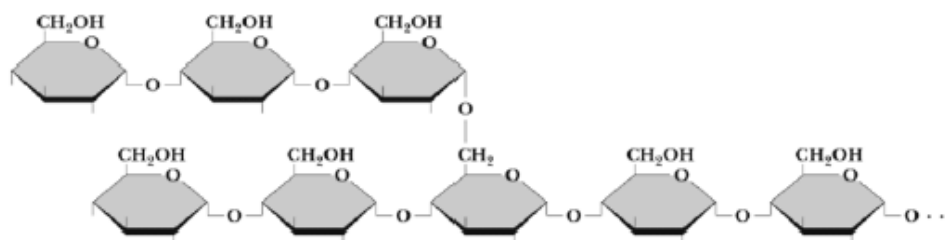
### Polysacharidy

Z technologického hlediska jsou spolu s bílkovinami nejvýznamnější skupinou. Mají funkci zásobní a stavební. Zásobní polysacharidy, jejichž hlavním představitelem je v rostlinách škrob, jsou pro organizmy zdrojem energie. Stavební polysacharidy jsou základem buněčných stěn rostlin. Do této skupiny patří např. celulóza, hemicelulózy, aj. [5].

**Škrob** je nejdůležitější složkou obilného zrna a je obsažen v endospermu. Škrob se v obilovinách a rostlinách vyskytuje ve formě škrobových zrn. Je složen ze dvou frakcí – amylozy a amylopektinu. Amylóza se ve vodě rozpouští na čirý, málo viskózní roztok, záhřevem nemazovatí. Amylopektin převažuje zejména ve vnějších vrstvách škrobových zrn. Ve studené vodě není rozpustný, ale záhřevem mazovatí [6]. Amylóza je tvořena 1000 – 2000 glukózovými jednotkami. Má lineární strukturu s vazbou  $\alpha$ -(1-4)-glykosidovou (polymer maltózy). Amylopektin je složitější. Obsahuje 5000 – 1 milion glukózových jednotek. Má mnohonásobně větvenou strukturu s vazbou  $\alpha$ -(1-4) glykosidovou (polymer maltózy) a postranní řetězce s vazbou  $\alpha$ -(1-6) glykosidovou (isomaltóza) [7]. Škrob se v zrně vyskytuje v kolísavém množství 50 – 70 % dle druhu, odrůdy a podmínek vegetace. Varem s kyselinami se škrob štěpí až na svou základní složku glukózu, působením amylolytických enzymů na disacharid maltózu jako konečný produkt, meziprodukty jsou přítom dextriny [8].



Obr. 1 Amylóza [9]



Obr. 2 Amylopektin [9]

**Celulóza** je hlavní součástí obalů zrna a buněčných stěn endospermu. Její obsah v semelech jednotlivých kultur značně kolísá. Pšenice jí obsahuje 1,6 %, ječmen 4,0 %, proso 8,1 % a oves 10,3 %, počítáno na sušinu [1].

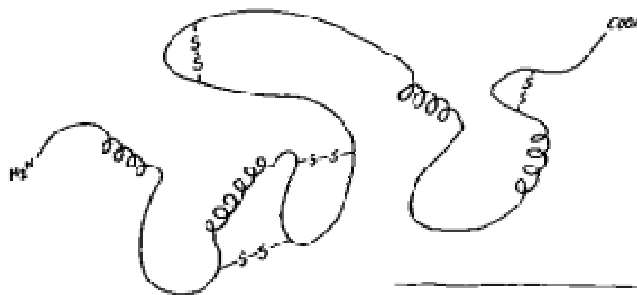
**Hemicelulóza** je v obilném zrně zastoupena hlavně v buněčných stěnách, kde funguje jednak jako opěrné pletivo, jednak jako zásobní látka, která se v případě potřeby (klíčení) rozkládá *hemicelulázou* na jednodušší cukry. Její význam v technologii je poměrně malý. Kromě škrobů a dextrinů se v obilkách nacházejí další vysokomolekulární polysacharidy, jejichž význačnou vlastností je dobrá rozpustnost ve vodě a tvorba viskózních roztoků. Tyto látky se nazývají slizy a mají přes nízký obsah v zrně (pšenice 0,64 %, žito 1,05 %, ječmen 1,34 %) výrazný vliv na technologické vlastnosti mouk [1].

### 1.1.3 Dusíkaté látky

Zralá zrna obsahují podle druhů a odrůd 9 - 16 % bílkovin. Většina bílkovin je uložena v endospermu a v aleuronové vrstvě [4]. Obiloviny jsou důležitým zdrojem bílkovin pro lidskou výživu, ale mají nízkou kvalitu vzhledem k omezení v množství esenciálních aminokyselin, zvláště lyzinu [10]. Dusíkaté látky, nacházející se v obilném zrně, lze rozdělit na látky anorganické (amoniak a jeho soli) a na dusíkaté látky organické. Organické dusíkaté látky se dále dělí na bílkoviny jednoduché (globulární, fibrilární), na bílkoviny složené neboli konjugované (nukleoproteiny, lipoproteiny, glykoproteiny, fosfoproteiny, chromoproteiny, metaloproteiny) a nebílkovinné dusíkaté látky (aminokyseliny, amidy), jež jsou soustředěny hlavně v aleuronové vrstvě a v klíčku. Z jednoduchých bílkovin řadíme albuminy a globuliny mezi bílkoviny stavební, kdežto prolamininy a gluteliny k bílkovinám zásobním, které se hromadí v zrně až v pozdějších fázích jeho tvorby [1,11]. Prolamininy jsou charakteristické pro obiloviny. Patří mezi jednu z nejlépe prostudovaných skupin bílkovin. Jsou nerozpustné ve vodě, dobře rozpustné v 60 – 80 % alkoholu, s výjimkou prolaminu kukuřice, který se dobře rozpouští v 90 – 93 % alkoholu. Je znám gliadin v zrnech pšenice a žita, hordein v zrnech ječmene, avenin v zrnech ovsa, zein v zrnech kukuřice a kafirin v zrnech čiroku. Záhřevem na 60 – 70 °C nebo při rychlém sušení koagulují [1]. Gluteliny jsou rostlinné proteiny nerozpustné ve vodě a roztocích solí, ale rozpustné ve zředěných kyselinách nebo zásadách. Patří k nim glutenin pšenice, oryzenin rýže nebo hordein ječmene. [6].

**Lepek** (70 – 80 %) tvoří bílkoviny nerozpustné ve vodě gliadin a glutenin, jež jsou v něm zastoupeny bez ohledu na jeho jakost (silný, slabý, velmi slabý) v poměru 3 : 2 [1]. Gli-

din je nositelem tažnosti a glutenin pružnosti a bobtnavosti lepku. Co se týká konstituce lepku, ten tvoří trojrozměrnou síť peptidových řetězců, různým způsobem zřasených a propojených navzájem různými můstky a vazbami, kde určitý význam má i vrstvička lipidů. U menší části populace vyvolává pšeničný lepek (určité frakce gliadinu) alergii, hlavně u dětí, zvanou celiakie [4]. Celiakální sprue (CS, celiakie, glutenová enteropatie) je onemocnění způsobující poruchu střevního vstřebávání, malabsorpční syndrom. Jeho podstatou je nesnášenlivost glutenu lepku, zřejmě na imunologickém podkladě. Onemocnění začíná v dětství nebo v dospělosti a uplatňují se u něj dědičné vlivy [12]. Klasické příznaky neléčené celiakie ve vztahu ke snížené absorpci potravy se projevují jako průjemy, střevní křeče a nadýmání, nízké využití živin pak působí ztráty tělesné váhy u dospělých a poruchy růstu u dětí, anemie a špatný vývoj kostí. Na základě nových poznatků je možné se domnívat, že glutenová intolerance neovlivňuje pouze výstelku tenkého střeva, ale ovlivňuje i poruchy funkce jater, *dermatitis*, *diabetes mellitus* typu I. a neplodnost. Základem léčby je dieta s vyloučením lepku [13]. Bezlepkovými potravinami se rozumějí potraviny, které jsou složeny nebo vyrobeny pouze ze surovin, které neobsahují žádné složky z pšenice nebo ostatních druhů *Triticum* jako špalda (*Triticum spelta* L.), kamut (*Triticum polonicum* L.) nebo tvrdá pšenice, ječmen, žito, oves a z jejich křížených odrůd; hodnota gliadinu ve finální potravíně není vyšší než  $1 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny. Dále jsou potraviny označeny jako "přirozeně bezlepkové potraviny", pokud sice obsahují složky z pšenice, žita, ječmene, ovsa, špaldy nebo z jejich zkřížených odrůd; tyto potraviny jsou však považovány za bezlepkové, pokud hodnota gliadinu ve finální potravíně není vyšší než  $10 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny [14]. Je možné je nahradit moukou kukuřičnou, sójou, rýží, pohankou, prosem, jáhly, amarantem, bramborami. Nesnáz je v tom, že laik příměs lepku (zejména ve formě pšeničného škrobu) v řadě potravin nepředpokládá (např. v uzeninách, hořčici, kečupu, kypřících prášcích, zmrzlině, čokoládě, lékových aditivech) [12,13].



Obr. 3 Představa struktury gliadinu (Lasztity R. 1984) [5]



### 1.1.4 Tuky

Tuky představují v zrně z velké části oleje. V zrně se ukládají teprve v pokročilém období jeho tvorby. Nejvíce tuků obsahuje klíček (8 - 10 %, někdy až 15 %) a aleuronová vrstva endospermu (3 - 4 %). Z technologického hlediska je významná jejich značná labilita. Na vzduchu a světle podléhají enzymatické hydrolýze a oxidaci, přičemž nabývají hořké chuti a nepříjemného zápachu. Na stavbě tuků se podílejí až z 95 % mastné kyseliny, z nasycených hlavně kyselina palmitová a nepatrné množství kyseliny stearové a myristové. Podstatný podíl tuků tvoří nenasycené mastné kyseliny, z nichž esenciální linolové je minimálně 55 % a olejové 30 %. Kyselina linolová snadno podléhá oxidaci, kterou známe pod pojmem žluknutí. Obilky patří k semenům s nejnižším obsahem tuků vůbec (1,5 - 2,5 %). Pouze u ovsa (5 %), čiroku (4 %) a kukuřice je obsah tuků vyšší. Tuk z obilných klíčků je z výživového hlediska velmi cenný, proto se z nich lisují oleje. K nejhodnotnějším stolním olejům patří např. kukuřičný olej. Ve značném množství, až 26 %, jsou v obilném zrně zastoupeny i fosfolipidy. Typickým představitelem je fosfatidylcholin s dusíkatým cholinem. Jejich zastoupení v obilném zrně je velmi rovnoměrné. Další lipofilní látky obsažené v obilném zrně jsou lipofilní barviva. V obilovinách se vyskytují karotenoidy, žlutá a oranžová barviva, jejich představitelem je lutein [1,5,15].

Tab. 1 Složení mastných kyselin lipidů obilovin [1]

Mastná kyselina	Obsah (% veškerých mastných kyselin)				
	pšenice	žito	ječmen	oves	rýže
Palmitová	14 - 17	2 - 6	9	10	13 - 16
Stearová	1 - 3	3 - 8	3	2	1 - 2
Olejová	20 - 45	18 - 35	33	59	42 - 52
Linolová	40 - 50	48 - 61	54	31	29 - 40
Linolenová	2 - 3	1 - 2	stopové množství	0	stopové množství

### 1.1.5 Minerální látky

Obsah popelovin v zrně se pohybuje v rozmezí 1,5 až 3 %. Obsah minerálních látek u pluchatých zrn (oves) je vždy vyšší než u bezpluchatých (pšenice), následkem většího obsahu křemíku. Z biogenních prvků má převahu K, P a Mg, ze stopových prvků byly nalezeny v popelu Cu, Zn, Ni, Mn, Al, Br, J a Co. Největší množství minerálních látek se nachází

v klíčku a v obalových vrstvách. Například endosperm pšeničného zrna má obsah popela průměrně 0,5 %, klíček 5 % a obalové vrstvy 6 – 12 %. Nejméně popelovin obsahují centrální vrstvy endospermu, směrem k okrajům se obsah popela zřetelně zvyšuje [1].

### 1.1.6 Enzymy

Bílkoviny tvoří podstatnou část enzymů, které fungují jako biokatalyzátory živé buňky, regulují výměnu látek během klíčení, růstu, v průběhu skladování a technologického zpracování. Z hydrolytických enzymů jsou nejdůležitější enzymy štěpící sacharidy (*amyláza, maltáza, sacharáza*), bílkoviny (*proteázy, peptidázy*) a tuky (*lipázy*) a dále *fosfatázy*. Ve zdravém zrně je aktivita enzymů neobyčejně malá a zvyšuje se teprve při klíčení. V klíčku a aleuronové vrstvě je aktivita enzymů vyšší než ve vnitřních částech endospermu [1,4].

### 1.1.7 Pigmenty

Pigmenty obilovin jsou doposud jen velmi málo prozkoumány. Žluté pigmenty pšeničného zrna (karoten, xantofyl a kryptoxantin) patří do skupiny karotenoidů. Jsou důležité při hodnocení a zpracování zrna na mouku. Pro výrobu mouky k pekařským účelům se vyžadují odrůdy s malým obsahem pigmentů. Dávají výhradně bílou mouku [1].

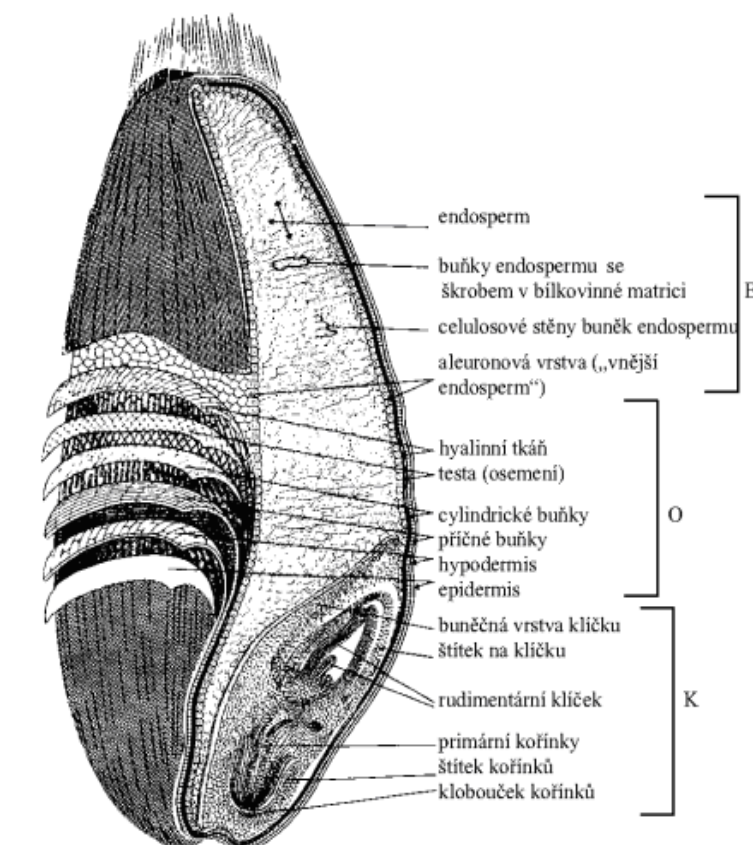
### 1.1.8 Vitaminy

Vitaminy jsou nepostradatelné organické látky, katalyzující četné životně důležité biochemické procesy. Podílejí se na metabolismu bílkovin, tuků a sacharidů. Dělíme je podle fyzikálně-chemických vlastností na vitaminy rozpustné ve vodě (vitaminy skupiny B, C) a v tucích (A, D, E, K). Jejich rozložení v zrně je velmi nepravidelné. Nápadně vysoký obsah vitaminů je ve štitku a v aleuronové vrstvě.

Vitamin B<sub>1</sub> (tiamin) je obsažen ve značném množství v aleuronové vrstvě a v klíčku. Obiloviny jsou považovány za jeden z hlavních zdrojů tiaminu. Vitamin B<sub>2</sub> (riboflavin) je obsažen v klíčku a v aleuronové vrstvě. Vitamin B<sub>3</sub> (nikotinamid) je zejména v pšenici a ječmenu obsažen v poměrně velkém množství. Vzhledem ke koncentraci v aleuronové vrstvě dochází při mlýnském zpracování k jeho značným ztrátám. Vitamin B<sub>5</sub> (kyselina pantotenová) se nachází v poměrně značném množství v krajních oblastech obilky, zejména u sklovitých pšenic. Vitamin C (kyselina askorbová) se v obilkách nenachází a tvoří se

teprve při klíčení. Z tohoto důvodu je soustředěn v klíčku. Vitamin A (retinol) je obsažen ve formě svého provitaminu  $\beta$ -karotenu v klíčku. Vitaminy skupiny D jsou obsaženy v obilkách pouze ve formě jejich prekurzorů. V obilovinách jsou významné hlavně vitaminy E (tokoferoly). Jsou obsaženy v zrně v poměrně značném množství, přičemž více než 50 % je koncentrováno v klíčku. Endosperm je prakticky neobsahuje. Zvláště bohaté na obsah tokoferolu jsou obilky pšenice a rýže. Je jedním z nejdůležitějších lipofilních vitaminů, jehož speciální funkcí je ochrana proti peroxidaci lipidů v biologických membránách. Nejvyšší antioxidační aktivitu *in vivo* vykazuje  $\alpha$ -tokoferol [1,16,17].

## 1.2 Anatomická stavba obilného zrna



Obr. 4 Anatomická stavba obilného zrna [5]

Podélný řez pšeničným zrnem se znázorněním jeho morfologických vrstev. Vrstva přicházející při mletí do otrub označena O, do mouky označena E, odstraňované s klíčkem K

Znalost anatomické stavby obilného zrna je důležitá nejen při jeho hodnocení, ale také při jeho skladování a následném zpracování. Každá obilka se skládá z endospermu, klíčku a obalů. Hlavní části obilky tvoří složitý celek, jehož jednotlivé složky mají různé strukturní, mechanické a fyzikálně-chemické vlastnosti [1].

Obalové vrstvy – *ektosperm* - tvoří cca 8 - 14 % hmotnosti zrna. Jsou tvořeny několika vrstvami buněk, jež chrání klíček a endosperm před vysycháním, poškozením, nepříznivými mechanickými a mikrobiálními vlivy. Podíl obalů stoupá s pluchtostí zrna. Obalové vrstvy mají dvě hlavní části – oplodí a osemení [1,4]. Oplodí (*perikarp*) tvoří: pokožka (*epidermis*), buňky podélné (*epikarp*), buňky příčné (*mesokarp*) a buňky hadicové (*endokarp*). Osemení (*perisperm, testa*) je tvořeno vrstvou barevnou a hyalinní (skelnou). Obalové vrstvy jsou cenným zdrojem vlákniny (celulózy a hemicelulózy) a minerálních látek (vápníku, železa, hořčíku, křemíku a fosforu). Vnější vrstvy (oplodí) jsou složeny převážně z nerozpustných polysacharidů typu celulózy s velkou mechanickou pevností, mohou sloužit jako zdroj nestravitelné vlákniny. Osemení je složeno rovněž z polysacharidů, které ale s vodou bobtnají nebo se částečně rozpouštějí a jsou schopny vodu pevně vázat. Další složkou, která tvoří obilná zrna jsou barviva, která nesou barevné buňky a určují tak barevný vzhled zrna [4,5].

Aleuronová vrstva se nachází mezi obalovými vrstvami a endospermem, tvoří asi 8 % z celého zrna a obsahuje především protoplasmatické bílkoviny, tuky, vitaminy a minerální látky. Technologicky bývá zahrnována do celkového endospermu. Obsahuje podstatně více bílkovin než ostatní endosperm, ale tyto bílkoviny nepatří většinou k lepkotvorným a nejsou nositelem pekařské síly mouky. Obilky pšenice mají pouze jednu aleuronovou vrstvu, kdežto obilky ječmene až tři vrstvy těchto buněk [1,4].

Endosperm zaujímá 84 – 86 % hmotnosti zrna. Je tvořen velkými hranolovitými buňkami s poměrně jemnou buněčnou stěnou, obsahuje hlavně škrob a bílkoviny. Vlastní moučné jádro je obaleno vrstvou aleuronových buněk, složených z bílkovin, tuků a minerálních látek. Endosperm je prakticky jakousi zásobárnou obilky. Má za úkol výživu zárodku až do doby, než je rostlina schopna se živit asimilací. Konzistence endospermu může být moučnatá, polosklovitá nebo sklovitá [1].

Klíček tvoří nejmenší, avšak přitom nejvíce kolísající podíl zrna. Například klíček kukuřičného zrna zaujímá 12 – 15 %, zatímco pšeničného pouze 3 %. Obsahuje mnoho účinných látek (tuky, sacharidy, bílkoviny atd.), aktivních enzymů a vitaminů. Všechny tyto látky jsou poměrně nestálé, což platí zejména o tucích. Zvlášť významný je štítek, obsahu-

jící až 33 % bílkovin. V klíčku se nalézá více než 60 % vitamínu B<sub>1</sub> a značná část vitamínu E. Pro vysoký obsah cenných látek jsou klíčky důležitou surovinou pro výrobu léčivých a výživných koncentrátů [1].

Tab. 2 Zjištěná maximální rozmezí hmotnostních podílů částí zrna pšenice [5]

Část zrna	Rozmezí podílů (hm.%)
Oplodí a osemení (bez hyalinní vrstvy)	3,5 - 9,5
Aleuronová a hyalinní vrstva	4,6 - 10,4
Endosperm	80,1 - 88,5
Klíček	2,3 - 3,6

Tvary a přibližné rozměry zrna nejdůležitějších obilovin (upraveno podle Kent N.L. 1984) jsou uvedeny v Příloze II.

## 2 CHARAKTERISTIKA ANALYZOVANÝCH OBILOVIN A RÝŽE

### 2.1 Obiloviny

Obiloviny patří do čeledi lipnicovité (*Poaceae*), řádu lipnicokvěté (*Poales*). Jsou to jednoleté i víceleté byliny se svazčitým kořenovým systémem. Stonek nazývaný stéblo je složen z dlouhých dutých článků (internody) a kolének (nody), kde dochází k prodlužování, tedy růstu celé rostliny. Většina druhů vytváří několik odnoží. Pochva listů vyrůstající z kolének přechází v listovou čepel s rovnoběžnou žilnatinou. Na rozhraní pochvy a čepele vyrůstá jazýček a čepel je zakončena ouškou. Tvar jazýčku a oušek může být rozlišovacím znakem některých obilnin (pšenice, ječmen, žito, oves). Obilniny rozdělujeme podle morfologických a fyziologických vlastností do dvou skupin (Příloha I).

Pšenici stavíme na první místo mezi obilninami, protože zabezpečuje výživu převážné části lidstva na naší planetě. Pšenice je vedle rýže nejpoužívanější obilovinou v lidské výživě. Obiloviny jsou hlavní surovinou pro výrobu potravin, slouží i pro výživu hospodářských zvířat a malé množství se zpracovává technicky, např. pro výrobu škrobu a lihu. Podle údajů FAO (Food and Agriculture Organization, Organizace spojených národů pro výživu a zemědělství se sídlem v Římě) dodávají obiloviny lidstvu téměř polovinu energetické hodnoty ve stravě a polovinu konzumovaných bílkovin.

Konzum pšenice je z dietetického hlediska příznivý svým poměrem základních výživných látek sacharidů a bílkovin, u tmavé mouky i vlákniny, minerálních látek a vitaminů [4,18,19].

#### 2.1.1 Špalda loupaná

Pšenice špalda (*Triticum spelta* L.) staročesky nazývaná samopše, je historickým obilným druhem. Původ špaldy a její vznik není dosud jasný. Pšenice špalda je jednou z nejstarších a nejkvalitnějších kulturních obilnin. Její obilky jsou pevně uzavřeny v pluchách, které je chrání před plísněmi a imisemi. Pro konzumaci se pluchy šetrně odstraňují. Připravují se z ní těstoviny, vločky pro müsli. Z mouky se připravuje mnoho druhů pečiva, chleba, palačinky, krupice na kaše, kávové náhražky, pivo a celá zrna pro makrobiotickou stravu [18,20].

Tato prastará nešlechtěná obilovina je výjimečná svým složením a zajímavou ořechovou chutí. Vzhledem k většímu podílu aleuronové vrstvy obsahuje pšenice špalda v průměru

12 – 14 % bílkovin, což je více ve srovnání s pšenicí setou (10 – 12 %). Obsah lepku se pohybuje v rozmezí 35 – 45 % a jeho kvalita je vysoká. Pšenice špalda je výborným zdrojem některých vitaminů skupiny B, především tiaminu, riboflavinu, ale také niacinu. Zajímavý je obsah  $\beta$ -karotenu a tiokyanátu, který působí regeneračně na tělní buňky a chrání je proti infekcím. Vyšší je obsah draslíku důležitého pro regulaci osmotického tlaku v buňkách, síry i hořčíku. Potravinářská vláknina špaldy má jemnou strukturu vláken, je velmi dobře snášena a podporuje trávení a střevní peristaltiku. Špalda obsahuje relativně hodně nenasycených mastných kyselin [21].

Špalda patří k pěstitelsky nejméně náročným obilovinám. Vyznačuje se odolností vůči nepříznivým klimatickým podmínkám, chorobám a škůdcům. Vzhledem k nenáročnosti na hnojení a ochranu proti škodlivým činitelům je vhodná pro ekologické zemědělství [22].

Tab. 3 Obsah energie a výživných látek v pšenici seté a ve špaldě (Speit – Uhrveden 1993) [18]

	Pšenice špalda	Pšenice setá
Energetická hodnota (%)	1604,0	1473,0
Bílkoviny (%)	14,3	10,2
Tuky (%)	2,9	2,0
Sacharidy (%)	74,5	72,0
Popeloviny (%)	1,7	1,5
Vitamin B <sub>1</sub> (mg)	0,7	0,4
Vitamin B <sub>2</sub> (mg)	0,2	0,1
Niacin (mg)	0,6	0,4
Draslík (mg)	385,0	384,0
Vápník (mg)	38,0	40,0
Železo (mg)	4,2	3,5
Hořčík (mg)	0,6	0,3
Zinek (mg)	3,4	2,8

### 2.1.2 Grünkern

Grünkern je pěstován v poměrně malé oblasti v jižním Německu kolem města Boxberg. Výroba grünkernu má již svou historii. Grünkern vzniká ze *špaldy* tímto způsobem: zrno se sklízí ještě zelené, v tzv. mléčné zralosti, dále se restuje nad ohněm z bukového dřeva. Díky sklizni v nezralém stavu je uzená špalda obzvlášť bohatá na vitaminy skupiny B, obsahuje málo lepku a má významné množství draslíku, fosforu, hořčíku a železa. Neobsahuje žádný cholesterol, nenadýmá, je lehce stravitelná a výtečně se tak hodí pro dietní kuchyni [20,23].



Obr. 5 Grünkern [24]

### 2.1.3 Špaldové kernotto

Jedná se o kroupy vznikající loupáním a šetrným obroušením zrn pšenice špaldy. Špaldové kernotto se podobá zrnu, ale je obroušené od tvrdé obalové vrstvy, a proto není nutné kernotto před vařením namáčet. Po uvaření vypadá jako ječné kroupy, které známe z jitrnic nebo polévek. Kernotto se může použít všude tam, kde je vhodné i zrno, usnadní se tak příprava špaldových pokrmů. Vyniká chuťovými vlastnostmi, vysokou nutriční hodnotou a rychlou přípravou zcela nahrazuje rýži. Výhodou kernotta je krátká doba přípravy [25].

### 2.1.4 Pšenice ozimá (*Triticum aestivum*)

Pšenice ozimá je obilovina s velmi dobrou klíčivostí. Má vysoký obsah vlákniny a některých biologicky cenných látek jako jsou vitaminy B, vitamin E, karoten, z minerálů draslík, fosfor, hořčík, křemík a vápník. V mnohých zemích stojí dlouhodobě pšenice na prvním místě v pěstování. Tvoří základ výživy, proto je nejdůležitější hospodářskou obilninou. Výhodami jsou rovněž jednoduchá skladovatelnost a dlouhá trvanlivost [26].





Obr. 6 Pšenice ozimá [27]

### 2.1.5 Kamut

Kamut (*Triticum turgidum* subsp. *polonicum*) patří k nejstarším druhům obilí a pochází z divoce rostoucí pšenice. Dnes se jedná o kulturní formu tvrdé pšenice. Kamut, pšenice jednozrnka i pšenice dvouzrnka, patří k rodu pšenic a tyto plodiny jsou stejně jako měkká pšenice, špalda a tvrdé pšenice samostatným druhem. Zrno kamutu je dvakrát tak velké, než je normální pšeničné zrno. Kamut obsahuje až o 40 % více bílkovin a prokazatelně více nenasyceným mastných kyselin a minerálů než moderní druhy pšenice. Obsahuje také například o 30 až 35 % více hořčíku a zinku než jiné druhy obilí. Kromě toho má kamut zvláště vysoký obsah stopového prvku selenu. Kromě vyšších nutričních hodnot, kamut také působí preventivně proti alergiím [28].

## 2.2 Rýže

Rýží se rozumí zrna získaná z kulturní rostliny rýže seté (*Oryza sativa* L.) a jejích odrůd. Rýží neloupanou se dále rozumí neloupané obilky rýže s celistvou vrchní slupkou, rýží pololoupanou (natural) se rozumí zrna rýže zbavená vrchní slupky (pluchy). Pojmeme loupaná rýže se rozumí zrna rýže zbavená všech částí oplodí a osemení a částečně i klíčků. Rýže dlouhozrná má zrno průměrně 6 mm dlouhé a poměr jeho délky a šířky je zpravidla více než 3. Rýže střednězrná má průměrnou délku zrna 5,2 až 6 mm a poměr délky a šířky zrna je zpravidla nižší než 3. Kulatozrná rýže má průměrnou délku zrna menší než 5,2 mm a poměr délky a šířky zrna je méně než 2 [29].

### 2.2.1 Parboiled rýže

Rýže Parboiled (někdy označovaná jako vaporizovaná, podle terminologie EU rovněž předpařená) je v poslední době velmi oblíbená. Rýže se upravuje patentovaným technologickým postupem, vyvinutým v USA zhruba před padesáti lety. Jedná se o čtyřfázovou hydrotermickou úpravu zrna, při níž se po namáčení neloupané rýže (paddy) působením vysokotlaké páry „vtlačí“ dovnitř zrna rozpuštěné vitaminy a minerální látky z povrchových vrstev. Takto opracované zrno se potom zpracovává stejně jako běžné druhy rýže, tzn. loupáním a leštěním, ovšem vitaminy a minerální látky v zrnu zůstávají. Působením zvýšené teploty se mění i struktura škrobu, což se projeví na vařivosti – rýže je velmi kyprá, nelepí se a udržuje si sypkou konzistenci i po delším vaření nebo stání při zvýšené teplotě. V úpravě parboiled se prodává i rýže natural. Parboiled rýže je z výživového hlediska hodnotnější. Její energetický obsah je jen nepatrně vyšší, ale obsah vitaminů skupiny B, včetně niacinu a kyseliny listové, je v porovnání s běžnou loupanou rýží údajně téměř dvojnásobný. Pokud jde o množství minerálních látek, expertní studie se shodují, že u sodíku a draslíku jsou hodnoty zhruba stejné jako u běžné rýže. Zatímco hořčík a fosfor vykazuje mírné navýšení, obsah vápníku a železa dosahuje oproti klasické loupané rýži téměř dvojnásobku [30,31,32].

### 2.2.2 Kulatozrná rýže

Tato rýže vstřebává hodně vody, je kypré až krémovité konzistence. Zástupcem kulatozrných rýží je bílá a černá lepkavá rýže, která je typická pro Japonsko a Vietnam. Tyto lepkavé rýže se vyznačují rozdílnou tepelnou přípravou. Po uvaření je rýže nasládlá [2,33].

### 2.2.3 Indiánská rýže

Indiánská rýže (*Zizania aquatica*) jinak nazývaná divoká, vodní nebo planá, má podlouhlé černohnědé obilky. Tato rýže roste v oblasti Velkých jezer v Severní Americe. Zrna při vaření lehce nachovějí a po uvaření se vyznačují lahodnou oříškovou chutí a nezaměnitelnou konzistencí. Její nutriční hodnota je poměrně vysoká, obsahuje zejména vitaminy skupiny B a draslík, dále je významným zdrojem vlákniny [2,34].

#### 2.2.4 Basmati rýže

Rýže Basmati je nejrozšířenějším druhem rýže, která se vyznačuje jemnou chutí a vůní s oříškovým nádechem. Do ČR se dováží až v poslední době, a tak se s ní spotřebitelé teprve seznamují a zvykají si na její poněkud vyšší ceny. Velkou popularitu si získala v Indii, kde se používá pro přípravu pokrmu "biriyani". Nejjemnější odrůda této rýže pochází z Himálají, z polí u břehu Brahmaputry. Rýže basmati je právem pokládána za "královnu rýže". Long-grain rýže roste kromě Indie také v Pákistánu a Íránu, kde vždy jeden rok "stárne", aby se rozvinula její plná vůně. U této hnědé nebo bílé rýže se také vysoce cení právě už zmíněné oříškové aroma a chuť. Zrna se po uvaření nelepí, rýže je sypká a kyprá [2,35].

#### 2.2.5 Natural rýže

Rýže Natural je loupaná, ale neleštěná rýže, nezbavená klíčku a části vlákniny, bohatá na vitaminy a minerální látky. V zahraničí se jí říká hnědá rýže (braun rice) nebo přírodní rýže. Je to velmi vyvážená obilnina s dobře využitelnými bílkovinami. Má příjemnou chuť a nevyžaduje tak výrazné ochucování jako rýže bílá. Rýže Natural je také důležitým základem některých diet (diabetické, protialergické apod.). Polysacharidy této rýže se tráví rovnoměrněji než například polysacharidy brambor [36].

#### 2.2.6 Dlouhozrnná rýže

Mezi nejpopulárnější druhy rýže patří rýže dlouhozrnná. Má jemnou chuť a je vymílaná, aby se odstranily zevní slupky. Hnědá dlouhozrnná rýže má výraznější chuť a po minimálním vymíláním jí zůstává určitá vrstva otrub. Obsahuje proto víc vitamínů, minerálů a vlákniny než rýže bílá, a je proto hodnotnější [2].

#### 2.2.7 Sushi rýže

Pravá japonská lepivá rýže má kulatá zrna. Náhražkově se dá použít rýže kulatá italská nebo kalifornská dlouhozrnná rýže. V žádném případě nelze použít rýži předvařenou. Před přípravou se rýže vícekrát propláchně čerstvou vodou a nechá okapat [37].

### 3 PRINCIPY METODIK POUŽITÝCH V EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

#### 3.1 Mineralizace mokrou cestou

Klasický mokrý rozklad se provádí ve směsi koncentrovaných minerálních kyselin za zvýšené teploty a při atmosférickém tlaku. Biologická matrice je oxidována příslušnými činidly a probíhající chemické reakce lze popsat dvěma kroky. Nejprve je rozrušena struktura matrice kyselou hydrolyzou a její meziprodukty jsou následně oxidovány. Rychlost reakce je závislá na reakční teplotě a na event. přidaných katalyzátorech. Rozklad probíhá za nižších teplot nežli u suchého rozkladu, neboť maximální teplota je určena bodem varu oxidčních činidel či jejich směsí. Jako činidla jsou nejčastěji používána především samotná  $\text{HNO}_3$  a reakční směsi:  $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$  nebo směs  $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Mokrý rozklad může probíhat:

- a) v otevřeném systému s konvenčním ohřevem (např. kovový blok, topná deska) nebo s mikrovlnným ohřevem (např. STAR System 2),
- b) v uzavřeném systému také s konvenčním nebo mikrovlnným ohřevem.

Mokrý rozklad v otevřeném systému pro mineralizaci biologického materiálu používá klasické nádoby (kádinky, Erlenmeyerovy a Kjeldahlovy baňky s kulatým dnem). Konvenčním ohřevem jsou např. písková lázeň, kovový vyhřívaný blok, horkovzdušná sušárna, topná deska, topné hnízdo, IČ lampa. Ohřev reakční směsi je zajištěn konvekcí nebo radiací. Tento způsob přímého ohřevu je energeticky i časově náročný, neboť než začne probíhat vlastní rozkladný proces, musí se zahřát rozkladná aparatura. Po ukončení rozkladu je nutno počítat s časovou prodlevou pro chlazení celého rozkladného systému. Mokrý rozklad v otevřeném systému prováděný pod zpětným chladičem podstatně sníží spotřebu reakčních činidel a sníží možnost ztrát analytu.

Rozklad v uzavřeném systému je obecně mnohem výhodnější, neboť umožňuje zabránit ztrátám těkavých prvků, téměř zamezit kontaminaci z vnějších zdrojů a v neposlední řadě se u těchto postupů snižuje spotřeba reakčních činidel [38].

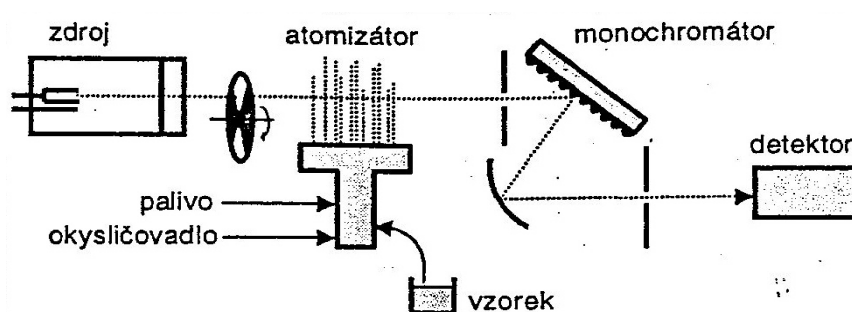
### 3.2 Atomová absorpční spektrometrie

Principem metody je měření úbytku intenzity záření, který je způsobován absorpcí volnými atomy stanovovaného prvku. Volné atomy vznikají v plameni při zavádění aerosolu roztočku zkoumané látky. Záření prochází plamenem, monochromátorem se izoluje rezonanční čára stanovovaného prvku a výsledný světelný tok se měří detektorem. Pro mnohé účely potravinářské analýzy lze použít vzorků přímo bez předchozí úpravy, většinou se však vychází z mineralizátu. Citlivost značně závisí na stanovovaném prvku (Příloha III.).

Je nutno jako zdroj záření použít stejný prvek, jaký chceme stanovovat. Ten nám emisí záření bude poskytovat právě požadované vlnové délky. Absorbovat se bude pouze část záření, která svými vlnovými délkami odpovídá rezonančním čarám. Rezonančních čar je mnohem méně než emisních, proto je absorpční spektrum jednodušší než emisní. Pro měření se vybere čára, pro kterou je splněna největší absorpce záření. Sleduje se absorbance, která je podle Lambertova-Beerova zákona přímo úměrná koncentraci stanovovaného prvku:

$$\log \frac{I_0}{I}, \quad (1)$$

kde  $I_0$  je intenzita budícího záření a  $I$  je intenzita záření po průchodu absorbujícím prostředím (plamenem) [39,40].



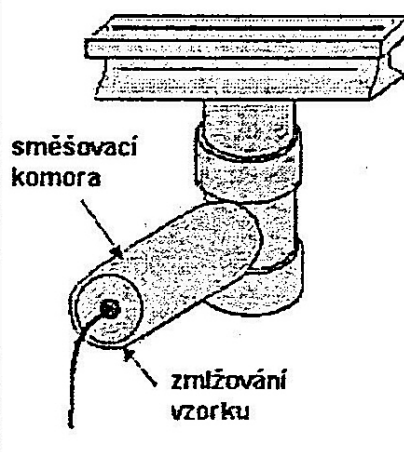
Obr. 7 Schéma jednopaprskového atomového absorpčního spektrometru [40]

### 3.2.1 Přístroje a pomocná zařízení

Čárovým zdrojem je výbojka s dutou katodou. Katodou je dutý váleček ze stejného kovu, který se stanovuje, anodou je wolframový nebo molybdenový drát. Lampa obsahuje argon (neon). Po vložení napětí 400 V vyvolá doutnavý výboj, při němž vznikají ionizované atomy vzácného plynu, které bombardují kov. Uvolněné atomy kovu se srážkami excitují a při deexcitaci vysílají potřebné záření.

Atomizátor slouží k převedení vzorku do stavu volných atomů. Jeho teplota by měla být dostatečná k atomizaci, ale nižší než je třeba k výraznější excitaci atomů. Potřebná teplota je zpravidla 2000 až 3000 °C.

Plamenový atomizátor pracuje na principu pneumatického zmlžování nebo ultrazvukového rozprašování roztoku vzorku. Aerosol vzorku je smísen s topným plynem a oxidovadlem a je vnášen do plamene, kde se atomizuje. Plamen je dlouhý 10 až 12 cm, aby absorpční dráha byla co nejdelší. Podle druhu paliva a oxidovačidla se dosahuje různých teplot. Příklady kombinací jsou propan – vzduch (1900 °C) nebo acetylen – oxid dusný (3000 °C). Tento atomizátor umožňuje měřit stálý signál [40].



Obr. 8 Plamenový atomizátor [40]

### 3.2.2 Atomový absorpční spektrofotometr GBC 933 AA

Model GBC 933 AA je jednopaprsková verze atomového absorpčního spektrofotometru. Zdrojem záření je výbojka s dutou katodou, jejíž zářivý tok je modulován elektricky přerušováním napájecího proudu přesně stanovenou frekvencí, se kterou je elektronicky synchronizován frekvenčně laděný zesilovač. Přístroj je vybaven mřížkovým monochromáto-

rem střední disperze s fokální vzdáleností 333 mm. Šířka vymezeného spektrálního intervalu je v rozmezí 0,2 - 1 nm. K detekci relativních intenzit je přístroj vybaven univerzálním fotonásobičem s pracovním rozsahem 185 - 900 nm [41].

### 3.2.3 Analyzátor AMA 254

Advanced Mercury Analyser AMA 254 je jednoúčelový atomový absorpční spektrofotometr pro stanovení rtuti. Je určen pro přímé stanovení obsahu rtuti v pevných a kapalných vzorcích bez potřeby chemické přípravy vzorku (mineralizace apod.). Využitím techniky generování par kovové rtuti s následným zachycením a obohacením na zlatém amalgátoru se dosahuje mimořádně vysoké citlivosti stanovení a nezávislosti výsledku stanovení na matrici vzorku. Nosným plynem je kyslík. Po navážení je vzorek v přístroji vysušen, spálen v proudu kyslíku a až poté následuje krok měření [42,43].

Funkční schéma přístroje je uvedeno v Příloze IV.



Obr. 9 Analyzátor AMA 254 [43]

## 3.3 Stanovení celkového obsahu dusíkatých látek

Model Pro-Nitro 1430 je automatická destilační jednotka pro stanovení organického dusíku podle Kjeldahla. Z mineralizátu bílkovinného materiálu se amoniak, uvolněný ze síranu amonného koncentrovaným roztokem NaOH, předestiluje s vodní parou v destilačním přístroji do roztoku kyseliny trihydrogenborité. Vzniklý boritan amonný se stanoví titračně odměrným roztokem kyseliny chlorovodíkové na indikátor Tashiro. Analyzátor provádí titraci s kolorimetrickou detekcí v průběhu destilace. Tento způsob umožňuje větší přesnost výsledků [44,45]. Pro stanovení celkového obsahu dusíku byla použita také Parnas-Wagnerova aparatura.

## 4 PŘEHLED STANOVOVANÝCH MINERÁLNÍCH LÁTEK A TĚŽKÝCH KOVŮ

### 4.1 Minerální látky

#### 4.1.1 Vápník

Vápník je z kvantitativního hlediska hlavní minerální složkou v lidském těle. Jeho celkový obsah činí asi 1500 g, přičemž 99 % z tohoto množství je obsaženo v kostech a zubech ve formě fosforečnanu vápenatého. Vápenaté ionty jsou také obsaženy v krvi, kde ovlivňují krevní srážlivost, mají význam pro funkci dráždivých struktur (nedostatek způsobuje tetanické křeče). Vápník se pravděpodobně podílí na regulaci transportu iontů buněčnými membránami, je nezbytný pro aktivaci některých enzymů, jako *pankreatické lipázy*, *fosfolipázy* apod. Pokud je nedostatek vápníku v kostech, vzniká osteomalacie, v dospělosti a ve vyšším věku osteoporóza. Resorpce vápníku i hořčíku z potravy probíhá v tenkém střevu. Stupeň resorpce vápníku je nižší, asi 5 - 15 % a je značně závislý na chemické formě vápníku a na složení stravy. Pro porovnání, stupeň resorpce vápníku ze špenátu, kde je převládající formou oxalát vápenatý, bývá jen 2 - 5 %. Z pšeničného chleba (obsahuje jako hlavní sloučeninu vápníku fyтин) se resorbuje asi 40 % a ze zelí (hlavní formou jsou vápenaté soli organických kyselin, zejména citrónové) 40 až 70 % přítomného vápníku. Vyšší obsah bílkovin v dietě zvyšuje resorpci vápníku. Nejvýznamnějším zdrojem vápníku je mléko a mléčné výrobky, dále to jsou jahody, květák, brokolice (hlavně za syrova). Doporučené denní dávky vápníku jsou 400 – 500 mg u dětí do 1 roku, 800 – 1200 mg u starších dětí a adolescentů, 800 mg u dospělých a 1200 mg u těhotných a kojících žen [6,46,47,48,49].

#### 4.1.2 Hořčík

Obsah hořčíku v těle dospělého člověka činí asi 25 – 40 g. Z toho připadá asi 60 % na obsah v kostech. Nejvyšší koncentrace hořčíku v měkkých tkáních se nacházejí v *pankreasu*, játrech a v kosterním svalstvu. V krvi a v extracelulárních tekutinách je obsaženo pouze 1 % z celkového množství hořčíku v organismu. Hořčík je nezbytný pro řadu důležitých enzymových reakcí. Je buď aktivátorem, nebo přímo součástí prostetické skupiny mnoha enzymů. Hořčík je též důležitý pro všechny enzymové děje spojené s oxidativní fosforylací,



enzymové děje, na kterých se podílí jako koenzym tiamindifosfát apod. Účast hořčíku je též prokázána v metabolismu lipidů a bílkovin. V zelených rostlinách je převážná část hořčíku vázána jako centrální atom v chlorofylu, látky nezbytné pro fotosyntetické děje. V obilninách a luštěninách je hořčík též přítomen ve fytinu, tj. vápenato-hořečnaté soli inositol-hexafosforečné kyseliny (fytinové kyseliny). Nedostatek hořčíku, zvláště při nadbytku vápníku, vede ke zvýšení dráždivosti, velký nadbytek naopak způsobuje útlum nervové činnosti. Účinnost resorpce hořčíku ze stravy činí při normální dávce hořčíku u zdravého člověka asi 40 – 50 %. Z potravy chudé na hořčík se tento prvek vstřebává více. Nadbytečné množství je z těla vylučováno močí. Fytová kyselina a některé složky vlákniny potravy také snižují resorpci hořčíku. Na rozdíl od potravin rostlinného původu jsou potraviny původu živočišného poměrně chudým zdrojem hořčíku. Významným zdrojem jsou zelené části rostlin, celozrnné pečivo, obiloviny, brambory a některé minerální vody. Doporučené denní dávky hořčíku jsou 50 – 70 mg pro děti do 1 roku, 150 – 200 mg pro děti do 6 let, 350 mg pro dospělé muže a 300 mg pro dospělé ženy. Během těhotenství a kojení by ale denní dávka hořčíku měla být zvýšena na 450 mg [6,46,49,50,51].

Obsah vápníku a hořčíku ve významných potravinách je uveden v Příloze V.

## 4.2 Těžké kovy

Distribuce kovů v jednotlivých částech rostlin je nerovnoměrná. Pokud je listový příjem oproti kořenovému zanedbatelný (málo znečištěné lokality), klesají obvykle koncentrace těchto prvků v řadě: kořeny > listy > stonky > plody > semena. Tyto faktory je třeba vzít v úvahu při hodnocení obsahu toxických prvků v rostlinách, neboť pouze určité části některých rostlin jsou konzumovány býložravými živočichy a pouze určité části kulturních rostlin jsou zpracovávány pro potravinářské nebo krmivářské využití a tak v nich obsažené chemické prvky vstupují do dalších článků potravního řetězce. Z hlediska vstupu toxických prvků do potravních řetězců je důležitý nejenom jejich obsah v půdě, ale také přístupnost pro rostliny. Pro hodnocení výskytu jednotlivých kontaminujících látek v potravinách se používá nejvyšší přípustné množství (NPM), při jehož překročení je potravina a potravinová surovina vyloučena z oběhu nebo přípustné množství (PM). Podmínky posouzení potravin podle této limitní hodnoty se řídí limitní hodnotou stanovenou pro kontaminující látku histamin [46,52].

#### 4.2.1 Olovo a kadmium

Obsah olova a kadmia v ovzduší je místně proměnlivý. V málo znečištěných oblastech vzduch obsahuje  $0,005 - 0,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  olova a  $0,0001 - 0,002 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  kadmia. Naproti tomu ve velkých městech byl zjištěn obsah olova  $0,2 - 5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  a obsah kadmia  $0,007 - 0,05 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Obsah olova v nekontaminovaných půdách se pohybuje v rozmezí  $5 - 40 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  sušiny, obsah kadmia v rozmezí  $0,2 - 1 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  sušiny. Ve znečištěných lokalitách mohou být tyto koncentrace podstatně vyšší. Obsah olova a kadmia v potravinách je malý a velmi proměnlivý. Přehled obsahu těchto kovů v potravinách je uveden v Příloze VI. Vědecký výbor pro potraviny schválil tolerovaný týdenní příjem olova  $25 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  tělesné hmotnosti a kadmia  $7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  tělesné hmotnosti navržený Světovou zdravotnickou organizací (WHO, World Health Organization). Olovo a kadmium vstupují do organismu nejen v potravě prostřednictvím trávicího ústrojí, ale také plícemi. U kuřáků je podíl inhační expozice při příjmu kadmia srovnatelný s příjmem tohoto prvku potravou (obsah Cd v tabáku je asi  $1 - 2 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Účinnost resorpce olova u dospělých se odhaduje na 10 %. Dětský organismus resorbuje 40 – 50 % olova z potravy. Při intoxikaci olovem nebo kadmiiem mohou být poškozeny ledviny a játra. Olovo navíc poškozuje krev, nervový a kardiovaskulární systém. Kadmium vykazuje teratogenní a karcinogenní účinky, poškozuje pohlavní orgány a má vliv na krevní tlak. Při otravách kadmiiem dochází také k dekalifikaci, řídnutí a ztenčování kostí. V 50. letech došlo v Japonsku k hromadné otravě ze silně kontaminované rýže (obsah kadmia  $1 - 3 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Choroba byla nazvána Itai-Itai [46,53,54,55,56].

Tab. 4 NPM a PM olova v potravinách [57]

Potraviny	OLOVO	
	NPM $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	PM $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$
Obiloviny	-	0,2
Mouka	0,2	-
Mouka celozrnná	0,2	-
Otruby	0,7	-
Krupice	-	0,1
Ovesné vločky	0,2	-
Kroupy	0,2	0,3
Jáhly	0,2	-
Triticale	0,2	-
Kukuřice	-	0,5
Rýže	0,5	-

Tab. 5 NPM a PM kadmia v potravinách [57]

Potraviny	KADMIUM	
	NPM mg.kg <sup>-1</sup>	PM mg.kg <sup>-1</sup>
Obiloviny kromě otrub, klíčků, pšeničného zrna a rýže	0,1	-
Otruby, klíčky, pšeničné zrna, rýže	0,2	-
Mouka kromě pšeničné	-	0,1
Mouka pšeničná	-	0,2
Krupice	0,1	-
Chléb, pečivo	0,07	-
Pečivo celozrnné	0,1	-
Ovesné vločky	-	0,1
Kroupy	-	0,1
Jáhly	-	0,05
Triticale	-	0,05
Kukuřice	-	0,1

#### 4.2.2 Rtuť

Ke vstupu rtuti do životního prostředí přispívají hlavně vulkanická činnost, spalování uhlí a použití rtuti v průmyslu a zemědělství a manipulace s odpady. Obsah rtuti v ovzduší velkých měst se pohybuje v jednotkách až desítkách ng.m<sup>-3</sup>. Koncentrace rtuti v nekontaminovaných půdách se pohybují v rozmezí 0,02 – 0,2 mg.kg<sup>-1</sup>. Vzhledem k nízké mobilitě v půdě přechází rtuť z půdy do rostlin jen málo. Koncentrace rtuti ve většině potravin se pohybují v desetitisícinách až setinách mg.kg<sup>-1</sup>. Přehled obsahu rtuti v potravinách je uveden v Příloze VI. Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA, European Food Safety Authority) schválil tolerovatelný týdenní příjem rtuti a metylrtuti 1,6 µg.kg<sup>-1</sup> tělesné hmotnosti. Na příjmu rtuti dietou se rozhodující měrou podílí konzumace ryb. Z potravy se resorbuje v tenkém střevě asi 7 % přítomné rtuti. Rtuť se hromadí ve vlasech a nehtech. Hlavními orgány, které jsou poškozeny při intoxikaci rtuťí a jejími sloučeninami, jsou ledviny a mozek. Riziko poškození plodu nastává již u matek, u kterých koncentrace rtuti ve vlasech dosáhne asi 15 – 20 mg.kg<sup>-1</sup>. Přitom příznaky otravy se u dospělých jedinců objevují až při koncentracích rtuti ve vlasech vyšších než 30 mg.kg<sup>-1</sup>. Při otravě rtuti se objevuje zvýšené slinění, kovová chuť v ústech, otoky dásní, ztráta chuti k jídlu, vypadávání zubů, nespavost, svalový třes, zvracení, průjem, únava, ztráta sebekontroly a svalová slabost [46,56,58].

Tab. 6 NPM a PM rtuti v potravinách [57]

Potraviny	RTUŤ	
	NPM mg.kg <sup>-1</sup>	PM mg.kg <sup>-1</sup>
Obiloviny	-	0,05
Mouka	0,03	-
Mouka celozrnná	-	0,01
Otruby	-	0,03
Krupice	-	0,02
Ovesné vločky	-	0,03
Kroupy	-	0,02
Jáhly	-	0,02
Triticale	-	0,02
Kukuřice	-	0,02
Rýže	0,03	-

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 METODIKA

### 5.1 Použité chemikálie

Koncentrovaná kyselina sírová (96 hmot.%, Chemapol Praha)

Kyselina sírová ( $0,025 \text{ mol.dm}^{-3}$ )

Peroxid vodíku (30 hmot.%, dodavatel Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)

Kyselina dusičná (65 hmot.%, Chemapol Praha)

Kalibrační standard prvků (univerzálně používané pro AAS, ASTASOL, Analytika Co.)

Dusičnan strontnatý (Lachema Brno)

Hydroxid sodný (30 hmot.%, dodavatel Ing. Petr Švec Penta, Chrudim)

Kyselina boritá (2 hmot.%, Lach-Ner, s.r.o., Neratovice)

Kyselina chlorovodíková ( $0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ )

Tashirův indikátor (UTB, Zlín, ČR)

Destilovaná a redestilovaná voda

### 5.2 Použité přístroje a pomůcky

Mineralizátor (Bloc Digest 12) s přídatným zařízením umožňující odsávání par

Mineralizační hnízda (Digesdah)

Analytické váhy řady AFA/LC (AFA – 210 LC)

Chladnička (Whirlpool AFG 7)

Tyčový mixér (Braun)

Třecí miska

Parnas-Wagnerova aparatura

Topné hnízdo LTHS 2000

Titrátor (Titronic basic)

Běžné laboratorní sklo a pomůcky

Speciální zařízení:

Analyzátor AMA 254 (Advanced Mercury Analyser)

- princip: atomová absorpční spektrometrie
- uspořádání: jednopaprskový přístroj, sériové uspořádání měřících kyvet
- zdroj záření: nízkotlaká rtuťová výbojka
- detektor: křemíková UV dioda
- řízení přístroje: počítač PC 386 a vyšší

Atomový absorpční spektrometr

- AVANTA, výrobce GBC Austrálie, GBC 933A
- atomizátor: grafitová kyveta (GBC GF 3000, výrobce GBC Austrálie)
- katodová lampa pro olovo (Photron lamps, Austrálie)
- katodová lampa pro kadmium (Photron lamps, Austrálie)
- katodová lampa pro vápník (Photron lamps, Austrálie)
- katodová lampa pro hořčík (Photron lamps, Austrálie)
- řízení přístroje: PC (operační software GBC 906/908/909 AA, Austrálie)

Automatická destilační jednotka pro stanovení organického dusíku podle Kjeldahla

- O.K. SERVIS BioPro, s.r.o., Pro-Nitro 1430
- příkon 2000 W
- rozsah měření 0,1 – 200 mg dusíku

### 5.3 Použité vzorky

Ke stanovení těžkých kovů a minerálních látek pomocí AAS byly použity vzorky obilovin a rýže, které byly uloženy v temnu při laboratorní teplotě. Obiloviny byly získány přímo od výrobce Pro-Bio, s.r.o., Staré Město. Rýže byla získána z obchodní sítě. Pro stanovení bylo použito pět vzorků obilovin a sedm vzorků rýže.

## 5.3.1 Obiloviny





Tab. 7 Vzorky obilovin použité při stanovení

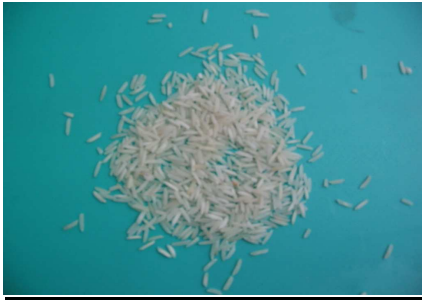


Vzorek	Výrobce	Země původu	Obrázek
1. Špaldové kernotto - obal PVC - teplota skladování do 25 °C - hmotnost: 500g	PRO-BIO, s.r.o.	Česká republika	
2. Grünkern - obal PVC - teplota skladování do 25 °C - hmotnost: 300 g	PRO-BIO, s.r.o.	Rakousko	
3. Špalda loupaná - obal PVC - teplota skladování do 25 °C - hmotnost 1 kg	PRO-BIO, s.r.o.	Slovensko	
4. Kamut - obal PVC - teplota skladování do 25 °C - hmotnost: 500 g	PRO-BIO, s.r.o.	Kanada	
5. Pšenice ozimá - obal PVC - teplota skladování do 25 °C - hmotnost: 1 kg	PRO-BIO, s.r.o.	Česká republika	



## 5.3.2 Rýže

Tab. 8 Vzorky rýže použité při stanovení

Vzorek	Výrobce	Země původu	Obrázek
1. Rýže Parboiled s Indiánskou rýží - papírový obal - teplota skladování do 25 °C - hmotnost: 500 g	Lagris, a.s.	Itálie	
2. Rýže kulatozrná - obal PVC - teplota skladování do 25 °C - hmotnost: 1 kg	La Food, s.r.o.	Itálie	
3. Sushi rýže - papírový obal - teplota skladování do 25 °C - hmotnost: 500 g	Lagris, a.s.	Itálie	
4. Rýže Parboiled - obal PVC - teplota skladování do 25 °C - hmotnost: 1 kg	Lagris, a.s.	Itálie	

Vzorek	Výrobce	Země původu	Obrázek
5. Rýže Basmati - papírový obal - teplota skladování do 25 °C - hmotnost: 500 g	Lagris, a.s.	Itálie	
6. Rýže dlouhozrná - obal PVC - teplota skladování do 25 °C - hmotnost: 1 kg	La Food, s.r.o.	Itálie	
7. Rýže Natural - obal PVC - teplota skladování do 25 °C - hmotnost: 500 g	Lagris, a.s.	Itálie	

## 5.4 Stanovení těžkých kovů v obilovinách a rýži atomovou absorpční spektrometrií

### 5.4.1 Stanovení rtuti analyzátozem AMA 254

Pět vzorků obilovin a sedm vzorků rýže, uvedených v tabulkách 6 a 7, bylo naváženo na analytických vahách s přesností na 0,0001 g, navážka vzorků byla 0,1 g. Od každého vzorku byly naváženy tři navážky. Následně byly vzorky vloženy do analyzátoru AMA 254 a byla provedena analýza. Měření bylo provedeno podle příručky AMA 254 (Advanced Mercury Analyser) [42]. Výsledky stanovení obsahu rtuti v obilovinách a v rýži jsou uvedeny v kapitole 6.2.1.

### 5.4.2 Stanovení olova a kadmia atomovou absorpční spektrometrií

Nejprve byla provedena mineralizace vzorků obilovin a rýže. Do mineralizačních zkumavek bylo na analytických vahách naváženo 0,25 g homogenizovaných obilovin a 0,25 g homogenizované rýže, od každého vzorku třikrát, s přesností na čtyři desetinná místa. Ke vzorkům bylo v digestoři přidáno 5 ml koncentrované  $\text{H}_2\text{SO}_4$  z dávkovače a přibližně 2 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  z nálevky. Mineralizační zkumavky byly vloženy na topnou desku mineralizátoru (Bloc Digest 12). Poté byly vzorky kvantitativně převedeny do 10 ml odměrné baňky a doplněny destilovanou vodou po rysku. Do atomového absorpčního spektrofotometru byla vložena lampa pro olovo. Následně byla proměřena kalibrační křivka pomocí již připraveného kalibračního standardu pro stanovení olova o koncentracích 0,1; 0,2; 0,5  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  pro obiloviny i rýži a poté byly proměřeny vzorky. Absorbance byla měřena při vlnové délce 217 nm. Poté byla provedena výměna lampy pro kadmium a byla proměřena kalibrační křivka pomocí kalibračního standardu pro stanovení kadmia o koncentracích 0,01; 0,02; 0,05; 0,1  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  pro obiloviny a 0,01; 0,02; 0,05  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  pro rýži. Opět byly proměřeny vzorky. Absorbance byla měřena při vlnové délce 228,8 nm. Měření bylo provedeno v souladu s příručkou Flame Method Manual for Atomic Absorption [59]. Výsledky stanovení obsahu olova a kadmia v obilovinách a rýži jsou uvedeny v kapitolách 6.2.2 a 6.2.3.

## 5.5 Stanovení minerálních látek v obilovinách a rýži atomovou absorpční spektrometrií

### 5.5.1 Stanovení vápníku a hořčíku atomovou absorpční spektrometrií

Nejprve byla provedena mineralizace vzorků obilovin a rýže. Do mineralizační baňky bylo na analytických vahách naváženo 0,20 g homogenizovaných obilovin a 0,20 g homogenizované rýže, od každého vzorku třikrát, s přesností na čtyři desetinná místa. Ke vzorku bylo v digestoři přidáno 5 ml  $\text{HNO}_3$  z dávkovače a přibližně 2 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  z nálevky a baňka byla vložena na topnou desku mineralizátoru (Digesdah). Poté byly vzorky kvantitativně převedeny do 10 ml odměrné baňky a doplněny destilovanou vodou po rysku. Do atomového absorpčního spektrofotometru byla vložena lampa pro vápník. Následně byla proměřena kalibrační křivka pomocí připraveného kalibračního standardu pro vápník o koncentracích 0,5; 1; 2; 4  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  pro obiloviny i rýži. Poté byly proměřeny vzorky, k nimž byl

přidán dusičnan strontnatý o koncentraci  $3000 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  pro odstranění rušivých vlivů. Absorbance byla měřena při vlnové délce 422,7 nm. Poté byla provedena výměna lampy pro hořčík a byla proměřena kalibrační křivka pomocí kalibračního standardu pro hořčík o koncentracích 0,5; 1; 2; 5; 8  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  pro obiloviny i rýži. Následně byly proměřeny vzorky, k nimž byl také přidán dusičnan strontnatý o koncentraci  $3000 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  pro odstranění rušivých vlivů. Absorbance byla měřena při vlnové délce 202,6 nm. Výsledky měření jsou uvedeny v kapitolách 6.3.1 a 6.3.2.

## 5.6 Stanovení celkového obsahu dusíkatých látek

Obsah dusíku byl stanoven pomocí Parnas-Wagnerovy aparatury, z důvodu nefunkčnosti přístroje Pro-Nitro 1430. Pomocí této aparatury byl stanoven dusík v obilovinách. Po zprovoznění automatické destilační jednotky Pro-Nitro 1430, byl tímto přístrojem stanoven dusík v rýži.

### 5.6.1 Stanovení dusíku v obilovinách pomocí Parnas-Wagnerovy aparatury

Nejprve byla provedena mineralizace vzorků obilovin. Do mineralizačních zkumavek bylo na analytických vahách naváženo 0,25 g homogenizovaných obilovin, od každého vzorku dvakrát, s přesností na čtyři desetinná místa. Ke vzorkům bylo v digestoři přidáno 5 ml koncentrované  $\text{H}_2\text{SO}_4$  z dávkovače a přibližně 5 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  z nálevky. Mineralizační zkumavky byly vloženy na topnou desku mineralizátoru (Bloc Digest 12). Poté byly vzorky kvantitativně převedeny do 50 ml odměrné baňky a doplněny destilovanou vodou po rysku. Po překontrolování a doplnění destilované vody ve varné baňce Parnas-Wagnerova přístroje byla voda uvedena do varu. Do destilační baňky přístroje bylo nepipetováno 10 ml mineralizátu z obilovin. Amoniak uvolněný přidávkem 20 ml 30 hmot.% roztoku hydroxidu sodného byl predestilován destilací s vodní parou a jímán do titrační baňky s 50 ml 2 hmot.% roztoku kyseliny borité. Po skončení destilace byl do titrační baňky přidán Tashi-rův indikátor. Destilát se titroval  $0,025 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$  (přesná koncentrace  $0,02429 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) do stálého červenofialového zbarvení. Každý mineralizát byl analyzován dvakrát. Z množství spotřebované kyseliny sírové byl vypočítán obsah dusíku a ten byl přepočítán na celkový obsah dusíkatých látek vynásobením přepočítávacím faktorem 5,7. Výsledky stanovení jsou uvedeny v kapitole 6.4.1.

% obsahu dusíku byl vypočten podle vzorce:

$$\% \text{ obsahu dusíku} = \frac{a \times 10^{-3} \times c \times M_n \times f_t \times f_z \times 100}{n} \quad (2)$$

kde a ..... spotřeba odměrného roztoku H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> při titraci (ml)

c (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ..... koncentrace odměrného roztoku H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,02429 mol.dm<sup>-3</sup>)

M<sub>n</sub> ..... molární hmotnost dusíku (M<sub>n</sub> = 14,01 g.mol<sup>-1</sup>)

f<sub>t</sub> ..... titrační faktor (f<sub>t</sub> = 2)

f<sub>z</sub> ..... zředovací faktor (f<sub>z</sub> = 5)

n ..... navážka vzorku, která byla zmineralizována (g)

% celkového obsahu dusíkatých látek byly vypočteny podle vzorce:

$$\% \text{ celkového obsahu dusíkatých látek} = \text{obsah dusíku} \times f_{\text{př}} \quad (3)$$

f<sub>př</sub> ..... přepočítávací faktor podle druhu potravin (obiloviny = 5,7)

### 5.6.2 Stanovení dusíku v rýži pomocí přístroje Pro-Nitro 1430

Nejprve byla provedena mineralizace vzorků rýže. Do mineralizačních zkumavek bylo na analytických vahách naváženo 0,25 g homogenizované rýže, od každého vzorku třikrát, s přesností na čtyři desetinná místa. Ke vzorkům bylo v digestoři přidáno 5 ml koncentrované H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> z dávkovače a přibližně 5 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> z nálevky. Mineralizační zkumavky byly vloženy na topnou desku mineralizátoru (Bloc Digest 12). Po vychladnutí byla do zkumavek přidána destilovaná voda do objemu 25 ml.

Pro stanovení byla použita automatická destilační jednotka Pro-Nitro 1430. Před spuštěním přístroje byla zkontrolována hladina vody v zásobníku generátoru par. Menu bylo nastaveno na TEST a potvrzeno ENTER. Šipkou bylo najeto na DEST a potvrzeno ENTER (nutné pro zahřátí přístroje). Poté byl proveden pro kontrolu slepý pokus s 25 ml destilované vody. Spotřeba HCl musela být nulová, pak bylo možno vložit mineralizát a začít stanovení. Následně byla provedena analýza mineralizátu rýže podle zdroje [45]. Výsledkem byl údaj obsahu dusíku v mg (P<sub>2</sub>), který byl následně přepočítán na celkový obsah dusíkatých látek. Výsledky stanovení jsou uvedeny v kapitole 6.4.2.

% celkového obsahu dusíkatých látek byly vypočteny podle vzorce:

$$\% \text{ celkového obsahu dusíkatých látek} = \frac{P_2}{n} \times 100 \times F \quad (4)$$

kde  $P_2$  ..... obsah dusíku (mg)

$n$  ..... navážka vzorku, která byla zmineralizována (mg)

$F$  ..... přepočítávací faktor (rýže = 6,25)

## 6 VÝSLEDKY A DISKUSE

### 6.1 Statistické zpracování výsledků kvantitativních analýz

Výsledky statistické analýzy hodnotíme podle správnosti, tj. schopnosti metody kvantitativně určovat danou veličinu, dále podle přesnosti, tj. schopnosti metody poskytovat konzistentně stejné výsledky pro řadu opakovaných stanovení a podle reprodukovatelnosti, tj. schopnosti metody poskytovat konzistentně stejné výsledky pro nezávislá měření, prováděná se stejným vzorkem a stejným postupem různými pracovníky v různých laboratořích. Malé, nepravidelné odchylky od skutečné hodnoty se určují statisticky ze souboru paralelních (opakovaných) analýz. Ovlivňují přesnost (reprodukovatelnost) či opakovatelnost stanovení. Aritmetický průměr všech výsledků se zpravidla nejvíce blíží skutečné hodnotě:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (5)$$

Základní charakteristikou nahodilých chyb je odhad směrodatné odchylky:

$$S.D. = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]} \quad (6)$$

Ve skutečnosti máme k dispozici jen omezený počet výsledků, který je podstatně menší než  $n \rightarrow \infty$  a tudíž je směrodatná odchylka závislá na počtu paralelních výsledků [60].

## 6.2 Výsledky stanovení těžkých kovů v obilovinách a rýži atomovou absorpční spektrometrií (AAS)

### 6.2.1 Výsledky stanovení obsahu rtuti v obilovinách a rýži pomocí analyzátoru AMA 254

Postup stanovení byl proveden podle metody uvedené v kapitole 5.4.1. Naměřené hodnoty obsahu rtuti v obilovinách jsou uvedeny v tabulkách 9 a 10.

Tab. 9 Výsledky stanovení obsahu rtuti v obilovinách

Vzorek	Obsah rtuti (ppm)	Obsah rtuti ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	$\bar{x} \pm \text{S.D.}$ ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )
Špaldové kernotto	0,00314	3,143	3,30 $\pm$ 0,18
	0,00319	3,195	
	0,00355	3,551	
Grünkern	0,00284	2,842	2,34 $\pm$ 0,53
	0,00162	1,615	
	0,00257	2,565	
Špalda loupaná	0,00215	2,154	2,43 $\pm$ 0,30
	0,00284	2,840	
	0,00229	2,298	
Kamut	0,00136	1,363	1,38 $\pm$ 0,15
	0,00157	1,573	
	0,00122	1,216	
Pšenice ozimá	0,00168	1,679	1,73 $\pm$ 0,09
	0,00165	1,653	
	0,00185	1,847	



Tab. 10 Výsledky stanovení obsahu rtuti v rýži

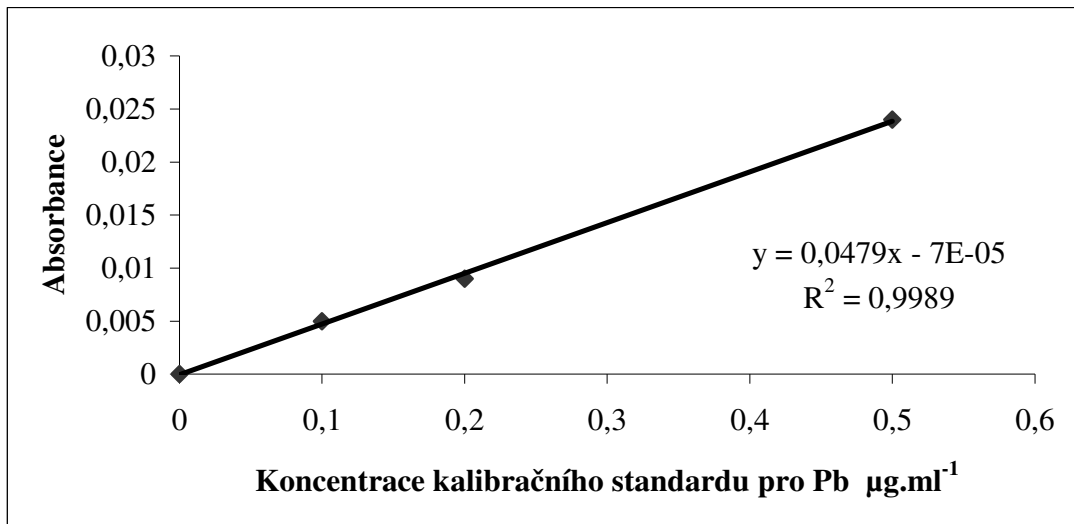
Vzorek	Obsah rtuti (ppm)	Obsah rtuti ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	$\bar{x} \pm \text{S.D.}$ ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )
Parboiled s Indiánskou	0,00669	6,692	$6,50 \pm 0,15$
	0,00632	6,323	
	0,00647	6,470	
Kulatozrná	0,00367	3,670	$3,91 \pm 0,26$
	0,00379	3,798	
	0,00427	4,267	
Sushi	0,00754	7,544	$7,06 \pm 0,34$
	0,00686	6,857	
	0,00679	6,787	
Parboiled	0,00317	3,166	$3,20 \pm 0,41$
	0,00274	2,737	
	0,00373	3,726	
Basmati	0,00251	2,509	$2,51 \pm 0,11$
	0,00265	2,645	
	0,00237	2,365	
Dlouhozrná	0,00274	2,737	$2,69 \pm 0,05$
	0,00262	2,618	
	0,00271	2,711	
Natural	0,00252	2,522	$2,63 \pm 0,09$
	0,00274	2,735	
	0,00264	2,640	

Průměrný obsah rtuti ve vzorcích obilovin a rýže byl vypočten podle vzorce (5). Dále byly vypočteny odhady směrodatné odchylky podle vzorce (6). Tyto vzorce jsou uvedeny v kapitole 6.1. Podle vyhlášky č. 53/2002 Sb., kterou se stanoví chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití látek přídatných, pomocných a potravních doplňků, je přípustné množství rtuti v obilovinách  $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a nejvyšší přípustné množství rtuti v rýži  $0,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . U obilovin byl nejvyšší obsah rtuti naměřen ve špaldovém kernottu ( $3,30 \pm 0,18 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) a nejnižší v kamutu ( $1,38 \pm 0,15 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ). U rýže byl nejvyšší obsah rtuti v rýži sushi ( $7,06 \pm 0,34 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) a nejnižší v rýži basmati ( $2,51 \pm 0,11 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Všechny naměřené hodnoty jsou nižší než množství rtuti uvedené vyhláškou.

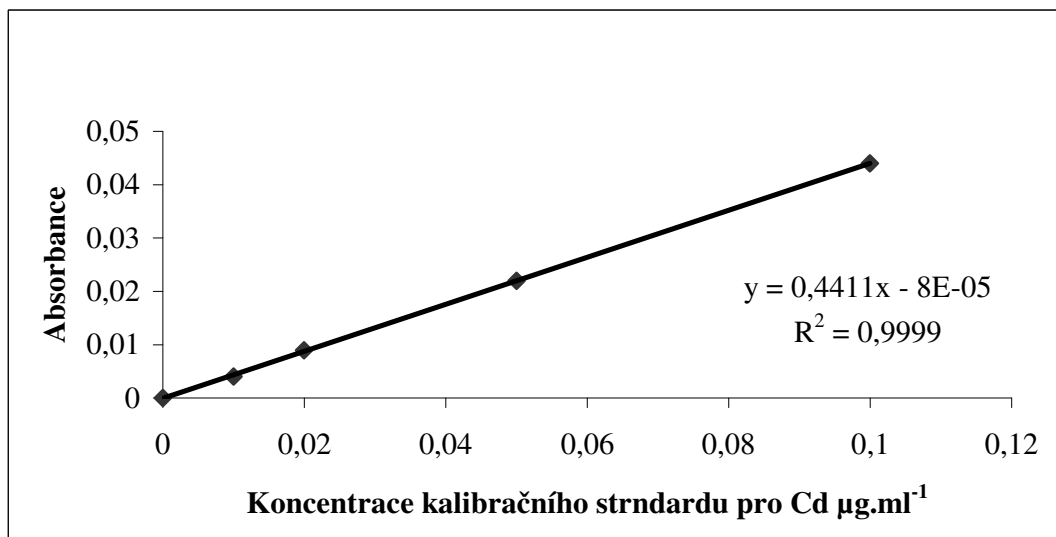
Jednotka ppm se dnes již neužívá, nicméně software analyzátoru AMA 254 výsledky s touto jednotkou vyhodnocuje. Přepočtení ppm na dnes užívanou koncentraci je  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

### 6.2.2 Výsledky stanovení obsahu olova a kadmia v obilovinách pomocí přístroje GBC 933 AA

Postup stanovení byl proveden podle metody uvedené v kapitole 5.4.2. Byla sestavena kalibrační křivka kalibračního standardu pro olovo (graf 1) a kadmium (graf 2). Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 11.



Graf 1 Kalibrační křivka pro stanovení olova v obilovinách metodou AAS



Graf 2 Kalibrační křivka pro stanovení kadmia v obilovinách metodou AAS

Tab. 11 Výsledky stanovení koncentrace olova a kadmia v mineralizátu obilovin

Vzorek	Obsah olova $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ (mg.kg <sup>-1</sup> )	Obsah kadmia $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ (mg.kg <sup>-1</sup> )
Špaldové kernotto	0,40 ± 0,15	0,30 ± 0,02
Grünkern	0,32 ± 0,16	0,08 ± 0,00
Špalda loupáná	0,38 ± 0,10	0,26 ± 0,02
Kamut	0,68 ± 0,20	0,18 ± 0,06
Pšenice ozimá	0,82 ± 0,17	0,26 ± 0,02

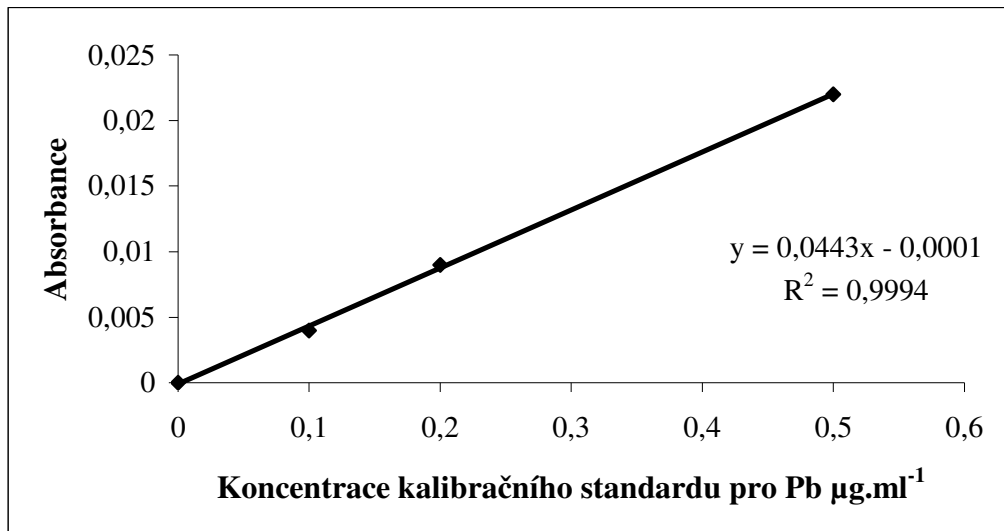
Průměrný obsah olova a kadmia ve vzorcích obilovin byl vypočten podle vzorce (5). Dále byly vypočteny odhady směrodatné odchylky podle vzorce (6). Podle vyhlášky č. 53/2002 Sb., kterou se stanoví chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití látek přídatných, pomocných a potravních doplňků, je přípustné množství olova v obilovinách 0,2 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší přípustné množství kadmia v obilovinách je podle této vyhlášky 0,1 mg.kg<sup>-1</sup> a v otrubách, klíčcích a pšeničném zrně 0,2 mg.kg<sup>-1</sup>. Tyto údaje uvádí také Nařízení komise (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, které stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách.

Naměřené hodnoty olova jsou vyšší než uvádějí tyto zdroje. Směrodatná odchylka je také vysoká. Důvodem může být zvýšená a nerovnoměrná akumulace olova v obalových vrstvách a v endospermu obilovin. Nejvyšší obsah olova byl naměřen v pšenici ozimé (0,82 ± 0,17 mg.kg<sup>-1</sup>) a nejnižší v grünkernu (0,32 ± 0,16 mg.kg<sup>-1</sup>).

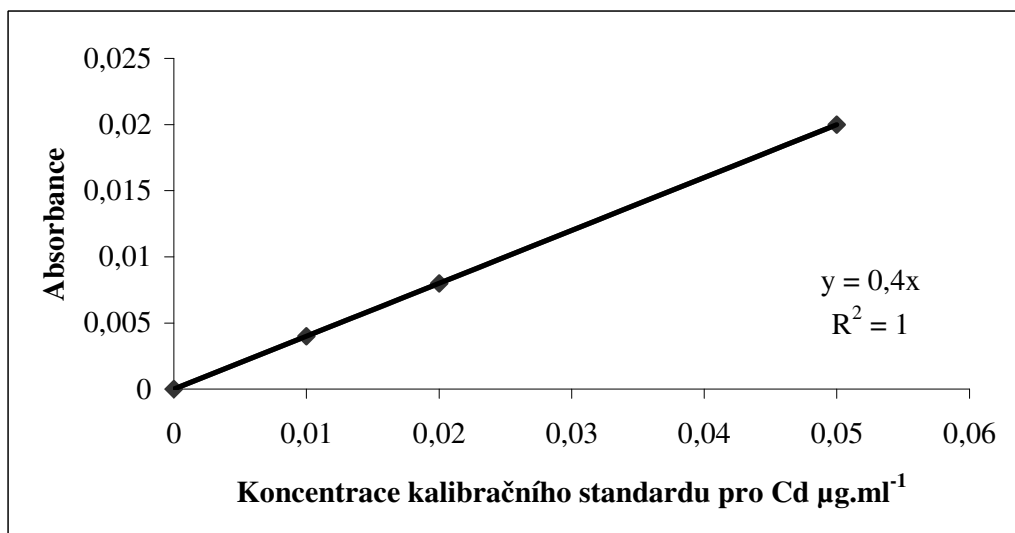
Naměřené hodnoty kadmia překračují všechny stanovované obiloviny kromě obilovin grünkernu a kamutu. Nejvyšší obsah kadmia byl naměřen ve špaldovém kernottu (0,30 ± 0,02 mg.kg<sup>-1</sup>). Dále ve špaldě loupáné a v pšenici ozimé, kde se naměřené hodnoty shodují (0,26 ± 0,02 mg.kg<sup>-1</sup>). Nejméně kadmia bylo naměřeno v obilovině grünkern (0,08 ± 0,001 mg.kg<sup>-1</sup>).

### 6.2.3 Výsledky stanovení obsahu olova a kadmia v rýži pomocí přístroje GBC 933 AA

Postup stanovení byl proveden podle metody uvedené v kapitole 5.4.2. Byla sestavena kalibrační křivka kalibračního standardu pro olovo (graf 3) a kadmium (graf 4). Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 12.



Graf 3 Kalibrační křivka pro stanovení olova v rýži metodou AAS



Graf 4 Kalibrační křivka pro stanovení kadmia v rýži metodou AAS

Tab. 12 Výsledky stanovení koncentrace olova a kadmia v mineralizátu rýže

Vzorek	Obsah olova $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ (mg.kg <sup>-1</sup> )	Obsah kadmia $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ (mg.kg <sup>-1</sup> )
Parboiled s Indiánskou	1,14 ± 0,15	0,16 ± 0,001
Kulatozrná	0,26 ± 0,10	0,18 ± 0,020
Sushi	0,12 ± 0,01	0,09 ± 0,001
Parboiled	1,30 ± 0,34	0,18 ± 0,020
Basmati	0,26 ± 0,14	0,14 ± 0,020
Dlouhozrná	1,06 ± 0,30	0,12 ± 0,040
Natural	0,32 ± 0,14	0,16 ± 0,001

Průměrný obsah olova a kadmia ve vzorcích rýže byl vypočten podle vzorce (5). Dále byly vypočteny odhady směrodatné odchylky podle vzorce (6). Podle vyhlášky č. 53/2002 Sb. [57], je nejvyšší přípustné množství olova v rýži 0,5 mg.kg<sup>-1</sup> a nejvyšší přípustné množství kadmia v rýži 0,2 mg.kg<sup>-1</sup>. Tyto údaje uvádí také Nařízení komise (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006 [56].

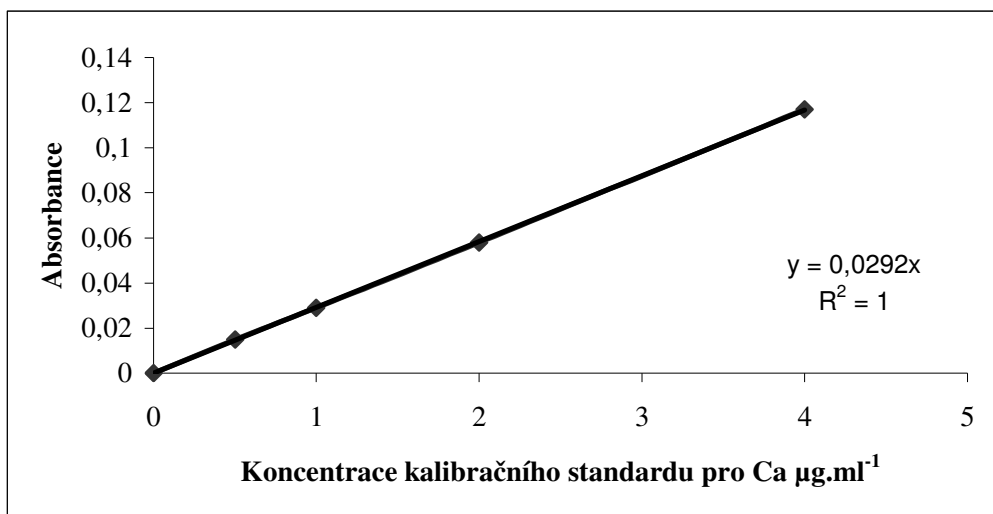
Naměřené hodnoty olova překračují vzorky rýže parboiled s indiánskou rýží, rýže parboiled a rýže dlouhozrná. Důvodem může být opět zvýšená a nerovnoměrná akumulace olova v obalových vrstvách a v endospermu rýže. Nejvyšší obsah olova byl naměřen v rýži parboiled (1,30 ± 0,34 mg.kg<sup>-1</sup>), v rýži parboiled s rýží indiánskou (1,14 ± 0,15 mg.kg<sup>-1</sup>) a v rýži dlouhozrné (1,06 ± 0,3 mg.kg<sup>-1</sup>). Nejnižší obsah olova byl naměřen v rýži sushi (0,12 ± 0,01 mg.kg<sup>-1</sup>). Vzorky s nejvyšším obsahem olova bych doporučila předat akreditované laboratoři pro přezkoumání.

Naměřený obsah kadmia v rýži nepřekračuje uvedenou hodnotu ani u jednoho ze stanovovaných vzorků. Nejvyšší naměřené hodnoty se téměř shodují u rýže kulatozrné, parboiled, parboiled s indiánskou rýží a natural (0,18 ± 0,02 mg.kg<sup>-1</sup> a 0,16 ± 0,001 mg.kg<sup>-1</sup>). Nejnižší obsah byl naměřen v rýži sushi (0,09 ± 0,001 mg.kg<sup>-1</sup>).

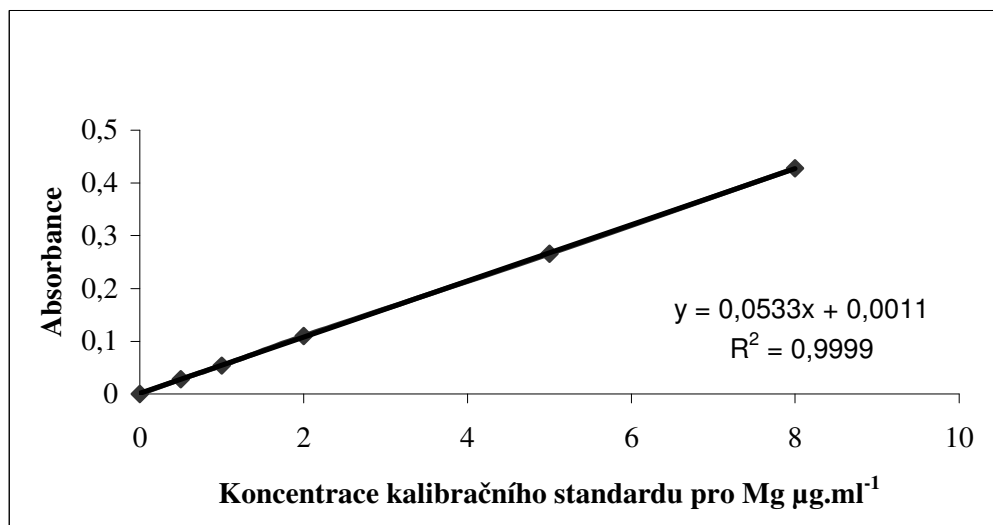
### 6.3 Výsledky stanovení minerálních látek v obilovinách a rýži atomovou absorpční spektrometrií (AAS)

#### 6.3.1 Výsledky stanovení obsahu vápníku a hořčíku v obilovinách pomocí přístroje GBC 933 AA

Postup stanovení byl proveden podle metody uvedené v kapitole 5.5.1. Byla sestavena kalibrační křivka kalibračního standardu pro vápník (graf 5) a hořčík (graf 6). Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 13.



Graf 5 Kalibrační křivka pro stanovení vápníku v obilovinách metodou AAS



Graf 6 Kalibrační křivka pro stanovení hořčíku v obilovinách metodou AAS

Tab. 13 Výsledky stanovení koncentrace vápníku a hořčíku v mineralizátu obilovin

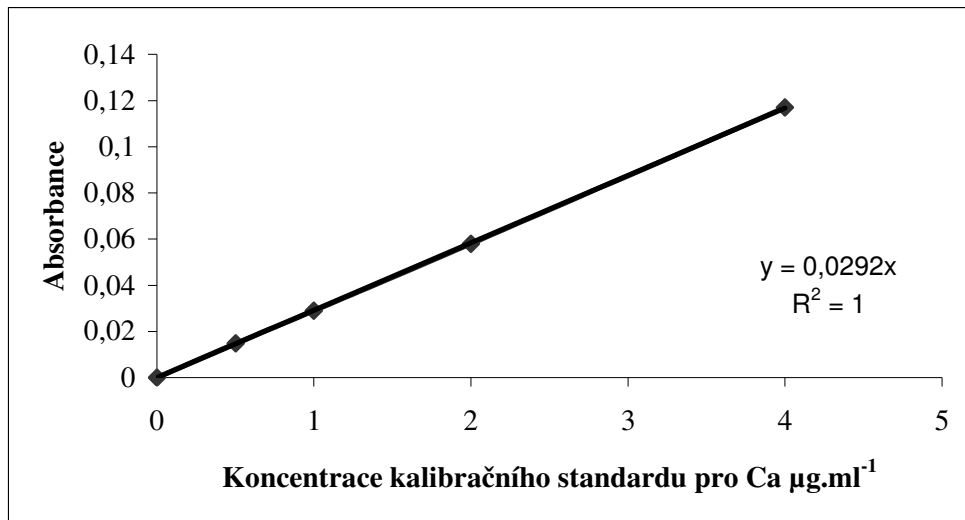
Vzorek	Obsah vápníku $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ (mg.kg <sup>-1</sup> )	Obsah hořčíku $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ (mg.kg <sup>-1</sup> )
Špaldové kernotto	271,56 ± 0,68	1120,83 ± 0,33
Grünkern	154,90 ± 0,24	1248,37 ± 0,37
Špalda loupaná	445,16 ± 0,53	1348,30 ± 0,46
Kamut	294,03 ± 0,12	943,20 ± 0,29
Pšenice ozimá	580,63 ± 0,45	1241,23 ± 0,34

Průměrný obsah vápníku a hořčíku ve vzorcích obilovin byl vypočten podle vzorce (5). Dále byly vypočteny odhady směrodatné odchylky podle vzorce (6). Podle vyhlášky č. 330/2009 Sb. [49], je doporučená denní dávka vápníku 800 mg a hořčíku 375 mg. Podle zdroje [46], je v obilovinách vápník obsažen v množství 230 – 500 mg.kg<sup>-1</sup> a hořčík v množství 700 – 1500 mg.kg<sup>-1</sup> (viz Příloha V).

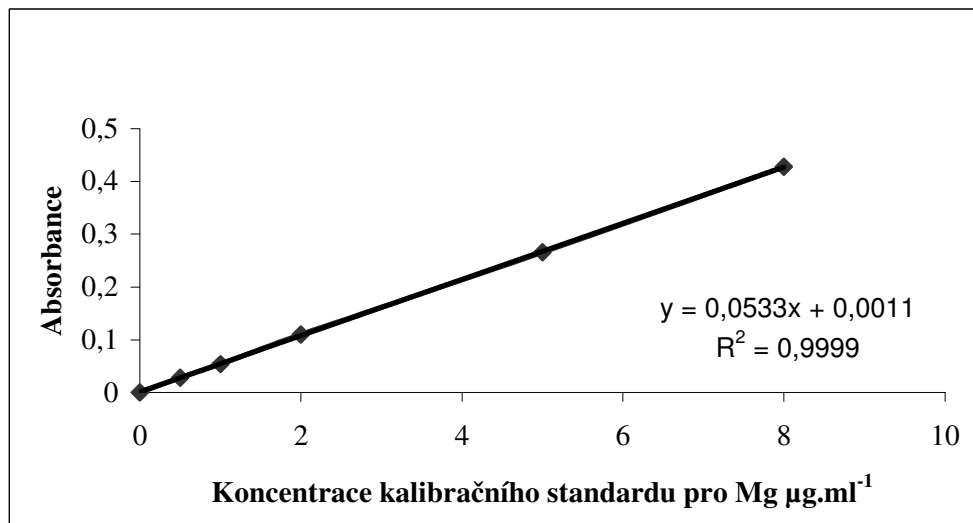
Obiloviny nepatří mezi významné zdroje vápníku, ale patří mezi nejvýznamnější zdroje hořčíku. Nejvyšší obsah vápníku byl naměřen v pšenici ozimé (580,63 ± 0,45 mg.kg<sup>-1</sup>) a hořčíku ve špaldě loupané (1348,30 ± 0,46 mg.kg<sup>-1</sup>). Nejnižší obsah vápníku byl naměřen v obilovině grünkern (154,90 ± 0,24 mg.kg<sup>-1</sup>) a hořčíku v obilovině kamut (943,20 ± 0,29 mg.kg<sup>-1</sup>).

### 6.3.2 Výsledky stanovení obsahu vápníku a hořčíku v rýži pomocí přístroje GBC 933 AA

Postup stanovení byl proveden podle metody uvedené v kapitole 5.5.1. Byla sestavena kalibrační křivka kalibračního standardu pro vápník (graf 7) a hořčík (graf 8). Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 14.



Graf 7 Kalibrační křivka pro stanovení vápníku v rýži metodou AAS



Graf 8 Kalibrační křivka pro stanovení hořčíku v rýži metodou AAS



Tab. 14 Výsledky stanovení koncentrace vápníku a hořčíku v mineralizátu rýže

Vzorek	Obsah vápníku $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ (mg.kg <sup>-1</sup> )	Obsah hořčíku $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ (mg.kg <sup>-1</sup> )
Parboiled s Indiánskou	381,30 ± 0,73	270,87 ± 0,53
Kulatozrná	93,23 ± 0,42	160,53 ± 0,45
Sushi	56,30 ± 0,45	175,10 ± 0,25
Parboiled	575,13 ± 0,37	237,30 ± 0,37
Basmati	145,10 ± 0,37	163,27 ± 0,26
Dlouhozrná	217,23 ± 0,29	267,20 ± 0,25
Natural	96,20 ± 0,29	979,23 ± 0,34

Průměrný obsah vápníku a hořčíku ve vzorcích rýže byl vypočten podle vzorce (5). Dále byly vypočteny odhady směrodatné odchylky podle vzorce (6). Podle vyhlášky č. 330/2009 Sb. [49], je doporučená denní dávka vápníku 800 mg a hořčíku 375 mg. Podle zdroje [46], je v rýži loupané vápník obsažen v množství 50 – 110 mg.kg<sup>-1</sup> a hořčík v množství 260 – 430 mg.kg<sup>-1</sup> (viz Příloha V). Nejvyšší obsah vápníku byl naměřen v rýži parboiled (575,13 ± 0,37 mg.kg<sup>-1</sup>) a hořčíku v rýži natural (979,23 ± 0,34 mg.kg<sup>-1</sup>). Nejnižší obsah vápníku byl naměřen v rýži sushi (56,3 ± 0,45 mg.kg<sup>-1</sup>) a hořčíku v rýži kulatozrné (160,53 ± 0,45 mg.kg<sup>-1</sup>). Rýže nepatří mezi významné zdroje vápníku, ale patří mezi významné zdroje hořčíku.

#### 6.4 Výsledky stanovení celkového obsahu dusíkatých látek

Celkový dusík byl stanovován metodou podle Kjeldahla. Obsah dusíkatých látek byl vypočítán ze zjištěného obsahu dusíku vynásobením uzančným přepočítávacím faktorem. Pro pšenici, žito a výrobky z nich platí faktor 5,7 a pro ječmen a ostatní obiloviny platí faktor 6,25 [61].

#### 6.4.1 Výsledky stanovení obsahu dusíku a dusíkatých látek v obilovinách pomocí Parnas-Wagnerovy aparatury

Postup stanovení byl proveden podle metody uvedené v kapitole 5.6.1. Výsledky obsahu dusíku a dusíkatých látek jsou uvedeny v tabulce 15.

Tab. 15 Výsledky stanovení obsahu dusíku a dusíkatých látek v mineralizátu obilovin

Vzorek	Obsah dusíku $\bar{x} \pm S.D.$ (%)	Celkový obsah N-látek $\bar{x} \pm S.D.$ (%)
Špaldové kernotto	1,92 ± 0,04	10,94 ± 0,23
Grünkern	2,04 ± 0,04	11,59 ± 0,21
Špalda loupaná	1,78 ± 0,05	10,13 ± 0,30
Kamut	2,04 ± 0,05	11,64 ± 0,27
Pšenice ozimá	1,63 ± 0,05	9,31 ± 0,28

Obsah dusíku byl vypočítán podle vzorce (2) a celkový obsah dusíkatých látek podle vzorce (3). Průměrný obsah dusíku a celkový obsah dusíkatých látek ve vzorcích obilovin byl vypočten podle vzorce (5). Dále byly vypočteny odhady směrodatné odchylky podle vzorce (6). Zdroj [4] uvádí obsah bílkovin ve zralém zrně podle druhů a odrůd 9 - 16 %. Nejvyšší obsah dusíkatých látek byl naměřen v obilovinách grünkernu (11,59 ± 0,21 %) a kamutu (11,64 ± 0,27 %), kde se hodnoty téměř shodují. Nejnižší obsah dusíkatých látek byl naměřen v pšenici ozimé (9,31 ± 0,28 %). Celkový obsah dusíkatých látek je především ovlivněn minerálním hnojením, podmínkami ročníku a odrůdou.

#### 6.4.2 Výsledky stanovení obsahu dusíku a dusíkatých látek v rýži pomocí přístroje Pro-Nitro 1430

Postup stanovení byl proveden podle metody uvedené v kapitole 5.6.2. Výsledky obsahu dusíku a dusíkatých látek jsou uvedeny v tabulce 16.

Tab. 16 Výsledky stanovení obsahu dusíku a dusíkatých látek v mineralizátu rýže

Vzorek	Obsah dusíku $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ (%)	Celkový obsah N-látek $\bar{x} \pm \text{S.D.}$ (%)
Parboiled s Indiánskou	2,11 ± 0,04	5,13 ± 0,05
Kulatozrná	1,36 ± 0,02	3,32 ± 0,03
Sushi	1,62 ± 0,03	4,03 ± 0,06
Parboiled	1,38 ± 0,02	3,41 ± 0,07
Basmati	1,86 ± 0,02	4,54 ± 0,08
Dlouhozrná	1,60 ± 0,01	3,95 ± 0,04
Natural	1,44 ± 0,01	3,55 ± 0,05

Celkový obsah dusíku byl vypočten podle vzorce (4). Průměrný obsah dusíku a celkový obsah dusíkatých látek ve vzorcích rýže byl vypočten podle vzorce (5). Dále byly vypočteny odhady směrodatné odchylky podle vzorce (6). Podle zdroje [62] se koncentrace bílkovin v rýži pohybuje mezi 7 – 8 %. Nejvyšší obsah dusíkatých látek byl naměřen v rýži parboiled s rýží indiánskou (5,13 ± 0,05 %) a nejnižší obsah byl naměřen v rýži kulatozrné (3,32 ± 0,03 %). Naměřené hodnoty jsou tedy nižší než uvádí zdroj. Bílkoviny rýže samozřejmě kvalitativně nedosahují na živočišnou, zejména syrovátkovou bílkovinu. Nicméně v porovnání s bílkovinou jiných celozrnných potravin je rozhodně na špičce i když je její koncentrace nízká.

## ZÁVĚR

V této diplomové práci byly stanoveny minerální látky a těžké kovy v obilovinách a rýži atomovou absorpční spektrometrií. Pozornost byla věnována i celkovému obsahu dusíkatých látek. Stanovení těžkých kovů bylo zaměřeno na rtuť, olovo a kadmium a stanovení minerálních látek na vápník a hořčík. Bylo analyzováno pět vzorků obilovin a sedm vzorků rýže.

U obilovin byl naměřen nejvyšší průměrný obsah rtuti  $3,30 \pm 0,18 \mu\text{g.g}^{-1}$  ve špaldovém kernottu a nejnižší obsah rtuti  $1,38 \pm 0,15 \mu\text{g.g}^{-1}$  v obilovině kamut. U rýže byl nejvyšší průměrný obsah rtuti naměřen v rýži sushi a to  $7,06 \pm 0,34 \mu\text{g.g}^{-1}$  a nejnižší obsah rtuti  $2,51 \pm 0,11 \mu\text{g.g}^{-1}$  v rýži basmati. V obilovinách je přípustné množství rtuti  $0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$  a v rýži je nejvyšší přípustné množství  $0,03 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Naměřené hodnoty jsou tedy nižší než stanovené množství rtuti dle zdroje [57].

Olovo se v nejvyšším množství nacházelo v pšenici ozimé, kde byl naměřen průměrný obsah  $0,82 \pm 0,17 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Nejnižší průměrný obsah byl zjištěn v grünkernu ( $0,32 \pm 0,16 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). V rýži parboiled byl naměřen nejvyšší průměrný obsah olova  $1,30 \pm 0,34 \text{ mg.kg}^{-1}$  a nejnižší v rýži sushi s hodnotou  $0,12 \pm 0,01 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Přípustné množství olova v obilovinách je  $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Naměřené hodnoty jsou vyšší než toto přípustné množství. Směrodatná odchylka je také vysoká. Důvodem může být zvýšená a nerovnoměrná akumulace olova v obalových vrstvách a v endospermu obilovin. Nejvyšší přípustné množství olova v rýži je  $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Tuto hodnotu překračují vzorky rýže parboiled s indiánskou rýží, rýže parboiled a rýže dlouhozrná. Tyto vzorky bych doporučila předat akreditované laboratoři pro přezkoumání.

Kadmium se nacházelo v obilovinách v nejvyšším průměrném množství ve špaldovém kernottu s obsahem  $0,30 \pm 0,02 \text{ mg.kg}^{-1}$ . V grünkernu byl naměřen nejnižší průměrný obsah kadmia  $0,08 \pm 0,001 \text{ mg.kg}^{-1}$ . V rýži kulatozrné a v rýži parboiled byl naměřen nejvyšší průměrný obsah kadmia  $0,18 \pm 0,02 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Nejnižší naměřený průměrný obsah byl stanoven  $0,09 \pm 0,001$  v rýži sushi. Nejvyšší přípustné množství kadmia v obilovinách a rýži je  $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Z obilovin tuto hodnotu překračují všechny stanovované vzorky kromě obilovin grünkernu a kamutu. Naměřený obsah kadmia v rýži je v pořádku.

Vápník byl v obilovinách naměřen v nejvyšší koncentraci  $580,63 \pm 0,45 \text{ mg.kg}^{-1}$  v pšenici ozimé a v nejnižší  $154,90 \pm 0,24 \text{ mg.kg}^{-1}$  v grünkernu. V rýži se nacházela nejvyšší koncentrace vápníku  $575,13 \pm 0,37 \text{ mg.kg}^{-1}$  v rýži parboiled a nejnižší  $56,30 \pm 0,45$  v rýži

sushi. Literatura uvádí, že v obilovinách je vápník obsažen v množství 230 – 500 mg.kg<sup>-1</sup> a v rýži loupané v množství 50 – 100 mg.kg<sup>-1</sup>. Doporučená denní dávka vápníku je 800 mg. Obiloviny nepatří mezi významné zdroje vápníku.

Hořčík byl stanoven v nejvyšším množství 1348,30 ± 0,46 mg.kg<sup>-1</sup> ve špaldě loupané a v nejnižším množství 943,20 ± 0,29 mg.kg<sup>-1</sup> v kamutu. V rýži byla stanovena nejvyšší koncentrace v rýži natural 979,23 ± 0,34 mg.kg<sup>-1</sup> a nejnižší v rýži kulatozrné 160,53 ± 0,45 mg.kg<sup>-1</sup>. Podle literatury je hořčík v obilovinách obsažen v množství 700 – 1500 mg.kg<sup>-1</sup> a v rýži 260 – 430 mg.kg<sup>-1</sup>. Doporučená denní dávka hořčíku je 375 mg. Obiloviny i rýže patří mezi významnější zdroje hořčíku.

Celkový obsah dusíkatých látek byl nejvyšší v kamutu a to 11,64 ± 0,27 % a nejnižší v pšenici ozimé 9,31 ± 0,28 %. V rýži byl naměřen nejvyšší celkový obsah dusíkatých látek 5,13 ± 0,05 % v rýži parboiled s rýží indiánskou a nejnižší 3,32 ± 0,03 % v rýži kulatozrné. Literatura uvádí obsah bílkovin ve zralém zrně obilovin podle druhů a odrůd 9 - 16 % a v rýži 7 – 8 %. Naměřené hodnoty v rýži jsou tedy nižší než uvádí zdroj. Celkový obsah dusíkatých látek je především ovlivněn minerálním hnojením, podmínkami ročníku a odrůdou.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] DUDÁŠ, F. *Skladování a zpracování rostlinných výrobků*, 1. vyd., Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1981, 384 s.
- [2] KOLOVECKÁ, M. Rýže – druhy rýže a její jakost, *Výživa a potraviny*, 2008, č. 63, roč. 3, 76-79 s.
- [3] MACEVILLY, C. Cereals, *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*, Vol. 2, Oxford: Academic Press, 2004, p. 1008-1033
- [4] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií*, 1. vyd. Brno: MZLU, 2004, 141 s., ISBN 80-7157-811-8
- [5] 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
- [6] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J. *Chemie potravin*, 1. vyd., Praha: SNTL, 1983, 632 s., ISBN 04-815-83
- [7] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I*, 1. vyd., Tábor: OSSIS, 1999, 352 s., ISBN: 80-90239-3-7
- [8] PRUGAR, J. Obilniny v naší výživě, *Výživa a potraviny*, 2002, č. 57, s. 46.
- [9] Dostupné na: <http://www.molbio.upol.cz/stranky/vyuka/BPOL/8.%20Polysacharidy.pdf> [on-line, 10.2.2010]
- [10] SHEWRY, P. R. Improving the Protein Content and Composition of Cereal Grain, *Journal of Cereal Science*, Vol. 46, Iss. 3, p. 239-250
- [11] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D. *Potravinářská biochemie I*, 1. vyd., Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005, ISBN 80-7318-295-5
- [12] Dostupné na: <http://lekarske.slovniky.cz/pojem/celiakalni-sprue> [on-line, 11.2.2010]
- [13] Dostupné na: *Z bulletinu EUFIC FOODTODAY*  
<<http://www.bezlepkovadieta.cz/url=celiakie-celiakalni-sprue&clanek=3528>>  
[on-line, 11.2.2010]
- [14] Vyhláška MZ ČR č. 54/2004 o potravinách určených pro zvláštní výživu a o způsobu jejich použití
- [15] PRUGAR, J. Obiloviny ve výživě (3), *Výživa a potraviny*, č. 58, 2003, s. 3
- [16] YAMAMOTO, Y., FUJISAWA, A., HARA, A., DUNLAP, W. C. An Unusual,

- Vitamin E Constituent ( $\alpha$ -tocomonoenol) Provides Endanced Antioxidant Protection in Marine Organisms Adapted to Cold-water Environments, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2001, p. 13144-13148
- [17] HRABĚ, J., ROB, O., HOZA, I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*, 1. vyd., Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, ISBN 80-7318-372-2
- [18] PETR, J., HÚSKA, J. *Speciální produkce rostlinná – I*, 1. vyd. Praha: AF ČZU, 1997, 197 s., ISBN 80-213-0152-X
- [19] ŠPALDON, E. *Rostlinná výroba*, Bratislava: Příroda, 1989, 628 s.
- [20] MICHALOVÁ, A. *Vaříme z biopotravin, Česká biokuchařka*, Olomouc: FONTÁNA, 2001, 176 s., ISBN 80-86179-79-6
- [21] Dostupné na: [http://suroviny.gastronews.cz/spaldova\\_mouka](http://suroviny.gastronews.cz/spaldova_mouka) [on-line, 20.2.2010]
- [22] Dostupné na: <http://vfu-www.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/psenice.htm> [on-line, 20.2.2010]
- [23] Dostupné na: <http://www.probio.cz/ARCHIV/recepty/grunkern.htm> [on-line, 1.3.2010]
- [24] Dostupné na: <http://www.pixmac.cz/fotka/grnkern/000009277076> [on-line, 1.3.2010]
- [25] Dostupné na: <http://www.bio-life.cz/bio-vyrobky/kernotto.html> [on-line, 1.3.2010]
- [26] Dostupné na: <http://www.selgen.cz/katalog/psenice-ozima-7/> [on-line, 1.3.2010]
- [27] Dostupné na: <http://www.oseva-trading.cz/view.php?cislocclanku=2008030008> [on-line, 1.3.2010]
- [28] BERÁNKOVÁ, J. Staronový kamut je velmi výživný, *Pekař cukrář*, **IXX**, 2009, č.1, s. 29
- [29] Vyhláška č. 333/1997 Sb., k zákonu 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích
- [30] Informační centrum bezpečnosti potravin, dostupné na: <http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=92030> [on-line, 2.3.2010]
- [31] OLDŘICHOVÁ, T. Co je parboiled rýže (3495), *Výživa a potraviny*, 2001, č. 3, roč. 56, s. 48
- [32] PRIESTLEY, R. J. Studies on parboiled rice: Part-1- Comparison of the Characteristics of Raw and Parboiled Rice, *Food Chemistry*, Vol. 1, Iss. 1, p. 5-14
- [33] GHASEMI VARNAMKHASTI, M., MOBLIA, H., JAFARIA, A., KEYHANIAK, A.

- R., HEIDARI SOLTANABADI, M., RAFIEE, S., KHEIRALIPOUR, K. Some Physical Properties of Rough Rice (*Oryza Sativa* L.) grain, *Journal of Cereal Science*, 47 (2008), p. 496–501
- [34] KOUDELKA, J. (ÚI SZPI), Není rýže jako rýže, *GastroNews*, dostupné na: <http://suroviny.gastronews.cz/neni-ryze-jako-ryze> [on-line, 2.3.2010]
- [35] JASIM AHMED, HOSAHALLI S. RAMASWAMY, ANWER AYAD, INTEAZ ALLI, PEDRO ALVAREZ, Effect of High-pressure Treatment on Rheological, Thermal and Structural Changes in Basmati Rice Flour Slurry, *Journal of Cereal Science*, 46 (2007), p. 148–156
- [36] ČERMÁKOVÁ, M., ČERNÁ, O. *Kukuřice, rýže, jáhly, pohanka – Teplé a studené pokrmy – Pečivo – deserty*, Nakladatelství Pavla Momčilová, 1999, 65 s., ISBN 80-85936-27-5
- [37] BARRIGA J., SALAZAR F., BARRIGA E., MÖNKEMÜLLER K. E. Attention Sushi Lovers, *The American Journal of Gastroenterology*, Vol. 96, Iss. 9, p. S322-S323
- [38] MADER, P., ČURDOVÁ, E., Metody rozkladu biologických materiálů pro stanovení stopových prvků, *Chemické listy*, 1997, roč. 91, s.227-236
- [39] DAVÍDEK, J. a kol., *Laboratorní příručka analýzy potravin*, 1.vydání, Praha 1977, 720 s., ISBN 04-830-77
- [40] KLOUDA, P. *Moderní analytické metody*, 1.vydání, Ostrava: Nakladatelství Petr Klouda, 1996, 132 s., ISBN 80-902155-0-5
- [41] Dostupné na: <http://www.vscht.cz/anl/lach2/AAS.pdf> [on-line, 3.3.2010]
- [42] AMA 254, *Advanced Mercury Analyser*, návod na obsluhu
- [43] Dostupné na: [http://www.leco.cz/cz/products/organic/ama\\_254/ama\\_254.htm](http://www.leco.cz/cz/products/organic/ama_254/ama_254.htm) [on-line, 3.3.2010]
- [44] Dostupné na: [http://www.oks.cz/\\_\\_data/page/350/Pronitro\\_1430\\_-\\_P127.02-0504.pdf](http://www.oks.cz/__data/page/350/Pronitro_1430_-_P127.02-0504.pdf) [on-line, 3.3.2010]
- [45] Manual for Auto-titration Kjeldahl distiller, Pro-Nitro 1430
- [46] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin II*, 1. vydání, Tábor: OSSIS, 1999, 328 s., ISBN 80-



902391-4-5

- [47] ODSTRČIL, J., ODSTRČILOVÁ, M. *Chemie potravin*, 1. vydání, Brno 2006, 164 s., ISBN 80-7013-435-6
- [48] M. ANGÉLICA CARRASCO, CECILIA HIDALGO, Calcium: Microdomains and Gene Expression in Neurons and Skeletal Muscle Cells, *Cell Calcium*, Vol. 40, Iss. 5-6, p. 575 – 583
- [49] Vyhláška č. 330/2009 Sb., Označování výživové hodnoty potravin
- [50] RICHARD A. REINHART, Magnesium deficiency: Recognition and Treatment in the Emergency Medicine Setting, *The American Journal of Emergency Medicine*, Vol. 10, Iss. 1, p. 78 – 83
- [51] JÜRGEN VORMANN, Magnesium: Nutrition and Metabolism, *Molecular Aspects of Medicine*, Vol. 24, Iss. 1-3, p. 27-37
- [52] Vyhláška č. 305/2004 Sb., Druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustné množství v potravinách
- [53] GILLIAN LOCKITCH, Perspectives on Lead: toxicity, *Clinical Biochemistry*, Vol. 26, Iss. 5, p. 371-381
- [54] MICHAEL P. WAALKES, Cadmium carcinogenesis, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, Vol. 533, Iss. 1-2, p. 107-120
- [55] MARY NGU, ELENA MOYA, NARESH MOGAN, Tolerance and Uptake of Cadmium, Arsenic and Lead by Fusarium Pathogens of Cereals, *International Biodegradation & Biodegradation*, Vol. 42, Iss. 1, p. 55-62
- [56] NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, Maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách
- [57] Příloha č. 3 k vyhlášce č. 53/2002 Sb., Chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití látek přídat-

ných, pomocných a potravních doplňků

- [58] LÉONARD A., JACQUET P., LAUWERYS R. R. Mutagenicity and Teratogenicity of Mercury Compounds, *Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology*, Vol. 114, Iss. 1, p. 1-18
- [59] ANTHANASOPOULOS, N. *Flame Method Manual for Atomic Absorption*, Dandenong, Australia, Part No: 01-0019-00.
- [60] HEINDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat: Analýza a metaanalýza*, 2. vydání, Praha: Portál, 2005, s. 586
- [61] ČSN 46 1011-18, *Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin – Část 18: Zkoušení obilovin – Stanovení dusíkatých látek*
- [62] PETR, J. Glykemický profil, *Úroda*, 2006, č. 4, roč. 53, s. 68

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CS	Celiakální sprue
AAS	Atomová absorpční spektrometrie
AMA	Advanced Mercury Analyser
NPM	Nejvyšší přípustné množství
PM	Přípustné množství
FAO	Food and Agriculture Organization, Organizace spojených národů pro výživu a zemědělství
WHO	World Health Organization, Světová zdravotnická organizace
EFSA	European Food Safety Authority, Evropský úřad pro bezpečnost potravin

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Amylóza	14
Obr. 2 Amylopektin	14
Obr. 3 Představa struktury gliadinu (Lasztity R. 1984)	16
Obr. 4 Anatomická stavba obilného zrna	19
Obr. 5 Grünkern	24
Obr. 6 Pšenice ozimá	25
Obr. 7 Schéma jednopaprskového atomového absorpčního spektrometru	29
Obr. 8 Plamenový atomizátor	30
Obr. 9 Analyzátor AMA 254	31

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Složení mastných kyselin lipidů obilovin	17
Tab. 2 Zjištěná maximální rozmezí hmotnostních podílů částí zrna pšenice	21
Tab. 3 Obsah energie a výživných látek v pšenici seté a ve špaldě	23
Tab. 4 NPM a PM olova v potravinách	34
Tab. 5 NPM a PM kadmia v potravinách	35
Tab. 6 NPM a PM rtuti v potravinách	36
Tab. 7 Vzorky obilovin použité při stanovení	40
Tab. 8 Vzorky rýže použité při stanovení	41
Tab. 9 Výsledky stanovení obsahu rtuti v obilovinách	48
Tab. 10 Výsledky stanovení obsahu rtuti v rýži	49
Tab. 11 Výsledky stanovení koncentrace olova a kadmia v mineralizátu obilovin	51
Tab. 12 Výsledky stanovení koncentrace olova a kadmia v mineralizátu rýže	53
Tab. 13 Výsledky stanovení koncentrace vápníku a hořčíku v mineralizátu obilovin	55
Tab. 14 Výsledky stanovení koncentrace vápníku a hořčíku v mineralizátu rýže	57
Tab. 15 Výsledky stanovení obsahu dusíku a dusíkatých látek v mineralizátu obilovin	58
Tab. 16 Výsledky stanovení obsahu dusíku a dusíkatých látek v mineralizátu rýže	59

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1 Kalibrační křivka pro stanovení olova v obilovinách metodou AAS	50
Graf 2 Kalibrační křivka pro stanovení kadmia v obilovinách metodou AAS	50
Graf 3 Kalibrační křivka pro stanovení olova v rýži metodou AAS	52
Graf 4 Kalibrační křivka pro stanovení kadmia v rýži metodou AAS	52
Graf 5 Kalibrační křivka pro stanovení vápníku v obilovinách metodou AAS	54
Graf 6 Kalibrační křivka pro stanovení hořčíku v obilovinách metodou AAS	54
Graf 7 Kalibrační křivka pro stanovení vápníku v rýži metodou AAS	56
Graf 8 Kalibrační křivka pro stanovení hořčíku v rýži metodou AAS	56

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Rozdělení obilovin podle morfologických a fyziologických vlastností

Příloha P II: Tvary a přibližné rozměry zrna nejdůležitějších obilovin

Příloha P III: Mez stanovitelnosti některých prvků atomovou absorpční spektrometrií

Příloha P IV: Funkční schéma přístroje AMA 254

Příloha P V: Obsah vápníku a hořčíku ve významných potravinových surovinách  
a potravinách

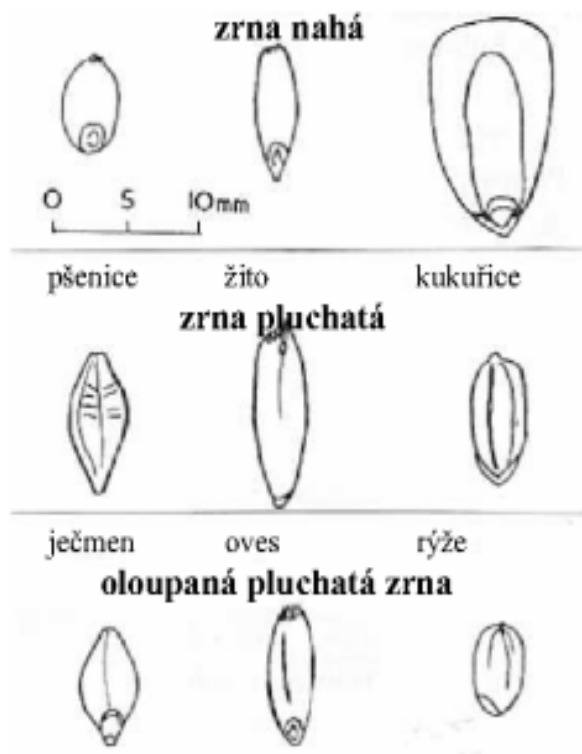
Příloha P VI: Obsah olova, kadmia a rtuti ve významných potravinových surovinách  
a potravinách

## PŘÍLOHA P I: ROZDĚLENÍ OBILOVIN PODLE MORFOLOGICKÝCH A FYZIOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ

I. skupina	II. skupina
rod: × <i>Triticum</i> - pšenice × <i>Secale</i> - žito × <i>Hordeum</i> - ječmen × <i>Avena</i> - oves × mezidruhový kříženec × <i>Triticosecale</i> - tritikale (žitovec) × <i>Tritordeum</i>	rod: × <i>Zea</i> - kukuřice × <i>Panicum</i> - proso × <i>Sorghum</i> - čirok × <i>Oryza</i> - rýže × <i>Setaria</i> - (druhy bér) × <i>Fagopyrum</i> - pohanka
Charakteristické znaky	
1. Na spodní straně obilky je podélná rýha. 2. Při klíčení roste více zárodečných kořínků. 3. Stéblo duté, jen kolénka vyplněna dřevem. 4. V klásku nejvíce plodné dolní kvítky. 5. Méně náročné na teplo, více na vodu. 6. Existují ozimé i jarní formy. 7. V době jarovizace vyžadují nižší teploty. 8. Při fotoperiodické reakci vyžadují dlouhý světelný den. 9. Počáteční vývin je rychlejší, vytvářejí odnože již po druhém až třetím listu.	1. Obilka je bez rýhy. 2. Při klíčení roste jeden zárodečný kořínek. 3. Stéblo vyplněno dřevem. 4. V klásku nejvíce plodné horní kvítky. 5. Více náročné na teplo, méně na vodu. 6. Existují pouze jarní formy. 7. V době jarovizace vyžadují vyšší teploty. 8. Při fotoperiodické reakci vyžadují krátký světelný den nebo jsou k délce dne neutrální. 9. Počáteční vývin je pomalý, vytvářejí odnože po čtvrtém až osmém listu.



**PŘÍLOHA P II: TVARY A PŘIBLIŽNÉ ROZMĚRY ZRNA  
NEJDŮLEŽITĚJŠÍCH OBILOVIN**



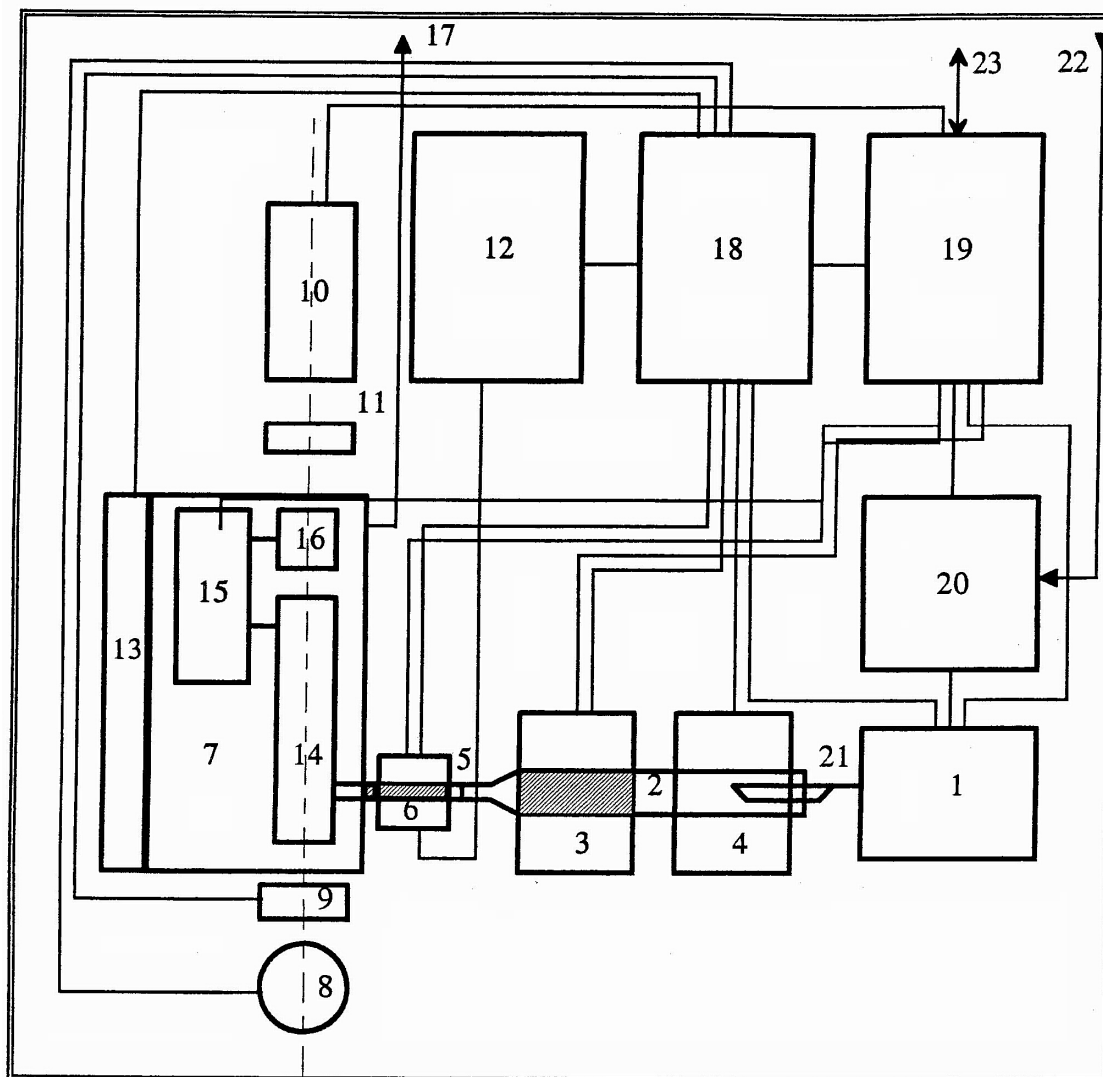
[5]

**PŘÍLOHA P III: MEZ STANOVITELNOSTI NĚKTERÝCH PRVKŮ  
ATOMOVOU ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIÍ**

	<b>Atomová absorpční spektrometrie</b>	
Prvek	vlnová délka [nm]	mez stanovitelnosti [ $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ]
hořčík	285	0,003
měď	325	0,005
draslík	767	0,005
sodík	589	0,005
zinek	214	0,005
vápník	423	0,010
kadmium	229	0,010
chrom	358	0,010
mangan	280	0,010
nikl	232	0,030
železo	248	0,050
kobalt	241	0,050
olovo	217	0,150
molybden	313	0,200
hliník	309	0,300
rtuť	254	0,500
arsen	194	0,500
cín	225	0,800
selen	196	1,000
křemík	252	2,000

[39]

## PŘÍLOHA P IV: FUNKČNÍ SCHÉMA PŘÍSTROJE AMA 254



1 dávkovací zařízení	9 clonka	17 výstup kyslíku
2 spalovací trubice	10 detektor	18 analogová elektronika
3 katalytická pec	11 interferenční filtr	19 mikropočítač 8051
4 spalovací pec	12 chladičí čerpadlo	20 regulátor průtoku kyslíku
5 amalgamátor	13 topení bloku měř. kyvet	21 dávkovací lodička
6 vypuzovací pec	14 delší měřicí kyveta	22 vstup kyslíku
7 blok měřících kyvet	15 zpožďovací nádobka	23 komunikace s PC
8 rtuťová výbojka	16 kratší měřicí kyveta	

**PŘÍLOHA P V: OBSAH VÁPNIKU A HOŘČÍKU VE VÝZNAMNÝCH  
POTRAVINOVÝCH SUROVINÁCH A POTRAVINÁCH**

Potraviny	Obsah v mg.kg <sup>-1</sup>	
	Mg	Ca
maso vepřové	80 - 220	50 - 90
maso hovězí	170 - 250	30 - 150
maso kuřecí	130 - 290	60 - 130
játra vepřová	220 - 260	60 - 70
ryby	140 - 310	60 - 5200
mléko plnotučné	110 - 140	1100 - 1300
tvářoh	90	960 - 990
sýry	170 - 550	1500 - 12000
jogurt	140	1400
vejce slepičí	120 - 140	550 - 570
vaječný bílek	110	50 - 110
vaječný žloutek	140 - 150	1300 - 1400
pšenice	700 - 1500	230 - 500
mouka pšeničná	210 - 1300	130 - 260
chléb celozrnný	230 - 550	140 - 650
rýže loupaná	260 - 430	50 - 110
hrách	1100 - 1300	440 - 780
čočka	770	400 - 750
fazole	230 - 1800	300 - 1800
sója	2400 - 2500	1300 - 1800
zelí	120 - 230	300 - 750
květák	170	180 - 310
špenát	420 - 770	700 - 1250
hlávkový salát	150 - 290	400 - 800
rajčata	110 - 180	60 - 1400
mrkev	100 - 190	240 - 480
hrášek	380 - 410	260 - 410
cibule	70 - 160	200 - 440
brambory	200 - 320	30 - 130
jablka	35 - 70	30 - 80
pomeranče	110 - 140	400 - 730
banány	310 - 420	50 - 120
jahody	120 - 170	180 - 260
vlašské ořechy	1300	600
čaj černý	2500	4300
káva pražená	2400	1300
čokoláda mléčná	590 - 710	2200 - 3200

[46]

**PŘÍLOHA P VI: OBSAH OLOVA, KADMIA A RTUTI VE  
VÝZNAMNÝCH POTRAVINOVÝCH SUROVINÁCH A  
POTRAVINÁCH**

Potravina	Obsah v mg.kg-1		
	Pb	Cd	Hg
maso vepřové	0,005 - 0,05	0,001 - 0,01	0,002 - 0,006
maso hovězí	0,004 - 0,07	< 0,001 - 0,01	0,001 - 0,003
maso kuřecí	0,008 - 0,04	0,001 - 0,005	0,001 - 0,002
játra vepřová	0,014 - 0,04	0,025 - 0,10	0,007 - 0,014
játra hovězí	0,01 - 0,42	0,03 - 0,17	0,001 - 0,005
ledviny vepřové	0,01 - 0,04	0,07 - 0,52	0,011 - 0,015
ledviny hovězí	0,06 - 0,22	0,06 - 2,00	0,003 - 0,014
ryby mořské	0,01 - 0,14	0,001 - 0,07	0,03 - 0,85
ryby sladkovodní	0,01 - 0,05	0,001 - 0,005	0,07 - 1,01
mléko plnotučné	0,001 - 0,002	< 0,0001 - 0,001	< 0,001
tvářoh	0,02	< 0,002	< 0,001
sýry	0,01 - 0,06	0,005 - 0,02	< 0,002
jogurt	0,01 - 0,03	0,001 - 0,003	< 0,001
vejce slepičí	0,001 - 0,01	0,001 - 0,01	0,005 - 0,008
pšenice	0,02 - 0,65	0,02 - 0,35	0,0001 - 0,006
mouka pšeničná	0,004 - 0,05	0,01 - 0,09	0,002 - 0,004
chléb celozrnný	0,012 - 0,013	0,02 - 0,05	0,001 - 0,006
rýže loupaná	0,003 - 0,08	0,004 - 0,14	0,002 - 0,008
žito	0,01 - 0,17	0,004 - 0,04	0,002 - 0,007
ječmen	0,03 - 0,27	0,004 - 0,04	0,001 - 0,006
oves	0,03 - 0,30	0,004 - 0,07	0,0001 - 0,008
hrách	0,01 - 0,43	0,01 - 0,03	0,002 - 0,02
fazole	0,02 - 0,10	0,003 - 0,02	0,004 - 0,02
sója	< 0,002 - 0,32	0,04 - 0,09	< 0,004
zelí	0,002 - 0,04	0,01 - 0,017	0,0003 - 0,001
květák	0,002 - 0,02	0,002 - 0,02	0,0004 - 0,002
špenát	0,01 - 0,29	0,01 - 0,35	< 0,001 - 0,008
hlávkový salát	0,003 - 0,25	0,002 - 0,16	0,0005 - 0,01
rajčata	< 0,001 - 0,04	0,002 - 0,05	0,0001 - 0,008
mrkev	0,004 - 0,21	0,003 - 0,16	0,0006 - 0,005
hrášek	0,01 - 0,02	0,001 - 0,03	0,0005 - 0,002
cibule	< 0,001 - 0,05	0,006 - 0,05	< 0,001
brambory	0,006 - 0,04	0,002 - 0,06	0,0001 - 0,017
houby	0,01 - 0,20	0,01 - 0,33	0,07 - 0,22
jablka	0,01 - 0,05	0,001 - 0,002	0,0003 - 0,002
pomeranče	0,005 - 0,07	0,001 - 0,007	< 0,001
banány	0,02 - 0,05	< 0,002	0,001 - 0,002
jahody	0,006 - 0,09	0,001 - 0,03	0,0002 - 0,001
hrozny	0,012 - 0,024	0,001 - 0,002	0,0004 - 0,002
arašídý	0,01 - 0,19	0,01 - 0,51	< 0,004
čaj černý	0,07 - 1,29	0,005 - 0,12	0,007 - 0,025
káva pražená	0,02 - 0,05	0,003 - 0,007	< 0,004