

# **Analýza chemického složení rýží s černými obalovými vrstvami**

Bc. Zuzana Mácová

---

Diplomová práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin  
akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Zuzana Máčová**  
Osobní číslo: **T12389**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Analýza chemického složení rýže s černými obalovými vrstvami**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Chemické složení rýže s důrazem na rýži s barevnými obalovými vrstvami
2. Principy metod použitých v experimentální části

### II. Praktická část

1. Stanovit vybrané nutriční parametry a chemické charakteristiky rýže s černými obalovými vrstvami
2. Statistické vyhodnocení výsledků
3. Diskuze
4. Závěr

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] TANANUWONG K., TEWARUTH, W., Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice, Food Science and Technology, 2010, pp. 476–481
- [2] KADLEC, Pavel. Technologie potravin I. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002, 300 s. ISBN 8070805099.
- [3] SOMPONG, R., SIENHANDL-EHN S., LINSBERER, MARTIN G., BERGHOFER E., Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice, Food Chemistry, 2011, pp. varieties from Thailand, China and Sri Lanka, Food Chemistry, 2011, pp. 132–140
- [4] QIONG CHEN, X., Nagao, N., ItANI, t., IRIFUNE, K., Identification of anthocyanins isolated from black rice (*Oryza sativa* L.) and their degradation kinetics, Food Chemistry, 2012, pp. 2783–2788

Vedoucí diplomové práce:

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

Datum zadání diplomové práce:

**2. února 2015**

Termín odevzdání diplomové práce:

**22. dubna 2015**

Ve Zlíně dne 2. února 2015

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



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

Příjmení a jméno: MÁCOVÁ ZUZANA

Obor: TECHNOLOGIE, HYGIENA  
A EKONOMIKA VYR. POTRAVIN

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <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 .....22.4.2015.....

.....Mácova Zuzana.....

<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 nevyjádřeně 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>41</sup> zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní díla;

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). 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 přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se věnuje stanovení nutričních a chemických parametrů u rýže s černými obalovými vrstvami (*Oryza sativa*) a u *Zizania aquatica*. Ve vzorcích byl stanoven obsah vlhkosti, popela, lipidů, bílkovin, škrobu a hrubé vlákniny. Poté byly ve vzorcích rýže stanoveny vitamíny skupiny B metodou HPLC a minerální prvky metodou ICP-MS, byly spočítány teoretické příspěvky černých rýží k hodnotám RDI (nebo AI) a PTWI u vitamínů B a u minerálních prvků. Dále byly připraveny extrakty obsahující volné a vázané polyfenoly, u kterých byly stanoveny obsahy flavonoidů, polyfenolů, byl stanoven profil vybraných polyfenolů pomocí HPLC a byla stanovena antioxidační aktivita. Poté byly provedeny korelace mezi hodnotami antioxidačních aktivit a obsahem flavonoidů a polyfenolů.

Klíčová slova: černá rýže, *Oryza sativa*, *Zizania aquatica*, flavonoidy, polyfenoly, ABTS, DPPH, vitamíny B, minerální prvky, HPLC, ICP-MS

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to determine the nutritional and chemical parameters in black types of rices (*Oryza sativa*) and in *Zizania aquatica*. Moisture content, ash, lipid, protein, starch and crude fibre contents were determined. Next, vitamin B-complex using HPLC and minerals profile using ICP-MS were assessed for subsequent definition of their contributions to RDI, AI and PTWI values. In addition, free and bound fractions were prepared to analyze flavonoid and polyphenol contents, profile of selected polyphenolics and antioxidant activity assay. Then, correlation between antioxidant activity and flavonoid and polyphenol contents, were evaluated.

Keywords: black rice type, *Oryza sativa*, *Zizania aquatica*, flavonoids, polyphenols, ABTS, DPPH, vitamin B-complex, minerals, HPLC, ICP-MS

Ráda bych tímto poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Bc. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné vedení, spolupráci, trpělivost a velmi cenné rady, které mi poskytovala v průběhu vypracování mé diplomové práce. Dále děkuji Ing. Lence Fojtíkové a Ing. Evě Kotáskové za pomoc při analytických stanoveních v laboratořích. Rovněž bych chtěla poděkovat doc. Ing. Miroslavu Fišerovi, CSc. za pomoc při analýze minerálních prvků pomocí ICP-MS. Také patří velké díky mé rodině za podporu během studia.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 RÝŽE</b> .....	<b>13</b>
1.1 PŮVOD A PĚSTOVÁNÍ RÝŽE .....	13
1.2 TAXONOMIE RÝŽE .....	14
1.3 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA RÝŽE .....	15
1.4 <i>ZIZANIA AQUATICA</i> .....	16
<b>2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ RÝŽE</b> .....	<b>18</b>
2.1 SACHARIDY .....	18
2.1.1 Mono a oligosacharidy .....	18
2.1.2 Polysacharidy .....	18
2.1.3 Vlákna .....	18
2.2 BÍLKOVINY A AMINOKYSELINY .....	19
2.3 LIPIDY .....	20
2.4 VITAMÍNY .....	20
2.5 MINERÁLNÍ LÁTKY .....	21
2.6 POLYFENOLICKÉ LÁTKY .....	21
<b>3 PRINCIPY METOD POUŽITÝCH V EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI</b> .....	<b>23</b>
3.1 PRINCIP STANOVENÍ VLHKOSTI.....	23
3.2 PRINCIP STANOVENÍ POPELA.....	23
3.3 PRINCIP STANOVENÍ LIPIDŮ .....	23
3.4 PRINCIP STANOVENÍ DUSÍKATÝCH LÁTEK DLE KJELDAHLA A PŘEPOČET NA OBSAH HRUBÝCH BÍLKOVIN.....	24
3.5 PRINCIP STANOVENÍ ŠKROBU PODLE EWERSE.....	25
3.6 PRINCIP STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY .....	26
3.7 PRINCIP STANOVENÍ VITAMÍNŮ SKUPINY B A POLYFENOLŮ POMOCÍ HPLC .....	26
3.8 PRINCIP STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ METODOU ICP-MS .....	27
3.9 PRINCIP STANOVENÍ POLYFENOLŮ FOLIN-CIOCALTEUOVOU METODOU.....	28
3.10 STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU FLAVONOIDŮ .....	28
3.11 PRINCIP STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU ABTS .....	28
3.12 PRINCIP STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH.....	29
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>30</b>
<b>4 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>31</b>
<b>5 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>32</b>
5.1 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE A POMŮCKY .....	32
5.2 POUŽITÉ PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ .....	34
5.3 CHARAKTERISTIKA VZORKŮ.....	35
5.4 STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH NUTRIČNÍCH CHARAKTERISTIK .....	37
5.4.1 Stanovení vlhkosti .....	37
5.4.2 Stanovení popela .....	37

5.4.3	Stanovení lipidů .....	37
5.4.4	Stanovení N a hrubých bílkovin podle Kjeldahla .....	37
5.4.5	Stanovení škrobu podle Ewerse .....	38
5.4.6	Stanovení hrubé vlákniny .....	38
5.5	STANOVENÍ VITAMÍNŮ SK. B POMOCÍ HPLC .....	39
5.5.1	Extrakce vitamínů sk. B pro následnou chromatografickou analýzu.....	39
5.5.2	Kalibrace pro stanovení vitamínů skupiny B .....	39
5.5.3	Chromatografické stanovení vitamínů sk. B pomocí HPLC.....	39
5.5.4	Výpočet příspěvku vitamínů sk. B k RDI a AI u rýží s černými obalovými vrstvami.....	40
5.6	STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ METODOU ICP-MS .....	40
5.6.1	Příprava vzorků – mineralizace pomocí mikrovlnného ohřevu .....	40
5.6.2	Příprava kalibrační řady standardů.....	40
5.6.3	Stanovení minerálních prvků metodou ICP-MS .....	41
5.6.4	Výpočet příspěvku minerálních prvků rýže s černými obalovými vrstvami k RDI nebo AI.....	42
5.6.5	Výpočet příspěvku toxických kovů rýže s černými obalovými vrstvami k PTWI.....	43
5.7	EXTRAKCE VOLNÝCH A VÁZANÝCH POLYFENOLŮ .....	43
5.7.1	Výsledná extrakce k získání frakce volných polyfenolů.....	43
5.7.2	Výsledná extrakce k získání frakce vázaných polyfenolů .....	43
5.8	STANOVENÍ CELKOVÝCH FLAVONOIDŮ .....	44
5.9	STANOVENÍ CELKOVÝCH POLYFENOLŮ .....	44
5.10	STANOVENÍ PROFILU POLYFENOLICKÝCH LÁTEK METODOU HPLC .....	44
5.10.1	Chromatografické stanovení polyfenolických látek pomocí HPLC .....	44
5.10.2	Kalibrace pro měření polyfenolických látek pomocí HPLC.....	45
5.11	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY POMOCÍ METODY ABTS .....	45
5.11.1	Příprava radikálu ABTS .....	45
5.11.2	Příprava reakční směsi .....	45
5.11.3	Měření antioxidační aktivity vzorků metodou ABTS .....	46
5.11.4	Kalibrace pro stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS .....	46
5.12	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY POMOCÍ METODY DPPH.....	46
5.12.1	Příprava zásobního roztoku.....	46
5.12.2	Měření antioxidační aktivity metodou DPPH.....	46
5.12.3	Kalibrace pro stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH .....	47
5.13	VZÁJEMNÉ KORELACE MEZI ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITOU A CELKOVÝMI FLAVONOIDY A POLYFENOLY .....	47
5.14	STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ .....	47
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>	<b>48</b>
6.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH NUTRIČNÍCH CHARAKTERISTIK U ČERNÝCH RÝŽÍ.....	48
6.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH NUTRIČNÍCH CHARAKTERISTIK U DIVOKÝCH RÝŽÍ.....	50
6.3	VÝSLEDKY CHROMATOGRAFICKÉHO STANOVENÍ VITAMÍNŮ B.....	51
6.3.1	Kalibrace pro stanovení vitamínů skupiny B pomocí HPLC.....	51
6.3.2	Výsledky chromatografického stanovení vitamínů B u černých rýží .....	52



6.3.2.1	Příspěvek vitamínů B k hodnotám RDI a AI z černých rýží .....	53
6.3.3	Výsledky chromatografického stanovení vitamínů B u divokých rýží .....	54
6.4	VÝSLEDKY ICP-MS STANOVENÍ OBSAHU MINERÁLNÍCH PRVKŮ .....	55
6.4.1	Výsledky ICP-MS stanovení obsahu minerálních prvků u černých rýží .....	56
6.4.2	Příspěvek minerálních prvků z černých rýží k hodnotám RDI nebo AI .....	70
6.4.3	Výsledky ICP-MS stanovení obsahu minerálních prvků u divokých rýží.....	72
6.5	VÝSLEDKY STANOVENÍ CELKOVÝCH FLAVONOIDŮ .....	79
6.5.1	Výsledky stanovení obsahu flavonoidů u černých rýží.....	79
6.5.2	Výsledky stanovení flavonoidů u divokých rýží.....	80
6.6	VÝSLEDKY STANOVENÍ CELKOVÝCH POLYFENOLŮ .....	80
6.6.1	Výsledky stanovení polyfenolů u černých rýží.....	80
6.6.2	Výsledky stanovení polyfenolů u divokých rýží.....	81
6.7	VÝSLEDKY STANOVENÍ VYBRANÝCH POLYFENOLŮ POMOCÍ HPLC .....	82
6.7.1	Výsledky stanovení vybraných polyfenolů pomocí HPLC u černých rýží.....	82
6.7.1.1	Obsah vybraných polyfenolických látek v extraktu s volnými polyfenoly u černých rýží .....	82
6.7.1.2	Obsah vybraných polyfenolických látek v extraktu s vázanými polyfenoly u černých rýží .....	84
6.7.2	Výsledky stanovení vybraných polyfenolů pomocí HPLC u divokých rýží.....	86
6.7.2.1	Obsah vybraných polyfenolických látek v extraktu s volnými polyfenoly u divokých rýží .....	86
6.7.2.1	Obsah vybraných polyfenolických látek v extraktu s vázanými polyfenoly u divokých rýží .....	87
6.8	VÝSLEDKY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODAMI ABTS A DPPH .....	88
6.8.1	Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami ABTS u černých rýží.....	88
6.8.2	Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami ABTS u divokých rýží.....	89
6.8.3	Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami DPPH u černých rýží.....	89
6.8.4	Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami DPPH u divoké rýže .....	90
6.9	VZÁJEMNÉ KORELACE MEZI HODNOTAMI ANTIOXIDAČNÍCH AKTIVIT A OBSAHEM FLAVONOIDŮ A POLYFENOLŮ .....	90
6.9.1	Korelace mezi hodnotami antioxidačních aktivit a polyfenoly.....	90
6.9.2	Korelace mezi hodnotami antioxidačních aktivit a flavonoidy.....	93
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>96</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>99</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>111</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>112</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>113</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>114</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>116</b>

## ÚVOD

Rýže je světově nejvýznamnější obilovinou zajišťující výživu velké části populace. Podle statistik FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Organizace pro výživu a zemědělství) a OSN (United Nations, Organizace spojených národů) patří mezi obiloviny s nejvyšším objemem produkce na světě.

Rýže patří mezi základní potraviny pro více než polovinu lidstva. Je výborným zdrojem škrobu. Nicméně rýžový škrob u bílých rýží je velmi rychle rozložitelný na molekuly glukózy, které se podílejí na zvýšeném glykemickém indexu. Proto bílá vařená rýže není vhodná pro lidi trpící diabetem a se sklonem k obezitě. Její nespornou výhodou je i množství bílkovin, které jsou sice neplnohodnotné, ale zato velmi dobře stravitelné. Navíc, bílkoviny rýže tvoří lepek, takže je vhodná pro celiaky. Bohužel loupané a leštěné rýže jsou ochuzeny o část těchto bílkovin. Dále jsou ochuzeny o vitamíny skupiny B, minerální prvky a vlákninu. Rýže se jeví být dobrou potravinou i pro svůj velmi nízký obsah lipidů, které by následně podléhaly oxidačnímu zluknutí, což významně prodlužuje dobu jejího skladování. Jistou alternativou bílé loupané rýže mohou být rýže neloupané, neleštěné a s barevnými obalovými vrstvami. Poslední zmiňované byly předmětem naší studie, a to konkrétně rýže s černými obalovými vrstvami (*Oryza sativa* L.) a rýže „divoké“ (*Zizania aquatica* L.), které se spíše používají ve směsi s klasickou bílou rýží. Mimo rýže černé jsou známy rýže červené a hnědé. Červená rýže je v Japonsku dokonce schválena jako „Functional food“ (funkční potravina). Rýže s barevnými obalovými vrstvami jsou obecně bohatší na bílkoviny, lipidy, minerální látky, vitamíny B a E, vlákninu a na ni se vážící polyfenolické látky. Tyto jsou pokládány za významné antioxidanty a antikarcinogenní látky.

V ČR nejsou prozatím dostupné relevantní studie týkající se černých rýží, které se prodávají na českém trhu, proto bylo naším cílem zabývat se jejich nutričními hodnotami.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 RÝŽE

Obiloviny jsou nejstarší a historicky nejvýznamnější plodiny. Všechny obiloviny mají z nutričního hlediska podobné parametry, nejvíce zastoupenou složkou obilovin je většinou škrob [1]. Obiloviny patří botanicky mezi traviny. Téměř všechny patří do čeledi lipnicovité (*Poaceae*), která předurčuje jejich značnou vzájemnou podobnost jak ve struktuře, tak v tvorbě zrna a jejich chemickém složení. Vlivem různých klimatických podmínek a během staletí šlechtění se však současně vytvořily odlišnosti mezi jednotlivými botanickými rody a druhy obilovin, i mezi jednotlivými odrůdami téhož druhu [2].

### 1.1 Původ a pěstování rýže

Rýže už zdaleka není jen obilovinou v rozvojovém světě. Je spotřebovávaná jako hlavní pokrm u více než poloviny světové populace, s přibližnou 95% produkcí v Asii. Poprvé rýži pěstovali v Číně, a to v období mladší doby kamenné. Odtud byla rozšířena na západ na území dnešního Iránu. V Evropě se začala pěstovat na Sicílii, ve Španělsku ji pěstovali Maurové a na Balkáně Turci. V 17. století byla přivezena do Severní Ameriky a až v 19. století se začala pěstovat v Jižní Americe. Dnes jsou největší plochy rýže v jihovýchodní Asii, Číně, Indonésii, Thajsku, Brazílii, Japonsku a ve Spojených Státech. Mezi největší pěstitele v Evropě patří Itálie a Španělsko [3].

Kromě bílé rýže existuje mnoho speciálních kultivarů, které obsahují barevné pigmenty. Rozeznáváme převážně typy černé, červené a hnědé. Tato barevnost je způsobena přítomností hlavně antokyanových barviv v obalových vrstvách rýže, existují však i kultivary s barevným endospermem. Rýže s barevnými obalovými vrstvami byly dlouhou dobu pěstovány pouze v Asii, zejména v Číně, Japonsku a Koreji. Největším světovým producentem černé rýže byla v roce 2003 Čína [4]. Rýže je hlavním obchodním obilným artiklem. Až 90 % světové produkce rýže je pěstováno v Asii. Nevyšší světovou produkci tvořila v období od r. 2006 do 2010 Čína (28,6 %), druhou byla Indie (20,5 %) a na třetím místě v produkci byla Indonésie (9 %) [5,6].

Tyto barevné rýže se mnohdy zařazují do kategorie funkčních potravin, protože obsahují vysoké množství fenolických sloučenin s antioxidačním účinkem, antikarcinogenním účinkem a také je mohou konzumovat lidé s diabetem, kvůli nižšímu obsahu škrobu v porovnání s rýžemi bílými [5]. Černá rýže má mnoho nutričních výhod oproti běžným druhům rýže. U některých barevných rýží byla prokázána přítomnost sloučenin, jako jsou antokyany (kyanidin-3-glukosid, delfinidin-glukosid, malvidin aj.),  $\gamma$ -oryzanoly, polyfeno-

lické kyseliny. Černá rýže také obsahuje mnoho vitamínů a minerálních látek jako je železo a vitamíny sk. B, vitamin E. Zastoupení jednotlivých biologicky aktivních látek se však mění s podnebnými a půdními podmínkami, s genotypem apod. [4].



Obr. č. 1 Rýžová pole Vietnam [7].

## 1.2 Taxonomie rýže

Rýže patří do říše rostlin (*Plantae*) ze skupiny rýžovitých (*Oryzaceae*), která zahrnuje přes 20 druhů. Podříše je nazvaná cévnaté rostliny (*Tracheobionta*), oddělení krytosemenné (*Magnoliophyta*), třída jednoděložné (*Liliopsida*), řád lipnicotvaré (*Poales*) a čeleď lipnicovité (*Poaceae*).

Rýže pochází z tropických oblastí Afriky a Asie. Podle původu rozlišujeme dva základní druhy rýže: *Oryza sativa* a *Oryza glaberrima*. *Oryza sativa* je asijská rýže, která se pěstuje po celém světě. *Oryza glaberrima* je rýže africká, převážně pěstována v malé míře v Západní Africe [8].



Obr. č. 2 *Oryza sativa* [9].



### 1.3 Botanická charakteristika rýže

Rýže je jednoletá bažinatá tráva s přímým dutým stéblem o výšce 100 cm. Květenství je jednostranně orientovaná lata, která je dlouhá cca 20 cm a obsahuje okolo 200 obilek. Široké, vzpřímené čárkovitě kopinaté listy jsou dlouhé až 60 cm a na okrajích jsou drsné. Pochva s dlouhým bílým jazýčkem je dlouhá 30 cm a má dvě brvitá ouška. Jednokvětý klas má osinatou a bezosinatou plevu, která je pluchou, je žebernatá a porostlá jemnými trichómy. Bezosinaté odrůdy jsou cennější. Žebernatost obalových vrstev se projevuje i na obilkách. Obilka je okoralá, plochá a podlouhle vejčitá. Barva obilky je podle barvy obalové vrstvy. Podle tvaru obilky se dělí na tři formy a to na japonské obilky, které jsou kratší, indické obilky, které jsou delší a na javánské obilky, které mají obilku kulovitou. Opylení se děje převážně vlastním pylem. Kořenový systém je asi 40 cm hluboký a jeho vývoj je závislý na způsobu obdělávání a půdních podmínkách [3].

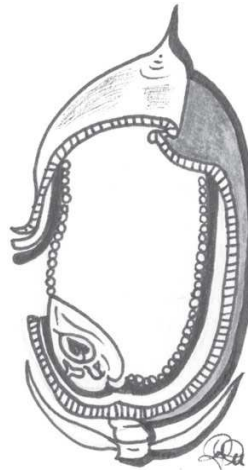
Kořeny jsou tvořeny svazčítým kořenovým systémem s řadou odnoží. Mohutnost kořenového systému se liší podle druhu, odrůdy a dle způsobu pěstování. Kořeny tvoří parenchym, jsou bílé barvy, později nahnědlé. Stéblo má délku 0,5 až 5 m. Stéblo vyrůstá z odnožovacích kolínek a následně se v nich větví. Jediná rostlina má více než 10 odnoží, z nichž jsou některé neplodné a postupně v průběhu vegetace odumírají. Z kolínek vyrůstají listy zelené barvy, která se postupně vegetací mění na barvu žlutou. Listy vyrůstají z kolínek a tvoří je pochva, jazýček, ouška a čepel. Pochva obaluje stéblo. Postupně se vzdáleností se pochva oddaluje od stébla a mění v čepel. V místě předělu pochvy a čepele jsou chlupatá ouška, která postupně odpadávají. Jazýček je také na předělu a blanitý. Čepel je asi cca 1cm úzká a až 35 cm dlouhá. Květ vyrůstá v klasech a sdružuje se v různě uspořádané laty. Laty jsou tvořeny 40 až 500 jednokvětých klásků. Květ je na krátkém větenu obalen pětižilnou, kožovitou, často osinatou a chlupatou pluchou. Tvoří ho šest tyčinek ve dvou kruzích a jednopouzdrý semeník obalený dvěma plenkami s pérovou bliznou rozdělenou na dvě části. Plodem je obilka, která má různě barevné oplodí, které je tvořeno pluchou a pluškou. Obilka je 5 až 14 mm dlouhá a 1,9 až 3,7 mm široká [10,11].



Obr. č. 3 Morfologie *Oryza sativa* [12].



Obr. č. 4 Struktura rýžového zrna [6].



Obr. č. 5 Podélný řez rýžového zrna [6].

#### 1.4 *Zizania aquatica*

*Zizania aquatica* neboli „divoká rýže“ má oříškovou chuť, barva obalových vrstev je hnědá až černá. Někdy se divoké rýži také říká rýže indiánská nebo planá. Ve skutečnosti to není rýže v pravém slova smyslu, ale jedná se o dlouhé semeno divoké vodní trávy (*Zizania*

*aquatica* L.), rostoucí nejčastěji v Kanadě a USA [13]. Geneticky je *Zizania aquatica* spojená s *Oryza rufipogon* a *Oryza nivara*. Má vysoký obsah bílkovin (14 %), sacharidů (74 %) a nízký podíl tuku (1,4 %). Obsah vlákniny se pohybuje okolo 6,8 %. Je dobrým zdrojem draslíku a fosforu. Také je bohatá na esenciální aminokyseliny (lyzin a metionin) [14]. Patří do rodu *Zizania*, který obsahuje přibližně 5 – 6 druhů a patří do čeledi lipnicovitých [13].



Obr. č. 6 *Zizania aquatica* [15].

## 2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ RÝŽE

Rýže je jednou ze základních plodin, která slouží jako pokrm pro více jak polovinu lidské populace [16]. Černá rýže se řadí mezi rýže neloupané. Ve slupce jsou obsaženy antioxidanty rozpustné v tucích jako  $\gamma$ -tokotrienol a  $\gamma$ -oryzanol, ale navíc mají vyšší množství antokyanových antioxidantů. Černá rýže je dobrým zdrojem železa a vitamínů sk. B a vitamínu E. Dále pak je také dobrým zdrojem vlákniny [17]. Jedná se o bezlepkovou potravinu, proto je vhodná také pro celiaky.

### 2.1 Sacharidy

Sacharidy jsou polyhydroxyaldehydy a polyhydroxyketony, které obsahují v molekule minimálně tři alifaticky vázané uhlíkové atomy a také sloučeniny, které se z nich tvoří vzájemnou kondenzací za vzniku glykosidových vazeb. Sacharidy tvoří 68 – 72 % zrna, proto jsou nejhlavnější složkou rýžových zrn [18].

#### 2.1.1 Mono a oligosacharidy

Obsah cukrů v bílé rýži je v rozmezí 0,3 – 0,5 %, u hnědé rýže je to potom 0,6 – 1,4 %. Převážnou část tvoří sacharóza ( $150 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) s malým množstvím glukózy a fruktózy [19].

#### 2.1.2 Polysacharidy

Škrob se nachází v organelách cytoplazmy v amyloplastech ve formě škrobových zrn nebo granulí. Obsah škrobu v rýži je obvykle 70 – 85 % [18]. U barevných rýží je obsah škrobu mnohdy nízký (mezi 40 – 50 %) z toho 20 – 25 % tvoří amyulóza, zbytek tvoří amylopektin. Naopak ale například indická rýže obsahuje více amyulózy. Škrob u barevných rýží se tráví pomaleji a také glukóza je do krve pomaleji uvolňována, což je vhodné právě pro diabetiky [19,20].

#### 2.1.3 Vlákna

Rýže nezbavené obalových vrstev mají značné množství vlákniny [21]. Vlákna je definovaná jako jedlý, převážně polymerní typ sacharidových molekul, který má deset a více monomerních jednotek, které se nehydrolyzují endogenními enzymy v trávicím traktu člověka. Dále se k vláknině řadí i endogenními enzymy nehydrolyzovatelné nesacharidové molekuly, jako je např. lignin nebo přírodní vosky či nově chemicky modifikované polysacharidy přidávané do potravin jako aditiva. Nejčastěji se vlákna rozlišuje podle rozpust-

nosti. Rozpustnou vlákninou jsou např. některé hemicelulózy a pektiny. Do skupiny nerozpustné vlákniny patří např. celulóza, některé hemicelulózy a lignin. Obilné mouky obsahují okolo 1 až 5 % celkové dietetické vlákniny (TDF, Total Dietary Fibre), celozrnné mouky a celá zrna mají vlákniny více, a to okolo 10 – 15 % [22]. Obsah vlákniny u divoké rýže se pohybuje od 0,6 do 2 % [23].

## 2.2 Bílkoviny a aminokyseliny

Obsah bílkovin ovlivňuje nutriční charakteristiku. Stavitelnost bílkovin rýže je dána jejich vazbou na škrobová zrna a jejich následnou denaturací. Profil aminokyselin rýže ukazuje, že má vysoký obsah kyseliny glutamové a kyseliny asparagové, přičemž lyzin je limitující aminokyselinou. Obsah bílkovin v rýžových zrnech se pohybuje mezi 8 – 10 % [24]. Obsah bílkovin v divoké rýži je vyšší, od 10 do 18 %, kdy největší část bílkovin tvoří gluteliny. U divoké rýže jsou dominujícími aminokyselinami také kyseliny glutamová a asparagová [23]. Aminokyselinový profil je zaznamenán v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1 Obsah aminokyselin [23,25]

Aminokyseliny	Obsah aminokyselin u barevných rýží (mg.100 g <sup>-1</sup> )	Obsah aminokyselin u divoké rýže (mg.100 g <sup>-1</sup> )
Tryptofan	101	160 – 190
Treonin	291	310 – 380
Leucin	657	630 – 760
Izoleucin	336	410 – 470
Lyzin	303	380 – 530
Metionin	176	230 – 330
Cystein	96	30 – 29
Fenylalanin	410	480 – 550
Tyrosin	298	310 – 410
Valin	466	550 – 880
Arginin	602	720 – 900
Histidin	202	210 – 300
Alanin	463	50 – 650
Kys. asparagová	743	980 – 1100
Kys. glutamová	1618	1850 – 2000
Glycin	391	450 – 510
Prolin	372	320 – 450
Serin	411	10 – 570



### 2.3 Lipidy

Lipidy jsou heterogenní skupiny organických látek. Jsou omezeně rozpustné ve vodě, ale naopak dobře rozpustné v organických rozpouštědlech. Za hydrofobní charakter mohou dlouhé nepolární uhlovodíkové řetězce mastných kyselin (MK). Obsah lipidů v bílé rýži je 1,5 až 1,9 %. Nejvíce lipidů je soustředěno v otrubách a klíčku, postupem do středu obsah lipidů ubývá. Nejvíce zastoupenou mastnou kyselinou je kyselina linolová (35 %), následuje kyselina olejová (35 %) a kyselina palmitová (28 %). V hnědé rýži je obsah lipidů 1,5 – 2,5 %. Nižším obsahem tuku je dána i nízká náchylnost na žluknutí u bílé rýže [6,27,28]. Obsah lipidů v divoké rýži je nižší, mezi 0,35 až 1,1 % [23]. Podíl hlavních skupin MK je uveden v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2 Podíl typů mastných kyselin v barevných rýžích [25]

MK	Obsah MK u barevných rýží (g.100 g <sup>-1</sup> )
Nasyčené MK	0,60
Monoenové MK	1,10
Polyenové MK	1,00
$\omega$ -3-MK	0,04
$\omega$ -6-MK	1,00

### 2.4 Vitamíny

V obalových vrstvách a těsně pod nimi jsou obsaženy antioxidanty rozpustné v tucích jako  $\gamma$ -tokotrienol, řadící se mezi vitamíny E a účastnící se oxidačně redukčních a respiračních procesů. Dále rýže obsahuje vyšší množství vitamínů sk. B, které ale významně ztrácí při jejím opracování [28]. Obsah vitamínů v barevných rýžích a v rýži divoké je uveden v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3 Obsah vitamínů v barevných rýžích a u rýže divoké [6,23]

Vitamíny	Obsah vitamínů u barevných rýží (mg.100 g <sup>-1</sup> )	Obsah vitamínů u divoké rýže (mg.100 g <sup>-1</sup> )
Vitamín E	0,90 – 2,50	0,20 – 0,50
Vitamin B <sub>1</sub>	0,29 – 0,61	0,30 – 0,63
Vitamin B <sub>2</sub>	0,04 – 0,10	0,07 – 0,60
Vitamin B <sub>3</sub>	do 0,01	4,60 – 10,30
Vitamin B <sub>5</sub>	do 0,01	–
Vitamin B <sub>6</sub>	0,50 – 0,90	–
Vitamin B <sub>9</sub>	0,01 – 0,05	–

## 2.5 Minerální látky

Obsah minerálních látek v obilném zrně záleží na mnoha faktorech, jako jsou druh, odrůda, klimatické podnebí, geologické podloží apod. Minerální látky jsou většinou vázané na obalové vrstvy a postupně do středu obilky ubývají. Rýže má různorodé množství a zastoupení minerálních látek, například železo, hořčík, zinek, fosfor a draslík. Jejich obsah záleží také na typu rýže a na způsobu jejího opracování [20,29]. Obsah minerálních látek je v rozmezí 1 – 1,5 %. Obzvláště obsah hořčíku, vápníku, manganu, železa, zinku a selenu u obroušených rýžových zrn významně klesá [6]. Zastoupení významných minerálních prvků rýže a divoké rýže je uvedeno v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4 Obsah minerálních prvků v barevných rýžích a u divoké rýže [23,25]

Minerální prvky	Obsah minerálních prvků v barevných rýžích (mg.100 g <sup>-1</sup> )	Obsah minerálních prvků u divoké rýže (mg.100 g <sup>-1</sup> )
Železo	0,2 – 5,2	1,2 – 5,1
Hořčík	0,2 – 1,5	80 – 161
Fosfor	170 – 430	236 – 500
Draslík	60 – 280	55 – 560
Zinek	0,6 – 2,8	1,2 – 12

## 2.6 Polyfenolické látky

Polyfenolické sloučeniny mají ve své struktuře benzoový kruh s jednou nebo více hydroxylovými skupinami. Mezi tyto sloučeniny patří fenolické kyseliny, flavonoidy, kondenzované taniny atd. Všechny obiloviny obsahují tyto polyfenoly, díky nimž mají svůj charakteristický vzhled, vůni a oxidační stabilitu [28].

Jsou to deriváty kyseliny benzoové a skořicové. Dělíme je na kyseliny hydroxybenzoové a hydroxyskořicové. Mezi hydroxybenzoové patří kyseliny: gallová, *p*-hydroxybenzoová, vanilová, syringová a protokatechová. Mezi hydroxyskořicové kyseliny patří kumarová, ferulová, kávová a skořicová. V obilovinách se tyto kyseliny vyskytují ve formě volné nebo vázané nejčastěji na obalové vrstvy obilky. Volné se nachází převážně ve vnější vrstvě oplodí a jejich extrakci lze provést pomocí běžných organických rozpouštědel. Rutin řadíme mezi bioflavonoidní glykosidy, jeho aglykon se nazývá quercetin. Je to významný antioxidant [30]. Velmi často se u obilovin stanovují také koncentrace kyseliny vanilové, syringové, *p*-kumarové, ferulové, isoferulové a dihydroxybenzoové [31].

Antokyany jsou rostlinné pigmenty, které jsou zodpovědné za barvu mnoha rostlin. V přírodě je rozšířeno poněkud více než šest antokyaninů, a to pelargonidin, kyanidin, peonidin, delphinidin, petunidin a malvidin. Antokyaniny jsou cenné jako druhy důležitých ukazatelů kvality v potravinách a chemotaxonomických ukazatelů v rostlinách, mají antioxidační schopnost. Černá rýže je sice bohatá na antokyany, ale tyto jsou většinou nestabilní a ničí je řada faktorů jako je např. změna pH, světlo, enzymy atd. V černých rýžích se často stanovuje kyanidin-3-glukosid, malvidin-3-glukosid a peonidin-3-glukosid [32].

### 3 PRINCIPY METOD POUŽITÝCH V EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

#### 3.1 Princip stanovení vlhkosti

Sušina je pevný zbytek vzorku po odstranění vody a těkavých látek (vlhkosti) za podmínek metody. Vlhkost může být i významným ukazatelem trvanlivosti potravin. Pro stanovení vlhkosti byla použita referenční metoda, kdy sušíme vzorek při  $130 \pm 3$  °C po dobu 1 hodiny [33].

**Vypočet obsahu vlhkosti V v %:**

$$V = 100 - S \quad (1)$$

$$S = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} * 100 \quad (2)$$

$m_0$  – hmotnost navážky vzorku [g],

$m_1$  – hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g],

$m_2$  – hmotnost vysušené prázdné misky [g],

S – sušina [%],

#### 3.2 Princip stanovení popela

Popel je nespalitelná část při předepsané teplotě, v případě naší práce to bylo při  $550 \pm 5$  °C. Je to hrubý ukazatel minerálních složek ve vzorku, podstata je úplné spálení organických látek, získaný anorganický zbytek po spálení je zvážen [34].

**Výpočet obsahu popela p v %:**

$$p = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100 \quad (3)$$

m – hmotnost navážky vzorku [g],

$m_1$  – hmotnost kelímku se vzorkem po spálení [g],

$m_2$  – hmotnost vysušené prázdné kelímku [g].

#### 3.3 Princip stanovení lipidů

Pro stanovení lipidů se nejvíce používá extrakční metoda, kde se pracovní postup liší podle vzorku a také použitým rozpouštědlem. Vyextrahovaný lipidový podíl je souhrn všech lá-

tek získaných daným rozpouštědlem za podmínek metody ze vzorku. Hlavní složku tvoří u obilovin většinou triacylglyceroly. K extrakci se používá nejčastěji Soxhletova metoda a aparatura, která bývá upravena Twisselmannovým nástavcem. Principem stanovení lipidů v rýži je kontinuální extrakce rozemletého vysušeného vzorku lipofilním rozpouštědlem (hexanem) a poté zvážení vyextrahovaného lipidového podílu.

**Výpočet obsahu lipidů v %:**

$$l = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100 \quad (4)$$

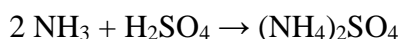
m – hmotnost navážky vzorku [g],

m<sub>1</sub> – hmotnost baňky s tukem [g],

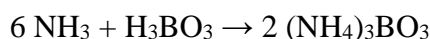
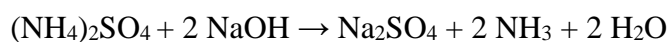
m<sub>2</sub> – hmotnost prázdné baňky [g].

### 3.4 Princip stanovení dusíkatých látek dle Kjeldahla a přepočet na obsah hrubých bílkovin

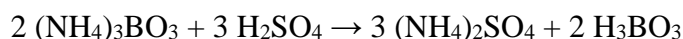
Principem je mineralizace vzorku mokrou cestou pomocí kyseliny sírové za přidání směsného katalyzátoru (v našem případě Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + CuSO<sub>4</sub>·5 H<sub>2</sub>O v poměru 10:1) a peroxidu vodíku. Při varu kyseliny sírové se vzorek zmineralizuje. Přítomné organické dusíkaté látky se převedou na anorganicky vázaný dusík [35].



Po mineralizaci následuje alkalizace pomocí 30 hmotn. % NaOH, aby se uvolněný amoniak kvantitativně předestiloval s vodní párou do předlohy s 2 hmotn. % kyselinou trihydrogenboritou.



Vzniklý boritan amonný se titruje kyselinou sírovou na indikátor Tashiro do růžového zbarvení.



Obsah dusíku se přepočte na bílkoviny po vynásobení faktorem, který je určen pro rýži, což je 5,95 [35].

**Výpočet obsahu hrubé bílkoviny v %:**

$$HB = \frac{a \cdot 10^{-3} \cdot c \cdot M_N \cdot f_t \cdot f_z \cdot f_{př}}{n} * 100 \quad (5)$$

a – spotřeba odměrného roztoku H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> při titraci [ml],

c – přesná koncentrace odměrného roztoku H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,025 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 koeficient (f<sub>t</sub> = 2),

f<sub>z</sub> – zředovací koeficient (f<sub>z</sub> = 5),

f<sub>př</sub> – přepočítávací faktor podle druhu potraviny (pro rýži je 5,95),

n – navážka vzorku, která byla zmineralizována [g].

**3.5 Princip stanovení škrobu podle Ewerse**

Polarimetrické stanovení škrobu využívá významné vlastnosti sacharidů, a to optické aktivity, což je schopnost stáčet rovinu polarizovaného světla o úhel, který je úměrný koncentraci sacharidů [32]. Specifická otáčivost při polarimetrickém stanovení škrobu se pohybuje v rozmezí  $[\alpha]^D + 190^\circ$  až  $202^\circ$ . Pomocí zředěné kyseliny chlorovodíkové se škrob převede na rozpustnou formu za působení tepla. Po vyčeření Carrezovými činidly se škrob, který byl hydrolyzován, určí polarimetricky [36].

**Obsah škrobu v %:**

$$x = \frac{100 \cdot \alpha}{[\alpha]_\lambda^t \cdot l \cdot n} * 100 \quad (6)$$

l – tloušťka vrstvy (délka polarimetrické trubice) [dm],

n – přesná navážka vzorku [g],

$[\alpha]_\lambda^t$  – specifická otáčivost při teplotě t a vlnové délce  $\lambda$  [pro rýžový škrob 184].

$$\alpha = [\alpha]_\lambda^t * l * c \quad (7)$$

$\alpha$  – úhel otočení [°]

c – koncentrace stanovované látky [g.ml<sup>-1</sup>].

### 3.6 Princip stanovení hrubé vlákniny

Ke stanovení hrubé vlákniny bylo použito hydrolýzy vzorku slabou kyselinou ( $0,255 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$ ) a slabou zásadou ( $0,313 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), poté byl zbytek vzorku vysušen, spálen a zvážen. Hydrolýza byla provedena v přístroji Ankom Fiber Analyzer (Ankom Technology, MA, USA) podle postupu uvedeného výrobcem v manuálu [37]. Hrubá vláknina představuje komplex ligninu a celulózy.

**Obsah hrubé vlákniny v %:**

$$HV = \frac{(m_3 - m_2 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 c_2)}{m_2} * 100 \quad (8)$$

$m_1$  – hmotnost prázdného sáčku [g],

$m_2$  – hmotnost vzorku [g],

$m_3$  – hmotnost vysušeného sáčku po hydrolýze [g],

$m_4$  – hmotnost po spálení [g],

$c_1$  – korelace hmotnosti vysušeného sáčku po hydrolýze,

$c_2$  – korelace hmotnosti sáčku po spálení,

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (9)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (10)$$

$m_s$  – hmotnost vysušeného sáčku po hydrolýze [g],

$m_p$  – hmotnost popela sáčku [g].

### 3.7 Princip stanovení vitamínů skupiny B a polyfenolů pomocí HPLC

Kapalinová chromatografie je jednou z chromatografických separačních metod, kdy je k dělení látek používána chromatografická kolona naplněná stacionární fází a kde mobilní fází je kapalina. HPLC (High Performance Liquid Chromatography, Vysokoučinná kapalinová chromatografie) je velmi citlivá metoda s vysokou účinností, které je dosaženo použitím vysokého tlaku mobilní fáze při dělení látek. Během separace se analyt rozděluje mezi mobilní a stacionární fází. Nejčastěji se využívá reverzní RP-HPLC, při které je stacionární fáze méně polární než fáze mobilní. Mobilní fází u RP-HPLC může být voda, pufr, kyse-

lina trifluorooctová, kyselina mravenčí, metanol, acetonitril apod. Často se mísí v různých koncentracích a poměrech. Stacionární fáze je tvořena mikročásticemi silikagelu či anorganickými nosiči (o velikosti 2,5 – 5,0  $\mu\text{m}$ ), na kterých je navázána nepolární část stacionární fáze – nepolární uhlovodíky (C8, oktan; C18, oktadekan aj.), nebo polárnější uhlovodíky s funkční skupinou (např. – CN, –NH<sub>2</sub> apod.). Důležitou součástí chromatografu jsou detektory, které mají za úkol zaznamenat rozdíl mezi průchodem čisté mobilní fáze a mobilní fáze obsahující eluovanou složku. UV/VIS detektory jsou založeny na principu měření absorbance záření v oblasti vlnových délek od 190 do 800 nm (tzv. DAD – detektory diodového pole), detektory hmotnostní zaznamenávají podíl hmotnosti k náboji. Další nejčastěji používané detektory v HPLC jsou fluorimetrický, refraktometrický nebo elektrochemický [38].

Pomocí metody HPLC byly v naší studii stanoveny vitamíny skupiny B, a to vitamín B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub> a B<sub>9</sub> a polyfenoly kyselina gallová, katechin, vanilová, kávová, syringová, kumarová, *trans-p*-kumarová, ferulová, rutin, protokatechinová, skořicová a quercetin, s využitím detekce v UV oblasti spektra [39].

### 3.8 Princip stanovení minerálních prvků metodou ICP-MS

Hlavním důvodem použití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem je schopnost provést rychlou analýzu více prvků simultánně a rychle zjistit jejich koncentraci v daném analytu. Vzorky se při ICP-MS ionizují v argonovém plazmatu za vysokých teplot a jsou separovány na základě jejich hmotnosti a velikosti náboje. Analýza vzorku pomocí ICP-MS má čtyři hlavní procesy: zavedení vzorku a tvorba aerosolu, ionizace pomocí argonového plazmového zdroje, hmotnostní diskriminace a detekce (oddělování ionizovaných molekul – ionty v plynné fázi – v závislosti na jejich hmotnostech). Výhodami ICP-MS jsou rychlost, nízký detekční limit, určení izotopového poměru a relativně nízká cena [40,41,42]. Hmotnostní spektrometry se skládají ze tří modulů. Prvním modulem je zdroj iontů, jímž lze převést molekuly plynu na ionty, druhým modulem je hmotnostní analyzátor, který třídí ionty podle jejich hmotnosti v proměnlivém elektromagnetickém poli a třetím modulem je detektor, který měří hodnotu četnosti dopadajících částic, a tak poskytuje data pro výpočet koncentrace každého iontu v reálném čase [43].



### 3.9 Princip stanovení polyfenolů Folin-Ciocalteuovou metodou

Jedná se o spektrofotometrickou metodu, která slouží pro stanovení celkových polyfenolů. Dochází k reakci fenolických sloučenin, které se oxidují v zásaditém prostředí a tím dochází ke změně původního žlutého zbarvení na modré. Modré pigmenty mají maximální absorpci v závislosti na kvalitativním nebo kvantitativním složení fenolických sloučenin a na pH [44,45,46,47]. Fenoly (neselektivně mono- i polyfenoly) se v alkalickém prostředí oxidují pomocí Folin-Ciocalteuho činidla. Toto činidlo je směsí kyselin fosforečno-wolframové ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) a kyseliny fosforečno – molybdenové ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ), které se po oxidaci fenolů redukují na směs (polymerní komplex) modrých oxidů wolframu ( $W_8O_{23}$ ) a molybdenu ( $Mo_8O_{23}$ ). Folin-Ciocalteuho činidlo nereaguje specificky jen s fenoly, ale i s většinou redukujících molekul (např. kyselinou askorbovou). Vytvořené modré zbarvení silně absorbuje v oblasti 765 nm [48].

### 3.10 Stanovení celkového obsahu flavonoidů

Jedná se o spektrofotometrickou metodu za použití etanolu,  $AlCl_3 \cdot 6 H_2O$  a NaOH. V prostředí alkoholu a zásady vzniká růžovo až fialově zbarvený produkt fenolů s  $AlCl_3 \cdot 6 H_2O$ . Na vytvoření kalibrační řady se používá nejčastěji rutin a katechin. Je zde možná různá modifikace metody v rámci použití koncentrace jednotlivých činidel, jejich dávkování v čase apod. [45,46,49,50].

### 3.11 Princip stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS

Princip spočívá ve vytvoření radikálu ABTS (2,2'-azinobis-3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonové kyseliny), který je zhasen antioxidačními látkami vzorku. ABTS je také označována jako metoda pro stanovení tzv. TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity, Antioxidační aktivity se standardem troloxu), vzhledem k tomu, že výsledná antiradikálová aktivita vzorku je srovnávána s antiradikálovou aktivitou syntetické látky troloxu [49]. Zhášení radikálu ABTS antioxidy, které se chovají jako donory vodíku, se sleduje spektrofotometricky na základě změn absorpčního spektra ABTS (nejčastěji se měří úbytek absorbance při 734 nm). V reakční směsi se kationradikál ABTS generuje oxidací ABTS různými sloučeninami, např. peroxidisíranem draselným, oxidem manganičitým aj. Vzorek antioxidantu lze přidat do reakční směsi již při generování radikálu, běžněji je však přidáván k radikálu již vytvořenému [51,52,53]. Nejvyužívanějšími rozpouštědly jsou voda, metanol, etanol a aceton. Jsou používány samostatně nebo v kombinaci. Jako standard

se používá trolox, může být použita i kyselina askorbová nebo BHA (butylhydroxyanizol). Antioxidační aktivita se vyjadřuje jako ekvivalentní množství použitého standardu např. troloxu (vyjádřené v molárních či hmotnostních koncentracích) v 1 g či v 1 kg vzorku nebo v % inhibice [49].

### 3.12 Princip stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Metoda spočívá v reakci testované látky s DPPH (stabilní volný radikál 1,1-difenyl-2-pikrylhydrazylu). V metanolovém roztoku DPPH v radikálové formě vykazuje silnou absorpci ve VIS spektru, reakce DPPH s antioxidantem se projevuje odbarvením roztoku. Reakce je nejčastěji sledována spektrofotometricky. Úbytek absorbance při 515 nm se měří buď po uplynutí určitého konstantního času, nebo se pracuje v kinetickém režimu [47,51.53]. U směsných vzorků se radikálová aktivita někdy vyjadřuje v ekvivalentech kyseliny askorbové (např. u vzorků ovoce) nebo v jednotkách standardu troloxu [49]. Reakce radikálu DPPH musí být prováděna v organických rozpouštědlech (např. metanol a etanol), radikál ve vodném prostředí neposkytuje reprodukovatelné výsledky [53]. Antioxidační aktivita se vyjadřuje jako ekvivalentní množství standardu, např. troloxu (vyjádřené v molárních či hmotnostních koncentracích) v 1 g či v 1 kg vzorku, nebo v % inhibice [53].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části diplomové práce bylo shrnout základní, převážně nutriční údaje o rýži, se zaměřením na rýže s černými obalovými vrstvami.

Cíle experimentální části diplomové práce byly následující:

- stanovení základních vybraných nutričních parametrů rýže s černými obalovými vrstvami (*Oryza sativa* L.) a divoké rýže (*Zizania aquatica* L.) stanovit obsah vlhkosti, popela, lipidů, hrubých bílkovin, škrobu a hrubé vlákniny,
- stanovit obsah vitamínů sk. B u výše jmenovaných vzorků pomocí HPLC-UV po předchozí optimalizaci extrakčních a chromatografických podmínek,
- stanovit minerální prvky metodou ICP-MS, s využitím metody mineralizace vzorku pomocí mikrovln,
- definovat denní příjem minerálních prvků a vitamínů sk. B z černé rýže dle jejich RDI (Recommended Dietary Intake, Doporučená denní dávka) nebo AI (Adequate Intake, Adekvátní příjem) navržených WHO/FAO (World Human Organization/ Food and Agriculture Organization, Světovou zdravotnickou organizací a Organizací pro výživu a zemědělství) a definovat příspěvek toxických prvků k PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake, Prozatímní tolerovatelný týdenní příjem),
- vypracovat a optimalizovat extrakční postupy pro získání frakcí volných a vázaných polyfenolů z rýže a u těchto frakcí dále stanovit:
  - a) spektrofotometricky obsah celkových flavonoidů, výsledek prezentovat v ekv. rutinu,
  - b) spektrofotometricky stanovit obsah celkových polyfenolů pomocí Folin-Ciocalteuovy metody, výsledek prezentovat v ekv. kyseliny gallové,
  - c) stanovit profil vybraných polyfenolů v těchto frakcích metodou HPLC-UV po předchozí optimalizaci chromatografických podmínek,
  - d) u frakcí s volnými a vázanými polyfenolickými látkami stanovit antioxidační aktivitu metodami s využitím ABTS a DPPH, výsledek prezentovat v ekv. troloxu,
  - e) provést základní korelace s využitím lineární regrese mezi hodnotami antioxidačních aktivit s flavonoidy a polyfenoly u černých rýží,
  - f) výsledky statisticky zpracovat.

## 5 METODIKA PRÁCE

### 5.1 Použité chemikálie a pomůcky

- Metanol (Ing. Petr Švec, Penta, ČR)
- Spalovací porcelánové kelímky, hliníkové misky, extrakční patrony
- Trichloroctová kyselina (Ing. Petr Švec, Penta, ČR)
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, Česká republika)
- Peroxid vodíku (Chemapol, ČR)
- Směsný katalyzátor (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O v poměru 10:1)
- NaOH (Ing. Petr Švec, Penta, ČR)
- Kyselina boritá (Ing. Petr Švec, Penta, ČR)
- Indikátor Tashiro (Sigma Aldrich, Německo)
- n-hexan (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, Česká republika)
- HCl (Ing. Petr Švec, Penta, ČR)
- Trifluoroctová kyselina (Sigma Aldrich, Německo)
- Acetonitril (Sigma Aldrich, Německo).
- Folin-Ciocalteuovo činidlo (Sigma Aldrich, Německo)
- Uhličitan sodný (Lachema, ČR)
- Destilovaná voda (Aquaosmotic systém, Tišnov, ČR)
- Etanol (Lachema, ČR)
- NaNO<sub>2</sub> (0,5 mol.dm<sup>-3</sup>) (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, Česká republika)
- AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O (0,3 mol.dm<sup>-3</sup>) (Fluka, Německo)
- Carrez I + Carrez II (30% síran zinečnatý + 15% hexakynoželeznatan draselný)
- NaOH (1 mol.dm<sup>-3</sup>) (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR)
- ABTS (2,2'-azinobis-(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonová kyselina) (Sigma Aldrich, Německo)
- DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl) (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard troloxu (Sigma Aldrich, Německo)
- Standard rutinu (Carl Roth, Německo)
- Standard kyseliny gallové (Acros Organics, Belgie)
- Standardy vitamínů B (Carl Roth, Německo)
  - B<sub>1</sub> tiaminhydrochlorid
  - B<sub>2</sub> riboflavin

- B<sub>3</sub> kyselina nikotinová
- B<sub>5</sub> pantotenát vápenatý
- B<sub>6</sub> pyridoxin
- B<sub>9</sub> kyselina listová
- Standardy minerálních prvků na ICP-MS (Analytika, Praha, ČR)
  - STD 25 – Be, Zn, Cu, Ni, Al, Ga, Mg, Co, Li, Sc, Ag, Mn, Sr, Ba, Tl, Bi, Ce, Cs, Ho, In, Rh, Ta, Tb, U, Y
  - STD 12 - As, Ca, Cd, Cr, Fe, Hg, K, Na, Pb, Se, Sn, Ti
  - Prvky samostatně – P, S, B, V, Ge, Zr, Mo
- Clara-díastáza (sigma Aldrich, Německo)
- Pepsin (sigma Aldrich, Německo)
- Pancreatin (sigma Aldrich, Německo)
- Ultra čistý H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Analytika, Praha, ČR)
- Ultra čistá HNO<sub>3</sub> (Analytika, Praha, ČR)
- Helium a argon (Linde Gas, Zlín, ČR)
- Ultra čistá pure redestilovaná voda (VWS Memsep, Praha, ČR)
- Standardy dalších polyfenolických látek (Sigma Aldrich, Praha, ČR)
  - Katechin
  - Kyselina vanilová
  - Kyselina kávová
  - Kyselina protokatechinová
- Standardy polyfenolických látek (Merck, Německo)
  - Kyselina ferulová
  - Kyselina skořicová
  - Quercetin
- Standardy polyfenolických látek (Tokyo Industry, Tokyo, Japonsko)
  - Kyselina syringová
  - Kyselina kumarová
  - Kyselina *trans-p*-kumarová
- Mineralizační zkumavky, mikropipety s nastavitelným objemem, běžné laboratorní pomůcky a sklo
- Redestilovaná voda (Aquaosmotic, Tišnov, ČR)

## 5.2 Použité přístrojové vybavení

- Laboratorní sušárna (Venticell BTM, ČR)
- Analytické váhy (Scholler AFA-2102 LC, ČR)
- Muflová pec (VEB Elektro, Bad Frankenhausen, Německo)
- Soxhletova aparatura s Twisselmannovým nástavcem (Vitrum, ČR)
- Laboratorní třepačka LT2 (Kavalier, ČR)
- Topné hnízdo (LTHS 250, Brněnská Drutěva, ČR)
- Mineralizační jednotka (Bloc Digest 12 B, Praha)
- Parnas-Wagnerova aparatura
- UV/VIS spektrofotometr (Lambda 25, Perkin Elmer, USA)
- Polarimetr (POL 1, Itálie)
- pH metr (Hanna instrument, USA)
- Vodní lázeň (GFL, Německo)
- Ultrazvuková lázeň (PS 04000A) (Notus-Powersonic, SK)
- Odstředivka (EBA 20, Hettich Zentrifugen, Německo)
- Chromatograf (UHPLC Dionex Ultimate 3000, MA, USA)
- Kolona Zorbax Eclipse XDB-C18 (4,6 x 150 mm; 3,5  $\mu\text{m}$ )
- Kolona Phenomenex Kinetex C-18 (150 x 4,6 mm; 2,6  $\mu\text{m}$ )
- Mineralizační pec s mikrovlnným ohřevem (Ethos One, Itálie)
- Elektrický mlýnek a vločkovač Waldner Biotech Combi-Star (Waldner Biotech, Linz, Rakousko)
- ICP-MS (Thermo Scientific iCAP Q ICP-MS) (Thermo Scientific, MA, USA)
- Purelab Classic Elga water system (Labwater/VWS Ltd., UK)

### 5.3 Charakteristika vzorků

Pro diplomovou práci bylo použito pět vzorků rýže s černými obalovými vrstvami (*Oryza sativa* L.) a dva vzorky divoké rýže (*Zizania aquatica* L.). Vzorky byly vyhodnocovány a navzájem porovnávány na základě země původu. Vzorky byly zakoupeny v rámci obchodní sítě ČR, od každého vzorku bylo zakoupeno po 2,5 až 3 kg. Rýže byly rozemlety pomocí obilného mlýnku Waldner Biotech a byly přemístěny do hnědých plastových lahví s uzávěrem a skladovány při laboratorní teplotě 22 °C.



Obr. č. 7 *Oryza sativa*, země původu Čína



Obr. č. 8 *Oryza sativa*, země původu Japonsko

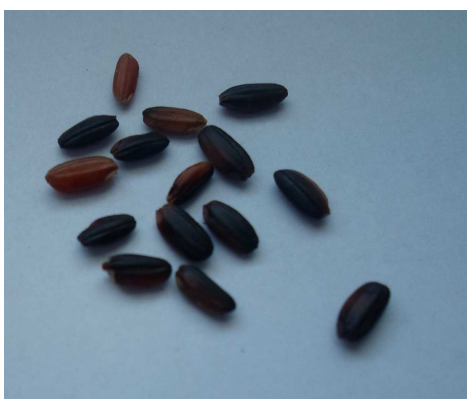


Obr. č. 9 *Oryza sativa*, země původu Itálie





Obr. č. 10 *Oryza sativa*, země původu Thajsko



Obr. č. 11 *Oryza sativa*, země původu Laos



Obr. č. 12 *Zizania aquatica*, země původu Kanada



Obr. č. 13 *Zizania aquatica*, země původu Řecko

## 5.4 Stanovení základních nutričních charakteristik

### 5.4.1 Stanovení vlhkosti

1 g vzorku navážený do důkladně vysušených hliníkových misek s přesností na 0,1 mg byl sušen v sušárně při  $130 \pm 3$  °C po dobu 1 h. Poté byl vzorek zvážen s přesností na 0,1 mg a byla vypočítána vlhkost v %, dle vzorce č. 1 uvedeného v kapitole 3.1. Byla použita modifikace metody dle normy ČSN ISO 712 (46 1014) [33]. Stanovení bylo provedeno 3x.

### 5.4.2 Stanovení popela

Navážený 1 g vzorku s přesností na 0,1 mg do předžíhaných porcelánových kelímků byl spalován po dobu 5,5 h při teplotě  $550 \pm 5$  °C v muflové peci. Po vychladnutí v exsikátoru byl vzorek zvážen s přesností na 0,1 mg (modifikace ČSN ISO 2171 (46 1019) [34]). Obsah popela byl vypočten pomocí vzorce č. 3 uvedeného v kapitole 3.2 a výsledek byl vyjádřen v %. Obsah popela byl stanovován ve třech opakováních.

### 5.4.3 Stanovení lipidů

Byla použita modifikace metody dle Soxhleta, místo dietyléteru byl použit n-hexan. Do extrakční patrony bylo naváženo 5 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Patrona byla vložena do extrakčního přístroje, předem vysušená a zvážená extrakční baňka byla naplněna 100 ml n-hexanu. Baňka byla umístěna na topné hnízdo a napojená na extraktor po dobu 5,5 h. Extrakt byl poté 20 min sušen při teplotě 105 °C, následně byl ochlazen v exsikátoru a zvážen s přesností na 0,1 mg. Obsah lipidů byl vypočítán dle vzorce č. 4 uvedeného v kapitole 3.3 a výsledek byl vyjádřen v %. Měření bylo provedeno 3x.

### 5.4.4 Stanovení N a hrubých bílkovin podle Kjeldahla

Navážka na mineralizaci činila  $0,25 \text{ g} \pm 0,1 \text{ mg}$ , k navážce bylo přidáno 10 ml 96%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a 0,5 ml 36%  $\text{H}_2\text{O}_2$  a jedna malá lžička směsného katalyzátoru ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  v poměru 10:1). Mineralizace probíhala v mineralizátoru Bloc Digest 12 se zařízením s možností odsávání par při 400 °C po dobu 1 h. Po vychladnutí byl mineralizát kvantitativně převeden do odměrných baněk o objemu 25 ml a tento objem byl doplněn po rysku destilovanou vodou.

Celkový dusík byl stanoven za použití Parnas-Wagnerovy aparatury. Po napipetování 10 ml mineralizátu bylo přidáno 20 ml 30 hmotn. % NaOH. Amoniak byl jímán do předlohy s 50 ml 2 hmotn. % roztoku kyseliny borité. Destilát byl titrován  $0,025 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$

s přidavkem Tashiro indikátoru do červenofialového zbarvení. Pro přepočítání dusíku na hrubé bílkoviny byl pro vzorky rýže použit přepočítávací faktor 5,95. Dle vzorce č. 5 z kapitoly 3.4 byl vypočten obsah bílkovin a vyjádřen v %. Byla použita modifikace metody dle normy ČSN EN ISO 20483 (46 1401) [35]. Obsah bílkovin byl měřen 4x.

#### 5.4.5 Stanovení škrobu podle Ewerse

Do odměrné baňky o objemu 100 ml bylo naváženo 2,5 g rýžové mouky a přidáno 25 ml 1,124 hmot. % HCl. Poté byla baňka po stěnách opláchnuta dalšími 25 ml 1,124 hmot. % HCl, vložena do vodní lázně, po započítí varu nechána 15 min vařit. Po vyjmutí baňky bylo opět přidáno 20 ml 1,124 hmot. % HCl. Baňka byla ochlazená pod tekoucí vodou a bylo provedeno čiření podle Carreze. Přidán byl 1 ml Carrez I a 1 ml Carrez II a baňka byla doplněna destilovanou vodou po rysku. Vzniklý roztok byl zfiltrován. Úhel otočení při teplotě 20 °C byl měřen u čirého filtrátu. Výsledkem byl průměr ze čtyř stanovení, výsledek byl vyjádřen v %. Stanovení bylo provedeno dle modifikace normy ČSN EN ISO 10 520 (56 6120) [36].

#### 5.4.6 Stanovení hrubé vlákniny

Stanovení bylo provedeno na přístroji Ankom<sup>220</sup> Fiber Analyzer. Promyté filtrační sáčky acetonem byly nechány na vzduchu odvětrávat, poté byly popsány fixem na textil a zváženy s přesností na 0,1 mg. V každém sáčku byl navážen 1 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Jeden sáček (tzv. korekční sáček) byl ponechán prázdný. Do přístroje byla nalita H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,1275 mol.dm<sup>-3</sup>, 2 l) a sáčky zde byly uloženy a rovnoměrně rozprostřeny. Bylo zapnuto míchání a topení (100 °C) na dobu 45 min. Poté byl obsah přístroje i se vzorky propláchnut 3x horkou vodou a do přístroje byl nalit NaOH (0,313 mol.dm<sup>-3</sup>, 2 l). Předchozí postup byl znovu opakován. Po vypuštění hydroxidu byl přístroj propláchnut 3x horkou vodou. Poslední proplach byl proveden studenou vodou k ochlazení přístroje a sáčků. Po vyjmutí byly sáčky vysušeny pomocí filtračního papíru, vloženy na 3 min do acetonu, znovu vysušeny filtračním papírem a nechány odvětrat. Sáčky byly poté vloženy do sušárny o teplotě 105 °C na 4 h. Po vychladnutí v exsikátoru byly zváženy a každý sáček byl vložen do předem zváženého porcelánového kelímku a žihán při 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru byl porcelánový kelímek zvážen a byla zaznamenána hmotnost spáleného obsahu. Výpočet obsahu hrubé vlákniny byl proveden podle vzorce 8, 9, 10 uvedeného v kapitole 3.6. Výsledek byl vyjádřen v %, každý vzorek byl proměřen 3x.

## 5.5 Stanovení vitamínů sk. B pomocí HPLC

### 5.5.1 Extrakce vitamínů sk. B pro následnou chromatografickou analýzu

K optimalizaci extrakce bylo využito enzymatické a kyselé hydrolýzy vzorku. V případě kyselé hydrolýzy byly testovány roztoky HCl o koncentraci 0,1 a 0,2 mol.dm<sup>-3</sup>, v případě enzymatické hydrolýzy to byl 1% vodný roztok clara-díastázy, což je směsný enzymatický preparát obsahující amylázu, lipázu, proteázu a fosfoesterázu. Také byl testován 1% roztok pepsinu a 1% roztok pankreatinu, který obsahoval amylázu, proteázu a lipázu.

Jako konečná extrakce byla zvolena metoda kyselé hydrolýzy pomocí 0,1 mol.dm<sup>-3</sup> HCl. 1 g vzorku navážený s přesností na 0,1 mg byl smíchán s 8 ml 0,1 mol.dm<sup>-3</sup> HCl. Poté byl vzorek extrahován v ultrazvukové lázni 1 hod, odstředěn na odstředivce při 3421 g po dobu 25 min a zfiltrován přes nylonový filtr o velikosti pórů 0,45 μm do tmavých vialek. Tento extrakt byl použit pro stanovení vitamínů B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub> a B<sub>9</sub>. Každý vzorek byl proměřen 4x.

### 5.5.2 Kalibrace pro stanovení vitamínů skupiny B

Vitamíny skupiny B byly rozpuštěny v destilované vodě o pH 5,5. Koncentrace každého z vitamínů v kalibrační řadě byly 0,1; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0 a 10,0 μg.ml<sup>-1</sup>. Pro každou koncentraci byla změřena absorbance jako za podmínek v kapitole 5.5.3. Pro každý vitamín pak byla připravena kalibrační křivka jako závislost ploch píků (mAU.min) na koncentraci vitamínu (μg.ml<sup>-1</sup>). Kalibrační křivky jsou uvedeny v příloze I.

### 5.5.3 Chromatografické stanovení vitamínů sk. B pomocí HPLC

Na kolonu bylo nastříkáváno 50 μl vzorku. Analýza trvala 25 min při teplotě 25 °C. Jako mobilní fáze A byla použita 0,025% trifluoroctová kyselina a jako mobilní fáze B byl použit acetonitril. Gradientová eluce je uvedena v tabulce č. 5. Typ kolony byl Zorbax Eclipse XDB C-18 (4,6 x 150 mm; 3,5 μm). Vlnová délka DAD detektoru byla nastavena pro B<sub>1</sub> a B<sub>2</sub> 270 nm, pro B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub> a B<sub>6</sub> 210 nm a pro B<sub>9</sub> 290 nm [38].

Tabulka č. 5 Podmínky gradientové eluce pro vitamíny skupiny B

Čas (min)	MF – B (%)	MF – A (%)
0 – 10	0	100
10 – 20	25 – 45	55 – 75
19 – 20	40	60
20 – 21	40 – 0	0 – 60
21 – 25	0	100

#### 5.5.4 Výpočet příspěvku vitamínů sk. B k RDI a AI u rýží s černými obalovými vrstvami

Úrovně příspěvků vitamínů skupiny B k denním doporučeným dávkám (RDI), či jejich stanoveným adekvátním příjmům (AI), byly stanoveny na základě hodnot RDI (Recommended Dietary Intakes, Denní doporučená dávka) nebo AI (Adequate Intake) navržených FAO/WHO v roce 2004 [55]. Při výpočtu se vycházelo z údaje denního příjmu rýže na jednoho obyvatele ČR, což je pouhých 15 g. Spotřeba rýže na 1 osobu za rok je cca 5,4 kg [56]. Příspěvky byly vypočítány pro dospělé osoby ve věku 31 až 50 let, a to jak pro muže, tak pro ženy a jsou vyjádřeny v %.

### 5.6 Stanovení minerálních prvků metodou ICP-MS

#### 5.6.1 Příprava vzorků – mineralizace pomocí mikrovlnného ohřevu

Byl navážen 1 g rozemletého vzorku rýže s přesností na 0,1 mg přímo do teflonové rozkladné nádoby. Ke vzorku bylo dále přidáno 5 ml 65% ultra pure HNO<sub>3</sub> a 1ml ultra pure 36% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Vzorek byl důkladně uzavřen a podroben mikrovlnnému rozkladu v zařízení Milestone Ethos One. Vzorky byly vloženy do jednotlivých segmentů uzpůsobených podmínkám při mineralizaci. Rozklad byl nastaven dle teplotního programu vhodného pro obiloviny: záhřev po dobu 10 min k teplotě 180 °C (energie do 500 W), následně výdrž po dobu 15 min při teplotě 180 °C (opět výkon 500 W), potom chlazení po dobu 20 min na teplotu 80 – 90 °C. Následně byl mineralizát zchlazen ve studené vodní lázni na teplotu 20 °C a byl kvantitativně převeden do plastové odměrné baňky na 25 ml a před analýzou doplněn ultra pure redestilovanou vodou po značku (Purelab Classic Elga water system).

#### 5.6.2 Příprava kalibrační řady standardů

Kalibrace pro stanovení obsahu prvků byla provedena pomocí sady kalibračních roztoků, připravených vhodným ředěním základních standardních roztoků. Byly použity směsné standardy ICP-MS STD 25 (Be, Zn, Cu, Ni, Al, Ga, Mg, Co, Li, Sc, Ag, Mn, Sr, Ba, Tl, Bi, Ce, Cs, Ho, In, Rh, Ta, Tb, U, Y), směsný standard ICP-MS STD12 (As, Ca, Cd, Cr, Fe, Hg, K, Na, Pb, Se, Sn, Ti), dále byly použity jednotlivé standardy prvků, a to – P, S, B, V, Ge, Zr, Mo.

Jednotlivé standardy byly rozpuštěny ve 2% ultra pure HNO<sub>3</sub> tak, aby byla získána následující koncentrační rozmezí:

- pro Be, Zn, Cu, Ni, Al, Ga, Mg, Co, Li, Sc, Ag, Mn, Sr, Ba, Tl, Bi, Ce, Cs, Ho, In, Rh, Ta, Tb, U a Y na 3 – 35 µg.l<sup>-1</sup>,
- pro As, Ca, Cd, Cr, Fe, Hg, K, Na, Pb, Se, Sn a Ti na 0,5 – 1,0 µg.l<sup>-1</sup>,
- pro P, S, B, V, Ge, Zr, Mo na 0,5 – 1,0 µg.l<sup>-1</sup>.

### 5.6.3 Stanovení minerálních prvků metodou ICP-MS

Bylo stanovováno 44 minerálních prvků, které jsou uvedeny v kapitole 5.6.2. Analýza byla prováděna na zařízení ICP-MS (hmotnostní spektrometr s kvadrupólem a indukčně vázaným plazmatem, typ Thermo Scientific iCAP Q). Thermo Scientific iCAP Q ICP-MS je vybaven patentovanou technologií QCell (Colision Ce<sup>II</sup> Technology – CCT), která umožňuje provést analýzu za použití helia, jako kolizního plynu. Tento plyn indukuje reakční mechanismus rozpadu molekulárních asociátů a tak technologie QCell představuje snížení možných interferencí u všech typů vzorků, snižuje dobu analýzy a umožňuje získávání relevantnějších výsledků v oblasti velmi nízkých koncentrací. ICP-MS zařízení je připojeno k počítači USB kabelem a ovládáno programem Thermo Scientific™ Qtegra™ Intelligent Scientific Data Solution™ (ISDS) platform software (Thermo Scientific, MA, USA).

Pumpou byl vzorek dopraven do zmlžovací komory, kde byly mimo jiné odfiltrovány větší aerosolové kapičky kvůli lepší stabilitě vzorku v plazmě. Zmlžovací komora je chlazená vždy na min -10 °C a je v těsné blízkosti plazmové hlavice. Plazma vytváří radiofrekvenční generátor po iniciačním výboji v argonovém prostředí. Výkon je řízený počítačem od 500 do 1600 W. Indukční cívka je potažena stříbrným povlakem s mědí a chlazená vodou pro její delší životnost a spolehlivý zážeh plazmatu. Přístroj je vybaven vnitřní integrovanou kamerou, kde je možno sledovat na počítači nástřik vzorku do plazmatu. Chladicí, pomocné kapaliny a zmlžovače plynů jsou řízeny regulátory hmotnostního průtoku. Vlastní rozhraní iCAP Q se skládá z dvojice pevných niklových kuželů chlazených vodou, která snižuje teplotu, zamezuje usazování vzorku a prodlužuje dobu mezi čištěními. Příslušné detekční limity jsou uvedeny v tabulce č. 6. Každý vzorek byl proměřen 8x.

Tabulka č. 6 Detekční limity – nastavení ICP-MS

Specifikace			
STD režim	iCAP Qa	iCAP Qc	iCAP Qs
Citlivost (kcps/ppb)			
${}^7\text{Li}^b$	40	50	80
${}^{59}\text{Co}^b$	60	100	200
${}^{115}\text{In}^b$	150	220	400
${}^{238}\text{U}^b$	200	300	500
Detekční limity (ppt) <sup>a</sup>			
${}^9\text{Be}$	<0,5	<0,5	<0,5
${}^{115}\text{In}$	<0,1	<0,1	<0,1
${}^{209}\text{Bi}$	<0,1	<0,1	<0,1
Oxidy (%)			
CeO/Ce <sup>b</sup>	<2	<2	<2
Dvojnabité částice (%)			
Ba <sup>++</sup> /Ba <sup>+b</sup>	<3	<3	<3
Pozadí (cps)			
m/z 4.5 <sup>b</sup>	<1	<1	<1
Stabilita (% RSD)			
Krátkodobá <sup>b</sup>	<2 (10 min)	<2 (10 min)	<2 (10 min)
Dlouhodobá	<3 (2 h)	<3 (2 h)	<3 (2 h)
Izotopový poměr			
${}^{107}\text{Ag}/{}^{109}\text{Ag}$	<0,1	<0,1	<0,1
He Cell režim			
Citlivost (kcps/ppb)			
Co <sup>b</sup>	-	30	30
Pozadí (cps)			
m/z 4.5 <sup>b</sup>	-	<0,5	<0,5

#### 5.6.4 Výpočet příspěvku minerálních prvků rýže s černými obalovými vrstvami k RDI nebo AI

Úrovně příspěvků minerálních prvků k jejich denním doporučeným dávkám, či jejich stanoveným adekvátním příjmům, byly stanoveny na základě hodnot RDI (Recommended Dietary Intakes, Denní doporučená dávka) nebo AI (Adequate Intake) navržených FAO/WHO v roce 2004 [55]. Při výpočtu se vycházelo z údaje denního příjmu rýže na obyvatele ČR, což je pouhých 15 g. Spotřeba rýže na 1 osobu za rok je cca 5,4 kg [56]. Příspěvky byly vypočítány pro dospělé osoby ve věku 31 až 50 let, a to jak pro muže, tak pro ženy. Dále byla použita metodika postupu prezentovaného ve studii Antoina [57].

### 5.6.5 Výpočet příspěvku toxických kovů rýže s černými obalovými vrstvami k PTWI

Hladiny příjmů jsou taktéž definovány u toxických prvků a jsou vyjadřovány jako PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake, Prozatímní tolerovatelný týdenní příjem). Tyto hodnoty ustanovila FAO/WHO v roce 2011, a to pro Al, As, Cd, a Hg [58]. Zároveň z těchto limitů bylo vyřazeno Pb. Hodnoty PTWI jsou definovány vždy pro muže a ženy dle jejich hmotnosti. V naší studii budou prezentovány příspěvky toxických prvků k hodnotám PTWI pro ženy s váhou 65 kg a pro muže s váhou 70 kg. Při výpočtu se vycházelo také z údaje denního příjmu rýže na obyvatele ČR, což je pouhých 15 g. Spotřeba rýže na 1 osobu za rok je cca 5,4 kg [56]. Dále byla použita metodika postupu prezentovaného ve studii Antoina [57].

## 5.7 Extrakce volných a vázaných polyfenolů

V rámci pilotních extrakcí byly vyzkoušeny různé typy extrakčních činidel, jako např. samotný metanol, 80% metanol, etanol, 80% etanol, tetrahydrofuran, aceton, etylacetát, směs metanolu a HCl v poměru 99:1 apod., dále byly vyzkoušeny různé způsoby extrakce po určitou dobu. Nejlepším se zdálo být použití 80% metanolu v kombinaci s etylacetátem [4]. Tato metodika byla námi modifikována a uzpůsobena laboratornímu vybavení na UACHP.

### 5.7.1 Výsledná extrakce k získání frakce volných polyfenolů

Do odstředivkových zkumavek byly naváženy 2 g vzorku s přesností na 0,1 mg, spolu s 8 ml 80% metanolu a jednou kapkou etyl acetátu. Na vortexu promíchané zkumavky byly zabaleny do Al-fólie a nechány extrahovat 1 h v ultrazvuku. Po extrakci byly zkumavky vytaženy a jejich obsah odstředěn při 4321 g po dobu 25 min. Slitý supernatant byl extraktem pro volné polyfenoly [4].

### 5.7.2 Výsledná extrakce k získání frakce vázaných polyfenolů

Z odstředivkových zkumavek byly zbytky pelet kvantitativně převedeny do lékovek promytím 20 ml destilované vody. Destilovaná voda byla poté odsáta. K promytému vzorku bylo v lékovce přidáno 25 ml 0,1 mol.dm<sup>-3</sup> NaOH. Na třepačce byl vzorek třepán jednu hodinu, poté byl vložen na další hodinu do ultrazvuku a zchlazen v ledu. Vzorek byl odstředěn při 4321 g po dobu 25 min a zfiltrován. Pro případ stanovení antioxidačních aktivit ještě bylo pH supernatantu upraveno pomocí 6 mol.dm<sup>-3</sup> HCl na pH 5,5 (2 – 3 kapky) [4].



## 5.8 Stanovení celkových flavonoidů

Do kádinky bylo napipetováno 8,5 ml 20% etanolu, 0,85 ml extraktu vzorku a 0,375 ml 0,5 mol.dm<sup>-3</sup> NaNO<sub>2</sub>, za 5 min bylo přidáno 0,375 ml 0,3 mol.dm<sup>-3</sup> AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O a za dalších 5 min bylo přidáno 2,5 ml 1 mol.dm<sup>-3</sup> NaOH. Po 10 minutách bylo provedeno měření absorbance při vlnové délce 506 nm. Jako standard by použit rutin, jehož koncentrace v kalibrační řadě byla od 0 do 1,4 µg.ml<sup>-1</sup>. Kalibrační křivka byla sestrojena jako závislost absorbance na koncentraci rutinu (µg.ml<sup>-1</sup>). Pomocí rovnice lineární regrese byl z naměřených hodnot vypočítán celkový obsah flavonoidů ve vzorku, vyjádřený jako ekvivalentní množství mg rutinu v 1 kg vzorku. Vzorek byl dle potřeby ředěn 2 až 5x [45,46,49,50]. Kalibrační křivka je uvedena v příloze III.

## 5.9 Stanovení celkových polyfenolů

Do 10 ml odměrné banky bylo napipetováno 200 µl extraktu vzorku. Ke vzorku bylo přidáno 5 ml destilované vody, 0,5 ml Folin-Ciocalteuova činidla a 1,5 ml 20% uhličitanu sodného. Baňka byla po rysku doplněna destilovanou vodou. Promíchaný vzorek byl po uplynutí 30 min změřen. Absorbance byla měřena při vlnové délce 765 nm na spektrofotometru Lambda 25. Jako standard byla použita kyselina gallová, jejíž koncentrace v kalibrační řadě byla od 0 do 800 mg.l<sup>-1</sup>. Kalibrační křivka byla sestrojena jako závislost absorbance na koncentraci kyseliny gallové (mg.l<sup>-1</sup>). Pomocí rovnice lineární regrese byl z naměřených hodnot vypočítán celkový obsah polyfenolů ve vzorku, vyjádřený jako ekvivalentní množství kyseliny gallové v mg na 1 kg vzorku. Vzorek byl dle potřeby ředěn 2 až 3x [48]. Kalibrační křivka je uvedena v příloze III.

## 5.10 Stanovení profilu polyfenolických látek metodou HPLC

### 5.10.1 Chromatografické stanovení polyfenolických látek pomocí HPLC

Byla zvolena metoda HPLC s UV detekcí. Na kolonu bylo nastříkováno 20 µl vzorku. Analýza trvala 45 min při teplotě 30 °C. Jako mobilní fáze A byla použita směs redestilovaná voda: kyselina octová 99:1 a jako mobilní fáze B byla použita směs redestilovaná voda: acetonitril: kyselina octová (67:32:1). Byla použita gradientová eluce, její profil je uveden v tabulce č. 7. Separace probíhala na koloně Phenomenex Kinetex C-18 (4,6 x 150 mm; 2,6 µm). Vlnová délka DAD detektoru byla nastavena na 275 nm.

Tabulka č. 7 Průběh gradientové eluce pro polyfenolické látky

Čas (min)	MF – B (%)	MF – A (%)
0 – 10	10 – 20	80 – 90
10 – 16	20 – 40	60 – 80
16 – 20	40 – 50	50 – 60
20 – 25	50 – 70	30 – 50
25 – 30	70	30
30 – 40	70 – 10	30 – 90
40 – 45	10	90

Stanovovanými polyfenolickými látkami byly: kyselina gallová, kyselina vanilová, kyselina kávová, kyselina syringová, kyselina *trans-p*-kumarová, kyselina kumarová, kyselina ferulová, kyselina protokatechinová, kyselina skořicová, katechin, rutin a quercetin.

### 5.10.2 Kalibrace pro měření polyfenolických látek pomocí HPLC

Jednotlivé polyfenolické látky byly rozpuštěny v metanolu a byla z nich naředěna kalibrační řada. Každý bod kalibrační křivky byl následně proměřen za stejných chromatografických podmínek, jako je uvedeno a kapitole 5.10.1. Kalibrační křivky byly sestrojeny jako závislost ploch píků (mAU.min) na jejich koncentraci ( $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ). Kalibrační křivky jsou uvedeny v příloze IV.

## 5.11 Stanovení antioxidační aktivity pomocí metody ABTS

### 5.11.1 Příprava radikálu ABTS

Do 10 ml odměrné baňky bylo naváženo 0,018 g ABTS. Baňka byla doplněna po rysku destilovanou vodou. K roztoku ABTS bylo přidáno 0,2 ml peroxidisíranu draselného o koncentraci  $0,06 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ , který byl připraven rozpuštěním 0,162 g  $\text{K}_2\text{SO}_8$  v 10 ml destilované vody. Reakční směs byla po dobu 16 h ponechána bez přístupu světla. Cílem bylo vytvoření radikálu ABTS.

### 5.11.2 Příprava reakční směsi

Nejprve bylo třeba připravit octanový pufr o pH 4,3. Ten byl připraven smícháním 63,5 ml  $0,2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{CH}_3\text{COONa}$  a 136,5 ml  $0,2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$   $\text{CH}_3\text{COOH}$  a tento byl smíchán s již vytvořeným radikálem ABTS (kapitola 5.11.1) v poměru 39:1. Tato reakční směs byla spektrofotometricky proměřena při vlnové délce 734 nm, jako blank byl použit octanový pufr.

### 5.11.3 Měření antioxidační aktivity vzorků metodou ABTS

Do kádinky bylo napipetováno 12 ml reakční směsi (kapitola 5.11.2) a 150  $\mu\text{l}$  extraktu vzorku. Takto připravená směs reagovala v temnu 30 min a poté byla změřena absorbance na spektrofotometru Lambda 25 při vlnové délce 734 nm. Pomocí rovnice lineární regrese byla z naměřených hodnot vypočítána antioxidační aktivita přepočtením na ekvivalentní množství mmolů troloxu na 1 kg vzorku. Každý vzorek byl proměřen 6 – 8x a pokud to bylo nezbytné, tak byl ředěn 2 až 10x [49].

### 5.11.4 Kalibrace pro stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS

Jako standard byl použit trolox, který byl rozpuštěn v metanolu. Koncentrační rozmezí standardu troloxu pro sestavení kalibrační křivky bylo od 0 do 0,05  $\mu\text{mol}\cdot 25\mu\text{l}^{-1}$ . Pomocí rovnice lineární regrese byl z naměřených hodnot vypočítán celkový obsah antioxidační aktivity ABTS ve vzorku, vyjádřený jako ekvivalentní množství troloxu v mmolech na 1 kg vzorku [49]. Kalibrační křivka je uvedena v příloze IV.

## 5.12 Stanovení antioxidační aktivity pomocí metody DPPH

### 5.12.1 Příprava zásobního roztoku

Nejprve bylo nutné připravit pracovní roztok, který byl připraven rozpuštěním 24 mg DPPH ve 100 ml metanolu. Poté se z pracovního roztoku připravil zásobní tím, že bylo smícháno 10 ml zásobního a 45 ml metanolu. Poté se zásobní roztok měřil při vlnové délce 515 nm proti metanolu.

### 5.12.2 Měření antioxidační aktivity metodou DPPH

Bylo napipetováno 8,55 ml zásobního roztoku DPPH a 450  $\mu\text{l}$  extraktu vzorku. Poté se tato směs nechala stát 60 min v temnu a následně byla proměřena absorbance při vlnové délce 515 nm na spektrofotometru Lambda 25. Pomocí rovnice lineární regrese byla z naměřených hodnot vypočítána antioxidační aktivita přepočtením na ekvivalentní množství mmolů troloxu na 1 kg vzorku. Každý vzorek byl proměřen 6 – 8x a dle potřeby ředěn 2 až 10x [53,47,51].

### 5.12.3 Kalibrace pro stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Jako standard byl použit trolox, který byl rozpuštěn v metanolu. Koncentrační rozmezí standardu troloxu pro sestavení kalibrační křivky bylo od 0 do 200 mmol.l<sup>-1</sup>. Pomocí rovnice lineární regrese byl z naměřených hodnot vypočítán celkový obsah antioxidační aktivity DPPH ve vzorku, vyjádřený jako ekvivalentní množství troloxu v mmolech na 1 kg vzorku. Kalibrační křivka je uvedena v příloze IV.

### 5.13 Vzájemné korelace mezi antioxidační aktivitou a celkovými flavonoidy a polyfenoly

K posouzení příspěvků volných a vázaných polyfenolů a flavonoidů k antioxidační aktivitě černých rýží a divokých rýží bylo využito metody lineární regrese.

### 5.14 Statistické zpracování výsledků

K vyloučení odlehlých výsledků byl použit Dean-Dixonův test (Q-test). Dále byl použit parametrický test srovnávající střední hodnoty dvou nezávislých souborů (Studentův t-test), hladina významnosti byla 0,05. Pro statistické vyhodnocení bylo použito statistického programu SkatK25 [59].

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Porovnávány byly vzájemně výsledky z jednotlivých stanovení u rýží s černými obalovými vrstvami (*Oryza sativa* L.), a to v závislosti na zemi původu. Stejně tomu tak bylo u dvou vzorků *Zizania aquatica* L. Všechny výsledky stanovení jsou prezentovány jako průměry a byla vypočítána směrodatná odchylka průměru. Dále jsou výsledky zpracovány pomocí Studentova T-testu na hladině významnosti 0,05.

### 6.1 Výsledky stanovení základních nutričních charakteristik u černých rýží

Vlhkost byla stanovena podle postupu uvedeného v kapitole 5.3.1, popel byl stanoven dle postupu uvedeného v kapitole 5.3.2, stanovení lipidů bylo popsáno v kapitole 5.3.3, pro bílkoviny v kapitole 5.3.4, u škrobů 5.3.5 a hrubé vlákniny 5.3.6. Výsledky stanovení jsou prezentovány v tabulce č. 8.

Tabulka č. 8 Výsledky základních nutričních parametrů v černé rýži

%	Vlhkost	Popel	Lipidy	Hrubé bílkoviny	Škrob	Hrubá vláknina
Čína	9,1 ± 0,1 <sup>a</sup>	1,6 ± 0,1 <sup>a</sup>	3,4 ± 0,2 <sup>a</sup>	9,5 ± 0,4 <sup>a,d</sup>	79,0 ± 0,7 <sup>a,d</sup>	1,7 ± 0,1 <sup>a</sup>
Japonsko	10,9 ± 0,2 <sup>b</sup>	1,9 ± 0,1 <sup>b</sup>	4,7 ± 0,1 <sup>b</sup>	10,2 ± 0,4 <sup>b,c,d</sup>	77,8 ± 0,5 <sup>b,d</sup>	1,5 ± 0,1 <sup>b,c</sup>
Itálie	10,0 ± 0,1 <sup>c</sup>	1,4 ± 0,1 <sup>c,e</sup>	4,3 ± 0,2 <sup>c</sup>	10,2 ± 0,3 <sup>c</sup>	71,4 ± 1,3 <sup>c</sup>	1,4 ± 0,1 <sup>c,d</sup>
Thajsko	11,2 ± 0,1 <sup>d</sup>	1,0 ± 0,1 <sup>d</sup>	3,9 ± 0,1 <sup>d,e</sup>	9,5 ± 0,1 <sup>d</sup>	78,2 ± 1,0 <sup>d</sup>	1,3 ± 0,1 <sup>d</sup>
Laos	10,4 ± 0,1 <sup>e</sup>	1,4 ± 0,1 <sup>e</sup>	3,7 ± 0,2 <sup>e</sup>	10,5 ± 0,1 <sup>e</sup>	80,9 ± 0,7 <sup>e</sup>	1,0 ± 0,1 <sup>e</sup>

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty ve sloupci, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Vlhkost u černých rýží se pohybovala v rozmezí od 9,1 do 11,2 %, kdy nejvyšší vlhkost byla u rýže s černými obalovými vrstvami z Thajska (11,2 %) a nejnižší byla u rýže z Číny (9,1 %) ( $P < 0,05$ ). Dle vyhlášky č. 333/1997 sb. ve znění pozdějších předpisů je psáno, že vlhkost obilných výrobků smí být nejvýše 15,0 % [60]. Tento požadavek tedy splňují všechny naše vzorky. Studie Somponga například udává vlhkost rýže mezi 10 až 12,5 % [4].

Hodnoty obsahu popela se pohybovaly v rozmezí od 1,0 do 1,9 %. Nejvyšší obsah popela byl u vzorku rýže z Japonska (1,9 %) a nejnižší obsah popela byl u vzorku z Thajska (1,0 %) ( $P < 0,05$ ). Rýže z Laosu a Itálie měly obsah popela 1,4 % ( $P \geq 0,05$ ). Studie Somponga udává obsah popela v rýžích v rozmezí 1,5 – 2,0 % [4]. Obsah popela u našich vzorků byl v rozmezí těchto hodnot, až na vzorek rýže z Thajska. Obsah popela v bílých rýžích je sta-

noven v rozmezí od 0,5 do 1,1 %, její nižší obsah popela je dán tím, že je rýže zbavena obalových vrstev [61].

Nejvyšší obsah lipidů je obsažen v rýži z Japonska (4,7 %) a nejnižší obsah lipidů je v rýži z Číny (3,4 %) ( $P < 0,05$ ). Mezi vzorky z Thajska a Laosu není statisticky významný rozdíl v obsahu lipidů ( $P \geq 0,05$ ). Dle studie Somponga se obsah lipidů u černé rýže pohybuje mezi 3 – 4 % [4]. V tomto rozmezí byly vzorky z Číny, Thajska a Laosu, vzorky z Japonska a Itálie měly vyšší obsah lipidů. Obsah lipidů u bílé rýže je 0,5 – 1,0 % [61], všechny naše vzorky mají oproti bílé rýži vyšší obsah lipidů.

Obsah škrobu se u vzorků rýží s černými obalovými vrstvami pohyboval v rozmezí od 71,4 do 80,9 %. Nejvyšší hodnota obsahu škrobu byla zjištěna u vzorku rýže z Laosu (80,9 %) a nejnižší hodnota obsahu škrobu u vzorku z Itálie (71,4 %) ( $P < 0,05$ ). Podle studie Somponga je obsah škrobu udáván u černé rýže mezi 76 – 71 % [4]. Tomuto rozmezí odpovídal pouze vzorek rýže pocházející z Itálie. Ostatní vzorky toto rozmezí překračují a více se blíží hodnotám obsahu škrobu u bílé rýže, kde obsah škrobu je okolo 80 % [61]. Peisong ve svojí studii udává celkový obsah škrobu v bílé rýži v rozmezí 74 – 84 % [62]. Toto rozmezí odpovídá našim hodnotám.

Obsah bílkovin se pohyboval u rýže s černými obalovými vrstvami od 9,5 – 10,5 %. Nejvyšší množství bílkovin bylo stanoveno u vzorku rýže z Laosu (10,5 %) ( $P < 0,05$ ), nejméně bílkovin bylo stanoveno u vzorků rýže z Číny a Thajska (9,5 %) ( $P \geq 0,05$ ). Statisticky významný rozdíl v obsahu bílkovin nebyl shledán ani mezi vzorky rýže z Japonska a Itálie ( $P \geq 0,05$ ). Dle studie Somponga byl obsah bílkovin stanoven u černé rýže v rozmezí mezi 8,0 až 10,8 % [4]. Všechny stanovované vzorky se v tomto rozmezí nacházely. U vzorků rýže s černými obalovými vrstvami byl zjištěn vyšší obsah bílkovin než u bílé rýže, kde se udává rozmezí obsahu bílkovin od 6 do 7 % [61].

Obsah hrubé vlákniny se u vzorků černých rýží pohyboval mezi 1,0 – 1,7 %. Nejvyšší obsah byl naměřen u vzorku rýže z Číny (1,7 %) a nejnižší obsah měl vzorek rýže z Laosu (1,0 %) ( $P < 0,05$ ). V obsahu hrubé vlákniny nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky pocházejícími z Japonska a Itálie a mezi vzorky z Thajska a Itálie ( $P \geq 0,05$ ). Nutno poznamenat, že obsah hrubé vlákniny je vlastně obsahem ligninu a celulózy, čili nerozpustných frakcí vlákniny. V obsahu hrubé vlákniny nejsou ovšem zahrnuty nerozpustné frakce hemicelulóz [63]. Obsah nerozpustné vlákniny u bílé rýže dle studie Robina byl stanoven na 0,9 % [22]. Všechny naše vzorky měly vyšší obsah dokonce už i samotné hrubé vlákniny, než udává tato studie. Obsah hrubé vlákniny je tedy vyšší u rýží s černými

obalovými vrstvami než celý podíl nerozpustné vlákniny u bílé rýže. To samozřejmě může být způsobeno odstraněním obalových vrstev z bílé rýže a jejím následným leštěním. Naopak, dle studie Li, byl stanoven obsah nerozpustné vlákniny u hnědé rýže na 2,86 % [64]. Vzhledem k tomu, že studie neudává podíl nerozpustných hemicelulóz, je obtížné naše výsledky s tímto údajem srovnat, muselo by být provedeno stanovení neutrálně-detergentní vlákniny, která by zahrnovala i nerozpustný podíl hemicelulóz.

## 6.2 Výsledky stanovení základních nutričních charakteristik u divokých rýží

Vlhkost byla stanovena podle postupu uvedeného v kapitole 3.1, popel byl stanoven dle postupu uvedeného v kapitole 3.2, stanovení lipidů bylo popsáno v kapitole 3.3, stanovení bílkovin v kapitole 3.4, stanovení škrobů v kapitole 3.5 a stanovení hrubé vlákniny v kapitole 3.6. Výsledky stanovení jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Tabulka č. 9 Výsledky základních nutričních parametrů v *Zizania aquatica*

%	Vlhkost	Popel	Lipidy	Hrubé bílkoviny	Škrob	Hrubá vláknina
Kanada	9,1±0,1 <sup>a</sup>	1,5±0,1 <sup>a</sup>	5,0±0,1 <sup>a</sup>	11,3±0,1 <sup>a</sup>	79,4±0,6 <sup>a</sup>	1,2±0,1 <sup>a</sup>
Řecko	8,9±0,1 <sup>b</sup>	1,3±0,1 <sup>b</sup>	5,0±0,2 <sup>a</sup>	11,2±0,4 <sup>a</sup>	80,5±0,7 <sup>b</sup>	1,3±0,1 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty ve sloupci, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Vlhkost obou vzorků divoké rýže se pohybovala v rozmezí 8,9 až 9,1 % ( $P < 0,05$ ). Dle vyhlášky č. 333/1997 sb. ve znění pozdějších předpisů je psáno, že vlhkost pro obilné výrobky smí být nejvýše 15,0 % [60]. Tento požadavek tedy splňují oba vzorky.

Obsah popele se u divoké rýže pohyboval v rozmezí 1,3 – 1,5 %. Vyšší obsah popele měl vzorek pocházející z Kanady, a to 1,5 % ( $P < 0,05$ ). Obsahem popele se u vzorků divoké rýže nacházíme v rozmezí uvedeném ve studii hnědých rýží u Somponga [4], který udává obsah popele do 2 %. Studie Andersona udává obsah popele v *Zizania aquatica* v podobném rozmezí, od 1,2 do 1,4 % [65]. Námi naměřené hodnoty této studii taktéž odpovídaly.

Obsah lipidů u vzorků divoké rýže se mezi sebou statisticky nelišil ( $P \geq 0,05$ ), oba vzorky měly shodně 5 % lipidů. Tyto hodnoty jsou vyšší, než udává studie Somponga u hnědých rýží, který stanovil obsah lipidů od 2,8 do 3,7 % [4].

Obsah lipidů u *Zizania aquatica* byl stanoven i Surandiranem od 0,35 do 1,1 % [66]. Stanovený obsah lipidů je také vyšší, než obsah lipidů v bílé rýži (1,5 – 1,5 %).

Mezi vzorky divoké rýže byl stanoven statisticky významný rozdíl v obsahu škrobu ( $P < 0,05$ ). Obsah škrobu se pohyboval v rozmezí 79,4 až 80,5 %. Anderson ve své studii stanovil obsah škrobu v *Zizania aquatica* od 72 do 75 % [65]. U našich vzorků byly hodnoty obsahu škrobu vyšší. Obsah škrobu u našich vzorků divoké rýže je srovnatelný s obsahem škrobu u bílé rýže [61].

Mezi vzorky divoké rýže nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v obsahu bílkovin. Divoká rýže z Kanady obsahovala 11,3 % a z Řecka pak 11,2 % bílkovin ( $P \geq 0,05$ ). Obsah bílkovin je vyšší než udává studie Somponga u hnědých rýží [4]. Studie Andersona říká, že obsah bílkovin v *Zizania aquatica* je od 12,4 do 15,0 % [65]. Naše hodnoty jsou nižší, než udává tato studie.

Obsah hrubé vlákniny se u divoké rýže pohyboval v rozmezí 1,2 až 1,3 %. Mezi oběma vzorky nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v jejím obsahu ( $P \geq 0,05$ ). Obsah hrubé vlákniny u *Zizania aquatica* byl stanoven od 0,6 do 1,1 % [61]. Nými naměřené hodnoty jsou nad 1,1 %. Vzorky divoké rýže mají vyšší obsah hrubé vlákniny v porovnání s obsahem nerozpustné vlákniny u bílých rýží [22], tak jako bylo již diskutováno u vzorků černých rýží v kapitole 6.1.

### 6.3 Výsledky chromatografického stanovení vitamínů B

Stanovení bylo provedeno podle postupu uvedeného v kapitole 5.5.

#### 6.3.1 Kalibrace pro stanovení vitamínů skupiny B pomocí HPLC

Jednotlivé koncentrace kalibračních roztoků pro jednotlivé vitamíny skupiny B byly naměřeny za chromatografických podmínek uvedených v kapitole 5.5.3. Kalibrační křivky byly sestaveny jako závislost plochy píku (mAU.min) na koncentraci daného vitamínu v  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Kalibrační křivky s příslušnými rovnicemi lineární regrese, ze kterých byly počítány obsahy vitamínů skupiny B (v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) jsou uvedeny v příloze I, ukázkový chromatogram je uveden v příloze II.



## 6.3.2 Výsledky chromatografického stanovení vitamínů B u černých rýží

Tabulka č. 10 Výsledky stanovení vitamínů skupiny B u černé rýže

Vitamíny (mg.kg <sup>-1</sup> )	Čína	Japonsko	Itálie	Thajsko	Laos
B <sub>1</sub>	2,0±0,1 <sup>a</sup>	3,1±0,1 <sup>b</sup>	3,3±0,1 <sup>c</sup>	2,5±0,1 <sup>d,e</sup>	2,6±0,1 <sup>e</sup>
B <sub>2</sub>	1,1±0,1 <sup>a</sup>	0,2±0,1 <sup>b</sup>	2,1±0,1 <sup>c</sup>	1,1±0,1 <sup>a</sup>	1,0±0,1 <sup>a</sup>
B <sub>3</sub>	12,8±0,3 <sup>a</sup>	6,0±0,3 <sup>b,d</sup>	7,9±0,3 <sup>c</sup>	5,9±0,2 <sup>d</sup>	6,5±0,2 <sup>e</sup>
B <sub>5</sub>	12,1±0,4 <sup>a</sup>	6,3±0,2 <sup>b</sup>	9,8±0,3 <sup>c</sup>	8,2±0,3 <sup>d</sup>	5,6±0,2 <sup>e</sup>
B <sub>6</sub>	1,5±0,1 <sup>a</sup>	2,1±0,1 <sup>b</sup>	1,3±0,1 <sup>c,e</sup>	0,9±0,1 <sup>d</sup>	1,3±0,1 <sup>e</sup>
B <sub>9</sub>	2,0±0,1 <sup>a</sup>	2,1±0,1 <sup>a</sup>	0,9±0,1 <sup>b,c,d</sup>	0,9±0,1 <sup>c</sup>	1,0±0,1 <sup>d</sup>

Hodnoty v řádcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Obsah jednotlivých vitamínů skupiny B v černých rýžích je uveden v tabulce č. 10. Obsah vitamínu B<sub>1</sub> se pohybuje v rozmezí od 2,0 do 3,3 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší obsah vitamínu B<sub>1</sub> byl ve vzorku rýže z Itálie (3,3 mg.kg<sup>-1</sup>) a nejnižší množství je ve vzorku z Číny (2,0 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Vzorek z Thajska a Laosu nevykazoval statisticky významný rozdíl v obsahu vitamínu B<sub>1</sub> ( $P \geq 0,05$ ). Studie zabývající se obsahem vitamínu B<sub>1</sub> v hnědé rýži ukazují na jeho množství v rozmezí od 2,9 do 6,1 mg.kg<sup>-1</sup> [6]. Vzorky z Číny, Thajska a Laosu měli nižší množství vitamínu B<sub>1</sub> než udává tento zdroj. Studie Batifouliera udává zase obsah vitamínu B<sub>1</sub> ve vzorcích pšenice, kdy jeho obsah se pohyboval od 2,5 do 6,1 mg.kg<sup>-1</sup> [67].

Vitamín B<sub>2</sub> se u stanovovaných vzorků pohyboval od 0,2 do 2,1 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejvíce bylo vitamínu B<sub>2</sub> stanoveno ve vzorku rýže z Itálie (2,1 mg.kg<sup>-1</sup>) a nejméně potom ve vzorku z Japonska (0,2 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Mezi vzorky z Číny, Thajska a Laosu nebyl statisticky významný rozdíl v obsahu vitamínu B<sub>2</sub> ( $P < 0,05$ ). Obsah vitamínu B<sub>2</sub> se u hnědých rýží pohybuje od 0,4 do 1,4 mg.kg<sup>-1</sup> [6]. Toto množství vitamínu B<sub>2</sub> překročila rýže z Itálie.

Vitamín B<sub>3</sub> byl stanoven v rozmezí od 5,9 do 12,8 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší obsah vitamínu B<sub>3</sub> byl ve vzorku rýže z Číny (12,8 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ) a nejnižší ve vzorku z Thajska (5,9 mg.kg<sup>-1</sup>) a Japonska (6,0 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P \geq 0,05$ ). Obsah vitamínu B<sub>3</sub> v hnědé rýži byl stanoven v rozmezí od 35 do 53 mg.kg<sup>-1</sup> [6]. V porovnání s touto studií obsahovaly vzorky černých rýží nízké obsahy niacinu. Batifoulier udává obsah vitamínu B<sub>3</sub> v pšenici od 1,4 do 3,0 mg.kg<sup>-1</sup>, což je méně v porovnání s černými rýžemi [67].

Vitamín B<sub>5</sub> byl stanoven v množství od 5,6 do 12,1 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejméně bylo tohoto vitamínu bylo ve vzorku rýže z Laosu (5,6 mg.kg<sup>-1</sup>) a nejvíce ve vzorku z Číny (12,1 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Kyritsi ve své studii udává obsah vitamínu B<sub>5</sub> v hnědé rýži okolo 14 mg.kg<sup>-1</sup> a v bílé rýži okolo 10 mg.kg<sup>-1</sup> [68]. Jiné studie uvádějí obsah vitamínu B<sub>5</sub> v rýžích v rozmezí 9 až 15 mg.kg<sup>-1</sup> [6].

Vitamín B<sub>6</sub> byl stanoven v množství od 0,9 do 2,1 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejvíce vitamínu B<sub>6</sub> bylo stanoveno ve vzorku rýže z Japonska (2,1 mg.kg<sup>-1</sup>), nejméně ho bylo stanoveno ve vzorku z Thajska (0,9 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Studie udávají, že se obsah vitamínu B<sub>6</sub> se v hnědé rýži pohybuje okolo 5 mg.kg<sup>-1</sup> a u rýže bílé je to okolo 2 mg.kg<sup>-1</sup> [65]. Obsah vitamínu B<sub>6</sub> v černých rýžích byl v porovnání s rýží hnědou nízký, blížil se hodnotám pro bílé rýže. Další zdroj udává obsah vitamínu B<sub>6</sub> v hnědé rýži od 5 do 9 mg.kg<sup>-1</sup> [6]. Obsahy pyridoxinu v černé rýži jsou tedy opět nižší.

Vitamin B<sub>9</sub> byl stanoven v množství od 0,9 do 2,1 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší množství kyseliny listové bylo stanoveno u rýže z Číny a Japonska (2,0 resp. 2,1 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P \geq 0,05$ ). Literatura udává obsah vitamínu B<sub>9</sub> v hnědé rýži od 0,1 do 0,5 mg.kg<sup>-1</sup> [6]. Obsahy vitamínu B<sub>9</sub> v černé rýži byly vyšší, než udává literatura pro hnědé rýže.

### 6.3.2.1 Příspěvek vitamínů B k hodnotám RDI a AI z černých rýží

Tabulka č. 11 Hodnoty příspěvků k RDI nebo AI

Vitamíny	Rozsah (mg.kg <sup>-1</sup> )	Denní příjem (mg.den <sup>-1</sup> )	RDI nebo AI* (Ž) (mg.den <sup>-1</sup> )	RDI nebo AI* (M) (mg.den <sup>-1</sup> )	RDI nebo AI* (Ž) (%)	RDI nebo AI* (M) (%)
B <sub>1</sub>	2,0 – 3,3	0,03 – 0,05	1,1	1,2	2,7 – 4,5	2,5 – 4,2
B <sub>2</sub>	0,2 – 2,1	0,003 – 0,032	1,1	1,3	0,3 – 2,9	0,2 – 2,5
B <sub>3</sub>	5,9 – 12,8	0,09 – 0,19	14,0	16,0	0,6 – 1,4	0,6 – 1,2
B <sub>5</sub>	5,6 – 12,1	0,08 – 0,18	5,0*	5,0*	1,6 – 3,6*	1,6 – 3,6*
B <sub>6</sub>	0,9 – 2,1	0,01 – 0,03	1,3	1,3	0,8 – 2,3	0,8 – 2,3
B <sub>9</sub>	0,9 – 2,1	0,01 – 0,03	0,4	0,4	2,5 – 7,5	2,5 – 7,5

RDI – Recommended Dietary Intake, Denní doporučená dávka

AI – Adequate Intake, Dostatečný (adekvátní) příjem

\* - v případě, kde je \* se jedná o hodnotu AI, bez \* o hodnotu RDI

Ž – ženy, M – muži

Z výsledků uvedených v tabulce č. 11 je vidět, že černé rýže mohou náš organizmus dotovat kyselinou listovou až ze 7,5 % z jejího denního příjmu (z její hodnoty RDI), a to jak u

mužů, tak u žen. Dále je vidět, že příjem vitamínu B<sub>1</sub> černou rýží může dosahovat hodnoty až 4,5 % RDI u žen a 4,2 % RDI u mužů. Zdá se, že nejméně náš organizmus mohou zásobit černé rýže vitamínem B<sub>3</sub>, u žen je to do hodnoty 1,4 % RDI, u mužů potom do 1,2 % RDI. Pro vitamín B<sub>5</sub> nejsou definovány hodnoty RDI, ale AI. Černé rýže mohou náš organizmus dotovat až 3,6 % z hodnoty AI. Lze tedy konstatovat, že černé rýže jsou pro náš organizmus převážně zdrojem vitamínu B<sub>9</sub>, B<sub>1</sub> a B<sub>5</sub>.

### 6.3.3 Výsledky chromatografického stanovení vitamínů B u divokých rýží

Tabulka č. 12 Výsledky stanovení vitamínů B u *Zizania aquatica*

Vitamíny (mg.kg <sup>-1</sup> )	Kanada	Řecko
B <sub>1</sub>	2,8±0,1 <sup>a</sup>	3,1±0,1 <sup>b</sup>
B <sub>2</sub>	0,8±0,1 <sup>a</sup>	0,6±0,1 <sup>b</sup>
B <sub>3</sub>	31,4±0,6 <sup>a</sup>	34,7±0,4 <sup>b</sup>
B <sub>5</sub>	24,3±0,4 <sup>a</sup>	20,1±0,2 <sup>b</sup>
B <sub>6</sub>	4,9±0,2 <sup>a</sup>	11,6±0,3 <sup>b</sup>
B <sub>9</sub>	2,3±0,1 <sup>a</sup>	1,5±1 <sup>b</sup>

Hodnoty v řádcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Obsah vitamínu B<sub>1</sub> byl stanoven v rozsahu koncentrací od 2,8 do 3,1 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Obsah vitamínu B<sub>1</sub> v divoké rýži byl podle studie Deepa stanoven od 3,5 do 5,2 mg.kg<sup>-1</sup> [69]. Obsahy v našich vzorcích divoké rýže byly nižší.

Obsah vitamínu B<sub>2</sub> se u vzorků divokých rýží pohyboval od 0,6 do 0,8 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). V divoké rýži byl stanoven obsah vitamínu B<sub>2</sub> od 0,5 do 0,7 mg.kg<sup>-1</sup> [69]. Naše vzorky hodnotami obsahu vitamínu B<sub>2</sub> tedy odpovídají zmíněné studii.

Obsah vitamínu B<sub>3</sub> byl stanoven u našich vzorků v rozmezí od 31,4 do 34,7 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Studie Deepa stanovila obsah vitamínu B<sub>3</sub> u divoké rýže v rozmezí od 46,8 do 73,2 mg.kg<sup>-1</sup>. V porovnání s touto studií byl obsah vitamínu B<sub>3</sub> u našich vzorků divoké rýže nižší [69].

Obsah vitamínu B<sub>5</sub> v divoké rýži bylo velmi obtížné dohledat, protože žádné námi nalezené studie tento vitamín v divoké rýži nestanovují. Nicméně Kyritsi ve své studii udává obsah vitamínu B<sub>5</sub> v hnědé rýži okolo 14 mg.kg<sup>-1</sup> a v bílé rýži kolo 10 mg.kg<sup>-1</sup> [68].

Obsah vitamínu B<sub>5</sub> u našich vzorků divoké rýže byl stanoven od 20,1 do 24,3 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ), což je více než v hnědých rýžích.

Koncentrace vitamínu B<sub>6</sub> u divokých rýží byla stanovena od 4,9 do 11,6 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Studie Kyritsi udává, že obsah vitamínu B<sub>6</sub> se v hnědé rýži pohybuje okolo 5 mg.kg<sup>-1</sup> a u rýže bílé je to okolo 2 mg.kg<sup>-1</sup> [68].

Obsah vitamínu B<sub>9</sub> byl stanoven v rozmezí od 1,5 do 2,3 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Studie Deepa stanovila obsah vitamínu B<sub>9</sub> okolo 0,5 mg.kg<sup>-1</sup> u hnědé rýže. Námi naměřené hodnoty divoké rýže byly vyšší, než udává tato studie [69].

#### 6.4 Výsledky ICP-MS stanovení obsahu minerálních prvků

Obsah minerálních prvků v obilných zrnech je silně odvislý od mnoha faktorů. Mezi hlavní faktory patří samotný taxonomický druh, potom také odrůda či samotná varieta apod., dále také klimatické podmínky během růstu, záleží na geografické lokalitě a chemickém složení půd, záleží na agrotechnických podmínkách a také na případných zplodinách či okolním průmyslu, který uvolňuje do ovzduší polutanty, které se poté kumulují v půdě. Dále obsah minerálních prvků závisí na případném technologickém opracování zrna atd. [57]. Minerální prvky se většinou v zrně ukládají vázané přímo v obalových vrstvách případně v blízkosti vrstvy aleuronové, méně jich je v endospermu. Vzhledem k tomu, že cílem práce bylo stanovit obsah vybraných minerálních prvků i v závislosti na zemi původu dané obiloviny, ze které se do ČR importuje, byly tyto výsledky diskutovány v této rovině a byly porovnány s literárními údaji. Existují také různé možnosti zpracování výsledků obsahu minerálních prvků, a to v závislosti na pojetí obsahu makro nebo mikroprvků či stopových prvků, poté také v závislosti na tom, zdali jsou či nejsou pro lidské tělo esenciální, dále z pohledu polutantů či těžkých kovů, dle jednotlivých skupin v periodické tabulce či v závislosti na jejich hmotnostním obsahu v analyzovaném vzorku. Pro tuto diplomovou práci byla zvolena možnost vyhodnocení dle jejich obsahu v analyzovaných zrnech černé a divoké rýže a dále byly diskutovány postupně dle jejich izotopů, které byly měřeny pomocí ICP-MS.

## 6.4.1 Výsledky ICP-MS stanovení obsahu minerálních prvků u černých rýží

Tabulka č. 13 Obsah minerálních prvků v rýžích s černými obalovými vrstvami v mg.kg<sup>-1</sup>

Minerální prvky	Čína	Japonsko	Itálie	Thajsko	Laos
<sup>24</sup> Mg	662,5±8,6 <sup>a</sup>	814,4±9,1 <sup>b</sup>	652,7±7,1 <sup>a</sup>	634,8±5,8 <sup>c</sup>	738,4±5,3 <sup>d</sup>
<sup>31</sup> P	3305,1±10,9 <sup>a</sup>	4203,1±10,2 <sup>b</sup>	3236,1±11,7 <sup>c</sup>	3354,1±10,5 <sup>d</sup>	3785,6±10,0 <sup>e</sup>
<sup>32</sup> S	1532,0±1,2 <sup>a</sup>	1513,1±1,5 <sup>b</sup>	1435,3±1,3 <sup>c</sup>	1442,5±1,2 <sup>d</sup>	1457,3±1,2 <sup>e</sup>
<sup>39</sup> K	845,1 ±2,1 <sup>a</sup>	1035,1±2,5 <sup>b</sup>	926,3±2,1 <sup>c</sup>	963,2±1,8 <sup>d</sup>	999,5±1,3 <sup>e</sup>
<sup>44</sup> Ca	54,8±1,2 <sup>a</sup>	22,5±1,1 <sup>b</sup>	21,3±1,2 <sup>b</sup>	21,4±1,2 <sup>b</sup>	20,0±0,2 <sup>c</sup>
<sup>23</sup> Na	10,2±0,8 <sup>a</sup>	7,8±0,5 <sup>b</sup>	6,3±0,3 <sup>c</sup>	2,2±0,1 <sup>d</sup>	3,0±0,2 <sup>e</sup>
<sup>11</sup> B	39,5±1,0 <sup>a</sup>	54,7±1,3 <sup>b</sup>	43,6±1,2 <sup>c</sup>	4,1±0,3 <sup>d</sup>	7,1±0,3 <sup>e</sup>
<sup>27</sup> Al	8,8±0,2 <sup>a</sup>	22,6±0,8 <sup>b</sup>	10,3±0,3 <sup>c</sup>	4,7±0,1 <sup>d</sup>	2,3±0,1 <sup>e</sup>
<sup>48</sup> Ti	1,8±0,1 <sup>a</sup>	1,1±0,1 <sup>b</sup>	1,0±0,1 <sup>b</sup>	0,7±0,1 <sup>c</sup>	0,7±0,1 <sup>c</sup>
<sup>55</sup> Mn	43,9±0,8 <sup>a</sup>	26,5±0,5 <sup>b</sup>	28,8±0,4 <sup>c</sup>	30,1±0,5 <sup>d</sup>	25,8±0,4 <sup>e</sup>
<sup>57</sup> Fe	5,1±0,2 <sup>a</sup>	4,3±0,1 <sup>b</sup>	3,7±0,1 <sup>c</sup>	3,6±0,1 <sup>c</sup>	2,7±0,1 <sup>d</sup>
<sup>63</sup> Cu	3,2±0,1 <sup>a</sup>	2,9±0,1 <sup>b</sup>	6,1±0,1 <sup>c</sup>	6,2±0,2 <sup>c</sup>	5,8±0,1 <sup>d</sup>
<sup>66</sup> Zn	8,5±0,2 <sup>a</sup>	9,6±0,3 <sup>b</sup>	12,2±0,3 <sup>c</sup>	14,3±0,3 <sup>d</sup>	13,6±0,3 <sup>e</sup>

Hodnoty v řádcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Výsledky stanovení minerálních prvků, které jsou v černých rýžích řádově zastoupeny v mg na kg čerstvé hmoty, jsou uvedeny v tabulce č. 13. Co se týká obsahu hořčíku, tak v našich vzorcích černé rýže se jeho obsah pohyboval v rozmezí 634,8 až 814,4 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší množství Mg bylo naměřeno u rýže z Japonska (814,4 mg.kg<sup>-1</sup>) a nejméně naopak u vzorku rýže z Thajska (634,8 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ), přičemž černé rýže z Číny a Itálie měly shodné množství Mg (662,5 resp. 652,7 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P \geq 0,05$ ). Antoine ve své studii uvádí obsah hořčíku u bílých rýží 176 až 562 mg.kg<sup>-1</sup>, u hnědých rýží 340 až 1450 mg.kg<sup>-1</sup> [57]. Námi naměřené údaje odpovídají údajům z této studie. Ekholm uvádí obsah hořčíku v hnědé rýži 960 mg.kg<sup>-1</sup> [70]. Nardi udává obsah Mg v rýži pouze 243 mg.kg<sup>-1</sup> [71].

Obsah fosforu se ve vzorcích černé rýže pohyboval v rozmezí 3236,1 až 4203,1 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší obsah fosforu byl naměřen u rýže pocházející z Japonska (4203,1 mg.kg<sup>-1</sup>), naopak nejnižší hodnoty fosforu byly naměřeny u vzorku rýže pocházející z Itálie (3236,1 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Všechny vzorky černých rýží vykazovaly mezi sebou statisticky významné rozdíly v obsahu fosforu. Antoine naměřil obsah fosforu v hnědé rýži 931 – 4339 mg.kg<sup>-1</sup> [57].

Naše výsledné obsahy fosforu se pohybují v rámci horních limitů jeho měření. Ekholm naměřil obsah fosforu v hnědé rýži  $2400 \text{ mg.kg}^{-1}$  [70]. Dá se předpokládat, že černé rýže by mohly dosahovat spíše vyšších hodnot obsahu fosforu než rýže hnědé.

Antoine ve své studii uvádí obsah S v bílých rýžích v rozmezí 912 až  $1328 \text{ mg.kg}^{-1}$ , u hnědých rýží potom 1118 až  $1671 \text{ mg.kg}^{-1}$  [57], Soliman a Zikovsky udávají dokonce obsah S v hnědé rýži  $1865 \text{ mg.kg}^{-1}$  [72]. Naproti tomu Okuda uvádí obsah síry v rýži pouze v rozmezí 367 až  $781 \text{ mg.kg}^{-1}$  [73]. U námi měřených vzorků černé rýže se obsah S pohyboval v rozmezí 1435,3 až  $1532,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Nejvyšší obsah S byl zjištěn u vzorku rýže z Číny ( $1532,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), nejméně S bylo naměřeno ve vzorku rýže z Itálie ( $1435,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ).

Obsah draslíku se u černých rýží pohyboval v rozmezí 845,2 až  $1035,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Nejvyšší obsah K byl naměřen u vzorku rýže z Japonska ( $1035,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), nejnižší potom u vzorku rýže z Číny ( $845,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Antoine naměřil obsah draslíku v bílé rýži 465 až  $1659 \text{ mg.kg}^{-1}$ , v hnědé rýži potom 833 až  $3097 \text{ mg.kg}^{-1}$  [57], Ekholm naměřil obsah K v hnědé rýži  $2200 \text{ mg.kg}^{-1}$  [70]. Jak je patrné z našich výsledků, obsah draslíku v černých rýžích byl spíše nižší, než je publikováno pro hnědé rýže.

Antoine naměřil obsah Ca v bílých rýžích v rozmezí 24,6 až  $425 \text{ mg.kg}^{-1}$ , v hnědých rýžích potom 41,5 až  $148 \text{ mg.kg}^{-1}$  [57]. Ekholm ve své studii uvádí obsah Ca v hnědé rýži  $90 \text{ mg.kg}^{-1}$  [70]. Námi naměřené hodnoty Ca až na jeden vzorek jsou spíše na hranici nejnižších hodnot naměřených ve studii Antoineho [57]. Obsah Ca v černých rýžích se pohyboval v rozmezí 20,0 až  $54,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ , přičemž nejnižší množství Ca bylo naměřeno v rýži z Laosu ( $20,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) a nejvíce pak v rýži z Číny ( $54,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Dále bylo zjištěno, že vzorky rýže z Thajska, Japonska a Itálie mezi sebou nevykazovaly statisticky významné rozdíly v množství Ca ( $P \geq 0,05$ ).

Obsah Na se u vzorků černé rýže pohyboval v rozmezí 2,2 až  $10,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ , přičemž nejvyšší množství bylo stanoveno u vzorku rýže pocházejícího z Číny ( $10,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) a nejméně naopak u vzorku pocházejícího z Thajska ( $2,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Antoine naměřil obsah Na v bílých rýžích v rozmezí 1,7 až  $11,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ , v hnědých rýžích potom 5,1 až  $48,1 \text{ mg.kg}^{-1}$  [57]. Jak je patrné z našich výsledků, černé rýže mají spíše nižší obsahy Na, v rozmezí hodnot naměřených pro bílé rýže.

Antoine naměřil obsah bóru v bílých rýžích do  $3,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ , stejně tak u rýží hnědých [57]. Kabata-Pendias uvádí obsah B v pšenici  $0,69 \text{ mg.kg}^{-1}$ , v žitu  $4,3 \text{ mg.kg}^{-1}$  a ve fazolích až  $13 \text{ mg.kg}^{-1}$  [74]. Autorka také uvádí, že obsah B v rostlinných materiálech je nejnižší v zrninách, ale v luštěninách může přesahovat mnohdy až  $100 \text{ mg.kg}^{-1}$  v závislosti na tom, jak je příslušná lokalita bórem zatížena. Ve vzorcích černých rýží se obsah B pohyboval v rozmezí  $4,1$  až  $54,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Nejvyšší obsah byl naměřen ve vzorku rýže z Japonska ( $54,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), druhé nejvyšší množství bylo naměřeno ve vzorku rýže z Itálie ( $43,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Nejnižší množství bóru bylo naměřeno u vzorku rýže z Thajska ( $4,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Námi naměřené koncentrace B se od studie Antoine liší, naměřeny byly vyšší hodnoty, ovšem všechny naměřené hodnoty jsou pod  $100 \text{ mg.kg}^{-1}$ , které udává Kabata-Pendias [57,74].

Obsah Al se u vzorků černé rýže pohyboval v rozmezí  $2,3$  až  $22,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Nejvyšší množství bylo naměřeno u rýže z Japonska ( $22,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), nejnižší potom u rýže z Laosu ( $2,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Antoine naměřil obsah Al v hnědých rýžích  $7,4$  až  $43,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  [57], Ekholm naměřil obsah Al v hnědé rýži  $9,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  [70], naproti tomu Nardi naměřil obsah Al v rýži jen  $0,7 \text{ mg.kg}^{-1}$  [71]. Millour naměřil obsah Al v rýži a semolině do  $3,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  [75]. Jak je patrné z našich výsledků obsahu Al, pohybují se v rámci studií uvedených výše.

Obsah Ti se u vzorků černé rýže pohyboval v rozmezí  $0,7$  až  $1,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Nejnižší množství bylo naměřeno u vzorků rýže z Thajska a Laosu ( $0,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) ( $P \geq 0,05$ ), nejvyšší množství pak v rýži z Číny ( $1,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Antoine naměřil obsah Ti v bílých rýžích do  $13,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ , u hnědých rýží potom do  $13,9 \text{ mg.kg}^{-1}$  [57]. Soliman a Zikovský naměřili obsah Ti pod  $5 \text{ mg.kg}^{-1}$  [72]. Kabata-Pendias udává obsah Ti v rostlinách průměrně do  $6,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ , ale také udává, že byl naměřen obsah Ti v kukuřičných zrnech i  $20 \text{ mg.kg}^{-1}$  [74]. Obsahy Ti v černých vzorcích rýže jsou v porovnání s literárními údaji spíše nižší.

Antoine naměřil obsah Mn u hnědých rýží v rozmezí  $5,2$  až  $43,5 \text{ mg.kg}^{-1}$  [57], Soliman a Zikovský naměřil obsah Mn v rýži do  $18 \text{ mg.kg}^{-1}$  [72], Ekholm publikoval obsah Mn v hnědé rýži  $20 \text{ mg.kg}^{-1}$  [70]. Obsah Mn u vzorků černých rýží se pohyboval v rozmezí  $25,8$  až  $43,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Nejvyšší obsah Mn byl naměřen u rýže z Číny ( $43,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), druhý nejvyšší obsah byl naměřen u rýže z Thajska ( $30,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), naopak nejnižší obsah Mn byl stanoven u rýže z Laosu ( $25,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Obsahy Mn v naší studii se shodovaly s výsledky uvedenými ve studii Antoineho [57].

Obsah železa ve vzorcích černých rýží se pohyboval v rozmezí 2,7 až 5,1 mg.kg<sup>-1</sup>, přičemž nejvyšší množství Fe bylo naměřeno u vzorku rýže z Číny (5,1 mg.kg<sup>-1</sup>), nejméně pak u vzorku rýže z Laosu (2,7 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Antoine naměřil obsah Fe v hnědé rýži dokonce do 38,2 mg.kg<sup>-1</sup>, u bílých rýží potom v průměru 22,3 mg.kg<sup>-1</sup> [57]. Ekholm naměřil obsah Fe v hnědé rýži 9,0 mg.kg<sup>-1</sup> [70], Huang naměřil obsah Fe v rýži 2,5 mg.kg<sup>-1</sup> [76]. Zdá se, že obsah železa v černých rýžích je v porovnání s výše uvedenými studiemi spíše nižší.

Obsah mědi se ve vzorcích černých rýží pohyboval v rozmezí 2,9 až 6,2 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší obsah byl shodně naměřen u vzorků rýže z Thajska a Laosu (6,2, resp. 6,1 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P \geq 0,05$ ), nejnižší obsah Cu byl naměřen u vzorku rýže z Japonska (2,9 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Antoine naměřil obsah Cu v hnědých rýžích v rozmezí 1,6 až 4,7 mg.kg<sup>-1</sup> [57], Huang naměřil obsah Cu v rýži 2,6 mg.kg<sup>-1</sup> [76], Ekholm naměřil v hnědé rýži obsah Cu kolem 2,0 mg.kg<sup>-1</sup> [70] a Nardi naměřil obsah Cu v rýži 1,2 mg.kg<sup>-1</sup> [71]. V porovnání se zmiňovanými studiemi lze konstatovat, že rýže pocházející z Thajska, Itálie a Laosu měly vyšší obsah Cu.

Co se týká obsahu zinku, tak nejvyšší množství bylo naměřeno v černé rýži z Thajska (14,3 mg.kg<sup>-1</sup>) a nejnižší množství potom u rýže z Číny, a to 8,5 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Antoine naměřil obsah Zn v hnědé rýži 16,6 až 24,5 mg.kg<sup>-1</sup> [57], Nardi naměřil u rýže obsah Zn 6 mg.kg<sup>-1</sup> [71] a Ekholm naměřil koncentraci Zn v hnědé rýži 15 mg.kg<sup>-1</sup> [70]. Námi naměřené údaje se shodují s naměřenými daty ve výše citovaných studiích.

Pokud bychom měli velmi stručně shrnout v obecné rovině charakterizaci jednotlivých vzorků černé rýže analyzovaných v této části dle země původu, pak černá rýže z Číny vykazovala vyšší hodnoty Ca, S, Na, B, Ti, Mn a Fe a nižší koncentrace K a Zn. Rýže pocházející z Japonska má vyšší obsah Mg, P, K, B, Al a nižší obsah Cu, rýže z Itálie se vyznačuje nižším obsahem P a S a vyšším obsahem B a Cu, rýže z Thajska má nižší obsahy Mg, Na, B, Ti a vyšší obsahy Cu a Zn a nakonec rýže z Laosu má nižší množství Ca, Al, Ti, Mn a Fe.



Tabulka č. 14 Obsah minerálních prvků v rýžích s černými obalovými vrstvami v  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 

Minerální prvky	Čína	Japonsko	Itálie	Thajsko	Laos
${}^7\text{Li}$	44,7±1,1 <sup>a</sup>	31,5±0,9 <sup>b</sup>	22,5±0,8 <sup>c</sup>	18,0±1,0 <sup>d</sup>	173,2±2,8 <sup>e</sup>
${}^{45}\text{Sc}$	64,8±0,9 <sup>a</sup>	122,3±1,1 <sup>b</sup>	79,6±0,9 <sup>c</sup>	21,3±0,5 <sup>d</sup>	18,7±0,5 <sup>e</sup>
${}^{51}\text{V}$	17,7±0,8 <sup>a</sup>	8,9±0,5 <sup>b</sup>	5,1±0,2 <sup>c</sup>	4,4±0,2 <sup>d</sup>	3,8±0,2 <sup>e</sup>
${}^{52}\text{Cr}$	68,3±1,1 <sup>a</sup>	45,3±0,9 <sup>b</sup>	50,2±1,0 <sup>c</sup>	63,2±1,0 <sup>d</sup>	93,3±1,3 <sup>e</sup>
${}^{59}\text{Co}$	14,1±0,7 <sup>a</sup>	52,2±0,9 <sup>b</sup>	16,5±0,5 <sup>c</sup>	20,4±0,5 <sup>d</sup>	11,4±0,3 <sup>e</sup>
${}^{60}\text{Ni}$	44,5±0,9 <sup>a</sup>	52,5±1,1 <sup>b</sup>	17,3±0,8 <sup>c</sup>	2200,1±21,2 <sup>d</sup>	3152,0±25,8 <sup>e</sup>
${}^{71}\text{Ga}$	9,8±0,4 <sup>a</sup>	8,7±0,3 <sup>b</sup>	8,2±0,3 <sup>c</sup>	7,1±0,2 <sup>d</sup>	7,0±0,2 <sup>d</sup>
${}^{73}\text{Ge}$	12,8±0,6 <sup>a</sup>	4,3±0,2 <sup>b</sup>	5,1±0,2 <sup>c</sup>	2,7±0,1 <sup>d</sup>	1,7±0,1 <sup>e</sup>
${}^{75}\text{As}$	171,2±1,9 <sup>a</sup>	105,3±1,8 <sup>b</sup>	8,4±0,5 <sup>c</sup>	3,8±0,3 <sup>d</sup>	1,6±0,1 <sup>e</sup>
${}^{77}\text{Se}$	27,0±0,6 <sup>a</sup>	6,1±0,1 <sup>b</sup>	16,8±0,7 <sup>c,d,e</sup>	17,1±0,5 <sup>d,e</sup>	16,9±0,7 <sup>e</sup>
${}^{88}\text{Sr}$	863,5±11,3 <sup>a</sup>	512,1±9,8 <sup>b</sup>	531,3±9,9 <sup>c</sup>	476,8±8,7 <sup>d</sup>	413,2±8,2 <sup>e</sup>
${}^{89}\text{Y}$	6,1±0,2 <sup>a</sup>	2,6±0,1 <sup>b</sup>	3,1±0,1 <sup>c</sup>	1,5±0,1 <sup>d</sup>	1,2±0,1 <sup>e</sup>
${}^{90}\text{Zr}$	518,3±5,2 <sup>a</sup>	321,5±4,6 <sup>b</sup>	295,2±2,3 <sup>c</sup>	59,4±1,5 <sup>d</sup>	76,3±2,9 <sup>e</sup>
${}^{95}\text{Mo}$	730,5±11,3 <sup>a</sup>	280,9±5,6 <sup>b</sup>	528,6±6,7 <sup>c</sup>	476,5±6,9 <sup>d</sup>	706,5±8,1 <sup>e</sup>
${}^{107}\text{Ag}$	10,3±0,2 <sup>a</sup>	5,9±0,1 <sup>b,c</sup>	5,9±0,1 <sup>c</sup>	14,1±0,2 <sup>d</sup>	12,3±0,2 <sup>e</sup>
${}^{111}\text{Cd}$	11,8±0,2 <sup>a</sup>	7,1±0,2 <sup>b</sup>	16,6±0,3 <sup>c</sup>	37,1±0,8 <sup>d</sup>	36,9±0,9 <sup>d</sup>
${}^{118}\text{Sn}$	9,1±0,2 <sup>a</sup>	11,9±0,2 <sup>b</sup>	6,8±0,2 <sup>c</sup>	5,5±0,2 <sup>d</sup>	5,1±0,2 <sup>e</sup>
${}^{121}\text{Sb}$	47,3±0,8 <sup>a</sup>	50,5±0,7 <sup>b</sup>	54,5±0,8 <sup>c</sup>	28,6±0,6 <sup>d</sup>	23,1±0,5 <sup>e</sup>
${}^{133}\text{Cs}$	17,8±0,4 <sup>a</sup>	24,4±0,4 <sup>b</sup>	13,1±0,2 <sup>c</sup>	12,5±0,2 <sup>d</sup>	4,8±0,1 <sup>e</sup>
${}^{137}\text{Ba}$	149,2±1,1 <sup>a</sup>	51,2±1,0 <sup>b</sup>	109,1±1,2 <sup>c</sup>	123,1±1,1 <sup>d</sup>	117,1±1,1 <sup>e</sup>
${}^{140}\text{Ce}$	20,2±0,2 <sup>a</sup>	6,2±0,1 <sup>b</sup>	7,1±0,3 <sup>c</sup>	7,2±0,2 <sup>c</sup>	3,8±0,1 <sup>d</sup>
${}^{181}\text{Ta}$	3,5±0,1 <sup>a</sup>	1,4±0,1 <sup>b</sup>	1,9±0,1 <sup>c</sup>	2,3±0,1 <sup>d</sup>	2,5±0,2 <sup>d</sup>
${}^{202}\text{Hg}$	144,9±1,1 <sup>a</sup>	85,6±1,1 <sup>b</sup>	43,4±1,0 <sup>c</sup>	28,5±0,8 <sup>d</sup>	17,0±0,5 <sup>e</sup>
${}^{208}\text{Pb}$	60,2±0,5 <sup>a</sup>	27,5±0,2 <sup>b</sup>	97,6±1,0 <sup>c</sup>	231,3±1,3 <sup>d</sup>	65,1±0,9 <sup>e</sup>
${}^{209}\text{Bi}$	1,7±0,1 <sup>a</sup>	1,8±0,1 <sup>a</sup>	2,7±0,1 <sup>b</sup>	0,9±0,1 <sup>c</sup>	2,2±0,1 <sup>d</sup>

Hodnoty v řádcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Výsledky stanovení minerálních prvků, které jsou v černých rýžích řádově zastoupeny v  $\mu\text{g}$  na kg čerstvé hmoty, jsou uvedeny v tabulce č. 14. Obsah Li je v rostlinných materiálech velmi proměnlivý. Kabata-Pendias udává obsah Li u čeledi *Gramineae* od 70 až do 1500  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , u kukuřičných zrn potom kolem 50  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , u celerové nati dokonce až 6 600  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [74]. Noël udává obsah Li v rýži a semolině 50  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [77]. Pokud se týká vzorků černých rýží analyzovaných v naší studii, pak nejvyšší koncentraci Li vykazoval vzorek rýže z Laosu, a to 173,2  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , druhou nejvyšší koncentraci Li vykazoval vzorek pocházející z Číny (44,7  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) a nejnižší pak vzorek rýže z Thajska (18,0  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ).

Obsah Li se tedy v námi analyzovaných vzorcích pohyboval v rozmezí 18,0 až 173,2  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Relevantní data o výskytu Sc v cereáliích či dokonce v rýžích jsou velmi málo publikována. Kabata-Pendias uvádí ve své knize obsah Sc u lišejníků až do 700  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , u zeleniny 5  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , v kořenech ječmene potom 630  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , v čajových listech 140  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  a u hub do 300  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [74]. Ve studii Nyarka se objevují první relevantní informace o obsahu Sc v obilovinách. V pšenici bylo naměřeno 52,1  $\mu\text{g}$  Sc na kg, v čiroku 4,2  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  a v rýži 91,3  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [78]. Ve vzorcích černých rýží, které byly analyzovány v naší studii, se obsah Sc pohyboval v širokém rozmezí, a to od 18,7 do 122,3  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejvyšší obsah Sc byl naměřen u vzorku rýže z Japonska (122,3  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), druhý nejvyšší obsah Sc byl naměřen u vzorku rýže z Itálie (79,6  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Nejnižší obsah Sc byl stanoven u rýže pocházející z Laosu (18,7  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). V jednom případě tedy hodnota obsahu Sc překročila hodnotu Sc naměřenou Nyarkem v rýži. Jen pro zajímavost, Sc se vyskytuje jako vedlejší prvek doprovázející horniny v uranových dolech a je využíván k výrobě laserů, svítidel a fluorescenčních materiálů. Ročně se ho spotřebuje cca 537 kt [79].

Obsah V v cereáliích je také vysoce proměnlivý, a to zejména díky tomu, že má vysokou schopnost být přijímán rostlinnými materiály v přímé lineární závislosti na jeho obsahu v půdě. Co se týká jeho obsahu v rýži, tak Antoine naměřil obsah V v bílých rýžích do 72  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , u hnědých rýží potom do 91  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [57], Nardi stanovil obsah vanadu v rýži 9,6  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [71]. Obsah V v našich analyzovaných vzorcích se pohyboval v rozmezí od 3,8 do 17,7  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , přičemž nejmenší množství V bylo naměřeno u rýže pocházející z Laosu (3,8  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), nejvyšší množství V bylo stanoveno ve vzorku rýže z Číny (17,7  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Dá se říci, že námi naměřené hodnoty V ve vzorcích černé rýže mají spíše nižší obsahy tohoto prvku ve srovnání se studií Antoineho. Vanad hraje významnou úlohu jako regulátor enzymů a jako kofaktor se uplatňuje při regulaci metabolismu lipidů, hormonů a glukózy. Mnohé sloučeniny V jsou pokládány za potenciálně toxické, nicméně příjmem potravy nelze této intoxikace dosáhnout zejména kvůli velmi nízké absorpci vanadu zažívacím traktem [57].

U vzorků černých rýží se obsah Cr pohyboval v rozmezí 45,3 až 93,3  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejvyšší množství Cr bylo stanoveno ve vzorku rýže z Laosu (93,3  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), nejméně potom ve vzorku rýže z Japonska (45,3  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Výsledky lze porovnat se studií Antoineho, kde byl stanoven obsah Cr v bílých rýžích až 159  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , v hnědých rýžích potom až 487  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [57].

Na první pohled by mohlo být z jeho studie usuzováno, že Cr je akumulován spíše tmavými typy rýží, ale naše studie toto nepotvrdila. Obsahy Cr v černých rýžích jsou nižší, než uvádí tato studie. Nardi uvádí obsah Cr v rýži pouze  $4,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [71], Kabata-Pendias udává obsah Cr v pšenici kolem  $4 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , v ječmeni pak  $20 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  a v ovsu dokonce až  $600 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [74]. Otázkou ovšem zůstává, kolik Cr je v oxidačním stavu  $\text{Cr}^{\text{IV}}$ , který je toxický oproti  $\text{Cr}^{\text{III}}$ .

Obsah Co v černých druzích rýží analyzovaných v této studii se pohyboval v rozmezí  $11,4$  až  $52,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejnižší obsah Co byl stanoven u vzorku rýže z Laosu ( $11,4 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), nejvíce Co bylo naměřeno u vzorku rýže z Japonska ( $52,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P \geq 0,05$ ). Antoine naměřil obsah Co u hnědých rýží v rozmezí  $81$  až  $136 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , což jsou vyšší hodnoty, než vykazaly vzorky černých rýží [57]. Nardi ve své studii uvádí obsah Co v rýži  $6,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [71], Soliman a Zikovský udávají obsah Co v hnědé rýži jen  $50 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [72]. Naše výsledné obsahy Co v černých rýžích jsou spíše v souladu s poslední zmiňovanou studií.

Nardi udává obsah Ni v rýži  $32 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [71]. Ekholm naměřil obsah Ni v hnědé rýži  $200 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [70]. Kabata-Pendias udává obsah Ni v pšenici  $170$  až  $670 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  a v ovesných zrnech dokonce až  $8000 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , přičemž průměrná koncentrace Ni v ovsu je  $1280 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [74]. Zvyšující se obsah Ni v potravinách rostlinného původu je znepokojující a může být asociován s některými zdravotními riziky. Nicméně, obecně pro rostliny platí, že mohou obsahovat až  $2000 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , u hřebíčku dokonce  $2700 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [74]. U vzorků černé rýže se obsah Ni pohyboval ve velmi širokém rozpětí, a to od  $17,3$  až do  $3152,0 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Extrémně vysoké hodnoty Ni byly zjištěny u vzorků rýže pocházející z Laosu ( $3152,0 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) a u vzorku rýže pocházející z Thajska ( $2200,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ).

Údaje o výskytu Ga v cereáliích jsou prozatím dosti limitující. Millour ve své studii nedetekoval přítomnost Ga v cereáliích a cereálních produktech [75], Kabata-Pendias udává, že Ga se vyskytuje v rostlinných tkáních (převážně v lišejnících) a jeho koncentrace v nich se pohybuje až v rozmezí  $2,2 - 30,0 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [74]. Nicméně údaje o výskytu Ga v cereáliích a zrninách prakticky nejsou dostupné [80]. Námi naměřené hodnoty Ga v černých rýžích jsou velmi nízké, pohybovaly se v rozmezí  $7,0$  až  $9,8 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , přičemž nejnižší množství Ga bylo naměřeno u rýží pocházejících z Laosu a Thajska ( $7,0$ , resp.  $7,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P \geq 0,05$ ), nejvyšší množství Ga bylo naměřeno ve vzorku rýže pocházejícího z Číny ( $9,8 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ).

Ge je velmi dobře akumulováno právě rostlinami rýže, tudíž je velmi důležité hlídat ukazatele Ge v rýžových zrnech. Vyšší koncentrace Ge jsou pro rostlinu toxické, tudíž jsou i

půdy pro pěstování rýže kontrolovány v tomto aspektu. Bylo prokázáno, že vyšší koncentrace Ge inhibují klíčení i růst rostliny. V zrnech obilovin se běžně Ge nachází v koncentracích od 10 do 700  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , v zelenině to může být až 1070  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [74]. Millour detekoval v cereáliích a cereálních produktech obsah Ge 3  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [75]. V námi analyzovaných vzorcích černé rýže se obsah Ge pohyboval v rozmezí 1,7 až 12,8  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Nejnižší množství Ge bylo stanoveno ve vzorku rýže z Laosu (1,7  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), naopak nejvíce Ge bylo detekováno ve vzorku rýže z Číny (12,8  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ).

Obsah As v obilovinách je vysoce proměnlivý. Antoine detekoval obsah As v rýžích 82 až 487  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [57], Orecchio stanovil obsah As v bezpečkové mouce 8,3 až 11,0  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [81]. Průměrný obsah As v cereáliích v zemích EU je 6 – 50  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [82]. V černých rýžích se obsah As pohyboval v širokém rozmezí 1,6 až 171,2  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Nejnižší obsah As byl detekován v rýži z Laosu (1,7  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), druhé nejnižší množství As bylo naměřeno u vzorku rýže z Thajska (3,8  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), nejvyšší množství As bylo stanoveno u rýže pocházející z Číny (171,2  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ).

Koncentrace Se se ve vzorcích černých rýží pohybovala v rozmezí 6,1 až 27,0  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Nejnižší množství Se bylo stanoveno ve vzorku rýže z Japonska (6,1  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) a nejvyšší množství potom u vzorku z Číny (27,0  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Obecně známým faktem je, že výskyt Se je silně odvislý od geologických podmínek lokality, kde daná plodina roste, tato závislost je přímo úměrná. Se je esenciálním prvkem, který je v běžné stravě deficitní. Antoine stanovil obsah Se v bílých rýžích 28 až 236  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , u hnědých rýží potom v rozmezí 58 až 204  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [57]. Orecchio stanovil obsah Se v bezpečkových moukách do 72  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [81]. Obsah Se v černých rýžích je v porovnání se zmiňovanými studii nižší.

Antoine stanovil obsah Sr v bílých rýžích v rozmezí 1,48 až 2,73  $\text{mg.kg}^{-1}$ , u hnědých rýží potom 2,01 až 4,19  $\text{mg.kg}^{-1}$  [57]. Podle Milloura je obsah Sr v cereáliích v rozmezí 376 až 1830  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [75], Gonzáles-Weller stanovil obsah Sr v cereáliích v rozmezí 893 až 1588  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [83]. V porovnání s uvedenými studii, jsou obsahy Sr v černých rýžích spíše nižší. Koncentrace Sr se v černých rýžích pohybovala v rozmezí 413,2 až 863,5  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , přičemž nejvyšší množství Sr bylo stanoveno u rýže z Číny (863,5  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), nejnižší pak v rýži z Laosu (413,2  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ).

Obsah Sr je stanovován v potravinách hlavně z toho důvodu, že jeho vyšší příjem má za následek uvolňování vápenatých iontů z kostní matrix a jejich nahrazování právě ionty Sr, ovšem jeho denní příjem nebyl prozatím stanoven, je považován za netoxický [57].

Literární údaje o výskytu yttria v cereáliích jsou limitující. Nicméně Zhang stanovil obsah Y ve vepřových játrech v koncentracích  $10,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , v zelenině  $34,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  a v žampionech  $4,8 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [80]. Kabata-Pendias udává obsah Y v rostlinách v širokém rozmezí 10 až  $3500 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , přičemž běžné koncentrace Y jsou kolem  $20 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a to v závislosti na půdě a klimatických podmínkách [74]. Dále bylo zjištěno, že Y může být absorbováno rostlinami a tak vstupuje do potravního řetězce. Jeho účinky na lidský organizmus jsou stále testovány, prozatím nebylo stanoveno, že by bylo Y toxické či negativně působící lidské zdraví. Obsah Y v černých rýžích se pohyboval v rozmezí  $1,2$  až  $6,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , což je pod deklarovanou hladinou  $20 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , kterou udává Kabata-Pendias a odpovídá hodnotám naměřeným Zhangem [74,80].

Zirkonium se nejčastěji váže v minerál zirkon ( $\text{ZrSiO}_4$ ) a jako jeden z mála prvků má schopnost kumulovat se do lipofilních i hydrofilních fází rostlinných i živočišných materiálů. Kabata-Pendias udává obsah Zr v zrnech cereálií a rostlinných materiálech ve velmi širokém rozpětí, a to 5 až  $2600 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [74], přičemž zrna obilovin by měla mít nízkou schopnost akumulovat Zr oproti zelenině nebo ořechům. V cibuli bylo naměřeno přes  $800 \mu\text{g}$  Zr na kg [74]. Obsah Zr se v zrnech černé rýže pohyboval v rozmezí  $59,4$  až  $518,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , nejvíce Zr bylo stanoveno v rýži z Číny ( $518,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), nejméně potom v rýži z Thajska ( $59,4 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ).

Co se týká obsahu Mo v černých rýžích, tak jeho koncentrace se pohybovala v rozmezí  $280,9$  až  $730,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejvíce Mo bylo nalezeno v rýži z Číny ( $730,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), druhé nejvyšší množství Mo bylo stanoveno v rýži z Laosu ( $706,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), naopak nejméně Mo bylo naměřeno u vzorku rýže z Japonska ( $280,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Antoine stanovil koncentraci Mo v bílých druzích rýže v rozmezí  $438$  až  $1620 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , v hnědých rýžích potom v rozmezí  $447$  až  $1200 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [57]. Námi naměřené hodnoty odpovídají výše zmiňované studii. Mo je esenciální stopový prvek, který hraje významnou úlohu v regulaci metabolismu Ca, Mg a Cu, dále je kofaktorem enzymů při metabolismu kyseliny močové. Z tohoto důvodu je také jeho obsah monitorován [70].

Koncentrace Ag se u vzorků černých rýží pohybovala v rozpětí  $5,9$  až  $14,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejvyšší koncentrace Ag byla naměřena ve vzorku rýže pocházející z Thajska ( $14,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ), nejnižší množství Ag bylo naměřeno u vzorků rýží pocházejících z Japonska a Itálie ( $5,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P \geq 0,05$ ). Pokud bychom měli porovnat obsah Ag v černých rýžích s ostatními obilovinami, pak Millour naměřil obsah Ag v cereáliích v rozsahu  $42$  až  $84 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [79], Antoine publikoval obsah Ag v bílých druzích rýže do  $11 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , u hnědých

rýží pak do  $13 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [57]. Dá se tedy říci, že obsahy Ag v našich vzorcích jsou v souladu se studií Antoina.

Jak je patrné z dosažených výsledků, obsah Cd se v černých rýžích pohyboval v rozmezí 7,1 až  $37,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejvyšší obsah Cd byl detekován u vzorku rýží pocházejících z Thajska a Laosu ( $37,1$ , resp.  $36,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P \geq 0,05$ ), nejnižší obsah Cd byl detekován u rýže z Japonska ( $7,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Antoine detekoval množství Cd v bílých rýžích do  $190 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , u hnědých rýží potom do  $160 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [57]. V porovnání s těmito údaji vykazovaly vzorky černých rýží nižší koncentrace Cd. Pro zajímavost, průměrné množství Cd v cereáliích v EU je 3,8 až  $58,4 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , maximální limit stanovený pro obsah Cd v cereáliích zahrnujících i obalové vrstvy byl stanoven na  $100 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [82]. Všechny vzorky černých rýží vyhověly tomuto požadavku.

Obsah Sn v černých rýžích se pohyboval v rozmezí 5,1 až  $11,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejvyšší obsah Sn byl stanoven u rýže z Japonska ( $11,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), nejnižší pak u rýže z Laosu ( $5,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Millour publikoval obsah Sn v cereáliích do  $5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [79], Orecchio stanovil obsah Sn v bezlepkových moukách  $2,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [81]. Kabata-Pendias udává obsah Sn v jedlých podílech rostlin v průměrném rozsahu 40 až  $100 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , konkrétně v pšeničných zrnech to je v závislosti na geografické lokalitě od 10 až do  $7900 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tyto extrémně vysoké hodnoty byly naměřeny v USA) [74]. Jak je patrné z dosažených výsledků měření u černých rýží, obsahy Sn jsou spíše nižší, než naposledy zmiňovaná citace.

Obsah Sb je kontrolován převážně z důvodu, že existuje podezření na jeho případnou toxicitu, jeho případné fyziologické účinky nejsou přesně definovány. Antoine naměřil obsah Sb v bílých rýžích do  $10 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , u hnědých rýží pak do  $9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [57]. Kabata-Pendias uvádí, že Sb je velmi dobře kumulován rostlinami. Dále uvádí, že obsah Sb u agrotechnických plodin může být až  $29 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , ale také např. v ječmeni byl zjištěn obsah Sb  $167 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . V blízkosti lokalit, kde byly dříve doly na těžbu Sb, se množství Sb v rostlinách může pohybovat až do  $1130 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  [74].

Co se týká vzorků černých rýží, tak nejvyšší množství Sb bylo stanoveno v rýži z Itálie ( $54,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), nejnižší potom v rýži z Laosu ( $23,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ).

Obsah radioaktivního Cs (resp. jeho radioaktivních izotopů  $^{134}$  nebo  $^{137}\text{Cs}$ ) nebyl doposud v rostlinných materiálech a zejména v obilovinách intenzivně studován, nicméně zatím se ví, že akumulace Cs v rostlinách je podporována přítomností K v půdách. Obsah Cs v různých druzích rostlin může dosáhnout od 100 do  $3000 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , v houbách pocházejí-

cích z Japonska byl naměřen obsah Cs od 5 až do 1600  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Vyšší koncentrace Cs byla zjištěna v lokalitách s expozicí při jaderných reakcích, nukleárních dějích jako nukleární výbuch v Černobylu a následná kontaminace ovzduší apod. [74]. Nejvyšší množství Cs bylo naměřeno u vzorku rýže z Japonska (24,4  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), nejméně Cs bylo detekováno u rýže z Laosu (4,8  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Lze konstatovat, že vzorky černých rýží vykazovaly nízké koncentrace Cs.

Antoine ve své studii stanovil obsah Ba v bílých rýžích v rozmezí 470 až 4800  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , v hnědých rýžích v rozmezí 1300 až 6900  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [57]. Kabata-Pendias udává obsah Ba v rostlinných materiálech v širokém rozmezí od 2000 do 13000  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , v zrnech cereálií potom 4200 až 6600  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [74]. Naproti tomu Orecchio naměřil obsah Ba v bezlepkových moukách 410 až 530  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [81] a Millour naměřil obsah Ba v rýži a semolině 460 až 783  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [75]. Zde musí být konstatováno, že obsah Ba ve vzorcích černých rýží, se pohyboval pod těmito hodnotami. Nejvyšší obsah Ba byl stanoven u rýže z Číny (149,2  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), nejméně Ba obsahoval vzorek pocházející z Japonska (51,2  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ). Otázkou tedy je, zda-li černé rýže nemají například nižší schopnost akumulace Ba nebo byly pěstovány v geografických lokalitách s nižší koncentrací Ba.

Cer (Ce) patří do skupiny lanthanoidů, u které zatím nebyl prokázán žádný toxický účinek. Bohužel této skupině prvků a jejich výskytu v rostlinných materiálech nebyla doposud věnována přílišná pozornost. Nicméně Antoine naměřil obsah Ce v bílých rýžích v rozsahu 20 až 80  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , u hnědých rýží od 40 do 100  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [57]. Ve vzorcích černých rýží se obsah Ce pohyboval v rozmezí 3,8 až 20,2  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , nejméně Ce bylo stanoveno ve vzorku rýže z Laosu (3,8  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), nejvíce potom ve vzorku rýže z Číny (20,2  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Koncentrace Ce v černých rýžích byla tedy nižší, než ve své studii uvádí Antoine [57].

Kabata-Pendias shrnuje studie o Ta, které ukazují, že obsah tantalu v rostlinných materiálech je do 48  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , ale v jedlém podílu zelenin to může být i pod 1  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Také shrnuje, že v pšenici a ječmeni, které pocházely ze Švédska, byl obsah Ta do 5  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [74]. Tomu by odpovídaly i naše výsledky. Obsah Ta v černých rýžích se pohyboval od 1,4 do 3,5  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Nejvyšší množství Ta bylo stanoveno u rýže z Číny (3,5  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), nejméně potom u rýže z Japonska (1,4  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Stejná množství Ta byla naměřena u rýží z Thajska a Laosu. Kabata-Pendias dále uvádí, že vyšší výskyt Ta je v půdách v Číně, což koresponduje s našimi výsledky nejvyššího obsahu Ta právě v rýži z Číny. Vzhledem k tomu, že Ta je vysoce inertní vůči tělním tekutinám, využívá se i k potažení chirurgických nástrojů, jeho případná toxicita nebyla stanovena [74].

Vzhledem k tomu, že Hg je považována za toxický prvek, je její obsah v potravinách pod neustálou kontrolou. Díky Regulačnímu nařízení Evropské komise č.1881/2006 [82] je obsah Hg monitorován, jeho průměrná koncentrace v cereáliích v EU se pohybuje od 2,7 do 19,0  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [82]. Antoine detekoval obsah Hg v bílých rýžích od 15 do 85  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , u hnědých rýží od 24 do 112  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [57]. Millour stanovil obsah Hg v cereáliích pouze 5  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [79]. U vzorků černých rýží byl obsah Hg v rozmezí 17,0 až 144,9  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , což přesahuje průměrné hodnoty Hg v cereáliích přijímaných v EU. Nejnižší obsah Hg byl zjištěn u vzorku rýže z Laosu (17,0  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), nejvyšší naopak u vzorku rýže z Číny (144,9  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ).

Vzhledem k toxicitě Pb na lidský organizmus je tento prvek stále více monitorován. Regulační nařízení Evropské komise č.1881/2006 ukládá maximální limit pro obsah Pb v cereáliích 200  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , dále je zde uvedeno, že průměrný obsah Pb v potravě v EU je v rozmezí 5 až 139  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [82]. Co se týká obsahu Pb v černých rýžích, pak nejvyšší množství bylo naměřeno v rýži z Thajska, a to 231,3  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ), což překračuje limit stanovený v Regulačním nařízení Evropské komise č.1881/2006 [82]. Druhé nejvyšší množství Pb bylo naměřeno ve vzorku rýže z Laosu (65,1  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), naopak nejméně Pb bylo naměřeno ve vzorku rýže z Japonska (27,5  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Orecchio stanovil obsah Pb v bezlepkových moukách 1,3 až 30,0  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [81], Ekholm zase stanovil obsah Pb v hnědých rýžích 5,0  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [70]. V porovnání s těmito studii jsou obsahy Pb v černých rýžích vyšší.

Gonzáles-Weller publikoval, že obsah Bi v cereáliích může dosahovat až 1700  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [83]. Matos-Reyes zase Bi nestanovil ani v rýži ani v ječmeni, ale v pšenici stanovil obsah Bi pod 1,4  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [84]. Problémem ovšem je, že o výskytu Bi v cereáliích není dostatečný počet relevantních dat. Kabata-Pendias udává, že obsah Bi v jedlém podílu zeleniny může dosahovat až 60  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [74].

V porovnání s těmito studii mají černé rýže obsahy Bi velmi nízké. Nejvyšší koncentrace Bi byla stanovena v rýži z Itálie (2,7  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), nejnižší množství potom v rýži z Thajska (0,9  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ).

Pokud bychom opět v obecné rovině srovnali navzájem vzorky černých rýží, potom dojdeme k následujícím dílčím závěrům. Rýže pocházející z Číny má vyšší obsah V, Ga, Ge, Y, Mo, Ce, As, Se, Sr, Zr, Ba, Ta a Hg, rýže pocházející z Japonska má vyšší obsah Sc, Sn, Sb, Cs a Co a nižší koncentrace Cr, Ta, Se, Mo, Pb, Ag, Cd a Ba. Černá rýže z Itálie vykazovala nižší hodnoty Ag a vyšší hodnoty Bi. Rýže z Thajska měla nižší obsah Li, Ga, Zr,



As a Bi a vyšší obsahy Ni, Ag, Cd a Pb, rýže z Laosu potom vykazovala vyšší obsahy Li, Cd, Cr, Ni a Mo a nižší koncentrace V, Sc, Ge, Co, As, Sr, Y, Ga, Sn, Sb, Cs, Ce a Hg.

Tabulka č. 15 Obsah minerálních prvků v rýžích s černými obalovými vrstvami v  $\text{ng.kg}^{-1}$

Minerální prvky	Čína	Japonsko	Itálie	Thajsko	Laos
$^9\text{Be}$	$535,2 \pm 2,1^a$	$358,3 \pm 2,1^b$	$163,5 \pm 1,8^c$	$231,1 \pm 1,7^d$	$94,8 \pm 1,5^e$
$^{103}\text{Rh}$	$78,5 \pm 1,1^a$	$53,2 \pm 1,1^b$	$76,0 \pm 1,0^c$	$78,5 \pm 1,2^a$	$97,3 \pm 1,2^d$
$^{159}\text{Tb}$	$221,8 \pm 2,1^a$	$91,3 \pm 1,8^b$	$87,5 \pm 1,7^c$	$78,4 \pm 1,2^c$	$71,6 \pm 1,0^d$
$^{165}\text{Ho}$	$234,7 \pm 2,2^a$	$45,8 \pm 1,8^b$	$51,8 \pm 1,8^c$	$72,6 \pm 1,6^d$	$65,8 \pm 1,3^e$
$^{205}\text{Tl}$	$412,3 \pm 2,5^a$	$88,8 \pm 1,0^b$	$75,5 \pm 1,0^c$	$189,8 \pm 1,3^d$	$191,2 \pm 1,2^e$
$^{238}\text{U}$	$2805,0 \pm 28,9^a$	$531,4 \pm 2,5^b$	$637,7 \pm 2,8^c$	$312,5 \pm 2,0^d$	$213,1 \pm 1,9^e$

Hodnoty v rádcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty v rádcích, které mají odlišné písemné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Obsahy minerálních prvků, které jsou zastoupeny v černých rýžích řádově v  $\text{ng.kg}^{-1}$  jsou prezentovány v tabulce č. 15. Relevantní data o výskytu Be v cereáliích či rýži konkrétně jsou velmi špatně dostupná. Obvykle se koncentrace Be v rostlinných materiálech pohybuje v koncentračním rozmezí 100 až 25 000  $\text{ng.kg}^{-1}$ . Kabata-Pendias udává obsah Be v rýži kolem 400  $\text{ng.kg}^{-1}$  [74]. Až na rýži pocházející z Číny jsou všechny vzorky černé rýže obsahem Be pod tímto limitem. Nejvyšší koncentrace Be byla naměřena ve vzorku rýže pocházející z Číny, a to 535,2  $\text{ng.kg}^{-1}$ , druhé nejvyšší množství Be bylo stanoveno ve vzorku rýže z Japonska (358,3  $\text{ng.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ). Nejnižší koncentrace Be byla stanovena u vzorku rýže z Laosu, a to 94,8  $\text{ng.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ).

Hlavní cestou, jak se do lidského organismu může dostat Rh je právě konzumace zemědělských plodin a rostlinného materiálu obecně. Vzhledem k toxicitě Rh a jeho potencionálnímu riziku na zdraví lidského organismu, se v posledních letech studie zaměřují právě na obsah Rh v zemědělských rostlinných komoditách [66].

Ravindra udává obsah Rh ve špenátu v rozsahu 200 – 900  $\text{ng.kg}^{-1}$  a v trávě poblíž dálnic dokonce nad 2000  $\text{ng.kg}^{-1}$  [85]. Kabata-Pendias udává obsah Rh v zrnech cereálií pod 1000  $\text{ng.kg}^{-1}$  [74]. Obsahy Rh v černých rýžích byly velmi nízké. Nejvíce Rh bylo naměřeno u vzorku rýže z Laosu (97,3  $\text{ng.kg}^{-1}$ ), nejméně potom ve vzorku rýže z Japonska (53,2  $\text{ng.kg}^{-1}$ ) ( $P < 0,05$ ).

Vzhledem k tomu, že Tb vykazuje vysokou toxicitu pro růst rostlin, začíná být v posledních 5 letech jeho výskyt v půdách monitorován a je považován za nový indikátor polutantů životního prostředí. Je velkým předpokladem, že Tb bude v rostlinných materiá-

lech častěji a více akumulován a tím se bude dostávat do potravního řetězce [91]. Relevantní údaje o výskytu Tb v zrninách a cereáliích obecně prakticky neexistují, Kabata-Pendias udává obsah Tb v houbách v rozsahu od 800 do 1600 ng.kg<sup>-1</sup>, v kapustě pak do 60 ng.kg<sup>-1</sup> [74]. Nejvíce Tb bylo nalezeno u vzorku rýže z Číny (221,8 ng.kg<sup>-1</sup>), nejméně potom u vzorku rýže z Laosu (71,6 ng.kg<sup>-1</sup>).

Obecně je známo, že rostliny ve větší míře neakumulují Ho z půdy, ale i přesto, se mohou ng koncentrace Ho v rostlinách objevit. Vyšší koncentrace Ho se vyskytují v půdách na bázi jílu, bentonitů. Literární údaje týkající se obsahu Ho v rostlinných materiálech jsou nedostačující. D'Archivio publikoval obsah Ho v šafránu v koncentracích 1400 až 2500 ng.kg<sup>-1</sup> [87]. Jak je patrné z dosažených výsledků, černá rýže má schopnost v malém množství Ho akumulovat. Nejvyšší koncentrace Ho byla naměřena u rýže z Číny (234,7 ng.kg<sup>-1</sup>), nejméně naopak u vzorku rýže z Japonska (45,8 ng.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ).

Průměrné koncentrace Tl v cereáliích, ovoci a zelenině jsou dle Léonarda and Gerbera v rozmezí 50 až 100 μg.kg<sup>-1</sup> [87]. Xiao stanovil obsah Tl v cereáliích a zelenině mezi 30 až 300 μg.kg<sup>-1</sup> [66]. Kabata-Pendias udává obsah Tl v zelenině 20 až 120 μg.kg<sup>-1</sup>. Dále udává, že čeleď *Gramineae* má vysokou schopnost akumulovat Tl. Jeho vyšší obsah je pak pro rostliny toxický a stejně tak pro živočichy. Vysokou schopnost akumulace má např. brokolice, která je schopna ho akumulovat až 5 mg.kg<sup>-1</sup> [74]. Co se ovšem týká vzorků černých rýží, tak obsah Tl byl velmi nízký, a to v rozmezí 75,5 až 412,3 ng.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší množství Tl bylo stanoveno u vzorku pocházejícího z Číny (412,3 ng.kg<sup>-1</sup>), nejméně u vzorku z Itálie (75,5 ng.kg<sup>-1</sup>). Námi dosažené výsledky s obsahy Tl jsou o řád nižší, než bylo publikováno výše citovanými autory.

Potraviny bohaté na cukry, zejména škrob a také tuk mají nízkou schopnost akumulovat uran (ovoce, semena, mouky), ovšem listová zelenina, čaje a bylinky jsou na obsah U vcelku bohaté [31]. Antoine stanovil obsah U v bílých rýžích v rozmezí 1000 až 20 000 ng.kg<sup>-1</sup>, v hnědých rýžích pak 3000 až 9000 ng.kg<sup>-1</sup> [57]. Nejvyšší množství U ze vzorků černé rýže obsahoval vzorek pocházející z Číny, a to 2805,0 ng.kg<sup>-1</sup>, druhé nejvyšší množství bylo nalezeno v rýži z Itálie (637,7 ng.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Nejnižší množství U bylo naměřeno u vzorku rýže z Laosu (213,1 ng.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). V porovnání s výsledky, které uvádí Antoine [57], až na jeden vzorek, jsou obsahy U u černých rýží nižší.

Pokud bychom zase v obecné rovině chtěli vzorky charakterizovat v závislosti na obsahu prvků uváděných v této části, pak rýže z Číny, v porovnání s ostatními vzorky, vykazuje

vyšší hodnoty Bi, Tb, Tl a zejména U, japonská rýže má nízký obsah Rh, italská zase Tl. Rýže z Laosu má nižší množství Bi, Tb a U a vyšší obsah Rh.

#### 6.4.2 Příspěvek minerálních prvků z černých rýží k hodnotám RDI nebo AI

Tabulka č. 16 Příspěvek minerálních prvků černých rýží k hodnotám RDI nebo AI

Minerální prvky	Rozmezí (mg.kg <sup>-1</sup> )	Denní příjem (mg.den <sup>-1</sup> )	RDI nebo AI* (Ž) (mg.den <sup>-1</sup> )	RDI nebo AI* (M) (mg.den <sup>-1</sup> )	RDI nebo AI* (Ž) (%)	RDI nebo AI* (M) (%)
Mg	634,8 – 814,4	9,50 – 12,20	320	420	3,0 – 3,8	2,3 – 2,9
P	3236,1 – 4203,1	48,50 – 63,00	700	700	6,9 – 9,0	6,9 – 9,0
K	845,1 – 1035,1	12,70 – 15,50	4700*	4700*	0,2 – 0,3*	0,2 – 0,3*
Ca	20,0 – 54,8	0,30 – 0,80	1000	1000	0,03 – 0,08	0,03 – 0,08
Na	2,2 – 10,2	0,03 – 0,15	1500*	1500*	< 0,01*	< 0,01*
Mn	25,8 – 43,9	0,40 – 0,70	1,8*	2,3*	22,2 – 38,9*	17,4 – 30,4*
Fe	2,7 – 5,1	0,04 – 0,08	18,0	8,0	0,2 – 0,4	0,5 – 1,0
Cu	2,9 – 6,2	0,04 – 0,09	0,9	0,9	4,4 – 10,0	4,4 – 10,0
Zn	8,5 – 14,3	0,10 – 0,20	8,0	11,0	1,3 – 2,5	0,9 – 1,8
Cr	0,045 – 0,093	0,0007 – 0,0014	0,025*	0,035*	2,8 – 5,6*	2,0 – 4,0*
Se	0,006 – 0,027	0,0001 – 0,0004	0,055	0,055	0,2 – 0,7	0,2 – 0,7
Mo	0,281 – 0,731	0,004 – 0,011	0,045	0,045	8,9 – 24,4	8,9 – 24,4

RDI – Recommended Dietary Intake, Denní doporučená dávka

AI – Adequate Intake, Dostatečný (adekvátní) příjem

\* - v případě, kde je \* se jedná o hodnotu AI, bez \* o hodnotu RDI

Ž – ženy, M – muži

Již na první pohled je z tabulky č. 16 vidět, že černé rýže jsou pro náš organizmus významným zdrojem (příspěvatelem) manganu, molybdenu, mědi a fosforu. U manganu je to až 38,9 % z AI pro ženy a u mužů je to až 30,4 % AI. U molybdenu činí příspěvek černých rýží pro muže i ženy až 24,4 % RDI. Dále příspěvek černé rýže v případě Cu je u mužů i žen do 10 % RDI, v případě P pak do 9 % RDI. Černé rýže naopak prakticky vůbec nepři-

spívají k hodnotám RDI pro Na, což je v pořádku, protože tento prvek je pokládán za jeden ze spouštěčů hypertenze. Dále černá rýže není dobrým zdrojem Ca a ani Fe.

Antoina ve své studii udává hnědou rýži jako významný zdroj manganu, molybdenu, mědi a fosforu. U manganu je to 82 % z RDI pro muže a u žen je to až 105 % z RDI. V případě Cu je to 23 % RDI jak pro muže, tak pro ženy. Dále příspěvek hnědé rýže v případě fosforu je u mužů a žen shodný, a to 34 % z RDI. V případě sodíku, vápníku a chromu je hnědá rýže špatným zdrojem těchto minerálních prvků. Nutno ale podotknout, že tyto příspěvky byly vypočteny na denní příjem rýže 72 g, který je na Jamajce, v naší studii to bylo pouhých 15 g, takže je nutná korelace těchto hodnot [57].

Tabulka č. 17 Příspěvek toxických prvků černých rýží k hodnotám PTWI

Minerální prvky	Obsah (mg.kg <sup>-1</sup> )	Denní příjem (mg.den <sup>-1</sup> )	Týdenní příjem (mg.týden <sup>-1</sup> )	PTWI (mg.kg <sup>-1</sup> )	PTWI (Ž, 65 kg) (%)	PTWI (M, 70 kg) (%)
Al	2,3 – 22,6	0,035 – 0,339	0,245 – 2,373	1,0	0,4 – 3,7	0,3 – 3,4
As	0,002 – 0,171	0,0001 – 0,0030	0,0007 – 0,0210	0,015	0,1 – 2,2	0,1 – 2,0
Cd	0,007 – 0,037	0,0001 – 0,0006	0,0007 – 0,0042	0,007	0,2 – 0,9	0,1 – 0,9
Hg	0,017 – 0,145	0,0003 – 0,0022	0,0021 – 0,0154	0,004	0,8 – 5,9	0,7 – 5,5

PTWI – Provisional Toleratable Weekly Intake, Prozatímní tolerovatelný týdenní příjem

Ž – ženy s váhou 65 kg, M – muži s váhou 70 kg

Z tabulky č. 17 je vidět, že černé rýže jsou pro náš organizmus nízkým možným zdrojem toxických prvků. U hliníku je to 3,7 % z PTWI pro ženy a u mužů je to 3,4 % PTWI. U rtuti činí týdenní příjem z černých rýží pro muže 5,5 % z PTWI, u žen je to 5,9 % PTWI. V případě As příjem k PTWI dosahuje 2,2 % u žen a 2,0 % u mužů. Černé rýže velmi málo přispívají k hodnotám PTWI v případě kadmia (do 0,9 %).

Antoin ve své studii udává, že hnědé rýže se podílejí na příspěvku Hg k PTWI u žen 10 % a u mužů až 11,1 %. U hliníku je to 10,5 % pro muže a u žen je to až 11,3 % [57]. Opět je nutno podotknout, že zmíněná studie je definována na denní příjem rýže 72 g, kdežto v ČR je její příjem pouze 15 g na den.

### 6.4.3 Výsledky ICP-MS stanovení obsahu minerálních prvků u divokých rýží

Obsah minerálních prvků v divokých rýžích, které jsou řádově v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  jsou uvedeny v tabulce č. 18.

Tabulka č. 18 Obsah minerálních prvků v divoké rýži v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

Minerální prvky	Kanada	Řecko
$^{24}\text{Mg}$	$565,2\pm 8,5^a$	$533,5\pm 5,3^b$
$^{31}\text{P}$	$3652,3\pm 12,3^a$	$3414,1\pm 12,1^b$
$^{32}\text{S}$	$1496,1\pm 10,4^a$	$1507,3\pm 10,6^a$
$^{39}\text{K}$	$98,3\pm 5,8^a$	$100,5\pm 5,6^a$
$^{44}\text{Ca}$	$153,3\pm 11,6^a$	$230,6\pm 13,5^b$
$^{23}\text{Na}$	$6,2\pm 0,1^a$	$11,3\pm 0,1^b$
$^{11}\text{B}$	$52,5\pm 0,9^a$	$26,1\pm 0,8^b$
$^{27}\text{Al}$	$5,4\pm 0,1^a$	$5,7\pm 0,1^b$
$^{48}\text{Ti}$	$0,5\pm 0,1^a$	$0,8\pm 0,1^b$
$^{55}\text{Mn}$	$13,7\pm 0,2^a$	$13,8\pm 0,1^a$
$^{57}\text{Fe}$	$3,1\pm 0,1^a$	$4,3\pm 0,1^b$
$^{63}\text{Cu}$	$2,6\pm 0,1^a$	$3,5\pm 0,2^b$
$^{66}\text{Zn}$	$18,8\pm 0,7^a$	$22,6\pm 0,8^b$

Hodnoty v řádcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P\geq 0,05$ ). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P<0,05$ ).

Obsah hořčíku v divoké rýži byl stanoven v rozmezí od  $533,5$  do  $565,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  ( $P<0,05$ ). Studie Surendirana udává obsah Mg v divoké rýži v rozmezí od  $800 - 1610 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Námi naměřené hodnoty byly tedy nižší, než udává tato studie [23].

Fosfor byl nejvíce zastoupeným prvkem v námi měřených vzorcích divoké rýže. Hodnoty fosforu byly od  $3414,1$  do  $3652,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Surendiran ve své studii stanovil obsah fosforu od  $2360$  do  $5000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  což odpovídá i našim hodnotám [23].

Síra byla stanovena u našich vzorků v rozmezí od  $1496,1$  do  $1507,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  ( $P\geq 0,05$ ). Studie Jorgensona stanovila obsah síry od  $94,9$  až po  $5491 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Toto rozmezí je velice široké, naše výsledky do tohoto rozmezí zapadají [88].

Draslík ve studii Surendirana byl stanoven v rozmezí  $550$  až  $5600 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Obsah draslíku u našich vzorků byl daleko nižší, a to  $98,3$  až  $100,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  ( $P\geq 0,05$ ) [23].

Vápník byl u našich vzorků stanoven v koncentracích od 153,3 do 230,6 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ) Studie Surendirana udává obsah vápníku v divoké rýži od 110 do 250 mg.kg<sup>-1</sup> [23], což je v souladu s naší studií.

Obsah sodíku byl u vzorků divokých rýží stanoven v rozmezí od 6,2 do 11,3 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Obsah Na u vzorku divoké rýže z Řecka se blíží nejnižší hodnotě v obsahu Na uvedené ve studii Surendirana. Ten udává obsah sodíku u divoké rýže od 13,4 do 60,0 mg.kg<sup>-1</sup> [23]. Divoká rýže z Kanady má naopak obsah Na nižší.

Antoine naměřil obsah bóru u bílých rýží do 3,4 mg.kg<sup>-1</sup>, stejně tak u rýží hnědých [57]. Kabata-Pendias uvádí obsah B v pšenici 0,69 mg.kg<sup>-1</sup> a v žitu 4,3 mg.kg<sup>-1</sup> [74]. Autorka také uvádí, že obsah B v rostlinných materiálech je nejnižší v zrninách, ale v luštěninách může přesahovat mnohdy až 100 mg.kg<sup>-1</sup>. Námi naměřené hodnoty u divoké rýže byly v rozmezí od 26,1 do 52,5 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Koncentrace B u našich vzorků se od studie Antoina liší, naměřeny byly vyšší hodnoty obsahu B [57]. Všechny naměřené hodnoty jsou pod 100 mg.kg<sup>-1</sup>, které udává Kabata-Pendias [74].

Obsah hliníku v divoké rýži se ve studii Jorgensona pohyboval v rozmezí od 26,1 do 52,5 mg.kg<sup>-1</sup> [88]. Zde se tedy od této studie lišíme, protože námi naměřené hodnoty jsou nižší, a to v divoké rýži z Kanady 5,4 mg.kg<sup>-1</sup> a Řecka pak 5,7 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ).

Ti u divoké rýže se pohybuje v rozmezí od 0,5 do 0,8 mg.kg<sup>-1</sup>. Antoine naměřil obsah Ti v bílých rýžích do 13,1 mg.kg<sup>-1</sup>, u hnědých rýží potom do 13,9 mg.kg<sup>-1</sup> [57]. Kabata-Pendias udává obsah Ti v rostlinách průměrně do 6,7 mg.kg<sup>-1</sup> [74], ale také udává, že byl naměřen obsah Ti v kukuřičných zrnech i 20,0 mg.kg<sup>-1</sup>. Obsahy Ti ve vzorcích divoké rýže jsou v porovnání s literárními údaji nízké.

Studie Surendirana stanovila v divoké rýži obsah manganu od 9,3 do 18,0 mg.kg<sup>-1</sup> [23]. Naměřené hodnoty obsahu manganu u našich vzorků divoké rýže byly v rozmezí této studie. Obsah manganu u našich vorků byl cca 13,7 mg.kg<sup>-1</sup>.

Obsah železa v našich vzorcích divoké rýže byl od 3,1 do 4,3 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Surendiran stanovil obsah železa u divoké rýže od 1,2 do 5,1 mg.kg<sup>-1</sup>. Naše naměřené hodnoty se tedy nachází v tomto rozmezí [23].

Obsah mědi v našich vzorcích divokých rýží byl v rozmezí od 2,6 do 3,5 mg.kg<sup>-1</sup> se shoduje s naměřenými údaji studie Surendiran, protože tato studie udává obsah olova 1,0 – 4,1 mg.kg<sup>-1</sup> [23].

Obsah zinku byl stanoven v koncentračním rozmezí od 18,8 do 22,6 mg.kg<sup>-1</sup>. Obsah zinku je v rozmezí, které udává ve studii i Surendiran. Ten stanovil obsah zinku od 12 do 120 mg.kg<sup>-1</sup> [23].

Tabulka č. 19 Obsah minerálních prvků v divoké rýži v µg.kg<sup>-1</sup>

Minerální prvky	Kanada	Řecko
<sup>7</sup> Li	33,7±0,9 <sup>a</sup>	56,5±1,1 <sup>b</sup>
<sup>45</sup> Sc	82,7±1,5 <sup>a</sup>	14,2±0,7 <sup>b</sup>
<sup>51</sup> V	2,2±0,1 <sup>a</sup>	13,1±0,3 <sup>b</sup>
<sup>52</sup> Cr	41,3±0,9 <sup>a</sup>	37,5±1,0 <sup>b</sup>
<sup>59</sup> Co	4,7±0,2 <sup>a</sup>	4,7±0,1 <sup>a</sup>
<sup>71</sup> Ga	7,3±0,1 <sup>a</sup>	8,1±0,2 <sup>b</sup>
<sup>73</sup> Ge	2,5±0,1 <sup>a</sup>	ND
<sup>75</sup> As	5,6±0,2 <sup>a</sup>	ND
<sup>77</sup> Se	17,6±0,9 <sup>a</sup>	22,3±1,1 <sup>b</sup>
<sup>88</sup> Sr	209,6±2,5 <sup>a</sup>	385,2±2,7 <sup>b</sup>
<sup>89</sup> Y	1,7±0,2 <sup>a</sup>	3,5±0,4 <sup>b</sup>
<sup>90</sup> Zr	67,6±1,1 <sup>a</sup>	378,4±5,6 <sup>b</sup>
<sup>95</sup> Mo	71,5±2,0 <sup>a</sup>	46,4±1,8 <sup>b</sup>
<sup>107</sup> Ag	4,9±0,2 <sup>a</sup>	4,3±0,2 <sup>b</sup>
<sup>111</sup> Cd	2,6±0,1 <sup>a</sup>	3,0±0,1 <sup>a</sup>
<sup>118</sup> Sn	5,1±0,1 <sup>a</sup>	0,9±0,1 <sup>b</sup>
<sup>121</sup> Sb	64,5±1,0 <sup>a</sup>	32,1±1,0 <sup>b</sup>
<sup>133</sup> Cs	5,1±0,2 <sup>a</sup>	4,0±0,2 <sup>b</sup>
<sup>137</sup> Ba	49,8±1,1 <sup>a</sup>	68,7±1,3 <sup>b</sup>
<sup>140</sup> Ce	4,7±0,2 <sup>a</sup>	12,1±0,4 <sup>b</sup>
<sup>181</sup> Ta	2,9±0,2 <sup>a</sup>	3,1±0,2 <sup>a</sup>
<sup>202</sup> Hg	96,5±1,2 <sup>a</sup>	37,4±0,9 <sup>b</sup>
<sup>208</sup> Pb	176,3±2,3 <sup>a</sup>	339,5±3,1 <sup>b</sup>
<sup>209</sup> Bi	1,3±0,1 <sup>a</sup>	1,0±0,1 <sup>b</sup>

Hodnoty v řádcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Výsledky stanovení obsahu minerálních prvků, které se u divokých rýží vyskytují v koncentraci řádově µg.kg<sup>-1</sup> jsou uvedeny v tabulce č. 19. Obsah Li byl stanoven u našich vzorků od 33,7 do 56,5 µg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Studie Surendirana říká, že obsah Li u divoké rýže je od 2,0 do 4,0 µg.kg<sup>-1</sup> [23]. Obsah Li u našich vzorků byl vyšší, než v této studii. Obsah Li je v rostlinných materiálech velmi proměnlivý, může dosahovat až 1500 µg.kg<sup>-1</sup> [74].

Publikací na obsah Sc je velice málo. První relevantní informace se objevují ve studii Nyarka o obsahu Sc v obilovinách [78]. Tato studie udává v pšenici 52,1  $\mu\text{g Sc}$  na kg a v rýži 91,3  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [78]. U vzorků divoké rýže byl stanoven obsah Sc od 14,2 do 82,7  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ).

Co se týká obsahu V v rýži, tak Antoine naměřil obsah V v bílých rýžích do 72  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , u hnědých rýží potom do 91  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [57], Nardi stanovil obsah vanadu v rýži 9,6  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [71]. U našich vzorků divoké rýže byla naměřena koncentrace V v rozmezí 2,2 až 13,1  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ). Obsah V v divoké rýži byl nižší, než udává Antoine [57].

Obsah Cr byl u vzorků divoké rýže stanoven od 37,5 do 41,3  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ). Obsah Cr podle studie Surendirana je v divoké rýži od 9 do 140  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [23]. Naše hodnoty obsahu Cr odpovídají této studii.

Obsah kobaltu v divokých rýžích byl shodný, a to 4,7  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P \geq 0,05$ ). Podle studie Surendirana je obsah Co v divoké rýži od 4 do 11  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [23]. Hodnoty obsahu kobaltu našich vzorků divoké rýže byly srovnatelné s touto studií.

Millour ve své studii nedetekoval přítomnost Ga v cereáliích a cereálních produktech [79], Kabata-Pendias udává, že Ga se vyskytuje v rostlinných tkáních a jeho koncentrace se pohybuje v rozmezí 2,2 – 30,0  $\text{mg.kg}^{-1}$  [74]. Námi naměřené obsahy Ga byly od 7,3 do 8,1  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ).

V zrnech obilovin se běžně Ge nachází v koncentracích od 10 do 700  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [74]. U vzorku divoké rýže z Řecka nebyl detekován obsah Ge a u vzorku z Kanady ho bylo stanoveno 2,5  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ .

Orecchio stanovil obsah As v bezlepkové mouce 8,3 až 11,0  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [81]. Průměrný obsah As v cereáliích v zemích EU je 6 – 50  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [82]. U rýže z Řecka nebyl obsah As detekován, u vzorku z Kanady bylo stanoveno množství As 5,6  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ .

Koncentrace selenu se v našich vzorcích divoké rýže pohybovala v rozmezí 17,6 do 22,3  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Obsah Se je závislý na půdních podmínkách, je esenciálním prvkem, který je v běžné stravě deficitní. Antoine stanovil obsah Se v bílých rýžích 28 až 236  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , u hnědých rýží potom v rozmezí 58 až 204  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [57]. Divoké rýže obsahovaly obsah Se nižší.

Antoine stanovil obsah Sr v bílých rýžích v rozmezí 1,48 až 2,73  $\text{mg.kg}^{-1}$ , u hnědých rýží potom 2,01 až 4,19  $\text{mg.kg}^{-1}$  [57], podle Milloura, je obsah Sr v cereáliích v rozmezí 376 až



1830  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [79]. V našich vzorcích divoké rýže byl obsah Sr od 209,6 do 385,2  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ).

Literatura o obsahu Y v divoké rýži není dostupná, nicméně Zhang stanovil obsah Y v zelenině 34,1  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  a v žampionech 4,8  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [80]. Kabata-Pendias udává obsah Y v rostlinách v širokém rozmezí 10 až 3500  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , přičemž běžné koncentrace Y jsou kolem 20  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [74]. Obsah Y u našich vzorků divoké rýže byl stanoven od 1,7 do 3,5  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ).

Kabata-Pendias udává obsah Zr v zrnech cereálií a rostlinných materiálech ve velmi širokém rozpětí, a to 5 až 2600  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [74]. Obsah Zr u našich vzorků divoké rýže byl v rozmezí od 67,6 do 378,4  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ).

Obsah Mo v divoké rýži byl stanoven v koncentračním rozmezí od 46,4 do 71,5  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ). Antoine stanovil koncentraci Mo v bílých rýžích v rozmezí 438 až 1620  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , v hnědých rýžích v rozmezí 447 až 1200  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [57]. Námi naměřené hodnoty mají nižší obsah Mo, než uvedená studie.

Koncentrace Ag u vzorků divoké rýže se pohybuje v rozmezí 4,3 až 4,9  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ). Antoine publikoval obsah Ag v bílých druzích rýže do 11,0  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , u hnědých rýží pak do 13,0  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [57]. Dá se tedy říci, že obsahy Ag v našich vzorcích jsou poloviční jako ve studii Antoina [57].

Jak je vidět, výsledné obsahy Cd u divoké rýže se pohybovaly od 2,6 do 3,0  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ). Antoine detekoval množství Cd v bílých rýžích do 190  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , u hnědých rýží potom do 160  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [57]. V našich vzorcích divoké rýže byl obsah Cd pod uvedenými hodnotami. Naše vzorky divoké rýže splňovaly i požadavek na nejvyšší množství Cd v obilovinách, které je stanoveno do 100  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  podle Regulačního nařízení Evropské komise č.1881/2006 [82].

Obsah Sn v divoké rýži se pohyboval od 0,9 do 5,1  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ). Orecchio stanovil obsah Sn v bezpečkových moukách 2,6  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  [81].

Antoine naměřil obsah Sb v bílých rýžích do  $10 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , u hnědých rýží do  $9 \mu\text{g.kg}^{-1}$  [57]. Kabata-Pendias uvádí, že obsah Sb u agrotechnických plodin může být až  $29 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , ale v ječmeni byl zjištěn jeho obsah i  $167 \mu\text{g.kg}^{-1}$  [74]. Co se týká našich vzorků divoké rýže, tak obsah Sb byl stanoven v rozmezí od 32,1 do  $64,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ).

Nepodařilo se najít relevantní studii, která by obsah Cs v obilovinách stanovovala. Obsah Cs v různých druzích rostlin může dosáhnout až  $3000 \mu\text{g.kg}^{-1}$  [74]. U našich vzorků divoké rýže byl stanoven obsah Cs od 4,0 do  $5,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ).

Antoine ve své studii stanovil obsah Ba v bílých rýžích v rozmezí 470 až  $4800 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , v hnědých rýžích v rozmezí 1300 až  $6900 \mu\text{g.kg}^{-1}$  [57]. Naměřený obsah Ba u divoké rýže byl nižší, jeho obsah byl od 49,8 do  $68,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ).

Obsahu Ce v divokých rýžích nebyla zatím věnována pozornost. Přesto Antoine naměřil obsah Ce v bílých rýžích v rozsahu 20 až  $80 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , u hnědých rýží od 40 do  $100 \mu\text{g.kg}^{-1}$  [57]. Koncentrace Ce byla nižší u našich vzorků divoké rýže, než udává studie Antoine, jeho obsah byl stanoven v rozmezí 4,7 až  $12,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$  [57].

Kabata-Pendias shrnuje, že obsah tantalu v rostlinných materiálech je do  $48 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , ale v jedlém podílu zelenin to může být i pod  $1 \mu\text{g.kg}^{-1}$  [74]. Také shrnuje, že v pšenici a ječmeni, které pocházely ze Švédska, byl obsah Ta do  $5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ . Tomu by odpovídaly i naše výsledky. Obsah Ta byl u divoké rýže stanoven okolo  $3,0 \mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P \geq 0,05$ ).

Antoine detekoval obsah Hg v bílých rýžích od 15 do  $85 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , u hnědých rýží od 24 do  $112 \mu\text{g.kg}^{-1}$ . U vzorků divoké rýže byl obsah Hg v rozmezí od 37,4 do  $96,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ).

Regulační nařízení Evropské komise č.1881/2006 ukládá maximální limit pro obsah Pb v cereáliích  $200 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , dále je zde uvedeno, že průměrný obsah Pb v potravě v EU je v rozmezí 5 až  $139 \mu\text{g.kg}^{-1}$  [82]. Obsah Pb u divokých rýží se pohyboval v rozmezí od 176,3 do  $339,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ). Jak je na první pohled patrné, divoká rýže pocházející z Řecka tento limit překročila o  $139,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ . Studie Surendirana stanovila obsah olova u divoké rýže od 10 do  $20 \mu\text{g.kg}^{-1}$  [23].

González-Weller publikoval obsah Bi v cereáliích až v koncentracích  $1700 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , Matos-Reyes Bi nestanovil v rýži ani v ječmeni, ale v pšenici stanovil obsah Bi pod  $1,4 \mu\text{g.kg}^{-1}$  [84]. Námi naměřené hodnoty obsahu Bi v divoké rýži se pohybovaly od 1,0 do  $1,3 \mu\text{g.kg}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ), což by odpovídalo údajům ve druhé zmiňované studii.

Tabulka č. 20 Obsah minerálních prvků v divoké rýži v ng.kg<sup>-1</sup>

Minerální prvky	Kanada	Řecko
<sup>9</sup> Be	166,5±2,3 <sup>a</sup>	236,8±3,1 <sup>b</sup>
<sup>103</sup> Rh	43,6±0,8 <sup>a</sup>	49,8±1,0 <sup>b</sup>
<sup>159</sup> Tb	44,5±1,1 <sup>a</sup>	81,6±1,6 <sup>b</sup>
<sup>165</sup> Ho	79,8±1,7 <sup>a</sup>	123,7±2,1 <sup>b</sup>
<sup>205</sup> Tl	72,7±1,3 <sup>a</sup>	283,1±2,1 <sup>b</sup>
<sup>238</sup> U	339,7±3,4 <sup>a</sup>	397,5±4,0 <sup>b</sup>

Hodnoty v řádcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Výsledné obsahy minerálních prvků vyskytující se v divokých rýžích řádově v ng.kg<sup>-1</sup> jsou uvedeny v tabulce č. 20. Relevantní data o výskytu Be v divokých rýžích jsou obtížně dostupná. Kabata-Pendias udává obsah Be v rýži kolem 400 ng.kg<sup>-1</sup>. Obsah Be v našich analyzovaných vzorcích se pohyboval od 166,5 do 236,8 ng.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ).

Údaje o Rh v divokých rýžích nebyly nalezeny. Ravindra například udává obsah Rh ve špenátu v rozsahu 200 – 900 ng.kg<sup>-1</sup>, Kabata-Pendias udává obsah Rh v zrnech cereálií pod 1000 ng.kg<sup>-1</sup> [74]. Obsah Rh v divoké rýži byl poměrně nízký, a to 43,6 až 49,9 ng.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ).

Relevantní údaje o výskytu Tb v zrninách a cereáliích obecně prakticky neexistují, Kabata-Pendias udává obsah Tb v houbách v rozsahu od 800 do 1600 ng.kg<sup>-1</sup>, v kapustě pak do 60 ng.kg<sup>-1</sup> [74]. Obsah u divoké rýže byl stanoven v rozmezí od 44,5 do 81,6 ng.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ).

Literární údaje týkající se obsahu Ho v rostlinných materiálech jsou nedostačující. D'Archivio publikoval obsah Ho v šafránu v koncentracích 1400 až 2500 ng.kg<sup>-1</sup>. Obsah Ho je u divoké rýže stanoven v koncentračním rozmezí 79,8 až 123,7 ng.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ).

Xiao stanovil obsah Tl v cereáliích a zelenině mezi 30 až 300 μg.kg<sup>-1</sup> [66]. Kabata-Pendias udává obsah Tl v zelenině 20 až 120 μg.kg<sup>-1</sup>, dále udává, že čeleď *Gramineae* má vysokou schopnost akumulovat Tl. Obsah Tl u divoké rýže byl od 72,7 do 283,1 ng.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ).

Antoine stanovil obsah U v bílých rýžích v rozmezí 1000 až 20 000 ng.kg<sup>-1</sup>, v hnědých rýžích pak 3000 až 9000 ng.kg<sup>-1</sup>. Obsah U v divoké rýži byl od 339,7 do 397,5 ng.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ), což jsou řádově nižší hodnoty, než udává studie Antoina [57].

## 6.5 Výsledky stanovení celkových flavonoidů

### 6.5.1 Výsledky stanovení obsahu flavonoidů u černých rýží

Stanoveny byly flavonoidy jak ve frakci s volnými, tak s vázanými polyfenolickými látkami. U každého vzorku byl obsah flavonoidů v dané frakci stanoven 8x. Kalibrační křivka závislosti absorbance na koncentraci rutinu ( $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) je uvedena v příloze III. Výsledky stanovení obsahu flavonoidů jsou uvedeny v tabulce č. 21.

Tabulka č. 21 Výsledky stanovení obsahu flavonoidů u černých rýží

Vzorek černé rýže	Volné flavonoidy (mg RE.kg <sup>-1</sup> )	Vázané flavonoidy (mg RE.kg <sup>-1</sup> )	Celkové flavonoidy (mg RE.kg <sup>-1</sup> )
Čína	3080±35 <sup>a</sup>	126±3 <sup>a</sup>	3206±36 <sup>a</sup>
Itálie	1745±12 <sup>b</sup>	367±5 <sup>b</sup>	2012±14 <sup>b</sup>
Japonsko	650±9 <sup>c</sup>	115±2 <sup>c</sup>	765±10 <sup>c</sup>
Laos	1820±11 <sup>d</sup>	155±3 <sup>d</sup>	1975±12 <sup>d</sup>
Thajsko	2310±13 <sup>e</sup>	556±7 <sup>e</sup>	2866±15 <sup>e</sup>

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Obsah volných a vázaných flavonoidů byl stanovován dle postupu uvedeného v kapitole 5.7. Nejvíce volných flavonoidů bylo stanoveno u černé rýže z Číny (3080 mg RE.kg<sup>-1</sup>), u rýže z Japonska jich bylo naopak nejméně (650 mg RE.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Obsah vázaných flavonoidů byl nejnižší u vzorku rýže z Japonska (115 mg RE.kg<sup>-1</sup>), nejvyšší naopak u vzorku rýže z Thajska (556 mg RE.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Celkový obsah flavonoidů u černé rýže byl nejvyšší u vzorku z Číny (3206 mg RE.kg<sup>-1</sup>) a nejnižší u vzorku z Japonska, kde celkový podíl flavonoidů byl pouze 765 mg RE.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Již na první pohled je z tabulky č. 21 patrné, že flavonoidy se ve vzorcích černých rýží vyskytují převážně ve formě volné, nikoliv vázané. Podle studie Yfanga je celkový obsah flavonoidů u černé rýže v rozmezí od 1876,1 do 2863,7 mg RE.kg<sup>-1</sup>, u červené rýže je to v rozmezí od 1000,7 do 1903,2 mg RE.kg<sup>-1</sup> [31]. Námi stanovené výsledky se pohybují jak pod tímto limitním rozmezím (v případě rýže z Japonska), tak nad ním (v případě rýže z Číny).

### 6.5.2 Výsledky stanovení flavonoidů u divokých rýží

Výsledky stanovení obsahu volných a vázaných flavonoidů u divokých rýží jsou uvedeny v tabulce č. 22.

Tabulka č. 22 Výsledky obsahu flavonoidů u *Zizania aquatica*

Vzorek divoké rýže	Volné flavonoidy (mg RE.kg <sup>-1</sup> )	Vázané flavonoidy (mg RE.kg <sup>-1</sup> )	Celkové flavonoidy (mg RE.kg <sup>-1</sup> )
Kanada	471±10 <sup>a</sup>	1530±38 <sup>a</sup>	2001±48 <sup>a</sup>
Řecko	436±12 <sup>b</sup>	1346±19 <sup>b</sup>	1782±31 <sup>b</sup>

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Obsah volných a vázaných flavonoidů byl stanovován dle postupu uvedeného v kapitole 5.7. Obsah volných flavonoidů byl u divoké rýže z Kanady 471 mg RE.kg<sup>-1</sup>, u rýže z Řecka pak 436 mg RE.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Obsah vázaných flavonoidů byl u divoké rýže z Kanady vyšší (1530 mg RE.kg<sup>-1</sup>) než u divoké rýže z Řecka (1346 mg RE.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Celkový obsah flavonoidů u divoké rýže z Kanady byl 2001 mg RE.kg<sup>-1</sup>, u rýže z Řecka pak 1782 mg RE.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Jak je na první pohled patrné z naměřených dat, tak v divokých rýžích se vyskytují flavonoidy více ve vázaných formách, než volně.

## 6.6 Výsledky stanovení celkových polyfenolů

### 6.6.1 Výsledky stanovení polyfenolů u černých rýží

Obsah polyfenolů byl stanoven dle postupu uvedeného v kapitole 5.9. Dále byly srovnány frakce s volnými a vázanými polyfenoly. U každého vzorku byl obsah polyfenolů stanoven 8x. Kalibrační křivka závislosti absorbance na koncentraci kyseliny gallové (mg.l<sup>-1</sup>) je uvedena v příloze III. Výsledky stanovení jsou uvedeny v tabulce č. 23.

Tabulka č. 23 Výsledky obsahu polyfenolů u černých rýží

Vzorek černé rýže	Volné polyfenoly (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )	Vázané polyfenoly (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )	Celkové polyfenoly (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )
Čína	5316±36 <sup>a</sup>	1777±13 <sup>a</sup>	7093±49 <sup>a</sup>
Itálie	2153±17 <sup>b</sup>	669±9 <sup>b</sup>	2822±26 <sup>b</sup>
Japonsko	1704±15 <sup>c</sup>	822±8 <sup>c</sup>	2526±23 <sup>c</sup>
Laos	3597±21 <sup>d</sup>	1449±13 <sup>d</sup>	5046±34 <sup>d</sup>
Thajsko	3059±22 <sup>e</sup>	1524±12 <sup>e</sup>	4583±34 <sup>e</sup>

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

V černé rýži z Číny byl obsah volných polyfenolů 5316 mg GAE.kg<sup>-1</sup>, což je nejvyšší množství, v rýži z Japonska pak 1704 mg GAE.kg<sup>-1</sup>, což je nejnižší množství obsahu volných polyfenolů ( $P < 0,05$ ). Co se týká obsahu vázaných polyfenolů, tak v černé rýži z Číny jich bylo naměřeno 1777 mg GAE.kg<sup>-1</sup>, což je opět nejvyšší množství ( $P < 0,05$ ). Nejméně vázaných polyfenolů bylo stanoveno u rýže z Itálie (669 mg GAE.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Jak vyplývá z naměřených dat, nejvyšší obsah celkových polyfenolů měla černá rýže z Číny (7093 mg GAE.kg<sup>-1</sup>), naopak černá rýže z Japonska měla obsah polyfenolů nejnižší (2526 mg GAE.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Z výsledků je patrné, že černé rýže obsahují více volných polyfenolů, než vázaných a také, že černá rýže z Číny byla bohatá jak na obsah flavonoidů, tak na obsah polyfenolů. Yfang ve své studii udává obsah volných polyfenolů v černé rýži od 834 do 655 mg GAE.kg<sup>-1</sup>, v červené rýži je to potom od 360 do 2009,8 mg GAE.kg<sup>-1</sup>. Dále Yfang udává obsah vázaných polyfenolů v černé rýži od 488 do 820 mg GAE.kg<sup>-1</sup> a v červených rýžích od 748 do 4222 mg GAE.kg<sup>-1</sup> [31]. Naproti tomu Shen ve své studii udává obsah celkových polyfenolů v černých rýžích v rozmezích od 9410 do 12449 mg GAE.kg<sup>-1</sup> [31,50]. Naše výsledky se spíše blíží druhé zmiňované studii.

### 6.6.2 Výsledky stanovení polyfenolů u divokých rýží

Tabulka č. 24 Výsledky obsahu polyfenolů u *Zizania aquatica*

Vzorek divoké rýže	Volné polyfenoly (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )	Vázané polyfenoly (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )	Celkové polyfenoly (mg GAE.kg <sup>-1</sup> )
Kanada	973±7 <sup>a</sup>	2175±17 <sup>a</sup>	3148±24 <sup>a</sup>
Řecko	1120±15 <sup>b</sup>	2988±18 <sup>b</sup>	4108±33 <sup>b</sup>

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné písemné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Obsah polyfenolů v jednotlivých frakcích divokých rýží je uveden v tabulce č. 24. V divoké rýži z Kanady byl obsah volných polyfenolů 973 mg GAE.kg<sup>-1</sup>, v rýži z Řecka pak 1120 mg GAE.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Co se týká obsahu vázaných polyfenolů, tak v divoké rýži z Kanady jich bylo naměřeno 2175 mg GAE.kg<sup>-1</sup>, u rýže z Řecka pak 2988 mg GAE.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Jak vyplývá z naměřených dat, nejvyšší obsah celkových polyfenolů měla divoká rýže z Řecka (4108 mg GAE.kg<sup>-1</sup>), naopak divoká rýže z Kanady měla obsah polyfenolů 3148 mg GAE.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Z výsledků je patrné, že divoké rýže obsahují více vázaných polyfenolů, než volných a také, že divoká rýže z Kanady byla bohatší v obsahu flavonoidů, ale obsahovala méně polyfenolů, než tomu bylo u rýže z Řecka.

Deng ve své studii stanovil obsah celkových polyfenolů v divoké rýži 6740 mg GAE.kg<sup>-1</sup>. Námi naměřené hodnoty jsou nižší, než udává studie [89].

## 6.7 Výsledky stanovení vybraných polyfenolů pomocí HPLC

Obsah polyfenolických látek byl stanoven dle postupu uvedeného v kapitole 5.10. Chromatografická analýza byla provedena jak u frakcí s volnými, tak u frakcí s vázanými polyfenolickými látkami. Jednotlivé kalibrační křivky závislosti ploch píků (mAU.min) na koncentracích jednotlivých polyfenolů (μg.ml<sup>-1</sup>) jsou uvedeny v příloze IV. Ukázka chromatogramu je v příloze V.

### 6.7.1 Výsledky stanovení vybraných polyfenolů pomocí HPLC u černých rýží

#### 6.7.1.1 Obsah vybraných polyfenolických látek v extraktu s volnými polyfenoly u černých rýží

Výsledky chromatografické analýzy jsou prezentovány v tabulce č. 25.

Tabulka č. 25 Výsledky obsahu vybraných polyfenolických látek u frakcí s volnými polyfenoly u vzorku černých rýží

Volné polyfenolické látky (mg.kg <sup>-1</sup> )	Čína	Itálie	Japonsko	Laos	Thajsko
Kyselina gallová	20,0±0,4 <sup>a</sup>	16,5±0,3 <sup>b</sup>	18,8±0,4 <sup>c</sup>	7,5±0,2 <sup>d</sup>	13,6±0,3 <sup>e</sup>
Katechin	0,9±0,1 <sup>a</sup>	4,6±0,1 <sup>b,d,e</sup>	2,3±0,1 <sup>c</sup>	4,6±0,1 <sup>d,e</sup>	4,8±0,1 <sup>e</sup>
Kyselina vanilová	11,0±0,2 <sup>a</sup>	8,5±0,1 <sup>b</sup>	15,7±0,3 <sup>c</sup>	5,4±0,1 <sup>d,e</sup>	5,3±0,1 <sup>e</sup>
Kyselina kávová	13,0±0,3 <sup>a</sup>	13,0±0,3 <sup>a</sup>	10,4±0,2 <sup>b,c,d</sup>	10,4±0,2 <sup>c,d</sup>	10,4±0,2 <sup>d</sup>
Kyselina syringová	0,6±0,1 <sup>a</sup>	0,3±0,1 <sup>b,c</sup>	0,6±0,1 <sup>a</sup>	0,5±0,1 <sup>a</sup>	0,3±0,1 <sup>c</sup>
Kyselina <i>trans-p</i> -kumarová	17,4±0,3 <sup>a</sup>	13,5±0,2 <sup>b</sup>	5,7±0,1 <sup>c</sup>	40,0±0,8 <sup>d</sup>	3,8±0,1 <sup>e</sup>
Kyselina kumarová	1,0±0,1 <sup>a</sup>	0,4±0,1 <sup>b,c,d,e</sup>	0,5±0,1 <sup>c,d</sup>	0,5±0,1 <sup>d</sup>	0,3±0,1 <sup>e</sup>
Kyselina ferulová	91,7 ± 1,6 <sup>a</sup>	39,0±0,8 <sup>b</sup>	52,0±0,9 <sup>c</sup>	25,4±0,5 <sup>d,e</sup>	25,4±0,5 <sup>e</sup>
Rutin	1,0± 0,1 <sup>a</sup>	1,7±0,1 <sup>b,c</sup>	1,6±0,1 <sup>c</sup>	1,3±0,1 <sup>d,e</sup>	1,4±0,1 <sup>e</sup>
Kyselina protokatechinová	80,8±1,4 <sup>a</sup>	19,0±0,4 <sup>b</sup>	37,0±0,7 <sup>c</sup>	10,9±0,2 <sup>d</sup>	21,0±0,4 <sup>e</sup>
Kyselina skořicová	0,2±0,1 <sup>a</sup>	0,2±0,1 <sup>a</sup>	0,2±0,1 <sup>a</sup>	0,2±0,1 <sup>a</sup>	0,2±0,1 <sup>a</sup>
Quercetin	2,0±0,1 <sup>a</sup>	4,4±0,1 <sup>b</sup>	4,0±0,1 <sup>c</sup>	6,4±0,1 <sup>d</sup>	1,8±0,1 <sup>a</sup>
Celkem	239,6±4,8 <sup>a</sup>	121,1±2,7 <sup>b</sup>	148,8±3,2 <sup>c</sup>	113,1±2,6 <sup>d</sup>	88,3±2,2 <sup>e</sup>

Hodnoty v řádcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písemné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Z výsledků je na první pohled viditelné, že převládajícími polyfenolickými látkami extraktů s volnými polyfenoly jsou kyselina protokatechinová, ferulová a také gallová.

Obsah kyseliny protokatechinové se u této frakce pohyboval v širokém rozmezí 10,9 až 80,8 mg.kg<sup>-1</sup>, obsah kyseliny ferulové v rozmezí 25,4 až 91,7 mg.kg<sup>-1</sup> a u kyseliny gallové to bylo v rozpětí 7,5 až 20 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejméně zastoupenou kyselinou potom byla kyselina syringová a skořicová. Pokud se podíváme na celkový obsah polyfenolických látek měřených v této studii v extraktech s volnými polyfenoly, potom nejvíce volných měřených polyfenolů bylo zjištěno u vzorku rýže pocházejícího z Číny, a to 239,6 mg.kg<sup>-1</sup>, nejméně potom u vzorku rýže z Thajska (88,3 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ).

Obsah kyseliny gallové byl nejvyšší u vzorku rýže z Číny (20,0 mg.kg<sup>-1</sup>), nejnižší potom ve vzorku rýže z Laosu (7,5 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Obsah volné kyseliny gallové u bílé rýže je 3,1 až 2 mg.kg<sup>-1</sup> [88], což je méně u našich černých rýží. Obsah volného katechinu se pohyboval v rozmezí 0,9 až 4,8 mg.kg<sup>-1</sup>, obsah volné kyseliny vanilové byl od 5,3 do 15,7 mg.kg<sup>-1</sup>. Obsah volné kyseliny vanilové může být srovnán s bílým čirokem, kde její obsah je okolo 8,3 mg.kg<sup>-1</sup>, u hnědého čiroku je to až 23,3 mg.kg<sup>-1</sup> [70]. Obsah volné kyseliny kávové v černých rýžích se pohyboval od 10,4 do 13,0 mg.kg<sup>-1</sup>. Huihui ve své studii uvádí obsah kyseliny kávové v bílé rýži od 4,5 do 11,1 mg.kg<sup>-1</sup>, což je srovnatelné s naším měřením [88]. Obsah kyseliny syringové se u našich vzorků pohyboval v rozmezí od 0,3 do 0,6 mg.kg<sup>-1</sup>. Ve studii Huihui obsah kyseliny syringové v bílé rýži nebyl detekován [88]. Obsah volné kyseliny *trans-p*-kumarové byl stanoven v rozmezí od 3,8 do 40,0 mg.kg<sup>-1</sup>, obsah volné kyseliny kumarové byl nízký, v rozmezí od 0,3 do 1,0 mg.kg<sup>-1</sup>. Studie autora Huihui udává obsah kyseliny kumarové v bílé rýži od 2,1 až do 3,4 mg.kg<sup>-1</sup>, ale již neuvádí, zda se jedná o kyselinu jako takovou, či její *trans*-izomer [88]. Obsah volné kyseliny ferulové byl stanoven v rozmezí od 25,4 do 91,7 mg.kg<sup>-1</sup>. Studie autora Huihui udává obsah volné kyseliny ferulové u bílé rýže v rozmezí od 6 do 17 mg.kg<sup>-1</sup> [88]. Obsah kyseliny ferulové byl u našich vzorků vyšší. To může být ale způsobeno opracováním svrchních vrstev u bílých rýží, pod kterými se kyselina ferulová nachází. Obsah volného rutinu byl stanoven v rozmezí od 1,0 do 1,7 mg.kg<sup>-1</sup>. Obsah kyseliny protokatechinové byl stanoven v rozmezí od 10,9 do 80,8 mg.kg<sup>-1</sup>. Obsah kyseliny protokatechinové u bílé rýže se pohybuje v rozmezí 7,7 do 22,9 mg.kg<sup>-1</sup> [88]. Obsah volné kyseliny skořicové byl u všech vzorků stanoven shodně na hodnotě 0,2 mg.kg<sup>-1</sup>. V bílém čiroku je například obsah kyseliny skořicové 9,4 mg.kg<sup>-1</sup>, ve žlutém pak 4,7 mg.kg<sup>-1</sup>, ale v hnědém čiroku nebyla detekována [90]. V porovnání s bílým a žlutým čirokem je obsah kyseliny skořicové u černých rýží velmi nízký. Obsah quercetinu byl stanoven v rozmezí 1,8 až 6,4 mg.kg<sup>-1</sup>.



### 6.7.1.2 Obsah vybraných polyfenolických látek v extraktu s vázanými polyfenoly u černých rýží

Profil vybraných polyfenolů ve frakci s vázanými polyfenolickými látkami je uveden v tabulce č. 26.

Tabulka č. 26 Výsledky obsahu vybraných polyfenolických látek u frakcí s vázanými polyfenoly u vzorků černých rýží

Vázané polyfenolické látky (mg.kg <sup>-1</sup> )	Čína	Itálie	Japonsko	Laos	Thajsko
Kyselina gallová	3,4±0,1 <sup>a</sup>	1,8±0,1 <sup>b</sup>	1,3±0,1 <sup>c</sup>	5,4±0,1 <sup>d</sup>	3,6±0,1 <sup>e</sup>
Katechin	8,0±0,2 <sup>a</sup>	8,8±0,2 <sup>b</sup>	7,6±0,2 <sup>c</sup>	12,6±0,3 <sup>d</sup>	30,8±0,6 <sup>e</sup>
Kyselina vanilová	21,9±0,3 <sup>a</sup>	45,9±0,9 <sup>b</sup>	37,6±0,7 <sup>c</sup>	11,9±0,2 <sup>d</sup>	23,8±0,4 <sup>e</sup>
Kyselina kávová	2,5±0,1 <sup>a</sup>	1,4±0,1 <sup>b,c</sup>	1,3±0,1 <sup>c</sup>	4,4±0,1 <sup>d</sup>	6,5±0,1 <sup>e</sup>
Kyselina syringová	1,4±0,1 <sup>a</sup>	1,4±0,1 <sup>a</sup>	1,2±0,1 <sup>b</sup>	1,4±0,1 <sup>a</sup>	3,2±0,1 <sup>c</sup>
Kyselina <i>trans-p</i> -kumarová	0,2±0,1 <sup>a</sup>	0,1±0,1 <sup>a</sup>	0,1±0,2 <sup>a</sup>	10,6±0,1 <sup>b</sup>	0,1±0,2 <sup>a</sup>
Kyselina kumarová	8,3±0,2 <sup>a</sup>	2,3±0,1 <sup>b</sup>	4,5±0,1 <sup>c</sup>	6,0±0,1 <sup>d</sup>	5,7±0,1 <sup>e</sup>
Kyselina ferulová	138,0±4,1 <sup>a</sup>	198,0±5,9 <sup>b</sup>	165,0±4,5 <sup>c</sup>	137,5±2,5 <sup>a</sup>	115,8±2,3 <sup>d</sup>
Rutin	1,4±0,1 <sup>a</sup>	1,3±0,1 <sup>a</sup>	1,0±0,1 <sup>b,c</sup>	0,9±0,1 <sup>c</sup>	1,4±0,1 <sup>a</sup>
Kyselina protokatechinová	2,9±0,5 <sup>a</sup>	6,6±0,2 <sup>b,c</sup>	7,1±1,4 <sup>c</sup>	1,9±0,1 <sup>d</sup>	4,4±0,9 <sup>e</sup>
Kyselina skořicová	0,8±0,1 <sup>a</sup>	1,7±0,1 <sup>b,c</sup>	1,7±0,1 <sup>c</sup>	0,8±0,1 <sup>a</sup>	1,2±0,1 <sup>d</sup>
Quercetin	12,6±0,4 <sup>a</sup>	38,3±0,8 <sup>b,c</sup>	38,9±0,8 <sup>c</sup>	31,5±0,5 <sup>d</sup>	16,3±0,3 <sup>e</sup>
Celkem	201,4±6,3 <sup>a</sup>	307,6±8,7 <sup>b</sup>	267,1±7,1 <sup>c</sup>	224,9±4,3 <sup>d</sup>	212±,8 <sup>e</sup>

Hodnoty v řádcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Z výsledků je na první pohled viditelné, že převládajícími polyfenolickými látkami extraktů s vázanými polyfenoly jsou kyselina ferulová, vanilová, kumarová a katechin. Obsah kyseliny ferulové se u této frakce pohyboval v rozmezí 115,8 až 198,0 mg.kg<sup>-1</sup>, obsah kyseliny vanilové pak byl v rozmezí 11,9 až 45,9 mg.kg<sup>-1</sup>, obsah kyseliny kumarové se pohyboval od 2,3 do 8,3 mg.kg<sup>-1</sup> a obsah katechinu od 7,6 do 30,8 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejméně zastoupenou kyselinou až na rýži z Laosu byla kyselina *trans-p*-kumarová (0,1 až 10,6 mg.kg<sup>-1</sup>), pak skořicová a rutin. Pokud se podíváme na celkový obsah polyfenolických látek měřených v této studii v extraktech s vázanými polyfenoly, potom nejvíce vázaných polyfenolů měřených v této studii bylo zjištěno u vzorku rýže pocházející z Itálie, a to 307,6 mg.kg<sup>-1</sup>, nejméně potom u vzorku rýže z Číny (201,4 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ).

Obsah vázané kyseliny gallové u vzorků černých rýží se pohyboval v rozmezí 1,3 až 5,4 mg.kg<sup>-1</sup>. Dykes stanovil obsah vázané kyseliny gallové u čiroku v rozmezí 13,2 až 46,0 mg.kg<sup>-1</sup>, což značí, že je určitě čirok bohatší v obsahu vázané kyseliny gallové [90]. Nejvyšší obsah katechinu byl naměřen u vzorku rýže z Thajska (30,8 mg.kg<sup>-1</sup>), nejméně ho bylo ve vzorku rýže z Japonska (7,6 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Nejvyšší obsah kyseliny vanilové byl stanoven u vzorku z Itálie (45,9 mg.kg<sup>-1</sup>), nejnižší pak u vzorku rýže z Laosu (11,9 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Yfanga udává obsah vázané kyseliny vanilové u černých rýží v rozmezí od 24,2 do 53,8 mg.kg<sup>-1</sup> [31]. Tomuto rozmezí odpovídají vzorky z Itálie a Japonska. Uvedená studie sledovala i obsah kyseliny vanilové v bílé a červené rýži, u těchto vzorků kyselina vanilová nebyla detekována. Obsah kyseliny kávové byl stanoven v rozmezí od 1,3 do 6,5 mg.kg<sup>-1</sup>. Obsah kyseliny syringové byl stanoven v rozmezí od 1,2 do 3,2 mg.kg<sup>-1</sup>. Studie Yfanga udává obsah kyseliny syringové ve frakcích s vázanými polyfenoly v černé rýži 6,3 až 9,1 mg.kg<sup>-1</sup> [31]. Námi stanovený obsah kyseliny syringové byl nižší. Obsah kyseliny *trans-p*-kumarové byl vysoký pouze u vzorku rýže z Laosu, a to 10,6 mg.kg<sup>-1</sup>, všechny ostatní vzorky nevykazovaly v obsahu této kyseliny statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ) a její obsah byl velmi nízký. Obsah kyseliny kumarové byl stanoven v rozmezí od 2,3 do 8,3 mg.kg<sup>-1</sup>. Yfanga udává obsah kyseliny kumarové u rýží v rozmezí od 1,4 do 2,0 mg.kg<sup>-1</sup> [31]. Naše měřené vzorky vykazovaly vyšší obsah kyseliny kumarové. Nejvyšší obsah kyseliny ferulové vykazoval vzorek rýže černé z Itálie (198,0 mg.kg<sup>-1</sup>) a nejnižší obsah vzorek z Thajska (115,8 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Studie Yfanga udává obsah vázané kyseliny ferulové u černých rýží v rozmezí od 109,1 do 179,2 mg.kg<sup>-1</sup> [31]. Naše vzorky byly v tomto rozmezí až na vzorek z Itálie, kde byl obsah kyseliny ferulové vyšší. Rutin byl stanoven v rozmezí od 0,9 do 1,4 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší obsah kyseliny protokatechinové byl stanoven u vzorku rýže z Japonska, a to 7,1 mg.kg<sup>-1</sup>, nejnižší u vzorku rýže z Laosu (1,9 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Obsah kyseliny protokatechinové v černých rýžích bývá v rozmezí od 30,3 do 44,8 mg.kg<sup>-1</sup> [31]. Naše vzorky mají nižší obsah této kyseliny. Obsah kyseliny skořicové byl stanoven v rozmezí od 0,8 do 1,7 mg.kg<sup>-1</sup>. V čiroku hnědém je její obsah vyšší, asi kolem 19,7 mg.kg<sup>-1</sup>, u bílého a žlutého čiroku její obsah nebyl detekován [90]. Quercetin byl ve vzorcích stanoven v rozmezí od 12,6 do 38,9 mg.kg<sup>-1</sup>. Nejnižší obsah byl stanoven ve vzorku rýže z Číny (12,6 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ).

## 6.7.2 Výsledky stanovení vybraných polyfenolů pomocí HPLC u divokých rýží

## 6.7.2.1 Obsah vybraných polyfenolických látek v extraktu s volnými polyfenoly u divokých rýží

Tabulka č. 27 Výsledky obsahu vybraných polyfenolických látek u frakcí s volnými polyfenoly u vzorků divokých rýží

Volné polyfenolické látky (mg.kg <sup>-1</sup> )	Kanada	Řecko
Kyselina gallová	18,4±0,2 <sup>a</sup>	10,0±0,7 <sup>b</sup>
Katechin	9,2±0,3 <sup>a</sup>	6,6±0,3 <sup>b</sup>
Kyselina vanilová	0,6±0,1 <sup>a</sup>	0,6±0,1 <sup>a</sup>
Kyselina kávová	0,7±0,2 <sup>a</sup>	0,5±0,1 <sup>a</sup>
Kyselina syringová	0,2±0,1 <sup>a</sup>	0,2±0,1 <sup>a</sup>
Kyselina <i>trans-p</i> -kumarová	0,7±0,1 <sup>a</sup>	0,4±0,1 <sup>b</sup>
Kyselina kumarová	5,8±0,1 <sup>a</sup>	5,6±0,3 <sup>a</sup>
Kyselina ferulová	106,1±1,0 <sup>a</sup>	104,9±1,0 <sup>a</sup>
Rutin	12,8±0,5 <sup>a</sup>	12,4±0,8 <sup>a</sup>
Kyselina protokatechinová	0,8±0,1 <sup>a</sup>	2,2±0,3 <sup>b</sup>
Kyselina skořicová	3,9±0,5 <sup>a</sup>	0,4±0,1 <sup>b</sup>
Quercetin	5,5±0,3 <sup>a</sup>	5,6±0,5 <sup>b</sup>
Celkem	164,7±3,5 <sup>a</sup>	149,4±4,4 <sup>b</sup>

Hodnoty v řádcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Profil volných polyfenolických látek divokých rýží je v tabulce č. 27. Převládajícími polyfenolickými látkami v extraktu s volnými polyfenoly jsou kyselina ferulová, gallová a rutin. Obsah kyseliny ferulové byl stejný u obou vzorků rýže divoké, a to 104,9, resp. 106,1 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P \geq 0,05$ ). Obsah kyseliny gallové byl vyšší u vzorku divoké rýže z Kanady, a to 18,4 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ), ovšem obsah rutinu byl již u obou vzorků totožný, a to 12,4, resp. 12,8 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P \geq 0,05$ ). Nejméně zastoupenou volnou kyselinou potom byla kyselina syringová, *trans-p*-kumarová a kávová. Pokud se podíváme na celkový obsah polyfenolických látek měřených v této studii v extraktech s volnými polyfenoly, potom nejvíce volných měřených polyfenolů bylo zjištěno u vzorku rýže pocházejícího z Kanady, a to 164,7 mg.kg<sup>-1</sup>, u vzorku divoké rýže z Řecka to bylo 149,4 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ).

### 6.7.2.1 Obsah vybraných polyfenolických látek v extraktu s vázanými polyfenoly u divokých rýží

Profil vybraných vázaných polyfenolických látek divokých rýží je uveden v tabulce č. 28.

Tabulka č. 28 Výsledky obsahu vybraných polyfenolických látek u frakcí s vázanými polyfenoly u vzorků divokých rýží

Vázané polyfenolické látky (mg.kg <sup>-1</sup> )	Kanada	Řecko
Kyselina gallová	1,9±0,1 <sup>a</sup>	5,4±0,3 <sup>b</sup>
Katechin	10,8±0,7 <sup>a</sup>	12,5±0,5 <sup>a</sup>
Kyselina vanilová	1,1±0,1 <sup>a</sup>	3,6±0,4 <sup>b</sup>
Kyselina kávová	1,4±0,1 <sup>a</sup>	0,3±0,1 <sup>b</sup>
Kyselina syringová	4,7±0,3 <sup>a</sup>	2,3±0,2 <sup>b</sup>
Kyselina <i>trans-p</i> -kumarová	0,1±0,1 <sup>a</sup>	0,1±0,1 <sup>a</sup>
Kyselina kumarová	0,2±0,1 <sup>a</sup>	0,2±0,1 <sup>a</sup>
Kyselina ferulová	45,1±0,7 <sup>a</sup>	30,4±1,0 <sup>b</sup>
Rutin	34,1±0,4 <sup>a</sup>	40,7±0,9 <sup>b</sup>
Kyselina protokatechinová	6,9±0,2 <sup>a</sup>	6,7±0,6 <sup>a</sup>
Kyselina skořicová	4,8±0,2 <sup>a</sup>	5,4±0,2 <sup>b</sup>
Quercetin	6,2±0,5 <sup>a</sup>	2,9±0,1 <sup>b</sup>
Celkem	117,3±3,1 <sup>a</sup>	110,5±4,5 <sup>b</sup>

Hodnoty v řádcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty v řádcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Z vázaných polyfenolických látek divoké rýže obsahují vyšší množství kyseliny ferulové, rutinu a katechinu, nezanedbatelné je množství kyseliny protokatechinové a skořicové. Nejvíce kyseliny ferulové obsahovala divoká rýže z Kanady, a to 45,1 mg.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ), vyšší množství rutinu naopak rýže z Řecka (40,7 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Obsah katechinu byl u divokých rýží statisticky stejný, a to 10,8 mg.kg<sup>-1</sup> u rýže z Kanady, resp. 12,5 mg.kg<sup>-1</sup> u rýže z Řecka ( $P \geq 0,05$ ). Dále byl naměřen u vzorků divokých rýží stejný obsah kyseliny protokatechinové ( $P \geq 0,05$ ), obsah kyseliny skořicové byl vyšší u vzorku rýže z Řecka (5,4 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Dále byly stanoveny nízké obsahy vázané kyseliny *trans-p*-kumarové a kumarové. Nejvíce vázaných polyfenolů stanovovaných v této studii bylo naměřeno u vzorku divoké rýže z Kanady (117,3 mg.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ).

## 6.8 Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami ABTS a DPPH

Kalibrační křivky závislosti intenzity inaktivace na koncentraci troloxu pro metody s použitím ABTS a DPPH jsou uvedeny v příloze VI.

### 6.8.1 Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami ABTS u černých rýží

Tabulka č. 29 Výsledné hodnoty antioxidační aktivity u černých rýží – metoda ABTS

Vzorek černé rýže	ABTS – volné (mmol TEAC.kg <sup>-1</sup> )	ABTS – vázané (mmol TEAC.kg <sup>-1</sup> )	ABTS – celkové (mmol TEAC.kg <sup>-1</sup> )
Čína	21,9±0,3 <sup>a</sup>	9,3±0,1 <sup>a</sup>	31,2±0,4 <sup>a</sup>
Itálie	16,1±0,2 <sup>b</sup>	5,9±0,1 <sup>b</sup>	22,0±0,3 <sup>b</sup>
Japonsko	10,7±0,1 <sup>c</sup>	7,0±0,1 <sup>c</sup>	17,7±0,2 <sup>c</sup>
Laos	22,5±0,3 <sup>a</sup>	8,0±0,1 <sup>d</sup>	30,5±0,4 <sup>a</sup>
Thajsko	18,6±0,5 <sup>d</sup>	7,8±0,1 <sup>e</sup>	26,4±0,6 <sup>d</sup>

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Výsledky stanovení hodnot antioxidačních aktivit u černých rýží v jednotlivých frakcích metodou ABTS jsou uvedeny v tabulce č. 29. V černé rýži ve frakci s volnými polyfenoly byla nejvyšší antioxidační aktivita naměřena ve vzorku rýže z Číny (21,9 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>) a v rýži z Laosu (22,5 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>) ( $P \geq 0,05$ ). Nejnižší antioxidační aktivita ve frakci s volnými polyfenoly byla stanovena u vzorku rýže z Japonska (10,7 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Ve frakci s vázanými polyfenoly byla nejvyšší antioxidační aktivita naměřena u vzorku rýže z Číny (9,3 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>), nejnižší potom u vzorku rýže z Itálie (5,9 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Celková antioxidační aktivita byla nejvyšší u vzorků rýže z Číny (31,2 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>) a Laosu (30,5 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>) ( $P \geq 0,05$ ), nejnižší potom u vzorku rýže z Japonska (17,7 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Vzhledem k tomu, že jednotlivá stanovení antioxidačních aktivit i v rámci jedné metody jsou navzájem dosti špatně srovnatelná, tak v této části práce nebudou výsledné hodnoty antioxidačních aktivit navzájem porovnávány s údaji v literatuře. Výsledné hodnoty antioxidačních aktivit jsou totiž silně odvislé od použité extrakce vzorku, rozpouštědel, teplotě, době reakce aj.

### 6.8.2 Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami ABTS u divokých rýží

Tabulka č. 30 Výsledné hodnoty antioxidační aktivity u divokých rýží – metoda ABTS

Vzorek divoké rýže	ABTS – volné (mmol TEAC.kg <sup>-1</sup> )	ABTS – vázané (mmol TEAC.kg <sup>-1</sup> )	ABTS – celkové (mmol TEAC.kg <sup>-1</sup> )
Kanada	4,9±0,4 <sup>a</sup>	19,8±0,1 <sup>a</sup>	24,7±0,5 <sup>a</sup>
Řecko	4,1±0,5 <sup>b</sup>	14,0±0,1 <sup>b</sup>	18,1±0,6 <sup>b</sup>

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Výsledky stanovení hodnot antioxidačních aktivit u divokých rýží v jednotlivých frakcích metodou ABTS jsou uvedeny v tabulce č. 30. V divoké rýži ve frakci s volnými polyfenoly byla naměřena hodnota antioxidační aktivity od 4,1 do 4,9 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Ve frakci s vázanými polyfenoly byla antioxidační aktivita naměřena od 14,0 do 19,8 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Celková antioxidační aktivita byla vyšší u vzorků rýže z Kanady, a to 24,7 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Z výsledků je vidět, že vyšší hodnoty antioxidační aktivity vykazovala frakce vázaných polyfenolů.

### 6.8.3 Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami DPPH u černých rýží

Tabulka č. 31 Výsledné hodnoty antioxidační aktivity u černých rýží – metoda DPPH

Vzorek černé rýže	DPPH – volné (mmol TEAC.kg <sup>-1</sup> )	DPPH – vázané (mmol TEAC.kg <sup>-1</sup> )	DPPH – celkové (mmol TEAC.kg <sup>-1</sup> )
Čína	11,5±0,2 <sup>a</sup>	11,1±0,2 <sup>a</sup>	22,6±0,4 <sup>a</sup>
Itálie	7,2±0,1 <sup>b</sup>	2,8±0,1 <sup>b</sup>	10,0±0,2 <sup>b</sup>
Japonsko	7,6±0,1 <sup>c</sup>	3,1±0,1 <sup>c</sup>	10,7±0,2 <sup>c</sup>
Laos	11,5±0,4 <sup>a</sup>	5,3±0,1 <sup>d</sup>	16,8±0,5 <sup>d</sup>
Thajsko	10,3±0,3 <sup>d</sup>	7,6±0,2 <sup>e</sup>	17,9±0,5 <sup>e</sup>

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Výsledky stanovení hodnot antioxidačních aktivit u černých rýží v jednotlivých frakcích metodou DPPH jsou uvedeny v tabulce č. 31. V černé rýži ve frakci s volnými polyfenoly byla nejvyšší antioxidační aktivita naměřena ve vzorku rýže z Číny (11,5 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>) a v rýži z Laosu (11,5 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>) ( $P \geq 0,05$ ). Nejnižší antioxidační aktivita ve frakci s volnými polyfenoly byla stanovena u vzorku rýže z Itálie (7,2 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Ve frakci s vázanými polyfenoly byla nejvyšší antioxidační aktivita naměřena u vzorku rýže z Číny (11,1 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>), nejnižší potom u vzorku rýže z Itálie (2,8 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ). Celková antioxidační aktivita byla nejvyšší u vzorků rýže

z Číny (22,6 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>), nejnižší potom u vzorku rýže z Itálie (10,0 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ).

#### 6.8.4 Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodami DPPH u divoké rýže

Tabulka č. 32 Výsledné hodnoty antioxidační aktivity u divokých rýží – metoda DPPH

Vzorek divoké rýže	DPPH – volné (mmol TEAC.kg <sup>-1</sup> )	DPPH – vázané (mmol TEAC.kg <sup>-1</sup> )	DPPH – celková (mmol TEAC.kg <sup>-1</sup> )
Kanada	2,2± 0,1 <sup>a</sup>	5,9±0,3 <sup>a</sup>	8,1±0,4 <sup>a</sup>
Řecko	2,9 ± 0,1 <sup>b</sup>	5,2±0,1 <sup>b</sup>	8,1±0,2 <sup>a</sup>

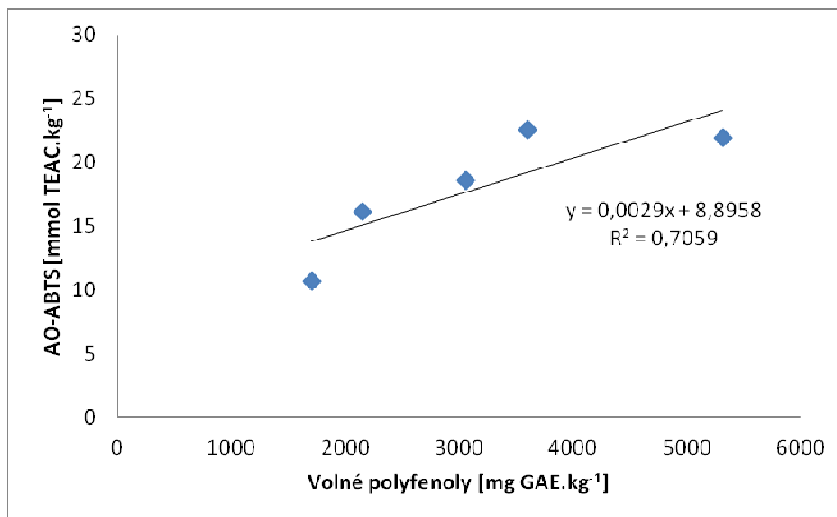
Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $P \geq 0,05$ ). Hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ( $P < 0,05$ ).

Výsledky stanovení hodnot antioxidačních aktivit u divokých rýží v jednotlivých frakcích metodou DPPH jsou uvedeny v tabulce č. 32. V divoké rýži ve frakci s volnými polyfenoly byla naměřena hodnota antioxidační aktivity od 2,2 do 2,9 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Ve frakci s vázanými polyfenoly byla antioxidační aktivita naměřena od 5,2 do 5,9 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup> ( $P < 0,05$ ). Celková antioxidační aktivita byla shodná u obou vzorků rýže (8,1 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>) ( $P \geq 0,05$ ). Jak lze vidět z výsledků, vyšší antioxidační aktivitu vykazovala frakce s vázanými polyfenoly.

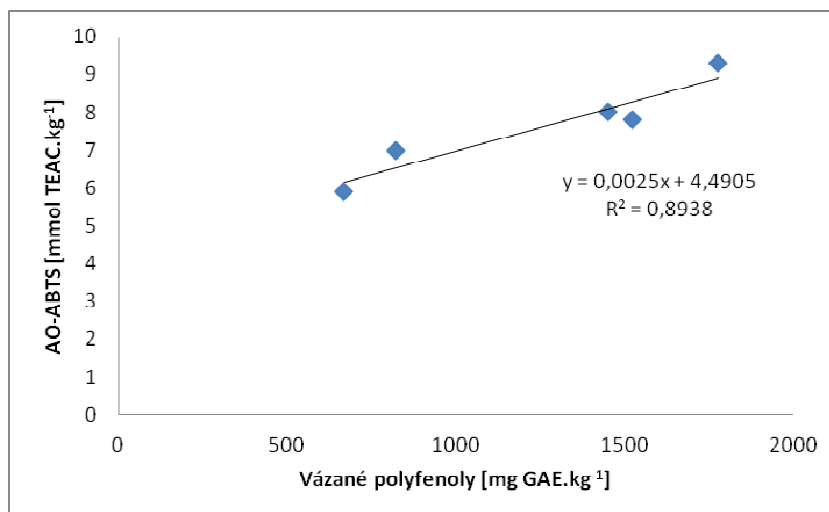
### 6.9 Vzájemné korelace mezi hodnotami antioxidačních aktivit a obsahem flavonoidů a polyfenolů

#### 6.9.1 Korelace mezi hodnotami antioxidačních aktivit a polyfenoly

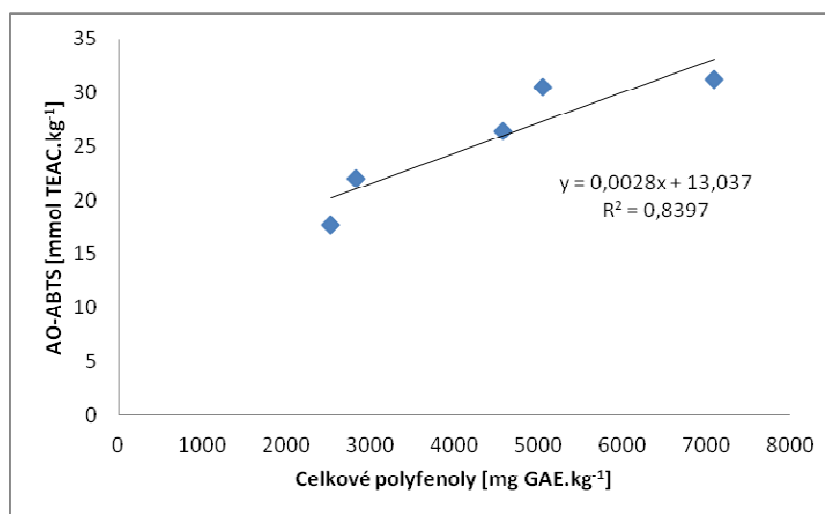
Vzájemné korelace mezi hodnotami antioxidačních aktivit a mezi obsahem polyfenolů v jednotlivých frakcích jsou znázorněny v grafech č. 1 až 6. Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že polyfenolické látky jsou jednoznačnými přispěvateli k antioxidační aktivitě u černých rýží. Také je z jednotlivých korelačních koeficientů patrné, že více k antioxidační aktivitě přispívají vázané polyfenoly, než volné. Konkrétně tedy: korelační koeficient příspěvku volných polyfenolů k antioxidační aktivitě stanovené metodou ABTS je  $R^2=0,7050$ , pro vázané polyfenoly je hodnota korelačního koeficientu  $R^2=0,8930$ . Korelační koeficient, při určení příspěvku celkových polyfenolů, jak volných tak vázaných, k antioxidační aktivitě u metody měřené metodou pomocí ABTS, je  $R^2=0,8390$ . Podobných výsledků bylo dosaženo i u metody s použitím DPPH.



Graf č. 1 Korelace hodnot antioxidační aktivity (ABTS) ve volné frakci polyfenolů s volnými polyfenoly

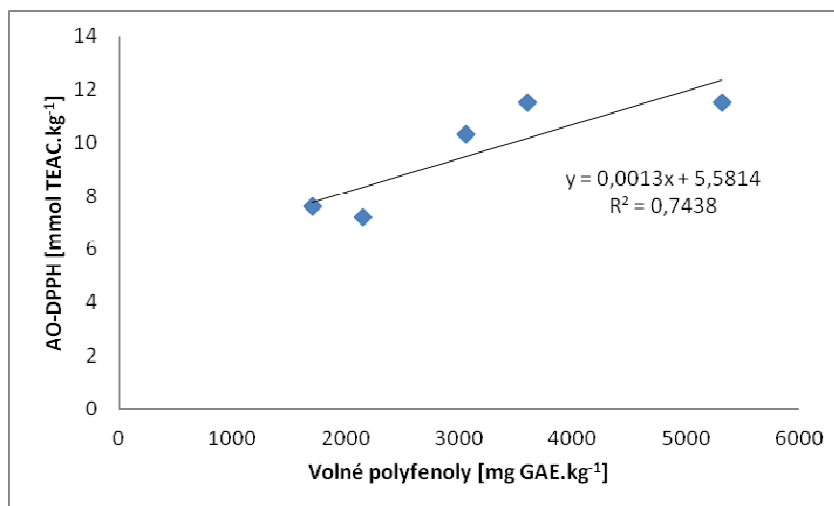


Graf č. 2 Korelace hodnot antioxidační aktivity (ABTS) ve vázané frakci polyfenolů s vázanými polyfenoly

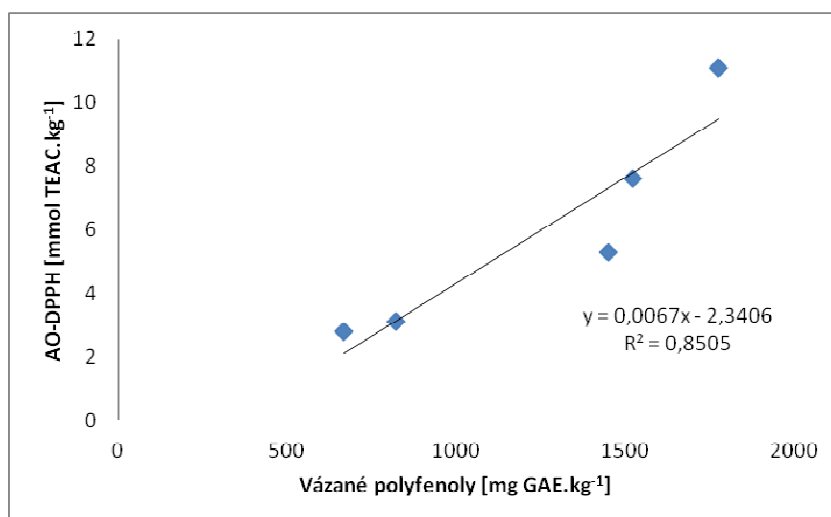


Graf č. 3 Korelace hodnot celkové antioxidační aktivity (ABTS) a celkových polyfenolů

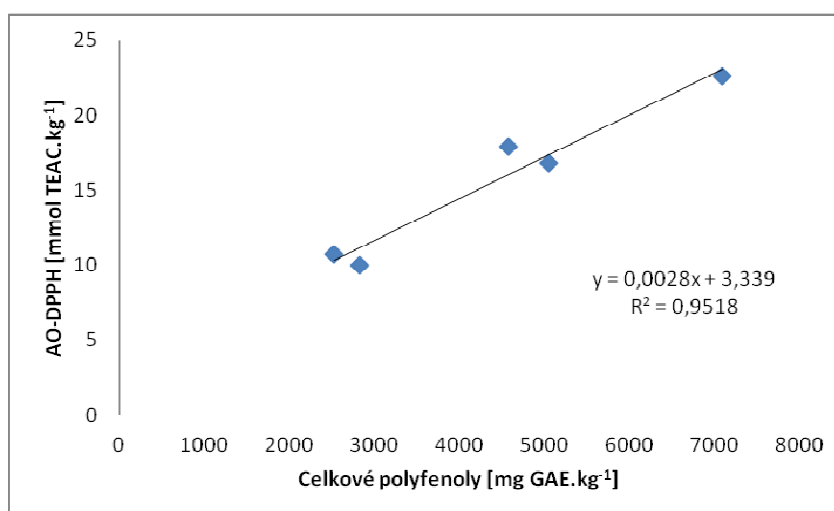




Graf č. 4 Korelace hodnot antioxidační aktivity (DPPH) ve volné frakci polyfenolů s volnými polyfenoly



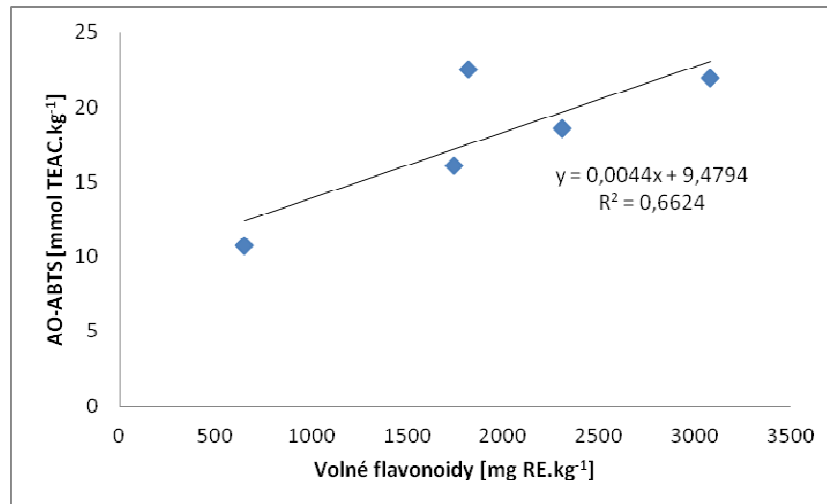
Graf č. 5 Korelace hodnot antioxidační aktivity (DPPH) ve vázané frakci polyfenolů s vázanými polyfenoly



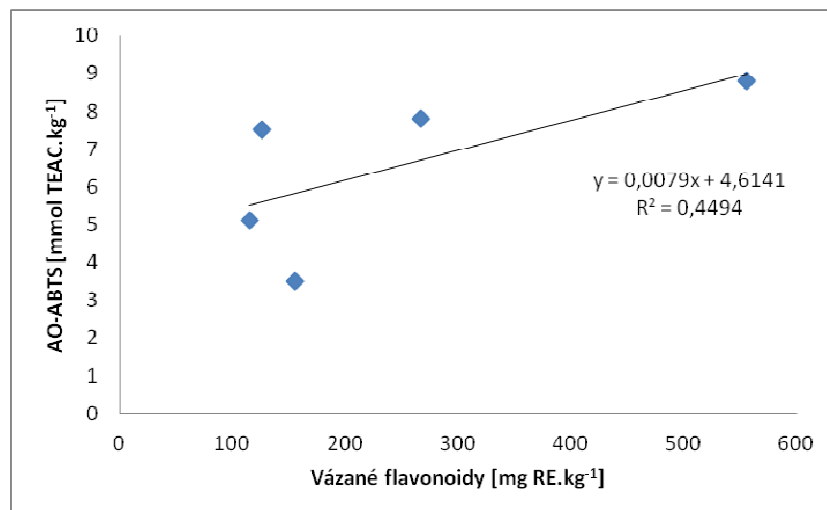
Graf č. 6 Korelace hodnot celkové antioxidační aktivity (DPPH) a celkových polyfenolů

### 6.9.2 Korelace mezi hodnotami antioxidačních aktivit a flavonoidy

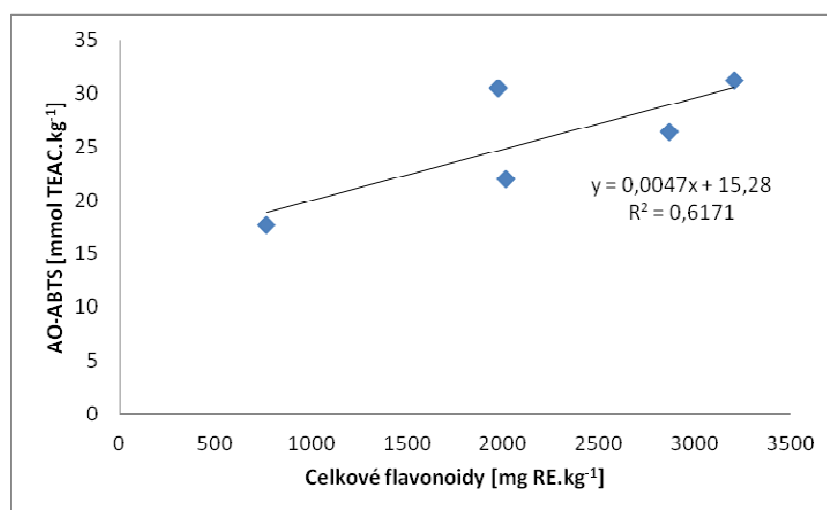
Vzájemné korelace mezi hodnotami antioxidačních aktivit a obsahem flavonoidů v jednotlivých frakcích je uveden v grafech č. 7 až 12. Už na první pohled z výsledků hodnot jednotlivých korelačních koeficientů je možno konstatovat, že obsah flavonoidů, jak volných tak i vázaných, nepřispívá významně k antioxidační aktivitě černých rýží. Dále je možno vidět, že zejména vázané flavonoidy nejsou přispěvateli k antioxidační aktivitě. V případě metody ABTS tato frakce ukázala korelaci  $R^2=0,4490$ , což je nelinearita. U metody DPPH byl korelační koeficient dokonce pouze  $R^2=0,0100$ , který ukazuje na to, že vázané polyfenoly nejsou přispěvateli k antioxidační aktivitě černých rýží. Nelinearita byla prokázána i u volných frakcí flavonoidů.



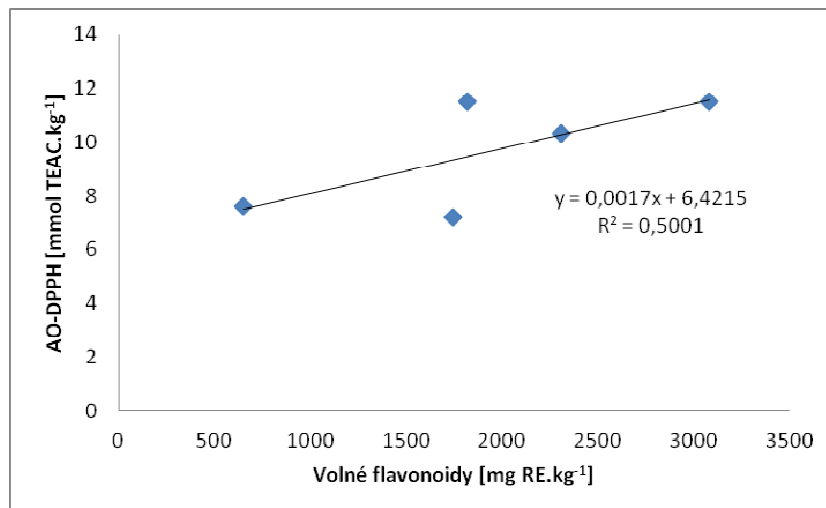
Graf č. 7 Korelace hodnot antioxidační aktivity (ABTS) ve volné frakci polyfenolů s volnými flavonoidy



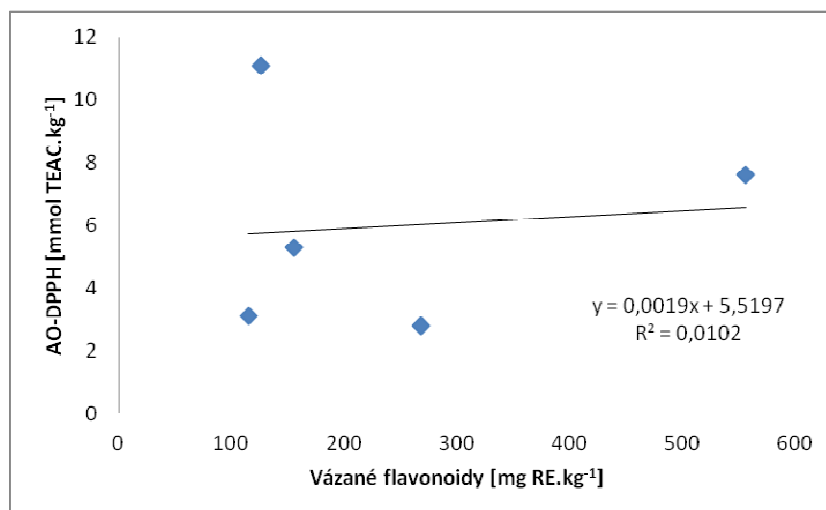
Graf č. 8 Korelace hodnot antioxidační aktivity (ABTS) ve vázané frakci polyfenolů s vázanými flavonoidy



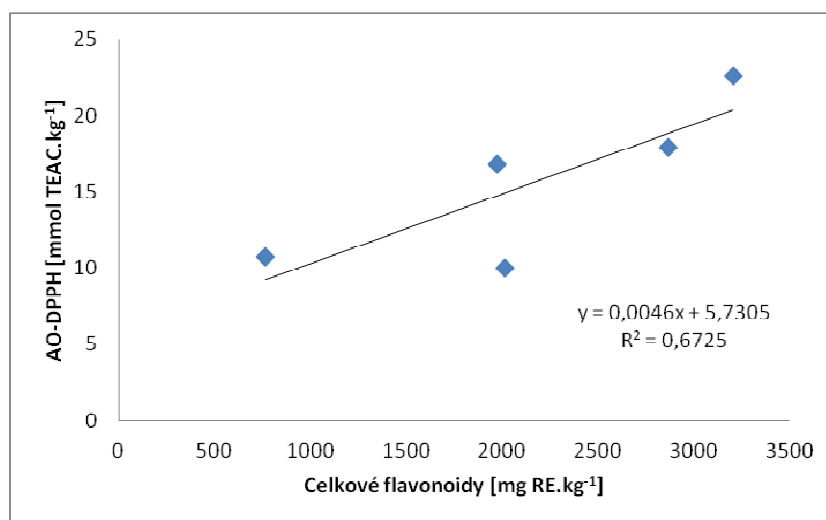
Graf č. 9 Korelace hodnot celkové antioxidační aktivity (ABTS) a celkových flavonoidů



Graf č. 10 Korelace hodnot antioxidační aktivity (DPPH) ve volné frakci polyfenolů s volnými flavonoidy



Graf č. 11 Korelace hodnot antioxidační aktivity (DPPH) ve vázané frakci polyfenolů s vázanými flavonoidy



Graf č. 12 Korelace hodnot celkové antioxidační aktivity (DPPH) a celkových flavonoidů

## ZÁVĚR

V teoretické části byly uvedeny stručně morfologické charakteristiky rostliny rýže (*Oryza sativa* L.) a její základní taxonomie, je zde stručně zmíněna taxonomie rýže divoké (*Zizania aquatica* L.). Dále byla teoretická část věnována chemickému složení rýže s barevnými či přímo černými obalovými vrstvami, byly také stručně zmíněny některé údaje o základním chemickém složení divoké rýže. Ze základních nutričních charakteristik byly zmíněny sacharidy (jak mono- tak oligosacharidy, polysacharid škrob a vláknina), dále lipidy, proteiny, vitamíny, minerální látky a polyfenoly. Nedílnou součástí teoretické části jsou principy metod, které byly následně použity v diplomové práci.

V metodické části byly uvedeny charakteristiky vzorků a byly zde popsány jednotlivé postupy práce při experimentálním stanovení, byly definovány cíle práce.

V části výsledků a diskuzí byly učiněny následující dílčí závěry: Obsah vlhkosti vyhovoval požadavkům Vyhlášky č. 333/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů, obsah vlhkosti byl vždy pod 15 % u všech vzorků. Černá rýže pocházející z Japonska měla nejvyšší obsah popele (1,9 %) a lipidů (4,7 %), rýže z Laosu měla nejvyšší obsah bílkovin (10,5 %) a škrobu (80,9 %) a rýže z Číny zase měla nejvyšší obsah hrubé vlákniny, a to 1,7 %. Co se týká divokých rýží, tak rýže z Kanady měla vyšší obsah popela, a to 1,5 %, divoká rýže z Řecka měla zase vyšší obsah škrobu (80,5 %). Jinak obě analyzované divoké rýže měly shodný obsah lipidů, bílkovin a hrubé vlákniny.

Co se týká obsahu vitamínů skupiny B, tak nejvíce vitamínu B<sub>1</sub> a B<sub>2</sub> bylo stanoveno u rýže z Itálie (3,3 resp. 2,1 mg.kg<sup>-1</sup>), na vitamíny B<sub>3</sub> a B<sub>5</sub> byla bohatá rýže z Číny (12,8 resp. 12,1 mg.kg<sup>-1</sup>) a na vitamíny B<sub>6</sub> a B<sub>9</sub> pak rýže z Japonska (shodně 2,1 mg.kg<sup>-1</sup>), přičemž rýže pocházející z Číny měla stejný obsah vitamínu B<sub>9</sub> jako zmiňovaná rýže z Japonska. Z výsledků příspěvku černých rýží v obsahu vitamínů sk. B k hodnotám RDI či AI bylo konstatováno, že černé rýže jsou pro náš organizmus převážně zdrojem vitamínu B<sub>1</sub>, B<sub>5</sub> a B<sub>9</sub>. U divokých rýží v porovnání s černými rýžemi bylo zjištěno, že obsahují velmi vysoké koncentrace vitamínů B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub> a B<sub>6</sub>. Obsah ostatních vitamínů skupiny B je srovnatelný s obsahy v černých rýžích.

Pomocí ICP-MS bylo stanoveno 44 minerálních prvků. Za bližší komentář stojí určitě velmi vysoké hodnoty obsahu Ni v rýži pocházející z Thajska (2200,1 µg.kg<sup>-1</sup>) a Laosu (3152,0 µg.kg<sup>-1</sup>), naopak obsah toxického Cd byl velmi nízký u všech vzorků černých rýží. Co je ovšem nutno zdůraznit je vysoký obsah Pb u vzorku černé rýže z Thajska (231,3

$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), kdy Regulační nařízení Evropské komise č. 1881/2006 dává max. limit pro obsah Pb v cereáliích  $200 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nicméně lze shrnout, že: černá rýže z Číny vykazovala vyšší hodnoty Ca, S, Na, B, Ti, Mn, Fe, V, Ga, Ge, Y, Mo, Ce, As, Se, Sr, Zr, Ba, Ta, Hg, Bi, Tb, Tl a U; rýže pocházející z Japonska má vyšší obsah Mg, P, K, B, Al, Sc, Sn, Sb, Cs a Co; rýže z Itálie se vyznačuje vyšším obsahem B, Cu a Bi; rýže z Thajska má vyšší obsahy Cu, Zn, Ni, Ag, Cd a Pb; rýže z Laosu vyšší obsah Li, Cd, Cr, Ni, Mo a Rh. Co se týká příspěvku minerálních prvků k jejich hodnotám RDI nebo AI, tak černé rýže jsou pro náš organismus významným zdrojem Mn (a to až 38,9 % AI u žen a 30,4 % AI u mužů). Dále jsou dobrým zdrojem Mo, Cu a P. Co se týká divoké rýže z Řecka, pak za zmínku stojí to, že převyšovala limit v obsahu Pb daného Regulačním nařízením (EC) č. 1881/2006 o  $139,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Obsah flavonoidů byl stanovován jak v extraktu s volnými tak vázanými polyfenoly. U černých rýží bylo zjištěno, že obsah flavonoidů byl vyšší ve frakci s volnými polyfenoly, než ve frakci s vázanými polyfenoly. Nejvíce celkových flavonoidů bylo naměřeno u rýže pocházející z Číny, a to  $3206 \text{ mg RE}\cdot\text{kg}^{-1}$ . U divokých rýží tomu bylo přesně naopak, obsahovaly více vázaných než volných flavonoidů. Nejvíce celkových flavonoidů bylo naměřeno u divoké rýže z Kanady, a to  $2001 \text{ mg RE}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Černé rýže obsahovaly více polyfenolů ve volné, než vázané formě. Celkový obsah polyfenolů byl naměřen nejvyšší u rýže pocházející z Číny a to,  $7093 \text{ mg GAE}\cdot\text{kg}^{-1}$ . U divokých rýží tomu bylo naopak, více obsahovaly vázaných než volných polyfenolů. Vyšší obsah celkových polyfenolů byl zjištěn u divoké rýže z Řecka, a to  $4108 \text{ mg GAE}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

U černých rýží z chromatografického stanovení vybraných polyfenolických látek bylo zjištěno, že převládajícími polyfenolickými látkami extraktů s volnými polyfenoly jsou kyselina protokatechinová, ferulová a také gallová. Nejméně zastoupenými kyselinami byly kyselina syringová a skořicová. Prevládajícími polyfenolickými látkami extraktů s vázanými polyfenoly byly kyseliny ferulová, vanilová, kumarová a katechin. Nejméně zastoupenou kyselinou, až na rýži z Laosu, byla kyselina *trans-p*-kumarová, pak skořicová a rutin. U divokých rýží byly převládajícími polyfenolickými látkami v extraktu s volnými polyfenoly kyseliny ferulová, gallová a rutin. Nejméně zastoupenou volnou kyselinou potom byla kyselina syringová, *trans-p*-kumarová a kávová. Z vázaných polyfenolických látek divoké rýže obsahují vyšší množství kyseliny ferulové, rutinu a katechinu, nezanedbatelné je množství kyseliny protokatechinové a skořicové. Dále byly stanoveny nízké obsahy vázané kyseliny *trans-p*-kumarové a kumarové.

Z měření antioxidačních aktivit u černých rýží jednoznačně vyplývá, že vyšší antioxidační aktivitu vykazovala frakce volných polyfenolů, v porovnání s frakcí obsahující vázané polyfenoly. Nejvyšší celkovou antioxidační aktivitu vykazovaly vzorky černé rýže z Číny a Laosu (31,2 resp. 30,5 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>, v případě použití metody s ABTS), v případě použití metody s DPPH pak pouze vzorek pocházející z Číny (22,6 mmol TEAC.kg<sup>-1</sup>). U divokých rýží byla vyšší antioxidační aktivita naměřena u frakce s vázanými polyfenoly. Metodou s ABTS byl zjištěn statisticky významný rozdíl v celkové antioxidační aktivitě u obou vzorků divokých rýží, v případě metody s DPPH toto potvrzeno nebylo.

Vzájemné korelace mezi hodnotami antioxidačních aktivit a mezi obsahem polyfenolů a flavonoidů u černých rýží ukazují, že polyfenolické látky jsou významnými přispěvateli k antioxidační aktivitě. Více k antioxidační aktivitě však přispívají vázané polyfenoly, než volné. Korelační koeficient, při určení příspěvku celkových polyfenolů k antioxidační aktivitě u metody s ABTS, je 0,8390. Podobných výsledků bylo dosaženo i u metody s použitím DPPH. Obsah flavonoidů, jak volných tak i vázaných, nepřispívá významně (lineárně) k antioxidační aktivitě černých rýží. Dále je možno vidět, že zejména vázané flavonoidy nejsou významnými přispěvateli k antioxidační aktivitě, nelinearita byla prokázána i u volných frakcí flavonoidů.

Celkově lze konstatovat, že černé rýže jsou velmi dobrým zdrojem minerálních prvků a v porovnání s bílými rýžemi jsou nositeli i vyššího obsahu vitamínů skupiny B. Práce nicméně ukázala na potenciální riziko v příjmu Ni a Pb, který by u této komodity měl být důsledněji sledován. Jejich nespornou výhodou je většinou nižší obsah škrobu, u kterého je předpoklad, že díky vyššímu obsahu hrubé vlákniny, bude lidským organismem pomaleji vstřebáván a glukóza bude do těla pomaleji vstřebávána. Černé rýže obsahují také vyšší množství proteinů, i když ne plnohodnotných, navíc rýže je bezlepkovou potravinou. Nesporným přínosem černé rýže je její vysoký obsah flavonoidů a polyfenolů, které jsou významnými antioxidanty, i když korelace prokázaly významný příspěvek k antioxidační aktivitě hlavně pro polyfenoly, ne pro samotné flavonoidy.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] KUČEROVÁ, Jidřiška. *Technologie cereálií*. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7157-811-6.
- [2] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. *Cereální chemie a technologie I.* Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. ISBN 80-7080-530-7.
- [3] ŠAŠKOVÁ, Dagmar a Vojtěch ŠTOLFA. *Trávy a obilí*. Praha: 1993. ISBN 80-85805-03-0.
- [4] SOMPONG, R., SIEBENHANDL-EHN, S., LINSBERGER-MARTIN, G., BERHOFER, E. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka, *Food Chemistry* [online]. 2011, 1(124), 132-140 [cit. 2014-11-06].  
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610006989>
- [5] TANANUWONG, K., TEWERITH, W., Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice, *LWT - Food Chemistry and Technology* [online]. 2010, 3(43), 476-481 [cit. 2014-11-10].  
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643809002746>
- [6] ARENDT, Elke K. a Emanuele ZANNIN. *Cereal grain for the food and beverage industries* [online]. United Kingdom: 2013, ISBN 978-0-85709-413-1.[cit. 2015-01-15].  
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857094131500036>
- [7] Hofmannovy cesty [online, cit. 2015-01-08].  
Dostupné z: <http://www.hofmann.estranky.cz/fotoalbum/vietnam/pestovani-ryze/vietnam-ryzova-pole-v-okoli-sapa.html>
- [8] KHUSH, G. S. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice, *Plant Molecular Biology* [online]. 1997, 1-2(35), 25- 34 [cit. 2015-01-14].  
Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1023/A:1005810616885>
- [9] Vitalia.cz [online, cit. 2014-12-12].  
Dostupné z: <http://www.vitalia.cz/clanky/jak-se-deli-ryze/>
- [10] HOLUBOVÁ, Kamila. *Rostlinná výroba I – Obiloviny*. Praha: Vysoká škola zemědělská Praha, 1989.



- [11] VALÍČEK, Pavel a kolektiv. *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0939-6.
- [12] Obrázek: Morfologie (*Oryza sativa*) [online, cit. 2014-12-05] Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/ze-stonku/page/442/>
- [13] SUNGEUM, Cho a J.Kays STAMLEY. *Aroma – active componeds of wild rice (*Zizania palustris* L.)*, Food Research Intertation [online]. 2013, 54, 1463-1470 [cit. 2014-12-11].
- [14] *Zizania aquatica* L. var. *aquatica* [online, cit. 2014-12-05]. Dostupné z: [http://mnfi.anr.msu.edu/abstracts/botany/Zizania\\_aquatica\\_var\\_aquatica.pdf](http://mnfi.anr.msu.edu/abstracts/botany/Zizania_aquatica_var_aquatica.pdf)
- [15] Go Botany [online, cit. 2015-02-13].  
Dostupné z: <https://gobotany.newenglandwild.org/species/zizania/aquatica/>
- [16] STORCK, C.R., PICOLLI DA SILVA, L., FAGUNDES, C.A.A. Categorizing rice cultivars based on differences in chemical composition, *Journal od Food Composition and Anylysis* [online]. 2005, 4(18), 33-341 [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157504001504>
- [17] LILA, Mary Ann. Anthocyanins and Human Health an in Vitri Investigative ap-poach, *Journal of Biomedicine and Biotechnology* [online]. 2004, 5, 306-313 [cit. 2014-11-02]. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2004/673916/abs/>
- [14] HAN L., et al. Effect of Light on Flavonoids Biosynthesis in Red Rice Rdh. *Agricultural Sciences in China* [online]. 2009, 6(8), 746-752 [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1671292708602746>
- [18] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin I.* Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [19] HOUSTON, D.F., KOHLER, G.O., *Nutritional Properties of Rice*, Washington, D. C.: National Academy of Sciences, 1970 [online, cit. 2015-02-02]. Dostupné z: [www.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=Y0ArAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Nutritio-nal+Properties+of+Rice&ots=78v6ubYSyZ&sig=8j1HtL\\_Hu8o9ZY3k7zHPPQWT\\_So&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Nutritional%20Properties%20of%20Rice&f=false](http://www.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=Y0ArAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Nutritio-nal+Properties+of+Rice&ots=78v6ubYSyZ&sig=8j1HtL_Hu8o9ZY3k7zHPPQWT_So&redir_esc=y#v=onepage&q=Nutritional%20Properties%20of%20Rice&f=false)
- [20] GODDARD, M., S., et al. The Effect of Amylose Content on Insulin and Glucose Responses to Ingested Rice, *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1984, 39, 388- 392 [cit. 2014-11-15].

- Dostupné z: <http://ajcn.nutrition.org/content/39/3/388.long>
- [21] Rice and human nutrition [online, cit. 2015-02-02]. Dostupné z: <http://www.fao.org/rice2004/en/f-sheet/factsheet3.pdf>
- [22] ROBIN, F., SCHUMAN, H. P., PALZER, S. Dietary Fiber in Extruded Cereals: Limitations and Opportunities, *Trends in Food Science and Technology* [online]. 2012, **1**(28), 23-32 [cit. 2014-11-11].
- [23] SURENDIRAN, G., ALSAIF, M., KAPORICHALI F.R., MOGHADASIAN, H.M. Nutritional Constituents and Health Benefits of Wild Rice (*Zizania* spp.), *Nutrition Reviews* [online]. 2014, **4**(72), 227-236 [cit. 2015-02-01]. Dostupné z: <http://nutritionreviews.oxfordjournals.org/content/72/4/227.article-info>
- [24] BOISEN, S., BARTOLOME, J., DULBULAO, A., MENDOZA, E.M.T., JULIANO, O. Comparative Protein Digestibility in Growing Rats of Cooked Rice and Protein Properties of Indica and Japonica Milled Rices, *Journal of Cereal Science* [online]. 2001, **2**(33), 183-191 [cit. 2015-02-02].
- Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521000903552>
- [25] Nutrition Facts [online, cit. 2014-11-08]. Dostupné z: <http://nutritiondata.self.com>
- [26] KENT, N.L. *Technology of cereals: an introduction for student of food science and agriculture*. 4. Edition. New York: Pergamon, 1994. ISBN 159-124-1081.
- [27] MANO, Y., et. al. Comparative Composition of Brown Rice Lipids (Lipid Fractions) of Indica and Japonica Rices, *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* [online]. 1999, **4**(63), 619- 626 [cit. 2014-11-11].
- Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1271/bbb.63.619>
- [28] VELÍŠEK, J., CEJPEK, K. *Biosynthesis of Food Components*, 1st edition. Tábor: OSSIS, 2008. ISBN 978-80-86659-12-1.
- [29] Health Benefits of Phosphorus [online, cit. 2014-11-10]. Dostupné z: <http://www.organicfacts.net/health-benefits/minerals/health-benefits-ofphosphorus.html>
- [30] DYKES, L., ROONEY, L.W. Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits, *Cereal Foods World* [online]. 2007, **3**(52), 105-111 [cit. 2015-02-01]. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/230353435?accountid=15518>

- [31] YFANG, S., FEUFEI, X., XIAO, S., JINSONG, B., TRUST, B. Phenolic acid anthocyanins, and antioxidant capacity in rice – (*Oryza sativa* L.) grains at four stages of development after flowering, *Food Chemistry* [online]. 2014, **15**(143), 90-96 [cit. 2014-12-12].  
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814613009709>
- [32] HOU, Z., QIN, P., ZHANG, Y., CUI, S., REN, G. Identification of anthocyanins isolated from black rice (*Oryza sativa* L.) and their degradation Kinetics, *Food Research International* [online]. 2013, **2**(50), 691-697 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996911004856>
- [33] ČSN EN ISO 712 (461014): *Obiloviny a výrobky s obilovin – Stanovení vlhkosti – Referenční metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [34] ČSN ISO 2171 (461019): *Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich - Stanovení obsahu popela spalováním*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [35] ČSN EN ISO 20483 (46 1401): *Obiloviny a luštěniny – Stanovení obsahu dusíku a výpočet obsahu dusíkatých látek – Kjeldahlova metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2014.
- [36] ČSN EN ISO 10 520 (56 6120): *Přírodní škrob - Stanovení obsahu škrobu - Ewersova polarimetrická metoda*, Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [37] Manuál ANKOM<sup>220</sup> Fiber Analyser, Ankom technology (MA,USA).
- [38] KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. Ostrava: Nakladatelství Pavel Klouda, 2003. ISBN 80 - 86369-07 - 2.
- [39] GORBATSOVA, J., T. LOUGAS, R. VOKK, M. KALI JURAND. Comparison of the contents of various antioxidants of sea buckthorn berries using CE, *Electrophoresis* [online]. 2007, **28**(22), 4136 – 4142 [cit. 2015-03-03].  
Dostupné z: [nlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/elps.200700362/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/elps.200700362/abstract)
- [40] LUYKX, Dion M.A.M. a Saskia M. VAN RUTH. An overview of analytical methods for determining the geographical origin of food products, *Food Chemistry* [online]. 2008, **2**(107), 897-911 [cit. 2014-03-09].  
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814607009533>
- [41] THOMAS, R., *Practical guide to ICP-MS*. M. Dekker, 2004, 324. ISBN 08-247-5319-4.

- [42] IBANEZ, E., CIFUENTES, A. New analytical techniques in food science, *Critical reviews in food science and nutrition* [online]. 2001, **6**(41), 413 – 450 [cit. 2015-02-02]. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20014091091878?journalCode=bfsn20#.VTUGKdK8MXA>
- [43] MAŇÁK, Martin. *Využití ICP-MS k autentifikaci vín*, Zlín: 2014. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav technologie potravin.
- [44] REVANAPPA, S. B., PARAMAHANS, V. S. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of different wheat (*Triticum aktivum* L.) varieties, *Journal of Food Biochemistry* [online]. 2011, **3**(35), 759 – 775 [cit. 2015-02-03]. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4514.2010.00415.x/abstract>
- [45] ŽILIC, S., SERPEN, A., AKILLIOGLU, G., JANKOVIC, M., GOKMEN, V., Distributions of phenolic compounds, yellow pigments and oxidative enzymes in wheat grains and their relation to antioxidant capacity of bran and debranned flour, *Journal of Cereal Science* [online]. 2012, **3**(56), 652 – 658 [cit. 2015-02-02]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521012001531>
- [46] CICCIO, N., LANORTE, T. M., PARAGGIO, M., VIGGIANO, M., LATTANZIO, V., A reproducible, rapid and inexpensive Folin-Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant metanol extracts, *Mikrochemical Journal* [online]. 2009, **1**(91), 107 – 110 [cit. 2014-11-11].  
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X08001070>
- [47] FERRO, M., GIANOTTI, A., TASSONI, A., Optimisation of assay conditions for the determination of antioxidant capacity and polyphenols in cereal food components, *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2013, 1 – 28 [cit. 2014-10-11].
- [48] GRYGARČÍKOVÁ, Jana. *Stanovení polyfenolů v netradičních obilovinách Folin-Ciocalteuovou metodou*. Zlín, 2013. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav technologie potravin.
- [49] AFIFY, A., EL-BELTAGI, H. S., EL-SALAM, S. M., OMRAN, A. A. Biochemical changes in phenols, flavonoids, tannins, vitamin E,  $\beta$ -carotene and antioxidant activity during soaking of free white sorghum varieties, *Asian Pacific Journal of Tropical*

- Biomedicine* [online]. 2012, **3**(2), 203 – 209 [cit. 2014-12-19]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2221169112600422>
- [50] SHEN, Y., JIN, L., XIAO, P., LU, Y., BAO, J. Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight, *Journal of Cereal Science* [online]. 2009, **1**(49), 106 – 111 [cit. 2015-04-04].  
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521008001331>
- [51] PAULOVÁ, H., BOCHOŘÁKOVÁ, H., TÁBORSKÁ, E. Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vitro, *Chemické listy* [online]. 2004, **98**, 174 – 179 [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: [http://chemicke-listy.cz/docs/full/2004\\_04\\_03.pdf](http://chemicke-listy.cz/docs/full/2004_04_03.pdf)
- [52] RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, *Free Radical Biology & Medicine* [online]. 1999, **9-10**(26), 1231 – 1237 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0891584998003153>
- [53] FLOEGEL, A., KIM, D., CHUNG, S., KOO, S., CHUN, O. Comparison of ABTS/DPPH assay to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods, *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2011, **7**(24), 1043 – 1048 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S088915751100038>  
X
- [54] NOIPA, T., SRIJARANAI, S., TUNTULANI, T., NGEONTAE, W. New approach for evaluation of the antioxidant capacity based on scavenging DPPH free radical in micelle systems, *Food Research International* [online]. 2011, **3**(44), 798 – 806 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0963996911000573>
- [55] FAO/WHO (2004). Vitamin and mineral requirements in human nutrition. (2nd ed.). In: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Human Vitamin and Mineral Requirements. Geneva: WHO Press, Switzerland.
- [56] Spotřeba potravin 2011.  
Dostupné z: [http://www.apic-ak.cz/data\\_ak/12/k/Stat/SpotrebaPotr2011.pdf](http://www.apic-ak.cz/data_ak/12/k/Stat/SpotrebaPotr2011.pdf)

- [57] Antoine, J. M. R., Hoo Fung, L. A., Grant, C. N., Dennis, H. T., & Lalor, G. C. Dietary intake of minerals and trace elements in rice on the Jamaican market, *Journal of Composition and Analysis* [online]. 2012, **1-2**(26), 111–121 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0889157512000166>
- [58] FAO/WHO (2011). Evaluation of Certain Contaminants in Food: Seventy-second report of the Joint FAO/WHO expert Committee on Food Additives. WHO Technical Series. No. 959. Geneva: WHO Press, Switzerland
- [59] BUŇKA, F., KRÍŽ, O., HRABĚ, J. Program pro statistické vyhodnocování dat *Stadvyd, verze 2.0 beta*
- [60] ČESKO. Vyhláška č. 333/1997 Sb ze dne 12.12.1997, kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích, pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta In: Sběrka zákonů České republiky. 1997. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe\\_uplna-zneni\\_vyhlaska-1997-333-potraviny.html](http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_vyhlaska-1997-333-potraviny.html)
- [61] HAMR, K. *Rýže – druhy rýže a její jakost, Výživa a potraviny*. 2008, **3**(63), 76-79 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/ryze-druhy-ryze-jeji-jakost.aspx>
- [62] PEISONGG, H., HUIJIM, Z., ZHANG, L., DAIXING, W. Starch digestibility and Estimated Glycemic Score of Different Typ of Rice, *Journal of Cereal Science* [online]. 2004, **3**(40), 241-237 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0733521004000669>
- [63] SUMCZYNSKI, D., BUBELOVÁ, Z., FIŠERA, M. Determination of chemical, insoluble dietary fibre, neutral-detergent fibre and *in vitro* digestibility in rice types commercialized in Czech markets, *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2015, **40**, 8–13 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0889157515000216>
- [64] LI, B.W., ANDREWS, K.W., PEHRSSON, P.R. Individual Sugar, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber Contents of 70 High Consumption Foods, *Journal of Food and Analysis* [online]. 2002, **6**(15), 715-723 [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0889157502910963>

- [65] ANDERSON, R.A. Wild rice: nutritional review, *Cereal Chemistry* [online]. 1976, **53**, 949-955 [cit. 2015-02-02]. Dostupné z: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US19770146628>
- [66] XIAO, T., GUHA, J., BOYLE, D., LIU, C-Q., & CHEN, J. Environmental concerns related to high thallium levels in soils and thallium uptake by plants in southwest Guizhou, China, *Science of The Total Environment* [online]. 2004, **1-3**(318), 223–244 [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0048969703004480>
- [67] BATIFOULIER, F., VERNY, M. A., CHANLIAUD, E., RÉMÉSY, C., DEMIGNÉ, C., Variability of B vitamin concentrations in wheat grain, milling fractions and bread products, *European Journal of Agronomy* [online]. 2006, **25**, 163 – 169 [cit. 2014-10-12].
- [68] KYRITSI, A., TZIA, C., KARATHANOS, V.T., Vitamin fortified rice grain using spraying and soaking methods, *Food Science and Technology* [online]. 2011, **1**(44), 312-320 [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0023643810002045>
- [69] DEEPA, G., SINGH, V., NAIDU, K.A. Nutrient Composition and Physicochemical Properties of Indian Medicinal Rice- Njavara, *Food chemistry* [online]. 2008, **1**(106), 165-171 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814607005225>
- [70] EKHOLM, P., REINIVUO, H., MATTILA, P., PAKKALA, H., KOPONEN, J., HAPONEN, A., HELSTROM, J., & OVASKAINEN, M-L. Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland, *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2007, **6**(20), 487–495 [cit. 2015-02-29]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0889157507000336>
- [71] NARDI, E. P., EVANGELISTA, F. S., TORMEN, L., SAIN'TPIERRE, T. D., CURTIUS, A. J., de SOUZA, S. S., & BARBOSA Jr., F. The use of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) for the determination of toxic and essential elements in different types of food samples, *Food Chemistry* [online]. 2009, **3**(112), 727–732 [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814608007024>

- [72] SOLIMAN, K., ZIKOVKY, L. Determination of Br, Ca, Cl, Co, Cu, I, K, Mg, Mn, Na, Rb, S, Ti, and V in cereals, oils, sweeteners and vegetables sold in Canada by neutron Activation Analysis, *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 1999, 2(12), 85-89 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0889157599908116>
- [73] OKUDA, M., ISOGAI, A., JOYO, M., GOTO-YAMAMOTO, N., MIKAMI, S. Influence of sulfur and nitrogen content of rice grains on flavor in stored sake, *Cereal Chemistry* [online]. 2009, 5(86), 534-541 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://cerealchemistry.aaccnet.org/doi/abs/10.1094/CCHEM-86-5-0534>
- [74] KABATA-PENDIAS, A. *Trace Elements in Soils and Plants*. (4<sup>th</sup> ed.). NY, USA: CRC Press, 2010. ISBN 978-1-4200-9370-4. Dostupné z: [http://www.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=YQfMBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Trace+Elements+in+Soils+and+Plants.&ots=9lw2dQru2c&sig=Qdx8Tz4w8\\_me2LtMUuXHOjNSxVQ&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Trace%20Elements%20in%20oils%20and%20Plants.&f=false](http://www.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=YQfMBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Trace+Elements+in+Soils+and+Plants.&ots=9lw2dQru2c&sig=Qdx8Tz4w8_me2LtMUuXHOjNSxVQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Trace%20Elements%20in%20oils%20and%20Plants.&f=false)
- [75] MILLOUR, S., NOEL, L., KADAR, A., CHEKRI, R., VASTEL, C., SIROT, V., LEBLANC, J-C., & GUÉRIN, T. Pb, Hg, Cd, As, Sb and Al levels in foodstuffs from the 2<sup>nd</sup> French total diet study, *Food Chemistry* [online]. 2011, 4(126), 1787–1799 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814610017085>
- [76] HUANG, S-Y., JIANG, S-J., SAHAYAM, A.C. Ultrasonic slurry sampling electrothermal vaporization inductively coupled plasma mass spectrometry for the determination of Cr, Fe, Cu, Zn and Se in cereals, *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* [online]. 2014, 1(101), 46-50 [cit.2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0584854714001554>
- [77] NOEL, L., CHEKRI, R., MILLOUR, S., VASTEL, C., KADAR, A., SIROT, V., LEBLANC, J-C., & GUÉRIN, T. Li, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Se and Mo levels in foodstuffs from the Second French TDS, *Food Chemistry* [online]. 2012, 3(132), 1502–1513 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814611017535>



- [78] NYARKO, B. J. B., AKAHOKAHO, E. H. K., FLETCHER, J. J., & CHATT, A. Neutron activation analysis for Dy, Hf, Rb, Sc and Se in some Ghanaian cereals and vegetables using short-lived nuclides and Compton suppression spectrometry, *Applied Radiation and Isotopes* [online]. 2008, **8**(66), 1067–1072 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0969804307003090>
- [79] MILLOUR, S., NOEL, L., CHEKRI, R., VASTEL, C., KADAR, A., SIROT, V., LEBLANC, J-C., & GUÉRIN, T. Strontium, silver, tin, iron, tellurium, gallium, germanium, barium and vanadium levels in foodstuffs from the Second French Total Diet Study, *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2012, **2**(25), 108–129 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0889157511002031>
- [80] ZHANG, N., HUANG, C., & HU, B. ICP-AES determination of trace rare earth elements in environmental and food samples by on-line separation and preconcentration with acetylacetone-modified silica gel using microcolumn, *Analytical Sciences* [online]. 2007, **8**(23), 997–1002 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/analsci/23/8/23\\_8\\_997/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/analsci/23/8/23_8_997/_article)
- [81] ORECHIO, S., AMORELLO, D., RASO, M., BARRECA, S., LINO, C., & DI GAUDION, F. Determination of trace elements in gluten-free food for celiac people, *Microchemical Journal* [online]. 2014, **116**, 163–172 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0026265X14000708>
- [82] Regulační nařízení Evropské komise č. 1881/2006 z 19.10.2006 ustanovující maximální příjmy kontaminantů v potravinách [online, cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:EN:PDF>
- [83] GONZÁLEZ-WELLER, D., RUBIO, C., GUTIÉRREZ, A. J., GONZÁLEZ, G. L., CABALLERO MESA, J. M., REVERT GIROMÉS, C., BURGOS OJEDA, A., & HARDISSON, A. Dietary intake of barium, bismuth, chromium, lithium, and strontium in a Spanish population (Canary Islands, Spain), *Food and Chemical Toxicology* [online]. 2013, **62**, 856–868 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0278691513007011>

- [84] MATOS-REYES, M. N., CERVERA, M. L., CAMPOS, R. C., & de la GUARDIA, M. Total content of As, Sb, Se, Te and Bi in Spanish vegetables, cereals and pulses and estimation of the contribution of these foods to the Mediterranean daily intake of trace elements, *Food Chemistry* [online]. 2010, **1**(122), 188–194 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: [www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814610002360](http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814610002360)
- [85] RAVINDRA, K., BENCS, L., VAN GRIEKEN, R. Platinum group elements in the environment and their health risk, *The Science of the Total Environment* [online]. 2004, 1-3(318), 1-43 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0048969703003723>
- [86] D'ARCHIVIO, A.A., GIANNITTO, A., INCANI, A., NISI, S. Analysis of the mineral composition of Italian saffron by ICP-MS and classification of geographical origin, *Food Chemistry* [online]. 2014, **15**(157), 485-489 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814614002532>
- [87] ANKE, M., SEEBER, O., MULLER, R., SCHAFER, U., & ZERULL, J. Uranium transfer in the food chain from soil to plants, animals and man, *Chemie der Erde Geochemistry* [online]. 2009, **2**(69), 75–90 [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0009281907000530>
- [88] HUIHUI, T., QUING, L., RUIFEN, Z., MINGWEI, Z., YUANYUAN, D., ZHENCHENG, W., JIANWEI, CH. YAN, Z. Free and bound phenolic and antioxidant activity of milled fraction of different indica rice varieties cultivated in southern China, *Food Chemistry* [online]. 2014, **15**(159), 166-174 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814614004208>
- [89] DENG, G.F., LIN, X., XU, X.R., GAO, L.L., XIE, J.F., LI, H.L. Antioxidant Capacities and Total Phenolic Contents of 56 Vegetables, *Journal of Functional Foods* [online]. 2013, **1**(5), 260-266 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S1756464612001612>
- [90] DYKES, L., ROONEY, L.W. Soughum and Millet Phenols and Antioxidants, *Journal of Cereal Science* [online]. 2006, **3**(44), 236-251 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0733521006000877>

- [91] WANG, L., ZHOU, Q., ZHAO, B., & HUANG, X. Toxic effect of heavy metal terbium ion on cell membrane in horseradish, *Chemosphere* [online]. 2010, **1**(80), 28–34 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0045653510003541>
- [92] MCGUIRE, S. Dietary Guidelines for Americans 2010, *Advances in Nutrition: An International Review Journal* [online]. 2011, **2**(3), 293-294 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://advances.nutrition.org/content/2/3/293.short>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ABTS	2,2'-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfanová kyselina)
AI	Adequete Intake- Adekvátní příjem
DPPH	2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl
FAO	Food and Agriculture Organization – Organizace pro výživu a zemědělství
MK	Mastná kyselina
OSN	United Nations- Organizace spojených národů
PTWI	Provisional Tolerable Weekly Intake – Prozatímní tolerovatelný týdenní příjem
RDI	Recommended Dietary Intake-Doporučená denní dávka
TEAC	Trolox Equivalent Antioxidant Capacity- Antioxidační aktivita ekvivalentní troloxu
TDF	Total Dietary Fibre – Celková dietická vláknina
WHO	World Human Organization-Světová zdravotnická organizace
HPLC	High Performance Liquid Chromatography- Vysokoučinná kapalinová chromatografie
EU	Evropská unie
ČR	Česká republika
BHA	Butylhydroxyanizol
ICP-MS	Inductively Coupled plasma mass spectrometry- Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. č. 1 Rýžová pole Vietnam .....	14
Obr. č. 2 <i>Oryza sativa</i> .....	14
Obr. č. 3 Morfologie <i>Oryza sativa</i> .....	16
Obr. č. 4 Struktúra rýžového zrna.....	16
Obr. č. 5 Podélný řez rýžového zrna.....	16
Obr. č. 6 <i>Zizania aquatica</i> .....	17
Obr. č. 7 <i>Oryza sativa</i> , země původu Čína.....	35
Obr. č. 8 <i>Oryza sativa</i> , země původu Japonsko.....	35
Obr. č. 9 <i>Oryza sativa</i> , země původu Itálie.....	35
Obr. č. 10 <i>Oryza sativa</i> , země původu Thajsko.....	36
Obr. č. 11 <i>Oryza sativa</i> , země původu Laos.....	36
Obr. č. 12 <i>Zizania aquatica</i> , země původu Kanada.....	36
Obr. č. 13 <i>Zizania aquatica</i> , země původu Řecko.....	36

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf č. 1 Korelace hodnot antioxidační aktivity (ABTS) ve volné frakci polyfenolů s volnými polyfenoly.....	91
Graf č. 2 Korelace hodnot antioxidační aktivity (ABTS) ve vázané frakci polyfenolů s vázanými polyfenoly.....	91
Graf č. 3 Korelace hodnot antioxidační aktivity (ABTS) celkových polyfenolů.....	91
Graf č. 4 Korelace hodnot antioxidační aktivity (DPPH) ve volné frakci polyfenolů s volnými polyfenoly.....	92
Graf č. 5 Korelace hodnot antioxidační aktivity (DPPH) ve vázané frakci polyfenolů s vázanými polyfenoly.....	92
Graf č. 6 Korelace hodnot antioxidační aktivity (DPPH) celkových polyfenolů.....	92
Graf č. 7 Korelace hodnot antioxidační aktivity (ABTS) ve volné frakci polyfenolů s volnými flavonoidy.....	94
Graf č. 8 Korelace hodnot antioxidační aktivity (ABTS) ve vázané frakci polyfenolů s vázanými flavonoidy.....	94
Graf č. 9 Korelace hodnot antioxidační aktivity (ABTS) a celkové flavonoidy .....	94
Graf č. 10 Korelace hodnot antioxidační aktivity (DPPH) ve volné frakci polyfenolů s volnými flavonoidy .....	95
Graf č. 11 Korelace hodnot antioxidační aktivity (DPPH) ve vázané frakci polyfenolů s vázanými flavonoidy .....	95
Graf č. 12 Korelace hodnot antioxidační aktivity (DPPH) a celkové flavonoidy .....	95

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka č. 1 Obsah aminokyselin.....	19
Tabulka č. 2 Podíl typů mastných kyselin v barevných rýžích.....	20
Tabulka č. 3 Obsah vitamínů v barevných rýžích a u rýže divoké.....	21
Tabulka č. 4 Obsah minerálních prvků v barevných rýžích a u rýže divoké.....	21
Tabulka č. 5 Podmínky gradientové eluce pro vitamín skupiny B.....	39
Tabulka č. 6 Detekční limity – nastavení ICP-MS.....	42
Tabulka č. 7 Průběh gradientové eluce pro polyfenolické látky.....	45
Tabulka č. 8 Výsledky základních nutričních parametrů v černé rýži.....	48
Tabulka č. 9 Výsledky základních nutričních parametrů v <i>Zizania aquatica</i> .....	50
Tabulka č. 10 Výsledky stanovení vitamínů skupiny B u černé rýže.....	52
Tabulka č. 11 Hodnoty příspěvku k RDI nebo AI.....	53
Tabulka č. 12 Výsledky stanovení vitamínu u <i>Zizania aquatica</i> .....	54
Tabulka č. 13 Obsah minerálních prvků v rýžích s černými obalovými vrstvami v mg.kg <sup>-1</sup> .....	56
Tabulka č. 14 Obsah minerálních prvků v rýžích s černými obalovými vrstvami v µg <sup>-1</sup> .....	60
Tabulka č. 15 Obsah minerálních prvků v rýžích s černými obalovými vrstvami v ng.kg <sup>-1</sup> .....	68
Tabulka č. 16 Příspěvek minerálních prvků černých rýží k hodnotám RDI nebo AI.....	70
Tabulka č. 17 Příspěvek toxických prvků u černých rýží k hodnotám PTWI.....	71
Tabulka č. 18 Obsah minerálních prvků v divoké rýži v mg.kg <sup>-1</sup> .....	72
Tabulka č. 19 Obsah minerálních prvků v divoké rýži v µg.kg <sup>-1</sup> .....	75
Tabulka č. 20 Obsah minerálních prvků v divoké rýži v ng.kg <sup>-1</sup> .....	79
Tabulka č. 21 Výsledky stanovení obsahu flavonidů u černé rýže.....	80
Tabulka č. 22 Výsledky stanovení obsahu flavonidů u <i>Zizania aquatica</i> .....	80
Tabulka č. 23 Výsledky stanovení obsahu polyfenolů u černé rýže.....	80
Tabulka č. 24 Výsledky stanovení obsahu polyfenolů u <i>Zizania aquatica</i> .....	81
Tabulka č. 25 Výsledky obsahu vybraných polyfenolických látek u frakcí s volnými polyfenoly u vzorků černých rýží.....	82
Tabulka č. 26 Výsledky obsahu vybraných polyfenolických látek u frakcí s vázanými polyfenoly u vzorků černých rýží.....	84

---

Tabulka č. 27 Výsledky obsahu vybraných polyfenolických látek u frakcí s volnými polyfenoly u vzorků divoké rýže.....	86
Tabulka č. 28 Výsledky obsahu vybraných polyfenolických látek u frakcí s vázanými polyfenoly u vzorků divoké rýže.....	87
Tabulka č. 29 Výsledky hodnot antioxidační aktivity u černých rýží – metodou ABTS...	88
Tabulka č. 30 Výsledky hodnot antioxidační aktivity u divoké rýže – metodou ABTS....	89
Tabulka č. 31 Výsledky hodnot antioxidační aktivity u černých rýží – metodou DPPH....	89
Tabulka č. 32 Výsledky hodnot antioxidační aktivity u divoké rýže – metodou DPPH....	90



**SEZNAM PŘÍLOH**

PŘÍLOHA I: Kalibrační křivky pro stanovení vitamínů skupiny B

PŘÍLOHA II: Chromatogram vitamínů skupiny B

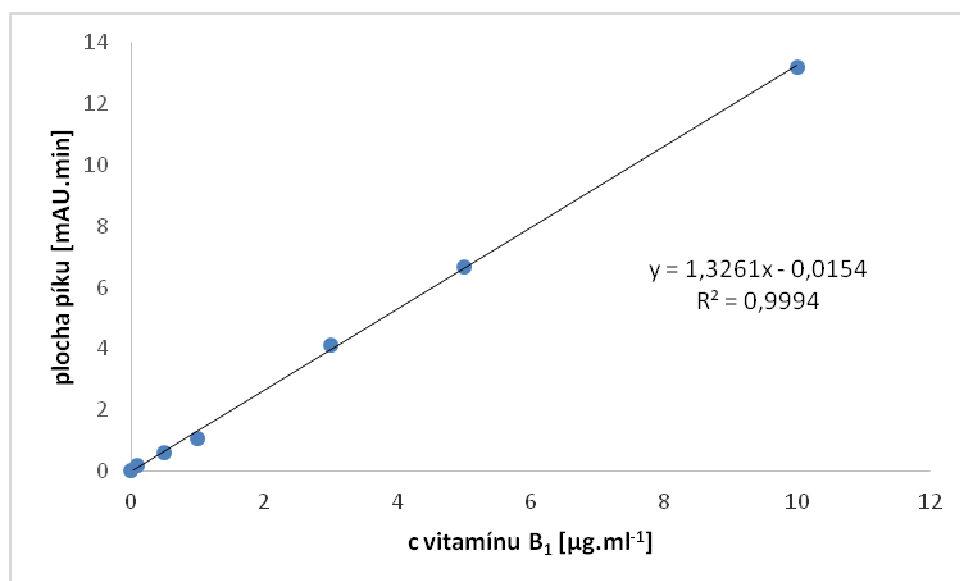
PŘÍLOHA III: Kalibrační křivky pro stanovení flavonoidů a polyfenolů

PŘÍLOHA IV: Kalibrační křivky pro stanovení polyfenolických látek

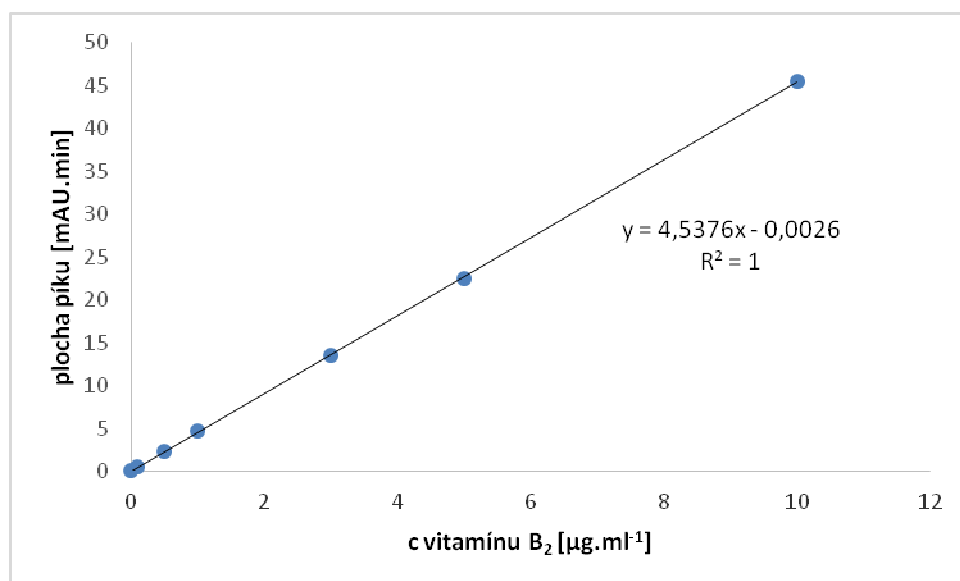
PŘÍLOHA V: Chromatogram polyfenolických látek

PŘÍLOHA VI: Kalibrační křivky pro stanovení antioxidační aktivity ABTS a DPPH

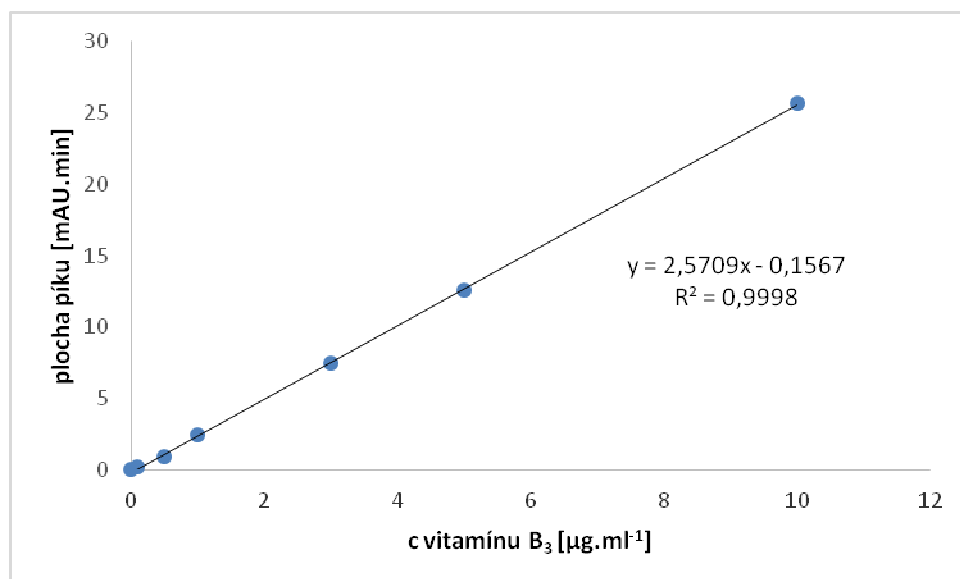
## PŘÍLOHA P I: KALIBRAČNÍ KŘIVKY PRO STANOVENÍ VITAMÍNŮ SKUPINY B



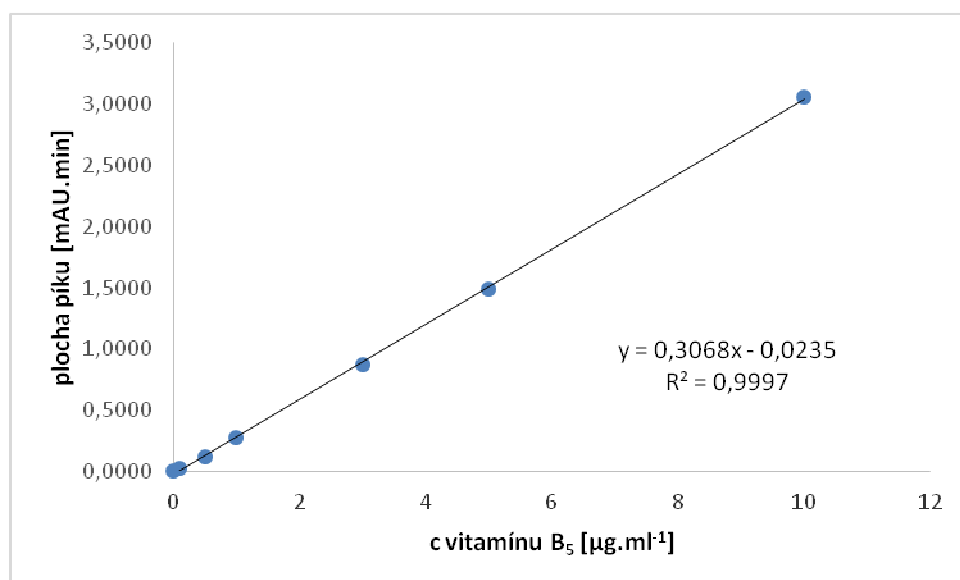
Kalibrační křivka pro stanovení vitamínu B<sub>1</sub>



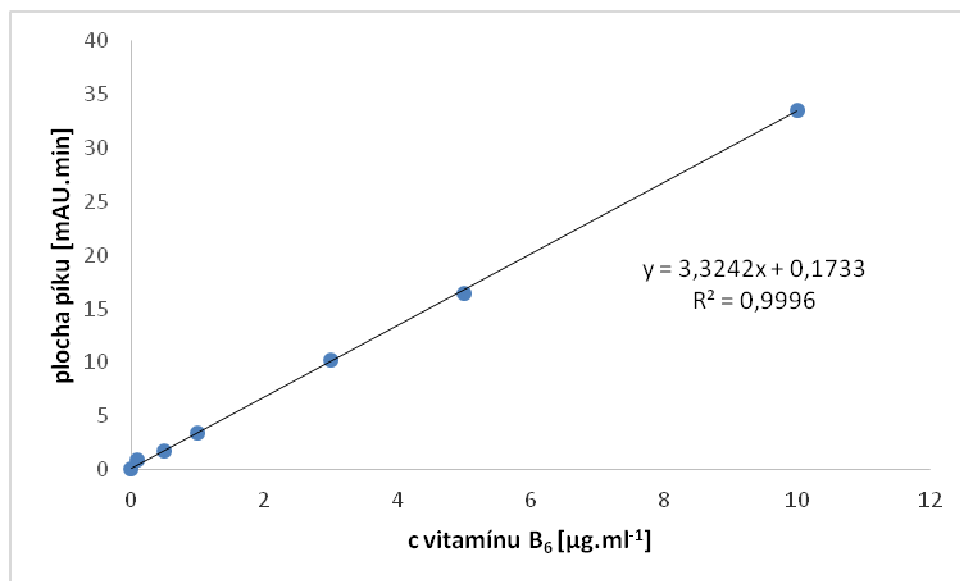
Kalibrační křivka pro stanovení vitamínu B<sub>2</sub>



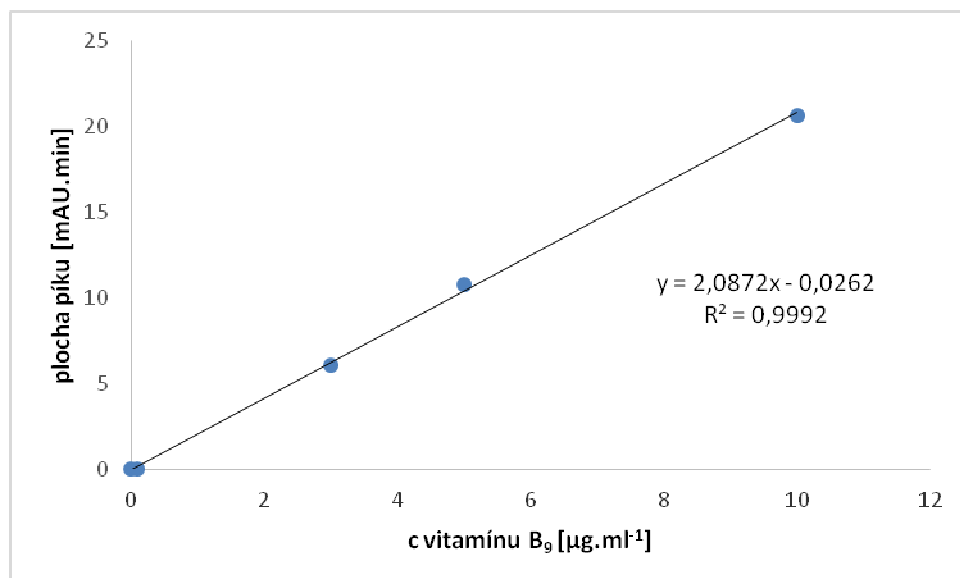
Kalibrační křivka pro stanovení vitamínu B<sub>3</sub>



Kalibrační křivka pro stanovení vitamínu B<sub>5</sub>

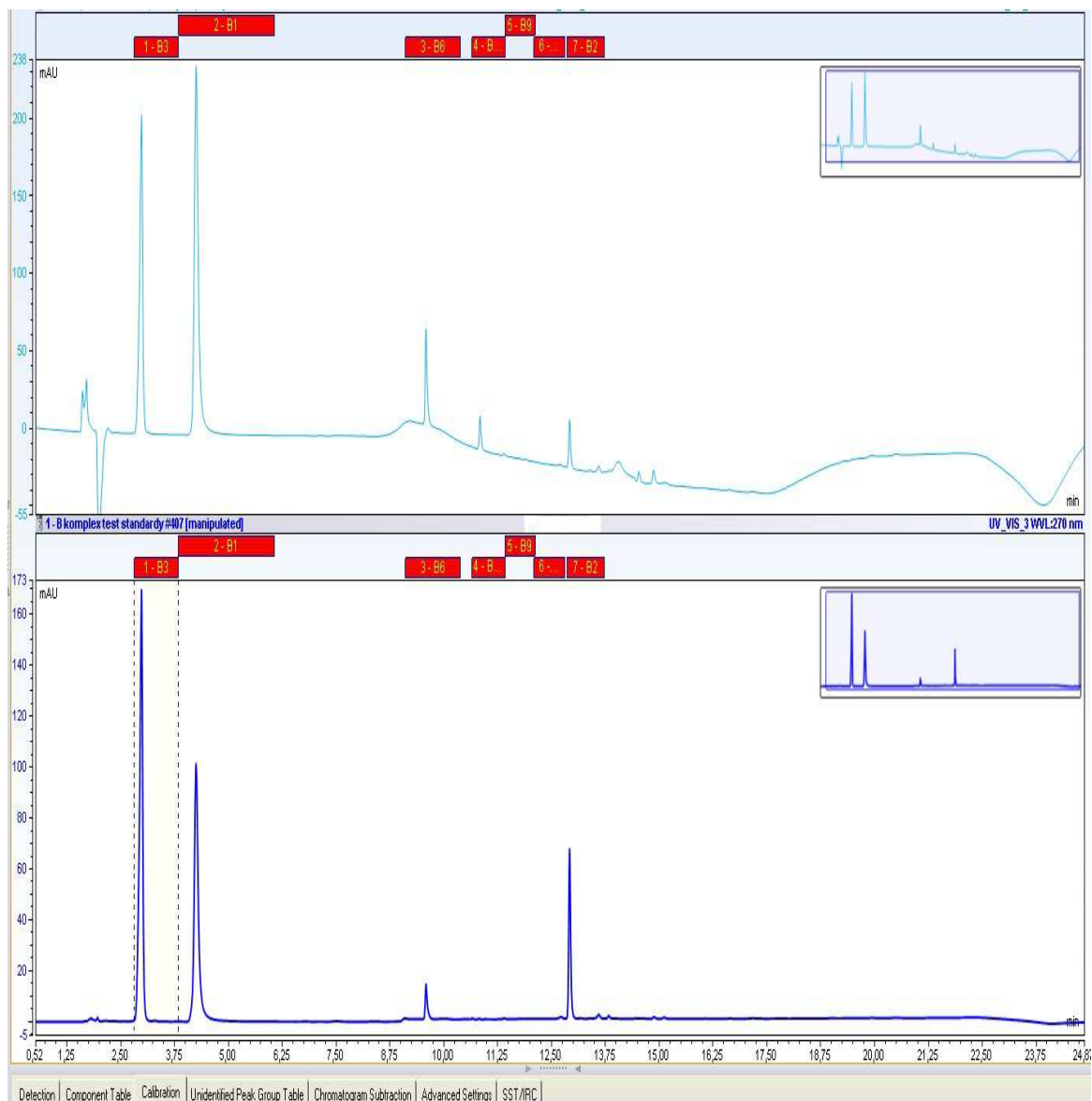


Kalibrační křivka pro stanovení vitamínu B<sub>6</sub>



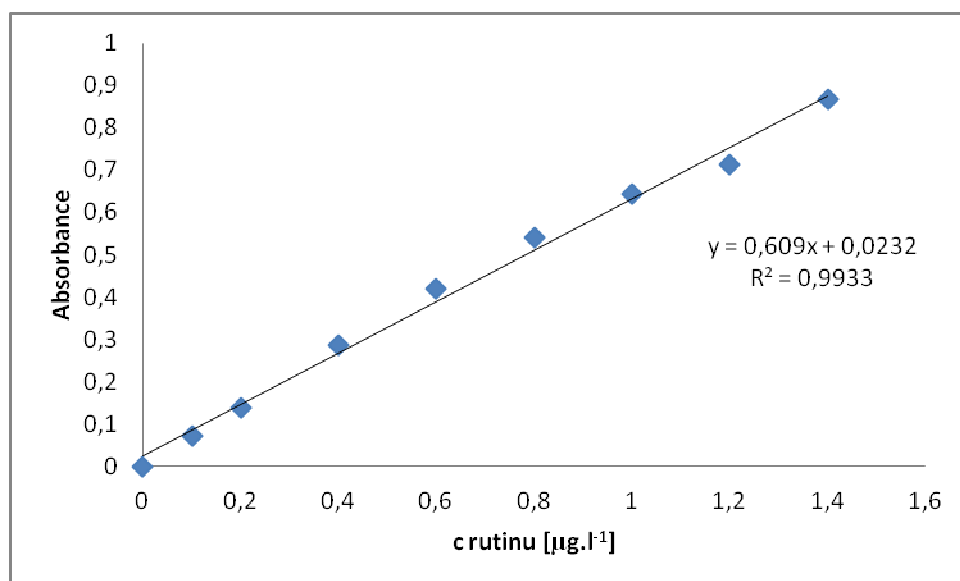
Kalibrační křivka pro stanovení vitamínu B<sub>9</sub>

## PŘÍLOHA P II: CHROMATOGRAM VITAMÍNŮ SKUPINY B

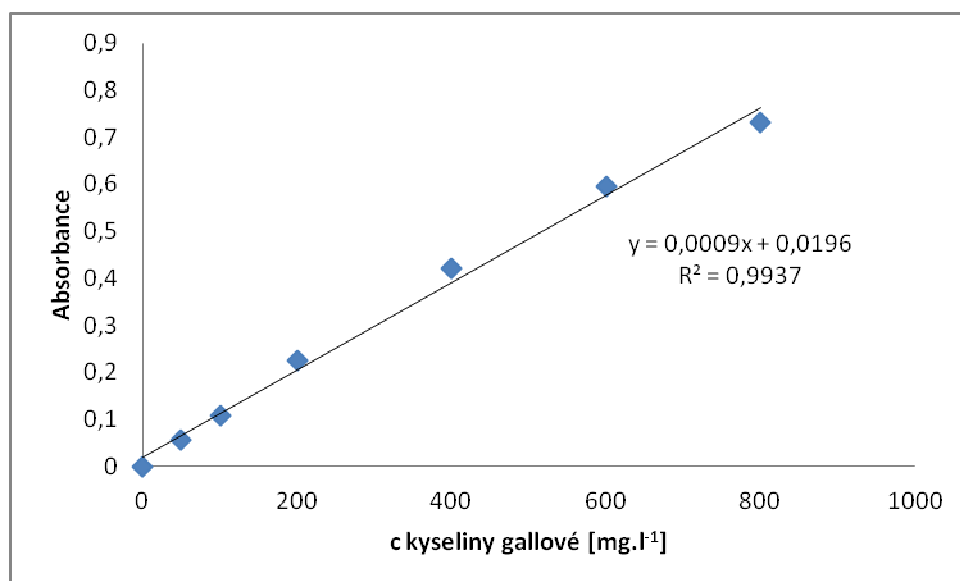


Reteční čas [min]	
B1	3,9
B2	12,9
B3	3,75
B5	10,84
B6	9,54
B9	11,99

## PŘÍLOHA P III: KALIBRAČNÍ KŘIVKY PRO STANOVENÍ FLAVONOIDŮ A POLYFENOLŮ

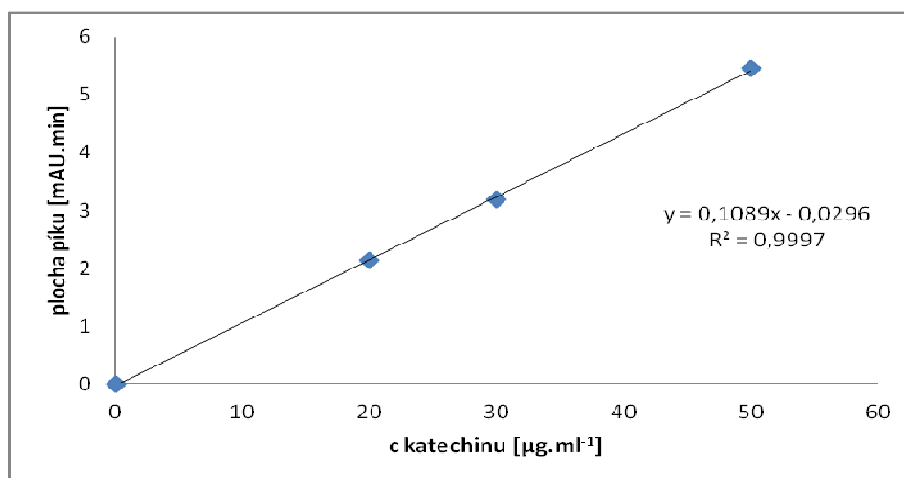


Kalibrační křivka pro stanovení flavonoidů

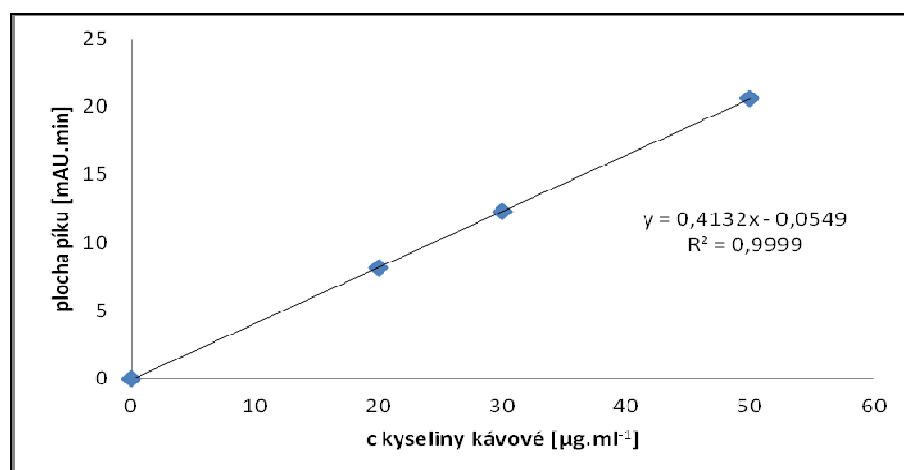


Kalibrační křivka pro stanovení polyfenolů

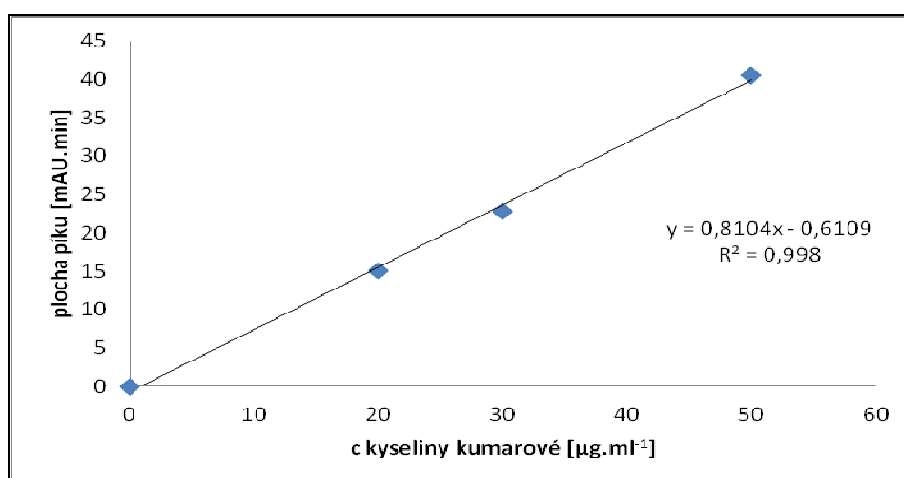
## PŘÍLOHA P IV: KALIBRAČNÍ KŘIVKY PRO STANOVENÍ POLYFENOLICKÝCH LÁTEK



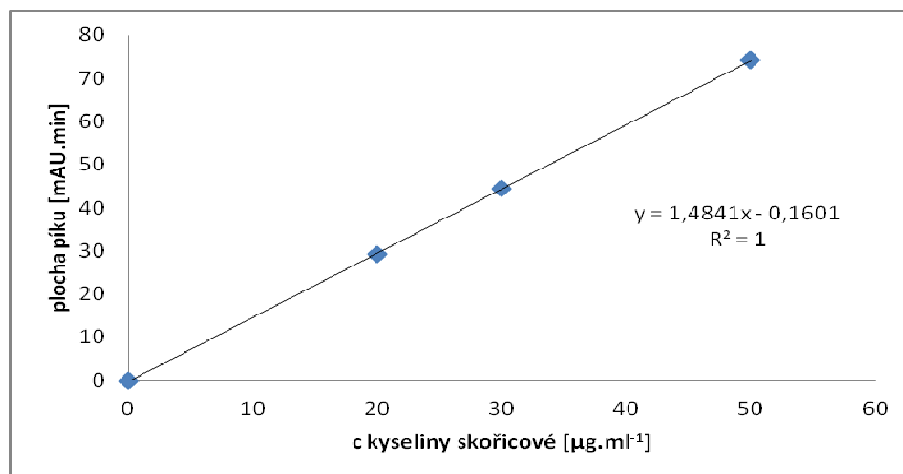
Kalibrační křivka pro stanovení katechinu



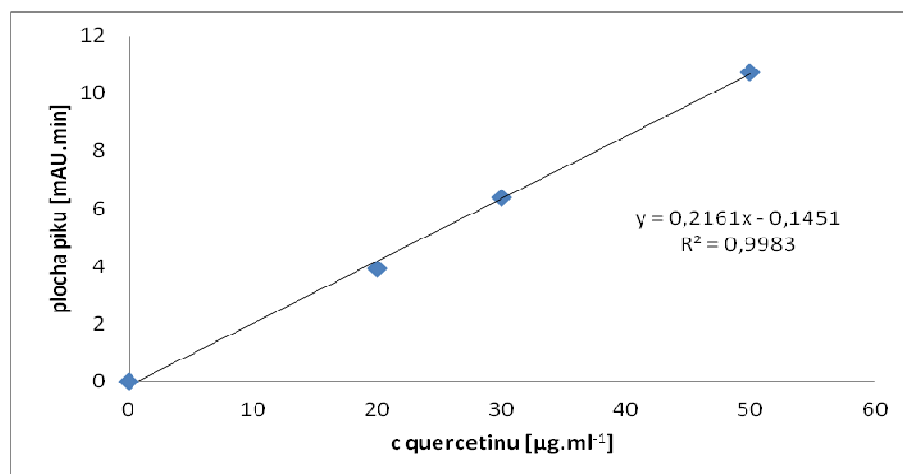
Kalibrační křivka pro stanovení kyseliny kávové



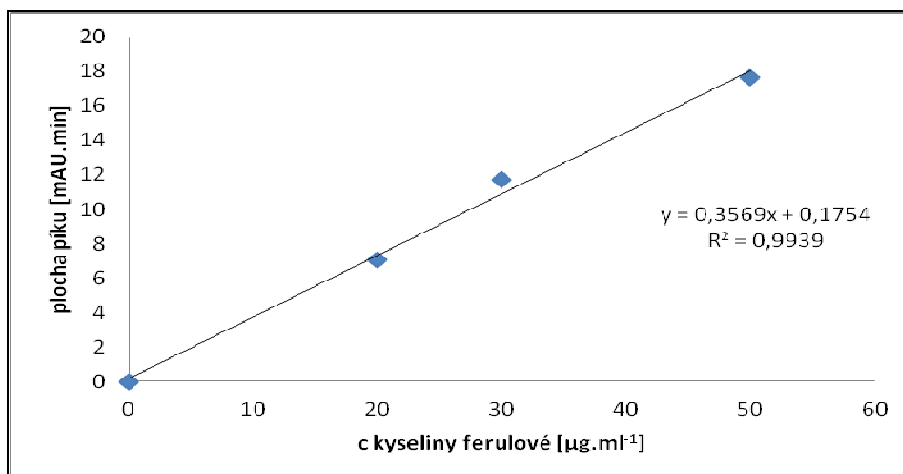
Kalibrační křivka pro stanovení kyseliny kumarové



Kalibrační křivka pro stanovení kyseliny skořicové

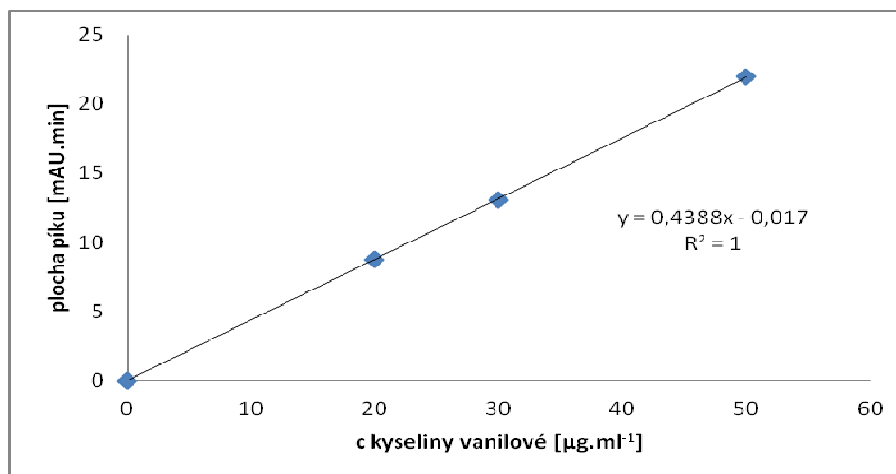


Kalibrační křivka pro stanovení quercetinu

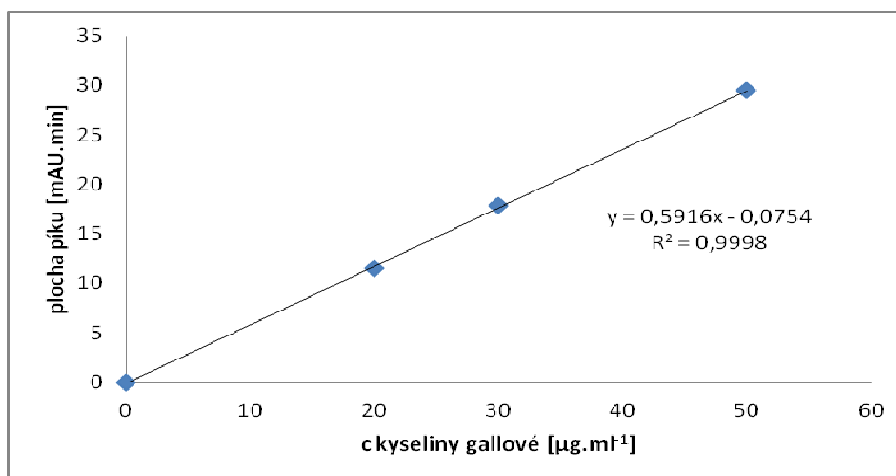


Kalibrační křivka pro stanovení kyseliny ferulové

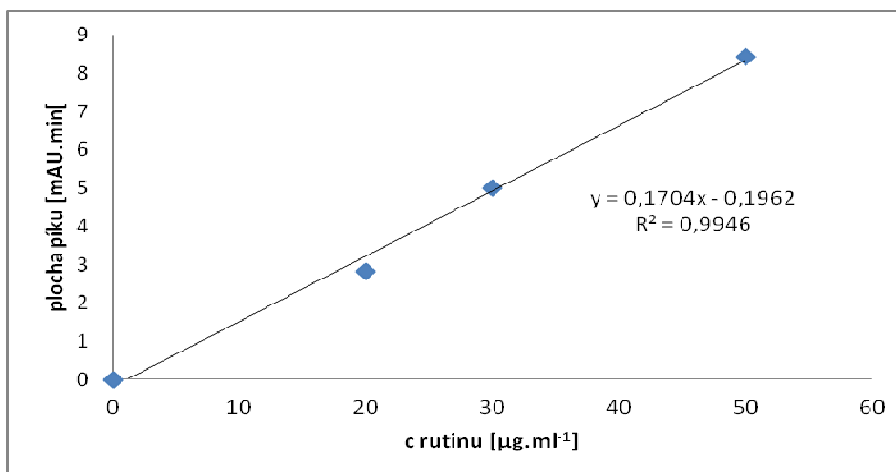




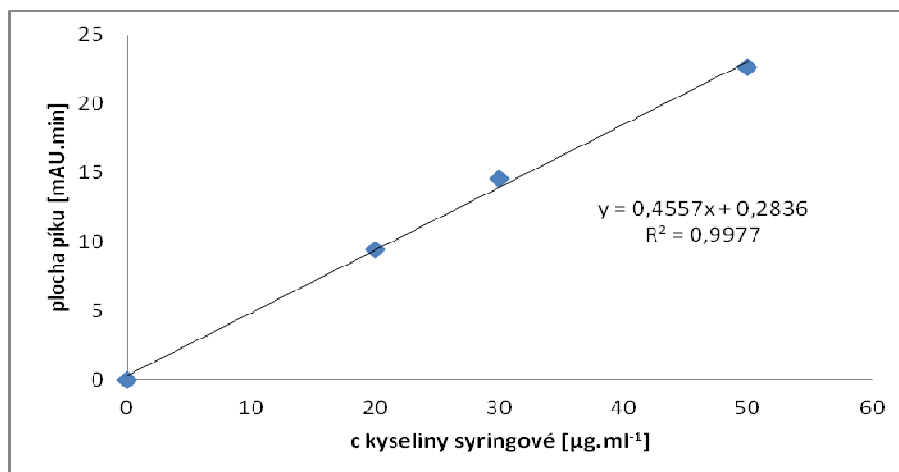
Kalibrační křivka pro stanovení kyseliny vanilové



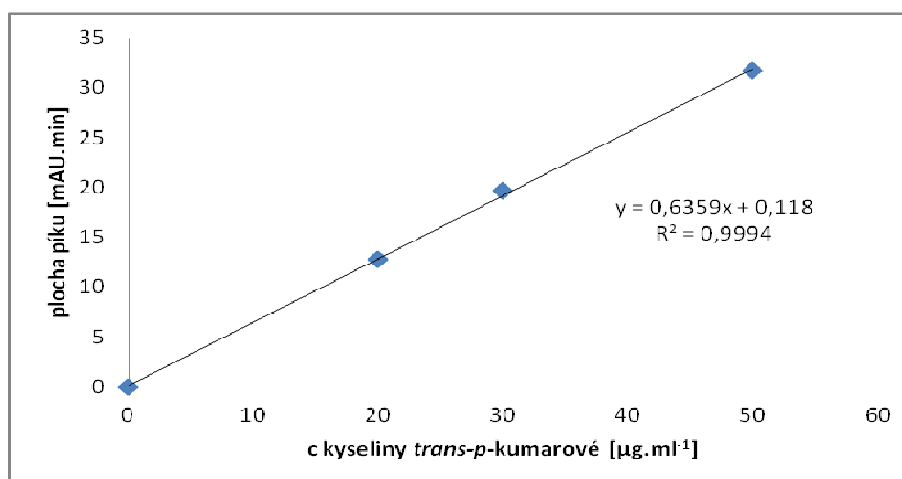
Kalibrační křivka pro stanovení kyseliny gallové



Kalibrační křivka pro stanovení rutinu

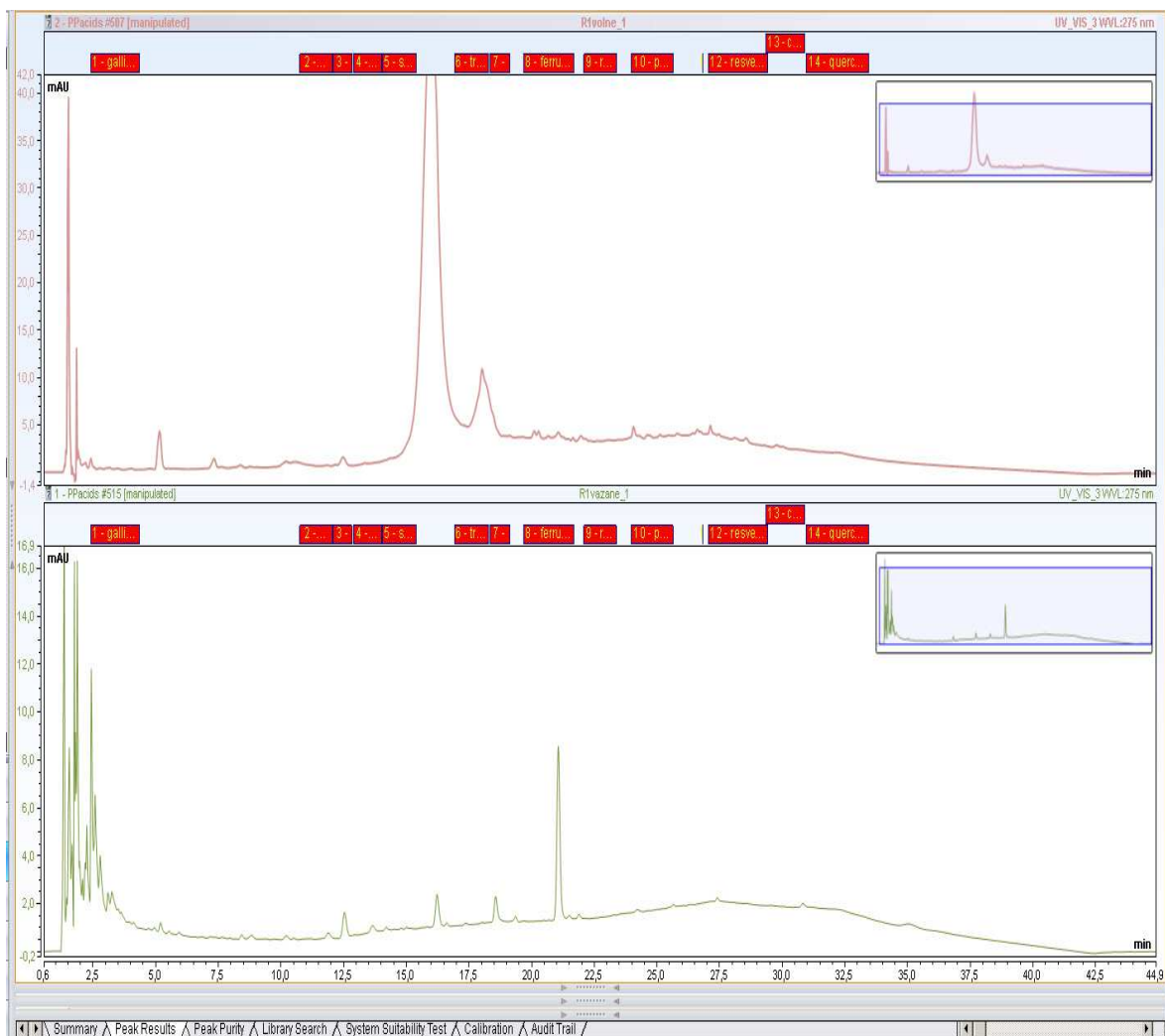


Kalibrační křivka pro stanovení kyseliny syringové



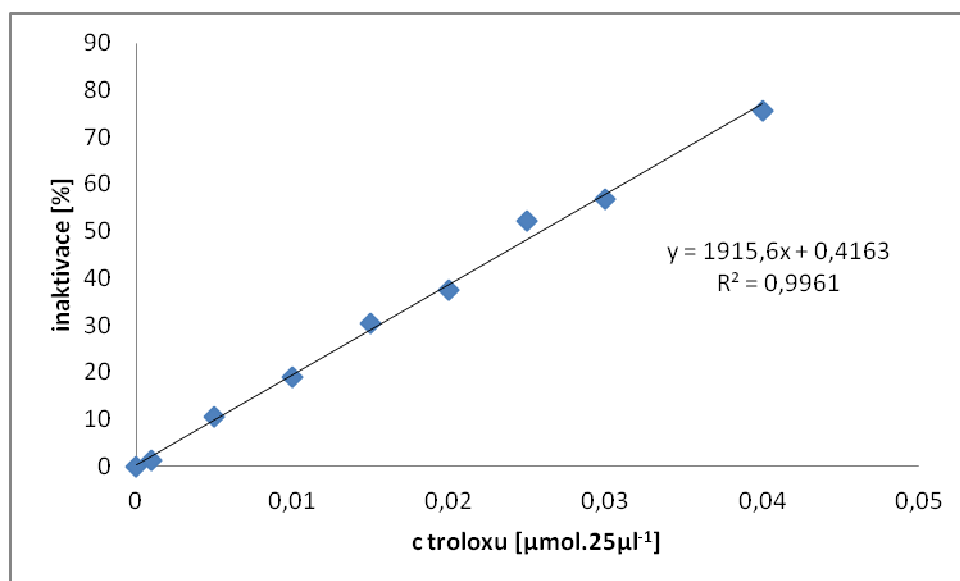
Kalibrační křivka pro stanovení kyseliny *trans-p*-kumarové

## PŘÍLOHA P V: CHROMATOGRAM POLYFENOLICKÝCH LÁTEK

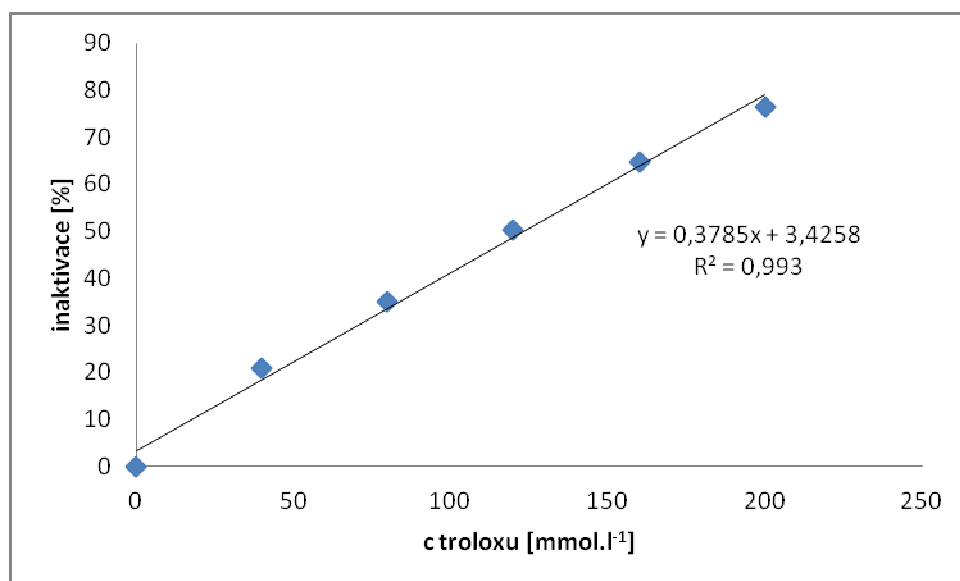


Retenční čas [min]	
Gallová kyselina	3,38
Katechin	11,402
Vanilová kyselina	12,454
Kávoová kyselina	13,466
Syringová kyselina	14,728
trans-Kumarová kyselina	14,728
Kumarová kyselina	18,73
Ferulová kyselina	20,69
Rutin	22,734
Protokatechinová kyselina	24,81
Resveratrol	28,235
Skořicová kyselina	30,127
Quercetin	32,192

## PŘÍLOHA P VI: KALIBRAČNÍ KŘIVKY PRO STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY ABTS A DPPH



Kalibrační křivka pro stanovení antioxidační aktivity – ABTS



Kalibrační křivka pro stanovení antioxidační aktivity – DPPH