

Hodnocení vybraných analytických parametrů a biologicky aktivních látek výrobků z pseudocereálií

Bc. Dagmar Válková

Diplomová práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Dagmar Válková**

Osobní číslo: **T130013**

Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie potravin**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Hodnocení vybraných analytických parametrů a biologicky aktivních látek výrobků z pseudocereálií**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakteristika jednotlivých pseudocereálií – složení, vlastnosti.
2. Popis zpracování pseudocereálií, zdravotních účinků a jejich využití.
3. Analytické metody využívané pro stanovení vybraných parametrů.

II. Praktická část

1. Stanovení sušiny, popela, hrubé bílkoviny a vlákniny ve vybraných výrobcích z pseudocereálií.
2. Stanovení volných polyfenolů a antioxidační aktivity spektrometricky ve vybraných výrobcích z pseudocereálií.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 3*. Tábor: OSSIS, 1999. 368 s. ISBN 80-902391-5-3.

[2] PRUGAR, J. a kol. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: VÚPS, 2008. 327s.

[3] VOLLMANNOVÁ, A., MARGITANOVÁ, E. et al. Cultivar Influence on Total Polyphenol and Rutin Contents and Total Antioxidant Capacity in Buckwheat, Amaranth, and Quinoa Seeds. *Czech J. Food Sci.* 2013, 31, 589-595.

[4] HOLASOVÁ, M. et al. Buckwheat – the source of antioxidant activity in functional foods. *Food Research International*. 2002, 35, 207-211.

[5] LI, H., DENG, Z. et al. Characterization of phenolics, betacyanins and antioxidant activities of the seed, leaf, sprout, flower and stalk extracts of three Amaranthus species. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2014, In Press.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Soňa Škrovánková, Ph.D.

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce:

20. ledna 2016

Termín odevzdání diplomové práce:

29. dubna 2016

Ve Zlíně dne 20. ledna 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: VALKOVA' DAGMAR

Obor: TECHNOLOGIE 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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 29.4.2016

Valková' Dagmar

¹⁾ 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 nevdělečně 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.

²⁾ 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).

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

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

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

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

ABSTRAKT

Teoretická část diplomové práce je zaměřena na charakteristiku, zpracování, zdravotní účinky a využití jednotlivých pseudocereálií – pohanky, amarantu a quinoi. V práci jsou také popsány biologicky aktivní látky a analytické metody využívané pro stanovení vybraných parametrů, antioxidační aktivity a obsahu volných polyfenolů. Praktická část se zabývá stanovením sušiny, popela, hrubé bílkoviny a vlákniny, dále stanovením volných polyfenolů a antioxidační aktivity spektrofotometricky ve vybraných produktech z pseudocereálií.

Klíčová slova: pseudocereálie, analytické parametry, antioxidační aktivita, polyfenoly

ABSTRACT

The theoretical part of the thesis is focused on the characteristics, processing, health effects and the usage of pseudocereals - buckwheat, amaranth and quinoa. Biologically active compounds and analytical methods for determination of selected parameters, the antioxidant activity and the content of free polyphenols are also described. The practical part deals with the determination of dry matter, ash, crude protein and fiber content, determination of free polyphenols content, the antioxidant activity by spectrophotometric method in selected products from pseudocereals.

Keywords: pseudocereals, analytical parameters, antioxidant activity, polyphenols

Chtěla bych poděkovat paní Ing. Soni Škrovánkové, Ph.D., za odborné vedení, trpělivost, rady a čas, které mi poskytla při zpracovávání diplomové práce.

Také bych ráda poděkovala své rodině za podporu během celého studia.

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

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PSEUDOCEREÁLIE.....	13
1.1 POHANKA.....	13
1.1.1 Charakteristika pohanky.....	13
1.1.2 Složení plodů pohanky.....	15
1.1.2.1 Sacharidy.....	15
1.1.2.2 Tuky.....	16
1.1.2.3 Bílkoviny.....	17
1.1.2.4 Minerální látky.....	17
1.1.2.5 Vitaminy.....	17
1.1.2.6 Fenolické látky.....	18
1.1.2.7 Rutin.....	18
1.1.2.8 Antinutriční látky.....	18
1.1.3 Zdravotní účinky pohanky.....	19
1.1.4 Zpracování pohanky pro potravinářství.....	20
1.1.5 Využití pohanky.....	20
1.1.5.1 Pohanka jako potravina.....	21
1.1.5.2 Pohanka jako medonosná rostlina.....	21
1.1.5.3 Pohanka jako krmivo.....	22
1.1.5.4 Pohanka jako meziplodina.....	22
1.2 AMARANT – LASKAVEC.....	22
1.2.1 Charakteristika amarantu.....	22
1.2.2 Složení plodů amarantu.....	24
1.2.2.1 Sacharidy.....	24
1.2.2.2 Tuky.....	24
1.2.2.3 Bílkoviny.....	25
1.2.2.4 Minerální látky.....	25
1.2.2.5 Vitaminy.....	26
1.2.3 Zdravotní účinky amarantu.....	26
1.2.4 Zpracování amarantu.....	26
1.2.5 Využití amarantu.....	27
1.3 QUINOA – MERLÍK.....	27
1.3.1 Charakteristika quinoi.....	27
1.3.2 Složení plodů quinoi.....	28
1.3.2.1 Sacharidy.....	29
1.3.2.2 Tuky.....	29
1.3.2.3 Bílkoviny.....	29
1.3.2.4 Minerální látky.....	29
1.3.2.5 Vitaminy.....	30
1.3.3 Zdravotní účinky quinoi.....	30
1.3.4 Zpracování quinoi.....	30
1.3.5 Využití quinoi.....	31
2 BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY.....	32

2.1	ANTIOXIDANTY A JEJICH ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA	32
2.1.1	Antioxidanty.....	32
2.1.2	Volné radikály	33
2.2	POLYFENOLY	33
2.2.1	Flavonoidy.....	34
2.2.2	Fenolové kyseliny.....	34
2.2.3	Stilbeny a lignany	34
3	ANALYTICKÉ METODY VYUŽÍVANÉ PRO STANOVENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ PSEUDOCEREÁLÍ	35
3.1	STANOVENÍ VLHKOSTI (SUŠINY)	35
3.2	STANOVENÍ OBSAHU POPELA	36
3.3	STANOVENÍ HRUBÉ BÍLKOVINY	36
3.4	STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY	37
3.5	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY	37
3.5.1	Metoda s DPPH.....	37
3.6	STANOVENÍ OBSAHU VOLNÝCH POLYFENOLŮ	39
3.6.1	Metoda s Folin-Ciocalteuovým činidlem	39
II	PRAKTICKÁ ČÁST	40
4	CÍL PRÁCE	41
5	MATERIÁL A PŘÍSTROJE.....	42
5.1	POUŽITÝ MATERIÁL	42
5.2	POUŽITÉ POMŮCKY A PŘÍSTROJE.....	42
5.3	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE	43
5.4	METODIKA STANOVENÍ	44
5.4.1	Stanovení vlhkosti (sušiny)	44
5.4.2	Stanovení obsahu popela.....	45
5.4.3	Stanovení hrubé bílkoviny	45
5.4.4	Stanovení hrubé vlákniny.....	46
5.5	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU S DPPH.....	47
5.5.1	Příprava extraktu pro analýzu.....	48
5.5.2	Příprava reakční směsi	48
5.5.3	Příprava kalibrační křivky	49
5.6	STANOVENÍ OBSAHU VOLNÝCH POLYFENOLŮ	49
5.6.1	Příprava extraktu pro analýzu.....	49
5.6.2	Příprava reakční směsi	49
5.6.3	Příprava kalibrační křivky	50
6	VÝSLEDKY A DISKUSE	51

6.1	STANOVENÍ VLHKOSTI (SUŠINY) PSEUDOCEREÁLÍ.....	51
6.2	STANOVENÍ OBSAHU POPELA PSEUDOCEREÁLÍ.....	53
6.3	STANOVENÍ HRUBÉ BÍLKOVINY PSEUDOCEREÁLÍ	55
6.4	STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY PSEUDOCEREÁLÍ	57
6.5	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY PSEUDOCEREÁLÍ METODOU S DPPH	59
6.5.1	Kalibrační křivka.....	59
6.5.2	Stanovení antioxidační aktivity produktů z pseudocereálií.....	61
6.6	STANOVENÍ OBSAHU VOLNÝCH POLYFENOLŮ PSEUDOCEREÁLÍ METODOU S FOLIN-CIOCALTEUOVÝM ČINIDLEM.....	63
6.6.1	Kalibrační křivka.....	63
6.6.2	Stanovení volných polyfenolů u produktů z pseudocereálií.....	64
	ZÁVĚR	68
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	70
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	82
	SEZNAM OBRÁZKŮ	83
	SEZNAM TABULEK.....	84

ÚVOD

V posledních letech dochází celosvětově ke zvýšené poptávce a spotřebě pseudocereálií neboli pseudoobilovin jako je pohanka (*Fagopyrum esculentum* Moench.), amarant – las-kavec (*Amaranthus L.*) a quinoa – merlík (*Chenopodium quinoa Willd.*).

Pseudocereálie se složením, využitím a zpracováním podobají cereáliím, ale botanicky se k cereáliím neřadí. Považují se za zdravější alternativu cereálií, protože se jedná o přirozeně bezlepkové potraviny. Bezlepkové potraviny konzumují především lidé postižení celiakií, což je celoživotní onemocnění vyžadující vyloučení lepku ze stravy.

Všechny tři zmíněné plodiny obsahují zdroj kvalitních bílkovin, vlákniny, tuků bohatých na nenasycené mastné kyseliny, vitaminů a jiných ochranných látek jako jsou fenolové kyseliny nebo flavonoidy s antikarcinogenními a dalšími pozitivními účinky.

K významným biologicky aktivním látkám nacházejícím se v pseudocereáliích patří antioxidanty jako jsou polyfenoly. Lidské tělo vytváří volné radikály, které se podílí na mnoha civilizačních chorobách. Přirozená obrana lidského organismu proti působení volných radikálů není vždy dostačující, proto je důležitý přísun antioxidantů potravou. Antioxidační aktivita látek přítomných v potravinách působí preventivně proti řadě nemocí, jako jsou např. kardiovaskulární choroby.

Ke stanovení antioxidační aktivity se v současnosti používá řada metod. V práci je pro stanovení antioxidační aktivity využita spektrofotometrická metoda s DPPH. Principem této metody je schopnost stabilního volného radikálu 2,2'-difenyl-1-pikrylhydrazylu reagovat s donory vodíku. Roztok DPPH v metanolu má fialové zbarvení, přičemž působením antioxidantů se intenzita zbarvení snižuje. Rychlost a míra odbarvení jsou úměrné antioxidační aktivitě vzorku. Pro stanovení obsahu volných polyfenolů v pseudocereáliích se často využívá spektrofotometrická metoda s Folin-Ciocalteuovým činidlem. Tato metoda je založena na principu oxidace nebo redukce fenolových látek při reakci s Folin-Ciocalteuovým činidlem.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PSEUDOCEREÁLIE

Poprvé se v literatuře objevuje pojem pseudocereálie u Parodiho v r. 1938. Dělí rostliny, u kterých je plodem zrno, na cereálie neboli obiloviny a pseudocereálie, což jsou rostliny podobné cereáliím v některých vlastnostech, ale zároveň odlišné. Dá se říci, že zájem o tyto rostliny, které je možné zahrnout i k tzv. alternativním rostlinám, stoupá od sedmdesátých let. Do dnešní doby není pojem pseudocereálie přesně definovaný [1].

K používaným a zkoumaným pseudocereáliím patří pohanka, amarant (laskavec) a quinoa (merlík) [1].

Pseudocereálie se vyznačují specifickými chuťovými, nutričními a zdravotními vlastnostmi. Jsou součástí racionální výživy i tzv. funkčních potravin a uplatňují se i v přírodní farmácii nebo kosmetice. Nahrazují, rozšiřují a doplňují sortiment běžných obilovin [2, 3].

Ze semen pseudocereálií se získává mouka, která neobsahuje lepek. Tato vlastnost dělá pseudocereálie velmi užitečnými pro dietu lidí postižených celiakií, kteří jsou alergičtí na bílkovinu lepku α – gliadin [1].

1.1 Pohanka

1.1.1 Charakteristika pohanky

Pohanka (Obr. 1) je jednoroční dvouděložná rostlina s botanickým názvem pohanka obecná či setá (*Fagopyrum esculentum* Moench.), patřící do čeledi rdesnovitých (*Polygonaceae*) a rodu *Fagopyrum* [4, 5].

Pohanka je nenáročná rostlina, roste v prostředí, kde se jiným obilovinám nedaří. Původně pochází ze střední a severní Asie, kde se vyskytovala jako planá rostlina [6]. Do Evropy se dostala až ve 13. století z východu, pravděpodobně při expanzi Mongolů a Tatarů. Na našem území se hojněji pěstovala od 16. století, a to zejména v horských oblastech na chudých půdách Beskyd, v karpatské oblasti a na východním Slovensku [5].

Je rozšířená po celém světě, ale roste hlavně na severní polokouli. Pěstuje se v mnoha zemích jako je Rusko, Čína, USA, Kanada, Francie, Německo, Itálie a Polsko. Mezi největší producenty pohanky patří Rusko a Čína. Existuje mnoho druhů pohanky, ale v mírném

pásmu severní polokoule se pěstují dva druhy. Jedná se o pohanku setou (*Fagopyrum esculentum* Moench.) a pohanku tatarskou (*Fagopyrum tataricum*) [2, 7].



Obr. 1 Pohanka rostlina (*Fagopyrum esculentum* Moench.) [4]

Plodem pohanky jsou hladké trojúhelníkovité nažky s celokrajnými hranami připomínající bukvice, které jsou zpravidla hnědé. Některé odrůdy však mohou mít semena stříbřitě šedá – sivá nebo zbarvená do černa (Obr. 2). Na hranách nažky se v závislosti na odrůdě tvoří větší či menší „křídla“. První nažky dozrávají 25 – 30 dní od začátku kvetení. Oplodí, které těsně obaluje samotná semena, ale nesrůstá s nimi, se odstraňuje při loupání a tvoří 15 – 30 % hmotnosti plodu [4].



Obr. 2 Barevnost nažek pohanky [4]

1.1.2 Složení plodů pohanky

Plody pohanky obsahují přibližně 55 – 70 % škrobu a 12 % plnohodnotných bílkovin (obsahují vysoký podíl lyzinu - esenciální aminokyselina, a to asi jeho dvojnásobek než v obilovinách), 2 % rozpustných sacharidů, 4 % tuku, 4 % vlákniny, 2 % popele a 18 % ostatních prvků, např. organické kyseliny, kyselina citrónová, jablečná a šřavelová, fenolické látky, třísloviny, nukleové kyseliny. Pohanka dále obsahuje rutin. Z vitamínů se v pohance ve větším množství nachází vitaminy B - komplexu. Pohanka obsahuje také minerální látky, např. K, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Se, B, I [7, 8, 10].

Základní živiny spolu s vlákninou jsou obsaženy v pohankové kroupě ve vhodném vzájemném poměru [7]. Tab. 1 shrnuje nutriční složení pohankové nažky a dalších pohankových produktů.

Tab. 1 Složení pohankových produktů [11]

Složky	Nažky	Kroupy	Mouka světlá	Mouka tmavá
Bílkoviny [g/100g]	12,3	12,2	6,4	11,5
Tuk [g/100g]	2,3	3,6	3,2	3,2
Sacharidy [g/100g]	73,3	67,8	79,5	68,6
Vláknina [g/100g]	10,9	7,3	0,5	10
Minerální látky [g/100g]	2,1	2	0,9	2,2

1.1.2.1 Sacharidy

Škrob je hlavním sacharidem pohanky tvořící 51 – 67 % nažky. Pohanka obsahuje méně stravitelného škrobu než pšenice (48 % vařená pohanka, 50 % bílý pšeničný chléb). Zbytek tvoří frakce pomalu rozpustného škrobu a rezistentní škrob, který se uplatňuje v prevenci nádorového onemocnění tlustého střeva a slouží jako potrava pro střevní bakterie. Škrobová zrna pohanky jsou v porovnání s ostatními obilovinami (pšenice, žito, ječmen) malá, 50 % jich dosahuje velikosti 3 – 4,5 μm . Amylóza v pohankovém škrobu tvoří 42 – 52 %. Bobtnavost u pohankového škrobu je vyšší a obsahuje méně stravitelného škrobu v porovnání s pšeničným škrobem [12,2].

Pohanková zrna obsahují 0,65 – 0,76 % redukujících sacharidů, 0,79 – 1,16 % oligosacharidů a 0,1 – 0,2 % neškrobových polysacharidů. Mezi jednoduché sacharidy pohanky se řadí glukosa, fruktosa, sacharosa, rhamnosa, maltosa a rafinosa [13, 14].

Celá kroupa obsahuje 2 % rozpustných sacharidů. Mezi rozpustné sacharidy patří D-chiroinositol a fagopyritoly, které jsou významné pro zrání semen a vhodné jako potravinový doplněk, protože redukují symptomy na insulinu nezávislé cukrovky. Fagopyritoly tvoří asi 40 % celkových rozpustných sacharidů v nažce pohanky. Jsou obsažené především v zárodku a aleuronové vrstvě [12].

Obsah vlákniny v pohance se pohybuje v rozmezí 3,4 – 5,2 %. Pohanka má nižší obsah hrubé vlákniny než běžné obiloviny, nicméně obsah rozpustné vlákniny je zvýšený (35 – 45 %) oproti běžným obilovinám. Většina celkové vlákniny (80 %) je lokalizována v pohankových slupkách [2].

1.1.2.2 Tuky

Pohanka obsahuje asi 4 % lipidů. Z toho je 81 – 85 % neutrálních lipidů, 8 – 11 % fosfolipidů a 3 – 5 % glykolipidů. Obsah celkových lipidů v pohance se shoduje s pšenicí a žitem, zatímco obsah neutrálních lipidů je podobný ovsu. Obsah vázaných lipidů je až dvakrát vyšší než obsah volných lipidů. Nejvyšší koncentrace lipidů je v zárodku [2, 15].

Mezi mastnými kyselinami (Tab. 2) převládá kyselina linolová, olejová a palmitová. Pohanka dále obsahuje kyselinu stearovou, arachidonovou, eikosapentaenovou, behenovou, dále kyselinu α -linolenovou [16, 17].

Tab. 2 Procentuální zastoupení mastných kyselin v pohance seté [17]

Mastná kyselina	Procentuální zastoupení v pohance [%]	Mastná kyselina	Procentuální zastoupení v pohance [%]
Linolová	39,0	Eikosapentaenová	2,3
Olejová	37,0	Arachidonová	1,8
Palmitová	15,6	α -linolenová	1,0
Stearová	2,0	Behenová	1,1

1.1.2.3 Bílkoviny

Obsah bílkovin v nažce pohanky se pohybuje kolem 12 %, může ale kolísat podle odrůdy a podmínek růstu. Obsah bílkovin je důležitým znakem nutriční hodnoty potravin. Pohankové bílkoviny mají velmi vysokou biologickou hodnotu, podstatně vyšší než u bílkovin obilovin. Mají i vyvážený obsah esenciálních aminokyselin [2, 18, 19].

Frakcionací pohanky bylo prokázáno, že hlavními proteiny jsou albuminy a globuliny, které tvoří téměř polovinu všech proteinů, 18,7 % zaujímají gluteliny. Charakteristickým rysem pro bílkoviny pohanky je, že neobsahuje prolaminy [20, 15].

V nažkách pohanky je ve srovnání s běžnými obilninami optimální zastoupení esenciálních aminokyselin, hlavně lyzinu, threoninu, tryptofanu a metioninu. Nažky pohanky mají menší podíl kyseliny glutamové, základní neesenciální aminokyseliny, která je hlavním komponentem zásobních bílkovin u obilovin. Proto je pohanka výborným doplňkem běžných obilovin. Aminokyselinová skladba je shodná se skladbou aminokyselin v luskovinách. U pohanky je limitující aminokyselinou leucin [21].

1.1.2.4 Minerální látky

Pohanka představuje cenný zdroj minerálních látek. Průměrný obsah minerálních látek činí 2 – 2,5 %. Největší obsah je v klíčku, až 50 % a další významný podíl se nachází ve slupkách. Pohankové nažky oproti ostatním obilovinám se vyznačují vysokým obsahem P, K, Mg a Fe. Pohanková mouka je významným zdrojem Zn, Cu, Mn. V porovnání s jinými pseudoobilninami (amarant, merlík) má pohanka nižší obsah Ca. Celkový obsah minerálních látek je mnohem vyšší než u pšenice [2, 22, 23, 24].

1.1.2.5 Vitaminy

V pohance se nacházejí zejména vitaminy skupiny B a z nich především B₁, B₂, B₅ a niacin. Vitaminy jsou v semenech pohanky rozloženy nerovnoměrně. Obsah vitamínu B₁ je 3,3 mg/100g v sušině. Největší koncentrace až 80 % vitamínu B₁ je v aleuronové vrstvě. Vitamin B₁ se podílí především na energetickém metabolismu. Vitamin B₂ (10,6 mg/100g v sušině) je soustředěn v endospermu a v zóně kolem klíčku. Na niacin (18 mg/100g v sušině) jsou bohaté obalové vrstvy semen [2, 25].

Pohanka je bohatá na vitamin E (4,1 mg/100g v sušině), který je účinný jako silný antioxidant, který chrání naše buňky před škodlivým účinkem volných radikálů [17].

1.1.2.6 Fenolické látky

Flavonoidy jsou polyfenolické sloučeniny se vyskytují v různé míře v potravinách rostlinného původu. Obsah fenolických látek v pohance se pohybuje kolem 0,73 %. Zrno pohanky obsahuje až 5 krát více fenolických sloučenin než oves a ječmen. V pohance jsou fenolické látky přítomny volně a jsou rozmístěny v celém zrnu. Fenolické látky vykazují velmi dobrou antioxidační aktivitu. Tepelnou úpravou se obsah fenolických látek nezmění [13, 26, 27]. Obsah fenolických látek v tmavé celozrnné pohankové mouce je až 4 násobně vyšší než v pohankové mouce světlé [5, 28, 29].

1.1.2.7 Rutin

Pohanka našla uplatnění také ve farmaceutickém průmyslu. Rutin (kvercetin-3- β -rutinosid) patří do skupiny rostlinných polyfenolických antioxidantů, které pozitivně působí na imunitní funkce organismu. Obsah rutinu v nažce pohanky tatarské je přibližně 1,8 % a v pohance seté přibližně 0,8 %. Rutin je získáván nejčastěji z natě a květů pohanky, přidává se do léčivých přípravků či doplňků stravy. Na trhu jsou k dostání léčivé čaje ze sušených listů a květů pohanky [2, 11, 30]. Pohankové klíčky obsahují více lyzinu a rutinu než samotná zrna [4].

Klinická studie zkoumající antihyperglykemický a antioxidační efekt rutinu zjistila, že po perorálním podávání rutinu krysám s diabetem došlo po 45 dnech k výraznému snížení lačné glykemie a glykovaného hemoglobinu, ale také ke zvýšení produkce inzulinu, C-peptidu a celkového hemoglobinu a k celkovému zvýšení hladiny proteinů. Podávání rutinu rovněž u diabetických krys významně snížilo obsah reaktivních substancí kyseliny thiobarbiturové a lipidových hydroperoxidů a zvýšilo obsah neenzymatických antioxidantů (glutathionu, vitamínu C, vitamínu E a ceruloplasminu). U zdravých krys tyto sledované účinky nebyly statisticky potvrzeny. Výsledky této studie ukazují, že rutin vykazuje antidiabetické a antioxidační působení u diabetických krys. Pro užití rutinu v léčbě diabetes mellitus a jeho komplikací je třeba dalších klinických a experimentálních studií [31].

1.1.2.8 Antinutriční látky

Obsah antinutričních látek je závislý na odrůdě, způsobu pěstování a zpracování konečného produktu z pohanky. Pohanka má vyšší hladinu taninů (0,5 – 4,5 %), což vede ke snižování využitelnosti proteinů pohanky pro člověka. Dalším důvodem snížení využitelnosti bílko-

vin je přítomnost inhibitorů proteáz. Mezi antinutriční látky pohanky patří také lektiny a saponiny. Inhibitory trypsinu obsažené v pohance jsou tepelně stabilní i při vyšších teplotách [2, 11].

Pohanka obsahuje mimo jiné také fototoxický derivát hypericinu (fagopyrin), který může způsobit hyperfotosenzitivitu. Největší množství se nachází v listech a květech [12].

1.1.3 Zdravotní účinky pohanky

Konzumace pohanky má pozitivní vliv na zdraví lidí, díky vysokému obsahu živin a bioaktivních látek, které pozitivně ovlivňují trávení, játra a kardiovaskulární systém [2, 11].

Pohanka zbavená tuhé slupky je dobře stravitelná. Poskytuje obsah kvalitních proteinů. Proteiny pohanky obsahují všech 8 esenciálních aminokyselin, a proto se jedná o kompletní bílkoviny. Tryptofan, obsažený v pohance, je prekursorem serotoninu, který je důležitý pro duševní zdraví a pohodu. Pohanka je vhodnou volbou pro správně vedenou vegetariánskou dietu. Nízký obsah tuku, absence cholesterolu a vysoký obsah rutinu zajišťuje preventivní působení proti kardiovaskulárním onemocněním. Je tedy velmi vhodná i při dietách s omezením tuku a cholesterolu [2, 32, 33, 34].

Pohanka je bezpečnou surovinou. Je tedy dobrou volbou pro pacienty s celiakií. Podobně jako celá zrna obilovin, je pohanka zdrojem vlákniny a u diabetiků omezuje výkyvy glykemie [33, 4].

Možný vliv pohanky na zlepšení stavu pacientů s diabetes mellitus, aterosklerózou a dalšími chronickými chorobami byl klinickými studiemi potvrzen. Pravidelný přírůstek mouky či dalších produktů z pohanky může pomoci zlepšit jak diabetes mellitus 2. typu a obezitu, také hypertenzi, hypercholesterolemii a zácpu u pacientů s těmito obtížemi [11, 5].

Pokrmy z pohanky jsou vhodné i pro ty, kteří chtějí redukovat svoji váhu. Podíl slizu v pohance napomáhá trávení. Pohankové výhonky obsahují lecithin, rutin a D-chiroinositol, který je vhodný ke snížení glykemie [35, 36].

Pozitivní význam má i velké množství lecitinu (až 0,5 %), který pomáhá regeneraci mozkové kůry. Také vyšší obsah fosforu a přítomnost rutinu zvyšuje nutriční hodnotu pohanky [2, 32].

Pohanka obsahuje kromě flavonoidu rutinu také přírodní antibakteriální látku resveratrol, která snižuje krevní tlak, má antiagregační působení a také snižuje oxidační stres. Resveratrol se považuje za kardioprotektivum a spolu s rutinem působí také preventivně proti vzniku nádorového onemocnění tlustého střeva [30, 37].

Pohankový extrakt může být nápomocný v prevenci rakoviny kůže [12].

1.1.4 Zpracování pohanky pro potravinářství

Než se použije pohanka k lidské výživě, musí se oddělit tvrdé slupky (oplodí) od endospermu. K oddělení tvrdé slupky slouží v praxi dva postupy:

- a) Mechanické loupání – proces, při němž dochází k opakovanému obrušování nažek mezi mlýnskými kameny nebo kotouči s drsným povrchem. Při tomto postupu se zachovávají chuťové vlastnosti a nutriční hodnota nažek. Tento proces je technologicky náročnější.
- b) Termické loupání – proces, při kterém se nažky napaňují horkou párou v přetlakových komorách a následně se rychle vysuší. Oplodí puká a lehce se odděluje od endospermu. Nevýhodou je vyšší energetická náročnost a biochemické změny produktu. Výhodou je vyšší výtěžnost [2].

V ČR je vyráběna celá řada pohankových výrobků, i v kvalitě BIO. Jedná se např. o pohanku neloupanou čištěnou, loupanou – kroupy, lámanku (frakce nad 1mm), krupici (0,3 – 1mm), mouku světlou i tmavou, pohankové či pohankovo-špaldové těstoviny, různé instantní směsi s pohankou (lívance, palačinky, instantní kaše aj.), pohanka pufovaná, vločky, nápoje z pohanky, pohankové čaje, pekařské výrobky a speciální výrobky pro celiaky [2].

Stupeň zpracování velmi negativně ovlivňuje nutriční složení pohankových krup a finálního výrobku, protože klesá obsah vlákniny, minerálních látek a bílkovin [2].

1.1.5 Využití pohanky

Pohanka má mnohonásobné využití nejen jako obilnina, ale i jako zelenina, krmivo pro hospodářská zvířata, k získávání fytofarmak a k využití na zelené hnojení, aj. Jedná se o plodinu vhodnou pro pěstování v ekologickém zemědělství [4, 38].

1.1.5.1 Pohanka jako potravina

Pohanka se využívá na výrobu pečiva a těstovin a pohankové kroupy se uplatňují jako náhražka rýže. Vařené pohankové kroupy obsahují 6 % škrobu odolného vůči působení amylázy. Škrob v trávicím traktu má funkci jako vláknina – prodlužuje pocit sytosti.

Jako zelenina pro výrobu salátů, se využívají čerstvé mladé natě a listy, nebo slouží k přípravě teplých pokrmů. Dále se využívají pohankové výhonky či klíčky, které svým vzhledem připomínají klíčky sojové, ale nemají tak výraznou vůni [4].

Sušené pohankové mléko je vhodné do kávy nebo jako samostatný nápoj. Pohankové slupky se využívají na výrobu čajů s různými příchutěmi. Mají význam pro zlepšení cév a žil v lidském těle [39].

Pohanka se konzumuje v různých zemích v jiných podobách (Obr. 3) [38, 23]:

- Japonsko – nudle „soba“
- Evropa a Severní Amerika – omelety, sušenky, pečivo, nudle
- Polsko a Rusko – polévky, kaše
- Jihovýchodní Asie – nekynutý chleba
- Švédsko – jako příloha k rybě



Obr. 3 Výrobky z pohanky – pohankové nudle „soba“, sušenky, čaj [39]

1.1.5.2 Pohanka jako medonosná rostlina

Med z pohanky obsahuje velké množství bioflavonoidů a působí antibakteriálně. Má výraznou tmavou barvu a specifickou chuť, proto se nedoporučuje mísit s ostatními druhy medu. Obsahuje také velké množství rutinu, který je citlivý na teplo a proto se doporučuje dávat ho do vychladlých čajů, aby neztrácel své léčebné účinky [4, 39].

1.1.5.3 Pohanka jako krmivo

Při pěstování pohanky na zelenou píci se získá kvalitní krmivo, u kterého po odkvětu ze zelené hmoty bylo zjištěno v sušině 21 % vlákniny. Zelená hmota při krmení může způsobit tzv. fagopyrismus – jedná se o alergickou reakci na fototoxickou složku pohanky – fagopyrin. V ČR se pohanka nezkrmuje monodieticky, ale vždy ve směsi s ostatními pícninami a ani intenzita slunečního záření není tak velká, proto se zde fagopyrismus nevyskytuje. Při zkrmování přicházejí v úvahu i jiné části rostlin, jako např. odpad ze třídění nažek, plevy, případně celé nažky a sláma [4].

1.1.5.4 Pohanka jako meziplodina

Jelikož má pohanka krátké vegetační období, používá se jako náhradní plodina i jako meziplodina. Pohanka na málo úrodných nebo neúrodných půdách se využívá pro zelené hnojení, kde vytváří značné množství biomasy. Pěstování pohanky jako meziplodiny lze využít v protierozní ochraně půdy a sít ji na svažitých lokalitách a v místech, kde hrozí vyplavování dusíku. V ČR je doporučovaný termín výsevu kolem 15. srpna. Důležitá je doba setí, kdy můžeme získat z hektaru až 50 t zelené hmoty s vysokým obsahem fosforu a draslíku. Zvýšení produkce následné plodiny o 20 % je po zaorání pohankové slámy, protože má účinnější využití minerálních hnojiv a redukcí fytopatogenní půdní mykoflory, zejména rodu *Fusarium* [4].

1.2 Amarant – Laskavec

1.2.1 Charakteristika amarantu

Amarant (*Amaranthus* sp.), (Obr. 4) je dvouděložná jednoletá jarní rostlina, patřící do čeledi *Amaranthaceae* (laskavcovité) [40, 41].



Obr. 4 Amaranth rostlina, zrno (*Amaranthus* sp.) [42]

Amarant pochází z Jižní Ameriky. Patří mezi nejstarší kulturní plodiny. Pěstovali jej staří Inkové, Aztékové a Mayové již před 5 – 8 tisíci lety [41]. Sklizeň amarantu byla pro Inky slavnostní, podílely se na nich celé vesnice. Inkové si amarantu cenili více než zlata, nazývali ho „nesmrtelným“ a uctívali ho jako božstvo. Po dobytí říše Inků upadl amarant obecně v zapomnění. Mezi lidovými vrstvami obyvatelstva se však pěstování zachovalo [43]. V době objevení Ameriky byl amarant spolu s kukuřicí a fazolemi nejrozšířenější plodinou a v Evropě byl znám jako okrasná rostlina [12]. V době 1970 bylo zjištěno, že zrna merlíku vykazují dobré nutriční vlastnosti a díky tomu se zájem o tuto plodinu zvýšil. Výzkum se zaměřoval na aspekty zemědělství, později i na potravinářské technologie. Dnes je pěstování merlíku opět nízké [44].

Kulturní formy patří mezi jednoleté rostliny, tvořící hluboko pronikající mohutný kořen. Lodyha amarantu je rozvětvená a dosahuje výšky až 2,5 m. Listy jsou řapíkaté, čepele velké vejčitého tvaru s výraznou špičkou na konci. Barva listů je zelená, některé odrůdy mají fialovou kresbu ve tvaru podkovy na okraji listů. Květy jsou jednopohlavní, seskupené v klubíčkách, která se skládají v podlouhlý, rozvětvený vzpřímený lichoklas. Plodem je vejčitá tobolka, v níž jsou okrouhlá elipsovitá, čočkovitá semena s hladkým a lesklým povrchem. Mají nejčastěji žlutozelenou nebo načervenalou barvu semene. Z jedné rostliny je možno získat až 50 000 semen [36, 45].

Amarant se řadí mezi teplomilné rostliny, pro svůj růst vyžaduje hlavně teplo a světlo. Optimální teplota pro jeho růst je 21 – 28 °C. Rostliny amarantu vydrží nízké jarní přímrazky (do -1 až -2 °C). Zmrznutí mladých vzrostlých rostlin nastává při teplotách -3 až -4 °C. Amaranth potřebuje pro růst minimum vody. Snáší i dočasný deficit kyslíku v půdě. Nej-

vhodnější půdy pro jeho růst jsou humózní a kypré s dobrou strukturou. Amarant je citlivý na zaplevelení [45, 46].

1.2.2 Složení plodů amarantu

Amarant má vysokou výživovou hodnotu a je nenáročný na pěstování. Je nazýván plodinou třetího tisíciletí. Obsahuje kvalitní bílkovinu, vlákninu, škrob a olej s vysokým zastoupením nenasycených masných kyselin. Řadí se k bezlepkovým potravinám [47].

Vyznačuje se dobrou skladbou aminokyselin a má vysoký podíl lyzinu. Zelené části rostlin jsou bohaté na bílkoviny, minerální látky a vitamíny. Listy se konzumují jako zelenina nebo se z nich snadno získávají proteinové extrakty vysoké nutriční hodnoty. Chemické složení a tím i nutriční hodnota zrna laskavce je závislá na odrůdách a druzích, pěstitelských a klimatických podmínkách [48].

1.2.2.1 Sacharidy

V amarantu se v malém množství vyskytují sacharidy sacharosa, rafinosa, maltosa a stachyosa. Poměrně velkou část tvoří škrob (50 – 60 %), který je uložen v perispermu. Hlavní složkou škrobu je amyulóza (0 – 22 %) a amylopektin. Škrobová zrna jsou velmi malá (1 – 3 μm) a vyznačují se tvorbou shluků. Škrob má specifické fyzikálně-chemické vlastnosti. V porovnání s pšeničným a kukuřičným škrobem má lepší rozpustnost ve vodě a lépe bobtná. Mazovatí při 62 °C [48].

Vláknina je jedním z faktorů ovlivňující stravitelnost, působí na trávení a vstřebávání živin. Snižuje dostupnost energie, je přirozeně bezlepková a vysoce hodnotná, ve stravě poskytuje objemný materiál pro řádnou funkci střev. Dostatek vlákniny způsobuje pocit sytosti, tím snižuje pravděpodobnost obezity [50].

1.2.2.2 Tuky

U amarantu je důležitý obsah tuku, který tvoří 6 – 9 % a nachází se v klíčku. Tuk má vysoký stupeň nenasycenosti, až 75 %. Obsah tuků je označován za velmi kvalitní svou skladbou mastných kyselin. U světlosemenných druhů tuková část zaujímá 6 – 9 %, u tmavosemenných je vyšší [51].

Amarantový tuk obsahuje ve vysokém počtu nenasycené mastné kyseliny (kyseliny linolová, olejová a α -linolenová kyselina), které pozitivně ovlivňují zdravotní stav. Nejvíce za-

stoupenou nenasycenou mastnou kyselinou je kyselina linolová v listech amarantu a její obsah činí 43 – 44 %. Semena amarantu obsahují 38 – 48 % kyseliny linolové. Kyselina linolová je polyenová mastná kyselina, kterou si lidský organismus neumí sám vytvořit a musí být přijímán potravou. Méně zastoupená nenasycená mastná kyselina je kyselina olejová, její obsah se pohybuje okolo 23 – 24 %. Kyselina linolová a olejová snižují hladinu cholesterolu a krevních tuků [12, 36, 52, 53].

Složení tuku je podobné olejům kukuřice a bavlníku. Tuk je hůře stravitelný, což může souviset s větším obsahem skvalenu, který působí jako antioxidant (triterpenu, meziprojektu biosyntézy steroidů) nebo s výskytem antitripsinu [12].

1.2.2.3 Bílkoviny

Amarantové zrno obsahuje 16 – 18 % bílkovin. Obsah bílkovin kolísá podle druhu amarantu. Rozdíl v obsahu bílkovin a aminokyselin mezi divokým a pěstovaným amarantem doposud nebyl zjištěn, ale u tmavosemenných odrůd byl zjištěn vyšší podíl proteinů a u pěstovaných více lysinu [36, 52].

Zrno amarantu obsahuje nejvíce bílkovin v klíčku a slupce asi 65 %, v perispermu 35 %. Zelené listy a výhonky mají méně bílkovin, asi 27 – 33 %. Biologická hodnota bílkovin amarantu je vyšší než u běžných obilovin jako je pšenice a kukuřice a vyjadřuje kvalitu bílkovin. Plnohodnotná bílkovina obsahuje všechny esenciální aminokyseliny v rovnoměrném poměru. Vaječný bílek se považuje za plnohodnotnou bílkovinu [52].

Bílkovina amarantu má strukturu, která je málo antigenní, proto je nízká pravděpodobnost vzniku alergie na amarant. V zrně amarantu je nízký obsah prolaminů, α -gliadin není v zrně obsažen vůbec. V důsledku nízkého obsahu prolaminů a gliadinů můžou výrobky z amarantu nahradit pšeničnou mouku ve výživě lidí s celiakií. [43, 13]

1.2.2.4 Minerální látky

Semena amarantu jsou dobrým zdrojem minerálních látek, ve srovnání s obilovinami (pšenice) a dalšími pseudoobilovinami (quinoa, pohanka). Semena obsahují 85 % makroelementů (sodík, draslík, fosfor, hořčík) a 50 % mikroelementů (zinek, měď, mangan, železo). Amarant obsahuje 0,5 % vápníku, který často ve stravě chybí. Z nutričního hlediska je významný vysoký obsah železa, který je vyšší než u obilovin [12, 54, 55].

1.2.2.5 Vitaminy

Amarant je důležitým zdrojem vitaminů. Obsah vitaminů u jednotlivých druhů amarantu je téměř shodný. Z vitaminů B jsou to především vitaminy B₁, B₂, niacin, B₆ a vitamin E (α - tokoferoly, β a γ -tokotrienoly). Amarant obsahuje vitamin C, který se u běžných cereálií vyskytuje minimálně [12, 52, 48].

1.2.3 Zdravotní účinky amarantu

Semen amarantu neobsahují lepek, proto se amarantová mouka používá při bezlepkové dietě pro celiaky. V důsledku nízkého obsahu prolaminů a gliadinů, mohou výrobky z amarantu nahradit pšeničnou mouku ve výživě lidí s celiakií, ale i fenylketonurií, což je vrozená metabolická porucha, jejíž podstatou je narušení metabolismu aminokyseliny fenylalaninu [56].

Amarant obsahuje nerozpustnou vlákninu, která je nestravitelná a v organismu se nerozkládá, pomáhá pouze mechanicky. Nerozpustná vláknina nebobtná, váže ale vodu a dá se využít v prevenci a léčbě zácpy. Podporuje peristaltiku střev a střevního obsahu, pomáhá v prevenci rakoviny tlustého střeva, tím že na sebe váže toxiny a rakovinotvorné látky a usnadňuje jejich vylučování z těla. Využívá se proti stresu a zvyšuje rezistenci proti infekci u oslabených jedinců, posiluje imunitní systém [54, 43].

Skvalen je důležitým sterolem amarantu, který je schopen posilovat imunitní systém několikanásobně, a tím zabezpečuje odolnost organismu vůči různým onemocněním a s tím souvisí i zvyšování procesu krvetvorby a tvorby imunoglobulinů. Působí na zvyšování pružnosti stěn krevních cest a jejich průchodnosti. Skvalen likviduje účinky volných radikálů a eliminuje četné vedlejší toxické účinky dlouhodobě nasazených léčiv. Skvalen pozitivně ovlivňuje metabolismus jater a ledvin [57].

1.2.4 Zpracování amarantu

Amarant se zpracovává různými technologickými postupy jako je mletí, pražení, pufrování, extruze, bobtnání, vaření, vločkování, naklíčení, tepelné opracování s vápenným mlékem a rozemílání. Semena amarantu se využívají pro výrobu těstovin, pekařských produktů a v dětské výživě. Nejrozsáhlejším způsobem úpravy semen je pražením při teplotách 170 – 190 °C, kdy zrno pukne a získá svou typickou chuť. Nutriční hodnoty amarantových semen se zvyšují naklíčením, kde dochází k vyššímu obsahu bílkovin, vitaminů, hlavně vitamínu

C a snižuje se energetická hodnota vyklíčených semen. Takto upravené klíčky se přidávají do salátů, dresinků a omáček. Extruzí a tepelným opracováním vápenným mlékem se mění fyzikálně chemické vlastnosti semen a také i nutriční hodnota. Amarantová mouka se zpracovává z neloupaných semen a smíchává se s pšeničnou moukou, kdy zastoupení amarantové mouky je 10 – 30 % [54, 43].

1.2.5 Využití amarantu

Semena amarantu slouží k přípravě kaší nebo se melou na mouku, ze které se pečou chléb, sušenky a ostatní druhy pečiva. Smícháním semen s medem se v Indii připravují placky „laddoss“ (Obr. 5), které jsou oblíbenou cukrovinkou [36]. Amarant má široké potravinářské využití a uplatňuje se i jako krmivo pro hospodářská zvířata. Vyrůstání formy se využívají jako zelené hnojení, energetické plodiny i na výrobu papíru. Některé druhy poskytují surovinu pro produkci barviv a pro výrobu kosmetických přípravků [46].



Obr. 5 Výrobek z amarantu – placky „laddoss“ [58]

1.3 Quinoa – Merlík

1.3.1 Charakteristika quinoi

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) (Obr. 6) je jednoletá rostlina mírného a subtropického pásma. Dosahuje výšky 1,5 až 2 m (někdy i více) a značného rozpětí. Základní barva

semen je zelená. V době dozrávání se mění a přechází do bílé, žluté přes oranžovou až do červené. Některé odrůdy jsou purpurové od „mládí“ a v dospělosti zežloutnou. Bílá i krémově nažloutlá semena jsou podobná zrnům prosa. Roste ve značně rozdílných podmínkách v nadmořské výšce 0 až 4000 m při teplotách až kolem 35° C. Je odolná proti chladu i suchu [59, 60].



Obr. 6 Quinoa rostlina, zrno (*Chenopodium quinoa*) [42]

Quinoa a amarant mají podobnou historii. Pěstovali se v Peru, Bolívii, v oblasti jezera Titicaca 3500 let př. n. l., tedy ještě před vznikem říše Inků, kde ji poznali Španělé. Byla považována za významnou potravinu „matku obilnin“, jak ji nazývali Inkové, ale i za kultovní rostlinu. Pěstování quinoi postupně převažovalo v horských oblastech v nadmořské výšce 3800 m. V té době význam pěstování quinoi poklesl a začaly se pěstovat převážně brambory a kukuřice. Quinoa se do Evropy dostala až v roce 1550 a to hlavně v období hladomoru. V 80. letech minulého století byl velký zájem o tuto potravinu, protože má dobré nutriční vlastnosti. Od té doby výzkum přináší bohaté informace o této plodině [12].

1.3.2 Složení plodů quinoi

Quinoa má vysokou nutriční hodnotu a hlediska aminokyselinového složení obsahuje nejkompletnější rostlinný protein. Lysin je limitující aminokyselinou, u pseudocereálií obsahuje dvojnásobné množství v porovnání s cereáliemi [61].

Dále obsahuje značné množství sirných aminokyselin. Obsahuje arginin a histidin, jež jsou důležité zejména pro výživu dětí, pro které jsou esenciálními aminokyselinami. Tuk obsa-

žený v quinoi má vysoký podíl nenasycených mastných kyselin, hlavně kyseliny linolové [61].

1.3.2.1 Sacharidy

Jednoduché cukry a oligosacharidy v quinoi se nachází v malém množství. Obsah sacharosy je v množství kolem 3 %. Další sacharidy, které se nacházejí v quinoi, jsou glukosa, galaktosa a rafinosa, které se však vyskytují v zrnech v nízkém množství. Obsah glukosy a fruktosy umožňuje jeho použití jako sladu do nápojů [54, 62].

V perispermu quinoi se nachází škrob. Obsah amylosy je okolo 11 %, což je méně než v běžných obilovinách jako rýže (17 %), pšenice (22 %), nebo ječmen (26 %). Granule škrobu mají menší rozměry než u kukuřice (v rozmezí 1 – 23 μm) nebo pšenice (2 – 40 μm) [54, 62].

1.3.2.2 Tuky

Vysoký obsah tuku u quinoi je tvořen příznivou skladbou mastných kyselin. Průměrný obsah tuků v suché hmotě je 8 % [63]. Ty jsou tvořeny z 88 % nenasycenými mastnými kyselinami (22 % olejová, 56 % linolová a 7 % linolenová) a jen 12 % nasycenými (11 % palmitová, 1 % stearová). Vykazují nejvyšší hodnoty z pseudocereálií [12].

1.3.2.3 Bílkoviny

Quinoa má obsah i skladbu bílkovin velmi vyváženou. Z frakcí bílkovin převládají albuminy a globuliny – 60 %, prolaminy – 6 %, gluteliny – 20 % a ostatní – 14 %. Quinoa má jen 1,8 mg lepku na 100 g vzorku a proto je velmi vhodná při využití pro dietu při celiakii. Vysoký podíl albuminů a globulinů značí možnost význačného obsahu esenciálních aminokyselin [12].

Aminokyselinová bilance u quinoi je lepší než u pšenice nebo kukuřice a to především díky vysokým hodnotám aminokyseliny lysinu [64].

1.3.2.4 Minerální látky

Z minerálních látek se v zrnu quinoi nachází větší množství vápníku (874 mg/100g). Vápník podporuje růst kostí a zubů. Dalšími minerálními látkami jsou fosfor, draslík a hořčík.

Obsah draslíku je dvou až trojnásobně vyšší než u hlavních obilovin. Poměr vápník : hořčík je 1 : 3 a vápníku k fosforu je 1 : 6 [64, 62, 65, 66].

Koncentrace minerálních látek je různá u jednotlivých druhů quinoi. K tomu může dojít rozdílnými typy půd a minerálním složením půdy v regionu nebo používáním hnojiv [62].

1.3.2.5 Vitamíny

Quinoa je dobrý zdroj B₁ (0,4 mg/100 g) a kyseliny listové (78,1 mg/100 g). Obsahuje i vitamin E, který působí jako antioxidant a jako ochrana mastných kyselin buněčných membrán proti poškození volnými radikály. Semena obsahují dvojnásobné množství γ -tokoferolu (5,3 mg/100 g) a α -tokoferolu (2,6 mg/100 g) než rýže, ječmen, nebo pšenice [64, 62, 66].

Quinoa obsahuje saponiny, proces odstraňování saponinů má vliv na obsah a složení vitamínu. Vyleštění a umytí před zpracováním semen snižuje obsah thiaminu o 30 %, α -tokoferolu o 5 % a kyseliny listové o 15 % [64, 62, 66].

1.3.3 Zdravotní účinky quinoi

Quinoa neobsahuje žádný gluten, je proto vhodná pro výrobu bezpečných potravin pro celiaky [67].

Zájem o quinou v současné době vychází z vysoké kvality celých rostlin a především semen a z všeobecné snahy o rozšíření spektra alternativních plodin i sortimentu potravin pro racionální výživu, protože quinoa je snadno stravitelná [63]. Má vyšší obsah esenciálních aminokyselin, čímž se podobá sóji. Díky dobrým vlastnostem a vyváženému poměru látek ji lze doporučit kojencům, malým dětem i alergikům. Je zdrojem vitamínu A, B₂ a E, vápníku, železa, mědi a zinku. Obsahuje vysoké množství hořčíku a železa a tím působí preventivně proti chudokrevnosti [68].

Minerální látky obsažené v quinoi, např. zinek, pomáhají imunitnímu systému a hořčík, který je důležitý během tvoření neuropřenašečů a neuromodulátorů [64, 62, 65, 66].

1.3.4 Zpracování quinoi

Ze semen se nejprve odstraňují obaly, které tvoří asi 10 % hmotnosti a obsahují většinu škodlivých saponinů. Pro tento účel jsou vhodné suché postupy zpracování quinoi (loupání,

leštění) nebo tzv. mokré postupy (namáčení, praní) a následně sušení. Při mletí takto upravených semen tvoří mouka asi 50 % a otruby 40 % z výchozí hmotnosti zrna. Živiny včetně bílkovin zůstávají v otrubách [63].

1.3.5 Využití quinoi

Pro potravinářské účely se využívají zejména drobná světlá semena, která mají vysokou nutriční hodnotu a připomínají jáhly nebo kuskus. Podobně jako z pohanky nebo amarantu z ní lze získat mouku, která je dobře stravitelná, má příjemnou chuť a využívá se k dětské výživě. V množství 15 – 20 % se přidává k mouce na pečení chleba. Mouka (Obr. 7) z této plodiny neobsahuje lepek a je proto vhodná pro bezlepkovou dietu [69, 70, 71].

Vařená quinoa má jemnou chuť. Používá se na všechny způsoby – naslano jako příloha k masu a omáčkám, jako ingredience do salátů s masem nebo zeleninou. Používá se také nasladko, např. k snídani smíchaná s medem, ořechy, ovocem či jogurtem [72, 73].

Extrémně malé velikosti granulí škrobu lze pozitivně využít jako výplně do polymerních obalů. Jeho vynikající zmrazovací a rozmrazovací stabilita z něj činí ideální zahušťovadlo při zmrazování potravin. Škroby, které mají malé granule, mají využití sloužit v kosmetice a při výrobě gumových pneumatik [62, 74].



Obr. 7 Mouka z quinoi [75]

2 BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY

2.1 Antioxidanty a jejich antioxidační aktivita

Antioxidační kapacita je definována jako schopnost látky, sloučeniny nebo směsi látek inhibovat rozklad různých sloučenin. Pojem antioxidační aktivita byl zaveden v souvislosti s analýzou vzorků pro vzájemné porovnání antioxidačního působení. Antioxidační aktivita kvalifikuje kapacitu biologického vzorku eliminovat volné radikály. Suma všech látek s antioxidačním účinkem ve vzorku se nazývá celková antioxidační kapacita. U metody DPPH se výsledek obvykle vyjadřuje ve vztahu k tzv. ekvivalentu, např. Troloxu. Jde o poměr antioxidačního účinku vzorku k roztoku troloxu [76].

2.1.1 Antioxidanty

Antioxidační látky v potravinách mají ochrannou funkci. Snižují riziko chronických onemocnění, včetně rakoviny a chorob srdce. Zdrojem přirozeně se vyskytujících antioxidantů jsou např. obiloviny, ovoce, zelenina, některé byliny nebo koření (oregano, šalvěj, tymián) [77, 78].

Mezi nejvýznamnější přírodní antioxidanty se řadí tokoferoly a tokotrienoly, kyselina askorbová, karotenoidy a fenolové látky (flavonoidy, fenolové kyseliny, jednoduché fenoly a stilbeny). V potravinách se navyšuje přirozená hladina antioxidačních látek přidáním dalších antioxidantů z důvodu prodloužení trvanlivosti, zabránění vzniku nežádoucí chuti a vůně nebo pro zvýšení nutriční hodnoty potravin, které obsahují oxidovatelné složky. Přidané antioxidanty do potravin by měly být zdravotně nezávadné, snadno aplikovatelné, účinné v nízkých koncentracích, neměly by vykazovat nežádoucí chuť a aroma a měly by být cenově dostupné. Mezi syntetické antioxidanty se řadí BHA, BHT nebo estery kyseliny gallové [79, 80].

Antioxidační účinek látek vyplývá z jejich specifické struktury. U látek fenolového typu (tokoferoly, flavonoidy) závisí přerušení radikálové řetězové reakce na počtu a poloze hydroxylových skupin a typu dalších substituentů. Většina antioxidantů je kovalentně vázána na buněčnou stěnu. Pro jejich získávání je nutno použít rozpouštědlo (voda, etanol, metanol, aceton) nebo kombinaci rozpouštědel [79, 81].

2.1.2 Volné radikály

Volné radikály jsou vysoce reaktivní látky, které se dostávají působením výfukových plynů, kouřů a UV zářením do biologických systémů [77].

Jedná se o látky s nepárovými elektrony, často přirozeně přítomné v lidském organismu. Působení radikálů na lidské zdraví má negativní vliv. Mohou způsobovat řadu degenerativních onemocnění poškozením biomolekul, oxidací mastných kyselin za tvorby peroxidů nebo oxidací nukleových kyselin a proteinů. Pozitivní účinek volných radikálů spočívá ve schopnosti bílých krvinek využívat tyto látky k ničení mikroorganismů [77, 82].

Volné radikály podporují stárnutí. Způsobují civilizační a rakovinových onemocnění, podílejí se na vzniku diabetu, kožních a imunitních onemocněních, očních chorob a dalších onemocnění, jako je Parkinsonova a Alzheimerova choroba. Antioxidanty v organismu eliminují volné radikály a jejich metabolické produkty. V případě porušení rovnováhy radikálů a antioxidantů nastane stav nazývaný jako oxidační stres, který způsobuje výše uvedené zdravotní problémy [82].

2.2 Polyfenoly

Polyfenolické sloučeniny jsou přírodní látky s více než jednou hydroxylovou skupinou navázanou na aromatickém jádře. Jsou zastoupeny téměř ve všech rostlinách, které chrání před oxidačním stresem, patogeny a UV zářením nebo fungují jako signální molekuly. Taniny slouží jako ochranné látky rostlin před požíváním býložravci, lignany tvoří mechanickou výstuhu rostlinného těla [83]. Polyfenolické látky mají značnou fungicidní, baktericidní i viroidní účinnost [84]. Negativní vliv polyfenolů ve výživě je, že zvláště rozpustné frakce vysokomolekulárních polyfenolů se váží s bílkovinami do nerozpustných komplexů, které nejsou monogastrickými organismy využitelné [84].

Po chemické stránce jsou polyfenolů třísloučiny s vysokou molekulovou hmotností, rozpustné ve vodě nebo alkoholu na roztoky s kyselým pH, nejsou krystalické a s bílkovinami, těžkými kovy a alkaloidy tvoří nerozpustné sloučeniny [85].

Polyfenoly jsou látky fenolické povahy, u kterých doposud nebyl vypracován jednotný systém jejich systematického dělení. Dělí se do několika tříd podle počtu fenolových kruhů na flavonoidy, fenolové skupiny, stilbeny a lignany [86, 87].

2.2.1 Flavonoidy

Flavonoidy jsou rozsáhlou skupinou polyfenolů obsahující v molekule dva benzenové kruhy spojené truhlíkovým řetězcem ($C_6-C_3-C_6$). Všechny tři kruhy bývají substituovány hydroxyskupinami nebo methoxyskupinami. Deriváty se liší stupněm substituce a oxidace. Existuje více než 5000 flavonoidních látek. Uvádí se jako samostatná skupina rostlinných barviv. Flavonoidy jsou ve vodě rozpustné, často barevné, sloučeniny, které se uplatňují v rostlinných systémech [88].

Některé flavonoidní látky jsou důležitými antioxidanty, jiné jsou významné pro svoji chuť (trpké nebo hořké látky nebo jejich prekurzory) nebo mají významné biologické účinky. Biologicky aktivní látky se nazývají bioflavonoidy. Některé mají až 50krát větší antioxidační aktivitu než vitamín C a E [89, 90].

2.2.2 Fenolové kyseliny

Vyskytují se v rostlinných potravinách jako aromatické sekundární metabolity [91]. Jedná se o polyfenolické sloučeniny, které se dělí do dvou základních skupin na deriváty kyseliny benzoové a deriváty kyseliny skořicové. Součástí komplexních struktur jsou hydroxybenzoové kyseliny, jako jsou hydrolyzovatelné taniny [92]. Hydroxyskořicové kyseliny jsou častější, zahrnují kyselinu p-kumarovou, kávovou a ferulovou.

Fenolické kyseliny se vyskytují ve formě volné a vázané. Ve volné formě se vyskytují zřídka a to v ovoci a zelenině. Ve vázané formě jsou obsaženy v zrnech a semenech jako glykosylové deriváty nebo estery kyseliny chinové [86, 90].

2.2.3 Stilbeny a lignany

Stilbeny jsou substituovány sekundární metabolity rostlin. Nejsou v rostlinné říši příliš rozšířeny. Jako volné stilbeny se nacházejí u rostlin, kde doprovází glykosidy. Resveratrol je hlavní představitel s antimikrobními a antioxidačními účinky, je obsažen ve více než 70 druzích rostlin (např. vinné révě nebo podzemnici olejné) [93, 87].

Lignany se vyskytují v přírodě převážně ve volné formě, v lidské stravě je jen malé množství lignanů [94]. Lignany patří mezi fytoestrogeny, jsou přítomné ve lněných semenech a zrnech kukuřice, ovsa, pšenice a žita [95].

3 ANALYTICKÉ METODY VYUŽÍVANÉ PRO STANOVENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ PSEUDOCEREÁLÍ

3.1 Stanovení vlhkosti (sušiny)

Základní charakteristickou hodnotou je obsah sušiny nebo vlhkosti. ČSN pro jednotlivé výrobky předepisuje nejnižší obsah sušiny (většina výrobků), nebo nejvyšší obsah vody. Sušinou se označuje zbytek získaný vysušením navážky vzorku při předepsané teplotě za podmínek metody. Odpařená část se označuje jako vlhkost [96].

Přesný obsah sušiny nebo vlhkosti se analyticky stanovuje poměrně obtížně. Voda se ve výrobcích nachází v podobě volné nebo vázané. Hlavní podíl představuje volná voda, která se snadno odpařuje. Vázaná voda, která se odpařuje neúplně, je buď koloidně vázaná (hlavně na bílkoviny), nebo je vázaná krystalicky. Výsledek stanovení je ovlivněn vysoušecí teplotou. Některé těkavé složky těkají současně s vodní parou, jiné složky spolu mohou reagovat (Maillardovy reakce mezi cukry a bílkovinami nebo oxidace probíhající na dvojných vazbách nenasycených mastných kyselin v tukové složce). Změny probíhají v různé míře dle vysoušecích teplot a době jejich působení [96].

Metody pro stanovení vlhkosti (sušiny) lze rozdělit do několika skupin [96]:

1. Metody, při kterých se navážka vzorku vysouší při přesně určené tzv. konstantní teplotě v sušárně v přesně vymezených podmínkách. Úbytek hmotnosti se zjišťuje vážením. Jedná se o metody přesné, které jsou současně metodami rozhodčími.
2. Metody, které používají k vysoušení vyšších teplot nebo jiných zdrojů tepla (kahan, vařič, lampy s infračerveným zářením). Úbytek hmotnosti se zjišťuje vážením (s nižším nárokem na přesnost). Jde o metody technické a provozní s nižším nárokem na reprodukovatelnost. Metody jsou rychlejší.
3. Metody nepřímé, určující obsah sušiny (vlhkosti) z jiných stanovených fyzikálně chemických hodnot nebo vlastností, které s obsahem sušiny (vlhkosti) korespondují.

3.2 Stanovení obsahu popela

Pod pojmem popeloviny se rozumí obsah minerálních látek, u obilovin nebo pseudocereálií přenesených do mouky ze zrna, především z jeho obalových vrstev. Obsah popela tedy souvisí se stupněm vymletí. Jsou to hlavně draselné, sodné, vápenaté a hořečnaté soli fosforečnanů, hydrogenfosforečnanů, dihydrogenfosforečnanů, chloridů, uhličitanů, křemičitanů, síranů apod. [97], [98].

Popelem se označuje množství nespalitelných anorganických látek, které zůstanou po spálení zkoušeného vzorku v elektrické peci při teplotě 900 °C +/- 50°C. Zkoušený vzorek se spálí bez přísad, jde o metodu rozhodčí a nespálený zbytek se zváží, jde tedy o gravimetrickou metodu [97].

3.3 Stanovení hrubé bílkoviny

Bílkoviny jsou vysokomolekulární látky (biopolymery) složeny z dusíkatých látek. Základem jejich molekuly je polypeptidový řetězec tvořený stovkami až tisíci aminokyselin. V bílkovinách se nachází asi 90 % aminokyselin přítomných v organismu [99, 100].

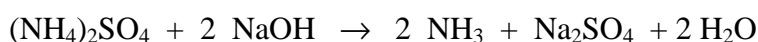
Pro stanovení obsahu bílkovin se využívají analytické metody založené na přepočtech z empirických vztahů. Klasickou a rozhodčí metodou je mineralizace vzorku koncentrovanou kyselinou sírovou podle Kjeldahla s následujícím stanovením dusíku ve zmineralizovaném podílu vzorku. K přepočtu obsahu dusíku na bílkoviny se používá korekční součinitel, který vychází z průměrného obsahu dusíku v příslušné bílkovině [96].

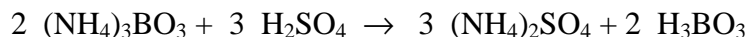
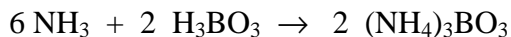
Pro bílkoviny obilovin, chleba, mouky a těstovin se uvádí korekční součinitel 6,25.

Tzv. hrubá bílkovina se stanoví přepočtem celkového dusíku na bílkoviny [96].

Procesem mineralizace se ze vzorku odstraní organické látky, a můžou se stanovovat látky anorganické. Mineralizace probíhá za varu s koncentrovanou H₂SO₄ a dochází k hydrolytickému rozkladu bílkovin. Reakce je urychlena použitím katalyzátoru H₂O₂.

Z mineralizátu vzorku, připraveného podle Kjeldahla (obsahuje síran amonný), se uvolňuje přidávkem koncentrovaného roztoku NaOH amoniak, ten se předestiluje s vodní parou v destilačním přístroji do roztoku kyseliny trihydrogenborité. Vzniklý boritan amonný se stanoví titračně odměrným roztokem kyseliny sírové na indikátor Tashiro.





Z množství spotřebovaného odměrného roztoku H_2SO_4 se vypočítá obsah dusíku. Výsledek se přepočítá na navážku a vynásobením faktorem 6,25 a určí se % hrubé bílkoviny v analyzovaném vzorku.

3.4 Stanovení hrubé vlákniny

Hrubá vláknina (nerozpustná frakce vlákniny), je složena z celulózy a ligninu. Pro stanovení se používá slabá kyselina a slabá zásada. Při stanovení do inkubačního roztoku uniká tzv. rozpustná vláknina.

Při stanovení hrubé vlákniny se využívá metody za použití filtračních sáčků, ve kterých je zatavený vzorek a tím odpadá samostatná filtrace. Přes stěnu sáčku odchází do roztoku rozpustné látky a nerozpuštěné částice zůstávají uvnitř. Pulzní svářečkou se sáček zataví a uzavře. Po zatavení jsou sáčky vloženy do nosiče extrakčního přístroje, který zahřívá a promývá sáčky extrakčním činidlem [101].

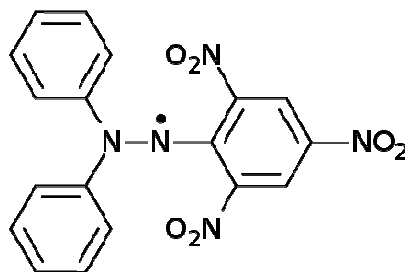
3.5 Stanovení antioxidační aktivity

Pro stanovení antioxidační aktivity se používá hodně metod a pracovních postupů, které poskytují vzájemně odlišné výsledky. Většinou nejsou identifikovány či dokumentovány faktory způsobující rozmanitost v hodnotách stanovených různými metodami. Antioxidační aktivitu ovlivňuje koncentrace antioxidantu, přítomnost jiných antioxidantů, oxidovaný substrát, pH, použité rozpouštědlo, homogenita či vícefázovost sledovaného systému, oxidační činidlo, parciální tlak kyslíku, teplota, přítomnost iontů kovů aj. Antioxidanty mají schopnost vychytávat volné radikály [77, 102].

3.5.1 Metoda s DPPH

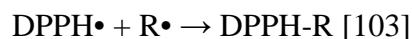
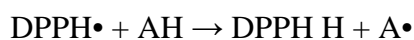
Metoda je považována za jednu ze základních metodik k posouzení antiradikálové aktivity čistých látek i směsných vzorků (čistých syntetických antioxidantů, izolovaných přírodních

látek, rostlinných extraktů a potravin) [103]. Metoda využívá stabilního 2,2-difeny-1-pikrylhydrazylového radikálu (DPPH•).



Obr. 8 2,2-difeny-1-pikrylhydrazyl

Jedná se o rychlou, jednoduchou a nenákladnou metodu, která se často využívá u pevných a kapalných vzorků. Principem reakce je redukce radikálu DPPH• za vzniku DPPH-H [77, 103].



DPPH v methanolu vytváří intenzivně fialové zbarvení, které je měřitelné spektrofotometrem při 515 nm. Působením antioxidantů se intenzita jeho zbarvení snižuje. Rychlost a míra odbarvení jsou pozorovatelné pouhým okem a jsou úměrné antioxidační aktivitě vzorku. Jako standard může být použita např. kyselina gallová, kyselina askorbová, kyselina izoaskorbová, epikatechin nebo Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina). Na ekvivalentní množství Troloxu se antioxidační aktivita přepočítává nejčastěji [104].

Antioxidační látky mohou být rozpustné ve vodě, v tuku, či vázány na buněčnou stěnu. Proto je pro jejich správné stanovení nutný vhodný typ extrakce pro izolaci všech antioxidačních složek přítomných ve vzorku [77].

3.6 Stanovení obsahu volných polyfenolů

Polyfenoly jsou nízkomolekulární sekundární produkty rostlinného metabolismu. Nachází se v mnoha aromatických rostlinách, kde pomáhají chránit rostlinu před ultrafialovým zářením, patogeny a rostlinnými viry [105].

V přírodních látkách byla opakovaně potvrzena biologická aktivita zejména v oblasti indukce biotransformačních enzymů, inhibice přeměny prekarcinogenů na karcinogeny *in vivo*, antioxidační aktivity aj. Pro vědecký výzkum zůstávají i nadále středem pozornosti skupiny flavonoidů, rostlinných fenolů a fenolických kyselin, rostlinných polyfenolů s polymerovanou nebo polykondenzovanou strukturou a také některých fytochemických faktorů nefenolové povahy [106].

3.6.1 Metoda s Folin-Ciocalteuovým činidlem

Metoda je založena na principu oxidace nebo redukce fenolových látek při reakci s Folin-Ciocalteuovým činidlem, které se skládá z wolframu sodného, kyseliny orthofosforečné, kyseliny chlorovodíkové, molybdenanu sodného, síranu lithného a bromu.

V alkalickém prostředí (k reakční směsi se přidává Na_2CO_3) dochází k oxidaci fenolických látek ze žlutého zbarvení fosfowolframové heteropolykyseliny za vzniku komplexu a modrého zbarvení s následným spektrofotometrickým měřením při 765 nm po uplynutí dostatečné reakční doby, např. 120 min. Jako standard se nejčastěji používá kyselina gallová [107, 108, 109].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo stanovení vybraných analytických parametrů a stanovení anti-oxidační aktivity a obsahu volných polyfenolů ve vybraných pseudocereálních produktech.

1. Formou literární rešerše popsat charakteristiku, složení, zdravotní účinky, zpracování a využití jednotlivých pseudocereálií.
2. V rámci praktické části stanovit analytické parametry – obsah sušiny, popela, hrubé bílkoviny a vlákniny a také obsah volných polyfenolů a antioxidační aktivitu spektrofotometrickou metodou ve vybraných produktech z pseudocereálií.

5 MATERIÁL A PŘÍSTROJE

5.1 Použitý materiál

Vzorky použité pro jednotlivá stanovení byly zakoupeny v tržní síti. Označení vzorků a zemi původu udává Tab. 3.

Tab. 3 Seznam použitých vzorků pseudocereálií

Vzorek pseudocereálie	Země původu	Datum spotřeby
Quinoa bílá, zrno	Peru	9/2015
Quinoa červená bio, zrno	Bolívie	12/2015
Quinoa černá, zrno	Peru	5/2015
Pohanková mouka	ČR	7/2015
Pohanková mouka celozrnná	ČR	7/2015
Pohanková mouka hladká	Litva	6/2015
Pohanka kroupa	Polsko	7/2015
Pohanka loupaná světlá	Polsko	3/2015
Pohanka loupaná tmavá	Polsko	6/2015
Amarant zrno	Indie	9/2015
Amarantová mouka	Maďarsko	7/2015
Amarantová mouka celozrnná plnotučná	ČR	10/2015
Amarantové vločky	Německo	5/2015

5.2 Použité pomůcky a přístroje

- hliníkové misky
- laboratorní sklo a pomůcky
- exikátor

- laboratorní sušárna (Venticell, BMT ČR)
- analytické váhy (OHAUS, Švýcarsko)
- spalovací porcelánové kelímky
- elektronická muflová pec (018 LP, Svoboda, ČR)
- mineralizační aparatura Digesdahl
- destilační aparatura Parnas-Wagner
- automatický titrátor
- filtrační sáčky F57 (ANKOM)
- zařízení na zatavení filtračních sáčků (Penta)
- Fiber analyzer ANKOM technology
- spektrofotometr (Spekol 11, ČR)
- elektrický mlýnek (Combi-star, Waldner biotech, Rakousko)

5.3 Použité chemikálie

- H_2SO_4 (p.a., Fischer Scientific)
- katalyzátor H_2O_2 (p.a., Fischer Scientific)
- NaOH (P. Lukeš, Uherský Brod)
- demineralizovaná voda
- H_3BO_3 (p.a., Fischer Scientific)
- Tashirův indikátor
- aceton
- roztok DPPH (Aldrich, USA)
- metanol
- Trolox
- Folin-Ciocalteuovo činidlo (Penta, ČR)

- Na₂CO₃ (P. Lukeš, Uherský Brod)
- kyselina gallová (Sigma, Německo)

5.4 METODIKA STANOVENÍ

Před vlastním stanovením byly vzorky vyžadující úpravu homogenizovány v mlýnku, pro dosažení rovnoměrné konzistence a homogenity vzorku.

5.4.1 Stanovení vlhkosti (sušiny)

Obsah vlhkosti a sušiny u vzorků pseudocereálií byl stanoven gravimetrickou metodou. Jde o metodu rozhodčí (uzanční), při které se navážka vzorku vysouší v předepsaném rozmezí teplot a při dodržení předepsaných podmínek, kontrolované v určených časových intervalech [96].

Hliníkové misky s víčkem byly dány na vysušení do sušárny při teplotě 105 °C po dobu 20 minut. Po ochlazení v exsikátoru byly misky zváženy na analytických vahách a bylo naváženo 10 g vzorku s přesností na 0,0001 g. Vzorky pseudocereálií byly rozprostřeny do stejnoměrné vrstvy na dno misky a miska se umístila do sušárny s odklopeným víčkem. Vzorky byly sušeny při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti. Po vysušení se misky vložily do exsikátoru. Následně byly misky zváženy na analytických vahách s přesností na 0,0001 g [97, 110]. Výsledek je průměr hodnot ze tří stanovení od každého vzorku. Byla vypočtena směrodatná odchylka.

Obsah vlhkosti v % (w/w):

$$p_v = [(m_1 - m_2) / (m_1 - m_0)] * 100$$

kde m_0 – hmotnost vysušené prázdné misky [g]

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

m_2 – hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g]

Obsah sušiny v % (w/w):

$$S = 100 - p_v$$

5.4.2 Stanovení obsahu popela

Porcelánové kelímky byly vyžehány v muflové peci při teplotě 550 °C 1 hodinu. Poté byly ochlazeny v exsikátoru. Vyžehané a vychlazené porcelánové kelímky byly zvaženy na analytických vahách s přesností na 0,0001 g. Následně byl do kelímků navážen 1 g vzorku s přesností na 0,0001 g. Kelímky byly umístěny do pece, kde se jejich obsah spálil při teplotě 550 °C a následně se zpopelnil při teplotě 900 °C po dobu, než byl obsah bez výskytu černých částí, které charakterizují nedokonalé spálení. Po spálení byly kelímky vyjmuty z pece a vloženy do exsikátoru, kde se nechaly vychladnout. Po ochlazení byly kelímky zvaženy na analytických vahách s přesností na 0,0001 g [97]. Výsledek je průměr hodnot ze tří stanovení od každého vzorku. Byla vypočtena směrodatná odchylka.

Obsah popela v % (w/w):

$$p = [(m_p - m_0)/(m_v - m_0)] * 100$$

kde m_p – hmotnost kelímku s popelem [g]

m_0 – hmotnost prázdného kelímku [g]

m_v – hmotnost kelímku s navázkou vzorku [g]

Obsah popela v sušině se vypočítá v %:

$$p_s = (p/S) * 100$$

kde p – obsah popela v % (w/w)

S – sušina v % (w/w)

5.4.3 Stanovení hrubé bílkoviny

Nejprve se provedla mineralizace vzorku mokrou cestou pomocí mineralizační aparatury Digesdahl. Do mineralizační baňky bylo na analytických vahách naváženo 0,5 g zhomogenizovaného vzorku s přesností na 0,0001 g. Ke vzorku bylo přidáno 5 ml koncentrované H_2SO_4 . Na mineralizační baňku se nasadil chladič. Baňka se vložila na topnou desku mineralizátoru, která je vyhřátá na teplotu 430 °C. Obsah mineralizační baňky se nechal vřít 20 minut. Po této době se přidával katalyzátor 5 ml H_2O_2 . Obsah mineralizační baňky se ne-

chal vřít, dokud neskončila bouřlivá reakce a mineralizát nebyl čirý. Mineralizát se po vychlazení kvantitativně převedl do odměrné baňky o objemu 50 ml a byl doplněn po rysku destilovanou vodou.

K vlastnímu stanovení byla použita Parnas-Wagnerova aparatura. Jedná se o klasickou destilaci prováděnou metodou podle Kjeldahla s úpravou podle Winklera. Do destilační baňky přístroje bylo napipetováno 10 ml mineralizátu a následně 20 ml 30 % roztoku NaOH. Amoniak uvolněný přidavkem NaOH byl predestilován destilací s vodní parou do titrační baňky s 50 ml 2 % roztoku kyseliny borité. Destilace trvala 20 minut od počátku varu.

Do titrační baňky byly přidány 3 kapky indikátoru Tashiro. Destilát se titroval odměrným roztokem 0,0256 M H₂SO₄ do stálého červenofialového zbarvení pomocí automatického titrátoru. Z množství spotřebované kyseliny sírové byl vypočítán obsah dusíku a ten se přepočítal na obsah „hrubé bílkoviny“ vynásobením přepočítacím faktorem.

Výpočet hmotnosti hrubé bílkoviny [mg]:

$$m = a \cdot c_{\text{H}_2\text{SO}_4} \cdot M_{\text{N}} \cdot f_t \cdot f_z \cdot f_{\text{př}}$$

kde a – spotřeba odměrného roztoku H₂SO₄ při titraci [ml]

$c_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ – přesná koncentrace odměrného roztoku H₂SO₄ [mol.l⁻¹]

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

f_t – titrační faktor ($f_t = 2$)

f_z – zřed'ovací faktor

$f_{\text{př}}$ – přepočítací faktor podle druhu potraviny (6,25)

Obsah hrubé bílkoviny v předloženém vzorku byl přepočítán na % (w/w).

5.4.4 Stanovení hrubé vlákniny

Do předem zváženého prázdného filtračního sáčku F57 na analytických vahách s přesností na 0,0001 g, který byl předem proprán v acetonu a dokonale odvětrán, bylo naváženo 0,5 g vzorku s přesností na 0,0001 g. Filtrační sáčky se vzorky a filtrační sáček pro stanovení

korekce (prázdný) byly zataveny. Ze zatavených sáčků se vzorkem byl extrahován tuk propíráním acetonem v uzavřené nádobě. Poté byly filtrační sáčky opět odvětrány. Filtrační sáčky byly vloženy do zavěšovače a dány do analyzátoru ANKOM 200/220 Fiber analyzer. Do přístroje byla přidána 0,0256 M H₂SO₄ a hydrolýza vzorků probíhala za zvýšené teploty s třepáním. Po této době byly sáčky v přístroji promývány 3x po dobu 5 minut horkou vodou (85-90 °C). Následně byl postup opakován s přidavkem 0,313M NaOH. Sáčky byly po konečném promytí ponořeny do acetonu, odvětrány a následně sušeny v sušárně při 105 °C po dobu 4 hodin. Vysušené filtrační sáčky se vzorky byly zváženy na analytických vahách s přesností na 0,0001 g a následně spáleny v muflové peci při 550 °C asi 5 hodin v předem vyžháném a zváženém kelímku. Kelímky se nechaly vychladnout v exsikátoru a vzorky byly opět zváženy na analytických vahách s přesností na 0,0001 g.

Obsah hrubé vlákniny HV [%] v sušině vzorku:

$$HV = [(m_r - m_{ps}c_1) - (m_{cp} - m_{ps}c_2) / m_{nv}] * 100$$

- kde: m_{ps} hmotnost prázdného sáčku [g]
 m_{nv} hmotnost navážky vzorku [g]
 m_r hmotnost vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolýze [g]
 m_{cp} hmotnost popela po spálení vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolýze [g]
 c_1 korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze
 c_2 korekce hmotnosti sáčku po spálení
 $c_1 = m_s / m_{ps}$ $c_2 = m_p / m_{ps}$
 m_s hmotnost vysušeného sáčku po hydrolýze [g]
 m_p hmotnost popela sáčku [g]

5.5 Stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH

Pro stanovení antioxidační aktivity byla použita spektrofotometrická metoda s DPPH se standardem Trolox. Metoda spočívá v reakci antioxidantů ve vzorku se stabilním radiká-

lem DPPH – difenylpikrylhydrazylem při níž dochází k redukci radikálu za vzniku DPPH-H (difenylpikrylhydrazin).

Antioxidační aktivita pseudocereálií se vyjádřila v mg/ml Troloxu.

5.5.1 Příprava extraktu pro analýzu

Extrakt byl připraven modifikovaným postupem z literárního zdroje [111] smícháním 1 g zhomogenizovaného vzorku, zváženého na analytických vahách s přesností na 0,0001 g, s 25 ml 80 % metanolu. Extrakt byl třepán v třepačce při teplotě místnosti po dobu 8 hodin při 250 otáčkách za minutu. Extrakt byl poté zfiltrován přes filtrační papír a skladován v chladu při 8 °C pro další analýzu.

5.5.2 Příprava reakční směsi

Experimentálně vyzkoušená, nejvhodnější reakční směs byla připravena modifikovaným postupem z literárního zdroje [111]. Do zkumavek bylo napipetováno 3,9 ml roztoku DPPH v metanolu o koncentraci 1mM a 0,1 ml extraktu vzorku, který byl získán postupem uvedeným v kapitole 5.5.1. Zkumavky byly uzavřeny a uloženy do tmy při laboratorní teplotě. Po 10 min. byla měřena jejich absorbance při vlnové délce 515 nm proti slepému vzorku (směs obsahovala místo roztoku DPPH destilovanou vodu, a odpovídající množství filtrátu). Od každého vzorku byly připraveny reakční směsi, které byly třikrát proměřeny. Dále byly připraveny kontrolní roztoky, kdy místo filtrátu byl použit 80 % metanol. Ze tří získaných hodnot absorbance pro každý vzorek byl udělán průměr a následně vypočítána inaktivace v % (w/w) dle vzorce:

$$I = [(A_0 - A_1) / A_0] * 100$$

kde: A_0 – absorbance kontrolního roztoku

A_1 – absorbance reakční směsi – roztok DPPH s extraktem

Inaktivace byla přepočítána podle navážky a výsledek byl uveden v mg/g.

5.5.3 Příprava kalibrační křivky

Pro sestrojení kalibrační křivky metodou DPPH byl jako standard použit Trolox. Zásobní roztok měl koncentraci 0,600 mg/ml. Z tohoto zásobního roztoku byly připraveny tyto koncentrace Troloxu (0,01; 0,02; 0,03; 0,05; 0,075; 0,1; 0,15; 0,175 mg/ml). Z každé koncentrace bylo odpipetováno 0,1 ml a smícháno s 3,9 ml roztoku DPPH. Reakční směs byla ponechána v temnu po dobu 10 minut a poté byla proměřena absorbance při vlnové délce 515 nm proti slepému vzorku. Ze tří získaných hodnot absorbance pro každý vzorek byl udělán průměr a následně vypočítána inaktivace v % (w/w) dle vzorce:

$$I = [(A_0 - A_1) / A_0] * 100$$

kde: A_0 – absorbance kontrolního roztoku

A_1 – absorbance reakční směsi – roztok DPPH s Troloxem v určité koncentraci

Kalibrační křivka byla sestrojena jako závislost zjištěné inaktivace I na koncentraci standardu Troloxu v mg/ml.

5.6 Stanovení obsahu volných polyfenolů

Pro stanovení obsahu volných polyfenolů byla použita spektrofotometrická metoda s Folin-Ciocalteuvým činidlem a standardem kyseliny gallové. Princip této metody spočívá v oxidaci nebo redukci fenolových látek při reakci s Folin-Ciocalteuvým činidlem. Folin-Ciocalteovo činidlo se skládá s wolframu sodného, kyseliny orthofosforečné, kyseliny chlorovodíkové, molybdenanu sodného, síranu lithného a bromu.

5.6.1 Příprava extraktu pro analýzu

Příprava extraktu pro stanovení obsahu volných polyfenolů byla provedena postupem uvedeným v kapitole 5.5.1.

5.6.2 Příprava reakční směsi

Experimentálně vyzkoušená, nejvhodnější reakční směs byla připravena modifikovaným postupem z literárního zdroje [111]. Směs byla připravena smícháním 1 ml extraktu s 2,5

ml Folin – Ciocalteuova činidla a 5 ml demineralizované vody do 50 ml odměrných baněk. Reakční směs se nechala 3 minuty stát ve tmě za občasného promíchání a poté se přidalo 7,5 ml 20 % roztoku Na_2CO_3 a objem byl doplněn destilovanou vodou. Směs se nechala inkubovat ve tmě 2 hodiny při pokojové teplotě za občasného promíchání. Následně byla měřena absorbance proti slepému pokusu při vlnové délce 765 nm. Slepý pokus byl připraven stejně jako reakční směs, ale místo 1 ml extraktu bylo použito 1 ml destilované vody [111].

Ze tří získaných hodnot absorbance pro každý vzorek byl udělán průměr.

Obsah polyfenolů byl přepočítán podle navážky a výsledek byl uveden v mg/g.

5.6.3 Příprava kalibrační křivky

Byl připraven zásobní roztok standardu kyseliny gallové o koncentraci 1 mg/ml. Ze zásobního roztoku byla připravena kalibrační řada o koncentracích 0,03; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 mg/ml ředěním s demineralizovanou vodou. Reakční směs kalibračních roztoků byla připravena stejným způsobem jako v kapitole 5.6.2, kde místo extraktu vzorku byl dávkován roztok standardu. Byla sestrojena kalibrační křivka jako závislost absorbance na koncentraci kalibračních roztoků standardu kyseliny gallové.

6 VÝSLEDKY A DISKUSE

Cílem diplomové práce bylo stanovení sušiny, popela, hrubé bílkoviny, vlákniny a stanovení antioxidační aktivity i stanovení obsahu volných polyfenolů u celkem 13 pseudocereálních produktů. Jedná se o 6 produktů z pohanky (pohanková mouka, pohanková mouka celozrnná, pohanková mouka hladká, pohanka kroupa, pohanka loupaná světlá, pohanka loupaná tmavá), 4 amarantové produkty (amarantová mouka, amarantová mouka celozrnná plnotučná, amarantové vločky, amarantové zrno) a 3 produkty z quinoi (quinoa bílá zrno, quinoa černá zrno a quinoa červená bio zrno).

6.1 Stanovení vlhkosti (sušiny) pseudocereálií

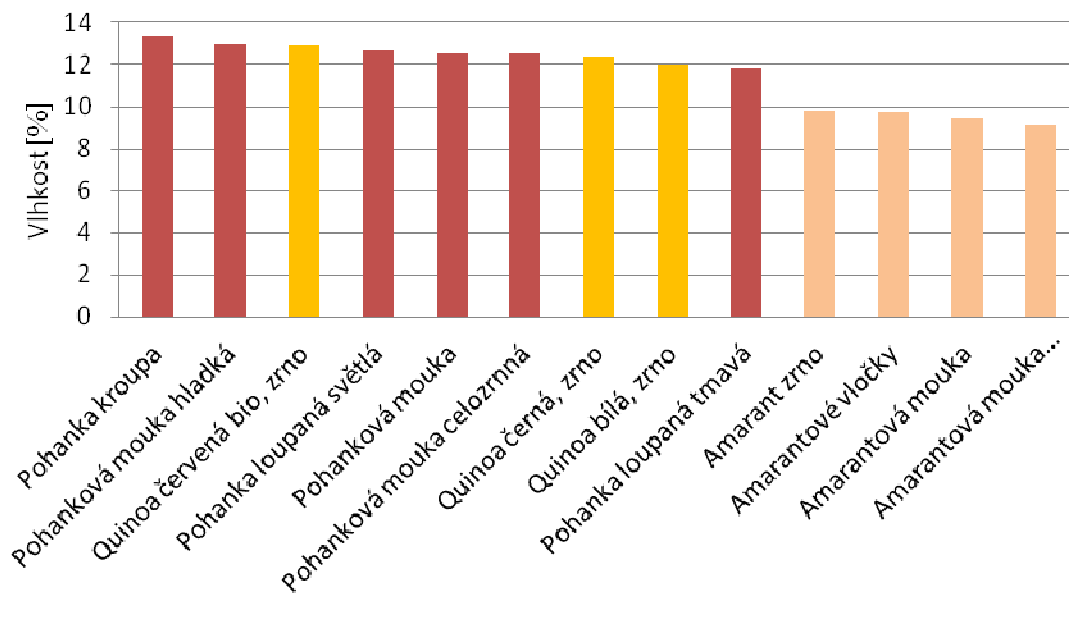
Výsledné hodnoty obsahu vlhkosti a sušiny u všech pseudocereálních produktů byly vypočítány podle vztahu uvedeného v kapitole 5.4.1.

Průměrné hodnoty obsahu vlhkosti a sušiny jsou pro jednotlivé produkty uvedeny v Tab. 4.

Tab. 4 Průměrné hodnoty obsahu vlhkosti a sušiny pseudocereálních produktů

Vzorek	Vlhkost [%]	S.D	Sušina [%]
Quinoa bílá, zrno	11,98	0,07	88,02
Quinoa červená bio, zrno	12,90	0	87,10
Quinoa černá, zrno	12,43	0,07	87,57
Pohanková mouka	12,56	0,08	87,44
Pohanková mouka celozrnná	12,55	0,14	87,45
Pohanková mouka hladká	13,01	0,04	86,99
Pohanka kroupa	13,32	0,09	86,68
Pohanka loupaná světlá	12,65	0	87,35
Pohanka loupaná tmavá	11,83	0,02	88,17
Amarant zrno	9,83	0,02	90,17
Amarantová mouka	9,45	0,15	90,55
Amarantová mouka celozrnná plnotučná	9,12	0,01	90,88
Amarantové vločky	9,74	0,09	90,26

S.D. - směrodatná odchylka



Obr. 9 Sestupné pořadí obsahu vlhkosti (sušiny) pseudocereálních produktů

Na Obr. 9 jsou uvedeny průměrné hodnoty vlhkosti pro jednotlivé vzorky. Obsah vlhkosti u jednotlivých vzorků pseudocereálií se pohyboval v rozmezí od 9,12 % do 13,32 %. Z výsledků stanovení lze říci, že nejvyšší hodnoty vlhkosti vykazovaly pohankové a quinoové produkty. Nejvyšší vlhkost ze všech produktů byla naměřena v pohankových kroupách. Pro quinou nejvyšší naměřená hodnota vlhkosti byla v quinoi červené a pro amarant v amarantovém zrně. Oproti tomu nejnižší hodnoty vlhkosti vykazují amarantové produkty s minimem vlhkosti v amarantové mouce celozrnné plnotučné. U pohankových produktů byla nejnižší hodnota vlhkosti v pohance loupané tmavé a u produktů z quinoi v quinoi bílé zrně.

Větší rozdíl v obsahu vlhkosti v rámci pseudocereálního produktu měla pohanka (rozdíl u vzorků byl 1,5 %), vzorky quinoi měly rozdíl 0,9 % a vzorky amarantu 0,7 %.

Ze stanovení lze říci, že naměřené hodnoty vlhkosti u všech analyzovaných produktů pseudocereálií nepřesáhly 14 %, vyhovují normě ČSN 56 0512-7 [112], a proto je lze označit za vzorky suché. Výrobky technologicky zpracované mletím mají hodnotu vlhkosti závislou na kvalitě skladování.

López a kol. [113], zkoumali vlhkost semen u amarantu a zjistili, že průměrná vlhkost byla 7,20 %. V porovnání s těmito výsledky lze říci, že naše naměřené hodnoty u amarantových výrobků jsou o něco vyšší (9,12 – 9,83 %).

6.2 Stanovení obsahu popela pseudocereálií

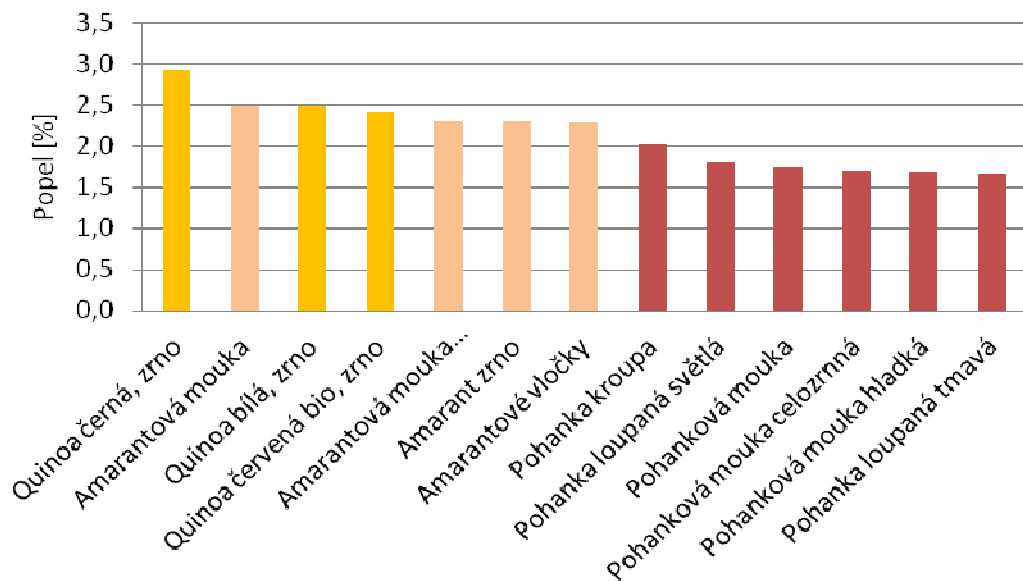
Výsledné hodnoty obsahu popela v sušině u všech pseudocereálních produktů byly vypočítány podle vztahu uvedeného v kapitole 5.4.2

Průměrné hodnoty obsahu popela v sušině získané ze tří stanovení provedených vedle sebe jsou uvedeny v Tab. 5.

Tab. 5 Průměrné hodnoty obsahu popela v sušině pseudocereálních

Vzorek	Obsah popela [%]	S.D.	Obsah popela v sušině [%]
Quinoa bílá, zrno	2,42	0,10	2,48
Quinoa červená bio, zrno	2,36	0,03	2,42
Quinoa černá, zrno	2,85	0,07	2,93
Pohanková mouka	1,71	0,05	1,74
Pohanková mouka celozrnná	1,69	0,05	1,71
Pohanková mouka hladká	1,66	0,05	1,68
Pohanka kroupa	1,98	0,15	2,02
Pohanka loupaná světlá	1,77	0,03	1,80
Pohanka loupaná tmavá	1,65	0	1,67
Amarant zrno	2,25	0,01	2,30
Amarantová mouka	2,43	0,06	2,42
Amarantová mouka celozrnná plnotučná	2,24	0,12	2,31
Amarantové vločky	2,26	0,01	2,29

SD - směrodatná odchylka



Obr. 10 Sestupné pořadí obsahu popela v sušině u pseudocereálních produktů

Na Obr. 10 jsou uvedeny průměrné hodnoty obsahu popela v sušině pro jednotlivé vzorky. Obsah popela se pohyboval v rozmezí od 1,67 % do 2,93 %. Z naměřených výsledků vyplývá, že nejvyšší obsah popela v sušině u pseudocereálních produktů byl v quinoi černé. U amarantových produktů byl obsah popela v sušině nejvyšší v amarantové mouce a u pohanky v pohankové kroupě. Nejnižší obsah popela vykazovaly pohankové produkty s nejnižší hodnotou pro pohanku loupanou tmavou. U amarantových produktů byl obsah popela v sušině nejnižší v amarantové mouce celozrné plnotučné a amarantových vločkách a u produktu quinoi červené.

Semena pohanky mají velmi tvrdou slupku, která se odstraňuje buď mechanicky, nebo termicky. Při mechanickém odstraňování nedochází ke znehodnocování živin a barva krup je světlá, zatím co při termickém odstraňování dochází k změnám u většiny živin a barva krup je hnědá [114]. Při našem stanovení jsme zjistili, že obsah popela u pohanky loupané světlé je vyšší, než u pohanky loupané tmavé z důvodu mechanického odstranění slupky.

Největší rozdíl obsahu popela v sušině v rámci pseudocereálních produktů měla quinoa (rozdíl mezi vzorky byl 0,5 %), následovala pohanka - 0,4 % a vzorky amarantu - 0,1 %.

Amarantové produkty tedy obsahují vyšší podíl minerálních látek než pohankové výrobky. Může to být dáno vyšším podílem makroelementů, až 85 %, a mikroelementů až 50 % a vyšším podílem železa, jak uvádí Belton a kol. [12, 54, 55].

Moudrý [2] uvádí, že celkový obsah popela, tj. minerálních látek u pohanky je v průměru 2 – 2,5 % a je tedy vyšší než u obilovin např. pšenice. Naše naměřené výsledky pro obsah popela v sušině u pohanky jsou o něco nižší, než je udávaný průměrný obsah. Pouze pohanka kroupa má obsah popela v sušině 2,02 %.

V práci Hrabě a kol. [115] se uvádí obsah minerálních látek pro obiloviny v rozmezí 1,5 – 4 %. V porovnání s našimi zjištěnými výsledky lze říci, že obsah minerálních látek u pseudocereálních výrobků je podobný jako u obilovin.

Skoupil a kol. [98] popisují, že obsah popela, tedy minerálních látek u obilovin nebo pseudocereálií přenesených do mouky ze zrna, především jeho obalových vrstev, souvisí se stupněm vymletí. Ze zjištěných hodnot obsahu popela v sušině jednotlivých pseudocereálních produktů lze říci, že nejméně popela, a tedy minerálních látek, obsahuje pohanka loupaná tmavá a pohanková mouka hladká, což může být dáno odstraněním obalových vrstev, které obsahují vyšší koncentraci minerálních látek. U pseudocereálních produktů, kde byla slupka ponechána zcela nebo jen částečně, např. pohanková kroupa nebo quinoa černá, byl obsah popela jednoznačně vyšší.

López a kol. [113] stanovovali ve své práci obsah popela u semen amarantu a zjistili, že jeho hodnota činí 2,70 %. V porovnání s našimi výsledky lze říci, že obsah popela zjištěný u amarantových výrobků je 2,29 – 2,42 %, tj. o něco nižší.

6.3 Stanovení hrubé bílkoviny pseudocereálií

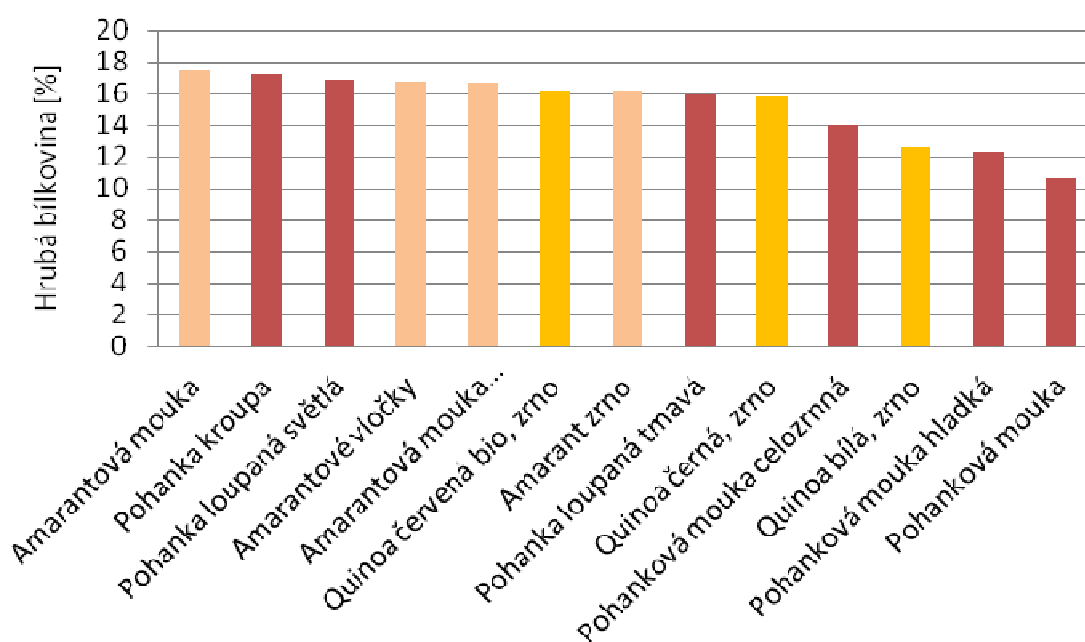
Výsledné hodnoty hrubé bílkoviny u všech pseudocereálních produktů byly vypočítány podle vztahu uvedeného v kapitole 5.4.3.

Průměrné hodnoty hrubé bílkoviny získané ze tří stanovení provedených vedle sebe jsou uvedeny v Tab. 6.

Tab. 6 Průměrné hodnoty obsahu hrubé bílkoviny v sušině u pseudocereálních produktů

Vzorek	Celkový obsah hrubé bílkoviny [%]	S.D.	Celkový obsah hrubé bílkoviny v sušině [%]
Quinoa bílá, zrno	11,21	0,02	12,63
Quinoa červená bio, zrno	13,98	0,02	16,25
Quinoa černá, zrno	13,69	0,15	15,86
Pohanková mouka	9,68	0,01	10,72
Pohanková mouka celozrnná	12,33	0	14,06
Pohanková mouka hladká	10,97	0,02	12,32
Pohanka kroupa	14,71	0,02	17,25
Pohanka loupaná světlá	14,43	0,14	16,86
Pohanka loupaná tmavá	13,71	0,01	15,89
Amarant zrno	13,87	0,02	16,10
Amarantová mouka	14,88	0,10	17,48
Amarantová mouka celozrnná plnotučná	14,31	0,02	16,70
Amarantové vločky	14,40	0	16,82

S.D. směrodatná odchylka



Obr. 11 Sestupné pořadí obsahu hrubé bílkoviny v sušině u pseudocereálních produktů

Na Obr. 11 jsou uvedeny průměrné hodnoty hrubé bílkoviny v sušině ze tří stanovení pro jednotlivé vzorky. Obsah hrubé bílkoviny v sušině u jednotlivých vzorků pseudocereálií se

pohyboval v rozmezí od 10,72 % do 17,48 %. Z výsledku měření vyplývá, že mezi pseudocereální produkty s největším obsahem hrubé bílkoviny v sušině se řadí amarantová mouka. U pohankových produktů byl naměřen nejvyšší obsah hrubé bílkoviny v sušině pro pohankové kroupy a u quinoi byly nejvyšší naměřené hodnoty u quinoi červené. Nejnižší obsah hrubé bílkoviny v sušině celkově byl zjištěn u pohankové mouky. U quinoi byl nejnižší obsah hrubé bílkoviny v sušině v quinoi bílé a u amarantu v amarantovém zrně.

Největší rozdíl v obsahu hrubé bílkoviny v sušině v rámci pseudocereálních produktů měla pohanka (rozdíl mezi vzorky byl 6,5 %). Vzorky quinoi měly rozdíl v obsahu hrubé bílkoviny 3,6 % a amarantu 1,4 %.

Obsah bílkovin v nažce pohanky se pohybuje kolem 12 %, může ale kolísat podle odrůdy a podmínek růstu, jak se uvádí v literatuře [2, 18, 19]. Naše zjištěné výsledky pro obsah bílkovin v pohance jsou i vyšší.

Jablonský a Herzig [36, 52] ve své literatuře uvádí, že amarantové zrno obsahuje 16 – 18 % bílkovin což koreluje s výsledky u amarantového zrna, 16,10 % bílkovin v sušině, je shodný s obsahem bílkovin uváděným v literatuře.

Kadlec a kol. [116] uvádí, že zralá zrna obilovin obsahují podle druhů a odrůd 9 – 13 % bílkovin v sušině. Porovnáním s našimi výsledky bylo zjištěno, že zrno u pseudocereálních produktů má obsah hrubé bílkoviny v sušině v rozmezí od 12,63 % do 17,25 %. Obsah hrubé bílkoviny v sušině zrna u pseudocereálních produktů je o něco vyšší než u obilovin.

Procentuální zastoupení bílkovin u obiloviny v rozmezí 6,9 – 13,2 % uvádí literatura [115]. V porovnání s našimi zjištěnými výsledky lze říci, že se vyšší obsah bílkovin u pseudocereálních výrobků potvrdil.

López a kol. [113] zkoumali obsah bílkovin v semenech amarantu a zjistili, že obsahují průměrně 16,73 %, tj. shodné s našimi zjištěními.

6.4 Stanovení hrubé vlákniny pseudocereálií

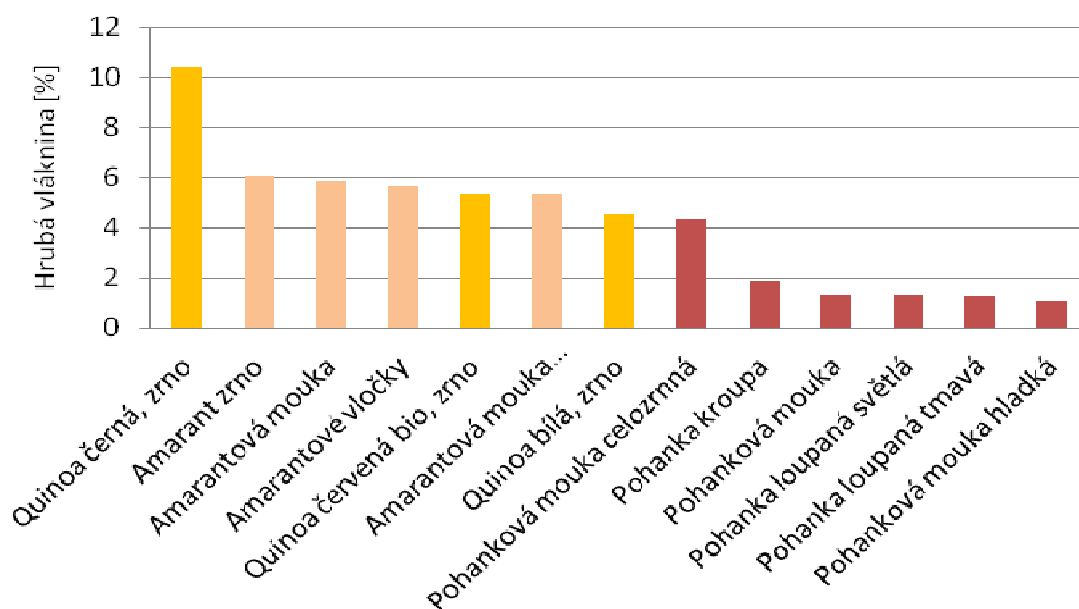
Výsledné hodnoty hrubé vlákniny u všech pseudocereálních produktů byly vypočítány podle vztahu uvedeného v kapitole 5.4.4.

Průměrné hodnoty hrubé vlákniny získané ze tří stanovení jsou uvedeny v Tab. 7.

Tab. 7 Průměrné hodnoty hrubé vlákniny u pseudocereálních produktů

Vzorek	Celkový obsah hrubé vlákniny [%]	S.D.	Celkový obsah hrubé vlákniny v sušině [%]
Quinoa bílá, zrno	4,32	0,73	4,51
Quinoa červená bio, zrno	5,10	0,94	5,38
Quinoa černá, zrno	9,41	0,74	10,39
Pohanková mouka	1,30	1,20	1,32
Pohanková mouka celozrnná	4,15	0,16	4,33
Pohanková mouka hladká	1,09	1,10	1,10
Pohanka kroupa	1,88	0,13	1,91
Pohanka loupaná světlá	1,30	0,07	1,32
Pohanka loupaná tmavá	1,28	0,09	1,29
Amarant zrno	5,74	0,87	6,08
Amarantová mouka	5,59	1,20	5,92
Amarantová mouka celozrnná plnotučná	5,09	0,90	5,36
Amarantové vločky	5,38	0,15	5,68

S.D. směrodatná odchylka



Obr. 12 Sestupné pořadí obsahu hrubé vlákniny v sušině u pseudocereálních produktů

Na Obr. 12 jsou uvedeny průměrné hodnoty hrubé vlákniny v sušině pro jednotlivé vzorky. Obsah hrubé vlákniny se pohyboval v rozmezí od 1,10 % do 10,39 %. Mezi pseudocereální

produkty s nejvyšším obsahem hrubé vlákniny patří quinoa černá. U amarantových produktů má nejvyšší obsah hrubé vlákniny zrno amarantu a u pohankových produktů pohanková celozrnná mouka. Oproti tomu nejnižší obsah hrubé vlákniny byl zjištěn u pohankových produktů a pohanková hladká mouka vykazovala nejnižší hodnoty. U produktů quinoi byly naměřeny nejnižší hodnoty hrubé vlákniny u quinoi bílé a pro amarant v amarantové mouce celozrnné.

Největší rozdíl obsahu hrubé vlákniny v sušině u pseudocereálních produktů byl zjištěn v quinoi (rozdíl 5,9 %). Vzorok pohanky měly rozdíl 3,2 % a nejnižší vzorky amarantu 0,7 %.

Většina celkové vlákniny (80 %) je lokalizována v pohankových slupkách, jak uvádí Moudrý [2]. Obsah hrubé vlákniny v jednotlivých vzorcích pseudocereálií tedy závisí na rozsahu odstranění slupek z produktu. Jestliže pohankový produkt obsahoval slupky, pak obsah vlákniny byl vyšší než u produktů, které byly slupky zcela zbaveny. Naše zjištěné hodnoty obsahu hrubé vlákniny u vymletých vzorků pohanky měly nižší obsah hrubé vlákniny, než u vzorku celozrnné pohankové mouky.

López a kol. [113] zkoumali obsah hrubé vlákniny u semen amarantu a zjistili průměrnou hodnotu 5,80 %. Naše naměřené hodnoty hrubé vlákniny u amarantových výrobků jsou 5,36 – 6,08 %, tedy téměř shodné se zdrojem.

Literatura [115] udává obsah vlákniny pro obiloviny v rozmezí 1,9 – 10,3 %. V porovnání s našimi zjištěnými výsledky lze říci, že obsah hrubé vlákniny u pseudocereálních výrobků a u obilovin je shodný. Moudrý [2] uvádí, že pohanka má nižší obsah hrubé vlákniny než běžné obiloviny. Hodnoty hrubé vlákniny pro pohanku jsou v rozmezí 1,10 – 4,33 % a jsou tedy nižší v porovnání s obilovinami.

6.5 Stanovení antioxidační aktivity pseudocereálií metodou s DPPH

6.5.1 Kalibrační křivka

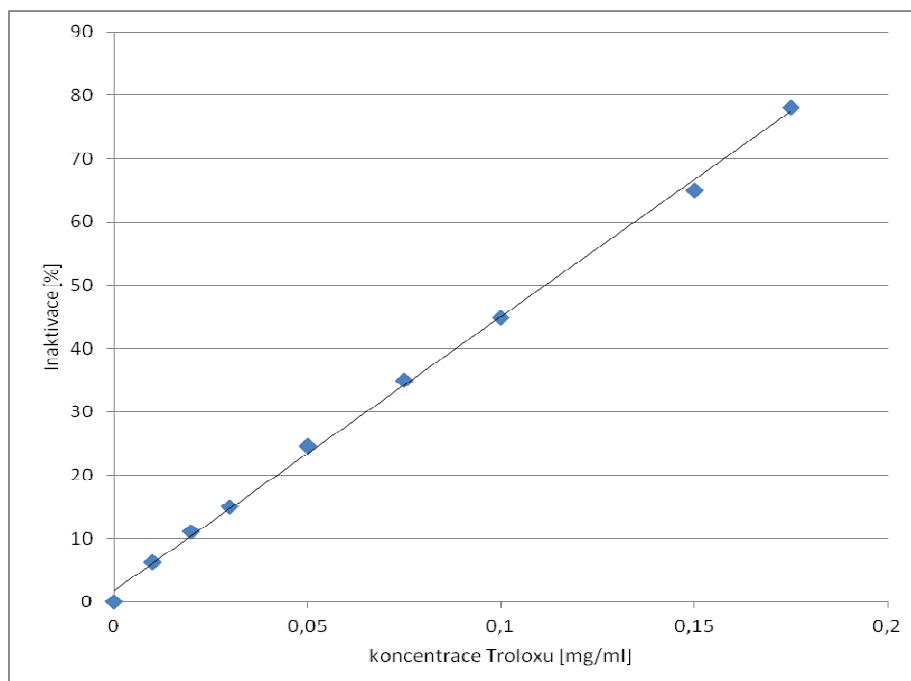
Pro určení antioxidační aktivity byla sestrojena kalibrační křivka, kde byl použit standard Trolox o koncentracích v rozpětí 0,010 - 0,175 mg/ml. Pro stanovení inaktivace Troloxu

byla měřena absorbance 8 kalibračních roztoků. Hodnoty inaktivace (Tab. 8) byly vypočítány podle vztahu uvedeného v kapitole 5.5.3.

Tab. 8 Vypočtené hodnoty inaktivace pro jednotlivé koncentrace Troloxu

Koncentrace Troloxu [mg/ml]	Inaktivace [%]
0	0
0,010	6,31
0,020	11,09
0,030	15,02
0,050	24,62
0,075	34,99
0,100	44,93
0,150	65,01
0,175	78,14

Kalibrační křivka Troloxu (Obr. 13) pro stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH byla sestrojena jako závislost inaktivace na koncentraci kalibračních roztoků Troloxu.



Obr. 13 Kalibrační křivka Troloxu

Sestrojená kalibrační křivka má rovnici regrese:

$$y = 432,02 \cdot x + 1,8422$$

kde: y ... inaktivace I [%]

x ... koncentrace Troloxu [mg/ml]

Korelační koeficient závislosti inaktivace na koncentraci Troloxu: $R^2 = 0,9985$.

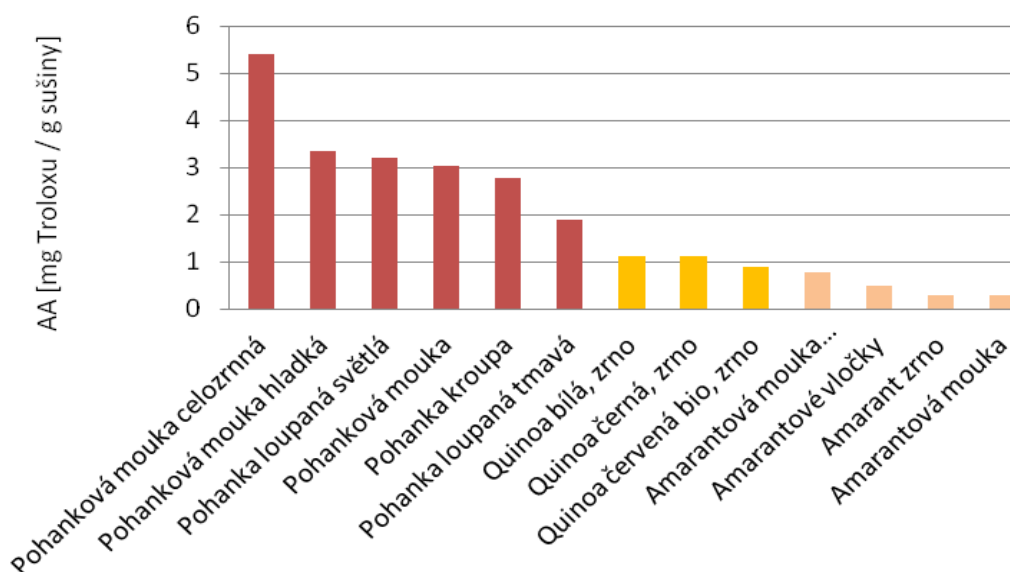
6.5.2 Stanovení antioxidační aktivity produktů z pseudocereálií

Dosazením vypočtené hodnoty inaktivace vzorku pseudocereálií do rovnice regrese kalibrační křivky Troloxu a přepočtem na základě původní navážky pseudocereálií, byla zjištěna antioxidační aktivita (AA) vyjádřena jako mg ekvivalentu Troloxu na gram vzorku a také byla stanovena hodnota AA mg ekvivalentu Troloxu/g sušiny vzorku. Průměrné hodnoty pro jednotlivé vzorky jsou uvedeny v Tab. 9.

Tab. 9 Průměrné hodnoty antioxidační aktivity u pseudocereálních produktů

Vzorek	Inaktivace [%]	AA [mg Troloxu/ g vzorku]	Sušina [%]	AA [mg Troloxu/ g sušiny]	S.D.
Quinoa bílá, zrno	19,20	1,00	88,02	1,13	0,09
Quinoa červená bio, zrno	15,61	0,78	87,10	0,89	0,08
Quinoa černá, zrno	18,70	0,97	87,57	1,11	0,09
Pohanková mouka	47,88	2,66	87,44	3,04	0,27
Pohanková mouka celozrnná	83,81	4,73	87,45	5,41	0,48
Pohanková mouka hladká	53,21	2,91	86,99	3,35	0,30
Pohanka kroupa	44,25	2,42	86,68	2,79	0,26
Pohanka loupaná světlá	50,94	2,80	87,35	3,21	0,28
Pohanka loupaná tmavá	30,87	1,67	88,17	1,89	0,15
Amarant zrno	6,35	0,26	90,17	0,29	0,01
Amarantová mouka	6,30	0,25	90,55	0,28	0,01
Amarantová mouka celozrnná plnotučná	13,94	0,70	90,88	0,77	0,04
Amarantové vločky	9,46	0,44	90,26	0,49	0,03

S.D. směrodatná odchylka, AA - antioxidační aktivita



Obr. 14 Sestupné pořadí antioxidační aktivity u pseudocereálních produktů

Na Obr. 14 jsou uvedeny průměrné hodnoty antioxidační aktivity vztažené na sušinu. Antioxidační aktivita u jednotlivých vzorků pseudocereálií se pohybuje v rozmezí od 0,28 mg/g do 5,41 mg/g. Ze zjištěných výsledků lze říci, že celkově nejvyšší hodnoty antioxidační aktivity dosahovaly vzorky pohanky s maximem u pohankové celozrnné mouky, nejnižší v pohance loupané tmavé. Pohanka je bohatá na vitamin E (4,1 mg/100g v sušině), který je účinný jako silný antioxidant, který chrání naše buňky před škodlivým účinkem volných radikálů [17].

Z produktů quinoi byly nejvyšší hodnoty antioxidační aktivity v quinoi bílé, nejnižší v quinoi červené. Semena quinoi obsahují dvojnásobné množství antioxidantů γ -tokoferolu (5,3 mg/100 g) a α -tokoferolu (2,6 mg/100 g) než rýže, ječmen, nebo pšenice [64, 62, 66].

U amarantových produktů byly zjištěny vyšší hodnoty v amarantové celozrnné mouce., celkově měly tyto produkty nejnižší antioxidační aktivitu.

Celozrnné produkty tedy měly vyšší antioxidační aktivitu, než vymílané.

V pseudocereálních produktech měla největší rozdíl v antioxidační aktivitě pohanka (rozdíl mezi vzorky byl 3,5 %), vzorky amarantu 0,5 % a u vzorků z quinoi 0,2 %.

6.6 Stanovení obsahu volných polyfenolů pseudocereálií metodou s Folin-Ciocalteuovým činidlem

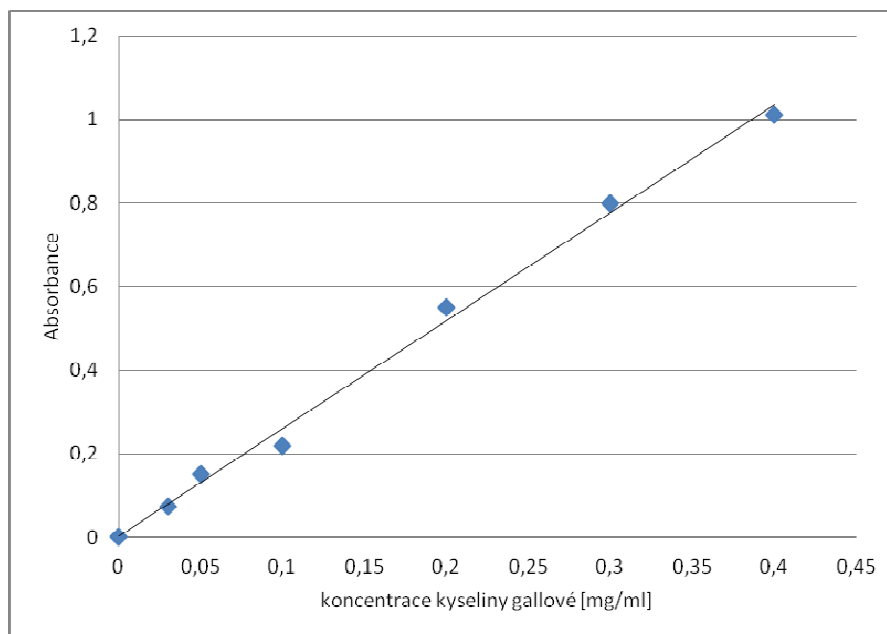
6.6.1 Kalibrační křivka

Pro určení obsahu volných polyfenolů byla sestrojena kalibrační křivka, kde byl použit standard kyseliny gallové o koncentracích v rozpětí 0,03 - 0,40 mg/ml. Pro stanovení absorbance kyseliny gallové bylo proměřeno na spektrofotometru 6 kalibračních roztoků. Výsledky měření jsou uvedeny v Tab. 10.

Tab. 10 Vypočtené hodnoty absorbance pro jednotlivé koncentrace kyseliny gallové

Koncentrace kyseliny gallové[mg/ml]	Absorbance
0	0
0,03	0,074
0,05	0,151
0,10	0,219
0,20	0,550
0,30	0,799
0,40	1,012

Kalibrační křivka kyseliny gallové (Obr. 15) pro stanovení volných polyfenolů metodou s Folin-Ciocalteuovým činidlem byla sestrojena jako závislost absorbance na koncentraci kalibračních roztoků kyseliny gallové.



Obr. 15 Kalibrační křivka kyseliny gallové

Sestrojená kalibrační křivka má rovnici regrese:

$$y = 2,5839x + 0,0021$$

kde: y ... absorbance

x ... koncentrace kyseliny gallové [mg/ml]

Korelační koeficient závislosti koncentrace kyseliny gallové na inaktivaci: $R^2 = 0,9955$.

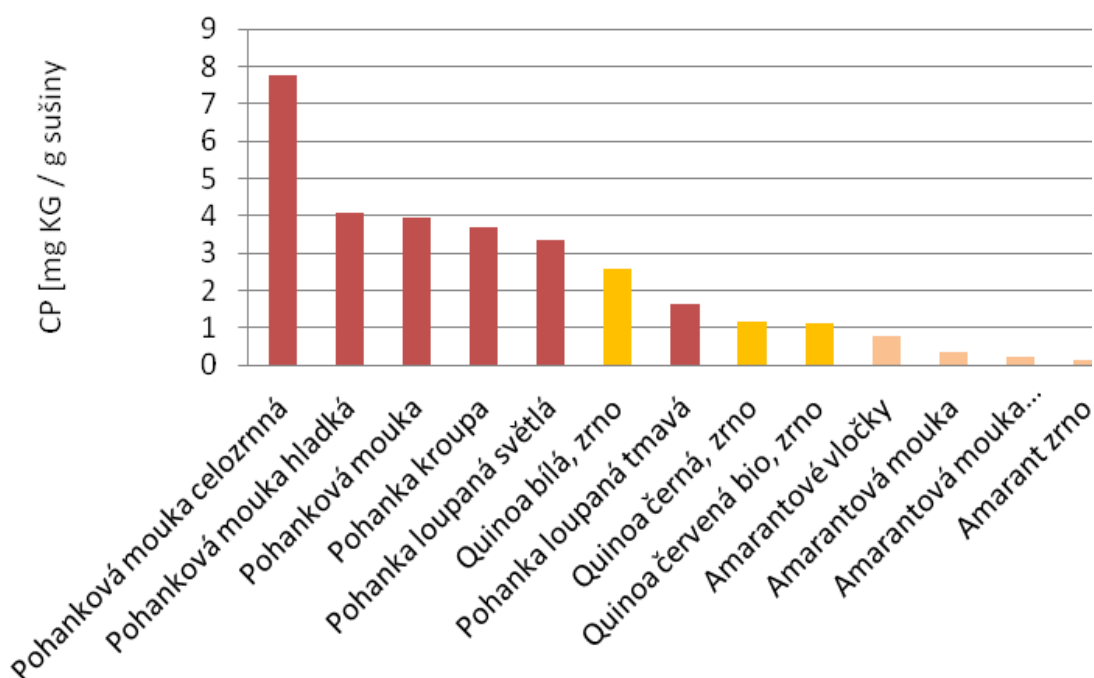
6.6.2 Stanovení volných polyfenolů u produktů z pseudocereálií

Dosažením vypočtené hodnoty absorbance vzorku pseudocereálií do rovnice regrese kalibrační křivky kyseliny gallové a přepočtem původní navážky vzorků pseudocereálií, byl zjištěn obsah volných polyfenolů vyjádřen jako mg ekvivalentu kyseliny gallové na gram vzorku a následně, přepočtem na základě hodnoty obsahu sušiny, byla stanovena hodnota obsahu volných polyfenolů v mg kyseliny gallové/g sušiny vzorku. Průměrné hodnoty pro jednotlivé vzorky jsou uvedeny v Tab. 11.

Tab. 11 Průměrné obsahy volných polyfenolů pseudocereálních produktů

Vzorek	A	CP [mg KG/ g vzorku]	Sušina [%]	CP [mg KG/ g sušiny]	S.D.
Quinoa bílá, zrno	0,237	2,26	88,02	2,57	0,21
Quinoa červená bio, zrno	0,105	0,97	87,10	1,12	0,10
Quinoa černá, zrno	0,106	1,00	87,57	1,15	0,10
Pohanková mouka	0,362	3,47	87,44	3,97	0
Pohanková mouka celozrnná	0,704	6,78	87,45	7,75	0,10
Pohanková mouka hladká	0,376	3,54	86,99	4,07	0,37
Pohanka kroupa	0,339	3,21	86,68	3,70	0,06
Pohanka loupaná světlá	0,308	2,92	87,35	3,34	0,29
Pohanka loupaná tmavá	0,154	1,46	88,17	1,66	0,13
Amarant zrno	0,015	0,12	90,17	0,14	0
Amarantová mouka	0,034	0,31	90,55	0,34	0,02
Amarantová mouka celozrnná plnotučná	0,022	0,19	90,88	0,21	0,01
Amarantové vločky	0,076	0,71	90,26	0,79	0,05

S.D. směrodatná odchylka, CP – celkový obsah volných polyfenolů, A – průměrná absorbance



Obr. 16 Sestupné pořadí obsahu volných polyfenolů u pseudocereálních produktů

Na Obr. 16 jsou uvedeny průměrné hodnoty volných polyfenolů vztažené na sušinu pro jednotlivé vzorky. Obsah volných polyfenolů u jednotlivých vzorků pseudocereálií se pohyboval v rozmezí od 0,14 mg/g do 7,75 mg/g.

Naše naměřené výsledky ukazují, že nejvyšší obsah volných polyfenolů byl u vzorků pohankových s maximem u pohankové mouky celozrnné. Ostatní pohankové produkty byly téměř srovnatelné. Obsah fenolických látek, jak uvádí některé literární zdroje, je v tmavé celozrnné pohankové mouce až 4 násobně vyšší než v pohankové mouce světlé [5, 28, 29]. Pohankové zrno obsahuje až 5 krát více fenolických sloučenin než oves a ječmen [13, 26, 27].

Sedej a kol. [49] zjišťovali obsah polyfenolů v pohankové mouce celozrnné, kde naměřili 9,76 mg/g a v pšeničné mouce zjistili 0,35 mg/g. Porovnáním bylo zjištěno, že celozrnné mouky mají výrazně vyšší obsah polyfenolů díky přítomnosti perikarpu a aleuronové vrstvy. Naše zjištěné výsledky v pohankové mouce celozrnné udávaly hodnoty o něco nižší (7,75 mg/g). Li a kol. [117] zkoumali obsah volných polyfenolů v pohankových slupkách, otrubách a mouce. Hodnoty volných polyfenolů v pohankové mouce se pohybovaly v rozmezí od 8,05 – 14,86 mg/g. Naše naměřené hodnoty v pohankových moukách se pohybovaly 3,97 – 7,75 mg/g a byly v porovnání o něco nižší, než uvádí Li a kol.

U vzorků quinoi byl nejvyšší obsah polyfenolů zjištěn v quinoi bílé. Další produkty z quinoi měly téměř shodné hodnoty.

Vzorky amarantu měly celkově nejnižší obsah polyfenolů s nejvyšší zjištěnou hodnotou pro amarantové vločky a s nejnižší pro amarantové zrno.

Největší rozdíly obsahu volných polyfenolů u pseudocereálních produktů vykazovala pohanka (rozdíl mezi vzorky činil 6,1 %). Rozdíly u vzorků quinoi a amarantu byly malé, 1,5 % a 0,7 %.

Vollmannová a kol. [111] se ve své práci zabývali stanovením antioxidační aktivity a celkových polyfenolů v pohance, amarantu a quinoi spektrofotometrickou metodou. Celkový obsah polyfenolů v pohance zjistili ve vysokém obsahu - 32,089 mg/g. Amarant vykazoval hodnoty 2,048 mg/g a quinoa 1,207 mg/g. V porovnání s našimi naměřenými výsledky lze říci, že jejich vzorky pohanky vykazovaly vyšší hodnoty. Naše vzorky amarantu měly nižší hodnoty polyfenolů, než uvádí zdroj a vzorky quinoi měly hodnoty o něco vyšší.

Pasko a kol [9] zjistili ve zkoumaných pseudocereáliích, že obsah polyfenolů byl 3,75 mg/g u quinoi a 3,0 mg/g u amarantu. Z našich naměřených výsledků pro obsah polyfenolů byly zjištěny o málo nižší hodnoty pro quinou (1,12 – 2,57 mg/g), a také pro amarant 0,14 – 0,79 mg/g).

ZÁVĚR

Pseudocerálie rozšiřují a doplňují, i nahrazují sortiment běžných obilovin a přispívají tak k rozšíření agrobiodiverzity a spektra rostlinné produkce. Vyznačují se specifickými kvalitativními vlastnostmi (chuťové, nutriční, zdravotní aj.), jsou součástí racionální výživy, léčebných diet i tzv. funkčních potravin. Uplatňují se také v přírodní farmacii nebo kosmetice. Nevýhodou pseudocereálií jsou nízké výnosy, vyšší nároky na sklizeň, posklizňové ošetření, skladování a zpracování (loupání).

Jedny z nejvýznamnějších biologicky aktivních látek u pseudocereálií jsou antioxidanty jako polyfenoly. Antioxidanty svojí přítomností chrání organismus proti volným radikálům způsobujícím v organismu poruchy imunity, záněty, nádory, plicní choroby, kožní choroby, neurodegenerativní choroby (např. Parkinsonovu a Alzheimerovu chorobu).

Cílem diplomové práce bylo stanovení některých vlastností ve vybraných vzorcích pseudocereálií - vlhkosti, popela, hrubé bílkoviny a vlákniny, antioxidační aktivity a obsahu volných polyfenolů.

Byla provedena analýza 13 pseudocereálních produktů z pohanky (pohanková mouka, pohanková mouka celozrná, pohanková mouka hladká, pohanka kroupa, pohanka loupaná světlá, pohanka loupaná tmavá), amarantu (amarantová mouka, amarantová mouka celozrná plnotučná, amarantové vločky, amarantové zrno) a quinoi (quinoa bílá zrno, quinoa černá zrno a quinoa červená bio zrno).

Při stanovení obsahu vlhkosti u produktů z pseudocereálií byly zjištěny hodnoty v rozmezí od 9,12 do 13,32 %. Naměřené hodnoty vlhkosti u všech analyzovaných vzorků pseudocereálií nepřesáhly 14 %, vyhovují požadavkům normy ČSN 56 0512-7 a označují se za vzorky suché. Nejvyšší obsah vlhkosti byl zjištěn u vzorku pohankových krup a nejnižší u amarantové celozrné mouky.

Obsah popela u pseudocereálních produktů se pohybuje v hodnotách od 1,67 do 2,93 %. Nejvyšší obsah popela v sušině byl zjištěn u vzorku quinoi černé a nejnižší u pohanky tmavé loupané. U produktů, kde byla slupka ponechána zcela nebo jen částečně, např. pohanková kroupa nebo quinoa černá, byl obsah popelovin vyšší.

Naměřené výsledky obsahu hrubé bílkoviny v sušině se pohybovaly v rozmezí od 10,72 do 17,48 %. Vzorek amarantové mouky vykazoval nejvyšší hodnoty hrubé bílkoviny, oproti tomu nejnižší hodnoty měl vzorek pohankové mouky.

Obsah hrubé vlákniny v sušině byl u pseudocereálních produktů naměřen v rozmezí od 1,10 % do 10,39 %. Celkově nejnižší hodnoty hrubé vlákniny byly zjištěny u pohankových produktů. Vláknina je lokalizovaná především ve slupkách, při odstranění slupky z produktu, dojde ke snížení jejího obsahu v produktu. Proto vymleté vzorky pohanky měly nižší obsah hrubé vlákniny, než u vzorků celozrnných.

Naměřené hodnoty antioxidační aktivity, založené na vzniku syntetických radikálů, které jsou zhášeny na základě přítomnosti antioxidantů, pomocí spektrofotometrické metody s DPPH, se pohybovaly u pseudocereálních produktů v rozmezí od 0,28 mg Troloxu/g do 5,41 mg Troloxu/g. Nejvyšší hodnoty antioxidační aktivity byly zjištěny u celozrnné pohankové mouky. Nejnižší hodnoty měla amarantová mouka. Z výsledku stanovení lze říci, že celozrnné produkty měly vyšší antioxidační aktivitu, než vymílané.

Obsah volných polyfenolů za použití spektrofotometrické metody s Folin-Ciocalteuovým činidlem, založené na principu oxidace nebo redukce fenolových látek, byl stanoven v hodnotách od 0,14 mg KG/g do 7,75 mg KG/g . Nejvyšší obsah volných polyfenolů byl opět, podobně jako v případě AA, zjištěn u celozrnné pohankové mouky. Nejnižší obsah volných polyfenolů byl zjištěn u amarantového zrna.

Při porovnávání údajů naměřených výsledků s různými zdroji, bylo zjištěno, že naše hodnoty se pohybují v podobném rozmezí, jak udávají různé vědecké práce. Rozdíly mohou být způsobeny různými faktory, jako jsou genetické faktory, oblast pěstování, pěstební podmínky, způsob technologického zpracování, skladováním a použitou metodikou stanovení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HALÁSOVÁ, G., DODOK, L., BUCHTOVÁ, V. Pseudocereálie ako potencionálne suroviny na výrobu škrobu. *Nové pohledy na jakost rostlinného původu. Sborník referátů z konference s mezinárodní účastí konané v Brně ve dnech 22.-23. října 1997.* Brno: 1997. str. 70-77
- [2] MOUDRÝ, J. *Pohanka a proso.* Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2005, 206 s., 16. barev. obr. příl. ISBN 80-7271-162-8.
- [3] Kolektiv autorů. Pěstování rostlin v ekologickém zemědělství : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. *Pěstování rostlin v ekologickém zemědělství*, 2007 [online]. [cit. 2015-01-05]. Dostupné z WWW: www2.zf.jcu.cz/~moudry/ecologica/pestovani_rostlin.pdf
- [4] JANOVSÁ, D., KALINOVÁ, J., MICHALOVÁ, A. *Metodika pěstování pohanky obecné v ekologickém a konvenčním zemědělství.* V Českých Budějovicích: Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity, 2008, s. 13 [online]. [cit. 2015-01-05]. ISBN 978-80-7427-000-0. Dostupné z WWW: <http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-7427-000-0.pdf>
- [5] HON, Z., a PATOČKA, J. Pohanka jako funkční potravina. *Vědecký časopis Zdravotně sociální fakulty Jihočeské univerzity* 2008, č. 1, s. 229-231 [online]. [cit. 2015-01-05]. Dostupné z WWW: <https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fcasopiszsfsfu.zsf.jcu.cz%2Fkontakt%2Fadministrace%2Fclankyfile%2F20120507015514141474.pdf>
- [6] VORLOVÁ, M. *Bylinky v akci*, 2008. [online]. [2015-01-05]. Dostupné z WWW: <http://www.fiftyfifty.cz/Pohanka-leci-nejen-krecove-zily-a-cevni-choroby-8028169.php>
- [7] KRKOŠKOVÁ, B., MRÁZOVÁ, Z. Prophylactic components of buckwheat. *Food Research International* 2005, vol. 38, issue 5, s. 561-568 [online]. [cit. 2015-01-05]. DOI: 10.1016/j.foodres.2004.11.009. Dostupné z WWW: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996904002704>
- [8] TICHÁ, M., VYZÍNOVÁ, P. *Polní plodiny.* 1. vyd. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2006, s.41

- [9] PASKO, P., BARTON, H., ZAGRODZKI, P., GORINSTEIN, S., FOLTA, M., ZACHWIEJA, Z. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chemistry* 115. 2009, s. 994 – 998
- [10] JABLONSKÝ, I. *Pěstujeme klíčící osivo a výhonky*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2005. s. 62. ISBN 80-247-1114-1
- [11] LI, Si-quan a Q. Howard ZHANG. Advances in the Development of Functional Foods from Buckwheat. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2001, vol. 41, issue 6, s. 451-464 [cit. 2015-01-05]. Dostupné z WWW: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20014091091887>
- [12] PRUGAR, J. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008. 327 s. ISBN 978-808-6576-282
- [13] GAJDOŠOVÁ, A. a ŠTURDÍK, E. Biologické, chemické a nutrično-zdravotné charakteristiky pekárských cereálií. *Nova Biotechnologica* 2004, roč. 4, č. 1, s. 133-154 [online]. [cit. 2015-01-05]. Dostupné z WWW: http://kbio.fpv.ucm.sk/web_kbt_aj/journal_nova_biotechnologica/revue_nova_biotechnologica_4_1/10_Gajdosova.pdf
- [14] KIM, S., KIM, K., PARK, CH. Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable. *Food Research International*. 2004, roč. 37, č. 4. s. 319 – 327
- [15] CHRISTA, K., SORAL-SMIETANA, M. Buckwheat grains and buckwheat products– nutritional and prophylactic value of their components – a review. *Czech Journal Food Science*. 2008, roč. 26, č. 3. s. 153-162
- [16] EDWARDSON S. Buckwheat: Pseudocereal and nutraceutical. In: J. Janick (ed.), *Progress in new crops*, ASHS Press, Alexandria, VA, 1996, s. 195–207.
- [17] BONAFACCIA, G., MAROCCHINI, M., KREFT, I. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chemistry*. 2003, roč. 80, č. 1. s. 9-15

- [18] KREFT, I., JAVORNIK, B. *Charakterization of Buckwheat protein*. Ljubljana: Agronomski oddelek, 1984. s. 30
- [19] LIČEN, M., KREFT, I. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) low molecular weight seed proteins are restricted to the embryo and are not detectable in the endosperm. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2005, roč. 43, č. 9. s. 862 – 865.
- [20] IZYDORCZYK, M., PRZYBYLSKI, R., CAMPBELL, C. *Buckwheat*. [online]. [cit.2015-01-05]. Dostupný z WWW:
<http://www.docstoc.com/docs/14000069/BUCKWHEAT>
- [21] MICHALOVÁ, A., ČEJKA L. Variabilita agronomických a nutričních znaků v genofondech pohanky, prosa a laskavce – možnosti jejího využití. In: *Alternativní a maloobjemové plodiny pro lidskou výživu*. Praha: VÚRV, 1996. s. 37 - 50.
- [22] KREFT, I., MATEJA, G. Trace Organically grown buckwheat as a healthy food and a source of natural antioxidants. *Agronomski glasnik*. 2008, roč. 4. s. 397 – 406. ISSN 0002-1954
- [23] CAMPBELL, C.G. *Buckwheat. Fagopyrum esculentum Moench*. 1.vyd. Řím: IPGRI, 1997. s. 93 ISBN: 92-9043-345-0
- [24] HSU, CH., CHIANG, B., CHEN, Y., YANG, J., LIU, CH. Improving the antioxidant activity of buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn) sprout with trace element water. *Food Chemistry*. 2008, roč. 108, č. 2. s. 633 - 641.
- [25] O pohance [online]. [cit.2015-2-17]. Dostupný z WWW:
http://www.chirurgieblansko.cz/hemoroidy/hem_pohanka.htm
- [26] INGLET, G.E., ROSE, J.D., CHEN, D., STEVENSON, G.D., BISWAS, A. Phenolic content and antioxidant activity of extracts from whole buckwheat with or without microwave irradiation. *Food Chemistry*. 2009, roč. 119, č. 3. s. 1216 - 1219.
- [27] DELEU, CH., GRESSIER, B., VASSEUR, J. DINE, T., BRUNET, C. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat hulls and flour. *Journal of*

- Ethnopharmacology*. 2000, roč. 72, č. 1. s. 35 - 42.
- [28] GUARDIA, Teresita, Alejandra Ester ROTELLI, Américo Osvaldo JUAREZ a Lillian Eugenia PELZER. Anti-inflammatory properties of plant flavonoids. Effects of rutin, quercetin and hesperidin on adjuvant arthritis in rat. *Il Farmaco* [online]. 2001, vol. 56, issue 9, s. 683-687 [cit. 2015-01-05]. DOI: 10.1016/S0014-827X(01)01111-9. Dostupné z WWW: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0014827X01011119>
- [29] DOGAN, H. Effect of processing on selected nutraceuticals in quinoa, amaranth, and buckwheat. *AACC International* [online]. c2013 [cit. 2015-01-05]. Dostupné z WWW: <http://www.aaccnet.org/meetings/Documents/2013Abstracts/2013Sab88.htm>
- [30] VELÍŠEK, J. a HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin 2*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 623 s. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [31] KAMALAKKANNAN, Narasimhanaidu a Ponnaian Stanely Mainzen PRINCE. Antihyperglycaemic and Antioxidant Effect of Rutin, a Polyphenolic Flavonoid, in Streptozotocin-Induced Diabetic Wistar Rats. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology* [online]. 2006, vol. 98, issue 1, s. 97-103 [cit. 2015-01-05]. DOI: 10.1111/j.1742-7843.2006.pto_241.x. Dostupné z WWW: http://doi.wiley.com/10.1111/j.1742-7843.2006.pto_241.x
- [32] BRAZIER, Brendan. *Thrive The Vegan Nutrition Guide to Optimal Performance in Sports and Life*. New York: Da Capo Press, 2008. ISBN 978-073-8212-951.
- [33] GORDON, Elaine. Gluten-free buckwheat goes against the grain Washington, D.C.: *The Washington Post*, [online]. [cit. 2015-01-05]. Dostupné z WWW: <http://search.proquest.com/docview/1369973733?accountid=16531>
- [34] Waikato Times. HEALTH BENEFITS OF BUCKWHEAT Buckwheat Contains Choline, a Compound in the Vitamin B Complex that...[Derived Headline] Hamilton, New Zealand: *Fairfax Media: Fairfax New Zealand Limited*, [online]. [cit. 2015-01-05]. Dostupné z WWW: <http://search.proquest.com/docview/993007601>
- [35] SENSOY, I., ROSEN, T.R., HO, CH., KARWE, M.V. *Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity*. *Food Chemistry*. 2006, roč. 99, č.

2. s. 388 - 393

- [36] JABLONSKÝ, I. *Pěstujeme klíčící osivo a výhonky*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2005. s. 62. ISBN 80-247-1114-1
- [37] KONVALINA, P. a GRAUSGRUBER, H. *Growing and use of minority cereals and pseudocereals in organic farming* 1st ed. České Budějovice: Vlastimil Johanus for the University of South Bohemia in České Budějovice, the Faculty of Agriculture, 2012, 170 s. [online]. [cit. 2015-01-05]. ISBN 978-80-87510-23-0.
- [38] KES, L. *Pseudocereálie, jejich implementace do pekárenských technologií*. Diplomová práce. Zlín: UTB, 2007. 86s.
- [39] DANKOVÁ, Z. *Pohanka pro zahřátí a zdravé žíly*. [online]. [2015-01-05]. Dostupný z WWW: <http://www.velkaepocha.sk/2010042413080/Pohanka-pro-zahrati-a-zdrave-zily.html>
- [40] PETŘÍKOVÁ, V., SLADKÝ, V., STRAŠIL, Z., ŠAFAŘÍK, M., USTAK, S., VÁŇA, J. *Energetické plodiny*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2006. 127 s. ISBN 80-86726-13-4.
- [41] FAO: Production and processing of small seeds for birds. *Bird food grains with potential for the tropics and semi-tropics* 2005, s. 47.
- [42] ADVENI. *Plodiny třetího tisíciletí*. [online]. [2015-01-05]. Dostupné z WWW: <http://www.advenimedical.cz/>
- [43] KOHOUT, P., PAVLÍČKOVÁ, J. *Amaranth – vaříme a pečeme z pokladu starých Inků*. Čestlice: Medica Publishing, 2000. 1. vyd. 64 s. ISBN 80-85936-34-8.
- [44] BERGHOFER, E., SCHOENLECHNER, R. *South Amrican traditional pseudoce-reals*. Department of Food Science and Technology, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria, 2003
- [45] *Laskavec*. [online]. [cit.2015-5-13]. Dostupny z WWW: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Laskavec.htm>
- [46] JEŽKOVA, E. *Laskavec* [online]. [cit.2015-5-13]. Dostupny z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/laskavec-amaranthus-sp>

- [47] SAUNDERS R. M., BECKER R.: Potential food and feed resource. *Adv. Cereal Sci. Technol.*, r. 1984, č. 6, str. 357-384
- [48] JAROŠOVÁ, J., MICHALOVÁ, A., VAVREINOVÁ, S., MOUDRÝ, J., Pěstování a využití amarantu. *Metodiky pro zemědělskou praxi*, r. 1997, str. 37, ISBN 80-7271-042-7
- [49] SEDEJ, I., SAKAČ, M., MANDIC, A., MIŠAN, A., TUMBAS, V., HADNADEV, M. Assessment of antioxidant activity and rheological properties of beat and buckwheat milling fractions. *Journal of Cereal Science* 54. 2011, s. 347 – 353.
- [50] K7 vědecko populární časopis Fakulty mechatroniky TU v Liberci [online]. [cit. 2015-04-10]. Dostupný z: <http://k7.tul.cz/info.htm>
- [51] *Amaranth*. [online]. [cit. 2015-3-29]. Dostupný z WWW: <http://www.amaranth.cz/stranky/amaranth/>
- [52] HERZIG, I., PÍSAŘÍKOVÁ, B., SUCHÝ, P., STRAKOVÁ, E. *Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů, část III – Amarant jako alternativní proteinové krmivo*. Vědecký výbor výživy zvířat. Praha: 2007.
- [53] ČERTÍK, M., JEŠKO, D. Identifikovanie donorov esenciálních mastných kyselín v semenách obilnín In: *Kvalita, bezpečnost a funkčnost primárných potravných zdrojov*. Zborník z odborného seminára ve dnech 6.-7. listopadu 2005. Piešťany: VÚRV, 2005. s. 52-54. ISBN 80-88790-41-7.
- [54] BELTON, P., TAYLOR, J. *Pseudocereals and Less Common Cereals: Grain Properties and Utilization Potential*. Berlin, Springer 2002, s. 269, ISBN 3-540-42939-5.
- [55] GIMPLINGER, D. M., SCHULTE AUF' M ERLEY, G., DOBOS, G., KAUL, H.–P. Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth are conflict-ing. *European Journal of Agronomy*, 2008, Vol. 28, p. 119-125, ISSN: 1161-0301.
- [56] BRESSANI, R., *Amaranth*. *Encyclopedia of food science and nutrition*. Oxford: Academic Press, vol. 1. 2003. s. 166-173.
- [57] *Brainway Squalin (Skvalen)*. [online]. [cit. 2015-3-30]. Dostupný z WWW:

- <http://www.herb.cz/brainway-squalin-skvalen-p-38/>
- [58] ANGER, J., PISZCZEK A. Amarant. [online]. [cit.2015-01-05].
Dostupné z WWW: <http://dziecisawazne.pl/6-pomyslow-na-dania-z-amarantusem-dla-dzieci-doroslych/>
- [59] PRUGAR, J. Dtest: *Články o obilovinách* [online]. [cit. 2015-03-08]. Dostupný z WWW: <http://www.dtest.cz/index.php?action=95>
- [60] KALAČ, P., *Funkční potraviny*. České Budějovice: DONA, 2003. 130 s. ISBN 80-7322-029-6
- [61] THANAPORNPOONPONG, S., VEARASILP, S., PAWELZIK, E., GORINSTEIN, S. *Influence of Various Nitrogen Applications on Protein and Amino Acid Profiles of Amaranth and Quinoa*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008, 56, 11464–11470
- [62] VEGA-GALVEZ, A., MIRANDA, M., VERGARA, J., URIBE, E., PUENTEB, L., MARTÍNEZ, E., Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*), an ancient Andean grain: a review. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2010; 90: 2541–2547.
- [63] MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. *Pěstování alternativních plodin*. České Budějovice: ZF JU, 1999. 165s.
- [64] JANCUROVÁ, M., MINAROVÍČOVÁ, L., DANDÁR, A. Quinoa – a review. Czech Journal of Food Sciences. 2009, 27, s. 71-79.
- [65] RANHOTRA, G. S., J. A. GELROTH, B. K. GLASER, K. J. LORENZ AND D. L. JOHNSON. *Composition and Protein Nutritional Quality of Quinoa*. American Association of Cereal Chemists 70(3): 303-305. 1993
- [66] RUALES, J., NAIR, B. M. *Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (Chenopodium quinoa, Willd) seeds*. Department of Applied Nutrition and Food Chemistry, Chemical center University of Lund 1993. Food Chemistry 48 131-136.
- [67] KOUBOVÁ, D. *Pseudocereálie z Jižní Ameriky*. [online]. [cit. 2015-11-21]. Dostupný z WWW: www.agronavigator.cz/service.asp?act=print&val=33468

- [68] *Quinoa – Merlík chilský*. [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z WWW: <http://www.novyvek.cz/index.php?sekce=maminka&pg=clanek&id=577>
- [69] BEZLEPKOVÁ DIETA. *Quinoa* [online]. [2015-12-19]. Dostupné z WWW: <http://www.bezlepkova-dieta.cz/content/view/29/37/>
- [70] KOPÁČOVÁ, O., *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*, Praha: ÚZPI, 1. vyd., 2007, 55s. ISBN 978-80-7271-184-0
- [71] BENDA, V., BABŮREK, I., ŽDÁRSKÝ, J. BIOLOGIE II: Nauka o potravinářských surovinách. Praha, VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO TECHNOLOGICKÁ V PRAZE, 2000 [2015-12-27]. *Charakteristiky jednotlivých obilovin*, 195 s. Dostupné z WWW: <http://biomikro.vscht.cz/trp/documents/baburek/BII.pdf>
- [72] *Obiloviny* [online]. [cit.2015-05-08]. Dostupny z WWW: <http://www.-countrylife.cz/obiloviny>
- [73] *Quinoa – objevujeme Ameriku* [online]. [cit.2015-5-13]. Dostupny z WWW: <http://gfcfdieta.blogz.cz/2008/06/13/quinoa-objevujeme-ameriku/>
- [74] BHARGAVA, A., SHUKLA, S., DEEPAK, O., *Chenopodium quinoa—An Indian perspective*, *Industrial Crops and Products* 2006, 23, s. 73–87.
- [75] *Top potraviny*. [online]. [cit.2015-01-05]. Dostupné z WWW: <http://www.toppotraviny.cz/kaviar-1/mouka-z-quinoa-bio-certif-1-kg>
- [76] KOPŘIVA, V. *Antioxidační kapacita potravin*. Veterinární a farmaceutická univerzita Doplňkový studijní materiál [online]. [cit.2015-01-05]. Dostupné z WWW: <http://cit.vfu.cz/ivbp/wpcontent/uploads/2011/07/ANTIOXIDA%C4%8CN%C3%8D-KAPACITA-POTRAVIN.pdf>
- [77] PRAKASH, Aruna, Fred RIGELHOF a Eugene MILLER. *Antioxidant Activity. Medallion Laboratories* [online]. [cit. 2015-02-28]. Dostupné z WWW: http://www.medlabs.com/downloads/antiox_acti_.pdf
- [78] ABEROUMAND, Ali a S.S DEOKULE. *Comparative study on polyphenol content in some food plants. Asian Journal of Food and Agro-Industry* 3 (02) [online]. [cit. 2015-02-28]. ISSN 1906-3040.

- [79] PARKÁNYIOVÁ, J., PARKÁNYIOVÁ L. a POKORNÝ, J. *Rostliny jako zdroje přírodních antioxidantů*. Praha: VŠCHT, Ústav chemie a analýzy potravin, FPBT [cit. 2015-02-28]. ISBN 80-7194-549-8.
- [80] TIVERON, P. Anna et al. Antioxidant Activity of Brazilian Vegetables and Its Relation with Phenolic Composition. *International Journal of Molecular Sciences* 13 [cit. 2015-02-28]. ISSN 1422-0067.
- [81] SERPEN, Arda et al. Direct measurement of the total antioxidant capacity of cereal products. *Journal of Cereal Science* 2008, 48 (3) [online]. [cit. 2015-02-09]. ISSN 07335210. Dostupné z WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521008001008>
- [82] Spektrofotometrické metody, Praha: VŠCHT, FPBT, Ústav konzervace potravin a technologie masa *VŠCHT.cz* [online]. [cit. 2015-03-19]. Dostupné z WWW: http://www.vscht.cz/ktk/www_324/lab/navody/oborI/Spektrofotometrie.pdf
- [83] RECHNER, A. R., KUHNLE, G., BREMNER, P., HUBBARD, G. P., MOORE, K. P., RICE-EVANS, C. A. (2002) The metabolic fate of dietary polyphenols in humans. *Free Radic Biol Med* 33: 220-35
- [84] LACHMAN J., PIVEC V., ORSÁK M., HOSNEDL V., PROKINOVÁ E., LAPČÍK
O. *Polyphenolic compounds - antioxidants influencing biological quality of seed*, [online]. [cit. 2015-02-09]. dostupné z WWW: <http://www.agris.cz/vyzkum/detail.php?id=111118&iSub=566>
- [85] CHINOY, J. J. The Role of Ascorbic Acid in Growth. Differentiation and Metabolism of Plants, Springer, 1984, s. 277, ISBN 9024729084.
- [86] MANACH, C. Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Society for Clinical Nutrition*, 2004, 79, s. 727-747.
- [87] LANDETE, J. M. Polyphenols: Functions, Bioavailability, Metabolism, and Health. *Critical reviews in Food Science and Nutrition*, 2012, 52, s. 10.
- [88] MANDELOVÁ, L. Antimutagenní aktivita obsahových látek v zelenině a ovoci, Disertační práce. Brno: MU, 2006.

- [89] DÁVÍDEK, J. *Chemie potravin*. Praha: SNTL Alfa, 1983. s. 632.
- [90] DARCHIVIO, M. Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Instituto Superiore Di Santita*, 2007, 43, s. 4.
- [91] MINDELL, E. *Nová vitaminová bible*. Praha, IKAR, 2010. 576 s. ISBN: 978-80-249-1419-0.
- [92] MRÁZOVÁ, E. *Stanovení fenolických látek a antioxidační activity u cereálií*. Zlín, 2011, Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati, technologické fakulta
- [93] OLESZEK, W. Resveratrol and other phenolics from the bark of *Yucca schidigera* roezl. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, s. 747-752.
- [94] ELEFANTOVÁ, P. *Stanovení polyfenolických látek v rostlinách*. Brno, 2010. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
- [95] BEGUM, A.N., NICOLLETE, C., MILA, I., LAPIERRE, C., NAGANO, K., FUKUSIMA, K., HEINENON, S.M., ADLERCREUTZ, H., REMESY, C., SCALBERT, A., 2004. Dietary lignins are precursors of mammalian lignans in rats. *Journal of Nutrition* 134, 120-127.
- [96] INDRA, Z., MIZERA, J. *Chemické kontrolní metody pro obor zpracování mléka. Učebnice pro střední průmyslové školy potravinářské*. 1. vyd. Schválilo ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR pod č.j. 13 197/92 dne 12. března 1992 jako učebnici pro střední průmyslové školy potravinářské.
- [97] SEVEROVÁ, M., BŘEZINA, P. *Návody pro laboratorní cvičení z analýzy potravin*. Vyškov: VVŠPV Vyškov, 1998. 83 s. ISBN 80-7231-022-4.
- [98] SKOUPIL, J. a LECJAKSOVÁ, Z. *Chemické kontrolní metody: pro 4. ročník SPŠ studijního oboru zpracování mouky*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1988, 279 s.
- [99] ŠÍCHO, V., VODRÁŽKA, Z., KRÁLOVÁ, B. *Potravinářská biochemie*. 2. vyd. Praha: SNTL. 1981. 360 s.
- [100] VODRÁŽKA, Z., KRECHL, J. *Bioorganická chemie*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1991. 480 s. ISBN 80-03-00547-7
- [101] TEPER, I.: *ANKOM 220 – nový přístup ke stanovení vlákniny*. *Krmivářství*, 4, 2003. s. 20 – 21.

- [102] RÉBLOVÁ, Z. Vliv vnějších faktorů na aktivitu antioxidantů. *Chemické listy* [online]. [cit. 2015-03-03]. Dostupné z WWW: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2011_09_667-673.pdf
- [103] DOBEŠ, J., SOCHOR, J., RUTTKAY-NEDECKÝ, B., ADAM, V., KIZEK, R., KLEJDUS, B. *Stanovení antioxidační aktivity přírodních antioxidantů pomocí automatického robota a spektrofotometru*. [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupný z WWW: http://mnet.mendelu.cz/mendelnet2012/articles/39_dobes_669.pdf
- [104] FIDLER, M., KOLÁŘOVÁ, L., HOLČAPEK, M. *Analýza antioxidantů v chmelu a pivu*. [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupný z WWW: <http://www.vscht.cz/anl/soutez2007/abstrakt-Fidler.pdf>
- [105] HOSSAIN, A. M., SALEHUDDIN, M. S., RAHMAN, A. Flavonoid contents and antioxidative effect of tea samples. *As. J. Food Ag-Ind.* 2009, roč. 2, s. 421-432.
- [106] ZLOCH, Z. Zdravotní efekt polyfenolů z hlediska jejich příjmu a využitelnosti. *Vojenské zdravotnické listy*. 2003, roč. 72, č. 5, s. 226-229.
- [107] ZLOCH, Z., ČELAKOVSKÝ, J., AUJEZDSKÁ, A. *Stanovení polyfenolů a celkové antioxidační kapacity v potravinách rostlinného původu*. Plzeň: Ústav hygieny Lékařské fakulty UK. 2004, 37 s.
- [108] SCALBERT, A., WILLIAMSON, G. Dietary Intake and Bioavailability of Polyphenols. *The Journal of Nutrition*. 2000, roč. 130, č. 8, s. 2073-2085.
- [109] PRAŽSKÉ ANALYTICKÉ CENTRUM INOVACÍ. *Vysokoučinné analytické separace biologicky aktivních látek*. Praha: VŠCHT, 2006. ISBN 978-80-86238-13-5.
- [110] NOVOTNÝ, F. *Metodiky chemických rozborů pro hodnocení kvality odrůd I. díl*. 1. vyd. Brno: ÚKZÚZ, 2000. 173 s. ISBN 80-86051-70-6.
- [111] VOLLMANNOVÁ, A., MARGITANOVÁ, E. et al. *Cultivar Influence on Total Polyphenol and Rutin Contents and Total Antioxidant Capacity in Buckwheat, Amaranth, and Quinoa Seeds*. *Czech J. Food Sci.* 2013, 31, 589-595.
- [112] ŘEZNÍČEK, J. *Technické normy*. [online]. [2015-01-05]. Dostupný z WWW: http://www.technicke-normy.csn.cz/560512-csn-56-0512-7_4_32094.html

- [113] LÓPEZ – MEJÍA, O. A., LÓPEZ – MALO, A., PALOU, E. Antioxidant capacity of extracts from amaranth seeds or leaves. *Industrial Crops and Products* 53. 2014, s. 55 – 59.
- [114] *Pohanka*. [online]. [cit.2015-01-05]. Dostupné z WWW: <http://www.lifefood.cz/strava/pohanka.html>
- [115] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA. I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. Zlín: UTB Zlín, 2008. 179 s. ISBN 978-80-7318-372-1
- [116] KADLEC, P. a kol. *Technologie potravin I*. Praha: Vysoká škola chemickotechnologická v Praze, 2008. 300 s. ISBN 80-7080-509-1
- [117] LI, F., YUAN, Y., YANG. X., TAO. S., MING. J. Phenolic Profiles and Antioxidant Activity of Buckwheat. *Journal of Integrative Agriculture*. 2013, 12 (9), s. 1684- 1693

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BHA butylhydroxyanisol

BHT butylhydroxytoluen

UV ultrafialové záření

ČSN česká státní norma

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Pohanka rostlina (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.).....	14
Obr. 2 Barevnost nažek pohanky.....	14
Obr. 3 Výrobky z pohanky.....	21
Obr. 4 Amarant rostlina, zrno (<i>Amaranthus sp.</i>).....	23
Obr. 5 Výrobek z amarantu – placky „laddoss“.....	27
Obr. 6 Quinoa rostlina, zrno (<i>Chenopodium quinoa</i>).....	28
Obr. 7 Výrobek z quinoi – mouka.....	31
Obr. 8 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl.....	38
Obr. 9 Sestupné pořadí obsahu vlhkosti (sušiny) pseudocereálních produktů.....	52
Obr. 10 Sestupné pořadí obsahu popela v sušině u pseudocereálních produktů.....	54
Obr. 11 Sestupné pořadí obsahu hrubé bílkoviny v sušině u pseudocereál. produktů.....	56
Obr. 12 Sestupné pořadí obsahu hrubé vlákniny v sušině u pseudocereál. produktů.....	58
Obr. 13 Kalibrační křivka Troloxu.....	60
Obr. 14 Sestupné pořadí antioxidační aktivity u pseudocereálních produktů.....	62
Obr. 15 Kalibrační křivka kyseliny gallové.....	64
Obr. 16 Sestupné pořadí obsahu volných polyfenolů u pseudocereálních produktů.....	65

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Složení pohankových produktů.....	15
Tab. 2 Procentuální zastoupení mastných kyselin v pohance seté.....	16
Tab. 3 Seznam použitých vzorků pseudocereálií.....	42
Tab. 4 Průměrné hodnoty obsahu vlhkosti a sušiny pseudocereálních produktů.....	51
Tab. 5 Průměrné hodnoty obsahu popela v sušině pseudocereálních produktů.....	53
Tab. 6 Průměrné hodnoty obsahu hrubé bílkoviny v sušině u pseudocereál. produktů..	56
Tab. 7 Průměrné hodnoty hrubé vlákniny u pseudocereálních produktů.....	58
Tab. 8 Vypočtené hodnoty inaktivace pro jednotlivé koncentrace Troloxu.....	60
Tab. 9 Průměrné hodnoty antioxidační aktivity u pseudocereálních produktů.....	61
Tab. 10 Vypočtené hodnoty absorbance pro jednotlivé koncentrace kyseliny gallové...	63
Tab. 11 Průměrné obsahy volných polyfenolů pseudocereálních produktů.....	65