

Pohanka a stanovení antioxidační aktivity produktů z pohanky

Veronika Tioková

Bakalářská 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 BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika Tioková**

Osobní číslo: **T13865**

Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Pohanka a stanovení antioxidační aktivity produktů z pohanky**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakteristika pohanky, její pěstování a zpracování.
2. Popis složení, vlastností pohanky a její využití.

II. Praktická část

1. Stanovení sušiny, celkového obsahu polyfenolů a antioxidační aktivity ve vybraných pohankových produktech.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Seznam literatury:

1. PRUGAR, J. a kol. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha: VÚPS, 2008. 327s.
2. VELÍŠEK, J. Chemie potravin 3. Tábor: OSSIS, 1999. 368 s. ISBN 80-902391-5-3.
3. ZHANG, Z.-L. et al. Bioactive compounds in functional buckwheat food. Food Research International, 2012, 49, 389-395.
4. HOLASOVÁ, M. et al. Buckwheat – the source of antioxidant activity in functional foods. Food Research International. 2002, 35, 207-211.
5. LEE, L.-S. et al. Contribution of flavonoids to the antioxidant properties of common and tartary buckwheat. Journal of Cereal Science. 2015, In Press.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Soňa Škrovánková, Ph.D.

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

20. ledna 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

6. května 2016

Ve Zlíně dne 20. ledna 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

děkan



Ing. Jiří Miček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: TIOKOVÁ VERONIKA

Obor: TRG

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 27.4.2016

Tioková

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 výtěžku 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 výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

V teoretické části bakalářské práce je charakterizována pohanka setá (*Fagopyrum esculentum* Moench), její pěstování, chemické složení, vlastnosti a využití. Dále jsou popsány metody pro stanovení antioxidační aktivity s DPPH a obsahu volných polyfenolů pomocí činidla Folin-Ciocalteu. Praktická část bakalářské práce je zaměřena na zjištění vlhkosti, stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH a obsahu volných polyfenolů pomocí činidla Folin-Ciocalteu ve vybraných produktech z pohanky.

Klíčová slova: pohanka, vlastnosti, antioxidační aktivita, polyfenoly.

ABSTRACT

The theoretical part of the Bachelor thesis deals with characterization of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), its cultivation, chemical composition, properties and use plant as food or feed. Further, the methods are described for the determination of antioxidant activity with DPPH and the content of free polyphenols using the Folin-Ciocalteu reagent. The experimental part of thesis is focused on the determination of dry matter, antioxidant activity using DPPH method, the content of free polyphenols using the Folin-Ciocalteu in selected products from buckwheat.

Keywords: buckwheat, properties, antioxidant activity, polyphenols

Velmi ráda bych poděkovala vedoucí bakalářské práce paní Ing. Soni Škrovánkové Ph.D. za její ochotu, čas, profesionální přístup a poskytnutí cenných informací a materiálu ke zhotovení bakalářské práce, také za cenné rady a vedení při analytickém stanovení a zpracování dat. Dále děkuji své rodině a blízkým za trpělivost a podporu během celého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I. TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POHANKA OBECNÁ	12
1.1 CHARAKTERISTIKA POHANKY	12
1.2 PĚSTOVÁNÍ POHANKY	14
1.3 ZPRACOVÁNÍ POHANKY	16
1.4 SLOŽENÍ A VLASTNOSTI POHANKY	17
1.4.1 Sacharidy	19
1.4.2 Vlákna	19
1.4.3 Bílkoviny	19
1.4.4 Tuky	20
1.4.5 Minerální látky	21
1.4.6 Vitaminy	22
1.4.7 Látky s antioxidační aktivitou	23
1.4.8 Antinutriční látky	25
1.4.9 Zdravotní vlastnosti pohanky	26
1.5 VYUŽITÍ POHANKY	27
1.5.1 Pohanka jako potravina	27
1.5.2 Pohanka jako medonosná rostlina	29
1.5.3 Pohanka jako krmivo	29
2 METODY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY	30
2.1 STANOVENÍ OBSAHU POLYFENOLŮ	30
2.2 STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY	31
II. PRAKTICKÁ ČÁST	33
3 CÍL PRÁCE	34
4 METODIKA PRÁCE	35
4.1 POMŮCKY A PŘÍSTROJE	35
4.2 CHEMIKÁLIE	36
4.3 STANOVENÍ VLHKOSTI (SUŠINY)	36
4.3.1 Postup stanovení	36

4.4	STANOVENÍ OBSAHU VOLNÝCH POLYFENOLŮ FOLIN-CIOCALTEUOVOU METODOU ...	37
4.4.1	Příprava kalibrační křivky	37
4.4.2	Příprava extraktu pro analýzu	38
4.4.3	Spektrofotometrické stanovení	38
4.5	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH	38
4.5.1	Příprava kalibrační křivky	39
4.5.2	Příprava extraktu	39
4.5.3	Příprava reakční směsi	39
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	41
5.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ VLHKOSTI (SUŠINY)	41
5.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU VOLNÝCH POLYFENOLŮ FOLIN-CIOCALTEUOVOU METODOU	43
5.2.1	Kalibrační křivka	43
5.2.2	Stanovení volných polyfenolů u vzorků produktů z pohanky	44
5.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH	47
5.3.1	Kalibrační křivka	47
5.3.2	Stanovení antioxidační aktivity vzorků produktů z pohanky	48
5.4	KORELAČNÍ ANALÝZA MEZI ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITOU A OBSAHEM VOLNÝCH POLYFENOLŮ	51
	ZÁVĚR	53
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	60
	SEZNAM OBRÁZKŮ	61
	SEZNAM TABULEK	62

ÚVOD

Poslední desetiletí roste stále větší zájem o alternativní druhy rostlin s možností využití v potravinářském, farmaceutickém nebo kosmetickém průmyslu. Řadí se zde i pseudocereálie, které jsou blízké obilovinám, avšak neobsahují komplex bílkovin lepku. Patří zde laskavec (amarant), merlík čilský (quinoa) a pohanka. Jejich konzumace může rozšířit spektrum dalších složek v našem jídelníčku.

Výrobky z pohanky a pokrmy z nich připravené jsou výživné a chutné a také vhodné ve výživě pacientů trpících nesnášenlivostí lepku neboli celiakií. Jde o celoživotní onemocnění, při kterém dochází působením lepku ke změně povrchu sliznice tenkého střeva, z něhož mizí klky. V důsledku toho se povrch tenkého střeva zmenšuje a zhoršuje se i jeho schopnost vstřebávání a trávení živin. Pokrmy z pohanky se také doporučují při prevenci vysokého krevního tlaku, vysoké hladiny cholesterolu v krvi a dalších kardiovaskulárních rizikových faktorů, i pro posílení imunitního systému. V současné době je na trhu celá řada produktů z pohanky (kroupy, lámanka, krupice, mouka, těstoviny, vločky, pukance, směsi na přípravu nálevů ve formě čaje, pekárenské výrobky a další).

Působením vnějších vlivů (znečištěné ovzduší, voda, potraviny) a některých karcinogenních látek, dochází v lidském organismu k nadbytku volných radikálů, které způsobují řadu závažných onemocnění. Jedná se především o onemocnění srdce, cévní onemocnění a rakovinu. Trendem je chránit organismus před těmito radikály působením látek s antioxidační aktivitou. Pohanka také patří do této skupiny látek.

Pohanka je dobrým zdrojem fenolických látek, především rutinu. Ten vykazuje antioxidační aktivitu, má protizánětlivé i antikarcinogenní účinky a posiluje i zpevňuje stěny cév.

Teoretická část bakalářské práce je zaměřena na charakteristiku pohanky, její pěstování a zpracování, popis chemického složení, vlastností pohanky a jejího využití.

V praktické části jsou uvedeny stanovení obsahu vlhkosti, sušiny, antioxidační aktivity a obsahu volných polyfenolů ve vybraných vzorcích pohankových výrobků.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POHANKA OBECNÁ

Pohanka je řazena mezi alternativní plodiny. Ty jsou pěstovány vedle intenzivně pěstovaných plodin, ale na mnohem menších osevních plochách. Často se jedná o plodiny, jejichž pěstování bylo z nějakého důvodu potlačeno, nebo dokonce úplně přerušeno, ale po nějaké době, se zvýšenou poptávkou po nich, znovu obnoveno. Hlavními příčinami byly jejich nízké výnosy, malovýrobní technologie, změny stravovacích zvyklostí obyvatelstva a řada dalších důvodů [11].

Pohanka je řazena do pseudocereálií, kam patří také laskavec (amarant) a merlík čilský (quinoa). Jejich pěstování, využití a zpracování je podobné ostatním obilovinám, liší se ale hlavně tím, že jejich zrna neobsahují frakce bílkoviny lepku. Jsou tedy vhodné pro výrobu bezlepkových produktů, které ocení především pacienti trpící celiakií, nesnášenlivostí bílkoviny lepku, ale i ostatní lidé, kteří chtějí obohatit svůj jídelníček o tyto potraviny [1,12].

1.1 Charakteristika pohanky

- říše: *Plantae* (rostliny)
- kmen: *Magnoliophyta* (krytosemenné)
- třída: *Magnoliopsida* (nižší dvouděložné)
- řád: *Polygonales* (rdesnotvarné)
- čeleď: *Polygonaceae* (rdesnovité)
- rod: *Fagopyrum* sp.
- druh: *Fagopyrum. esculentum* Moench [5]



Obr. 1: Rostlina *Fagopyrum esculentum* Moench [6]

Fagopyrum esculentum Moench – Pohanka obecná je jednoletá rostlina, 40-70 cm, někdy až 140 cm, vysoká, se vzpřímenou lodyhou, jednoduše nebo chudě větvená. Listy jsou stejně dlouhé jako široké, dolní listy řapíkaté, horní přisedlé s trojúhelníkovými čepelemi na srdčité až střelovité bázi. Má složené květenství podobné hroznům, květy jsou drobné, pětičetné, koruna bílá nebo narůžovělá a kvete od června do července. Plodem není obilka, ale trojboká nažka, jejíž hrany jsou po celé délce hladké [47].

Mezi nejpěstovanější druhy pohanky využívané v potravinářství patří pohanka obecná a pohanka tatarská (*Fagopyrum tataricum*) [4]. Ta pro svou vyšší odolnost nahrazuje pohanku obecnou ve vyšších polohách. Je samosprašná a obsahuje více rutinu, má však nižší výnosy a nažky nejsou příliš vhodné na výrobu mouky. Používá se především jako krmivo pro hospodářská zvířata [6].



P o h a n k a

Obr. 2: Květy a plody rostliny *Fagopyrum esculentum* Moench [13]

1.2 Pěstování pohanky

Pohanka pochází z oblasti jihovýchodní Asie, původní výskyt pohanky je v Himalájích, kde jsou pro ni lokality s vhodnými klimatickými i půdními podmínkami. Poté, co lidé tuto obilovinu domestikovali, se její pěstování rozšířilo do Číny, kde je pěstována přes 3 tisíce let [2]. V Rusku byla pohanka známa již v 10. století a dále pravděpodobně putovala se slovanskými národy nebo s pohanskými vojsky Osmanské říše do Evropy Podunajím, kde patří k nejmladším plodinám [48, 3].

Nejstarší archeologické nálezy pohanky na území České republiky pocházejí z 12. století z Opavy, Prunéřova v severních Čechách, areálu hradu Uherský Brod a Starého Jičina. Zvláště populární byla pohanka na Těšínsku, Valašsku a v Beskydech [3]. Největší rozmach pěstování nastal zejména v 16. a v 17. století. O jejím hojném pěstování se také zmiňuje Matthioli ve svém herbáři z roku 1596 [48]. Poté její význam postupně klesal a výrazný úpadek nastal v 19. století, což souviselo i se změnou stravovacích zvyklostí, ústupem od kašovitých pokrmů a zvýšeného konzumu pečiva z bílé mouky [3]. V roce 1920 se v bývalém Československu osevní plochy pohanky pohybovaly kolem 3 tisíc ha, v roce 1935 již jen kolem 2 tisíc ha a v 50. letech byl zaznamenán pokles až k 1 tisíci ha i méně. V dalších letech se udržela jen v oblasti Beskyd na Valašsku a to hlavně zásluhou rodiny Šmajstrů [3].

Až po roce 1990 zažívá pohanka jako plodina s léčebnými účinky svůj návrat v souvislosti s rostoucím zájmem o racionální výživu a ekologické zemědělství [48, 2]. Zájem o pohanku stoupá nejen v Evropě (Francie, Polsko), ale i v dalších oblastech světa, například na americkém kontinentě. Pohanka je více konzumována v Kanadě, často v podobě velmi oblíbených pohankových lívanců s javorovým sirupem, i ve Spojených státech [2]. Hlavními důvody jsou vysoká nutriční a dietetická hodnota, ale i nenáročnost pěstování [3].

V ČR se současně pohanka pěstuje v konvenčním i ekologickém zemědělství. Pěstitelské plochy u konvenční pohanky nejsou přesně sledovány, ale odhadují se na cca 2100 ha. Pohanka je jednou z nevýznamnějších tržních plodin v ekologickém zemědělství, kde se pěstuje od roku 1994. „Bio“ pohanka se pěstuje nejen na kdysi tradičních místech, ale téměř ve všech pěstitelských oblastech ČR. Plochy oseté pohankou na ekologických farmách se pohybují okolo 900 ha. V současnosti je tak Česká republika jedním z nejvýznamnějších producentů „bio“ pohanky v Evropě. Celková plocha pohanky (konvenční i ekologické) v ČR se tedy odhaduje na cca 3000 ha (0,12% zemědělské půdy), což je nejvíce nejen v historii ČR, ale i bývalého Československa [3].

Vzhledem ke své odolnosti proti nízkým teplotám, krátkému období růstu a nenáročnému pěstování je možné pohanku, především tatarskou, běžně nalézt i ve vysokohorských oblastech nad 2000 m. n. m., v Tibetu byla dokonce objevena ve výškách až 4500 m. n. m. [4]. Pohanka setá je ale náročnější na teplotu při klíčení, kdy její minimum činí 7 – 8 °C. Optimální teplota pro vegetující rostliny se pohybuje okolo 20 °C. Klesne-li však teplota po vzejití na -2 °C, nebo při kvetení na 1 °C, rostliny hynou. Při vyšších teplotách než 30 °C a nízké vzdušné vlhkosti v období kvetení dochází k zasychání a opadávání květů, ke špatnému opylení, k zasychání vyvíjejících se nažek a přerušení jejich tvorby. Je velmi důležité ji v počátcích růstu zavlažovat, ale její citlivost na nedostatek srážek přetrvává po celé vegetační období, které trvá od 99 do 120 dnů [2]. Pohanka nevyžaduje vysoké dávky živin. Hnojení je nezbytné na chudých a písčitých půdách, na běžně zásobených půdách není hnojení potřeba [49]. Z hlediska nároků na světlo patří k rostlinám krátkého dne. Vhodné jsou tedy pozemky s jižní svahovou orientací [3].

Sklizeň se řadí mezi nejobtížnější operace při pěstování pohanky. Určení termínu sklizně je velmi problematické, neboť pohanka nerovnoměrně kvete a nestejněměrně dozrává [6]. Pokud je podzim suchý, rostliny svou vegetaci ukončují. Jestli jsou však srážky vydatnější, pohanka stále nakvétá, a tak už v dolních patrech mohou opadávat zralé nažky, ale na horních patrech ještě stále kvete. Při nepříznivém vlhkém podzimu mohou být tedy velké ztráty

ty způsobeny opadem. Optimální doba pro zahájení sklizně nastává tehdy, když na rostlinách zhnědne 2/3 nažek (typické zbarvení semen), což představuje zralé a vybarvené nažky na koncových větvích a nažky dozrávající na větvích středních. Základním předpokladem maximální úspěšnosti je dosažení minimálních ztrát a zabránění zapaření a plesnivění nažek [3].

1.3 Zpracování pohanky

Pohankové zrno používané pro potravinářské účely musí být důkladně očištěno a zbaveno všech minerálních a organických příměsí [2]. K takovému procesu se používají aspirátory, odkaménkovače, třídící stanice nebo válcové třídiče [6]. Při jejím zpracování se využívá dvou technologických postupů – mechanického a termického loupání [2]. Při mechanickém loupání se obal nažky obrušuje a výsledné kroupy pak mají světlou barvu a zachovávají si přirozené chuťové vlastnosti včetně vysoké dietetické hodnoty. Nevýhodou jsou vyšší materiální ztráty a časová náročnost, tudíž i vyšší výrobní náklady [6]. Termická, přesněji hydrotermická úprava se provádí v napařovacím šneku, kde se zrna navlhčí, povaří a následně suší. Při této operaci dochází ke zpevnění jádra a snížení soudržnosti obalových vrstev s endospermem. Při zpracování se tak méně drobí, kroupy mají lepší tvar a zvyšuje se výtěžnost na 60-65%. Nevýhodou je však energetická náročnost a některé chuťové změny. Teplem nažky ztmavnou a navíc vysoké teploty při sušení způsobují ztráty vitaminů a mohou vznikat nutričně nežádoucí sloučeniny. Dalším negativem tmavé pohanky je poněkud tvrdší zrno, a proto se musí déle vařit. Světlou pohanku stačí pouze spařit horkou vodou a nechat nabobtnat [2]. V další operaci se pohanka třídí podle velikosti na 5-6 velikostních frakcí, z nichž se každá samostatně zpracovává [7].

Základním výrobkem při zpracování pohanky mletím jsou celá semena (endosperm), obchodně označována jako pohankové krupky celé, případně pohankové krupky lámané (lámanka). Mezi další samostatné výrobky patří pohanková krupice a pohanková mouka [2].



Obr. 3: Loupaná semena pohanky [14]



Obr. 4: Lámaná semena pohanky[15]

1.4 Složení a vlastnosti pohanky

Významnou předností pohanky je její výživová skladba (Tab. 1), složení bílkovin (albuminů, globulinů), obsah vlákniny, minerálních látek, vitaminů. Některé složky obsažené v pohance, např. bioflavonoidy rutinu, mohou být přínosné pro účely racionální a dietetické výživy.

Obsah jednotlivých složek pohanky může být proměnlivý a je závislý na odrůdě a podmínkách při pěstování [16, 8].

Pohanka obsahuje ve větší míře sacharidy - polysacharidy a vlákninu, která svými prebiotickými vlastnostmi zlepšuje činnost tlustého střeva, tedy i imunitní systém a díky sytícímu efektu slouží jako prevence proti obezitě. Bílkoviny pohanky mají vyšší biologickou hodnotu, než jiné druhy obilovin. Pohankové semeno obsahuje vyvážený poměr esenciálních a semiesenciálních aminokyselin jako je lysin, tryptofan a arginin [48, 17]. Obsah tuků je v pohance nízký, zato ale v příznivém zastoupení mastných kyselin, hlavně kyseliny α -linolenové, která může snižovat hladinu cholesterolu v krvi a působí proti srážení krve v cévách [48, 2]. Semena pohanky jsou důležitým zdrojem minerálních látek, které jsou obsaženy převážně v klíčku a slupkách. Patří mezi ně zinek, měď, draslík, hořčík, vápník, železo a mangan. Obsahuje také vitaminy, které se nachází v semenech a to především vitaminy skupiny B: B₁, B₂, B₃, B₆ a vitamin E.

Tab. 1: Základní složení pohanky loupané [2]

Složka	Množství [g/100g]
Sacharidy	72,40
Voda	12,60
Bílkoviny	9,77
Tuky	1,73
Minerální látky	1,72
Vláknina	1,58

Nejvíce je pohanka ceněna pro vysoký obsah bioflavonoidů, konkrétně rutinu, obsaženého v semenech i ve slupkách [2, 18]. Přesto, že má nažka pohanky vysokou nutriční hodnotu, obsahuje také antinutriční látky jako inhibitory proteázy, taniny, fagopyrin a fytáty. Inhibitory proteáz spolu s taniny snižují využitelnost a stravitelnost bílkovin [12].

1.4.1 Sacharidy

Hlavním sacharidem pohanky je škrob, který tvoří kolem 55 % hmotnosti nažky a určuje konzistenci pohankových produktů. Tepelně upravená pohanka má méně stravitelného škrobu než ostatní obiloviny. Zbývající frakce škrobu neboli pomalu stravitelný a rezistentní škrob má podobné účinky jako vláknina. Zlepšuje zácpu, zrychluje metabolismus a může být přínosný pro diabetiky, protože nezvyšuje hladinu cukru v krvi. Dalšími minoritně obsaženými sacharidy v celé kroupě pohanky jsou sacharosa, D-chiro-inositol a fagopyritoly [48, 4, 19].

1.4.2 Vláknina

Vlákninu je možné charakterizovat jako nestravitelné a neškrobnaté polysacharidy a lignin, nacházející se ve stěnách rostlinných buněk. Obsah vlákniny v kroupách pohanky se pohybuje kolem 0,8 %, v nažkách kolem 11 %. Množství rozpustné vlákniny v pohance je o něco vyšší, než množství hrubé vlákniny. Pohankové slupky obsahují 80 % z celkové vlákniny, z toho je 60 % kyselá detergentní vláknina, 30 % celulózy a 18 % hemicelulóz [11]. Konzumace pohanky může mít tedy důležitou úlohu v prevenci a léčení vysokého krevního tlaku a zvýšené hladiny celkového i LDL cholesterolu [11, 43, 44].

1.4.3 Bílkoviny

U rostlinných bílkovin se uvádí, že nejsou plnohodnotné, tj. že neobsahují všechny esenciální aminokyseliny v dostatečném zastoupení. Nejčastěji zmiňovanou limitující aminokyselinou u obilovin je lysin [12]. Obsah bílkovin v nažce pohanky má ale oproti jiným obilovinám velmi vyvážené složení s vysokým obsahem zejména lysinu (Tab. 2), dále threoninu, tryptofanu a sirných aminokyselin. Limitující aminokyselinou je zde leucin. Podíl frakcí bílkovin v nažce pohanky byl zjištěn na 50 % albuminů a globulinů, 18,7 % glutelinů a 6,3 % prolaminů. Pohanka je vhodná potravina pro bezlepkovou dietu, protože neobsahuje prolaminu toxické pro pacienty s celiakií.

Tab. 2: Obsah esenciálních aminokyselin v pohance [20]

Aminokyselina	Obsah [g/100g]
Valin	5,3
Leucin	6,7
Isoleucin	4,0
Threonin	4,0
Lysin	6,0
Methionin	2,3
Fenylalanin	4,8
Tryptofan	0,1

Přestože jsou pohankové nažky svým složením bílkovin vyvážené, jejich biologická dostupnost pro člověka je nízká. Nízká stravitelnost bílkovin je zapříčiněna nejpravděpodobněji z důvodů přítomnosti inhibitorů proteáz [48].

1.4.4 Tuky

Tuk v nažce pohanky, který se nachází především v zárodku a endospermu, se pohybuje kolem 3 %. Obsahuje převážně vícenenasycené mastné kyseliny, které tvoří 82 % tuku. Nejvíce zastoupenými jsou kyselina linolová (Tab. 3) a α -linolenová, která snižuje hladinu cholesterolu v krvi. Lipidy z pohanky obsahují 0,2 % fyziologicky aktivních rostlinných sterolů – sitosterol, stigmasterol a kampesterol snižující vstřebávání cholesterolu [2, 48].

Tab. 3: Obsah mastných kyselin v pohance [21]

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

1.4.5 Minerální látky

Pohanka představuje cenný zdroj minerálních látek (Tab. 4), převážně těch esenciálních, přítomných ve všech tkáních živých organismů, kdy jejich nedostatek vede k poruchám organismu. Ty jsou obsaženy zejména v klíčcích a slupkách. Pohankové kroupy jsou zdrojem zinku, nezbytného při tvorbě kostí, léčení při pooperačních ranách, vředech a jizvách. Katalyticky se podílí na mnoha metabolických drahách. Další významnou minerální látkou je měď, jejíž využitelnost se zvyšuje v přítomnosti bílkovin a aminokyselin. Pohanka obsahuje draslík vyskytující se ve formě volných iontů. Hraje důležitou roli při mezibuněčném metabolismu a správné funkci enzymů. Nezanedbatelný je i obsah hořčíku, který je důležitý pro biochemické reakce, hlavně ty metabolické, kdy se tvoří ATP. Důležitou minerální látkou pohanky je také vápník, stavební materiál kostí a zubů, je obsažen i ve sva-lech a ovlivňuje srážlivost krve. Nezbytnou minerální látkou, hlavně pro ženy, obsaženou v pohance, je železo. To podporuje tvorbu červených krvinek významných pro transport kyslíku a funkci mozku [48, 1].

Tab. 4: Obsah minerálních látek v nažce pohanky [2, 50].

Minerální látka	Obsah [mg/100g]	DDD [mg/100g]
Vápník	120	800
Železo	4	14
Hořčík	390	375
Fosfor	320	700
Draslík	450	2000
Měď	1	1
Mangan	3,5	2
Zinek	0,9	10

DDD – doporučená denní dávka

1.4.6 Vitaminy

Z vitaminů se v plodech pohanky nachází především vitaminy skupiny B (Tab. 5). Nejvíce je v plodech obsaženo vitaminu B₁, neboli thiaminu. Jeho biologickou funkcí je dekarboxylace při metabolismu sacharidů, tuků a alkoholu. Dalším vitamínem ze skupiny vitaminů B, rozpustných ve vodě, je vitamin B₂ – riboflavin příznivě působící na pokožku a vitamin B₃ – niacin, který je součástí NAD/NADP v oxidačním metabolismu. V pohance je v poměrně velkém množství obsažen i vitamin B₅, neboli kyselina panthothénová, která je součástí koenzymu A. Účastní se také syntézy tuků. Nachází se zde i malé množství vitaminu B₆, složeného ze tří derivátů pyridinu – pyridoxol, pyridoxal a pyridoxamin, které se účastní metabolismu aminokyselin a sacharidů. V listech a květech pohanky, ze kterých se vyrábí směs na přípravu nálevů ve formě čaje, je také ve velké míře zastoupen vitamin E, nejvýznamnější přirozený lipofilní antioxidant, uplatňující se jako ochrana nenasycených lipidů před poškozením volnými radikály [22, 48, 1, 2, 4].

Tab. 5: Obsah vitaminů v pohance [2, 50]

Vitamin	Obsah[mg/100g]	DDD [mg/100g]
E	4,1	12
B ₁	4,2	1,1
B ₃	2,1	16
B ₅	1,2	6,0
B ₂	1,1	1,4
B ₆	0,2	1,4

DDD – doporučená denní dávka

1.4.7 Látky s antioxidační aktivitou

Mezi přirozené antioxidanty se řadí především sekundární metabolity. Ty jsou obsažené převážně ve vyšších rostlinách a likvidují volné radikály způsobující řadu onemocnění. Aktivní druhy kyslíku vznikající v těle způsobují poškození DNA, hrají velkou roli v procesu stárnutí a vývoji rakoviny. Je tedy důležité redukovat množství přebytečného aktivního kyslíku v našem těle [4]. Z chemického hlediska jsou antioxidanty řazeny do poměrně široké a rozmanité škály sloučenin, lze je také rozdělit dle stavby jejich molekuly na sloučeniny hydrofilní a lipofilní povahy.

Hlavní skupinu přirozených antioxidantů v pohance tvoří flavonoidy (40 mg/g v sušině). Zde se řadí zejména myricetin, kvercetin a jeho deriváty kvercetin-3-D-galaktosid, kvercetin-3-β-D-glukosid, kyselina chlorogenová, kaempferol nebo kaempferol-3-rutinosid [48, 10]. Obecně platí, že flavonoidy jsou v semenech umístěny ve vázané formě v rámci buněčné stěny. Odtud mohou být extrahovány alkalickou, kyselou, nebo enzymatickou hydrolýzou.

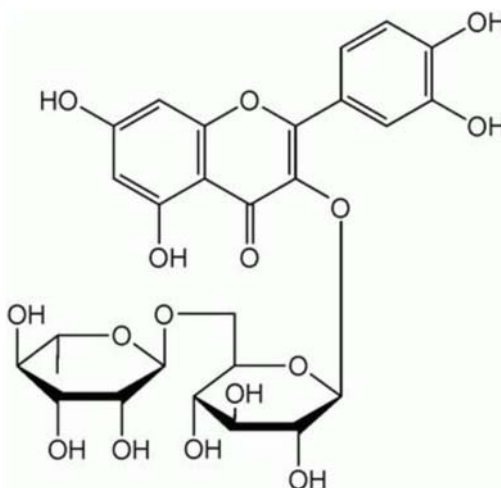
Nejdominantnější z flavonoidových sloučenin v pohance je glykosid kvercetinu, rutin (Obr. 5) (kvercetin-3-β-rutinosid), který existuje většinou ve volné formě, takže může být snadno extrahován i za použití etanolu, metanolu nebo acetonu. Tato látka je vyššími rostlinami syntetizována jako obrana vůči ultrafialovému záření a škůdcům, kteří způsobují její choroby [23, 10]. Rutin má relaxační účinky na hladké svaly a je účinný při prevenci krvácení kapilární sítnice a snížení vysokého krevního tlaku. Také zmírňuje vstřebávání cholesterolu z potravy a to jak plazmového, tak i jaterního [4].

Dále rutin léčebně působí na cévy v celém organismu, vrací jim pružnost a snižuje riziko trombózy. Účinnost rutinu násobí účinek vitamínu C, proto je dobré s pohankou konzumovat potraviny bohaté na tento vitamin.

Obsah rutinu v nažce pohanky je dost variabilní, pohybuje se v rozmezí od 200 do 400 mg/kg [2]. Mouka vyráběná z celých neloupaných semen obsahuje asi 60 % celkového množství rutinu nažky, takže je jeho obsah ve výrobcích závislý na typu použité mouky. Množství rutinu a celkově polyfenolů se může výrazně měnit zpracováním pohanky. Záleží na faktorech, jako jsou podmínky při zpracování a délka působení teploty. Působením zvýšené teploty se množství rutinu snižuje [2]. Například pražení snižuje množství rutinu a způsobuje tak mírné snížení antioxidační aktivity, naopak pečení, kterým je sice obsah rutinu také snížen, vede k syntéze jiných látek s antioxidačními vlastnostmi, jimiž jsou produkty Maillardovy reakce. Jako prostředku ke zvýšení obsahu polyfenolů se využívá klíčení pohankových semen [23].

Pro vysoké zastoupení rutinu jsou zpracovávány i zelené části rostlin, ze kterých se připravuje zejména směs pro přípravu nálevů ve formě čaje.

Listy pohanky obsahují skvalen, isoprenoid, který má šest isoprenových jednotek s vlastní antioxidační aktivitou. Chrání buňky proti radikálům, posiluje imunitní systém, a snižuje riziko různých druhů rakoviny [4].



Obr. 5: Strukturní vzorec rutinu [24]

Mezi další látky s antioxidační aktivitou vyskytující se v pohance jsou řazeny kvercetin-3-robinobiosid, vitexin, isovitexin, orientin, isoorientin, katechin a epikatechin [23].

Tab. 6: Porovnání obsahu fenolických látek a rutinu v pohance [25]

Část rostliny	Obsah fenolických látek [mg/kg]	Rutin [mg/kg]
Pohanka – loupané nažky	3303	178
Pohanka - neloupané nažky	3903	184
Pohanka - listy	39514	23443

Dále pohanka obsahuje cholin, bioaktivní látku, která má pro organismus význam i jako stavební a energetický zdroj. Částečně je přijímán stravou, částečně je vytvářen v játrech a dalších tkáních z různých esenciálních látek, např. z aminokyseliny methioninu za přítomnosti kyseliny listové a vitamínu B₁₂ [26]. Regeneruje jaterní buňky po poškození alkoholem a chorobami a pomáhá i odbourávání nahromaděného tuku v játrech [2].

1.4.8 Antinutriční látky

Přesto, že je pohanka vhodnou potravinou pro osoby trpící celiakií, může být původcem alergie. Řada rostlin vytváří především v semenech antinutriční látky, specifické bílkoviny, které jsou součástí jejich obranného systému. Jsou to především inhibitory proteáz a tanniny. Vysoká hladina taninů patří k hlavním faktorům snižujícím stravitelnost bílkovin. Ačkoliv pohanková zrna obsahují významné množství proteinů a vyvážený poměr aminokyselin, podle nejnovějších studií mohou některé proteiny pohanky po požití vyvolat alergické reakce neboli abnormální fyziologickou odezvu lidského organismu prostřednictvím tvorby imunoglobulinů E na přijímanou potravu. Tyto reakce byly sledovány v Evropě a Japonsku. Mezi jejich příznaky se řadí astma, rýma, ekzém, kopřivka a angioedém - otok vznikající na různých místech organismu [27] a objevují se krátce po požití produktů z pohanky [16]. Tyto příznaky byly pozorovány nejen po požití, ale také při vystavení se pohankovému prachu, například při použití polštářů plněných pohankovými slupkami. Množství taninů v nažce se pohybuje v rozmezí od 0,5-4,5 % v závislosti na odrůdě a podmínkách při pěstování. Rozložení proteinů způsobující alergie není v nažce pohanky rovnoměrné. Reakce pacientů na bílkoviny z frakce mouky z vnitřní části zrna byly slabší

než frakce z vnější části zrna. Frakce z vnitřní části je proto možné zpracovat jako potravinu s nízkým obsahem alergenních bílkovin [48]. Z hlediska podpory nutriční a biologické hodnoty pohanky se vědci snaží eliminovat proteiny způsobující alergické reakce vhodnými úpravami, například enzymatickými modifikacemi pomocí kmenů kvasinek a plísní [16].

Mezi další antinutriční složky pohanky patří fytáty. Nacházejí se především v buňkách aleuronové vrstvy a jsou hlavní zásobní formou fosforu, hořčíku a draslíku v semenu. Celá nažka obsahuje asi 10 g/kg kyseliny fytové. V pohance se také vyskytuje fytotoxický derivát hypericinu – fagopyrin patřící do skupiny fotosenzibilizujících látek. Byl objeven v listech a květech v koncentraci 0,02-0,08 % a může mít léčivé účinky proti diabetes druhého typu [48].

1.4.9 Zdravotní vlastnosti pohanky

Konzumace pohanky hraje významnou roli v dietě u pacientů trpících celiakií, chronickým autoimunitním onemocněním tenkého střeva, které je citlivé na směs dvou bílkovinných frakcí gliadinu a gluteninu nazývanou gluten nebo také lepek [2].

Má i další příznivé účinky na lidské zdraví, které jsou připisovány zejména polyfenolickým látkám jako flavonoidům, isoflavonoidům a ostatním polyfenolům. Ty mohou například zabraňovat praskání žilek v oku, obličejí, zvýšené krvácivosti, jsou účinné i při žaludečních vředech, střevních nádorech či při silné déletrvající menstruaci [2].

Vařené pohankové kroupy obsahují 6 % rezistentního škrobu odolného vůči působení amylyázy. Tento škrob má v trávicím traktu podobnou funkci jako vláknina – prodlužuje pocit sytosti. Při fermentaci produkuje mikroflóra v tlustém střevě krátké řetězce mastných kyselin, které dokážou fermentačním procesem rozložit nestavitelné sacharidy v předchozích částech gastrointestinálního traktu. Produkci těchto kyselin dochází ke snižování hodnoty pH ve střevě, a tím se vytvářejí podmínky zamezující růstu a pomnožení potenciálně patogenních bakterií. Přítomnost kyselin s krátkými řetězci podporuje vytváření zdravého prostředí ve střevě a snižuje tak riziko vzniku rakoviny [22]. Rezistentní škrob také příznivě ovlivňuje obsah cholesterolu v krvi a je nutričně významný pro diabetiky, neboť omezuje výkyvy hladiny glukózy v krvi.

Pohanka bývá označována také jako prebiotický produkt. Postupnou extrakcí pohankové mouky byly získány izoláty obsahující minimum škrobu, zvýšený obsah beta-glukanů

a proteinů. U těchto izolátů byla prokázána pozitivní biologická aktivita zejména vůči kmenům bakterií *Enterococcus faecium*. Bylo zjištěno, že dochází k ovlivnění rozpustnosti extraktu za přítomnosti žlučových kyselin, což potvrzuje předpokládanou interakci izolátů s těmito látkami. Tímto bylo potvrzeno, že pohankové izoláty mohou být perspektivním prebiotikem [28, 29].

1.5 Využití pohanky

Pohanka je všestranně využitelná pseudocereálie. V současné době je na trhu celá řada pohankových produktů (kroupy, lámanka, krupice, mouka, těstoviny, vločky, pukance, směs pro přípravu nápoje ve formě čaje, chléb, aj.). Pohankové slupky se používají jako plnidlo do polštářů a k výrobě směsi pro přípravu nápoje ve formě čaje [49]. Pohanka se dá konzumovat i jako zelenina ve formě výhonků a klíčků nebo jako krmivo pro hospodářská zvířata. Lze ji využít na zelené hnojení či k získávání fytofarmak. Pohanka je ceněna především pro svoji nenáročnost při pěstování. Dnes je určena zejména pro pěstování na výše položených extenzivních plochách, na lokalitách s omezenými vstupy (hygienická pásma ochrany vod, chráněné oblasti apod.) a do ekologického systému pěstování plodin. Je možné ji využít i na zelené hnojení jako významný zdroj fosforu a draslíku [49]. Pohanka je díky svým vynikajícím nutričním vlastnostem považována za jednu z nejhodnotnějších plodin [3].

1.5.1 Pohanka jako potravina

Pohanka má jako potravina široké kulinární využití. Nažky jsou konzumovány v různých úpravách, například ve formě mouky, která slouží k výrobě kaší (Obr. 6), japonských soba nudlí, palačinek, sušenek, těstovin a pečiva. Je součástí snídaňových směsí, sušených nápojů a hotových směsí k rychlé přípravě. V ČR je vyráběno více než 40 různých pohankových výrobků, od pohanky neloupané přes kroupy (2-5 mm), lámanku (frakce nad 1 mm), krupici (0,3-1 mm), mouku až po těstoviny, směsi na omelety, lívance, vločky, různé pečářské výrobky a také speciální výrobky pro pacienty trpící celiakií. Kromě nažek je možné využít i zelené části pohanky, především její listy. Pohanková směs pro přípravu nálevů ve formě čaje (Obr. 7) se používá k léčbě otoků dolních končetin u pacientů s chronickým onemocněním cév [48].



Obr. 6: Pohanková kaše s bylinkami a žampiony [30]



Obr. 7: Pohankový čaj se šípkem [31]

Jako zelenina se využívají zejména mladé natě s listy. Konzumují se čerstvé v salátech nebo slouží k přípravě teplých pokrmů. Chutnou a zdravou zeleninou mohou být též pohankové výhonky či klíčky, které svým vzhledem připomínají klíčky sojové, nemají však tak výraznou vůni [11]. Tyto mladé sedmidenní rostlinky mají sytě červené stonky a kulaté, tmavě zelené listy. Jsou vynikajícím zdrojem chlorofylu, vitamínu A a C, vápníku a lecitinu [32]. Obsahují mnohem více lyzinu a rutinu než samotná semena. Obsah bílkovin, tuku, vlákniny, ale také obsah fosforu, hořčíku, draslíku, sodíku, zinku, mědi a manganu, rutinu i taninů se během klíčení při teplotě 25 °C po dobu sedmi dní zvyšuje. Naopak obsah stravitelných sacharidů a obsah železa se snižují. Množství draslíku a mědi zůstává téměř konstantní. U vitamínů B₂, niacinu a B₆ dochází k nárůstu jejich obsahu, zatímco

obsah vitamínu B₁ zůstává téměř stejný. Z lipofilních složek byl zaznamenán nárůst karotenoidů, obsah vitamínu E v průběhu klíčení klesá [11].

Klíčky mohou být používány jako vhodné funkční potraviny např. ve formě lyofilizovaného prášku [48].

1.5.2 Pohanka jako medonosná rostlina

Pohanka je velmi bohatou plodinou na nektar. Včely navštěvují květy zejména v ranních hodinách, kdy se květy otevírají a poskytují pastvu včelám po celé léto. Pohankový med je tmavohnědý, nerovnoměrně krystalizující s vysokým obsahem bioflavonoidů, zejména rutinu. Působí antibakteriálně. Má velmi specifickou vůni, proto není vhodný do směsí s ostatními druhy medu [49, 3].

1.5.3 Pohanka jako krmivo

Při pěstování pohanky lze získat píce, velmi důležité plodiny sloužící k zajištění krmivové základny hospodářských zvířat a jsou základním zdrojem objemných poměrně hodnotných krmiv. Z rozboru zelené hmoty po odkvětu bylo zjištěno, že obsahuje 21,7 % sušiny, 3,2 % dusíkatých látek, 2,1 % stravitelných dusíkatých látek, 11,2 % škrobových jednotek a obsah vlákniny v sušině je 20,8 % [3].

2 METODY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY

Látkám s antioxidační aktivitou se dnes věnuje velká pozornost, a to jak z hlediska jejich biologické účinnosti, tak i z hlediska jejich výskytu v různých druzích potravin. V poslední době je velký význam přikládán zejména polyfenolickým látkám, jejichž zdrojem jsou zelenina, ovoce, čaje, vína, aromatické a léčivé rostliny.

V oblasti chemické analýzy potravin bylo v posledním desetiletí vypracováno spousta metod umožňujících stanovit tzv. celkovou antioxidační aktivitu vzorku (TAC – Total Antioxidant Capacity). Jejich základním smyslem je charakterizovat v podmínkách blízkých fyziologickému prostředí jejich antioxidační příp. redukční účinnost jako souhrnnou vlastnost potraviny [33].

Metody stanovení mohou být kategorizovány do dvou skupin:

- a) Metody hodnotící schopnost eliminovat radikály – metody spočívají v hodnocení schopnosti vzorku vychytávat volné radikály. Radikály mohou být v reakční směsi generovány nebo jsou do reakční směsi přidávány. Z hlediska chemického jde o radikály kyslíkové (hydroxyl, peroxy, superoxidový anion-radikál) nebo syntetické stabilní radikály (DPPH, ABTS⁺, galvinoxyl). Řadí se zde např. metoda DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl), kdy se hodnotí eliminace syntetických stabilních radikálů [33].
- b) Metody posuzující redoxní vlastnosti látek – neenzymové antioxidanty mohou být charakterizovány jako redukční činidla, která reagují s oxidanty, redukuje je a tím je inaktivují. Z tohoto pohledu lze antioxidační aktivitu posuzovat na základě redukční schopnosti látky. Patří sem např. HPLC metoda s elektrochemickou detekcí [33].

2.1 Stanovení obsahu polyfenolů

Polyfenolické sloučeniny jsou přírodní látky. Patří mezi ně např. flavonoidy, katechiny a fenolické kyseliny. Celkový denní příjem polyfenolů z různých zdrojů byl odhadnut na 1 g a je tedy vyšší, než příjem antioxidačních vitaminů. V řadě experimentálních studií bylo

také prokázáno, že antioxidační aktivita mnoha rostlinných fenolických látek je vyšší než účinek antioxidačních vitaminů. Jednou z metod k jejich kvantitativnímu stanovení je využití Folin-Ciocalteuova činidla [33].

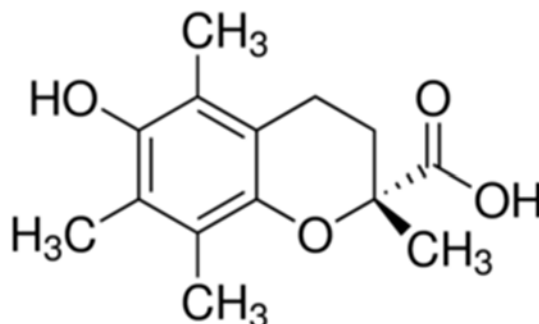
Polyfenoly v rostlinných extraktech reagují v alkalickém prostředí s redoxním činidlem Folin-Ciocalteu. Jedná se o jasně zářivě žlutý roztok. Přípravuje se rozpuštěním wolframanu sodného a molybdenanu sodného ve vodě. Dále se přidává 85% kyselina fosforečná a chlorovodíková [34]. Činidlo je tedy tvořeno směsí kyseliny fosforečno-wolframové a kyseliny fosforečno-molybdenové, která se po oxidaci fenolů redukuje na komplex modrých oxidů wolframu a molybdenu. Dochází tedy ke snížení oxidačního čísla molybdenu. Tyto modré pigmenty mají maximální absorpci závislou na kvalitativním i kvantitativním složení fenolických směsí, ale také na pH. Vytvořené modré zbarvení silně absorbuje v oblasti $\lambda = 765$ nm a je úměrné celkovému množství původně přítomných fenolových sloučenin. Folin-Ciocalteuovo činidlo nereaguje specificky jenom s fenoly, ale i většinou redukujících molekul (např. kyselinou askorbovou). Celkový obsah polyfenolů je tedy dobře korelován s ostatními testy pro stanovení antioxidační aktivity [35].

Protože jsou polyfenoly velmi široká skupina látek, jejich celkový obsah (Total Phenolic Content, TPC) se vztahuje vždy na ekvivalent daného standardu. Jako standard se používá např. kyselina askorbová nebo kyselina gallová, tudíž výsledný obsah TPC ve vzorcích produktů se udává v mg odpovídajícího standardu.

2.2 Stanovení antioxidační aktivity

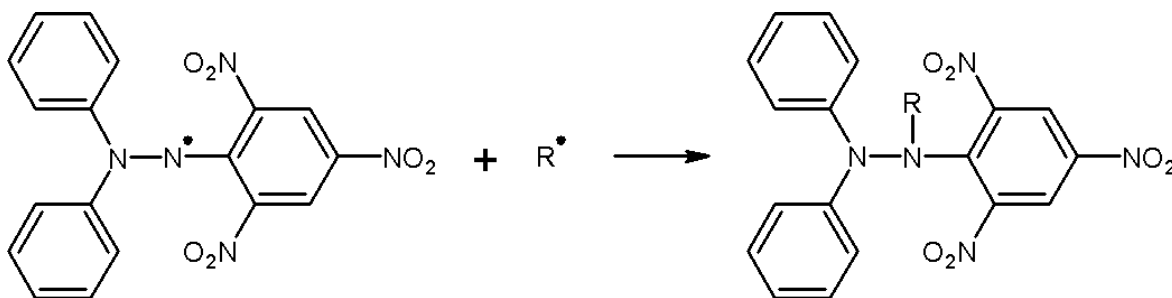
Metoda s využitím DPPH je považována za jednu ze základních metodik pro posouzení antiradikálové aktivity čistých izolovaných přírodních látek, rostlinných extraktů a potravin. Jedná se o rychlou, jednoduchou a nenákladnou metodu, která může být široce využívána u pevných a kapalných vzorků i různých směsných vzorků, kdy je stanovována celková antioxidační aktivita (AA). Metoda spočívá v reakci testované látky, fialovým DPPH, neboli stabilním volným radikálem 1,1-difenyl-2-pikrylhydrazilem. Je často používán jako činidlo v kvantitativním stanovení antioxidační aktivity pro spektrofotometrickou analýzu [36]. DPPH je nerozpustný ve vodě, zato dobře rozpustný v etanolu a metanolu [37]. V metanolovém roztoku se DPPH nachází v radikálové formě a vykazuje silnou absorpci ve viditelném spektru. Redukce DPPH antioxidantem se projevuje odbarvením roztoku. Reakce je nejčastěji sledována spektrofotometricky. Pokles absorbance při 515 nm se měří po uplynutí určitého konstantního času.

AA je vyjadřována jako hodnota antioxidační aktivity Troloxu, nebo-li 6-hydroxy-2,5,7,8-tetrametylchroman-2-dikarboxylové kyseliny. Trolox je ve vodě rozpustný syntetický derivát vitamínu E se silnými antioxidačními účinky. Taktéž je dobře rozpustný v etanolu a metanolu. Jedná se o bílý prášek o 97 % čistotě běžně používaný jako standard u metod detekujících antioxidační aktivitu. V lékařství je účinný jako přídatná léčba u některých typů rakoviny [38].



Obr. 8: Chemický vzorec Troloxu [39]

Pro čisté látky je celková antioxidační kapacita definována jako milimolární koncentrace Troloxu vykazující stejnou antioxidační aktivitu jako testovaná látka při koncentraci 1 mmol/l [33].



Obr. 9: Reakce DPPH• s volným radikálem za vzniku DPPH-H [40].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo v rámci teoretické části popsat pohanku, její pěstování a zpracování, chemické složení pohanky, vlastnosti pohanky, její využití a metody stanovení antioxidační aktivity.

V rámci praktické části bakalářské práce bylo cílem ve vybraných produktech z pohanky (pohanka lámanka, pohanka tmavá loupaná, pohanka loupaná, pohanka loupaná světlá, pohanková mouka celozrnná, pohanková mouka hladká, cereální pohanková kaše, pohanka kroupa):

- zjistit obsah vlhkosti, sušiny ve vybraných produktech z pohanky
- provést stanovení obsahu volných polyfenolů metodou Folin-Ciocalteu ve vybraných produktech z pohanky
- provést stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH ve vybraných produktech z pohanky.

4 METODIKA PRÁCE

Pro experimentální stanovení BP byly použity produkty zakoupené v běžné obchodní síti i v obchodech se zdravou výživou. Základní informace o jednotlivých produktech jsou uvedeny v Tab. 7.

Tab. 7: Seznam vzorků výrobků z pohanky

Číslo produktu	Produkt	Původ	Datum spotřeby
			[měsíc, rok]
1	Pohanka lámanka	ČR	10, 2016
2	Pohanka tmavá loupaná	ČR	12, 2016
3	Pohanka loupaná	Ukrajina	3, 2017
4	Pohanka loupaná světlá	Čína	9, 2016
5	Pohanková mouka celozrnná	ČR	10, 2016
6	Pohanková mouka hladká	EU	5, 2016
7	Cereální pohanková kaše	ČR	9, 2016
8	Pohanka kroupa	Polsko	9, 2016

4.1 Pomůcky a přístroje

- hliníkové misky
- běžné laboratorní sklo a pomůcky
- Spektrofotometr – Libra S6, Biochrom, UK
- Analytické váhy – Pioneer PA214210 gx, OHAUS, UK
- Sušárna – Venticell, BMT, CZ
- Exsikátor

4.2 Chemikálie

- Folin-Ciocalteu činidlo (Penta, Praha)
- roztok DPPH (Sigma – Aldrich, Francie)
- metanol (LAB-SCAN, UK)
- Trolox (Sigma-Aldrich, Francie)
- Na₂CO₃ (P. Lukeš, Uherský Brod)
- Kyselina gallová (Sigma – Aldrich, Francie)
- demineralizovaná voda

4.3 Stanovení vlhkosti (sušiny)

Ke stanovení vlhkosti (sušiny) analyzovaných vzorků byla použita gravimetrická metoda, která je založena na úbytku hmotnosti vzorku vlivem sušení.

Sušina je množství látek zbylých po vysušení vzorku do konstantní hmotnosti. Rozdíl celkové hmotnosti vzorku a jeho sušiny určuje vodný podíl. Podle druhu vázané vody (kapilární, volná, vázaná sorpcí apod.) na pevnou fázi je třeba k uvolnění molekul vody různé energie, dané teplotou vysušení. Při teplotě 105 °C se odpaří voda, která je na pevnou složku vázána molekulárními silami. Tato voda tvoří podstatný podíl z jejího celkového množství [8].

4.3.1 Postup stanovení

Nejdříve byly vysušeny při teplotě 130 °C asi 30 minut prázdné otevřené hliníkové misky i s víčky. Misky s víčky byly ponechány k vychladnutí v exsikátoru. Prázdné misky byly poté společně s víčky zváženy na analytických vahách s přesností 0,0001 g. Do takto zvážených misek bylo naváženo 10 g vzorku s přesností 0,0001 g. Vzorky byly rozprostřeny do stejnoměrné vrstvy a sušeny v sušárně předehřáté na teplotu 105 °C do konstantní hmotnosti. Po vysušení a vychladnutí vzorků v exsikátoru byly uzavřené misky se vzorky zváženy na analytických vahách s přesností 0,0001 g.

Obsah vlhkosti ve vzorcích byl spočítán dle vzorce pro výpočet obsahu vlhkosti v % (w/w):

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

m_0 hmotnost vysušené prázdné misky s víčkem [g]

m_1 hmotnost misky s víčkem s navázkou vzorku před vysušením [g]

m_2 hmotnost misky s víčkem se vzorkem po vysušení [g]

Následně byl vypočítán obsah sušiny (S) dle vzorce (2) v % (w/w):

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

Výsledkem byl aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou s (3) získaný ze tří hodnot stanovení od každého analyzovaného vzorku ve dvou paralelních stanoveních.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

4.4 Stanovení obsahu volných polyfenolů Folin-Ciocalteuovou metodou

Stanovení obsahu volných polyfenolů bylo provedeno pomocí spektrofotometrické metody s Folin-Ciocalteuovým činidlem za použití kyseliny gallové jako standardu.

Fenoly jsou v alkalickém prostředí oxidovány Folin-Ciocalteuovým činidlem. To je tvořeno směsí kyseliny fosforečno-wolframové a kyseliny fosforečno-molybdenové, která se po oxidaci fenolů redukuje na směs modrých oxidů wolframu a molybdenu. Dochází tedy ke snížení oxidačního čísla molybdenu a vytvořené modré zbarvení silně absorbuje v oblasti viditelného spektra při vlnové délce 765 nm [46].

4.4.1 Příprava kalibrační křivky

Nejprve byl připraven zásobní roztok standardu kyseliny gallové o koncentraci 0,50 mg/ml. Ze zásobního roztoku byla připravena řada pěti kalibračních roztoků v rozpětí 0,05- 0,3 mg/ml naředěním s demineralizovanou vodou. Z každé koncentrace bylo odpipeťováno 0,5 ml roztoku a smícháno s 1,25 ml Folin-Ciocalteuova činidla. Po třech minutách

ponechání reakční směsi na tmavém místě za občasného promíchání k ní bylo přidáno 3,8 ml 20 % roztoku Na_2CO_3 a doplněno demineralizovanou vodou na celkový objem 25 ml vzorku. Směs byla ponechána po dobu dvou hodin ve tmě při laboratorní teplotě za občasného promíchání. Následně byla měřena absorbance při vlnové délce 765 nm proti slepému pokusu připraveného obdobným postupem jako reakční směs, ale namísto 1 ml extraktu bylo použito stejné množství destilované vody. Ze 3 získaných hodnot absorbance pro každý standard byl spočítán průměr a sestrojena kalibrační křivka jako závislost absorbance na koncentraci kalibračních roztoků standardu kyseliny gallové.

4.4.2 Příprava extraktu pro analýzu

Extrakt vzorků z pohanky byl připraven podle mírně modifikovaného postupu z původního zdroje [41]. Do Erlenmayerovy baňky byl navážen 1 g zhomogenizovaného vzorku s přesností na čtyři desetinná místa a extrahován s 25 ml 80 % metanolu. Vzorek byl následně extrahován v třepačce při laboratorní teplotě po dobu 8 hodin při 250 otáčkách za minutu. Supernatant byl poté zfiltrován přes filtrační papír. Extrakt byl skladován pro další analýzu v chladu při 8 °C.

4.4.3 Spektrofotometrické stanovení

Pro měření množství volných polyfenolů obsažených v pohance bylo podle mírně modifikovaného postupu [41] do odměrné baňky napipetováno 0,5 ml roztoku extraktu s 1,25 ml Folin-Ciocalteuova činidla a po třech minutách ponechání reakční směsi na tmavém místě za občasného promíchání k ní bylo přidáno 3,8 ml 20 % roztoku Na_2CO_3 a doplněno demineralizovanou vodou na celkový objem 25 ml. Reakcí fenolových sloučenin s činidlem vzniklo modré zbarvení, jehož intenzita byla po dvou hodinách na tmavém místě, při pokojové teplotě za občasného promíchání, měřena jako absorbance při 765 nm [42]. Ze 3 získaných hodnot dvou paralelních stanovení byly spočítány průměrné hodnoty absorbance. Výsledné hodnoty absorbance jsou uvedeny v (Tab. 10). Následně byly hodnoty absorbance přepočítány podle navážky jednotlivých vzorků a byly uvedeny v jednotkách mg ekvivalentu KG/g vzorku a mg ekvivalentu KG/ g sušiny vzorku.

4.5 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Ke stanovení antioxidační aktivity byla použita spektrofotometrická metoda, která spočívá v reakci testovaného vzorku s DPPH (1,1-difenyl-2-pikrylhydrazylem), případně se stan-

dardem Trolox, při níž dochází k redukci radikálu za vzniku DPPH-H (difenylpikrylhydrazin). Redukce DPPH antioxidantem se projevuje odbarvením roztoku. Reakce je nejčastěji sledována spektrofotometricky, kdy je pokles absorbance měřen ve viditelném spektru při vlnové délce 515 nm.

4.5.1 Příprava kalibrační křivky

Pro sestavení kalibrační křivky metodou DPPH byl jako standard použit Trolox. Koncentrace zásobního roztoku byla 0,700 mg/ml a jeho ředěním bylo vytvořeno 5 kalibračních roztoků v rozpětí 0,030 - 0,190 mg/ml.

Z každé koncentrace roztoku Troloxu bylo odpipetováno 0,1 ml a smícháno s 3,9 ml metabolického roztoku DPPH. Zkumavky s reakční směsí byly uzavřeny a ponechány v temnu při laboratorní teplotě 20 °C po dobu 10 minut a poté byla proměřena absorbance při vlnové délce 515 nm proti slepému vzorku připraveného stejným postupem jako reakční směs, ale místo 0,1 ml roztoku Troloxu bylo použito stejné množství demineralizované vody. Zároveň byl připraven kontrolní roztok smícháním 3,9 ml roztoku DPPH a demineralizované vody namísto extraktu. Ze tří získaných hodnot absorbance pro každý roztok kalibrační křivky byly spočítány hodnoty inaktivace podle vzorce (4) a následně jejich průměr.

$$I (\%) = \frac{(A_0 - A_1)}{A_1} \cdot 100 \quad (4)$$

A_0 – absorbance kontrolního roztoku (DPPH s demineralizovanou vodou)

A_1 – absorbance reakční směsi (DPPH s roztokem Troloxu)

4.5.2 Příprava extraktu

Příprava extraktu pro stanovení antioxidační aktivity byla provedena stejným postupem jako v kapitole 4.4.2.

4.5.3 Příprava reakční směsi

Reakční směs byla připravena podle mírně modifikovaného postupu [41], kdy bylo 3,9 ml metabolického roztoku DPPH o koncentraci 0,025 mg/ml smícháno s 0,1 ml extraktu vzorku dle postupu v kapitole 4.4.2. Zkumavky byly uzavřeny a uloženy na tmavé místo při laboratorní teplotě po dobu 10 minut. Zároveň byl připraven kontrolní roztok smícháním

3,9 ml roztoku DPPH a 0,1 ml demineralizované vody namísto extraktu. Také byl připraven slepý vzorek, který obsahoval 3,9 ml metanolu a 0,1 ml extraktu. Po 10 minutách byla měřena absorbance (A_1) reakční směsi třikrát pro dvě paralelní stanovení při vlnové délce 515 nm proti slepému vzorku a změřena absorbance kontrolního vzorku. Z průměrných hodnot absorbancí byly vypočteny hodnoty inaktivace vzorků pohanky podle vzorce (5).

$$I (\%) = \frac{(A_0 - A_1)}{A_1} \cdot 100 \quad (5)$$

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

V praktické části bakalářské práce byl ve vybraných vzorcích pohankových výrobků (pohanka lámanka, pohanka tmavá loupaná, pohanka loupaná, pohanka loupaná světlá, pohanková mouka celozrná, pohanková mouka hladká, cereální pohanková kaše, pohanka kroupa) stanoven obsah sušiny a antioxidační aktivita.

K stanovení antioxidační aktivity byla použita metoda s DPPH a metoda podle Folin-Ciocalteu pro stanovení celkového obsahu polyfenolů.

5.1 Výsledky stanovení vlhkosti (sušiny)

Obsah vlhkosti byl stanoven dle postupu uvedeného v kapitole 4.3. Ze 3 získaných hodnot, 2 paralelních stanovení vedle sebe, byla vypočtena průměrná hodnota obsahu vlhkosti v % (w/w) ve vzorcích pohanky podle vzorce (1) a sušina v % (w/w) dle vzorce (2). Výsledky jsou uvedeny v Tab. 8.

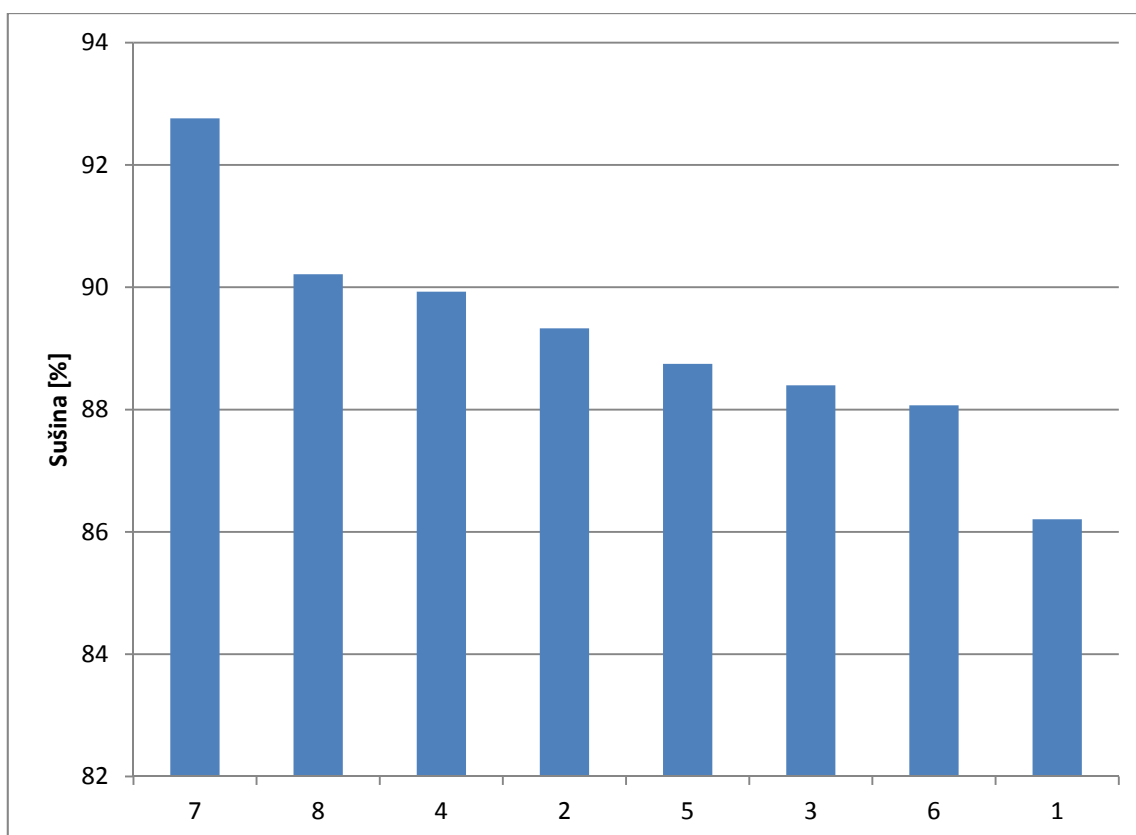
Tab. 8: Průměrné hodnoty vlhkosti (sušiny) ve vzorcích pohanky

Vzorek	Produkt	Průměrná vlhkost [%]	s [%]	Průměrná sušina [%]
1	Pohanka lámanka	13,79	0,06	86,21
2	Pohanka tmavá loupaná	10,67	0,02	89,33
3	Pohanka loupaná	11,60	0,04	88,40
4	Pohanka loupaná světlá	10,07	0,16	89,93
5	Pohanková mouka celozrná	11,25	0,02	88,75
6	Pohanková mouka hladká	11,93	0,07	88,07
7	Cereální pohanková kaše	7,24	0,12	92,76
8	Pohanka kroupa	9,79	0,04	90,21

s – směrodatná odchylka

Obsah sušiny v analyzovaných vzorcích se pohyboval v rozpětí od 86,21 % do 92,76 % a obsah vlhkosti se pohyboval v rozmezí od 7,24 % do 13,79 %. Dle vyhlášky o potravinách a tabákových výrobcích (182/2012 Sb.) [45] pro minimální požadavky na kvalitu pohanky, která určuje maximální obsah vlhkosti na 15%, všechny stanovené hodnoty vyhovují daným parametrům.

Nejvyšší hodnotu sušiny měl vzorek cereální pohankové kaše patrně z důvodu toho, že je tento produkt vyroben speciální technologií - extruzí, kdy se na potravinu působí především vysokými teplotami, mechanickými, třecími, smykovými, tlakovými a stříhovými silami [12]. Nejnižší hodnota sušiny byla stanovena ve vzorku pohanky lámanky. Jde o zrno, které není tepelně zpracováno, pouze technologicky upraveno mletím na menší části, tudíž nedochází k velké ztrátě vlhkosti. Vlhkost tohoto vzorku je téměř o polovinu vyšší, než u vzorku cereální pohankové kaše. Z grafu (Obr. 10) je patrné, že obsah sušiny ve vzorcích mouk (vzorky 5 a 6) je podobný. V ostatních produktech, zejména v produktech z celých zrn, celých loupaných nebo lámaných, se hodnoty sušiny liší v rozmezí 5 %.



Obr. 10: Výsledné hodnoty sušiny v analyzovaných vzorcích v sestupném pořadí

5.2 Výsledky stanovení obsahu volných polyfenolů Folin-Ciocalteuovou metodou

Postup pro stanovení obsahu volných polyfenolů metodou s Folin-Ciocalteuovým činidlem v produktech z pohanky je uveden v kapitole 4.4.

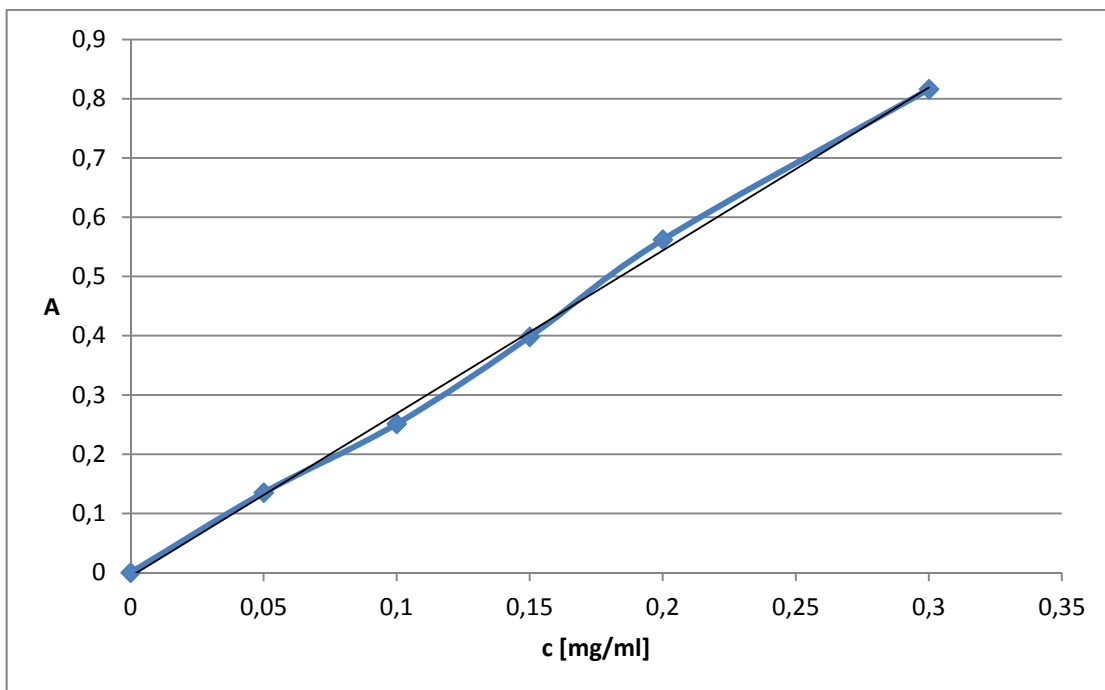
5.2.1 Kalibrační křivka

Ke stanovení obsahu volných polyfenolů metodou s Folin-Ciocalteuovým činidlem byla sestrojena kalibrační křivka, kde byla jako standard použita kyselina gallová. Byla připravena řada kalibračních roztoků o koncentracích v rozpětí od 0,05 do 0,3 mg/ml.

Kalibrační křivka kyseliny gallové (Obr. 11) pro stanovení volných polyfenolů byla sestrojena jako závislost absorbance na koncentraci kalibračních roztoků kyseliny gallové. Výsledky stanovení jsou uvedeny v Tab. 9.

Tab. 9: Hodnoty absorbance pro jednotlivé koncentrace kyseliny gallové

Koncentrace kyseliny gallové [mg/ml]	Průměrná absorbance
0	0
0,05	0,135
0,1	0,251
0,15	0,398
0,2	0,562
0,3	0,816



Obr. 11: Závislost absorpance na koncentraci kyseliny gallové

Kalibrační křivka má rovnici regrese:

$$y = 2,751 \cdot x - 0,006$$

kde: y ... absorpance (A)

x ... koncentrace kyseliny gallové (c) [mg/ml]

Korelační koeficient závislosti absorpance na koncentraci kyseliny gallové: $R^2 = 0,998$

5.2.2 Stanovení volných polyfenolů u vzorků produktů z pohanky

Dosažením stanovených průměrných hodnot absorpací vzorků produktů z pohanky do rovnice regrese kalibrační křivky kyseliny gallové a přepočtem původní navážky vzorků výrobků z pohanky byl zjištěn obsah volných polyfenolů vyjádřen jako mg ekvivalentu kyseliny gallové na gram vzorku. Dále byla přepočtem na základě hodnoty obsahu sušiny stanovena hodnota volných polyfenolů v mg kyseliny gallové na g sušiny vzorku. Průměrné hodnoty volných polyfenolů pro jednotlivé vzorky jsou uvedeny v Tab. 10 a v Tab. 11.

Tab. 10: Stanovené průměrné obsahy volných polyfenolů u pohankových výrobků

Vzorek	Produkt	Průměrná absorbance	s	Obsah VP [mg KG/ g vzorku]
1	Pohanka lámanka	0,291	0,0013	2,68
2	Pohanka tmavá loupaná	0,285	0,0104	2,60
3	Pohanka loupaná	0,186	0,0126	1,74
4	Pohanka loupaná světlá	0,427	0,0128	3,92
5	Pohanková mouka celozrnná	0,895	0,0328	8,12
6	Pohanková mouka hladká	0,343	0,0017	3,16
7	Cereální pohanková kaše	0,300	0,0162	2,77
8	Pohanka kroupa	0,398	0,0280	3,67

KG – ekvivalent kyseliny gallové

VP – volné polyfenoly

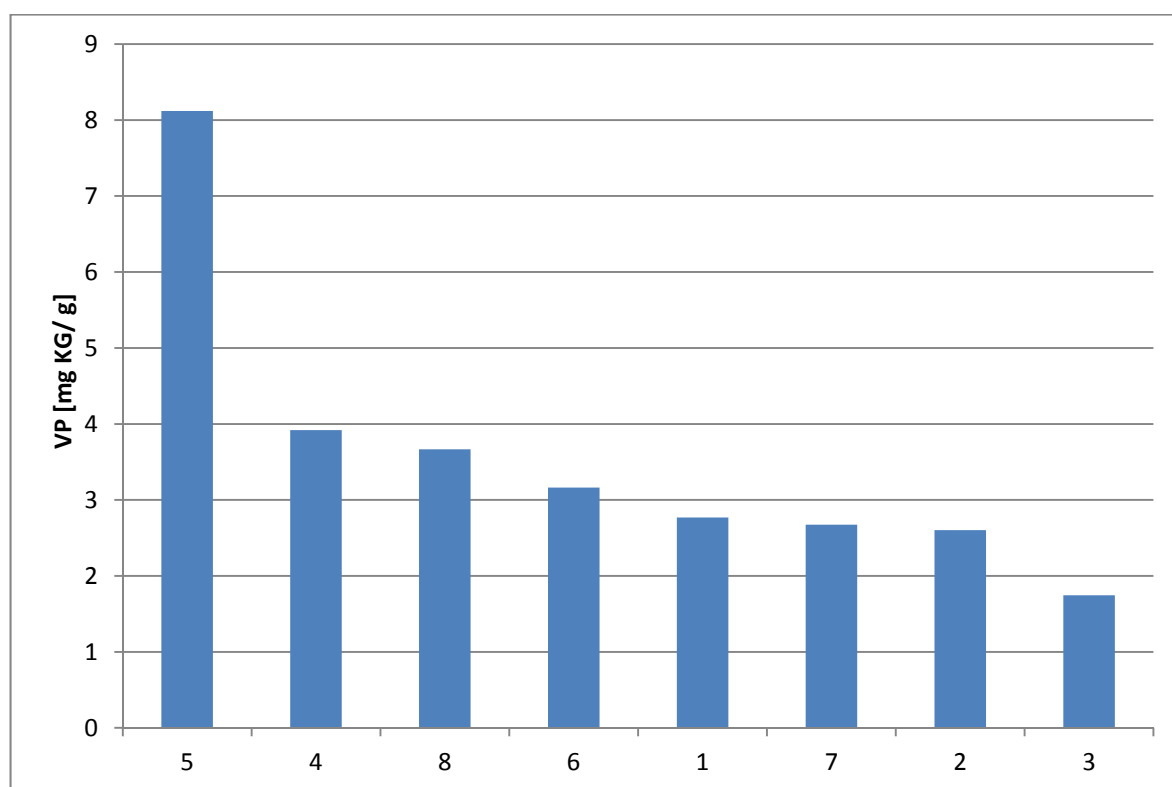
Tab. 11: Výsledné hodnoty volných polyfenolů u pohankových výrobků v přepočtu na sušinu

Vzorek	Produkt	Sušina [%]	Obsah VP [mg KG/ g sušiny vzorku]
1	Pohanka lámanka	86,21	3,10
2	Pohanka tmavá loupaná	89,33	2,91
3	Pohanka loupaná	88,40	1,97
4	Pohanka loupaná světlá	89,93	4,36
5	Pohanková mouka celozrnná	88,75	9,15
6	Pohanková mouka hladká	88,07	3,59
7	Cereální pohanková kaše	92,76	2,98
8	Pohanka kroupa	90,21	4,07

Na Obr. 12 jsou uvedeny v sestupném pořadí průměrné hodnoty volných polyfenolů pro jednotlivé vzorky.

Obsah volných polyfenolů u jednotlivých druhů produktů z pohanky se pohybuje v rozmezí od 1,74 mg/g do 8,12 mg/g.

Nejvyšší obsah volných polyfenolů byl stanoven u vzorku pohankové mouky celozrnné. Z výsledků vzorků pohanky je patrné, že vyšší hodnoty volných polyfenolů dosahovaly vzorky vysoko vymletých produktů, které dále nebyly zbaveny obalových vrstev vymílacím procesem. Tyto výrobky se označují jako celozrnné. Naopak u výrobků, kdy zrna prošla technologickými procesy jako je drcení, třídění a vymílání byla zjištěna hodnota celkové antioxidační aktivity až 3 krát menší. Lze tedy říci, obalové vrstvy obsahují oproti endospermu mnohem větší zastoupení látek s antioxidační aktivitou. Zbývající produkty měly poměrně podobné hodnoty volných polyfenolů v rozmezí od 2,60 mg/g do 3,92 mg/g ve vzorku. Nejnižší obsah polyfenolů byl zjištěn u vzorku Pohanky loupané, který byl svou hodnotou 4 násobně menší, než u pohankové mouky celozrnné. Obsah volných polyfenolů u jednotlivých druhů produktů z pohanky v sušině se pohybuje v rozmezí od 1,97 mg/g do 9,15 mg/g.



Obr. 12: Sestupné pořadí obsahu volných polyfenolů u pohankových výrobků

5.3 Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

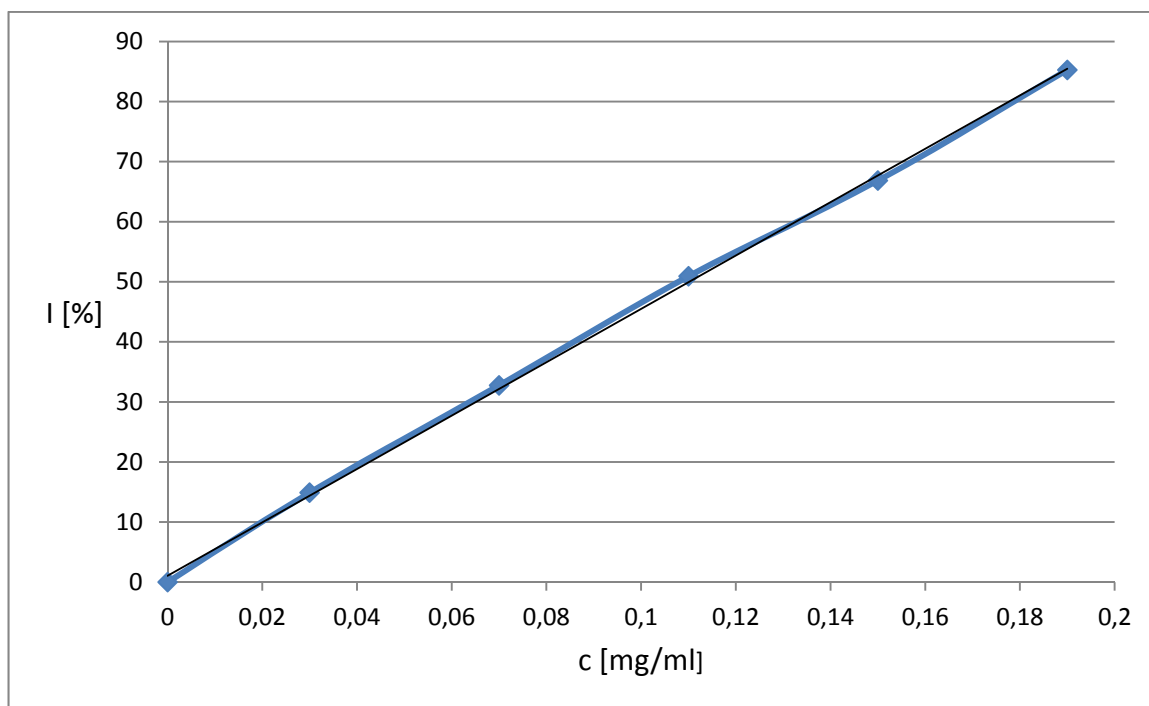
Postup pro stanovení antioxidační aktivity v produktech z pohanky je uveden v kapitole 4.5.

5.3.1 Kalibrační křivka

K určení antioxidační aktivity v produktech z pohanky byla sestrojena kalibrační křivka, kde byl jako standard použit Trolox. Byla připravena řada kalibračních roztoků o koncentracích v rozpětí 0,030 - 0,190 mg/ml. Kalibrační křivka Troloxu (Obr. 13) pro určení antioxidační aktivity byla sestrojena jako závislost inaktivace na koncentraci kalibračních roztoků Troloxu. Pro stanovení inaktivace Troloxu byla třikrát měřena absorbance každého kalibračního roztoku a z jejich průměrné hodnoty spočítána hodnota inaktivace dle vztahu (4) uvedeného v kapitole 4.5.1. Výsledky jsou uvedeny v Tab. 12.

Tab. 12: Hodnoty inaktivace pro jednotlivé koncentrace Troloxu

Koncentrace Troloxu [mg/ml]	Inaktivace [%]
0	0
0,030	14,89
0,070	32,76
0,110	50,91
0,150	66,84
0,190	85,26



Obr. 13: Závislost inaktivace na koncentraci Troloxu

Kalibrační křivka má rovnici regrese:

$$y = 444,2 \cdot x + 1,051$$

kde: y ... inaktivace (I) [%]

x ... koncentrace Troloxu (c) [mg/ml]

Korelační koeficient závislosti inaktivace na koncentraci Troloxu: $R^2 = 0,999$

5.3.2 Stanovení antioxidační aktivity vzorků produktů z pohanky

Do rovnice lineární regrese kalibrační křivky Troloxu byly dosazeny vypočtené hodnoty inaktivace vzorků pohanky. Na základě přepočtu původní navážky výrobků z pohanky, byla zjištěna antioxidační aktivita (AA) vyjádřena jako mg ekvivalentu Troloxu na gram vzorku. Dále byla stanovena hodnota AA mg ekvivalentu Troloxu na gram sušiny vzorku. Výsledky antioxidační aktivity z průměrných hodnot ze tří hodnot dvou paralelních stanovení pro jednotlivé vzorky jsou uvedeny v Tab. 13 a Tab. 14.

Tab. 13: Hodnoty antioxidační aktivity u výrobků z pohanky

Vzorek	Produkt	Průměrná inakti- vace [%]	AA
			[mg ekv. Troloxu/ g vzorku]
1	Pohanka lámanka	40,09	2,18
2	Pohanka tmavá loupaná	40,75	2,20
3	Pohanka loupaná	24,49	1,33
4	Pohanka loupaná světlá	58,83	3,24
5	Pohanková mouka celozrnná	83,08	4,58
6	Pohanková mouka hladká	44,31	2,43
7	Cereální pohanková kaše	43,07	2,35
8	Pohanka kroupa	55,22	3,05

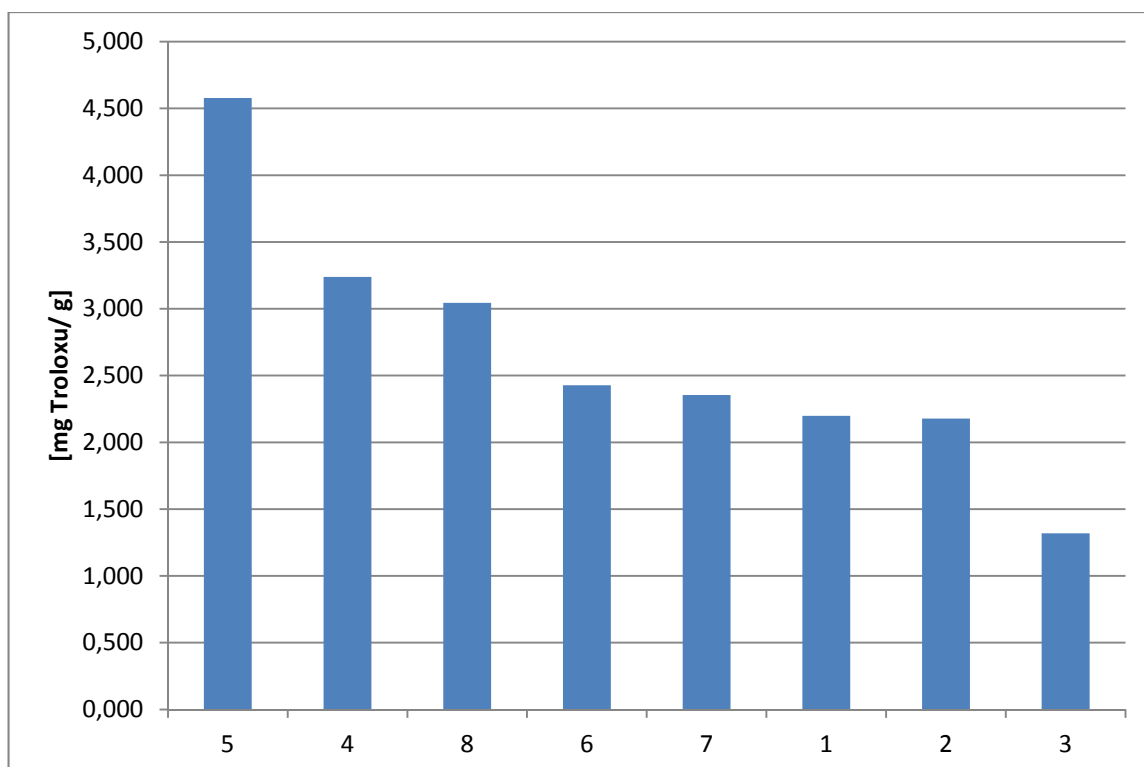
AA - antioxidační aktivita

Tab. 14: Hodnoty antioxidační aktivity u výrobků z pohanky v přepočtu na sušinu

Vzorek	Produkt	Sušina	
		[%]	AA [mg ekv Troloxu/g sušiny]
1	Pohanka lámanka	86,21	2,53
2	Pohanka tmavá loupaná	89,33	2,46
3	Pohanka loupaná	88,40	1,49
4	Pohanka loupaná světlá	89,93	3,60
5	Pohanková mouka celozrnná	88,75	5,16
6	Pohanková mouka hladká	88,07	2,76
7	Cereální pohanková kaše	92,76	2,54
8	Pohanka kroupa	90,21	3,38

Hodnoty antioxidační aktivity pro jednotlivé vzorky produktů z pohanky jsou uvedeny v sestupném pořadí na (Obr. 14).

Antioxidační aktivita u jednotlivých výrobků z pohanky se pohybuje v rozmezí od 1,33 mg/g do 4,58 mg/g. Nejvyšší obsah antioxidační aktivity byl zjištěn u pohankové mouky celozrnné a nejnižší obsah antioxidační aktivity byl stanoven u pohanky loupané, podobně jako v případě stanovení volných polyfenolů. Výsledky těchto dvou hodnot se mezi sebou lišily téměř 3,5-násobkem hodnoty. Z výsledků analyzovaných vzorků pohankových výrobků je zřejmé, že vyšší hodnoty celkové antioxidační aktivity dosahovaly opět vzorky vysoko vymletých produktů, vzhledem k tomu obsahují více obalových částí zrna, které se vyznačují vyšší biologickou hodnotou a vyšším obsahem antioxidačních složek. Naopak u výrobků, které prošly technologickým zpracováním, byla zjištěná hodnota celkové antioxidační aktivity až 2 krát menší, jako je tomu u vzorku 5 (pohanka lámanka). Výsledky antioxidační aktivity u jednotlivých výrobků z pohanky stanovených v sušině se pohybuje v rozmezí od 1,49 mg/g do 5,16 mg/g.



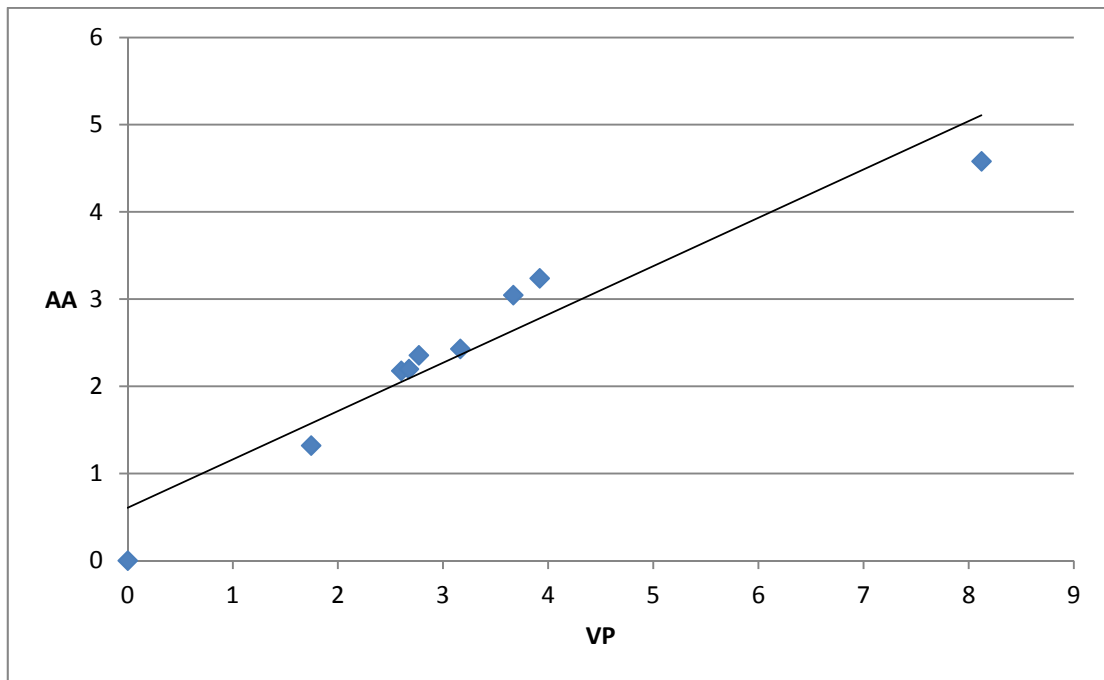
Obr. 14: Sestupné hodnoty antioxidační aktivity u výrobků z pohanky

5.4 Korelační analýza mezi antioxidační aktivitou a obsahem volných polyfenolů

V rámci korelační analýzy z hodnot obsahu volných polyfenolů a antioxidační aktivity (Tab. 15) byl sestrojen graf závislosti antioxidační aktivity na obsahu volných polyfenolů (Obr. 15).

Tab. 15: Hodnoty antioxidační aktivity a volných polyfenolů ve výrobcích z pohanky

AA [mg Troloxu/ g]	VP [mg KG/ g]
0,000	0,000
1,319	1,744
2,178	2,602
2,198	2,675
2,354	2,768
2,427	3,162
3,045	3,667
3,238	3,918
4,579	8,121



Obr. 15: Korelační analýza závislosti antioxidační aktivity na obsahu volných polyfenolů

Kalibrační křivka má rovnici regrese:

$$y = 0,554 \cdot x + 0,606$$

kde: y ... antioxidační aktivita (AA)

x ... obsah volných polyfenolů (VP)

Korelační koeficient závislosti antioxidační aktivity na obsahu volných polyfenolů:
 $R^2 = 0,909$.

Výsledky ukazují statisticky významný vztah mezi antioxidační aktivitou a obsahem volných polyfenolů s korelačním koeficientem $R^2 = 0,909$.

ZÁVĚR

Bakalářská práce je zaměřena na charakteristiku rostliny pohanky seté (*Fagopyrum esculentum* Moench). Pohanka je významná kvůli obsahu fenolických látek s antioxidační aktivitou, jako je rutin. Rutin udržuje pevné a pružné cévy a má protizánětlivé účinky. Pohanka je vhodná i pro pacienty trpící celiakií, neboť neobsahuje frakce bílkovin lepku. Pokrmy z pohanky se také doporučují při prevenci vysokého krevního tlaku, vysoké hladiny cholesterolu v krvi a dalších kardiovaskulárních rizikových faktorů.

V praktické části bakalářské práce byly provedeny analýzy vlhkosti (sušiny), antioxidační aktivity a obsahu volných polyfenolů ve vybraných výrobcích z pohanky. Jako vzorky byly použity pohankové výrobky: Pohanka lámanka, Pohanka tmavá loupaná, Pohanka loupaná, Pohanka loupaná světlá, Pohanková mouka celozrná, Pohanková mouka hladká, Cereální pohanková kaše.

Zjištěný obsah vlhkosti v analyzovaných vzorcích pohanky se pohyboval v rozpětí od 7,24 % do 13,79 %. Nejvyšší hodnotu vlhkosti měl vzorek pohanky lámanky, nejnižší hodnota vlhkosti byla stanovena ve vzorku cereální pohankové kaše. Všechny stanovené hodnoty pohankových výrobků vyhovují daným parametrům předpisu (182/2012 Sb.) pro minimální požadavky na kvalitu pohanky, která určuje maximální obsah vlhkosti na 15%.

Bylo provedeno stanovení obsahu volných polyfenolů ve vybraných pohankových výrobcích. Zjištěné hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 1,74 mg ekvivalentu KG/g vzorku do 8,12 mg ekvivalentu KG/g vzorku. Nejvyšší obsah volných polyfenolů byl zjištěn u pohankové mouky celozrné. Nejnižší hodnota obsahu volných polyfenolů byla zjištěna u pohanky loupané. Zbývající produkty měly poměrně podobné hodnoty volných polyfenolů v rozmezí od 2,60 mg ekvivalentu KG/g vzorku do 3,92 mg ekvivalentu KG/g vzorku. Výsledky analyzovaných vzorků korespondovaly se zjištěnými výsledky jiných autorů.

Také byla stanovena antioxidační aktivita u jednotlivých výrobků z pohanky. Zjištěné výsledky se pohybovaly v rozmezí od 1,33 mg ekvivalentu Troloxu/g do 4,58 mg ekvivalentu Troloxu/g vzorku. Nejvyšší antioxidační aktivita byla zjištěna u pohankové mouky celozrné a nejnižší u pohanky loupané, podobně jako v případě stanovení volných polyfenolů. Tyto výsledky se také shodují s hodnotami stanovení jiných autorů.

Provedením korelační analýzy mezi hodnotami antioxidační aktivity a obsahu volných polyfenolů bylo zjištěno, že výsledky mezi sebou vykazují statisticky významný vztah s korelačním koeficientem $R^2 = 0,909$.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2*. 1. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902391-4-5.
- [2] ŠMAJSTRLA, Zdeněk. *Pohanka ve mlýně i v kuchyni*. 1. Rožnov pod Radhoštěm: Vydavatelství TNM, 1999, 110 s. ISBN 80-238-5383-X.
- [3] JANOVSÁ, Dagmar, J. KALINOVÁ a A. MICHALOVÁ. *Metodika pěstování pohanky obecné v ekologickém a konvenčním zemědělství*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2008, 13 s. ISBN 9788074270000.
- [4] ZHANG, Z. L., M. L. ZHOU, Y. TANG, F. L. LI, Y. X. TANG, J. R. SHAO, W. T. XUE a Y. M. WU. Bioactive compounds in functional buckwheat food. *Food Research International* [online]. 2012, [cit. 2016-02-04]. ISSN 09639969. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996912002797>
- [5] OHSAKO, T., K. YAMANE a O. OHNISHI. Two new *Fagopyrum* (Polygonaceae) species, *F. gracilipedoides* and *F. jinshaense* from Yunnan, China. *Genes & Genetic Systems* [online]. 77(6), 399-408 [cit. 2016-02-05]. ISSN 13417568. Dostupné z: <http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/ggs/77.399?from=CrossRef>
- [6] Kolektiv autorů. *Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství: Pohanka setá (Fagopyrum esculentum Moench.)*. [online]. 1. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Ekonomická fakulta, Ediční středisko, 2008 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://agroekologie.zf.jcu.cz/upload/PK%20dokumenty/publikace/2008%2031%209.f.g%20metodika%20.pdf>
- [7] VODIČKOVÁ, Magda. *Možnosti a bariéry pěstování pohanky v České republice*. Brno, 2012. Diplomová práce. MASARYKOVA UNIVERZITA, Fakulta sociálních studií, Katedra environmentálních studií.
- [8] Horáková M. a kol., *Analytika vody*, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze 2000, ISBN 80-7080-391-6
- [9] ALVAREZ-JUBETE, L., H. WIJNGAARD, E. K. ARENDT a E. GALLAGHER. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. ISBN 2009.07.032. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814609009212>
- [10] SÝKOROVÁ, S., L. ŠTOČKOVÁ, E. MATĚJOVÁ a D. JANOVSÁ. Porovnání výsledků tří analytických metod pro stanovení obsahu rutinu v pohance. *Chemické*

- Listy*[online]. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 2008, 827-831 [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2009_10_827-831.pdf
- [11] MOUDRÝ, Jan., J. KALINOVÁ, J. PETR a A. MICHALOVÁ. *Pohanka a proso*. 1. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2005. 206 s. ISBN 80-7271-162-8.
- [12] BUREŠOVÁ, Iva a Eva LORENCOVÁ. *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 9788074542787.
- [13] Pohanka - účinky na zdraví, co léčí, použití, užívání, využití. *Bylinky pro všechny* [online]. Olomouc: MUDr. Zbyněk Mlčoch, 2014 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.bylinkyprovsechny.cz/byliny-kere-stromy/byliny/153-pohanka-ucinky-na-zdravi-co-leci-pouziti-uzivani-vyuziti>
- [14] POHANKA SETÁ (*Fagopyrum esculentum* Moench.). *Polní plodiny* [online]. Brno: Fond rozvoje vysokých škol (projekt č./ project n, 2014/2006), 2006 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/pohanka.htm>
- [15] Zdravá a chutná pohanka: recepty a pěstování [online]. Praha: Tarsago Česká republika 2009 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.ireceptar.cz/zahrada/uzitkova-zahrada/zdrava-a-chutna-pohanka-recepty-a-pestovani/>
- [16] SORAL-ŠMIETANA, Maria a Karolina CHRISTA. Buckwheat Grains and Buckwheat Products – Nutritional and Prophylactic Value of their Components. *Czech J. Food Sci.* Institute of Animal Reproduction and Food Research of Polish Academy of Sciences, Olsztyn, Poland, 2008, 10
- [17] SCHLETT, Siegfried. *100 potravin pro zdraví*. Praha: Euromedia group, 2008. 248 s. ISBN 978-80-249-0991-2.
- [18] PAULÍČKOVÁ, Iva. Rutin: an effective component of functional food. *Food Institute* Prague, Czech Republic. online. cit. 2010-03-05 Dostupný z WWW: http://www.funktionalfoodnet.org/images/site/assets/9_IVANA_Rutin
- [19] KREFT, Ivan a Mateja GERM, Organically grown buckwheat as a healthy food and a source of natural antioxidants. *Agronomski glasnik*, 2008, vol. 4, s. 397-406.
- [20] ZELLER, Friedrich. Buchweizen: Nutzung, Genetik, Züchtung. *Die Bodenkultur*, 2001, roč. 52, č. 3. 18 s

- [21] BONAFACCIA, G., M. MAROCCHINI, I. KREFT. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chemistry*. 2003, roč. 80, č. 1. s. 9-15
- [22] RAKICKÁ, M., A. MARKO a E. ŠTURDÍK. Funkčné zložky cereálií účinné v prevencii civilizačných ochorení, *Chemické listy* [online]. 2014, 2015(109), 8 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2015_01_21-28.pdf
- [23] LEE, L. S., E. J. CHOI, Ch. H. KIM, et al. Contribution of flavonoids to the antioxidant properties of common and tartary buckwheat. *Chemické listy* [online]., 2015(109), 8. ISBN 10.1016/j.jcs.2015.07.005. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521015300369>
- [24] PÍŠŤKOVÁ, Magdalena. Obsah rutinu ve vybraných odrůdách bezu černého In: *Vysoké učení technické v Brně* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2011 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=36882
- [25] HOLASOVÁ, M., V. FIEDLEROVÁ, H. SMRCINOVÁ, M. ORSÁK, J. LACHMAN a S. VAVREINOVA. Buckwheat—the source of antioxidant activity in functional foods. *Food Research International* [online]. 2002, 35(2-3), 207-211 [cit. 2016-03-07]. DOI: 10.1016/S0963-9969(01)00185-5. ISSN 09639969.
- [26] Cholin. Bezpečnost potravin A-Z [online]. Praha: Informační centrum bezpečnosti potravin, Ministerstvo zemědělství [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92405.aspx>
- [27] Angioedém. Velký lékařský slovník [online]. Praha: Maxdorf, s.r.o. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://lekarske.slovniky.cz/pojem/angioedem>
- [28] PRÉSTAMO, G., A. PEDRAZUELA, E. PENAS, M. A. LASUNCIÓN a G. ARROYO.: Role of buckwheat diet on rats as prebiotic and healthy food. *Nutrition Research*, 2003, 23 (6), s. 803-814
- [29] ERBAN, Vladimír a Eva. KOMÁRKOVÁ. Pohankové extrakty jako prebiotika a jejich rozpustnost. *VÚPP*. [online]. [cit. 2010-03-23]. Dostupný z WWW: <http://www.vupp.cz/czvupp/publik/06poster/06sdVE4.pdf>
- [30] Pohanková kaše s bylinkami a žampiony. *Celý svět.cz* [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.celysvet.cz/recepty-online-pohankova-kase-s-bylinkami-a-zampiony>

- [31] Pohankový čaj se šípkem. Racio výživa - Dagmar Galčanová [online]. Ostrava [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.raciovyziva.cz/produkt/caje/ruzne/pohankovy-caj-se-sipkem-20x1-5g/>
- [32] WIGMORE, Ann. *Klíčení rostlin*. Praha: Pragma, 1986. 119s. ISBN 978-80-7349-075-1
- [33] PAULOVÁ, H., H. BOCHOŘÁKOVÁ a E. TÁBORSKÁ. Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vitro. *Chemické listy*, Praha, ČR: Česká společnost chemická, 2004, roč. 98, č. 4, s. 174-179. ISSN 0009-2770
- [34] Sigma-Aldrich: 47641 Folin-Ciocalteu's phenol reagent [online]. Praha [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigmaaldrich/docs/Sigma/Datasheet/6/47641dat.pdf>
- [35] Schofield, Philip. et al. Analysis of condensed tannins: A review. *Anim. Feed Sci. Tech.* 2001, 91, 21–40
- [36] DPPH, Sigma Aldrich. com [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/fluka/43180?lang=en®ion=CZ>
- [37] IONITA, P. Is DPPH Stable Free Radical a Good Scavenger for Oxygen ActiveSpecies? *Chemical papers* [online]. 2003, 59 (1) [cit. 2013-03-29]. ISSN 1336-9075. Dostupné z: <http://xa.yimg.com/kq/groups/22272220/1597459521/name/591a11.pdf>
- [38] Trolox. Santa Cruz Biotechnology.com [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://www.scbt.com/datasheet-200810-trolox.html>
- [39] (R)-(+)-6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid [online]. Praha: Sigma-Aldrich spol. s.r.o [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/391913?lang=en@ion=CZ>
- [40] FIDLER, Martin a Lenka KOLÁŘOVÁ. Analýza antioxidantů v chmelu a pivu. *Chemické listy* [online]. 2009, 103 [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2009_03_232-235.pdf
- [41] VOLLMANNOVÁ, Alena a Eva MARGITANOVÁ. 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
- [42] MIKULAJOVÁ, A., M. TAKÁCSOVÁ, P. ALEXY a L. BRINDZOVÁ. Optimalizácia extrakcie fenolových zložiek z pohánky na základe výsledkov plánovaného experimentu. *Chemické listy*. 101, 2007, s. 563 – 568

- [43] KOHOUT, Pavel a Jana. PAVLÍČKOVÁ. *Celiakie - bezlepková dieta*. Praha: Maxdorf, 2006.
- [44] KOUKOLOVÁ, Alexandra. *Praktická bezlepková kuchařka*. Praha: Pavla Momčilová, 2003. ISBN 978-80-85936-25-4.
- [45] ČESKO. Vyhláška č. 182/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 333/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, ve znění pozdějších předpisů. In *Sbírka zákonů ČR*, ročník 2012, částka 64. Dostupné na: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-182>> [cit. 2012-08-01]. ISSN 1211-1244
- [46] ZLOCH, Z., J. ČELAKOVSKÝ a A. AUJEZDSKÁ. *Stanovení obsahu polyfenolů a celkové antioxidační kapacity v potravinách rostlinného původu*. Ústav hygieny Lékařské fakulty UK, Plzeň, 2015, 2014.
- [47] *BOTANY.cz: FAGOPYRUM ESCULENTUM Moench – pohanka obecná / pohánka jedlá* [online]. Ladislav Hoskovec, 2008 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/fagopyrum-esculentum/>
- [48] PRUGAR, Jaroslav. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, 2008. ISBN 9788086576282
- [49] KONVALINA, Petr. *Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství*. 1. vyd. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2008. ISBN 9788073941161.
- [50] ČESKO. Vyhláška č. 225/2008 Sb., kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin. In *Sbírka zákonů ČR*, ročník 2008, částka 71. Dostupné na: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-225>> [cit. 2009-10-15]. ISSN 1211-1244

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ha	hektar
NAD	nikotinamidadeninukleotid
NADP	nikotinamidadeninukleotidfosfát
ATP	adenozintrifosfát
FC	Folin-Ciocalteu
g	gram
kg	kilogram
pH	vodíkový exponent
KG	ekvivalent kyseliny gallové
TAC	total antioxidant capacity
DPPH	1,1-difenyl-2-pikrylhydrazil
λ	lambda
TPC	total phenolic content
AA	antioxidační aktivita
nm	nanometr
ml	mililitr
mg	miligram
A	absorbance
I	inaktivace
s	směrodatná odchylka
ekv	ekvivalent
VP	volné polyfenoly
c	koncentrace

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Rostlina <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench	13
Obr. 2: Květy a plody rostliny <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench	14
Obr. 3: Loupaná semena pohanky	17
Obr. 4: Lámaná semena pohanky	17
Obr. 5: Strukturní vzorec rutinu.....	24
Obr. 6: Pohanková kaše s bylinkami a žampiony	28
Obr. 7: Pohankový čaj se šípkem.....	28
Obr. 8: Chemický vzorec Troloxu	32
Obr. 9: Reakce DPPH• s volným radikálem za vzniku DPPH-H.....	32
Obr. 10: Výsledné hodnoty sušiny v analyzovaných vzorcích v sestupném pořadí.....	42
Obr. 11: Závislost absorbance na koncentraci kyseliny gallové.....	44
Obr. 12: Sestupné pořadí obsahu volných polyfenolů u pohankových výrobků	46
Obr. 13: Závislost inaktivace na koncentraci Troloxu.....	48
Obr. 14: Sestupné hodnoty antioxidační aktivity u výrobků z pohanky.....	50
Obr. 15: Korelační analýza závislosti antioxidační aktivity na obsahu volných poly- fenolů	52

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Základní složení pohanky loupané	18
Tab. 2: Obsah esenciálních aminokyselin v pohance	20
Tab. 3: Obsah mastných kyselin v pohance.....	21
Tab. 4: Obsah minerálních látek v nažce pohanky.....	22
Tab. 5: Obsah vitaminů v pohance	23
Tab. 6: Porovnání obsahu fenolických látek a rutinu v pohance	25
Tab. 7: Seznam vzorků výrobků z pohanky	35
Tab. 8: Průměrné hodnoty vlhkosti (sušiny) ve vzorcích pohanky	41
Tab. 9: Hodnoty absorpance pro jednotlivé koncentrace kyseliny gallové	43
Tab. 10: Stanovené průměrné obsahy volných polyfenolů u pohankových výrobků.....	45
Tab. 11: Výsledné hodnoty volných polyfenolů u pohankových výrobků v přepočtu na sušinu	45
Tab. 12: Hodnoty inaktivace pro jednotlivé koncentrace Troloxu	47
Tab. 13: Hodnoty antioxidační aktivity u výrobků z pohanky	49
Tab. 14: Hodnoty antioxidační aktivity u výrobků z pohanky v přepočtu na sušinu	49
Tab. 15: Hodnoty antioxidační aktivity a volných polyfenolů ve výrobcích z pohanky	51