

# **Vliv klíčení na antioxidační aktivitu a obsah fenolických látek ve vybraných druzích fazolí**

Bc. Martina Faltýnková

---

Diplomová práce  
2014

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martina FALTÝNKOVÁ**  
Osobní číslo: **T11562**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv klíčení na antioxidační aktivitu a obsah fenolických látek ve vybraných druzích fazolí**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Botanická charakteristika, charakteristika vybraných druhů fazolí, chemické složení a klíčení fazolí
2. Charakteristika a význam antioxidační aktivity a fenolických látek
3. Metody stanovení antioxidační aktivity a fenolických látek

### II. Praktická část

1. Stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS a DPPH ve vybraných druzích suchých a naklíčených semen fazolí
2. Stanovení fenolických látek metodou Folin-Ciocalteu ve vybraných druzích suchých a naklíčených semen fazolí
3. Statistické hodnocení a diskuze získaných výsledků

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] STROSSEROVÁ, Alena a Jana DOSTÁLOVÁ. Luštěniny. *Výživa a potraviny*. 2009, č. 5, s. 66-67. ISSN 1211-846X.
- [2] SUKOVÁ, Irena. Antioxidační aktivita potravin. *Čes. a slov. hygiena*. 2004, č. 1, s. 82-87.
- [3] Re, R., N. PELLEGRINI, A. PROTEGGENTE, A. PANNALA, M. YANG M and C. RICE-EEVANS. Antioxidant activity applying and improved ABTS radical cation decolorization Assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26. 1999, s. 1231-1237.
- [4] PAULOCHOVÁ, H., H. BOCHOŘÁKOVÁ a E. TÁBORSKÁ. Metoda stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vitro. *Chemické listy*. 2004, č. 98, s. 176-179. ISSN 009-2770.
- [5] SERPEN A., E. CAPUANO E, V. FOGLIANO. A new procedure to measure the antioxidant activity of insoluble food components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007, č. 55, s. 7676-7681.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Zuzana Bubelová, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

**10. ledna 2014**

Termín odevzdání diplomové práce:

**25. dubna 2014**

Ve Zlíně dne 3. února 2014

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



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

Příjmení a jméno: FALTÝNKOVÁ MARTINA

Obor: THEVP

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby<sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3<sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60<sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60<sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 22.4.2014

Martina Faltyňková

<sup>11</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

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

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

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

<sup>12</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

<sup>13</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní díla:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy a užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odporá-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 výdělků 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 výdělků dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá vlivem klíčení na antioxidační aktivitu a obsah fenolických látek ve vybraných druzích fazolí. Teoretická část diplomové práce zahrnuje obecnou a botanickou charakteristiku fazolí, charakteristiku vybraných druhů fazolí, jejich chemické složení, klíčení a nutriční význam. Dále se věnuje antioxidační aktivitě, polyfenolickým látkám a možnostem jejich stanovení. Praktická část je zaměřena na stanovení celkového obsahu fenolických sloučenin Folin-Ciocalteuovou metodou a antioxidační aktivity pomocí metod ABTS a DPPH. Analýzy byly provedeny u vzorků fazole adzuki, červená ledvina, černé oko, mungo, navy, pinto a strakaté velké. Nejvyšší obsah fenolických látek i antioxidační aktivitu vykazovala fazole adzuki a nejnižší obsah fenolických látek a antioxidační aktivitu fazole navy.

Klíčová slova: fazole, klíčení, antioxidační aktivita, polyfenoly, FCM, ABTS, DPPH

## **ABSTRACT**

This thesis examines the influence of germination on antioxidant activity and total content of phenolic compounds in selected types of beans. The theoretical part of the thesis describes the general and botanical characteristics of beans, characteristics of selected varieties of beans, their chemical composition, germination and nutritional significance. It also discusses the antioxidant activity and polyphenol substances and possibilities of their determination. The practical part is focused on the determination of total content of phenolic compounds by the Folin-Ciocalteu method and antioxidant activity using the ABTS and DPPH methods. Analyses were performed in samples adzuki, red kidney, black eye, mung, navy, pinto and great mottled beans. The highest content of phenolic compounds and antioxidant activity showed adzuki beans and the lowest content of phenolic compounds and antioxidant activity was determined in navy beans.

Keywords: bean, germination, antioxidant activity, polyphenols, FCM, ABTS, DPPH

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce Ing. Zuzaně Bubelové, Ph.D. za trpělivost, ochotu a cenné rady, které mi poskytla v průběhu zpracování práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Lence Fojtíkové za pomoc při měření praktické části diplomové práce.

Ráda bych poděkovala své rodině, za nesmírnou podporu a pomoc během celého studia.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA FAZOLÍ</b> .....	<b>12</b>
1.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA FAZOLÍ .....	13
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ FAZOLÍ.....	14
1.2.1 Bílkoviny.....	15
1.2.2 Sacharidy.....	16
1.2.3 Lipidy .....	17
1.2.4 Minerální látky .....	17
1.2.5 Vitaminy.....	18
1.2.6 Vlákna.....	19
1.2.7 Antinutriční látky .....	20
1.2.7.1 Třísloviny.....	20
1.2.7.2 Inhibitory proteáz.....	20
1.2.7.3 Lektiny .....	21
1.2.7.4 Saponiny .....	21
1.2.7.5 Kyselina fytová .....	22
1.2.7.6 Kyanogenní glykosidy .....	22
1.3 KLÍČENÍ FAZOLÍ.....	22
1.4 NUTRIČNÍ VÝZNAM FAZOLÍ .....	25
1.5 VYBRANÉ DRUHY FAZOLÍ .....	25
1.5.1 Fazole Adzuki .....	25
1.5.2 Fazole Červená ledvina .....	27
1.5.3 Fazole Černé oko.....	28
1.5.4 Fazole Mungo.....	28
1.5.5 Fazole Navy .....	30
1.5.6 Fazole Pinto.....	31
1.5.7 Fazole Strakatá velká .....	32
<b>2 ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA</b> .....	<b>34</b>
2.1 VOLNÉ RADIKÁLY .....	34
2.2 MECHANIZMUS RADIKÁLOVÉ REAKCE.....	35
2.2.1 Iniclace .....	35
2.2.2 Propagace .....	35
2.2.3 Terminace.....	36
2.3 ANTIOXIDANTY .....	36
<b>3 POLYFENOLICKÉ SLOUČENINY</b> .....	<b>38</b>
3.1 FLAVONOIDY.....	38
3.1.1 Flavonoly.....	39
3.1.2 Flavanoly.....	39
3.1.2.1 Proanthokyanidy .....	40
3.1.3 Antokyanidy .....	40
3.1.4 Další flavonoidy .....	40



3.2	FENOLICKÉ KYSELINY .....	42
3.3	STILBENY A LIGNANY .....	42
<b>4</b>	<b>METODY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY A POLYFENOLICKÝCH LÁTEK.....</b>	<b>44</b>
4.1	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY .....	44
4.1.1	ABTS.....	44
4.1.2	DPPH.....	46
4.1.3	FRAP.....	47
4.1.4	Lipidově peroxidační metoda.....	47
4.1.5	ORAC.....	47
4.2	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU FENOLICKÝCH LÁTEK .....	47
4.2.1	Folin-Ciocalteuova metoda .....	47
4.2.2	Metoda Price a Butlera .....	48
4.2.3	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie.....	48
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>CÍL PRÁCE .....</b>	<b>50</b>
<b>6</b>	<b>METODIKA PRÁCE.....</b>	<b>51</b>
6.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE, PŘÍSTROJE A POMŮCKY .....	51
6.1.1	Chemikálie .....	51
6.1.2	Přístroje a pomůcky.....	51
6.2	ANALYZOVANÉ VZORKY .....	52
6.3	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU ABTS.....	53
6.3.1	Pracovní postup .....	53
6.3.2	Kalibrační přímka.....	53
6.4	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH.....	54
6.4.1	Postup stanovení.....	54
6.4.2	Kalibrační přímka.....	54
6.5	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLICKÝCH LÁTEK FOLIN- CIOALTEUOVOU METODOU.....	54
6.5.1	Postup stanovení.....	54
6.5.2	Kalibrační přímka.....	55
6.6	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ .....	55
<b>7</b>	<b>VÝSLEDKY A DIZKUZE .....</b>	<b>56</b>
7.1	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU ABTS.....	56
7.2	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH.....	58
7.3	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLICKÝCH LÁTEK.....	60
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>78</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>79</b>

## ÚVOD

Fazole patří do skupiny plodin nazývané luskoviny, zralá suchá semena těchto rostlin se nazývají luštěniny. Jsou to kulturní rostliny z bohaté čeledi bobovitých – *Fabaceae*. V literatuře se tato čeleď označuje i jako vikvovitá nebo motýlokvětá. V přírodě se nachází přibližně 650 rodů a 18000 druhů luskovin [1,2,3]. Do této skupiny patří kromě fazolí i další druhy užitkových rostlin jako bob, cizrna, čočka, hrách, lupina, vikev, vigna a sója. V některých případech autoři řadí sóju mezi olejniny, z důvodu vysokého obsahu lipidů [1,2,4]. Luskoviny se pěstují po celém světě pro potravinářské a krmné účely, ale najdou si své uplatnění i v některých průmyslových odvětvích [1].

Luštěniny se pěstují buď jako lusková zelenina pro celé lusky, nebo pro vyzrálá suchá semena. Jejich plody se nazývají lusky a obsahují v semenech vysoké procento sacharidů, stravitelných bílkovin a dalších dieteticky důležitých látek [3,5]. Globálně luštěniny pokrývají 2 % celkového energetického příjmu a 3,5 % denního příjmu bílkovin. V Africe, Asii, Jižní Americe na Středním východě můžou tyto hodnoty dosahovat více než 20 % celkového denního příjmu a 50 % příjmu bílkovin [6].

Fazole jsou velmi dobrým zdrojem bílkovin a aminokyselin. Z důvodu nedostatku aminokyselin metioninu a tryptofanu se bílkoviny fazolí neřadí mezi plnohodnotné bílkoviny. Obsahují ale dostatek aminokyseliny lyzinu, které je naopak nedostatek v obilovinách, proto je vhodná kombinace fazolí (a obecně luštěnin) s obilovinami [7,8]. K dalším pozitivům fazolí patří vysoký obsah sacharidů ve formě škrobu a příznivě nízký obsah lipidů. Fazole jsou dále velice dobrým zdrojem především vitaminů skupiny B a naklíčené fazole jsou také dobrým zdrojem vitamínu C. Ve fazolích je obsažena i dobrá skladba minerálních látek, nejvíce jsou obsaženy draslík, hořčík, vápník, fosfor a síra [9].

V luštěninách, tedy i ve fazolích, jsou zastoupeny látky s antioxidačními vlastnostmi, mezi kterými jsou nejvýznamnější polyfenolické látky. Antioxidanty mají velmi prospěšnou vlastnost, díky které jsou schopny zabraňovat nebo alespoň omezit oxidační destrukci biologicky významných sloučenin. Působí jako prevence před poškozením buněčných struktur volnými radikály. Díky tomu v poslední době roste zájem o studium antioxidačních vlastností polyfenolických a jiných látek [10].

Tato diplomová práce se zabývá vlivem klíčení na celkovou antioxidační aktivitu a celkový obsah polyfenolických látek ve vybraných druzích fazolí.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA FAZOLÍ

Fazol obecný (*Phaseolus vulgaris*) je sice dominantní luskovina, pokud nepočítáme sóju, ale v České republice se už prakticky nepěstuje, a to z důvodu, že produkce je nerentabilní. Rod *Phaseolus* má přibližně 36 druhů. Je charakteristický podobnými vlastnostmi jaké má velmi blízký rod *Vigna*. *Phaseolus vulgaris* se pěstuje hlavně pro potravinářské účely [1,2]. Odpad, který vzniká při úpravě semen k obchodním účelům, nebo poškozená semena lze použít jako krmivo pro zvířata. Odrůdy, které nemají u chlopní pergamenovou blánu, se používají jako plodová zelenina. Tyto formy fazolu mají keříčkovitý nebo dlouhý vzrůst.

Z geografického hlediska mají fazole původ americký a asijský, odtud se dále rozšiřovaly do Evropy [3,4,11]. V různých oblastech světa se roční spotřeba luštěnin pohybuje v rozmezí 2 – 20 kg a více. Organizace FAO uvádí, že nejvyšší spotřeba fazolí je v latinské Americe, především v Brazílii a Mexiku a dále ve východní Africe, v Ugandě a Keni a také ve východní Asii, v Číně a Japonsku. Naproti tomu nejmenší spotřeba fazolí je v Austrálii [12]. Důvody tak velkých rozdílů ve spotřebě jsou v dostupnosti vlastní produkce a cenová relace na trhu. Významné jsou i rozdíly vznikající určitým historickým vývojem ve struktuře složek stravy. Jedna z příčin zvýšené spotřeby luštěnin je i ekonomický důvod, protože bílkoviny živočišného původu se stávají ekonomicky méně dostupné [3].

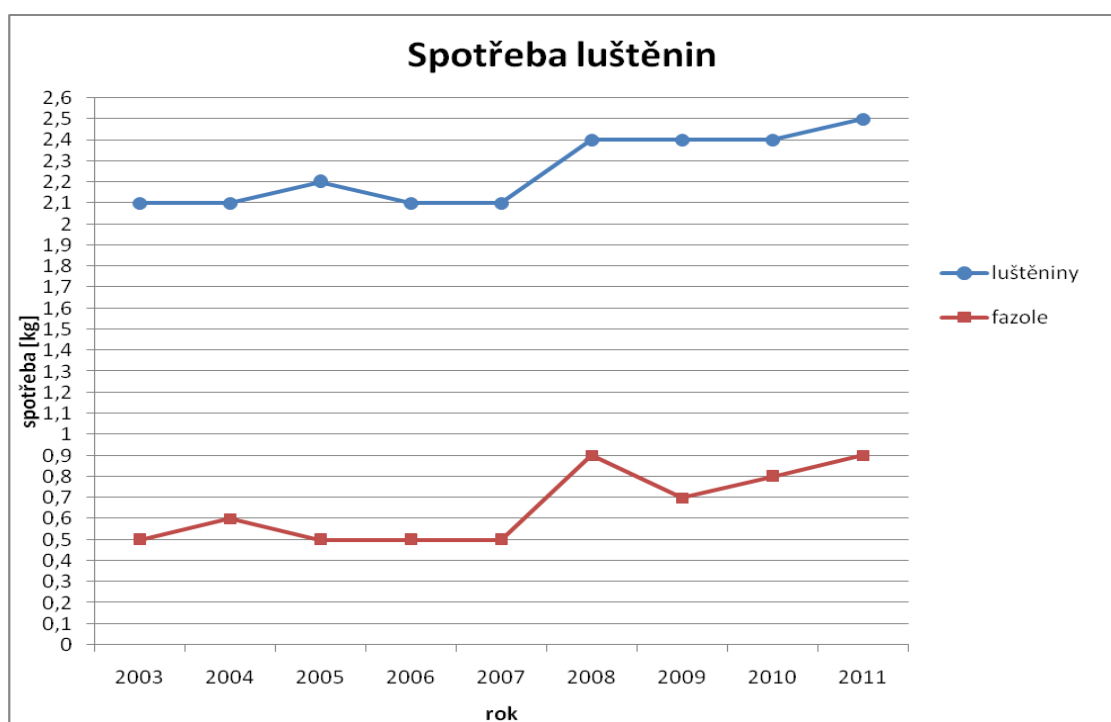
V České republice je konzumace luštěnin velice nízká, pohybuje se kolem 2 kg na osobu a rok, což je hluboko pod světovým průměrem, který činí 7 kg na osobu a rok. V posledních letech ale má spotřeba luštěnin tendenci se zvyšovat, Český statistický úřad vydal analýzu spotřeby potravin, ve které uvádí, že roční spotřeba luštěnin se od roku 2003 do roku 2011 zvýšila o 0,4 kg luštěnin a konkrétně u fazolí došlo k nárůstu o 0,4 kg na osobu a rok (viz Obrázek 1) [3,13].

Nároky luskovin na vnější podmínky jsou poměrně skromné, vyhovujícím podnebím je mírně teplé. Vhodnou půdou pro pěstování luskovin jsou půdy záhřevné, spíše lehčí s dobrou zásobou živin. Luskoviny jsou nejvíce pěstovány v Asii a v Africe a hrají zde významnou roli v lidské výživě. Svůj význam mají nejen ve výživě lidí, ale také v zemědělské výrobě [1,2,4].

Z agrotechnického hlediska jsou luskoviny rostliny, které zanechávají po sklizni v dobrém fyzikálním a biologickém stavu půdu, na které byly pěstovány. Jejich přínos spočívá v obohacování půdy o dusík, protože žijí v symbióze s hlízkovými bakteriemi rodu *Rhizobia*, které mají schopnost přijmout vzdušný dusík a následně ho vázat v půdě. Za určitých pod-

mínek se může tento příznivý vliv změnit v negativní, který může poškodit životní prostředí, v případě, že dojde k nadměrnému znečištění vodních toků a podzemních vod nitráty. Pokud nastane takový případ, je pěstování luskovin podřízeno právním normám, např. nitrátové směrnici.

Dále můžeme k pozitivům pěstování luskovin zmínit, že mohutný kořenový systém zlepšuje půdní strukturu, potlačují plevel a rozšiřují koloběh živin tím, že jsou schopny využít živiny i z méně dostupných forem a většího půdního profilu [1,3,4].



Obrázek 1: Spotřeba luštěnin a fazolí v kg na osobu a rok v ČR [13]

## 1.1 Botanická charakteristika fazolí

Fazol obecný (*Phaseolus vulgaris* L.; viz Obrázek 2) je v našich klimatických podmínkách jednoletou rostlinou a má bohatě rozvětvený kořenový systém, který je situovaný mělce pod povrchem půdy. Fazole s dlouhým stonkem (ovíjivým) mají výšku růstu 2 – 5 m a u keříčkových fazolí dosahuje výška 0,25 – 0,45 m. Listy jsou trojčetné dlouze řapíkaté.

Soukvětí je zbarveno bílými, zelenobílými, růžovými, nebo červenými květy a je tvořeno 2 – 8 květy. Opylování květů je zajištěno samosprašením, ale může docházet i cizosprašení.

Plodem je luska, který se značně liší tvarem a délkou, uvnitř obsahuje semena ledvinového tvaru [4,14,15,16].

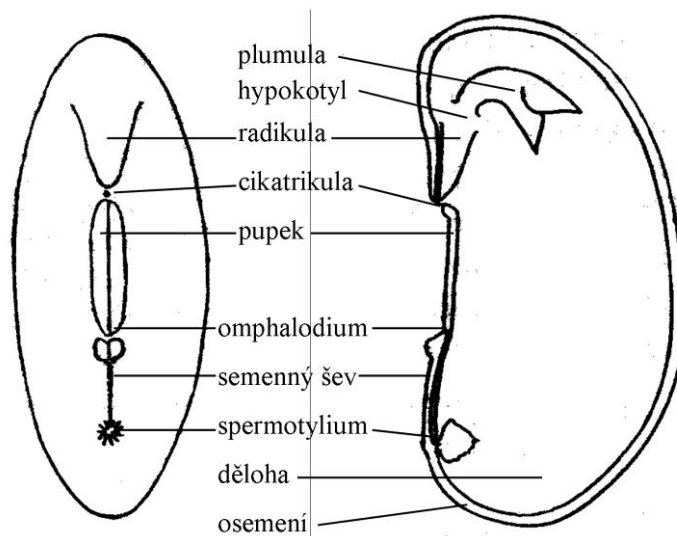
Na povrchu osemení zralého semene (viz Obrázek 3) můžeme rozlišit malou jizvičku, která se nazývá cikatrikula. V tomto místě je osemení nejtenčí, a proto k němu směřuje špička radikuly embrya. V tomto místě může lehce dojít k rotrnutí, když semeno klíčí. Další částí na osemení je výrazné místo zvané pupek, které vzniká oddělením poutka od semene. Semeno se skládá z plumuly, dvou děloh, hypokotylu a radikuly. U obrácených a příčných vajíček je někdy patrný semenný šev, což je hrana v místě srůstu poutka s obalem vajíčka. Zásobní látky se ukládají do děloh [17].



Obrázek 2: Fazol obecný [18]

## 1.2 Chemické složení fazolí

Fazole jsou velice důležitým zdrojem rostlinných bílkovin, sacharidů a vitaminů skupiny B. Je to široce dostupná potravina, která má zastoupené důležité živiny, což je důvodem, proč jsou fazole přednostně konzumovány v rozvojových zemích. Základní živiny a jejich obsah ve fazolích jsou zmíněny v Tabulce 1.



Obrázek 3: Morfologie semene Fazolu obecného [17]

Tabulka 1: Průměrný obsah základních živin ve 100 g suchých fazolí [19]

základní živiny	průměrná hodnota
voda	11,75 g
energie	333 Kcal
bílkoviny	23,58 g
sacharidy	2,23 g
lipidy	0,83 g

### 1.2.1 Bílkoviny

Z výživového hlediska jsou fazole ceněny kvůli vysokému obsahu bílkovin, který se pohybuje většinou kolem 20 %. Velíšek [7] uvádí 20 – 45 % a Prugar [20] 20 – 25 %. Nutriční hodnota bílkovin ve fazolích je závislá na zastoupení a dostupnosti esenciálních aminokyselin. Složení bílkovin fazolí se blíží složení bílkovin živočišného původu, nejsou však plnohodnotné z důvodu nedostatku aminokyseliny metioninu a tryptofanu, dále lze zmínit, že kromě metioninu a tryptofanu chybí i neesenciální cystein. Na druhou stranu fazole obsahují dostatek lyzinu, kterého je málo v obilovinách, takže se doporučuje obiloviny a luštěniny ve stravě kombinovat.

Většina bílkovin obsažených v luštěninách je tvořena globuliny nebo zásobními proteiny, které jsou syntetizované během vývoje semene, skladovány a následně hydrolyzovány

během klíčení k zajištění zásob dusíku a uhlíkové kostry. Obsaženy jsou také metabolické a strukturní proteiny. Globuliny představují 80 % bílkovin fazolí [7,8,21].

Semena fazole jsou z většiny tvořeny zásobním proteinem fazeolinem. Tento protein je významný jako hlavní determinant kvality a nutriční kvality proteinů. Fazeolin je stejně jako ostatní proteiny luštěnin deficitní na aminokyseliny obsahující síru [22].

### 1.2.2 Sacharidy

Fazole jsou velmi bohaté na sacharidy, podle Velíška [7] se pohybuje obsah mezi 45 – 50 % a Prugar [20] uvádí průměrnou hodnotu 62,7 %. Sacharidy, které se ve fazolích nacházejí, jsou z velké části představovány škrobem. Škrob se nachází v rostlinách ve formě granulí, pokrývá energetické nároky na růst a reprodukci. Škrob má význam nejen ve výživě člověka jako zdroj energie, ale má i významnou úlohu v potravinářském průmyslu. V potravinářství se využívá jeho schopnosti ovlivňovat texturu výrobku i jeho organoleptické vlastnosti. Škrob, který se získává z luštěnin má vynikající vlastnosti, dobrou stabilitu k vysoké teplotě a vysoký bod viskozity ve srovnání se škrobem získaným z jiných zdrojů [8,23].

Pro nutriční účely mohou být škroby klasifikovány jako glykemické nebo rezistentní:

- Rychle stravitelné škroby jsou hydrolyzovány na molekuly glukózy v tenkém střevě během 20 minut. Vyskytují se například v čerstvě uvařených potravinách.
- Pomalu stravitelné škroby jsou hydrolyzovatelné během 20 – 110 minut, trávení je stále kompletní. Vyskytují se v celých nebo jemně zpracovaných obilovinách, luštěninách ale i v nezralém ovoci.
- Nestravitelný škrob nebo frakce rezistentního škrobu nejsou hydrolyzovány ani po 120 minutách, jsou fermentovány mikroflórou tlustého střeva [24,25].

Oligosacharidy rafinóza, stachyóza a verbaskóza jsou důvodem, proč luštěniny způsobují nadýmání. Žádná část trávicího systému člověka neprodukuje enzymy, které jsou schopny tyto oligosacharidy štěpit. Jsou tráveny až bakteriemi tlustého střeva. Při trávení v tlustém střevě vznikají plyny, především CO<sub>2</sub> což vede k zmíněnému nadýmání. Vzhledem k tomu, že oligosacharidy jsou rozpustné ve vodě, lze před kuchyňskou úpravou snížit jejich obsah namáčením fazolí ve vodě, tato voda se po namáčení už dále nepoužívá, fazole se vaří ve vodě nové. Nevýhodou namáčení je, že se vyluhují i některé vitamíny a minerální látky. Další možností, jak snížit obsah oligosacharidů ve fazolích, je naklíčením. V naklíčeném



semeni totiž rapidně stoupá obsah vitaminů a enzymů, mění se skladba sacharidů na lehce stravitelné a probíhají další prospěšné chemické děje [8,26,27].

### 1.2.3 Lipidy

Obsah lipidů ve fazolích se pohybuje mezi 1 – 2 %. Vyskytují se ve formě tri-, di- a monoacylglycerolů, volných mastných kyselin, sterolů a esterů sterolů. Lipidy luštěnin jsou velice hodnotné, protože obsahují z 60 % polynenasycené mastné kyseliny [8]. Americká databáze USDA uvádí, že ve 100 g fazolí je obsaženo 0,120 g nasycených mastných kyselin, 0,064 g mononenasycených mastných kyselin a 0,457 g polynenasycených mastných kyselin [19]. Podle některých studií konzumování potravy bohaté na mastné kyseliny, zejména polynenasycené, má za účinek snižování hladiny LDL cholesterolu [28]. Obsažené množství tuků v semeni fazolu závidí na odrůdě, klimatických podmínkách, období, environmentálních faktorech a typu půdy [29].

### 1.2.4 Minerální látky

Ve srovnání s obilovinami jsou luštěniny lepším zdrojem minerálních látek. Obsahují vyšší počáteční koncentrace minerálních látek a během zpracování je jejich úbytek menší. Luštěniny bývají častěji konzumovány celé, kdežto obiloviny bývají při technologických operacích zbaveny obalových vrstev, které jsou bohaté na mikronutrienty [8,22,30]. Průměrný obsah majoritních a minoritních minerálních látek ve fazolích je uveden v Tabulce 2.

Tabulka 2: Průměrný obsah minerálních látek v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  suchých fazolí [9]

Majoritní		Minoritní	
prvek	obsah	prvek	obsah
Na	20 – 400	Cu	6,0 – 13
K	12000	Mn	12 – 20
Cl	20 – 250	Ni	2,5 – 5,0
Mg	230 – 1800	Fe	59 – 82
Ca	300 – 1800	Co	0,01 – 0,3
P	3700 – 4300	Mo	1,0 – 3,0
S	1100 – 1700	Cr	0,05 – 0,10
		Zn	21 – 38

Ve fazolích se vyskytuje především draslík, hořčík, vápník, fosfor, síra. V menších množstvích také železo, zinek, sodík, chlór, měď, mangan, nikl a molybden. Dále se uvádí i zanedbatelné množství kobaltu a chromu.

Fazole jsou velice bohaté na draslík. V porovnání s pšenicí je množství draslíku dvojnásobně až trojnásobně vyšší. U dospělého člověka je minimální potřebná denní dávka draslíku 2000 mg. Tuto dávku je schopna z části pokrýt denní porce fazolí [9].

Fazole jsou také nezanedbatelným zdrojem vápníku, zajišťují průměrně 50 mg na porci, avšak záleží na druhu. Doporučená denní dávka vápníku u dospělého je 800 mg [9]. Dostupnost vápníku z fazolí je poměrně dobrá (asi 20 %), ale je menší než u mléčných výrobků a některých druhů listové zeleniny [31,32].

Jedna porce fazolí poskytuje asi 2 mg železa. Doporučená denní dávka pro dospělého člověka je pro ženy 15 mg a pro muže 10 mg [9]. Avšak dostupnost železa z fazolí je špatná, a proto je jejich hodnota jako zdroje železa velmi snížena. Důvodem zhoršeného využití železa způsobuje kyselina fytová. Ta se ztrácí při kuchyňských úpravách jako je vaření nebo namáčení fazolí. Předpokládá se, že absorpci železa zvyšuje vitamin C. U zinku na rozdíl od železa je dostupnost relativně dobrá (přibližně 25 %) [31,32].

Fosfor se vyskytuje ve fazolích v několika formách, jako anorganický, jako součást fytátů, fosfatidů a dalších sloučenin [33]. Resorpce i exkrece fosforu je z části závislá na obsahu vápníku v přijmané stravě a naopak. Pokud je jeden z těchto prvků přítomen ve velkém nadbytku, zvýší se exkrece druhého prvku. Optimální poměr Ca/P je 1:1 až 1:1,5. Doporučená denní dávka P pro dospělého je 1200 mg [9].

### 1.2.5 Vitaminy

Fazole jsou velice dobrým zdrojem vitaminů skupiny B, které jsou rozpustné ve vodě, kromě kobalaminu (vitamin B<sub>12</sub>). Z této skupiny se vyskytuje i vitamin C (kyselina askorbová). Vitaminy rozpustné v tucích, které jsou obsaženy ve fazolích, jsou vitamín A (retinol), E (tokoferol) a K (fyllochinon). Zvýšení obsahu vitaminů skupiny B a vitaminu C lze docílit klíčením. Naopak ke ztrátám vitaminů dochází při namáčení a vaření [9,34]. Průměrné obsahy těchto vitaminů ve fazolích jsou uvedeny v Tabulce 3.

Tabulka 3: Průměrný obsah vitaminů  
v mg.100g<sup>-1</sup> suchých fazolí [19]

název	obsah
tiamin (B <sub>1</sub> )	0,529
riboflavin (B <sub>2</sub> )	0,219
niacin (B <sub>3</sub> )	2,060
pyridoxin (B <sub>6</sub> )	0,397
kyselina listová (B <sub>9</sub> )	0,394
tokoferol (E)	0,220
fytochinon (K)	0,019
kyselina askorbová (C)	4,500

### 1.2.6 Vlákna

V dnešní době aktuální definice vlákniny podle American Association of Cereals Chemists (AACC) zní: „Jedlé součásti rostlin, které odolávají trávení a absorpci v lidském tenkém střevě a podléhají úplné nebo částečné fermentaci v tlustém střevě. Vlákna potravy zahrnuje polysacharidy, oligosacharidy, lignin a doprovodné rostlinné složky.“ [35]. Ve fazolích se obsah vlákniny pohybuje v rozmezí 5 – 19 % [8]. V České republice se doporučený denní příjem pohybuje v rozmezí 25 – 30 g vlákniny za den [36].

Vlákna se rozděluje podle rozpustnosti na rozpustnou a nerozpustnou. Mezi rozpustnou vlákninu zahrnujeme pektin, některé hemicelulózy, glukany, kyselinu guarovou, inulin a jiné látky. Do nerozpustné vlákniny se řadí především celulóza, některé hemicelulózy, lignin, chitin, chitosan a vosky [37]. Oba dva typy se nacházejí v různých vzájemných poměrech. Fazole obsahují především rozpustnou vlákninu. Nerozpustná vlákna, která se také nachází ve fazolích, se dostává v nezměněné formě až do tlustého střeva. V této části je zcela nebo částečně fermentovaná střevními bakteriemi. Během fermentace vznikají různé produkty jako mastné kyseliny s krátkým řetězcem a plyny [38].

Vlákna má pro lidský organizmus pozitivní přínos. Nerozpustná vlákna zvyšuje pocit sytosti, zabraňuje vzniku zácpy, zvyšuje objem stolice a zkracuje průchod potravy zažívacím traktem [8]. Mastné kyseliny, které vznikají fermentací vlákniny v tlustém střevě, jsou důležitým zdrojem pro buňky kolonu. Vlákna též snižuje možnost vzniku hemeroidů. Rozpustná vlákna může zpomalovat trávení a absorpci sacharidů. Snižuje vzestup hladiny glukózy v krvi po požití potravy bohaté na sacharidy, což je velice prospěšné pro lidi trpící cukrovkou. Vlákna příznivě ovlivňuje profil krevních lipidů, epidemiologické stu-

die potvrdily význam při předcházení koronárních srdečních onemocnění. Toto tvrzení bylo potvrzeno i klinickými testy [8,39].

Při nadměrném užívání vlákniny nad doporučený denní příjem se mohou vyskytnout i nežádoucí účinky. Může vyvolávat nadýmání, zažívací potíže a u některých osob, které užívaly více než 50 g vlákniny za den, byla zjištěna dehydratace. V dnešní době se zkoumají i možné interakce vlákniny s některými léčivy a možnost redukce využitelnosti některých minerálních látek a vitaminů [35].

### 1.2.7 Antinutriční látky

Antinutriční látky jsou složky potravy, které mohou mít negativní vliv na výživu organismu. Jsou to látky, které snižují nutriční hodnotu potravin tím, že ovlivňují aktivitu některých enzymů, vitaminů, minerálních látek a snižují stravitelnost a využitelnost základních živin. Ve fazolích se z antinutričních látek vyskytují především třísloviny, inhibitory proteáz, lektiny, saponiny, kyselina fytová a kyanogenní glykosidy. Jejich obsah ve fazolích, účinky na lidský organismus a možnost jak snížit jejich obsah, je popsán u každé skupiny dále v kapitole [40,41].

#### 1.2.7.1 Třísloviny

Z chemického hlediska jsou to fenolické sloučeniny, které jsou rozpustné ve vodě. Třísloviny se dělí na hydrolyzovatelné, které mají jako hlavní složku vedle cukerného zbytku gallovou a *m*-digallovou kyselinu. Druhou skupinou jsou třísloviny kondenzované, což jsou sloučeniny katechinového typu. Reagují nejen s bílkovinami, ale i s trávicími enzymy a vážou se vodíkovými můstky na škrob, důsledkem je zhoršení stravitelnosti a vstřebávání živin. Nejvíce se snižuje absorpce esenciálních aminokyselin metioninu a lyzinu [41,42].

Třísloviny se hojně vyskytují v semenech fazolí. Jejich obsah se pohybuje v hodnotách do 20 g.kg<sup>-1</sup>. Při nadměrné konzumaci může docházet k snížené absorpci některých minerálních látek z potravy a může docházet k poškození intestinální mukózy [40].

#### 1.2.7.2 Inhibitory proteáz

Inhibitory proteáz jsou přirozenými složkami potravin rostlinného původu, a to obzvláště luštěnin. V rostlinách slouží k ochraně cytozolu proti endogenním proteázám, které se uvolňují při porušení buněčných struktur. Dále mají význam jako zásobní proteiny v době klíčení a podílejí se na ochraně rostlinných pletiv vůči predátorům [40].

Tyto inhibitory jsou důležité z hlediska výživového, mají proteinový nebo polypeptidový charakter a jsou schopny inhibovat trávicí enzymy proteázy, např. inhibitory trypsinu brání rozrušení peptidových vazeb mezi aminokyselinami lyzinem a argininem. To je důvodem ke snížení stravitelnosti a absorpci bílkovin. Inhibitory trypsinu mohou dále ovlivňovat metabolismus aminokyselin, které obsahují síru. Těchto aminokyselin je právě ve fazolích nedostatečné množství [31,41]. Největší význam má skupina inhibitorů serinových proteáz, které se dělí na inhibitory Kunitzova typu a inhibitory Bowmanova-Birkova typu.

Nežádoucí účinky inhibitorů proteáz můžeme snížit tepelným opracováním rostlinného materiálu. Snížení aktivity inhibitorů je závislé na teplotě, době zahřívání, velikosti částic materiálu a na obsahu vody [40].

### **1.2.7.3 Lektiny**

Lektiny jsou strukturně různorodá skupina glykoproteinů, které se vážou na mono- a oligosacharidy s vysokou specifitou a reverzibilním způsobem. Jejich obsah v semeni fazolí se pohybuje mezi 1 – 10 g.kg<sup>-1</sup> [40]. Jejich přítomnost je závislá na genetických a environmentálních faktorech a hromadí se především v semenech. Ve srovnání s inhibitory proteáz jsou lektiny termostabilnější, proto je důležité použít vysoké teploty k jejich inaktivaci, nebo je lze inaktivovat i klíčením. Lektiny jsou jedovaté, pokud nejsou fazole dostatečně upraveny tepelně nebo klíčením, mohou způsobovat nevolnost a průjem [40,41,43].

### **1.2.7.4 Saponiny**

Saponiny jsou různorodá skupina heteroglikozidů, které se vyskytují převážně v rostlinách. Ve fazolích se vyskytuje 0,35 – 1,6 % saponinů. Saponiny mají hořkou chuť, tvoří emulzi typu olej ve vodě, mají hemolytické účinky, reagují se žlučovými kyselinami, cholesterolem a jinými  $\beta$ -hydroxysteroidy. Koncentráty některých saponinů se využívají jako pěnotvorné látky, emulgátory a antioxidanty.

Při běžných technologických a kulinárních úpravách jsou relativně stálé. Množství saponinů můžeme snížit dokonalým mytím, macerací nebo odstraněním povrchových vrstev. Toxický účinek se zakládá hemolýze erytrocytů buněk a intestinální mukózy. Hlavní příčinou je interakce saponinů s cholesterolem v buněčných stěnách. Pokud dojde k příjmu vysokých dávek, poškozují se játra a může dojít k poškození dýchání, které přechází až do komatu. Jelikož saponiny reagují s cholesterolem, brání jeho vstřebávání, a to pozitivně při-

spívá k prevenci kardiovaskulárních onemocnění. Vědecké studie zjistily, že saponiny obsažené ve fazolích inhibují růst rakovinových buněk [40,44].

#### **1.2.7.5 Kyselina fytová**

Hlavní zásobní formou fosforu, který využívají semena fazolí pro klíčení, je kyselina fytová. Vyskytuje se především jako vápenaté a hořečnaté soli, fytiny. Je považována za anti-nutriční látku, která snižuje absorpci fosforu, zinku, vápníku a mědi, ale má i pozitivní účinky. Potlačuje tvorbu reaktivních hydroxylových radikálů katalyzovanou železem a má hypocholesterolemický účinek. Rozklad kyseliny fytové zprostředkovává enzym fytáza [40,45].

#### **1.2.7.6 Kyanogenní glykosidy**

Kyanogeneze je schopnost rostlin rozkládat kyanogenní sloučeniny za vzniku kyanovodíku. Předpokládá se, že v rostlinách způsobují hořkou chuť a pach ze vzniklých odpadních produktů, který odpuzuje predátory. Také se účastní metabolismu dusíku, jsou jeho zásobní formou při klíčení semen a v prvních fázích vývoje rostliny.

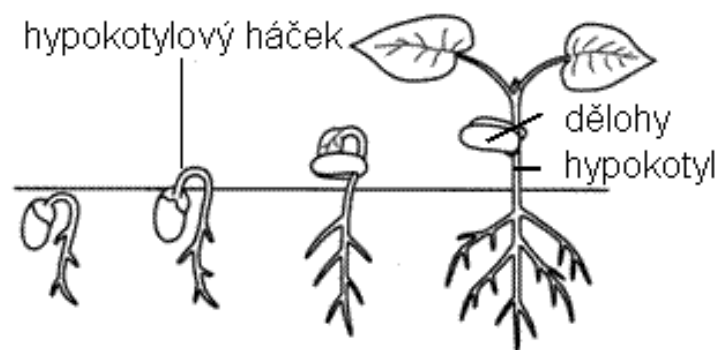
Kyanogenní glykosidy nejsou toxické, až jejich rozkladem vzniká toxický kyanovodík. Akutní toxicita je zapříčiněna inhibicí cytochromoxidázy kyanovodíkem v dýchacím řetězci a reakcí s hemoglobinem. Letální dávka kyanovodíku pro člověka, který váží 70 kg, je 35 – 245 mg. Příznaky po požití letální dávky jsou ztuhlost končetin, omámení, zmodrání, křeče a koma. Pokud se konzumují čerstvé kyanogenní rostliny, které obsahují neporušené glykosidy, vzniká malé množství kyanovodíku, protože v kyselém prostředí zažívacího traktu jsou enzymy rozkládající kyanogenní glykosidy inhibovány a nedochází ani k chemickému rozkladu [40,46].

### **1.3 Klíčení fazolí**

Proces klíčení začíná příjmem vody a bobtnáním semen. První fáze klíčení je charakteristická pronikáním kořene (koleorhiza) pokožkou semen a následujícím prorůstáním kořínku (radicula), posléze vyrůstá kleoptila s děložními lístky (viz Obrázek 4) [47,48,49,50]. Poslední fáze nastává v momentě, kdy rostlina je nezávislá na zásobních látkách semen, začne produkovat chlorofyl, asimilovat a přecházet na autotrofní výživu [47].

Obsah vody se v semeni se může zvýšit až o 114 %, původní obsah vody se pohybuje mezi 12 – 15 %. Současně se snižuje obsah sušiny, který je způsoben metabolickou aktivitou. Během klíčení dochází ke komplexním enzymatickým reakcím. Zvyšuje se aktivita enzymů, které hydrolyzují škrob na jednodušší sacharidy, což se projevuje zvýšením obsahu glukózy [20,23,51]. Klíčení luštěnin je nejúčinnější technologický postup, při kterém dochází ke snížení obsahu  $\alpha$ -galaktosidů až na 20 % jejich původní hodnoty. Dále dochází k rozkladu bílkovin na aminokyseliny, obsah jednotlivých aminokyselin se v průběhu klíčení mění, ale spíše dochází k poklesu vlivem jejich degradace během klíčení. Zároveň narůstá aktivita enzymů, které hydrolyzují tuky na jednotlivé mastné kyseliny a dochází k významnému snížení antinutričních látek (lektiny, saponiny). Všechny tyto procesy probíhající při klíčení způsobují, že naklíčené fazole jsou lépe stravitelné [47,52].

Významné je zvyšování obsahu látek, které mají antioxidační vlastnosti. Jsou to především polyfenolické látky, vitamin C a E. Dále narůstá i obsah vitaminů skupiny B a polynenasycených mastných kyselin. Obsah minerálních látek se výrazně nemění, ale roste jejich využitelný podíl [47,53,54].



Obrázek 4: Klíčení semene fazolu [17]

Existují vnitřní faktory, které negativně ovlivňují rychlost klíčení a to tak, že děj zpomalují nebo mu brání. Mezi tyto faktory patří:

- nepropustnost osemení pro vodu, z důvodu přítomnosti vrstvy sklerenchymu v buněčné stěně, dochází k opožděnému vyklíčení semene,
- nedostatečná propustnost osemení pro kyslík a oxid uhličitý,

- silná tuhost osemení, která nepovolí tlaku klíčícího embrya,
- neukončené procesy zrání, které mohou trvat i několik měsíců po sklizni [47].

Rychlost klíčení lze naopak pozitivně ovlivnit těmito vnějšími podmínkami:

- teplota (optimální teplota se pohybuje mezi 20 – 30 °C),
- voda (nesmí obsahovat žádná aditiva),
- kyslík a oxid uhličitý (snížením obsahu kyslíku se sníží intenzita dýchání semene, pokud se zvýší obsah oxidu uhličitého nad 35 %, semena hynou),
- světlo (většinou nebývá nutnou podmínkou, ale pokud klíčí semeno na světle, klíčky po určité době začnou tvořit nové látky tvořící sušinu a tím se zvyšuje i nutriční hodnota),
- vliv chemických látek (semena určená k naklíčení nesmí obsahovat příměsi jedovatých semen, látky škodlivé nebo toxické v nadlimitním množství),
- doba naklíčení je závislá na druhu semene [47,48,49,55,56].

U nás se z luštěnin nejvíce používá ke klíčení fazol mungo. Doporučuje se nechat klíčit semena nejméně 3 dny, kdy klíčky dosáhnou délky 2,5 – 3 cm. Pokud je zvolena kratší doba klíčení, není zajištěn rozklad látek s antinutričním účinkem, které jsou obsaženy v syrových fazolích. Některé zdroje úvadějí, že pokud klíčení trvá delší dobu, tak to má negativní vliv na aktivitu inhibitorů trypsinu (po 72 hodinách může dojít k opětovnému zvýšení obsahu trypsinu až na původní hodnotu) [20,57].

Z mikrobiologického hlediska může docházet k alimentárním onemocněním, a to z důvodu, že může dojít k vysokému nárůstu mikroorganismů. K tomuto problému dochází hlavně při špatném skladování naklíčených fazolí. Je doporučováno ošetření pomocí vysokého tlaku, dále má velkou roli skladovací teplota, která by se měla pohybovat v rozmezí 4 – 8 °C. Při dodržování těchto podmínek skladování není ovlivněna sensorická jakost naklíčených fazolí [20,23,51].



## 1.4 Nutriční význam fazolí

Z nutričního hlediska jsou fazole velice přínosné pro výživu lidí, jsou velice důležitým zdrojem živin především pro obyvatele rozvojových zemí. Mají vysoký obsah škrobu a mají nízký glykemický index, což je spojováno se snižováním rizika rozvoje onemocnění jako diabetes melitus, obezita a kardiovaskulární onemocnění [58,59]. Jejich velké pozitivum je ve vysokém obsahu proteinů a nízkém obsahu lipidů. Z hlediska vitaminů jsou velice dobrým zdrojem zejména vitaminů skupiny B (mimo B<sub>12</sub>). Fazole jsou také dobrým zdrojem minerálních látek a dokonce některé hodnoty minerálů (např. draslík, hořčík, vápník) jsou zastoupeny ve vyšších koncentracích v porovnání s obilovinami nebo jinými druhy luštěnin. Fazole jsou díky prvkům K a Mg výborným prostředkem, jak pomocí stravy snížit vysoký krevní tlak [60]. Přínosem konzumace fazolí je také obsah vlákniny, a to především rozpustné, která má velmi pozitivní vliv na lidské zdraví [42].

Dále fazole obohacují stravu o polyfenoly, které vykazují antioxidační vlastnosti. V luštěninách (zejména v sóji a fazolích) byla prokázána vysoká koncentrace izoflavonů. Z mnoha studií byly zjištěny potenciální pozitivní účinky, např. ochrana DNA, proteinů a lipidů před oxidativním poškozením, snižování symptomů spojených s menopauzou, prospěšné kardiovaskulární účinky, přispívání k léčbě prostaty a horního respiračního traktu a dobrý vliv na kůži a vlasy [31,61,62].

Antinutriční látky, které jsou obsaženy ve fazolích, můžeme z velké části odstranit namáčením, vařením a klíčením, současně dochází k částečnému odstranění oligosacharidů způsobující nežádoucí plynatost, ale i ke ztrátám vitaminů a minerálních látek [8].

## 1.5 Vybrané druhy fazolí

V následující kapitole jsou stručně popsány druhy fazolí, které byly analyzovány v praktické části této diplomové práce.

### 1.5.1 Fazole Adzuki

Fazole Adzuki (Obrázek 5) se pěstuje a používá po staletí v Orientu. Je zařazena mezi 12 nejdůležitějších plodin světa a v Japonsku je na druhém místě z hlediska důležitosti a označují ji za královnu fazolí. Má červené zbarvení s bílým hřebenem a hladkým povrchem. Rostlina vypadá podobně jako hrách setý, kvete žlutými květy, ze kterých násled-

ně se tvoří lusky s fazolkami. Dorůstá do výšky 25 – 90 cm. Lusky jsou úzkého válcovitého vzhledu a jsou dlouhé 6 – 13 cm. Nejlépe se jí daří na slunných místech, upřednostňuje mírně neutrální až alkalické zeminy (pH 7 – 14) [63,64,65,66]. Přehled významných nutričních látek se nachází v Tabulce 4.



Obrázek 5: Fazole Adzuki [67]

Tabulka 4: Průměrný obsah živin ve 100 g fazole Adzuki [68]

Základní živiny	Průměrná hodnota	Minerální látky	Průměrná hodnota	Vitaminy	Průměrná hodnota
Energie	329 kcal	Ca	66 mg	B <sub>1</sub>	455 µg
Voda	13,44 g	Fe	4,98 mg	B <sub>2</sub>	220 µg
Bílkoviny	19,87 g	Mg	127 mg	B <sub>3</sub>	2,630 mg
Sacharidy	62,90 g	P	381 mg	B <sub>6</sub>	0,351 µg
Tuky	0,53 g	K	1254 mg	B <sub>9</sub>	622 µg
Vláknina	12,7 g	Na	5 mg	A	1 µg
		Zn	5,04 mg		

### 1.5.2 Fazole Červená ledvina

Fazole červená ledvina (Obrázek 6) pochází ze Střední Ameriky a pěstuje se i v západní Africe. Označuje se také jako „chilli fazole” a v Mexiku se z ní připravuje tradiční mexické jídlo „chilli con carne”. Významné je vysoké množství železa oproti ostatním druhů fazolí [69]. Zastoupení jednotlivých živin je znázorněno v Tabulce 5.



Obrázek 6: Fazole červená ledvina [70]

Tabulka 5: Průměrný obsah živin ve 100 g fazole Červená ledvina [68]

Základní živiny	Průměrná hodnota	Minerální látky	Průměrná hodnota	Vitamíny	Průměrná hodnota
Energie	330 kcal	Ca	195 mg	B <sub>1</sub>	529 µg
Voda	11,75 g	Fe	9,35 mg	B <sub>2</sub>	219 µg
Bílkoviny	24,37 g	Mg	160 mg	B <sub>3</sub>	2,060 mg
Sacharidy	59,80 g	P	405 mg	B <sub>6</sub>	397 µg
Tuky	0,25 g	K	1490 mg	B <sub>9</sub>	394 µg
Vláknina	15,2 g	Na	11 mg	C	4,5 mg
		Zn	2,55 mg		

### 1.5.3 Fazole Černé oko

Fazole černé oko (Obrázek 7) mají krémové zbarvení s charakteristickou černou skvrnou. Pochází z jižní Afriky, ze které byla dovezena s otroky do Ameriky. Z nutričního hlediska je u tohoto druhu fazole významný obsah kyseliny listové, který je zaznamenán i s ostatními živinami v Tabulce 6. Je velice oblíbená v latinskoamerické, karibské a orientální kuchyni. U nás není její použití velmi rozšířeno. Pro její měkkou moučnatou texturu se velice hodí pro přípravu pyrů a dipů [71,72].



Obrázek 7: Fazole Černé oko [73]

### 1.5.4 Fazole Mungo

Fazole Mungo (Obrázek 8) pochází z Indie, odkud se rozšířila až do Evropy. Rostlina dorůstá do výšky 0,15 – 0,9 m, kvete žlutozelenými květy. Plodem je válcovitý lusk, který má délku 5 – 18 cm, obsahuje zelená semena o velikosti 5 mm. Sklizeň probíhá 2 – 4 měsíce po výsevu [74]. Velice dobře klíčí a po naklíčení chuťově připomínají hrášek. Tento druh fazole je velice nutričně bohatý [75,66], přehled složek, které obsahuje, je zaznamenán v Tabulce 7.

Tabulka 6: Průměrný obsah živin ve 100 g fazole Černé oko [68]

Základní živiny	Průměrná hodnota	Minerální látky	Průměrná hodnota	Vitamíny	Průměrná hodnota
Energie	336 kcal	Ca	110 mg	B <sub>1</sub>	853 µg
Voda	11,95 g	Fe	8,27 mg	B <sub>2</sub>	226 µg
Bílkoviny	23,52 g	Mg	184 mg	B <sub>3</sub>	2,075 mg
Sacharidy	60,03 g	P	424 mg	B <sub>6</sub>	357 µg
Tuky	1,26 g	K	1112 mg	B <sub>9</sub>	633 µg
Vláknina	10,6 g	Na	16 mg	E	390 µg
		Zn	3,37 mg	K	5 µg
				C	1,5 mg



Obrázek 8: Fazole Mungo [76]

Tabulka 7: Průměrný obsah živin ve 100 g fazole Mungo [68]

Základní živiny	Průměrná hodnota	Minerální látky	Průměrná hodnota	Vitamíny	Průměrná hodnota
Energie	341 kcal	Ca	138 mg	B <sub>1</sub>	273 µg
Voda	10,80 g	Fe	7,57 mg	B <sub>2</sub>	254 µg
Bílkoviny	25,21 g	Mg	267 mg	B <sub>3</sub>	1,447 mg
Sacharidy	58,99 g	P	379 mg	B <sub>6</sub>	0,281 µg
Tuky	1,64 g	K	983 mg	B <sub>9</sub>	216 µg
Vláknina	18,3 g	Na	38 mg	A	1 µg
		Zn	3,35 mg		

### 1.5.5 Fazole Navy

Fazole Navy (Obrázek 9) má jemnou chuť. Její přínos ve stravě je ve vysokém obsahu bílkovin, minerálních prvků a vitaminů skupiny B (viz Tabulka 8). Má vhodný poměr draslíku a sodíku, což má význam v prevenci aterosklerózy. Je také bohatá na vysoký obsah vlákniny, která vyrovnává hladinu glukózy v krvi, což je přínosné pro lidi trpící onemocněním diabetes. Je velmi oblíbená v zemích jako je USA, Velká Británie a Francie [77,78,79].



Obrázek 9: Fazole Navy [80]

Tabulka 8: Průměrný obsah živin ve 100 g fazole Navy [68]

Základní živiny	Průměrná hodnota	Minerální látky	Průměrná hodnota	Vitamíny	Průměrná hodnota
Energie	337 kcal	Ca	147 mg	B <sub>1</sub>	775 µg
Voda	12,10 g	Fe	5,49 mg	B <sub>2</sub>	164 µg
Bílkoviny	22,33g	Mg	175 mg	B <sub>3</sub>	2,188 mg
Sacharidy	60,75 g	P	407 mg	B <sub>6</sub>	428 µg
Tuky	1,50 g	K	1185 mg	B <sub>9</sub>	364 µg
Vláknina	24,4 g	Na	5 mg	E	20 µg
		Zn	3,65 mg	K	2,5 µg

### 1.5.6 Fazole Pinto

Fazole Pinto (Obrázek 10) jsou béžové barvy a mají na svém povrchu hnědé skvrnky. Její konzistence je moučnatá a chuť má pikantní. Jsou populární v Mexiku a na jihozápadu Spojených států amerických [69,81]. Velikost semen a vzhled rostliny je podobný jako u fazole Červená ledvina [69]. K největším producentům této fazole patří Spojené státy americké, Čína, Brazílie, Indie a Indonézie [82]. Zastoupení nutričních látek je zaznamenáno v Tabulce 9.



Obrázek 10: Fazole Pinto [83]

Tabulka 9: Průměrný obsah živin ve 100 g fazole Pinto [68]

Základní živiny	Průměrná hodnota	Minerální látky	Průměrná hodnota	Vitamíny	Průměrná hodnota
Energie	347 kcal	Ca	113 mg	B <sub>1</sub>	713 µg
Voda	11,33 g	Fe	5,07 mg	B <sub>2</sub>	212 µg
Bílkoviny	21,42 g	Mg	176 mg	B <sub>3</sub>	1,174 mg
Sacharidy	62,55	P	411 mg	B <sub>6</sub>	474 µg
Tuky	1,23 g	K	1393 mg	B <sub>9</sub>	525 µg
Vláknina	15,5 g	Na	12 mg	E	210 µg
		Zn	2,28 mg	K	5,6 µg
				C	6,3 mg

### 1.5.7 Fazole Strakatá velká

Fazole Strakatá velká (Obrázek 11) má purpurové zbarvení s černým mramorováním. Velikost semen je podstatně větší v porovnání s ostatními druhy fazolí [84,85]. Má oříškovou chuť a je vhodná pro přípravu a salátů a jiných pokrmů. Je nutričně bohatá, přehled živin je v Tabulce 10.





Obrázek 11: Fazole Strakatá velká [86]

Tabulka 10: Průměrný obsah živin ve 100 g fazole Strakatá velká [68]

<b>Základní živiny</b>	<b>Průměrná hodnota</b>	<b>Minerální látky</b>	<b>Průměrná hodnota</b>	<b>Vitamíny</b>	<b>Průměrná hodnota</b>
Energie	333 kcal	Ca	143 mg	B <sub>1</sub>	529 µg
Voda	11,75 g	Fe	8,20 mg	B <sub>2</sub>	219 µg
Bílkoviny	23,58 g	Mg	140 mg	B <sub>3</sub>	2,06 mg
Sacharidy	60,01 g	P	407 g	B <sub>6</sub>	397 µg
Tuky	0,83 g	K	1406 mg	B <sub>9</sub>	394 µg
Vláknina	24,9 g	Na	24 mg	E	220 µg
		Zn	2,79 mg	K	19 µg
				C	4,5 mg

## 2 ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA

V poslední době se zvyšuje množství poznatků a úroveň znalostí o úloze volných radikálů při oxidačním stresu v živých organizmech. Volným radikálům se věnuje velká pozornost a sleduje se jejich působení na lidský organizmus a na onemocnění, které způsobují. V hlavní řadě jde o kyslíkové a dusíkové radikály. Tyto radikály ovlivňují v živých systémech biologicky významné sloučeniny, jako jsou lipidy, bílkoviny a nukleové kyseliny. Zasahují do jejich struktury a tím ovlivňují jejich funkci. Z tohoto důvodu je velmi důležitá prevence před působením těchto radikálů, která spočívá v působení antioxidantů, které jsou schopny zabránit nebo alespoň omezit oxidační destrukci biologicky významných sloučenin [10,87,88].

### 2.1 Volné radikály

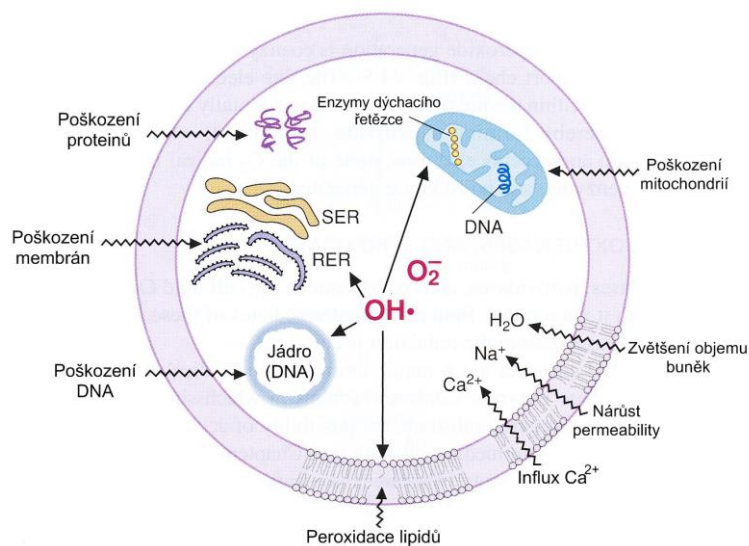
Volné radikály jsou schopny samostatné existence a vyskytují se ve formě atomů, molekul nebo iontů. V elektronovém obalu mají alespoň jeden nepárový elektron a vznikají jeho přijetím nebo ztrátou. Z důvodu, že mají velice nestabilní konfiguraci, snaží se chybějící elektron doplnit. Tento chybějící elektron se snaží doplnit nejčastěji srážkou s jiným volným radikálem, ale častěji elektron vytrhnou z molekuly, která obsahuje všechny elektrony. Pokud nastane tento případ, stává se z molekuly, z které byl odejmut elektron, opět volný radikál a je tímto nastartována řetězová reakce. Z elektrochemického hlediska je ztráta elektronu oxidační reakcí, proto mají volné radikály oxidační účinky. Řetězová reakce je podrobněji popsána dále v kapitole 2.2 [89,90].

Nejčastěji vznikají reaktivní formy kyslíku (reactive oxygen species – ROS) a reaktivní formy dusíku (reactive nitrogen species – RNS). Tyto formy volných radikálů jsou předmětem studií a bylo dokázáno, že mají fyziologický i patogenetický význam.

Vznik volných radikálů má endogenní a exogenní příčiny. Mezi endogenní příčiny patří např. syntéza prostaglandinů, vznik methemoglobinu, zvýšený metabolismus estrogenů, rozpad fagocytů a makrofágů při zánětech, vznik kyseliny močové a další. Do exogenních příčin patří především působení ionizujícího záření, UV záření a dále kouření, intoxikace polychlorovanými bifenoly, škodliviny z ovzduší a další.

Volné radikály napadají molekuly v lidském organizmu a vlivem oxidačních účinků je poškozují. Nejvíce závažné je poškození fosfolipidů buněčných membrán, které může vést až k zániku celé buňky. Často při těchto dějích dochází k poškození nukleových kyselin,

mitochondrií, membrán, proteinů (Obrázek 12). K zabránění těmto nežádoucím oxidačním změnám a ovlivnění aktivity volných radikálů slouží antioxidanty [91].



Obrázek 12: Radikálové poškození buněk [92]

## 2.2 Mechanismus radikálové reakce

Charakteristickým rysem radikálových reakcí je spotřeba a regenerace meziproductů s krátkou dobou života (radikálů) v pravidelných cyklech. Řetězové reakce mají tři stadia, kterými jsou iniciace, propagace a terminace.

### 2.2.1 Iniciace

První krok se nazývá iniciace, dochází k primární tvorbě radikálů. Čím více energie je nutno vynaložit na roztržení vazby, tím reaktivnější radikál vznikne. Iniciace může být termická, fototermická, mechanická (ultrazvuk) a chemická (katalyzátory).

Tento iniciační krok lze vyjádřit rovnicí:



### 2.2.2 Propagace

V dalším kroku, který se nazývá propagace, narůstá řetězec. Volný radikál při srážce s molekulou jiné látky vyvolá působením svého nepárového elektronu přeskupení vazeb v této molekule. Tímto vznikne termodynamicky stálejší produkt a současně vznikne jiný radikál.



Opakováním propagačních kroků, které vedou k tvorbě reakčního produktu a k regeneraci výchozího radikálu, vzniká reakční řetěz. Radikál, který reakci zahájil a po proběhnutí propagačního cyklu se obnovil, je označován jako nositel řetězce.

Případ, kdy nositelem řetězce je jediná částice, není tak častý. Častěji se vyskytují případy s dvěma nositeli v řetězci:



### 2.2.3 Terminace

Posledním krokem radikálové reakce je terminace, v této reakci se nasytí nepárový elektron radikálu a ten zaniká. Nastává rekombinací dvou radikálů na původní složku, z níž vznikly disociací:



nebo spojením dvou radikálů různého druhu:



V tomto kroku může dojít také k deaktivaci na stěně nádoby nebo dojde k reakci s cizí látkou, s kterou se vytvoří málo reaktivní nebo stabilní radikál a dojde tím k inhibici [93, 94].

## 2.3 Antioxidanty

K přírodním látkám, které mají antioxidační aktivitu, jsou především řazeny vitamín C, E a karotenoidy [10,87,88].

Vitamin E je nejvýznamnější lipofilní vitamin, který má antioxidační vlastnosti, chrání nenasycené lipidy před poškozením volnými radikály. Také chrání strukturu a integritu biomembrán spolu s  $\beta$ -karotenem a ubichinony. A svůj význam má i v ochraně lipoproteinů, které se nacházejí v plazmě. Každá částice LDL obsahuje 6 molekul vitamínu E. Díky těmto vlastnostem zpomaluje stárnutí organismu a slouží jako prevence kardiovaskulárních onemocnění a vzniku rakoviny. Snadno oxiduje s železitými ionty, hydroperoxydy lipidů, ozonem aj. [9].

Vitamin C má také oxidační vlastnosti, reaguje s volnými radikály a s oxidovanými formami vitamínu E, které zabezpečují ochranu vitamínu E a lipidů membrán před oxidací. Má i ochrannou funkci pro labilní formy kyseliny listové. Inhibuje tvorbu nitrosaminů a působí jako modulátor mutagenese a karcinogenese. Vitamin C je velice nestálý. Ztráty jsou způsobené skladováním, kulinárními úpravami a průmyslovým zpracováním. Nejvýrazněji dochází ke ztrátám během oxidace a výluhem [9,95].

Také karotenoidy mají antioxidační vlastnosti. Reagují s reaktivními formami kyslíku. Mechanismus antioxidačního působení karotenoidů se liší od působení vitamínu E. Karotenoidy jsou účinné už v malých koncentracích kyslíku a tím doplňují antioxidační působení vitamínu E, který je účinný ve vyšších koncentracích kyslíku. Za antioxidačně vysoce účinný karotenoidový mix se považuje  $\beta$ -karoten,  $\alpha$ -karoten,  $\gamma$ -karoten, lutein, zeaxantin a lykopen. Mezi těmito složkami se uplatňuje synergismus, kdy všechny složky se navzájem pozitivně ovlivňují a zvyšuje se tím jejich účinek [96].

V poslední době je ale velmi kladen důraz na další přírodní látky vykazující antioxidační aktivitu, kterými jsou polyfenolické sloučeniny (viz kapitola 3).

### 3 POLYFENOLICKÉ SLOUČENINY

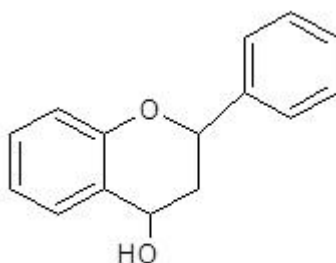
Polyfenolické látky jsou rozšířeny v různých částech rostlin. Způsobují charakteristické zbarvení, někdy typickou chuť plodů, ale většinou jsou smyslově nevýrazné. Z mnoha klinických studií vyplývá, že se mohou podílet na snižování rizika vzniku některých forem rakoviny, kardiovaskulárních chorob a jiných onemocnění. V rostlinách bylo identifikováno několik tisíc fenolických látek s nesmírnou rozmanitostí struktur. Polyfenolické sloučeniny obsahují 2 a více aromatických jader substituovaných hydroxylovými skupinami. Tím se odlišují od fenolických sloučenin, které obsahují jen jedno aromatické jádro.

Polyfenolické sloučeniny můžeme rozdělit do těchto skupin:

- Flavonoidy
- Fenolické kyseliny
- Stilbeny a lignany [97,98]

#### 3.1 Flavonoidy

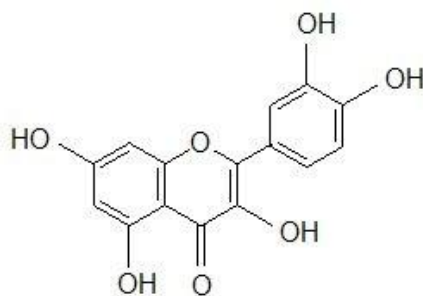
Flavonoidy jsou velice rozsáhlá skupina rostlinných fenolů, která obsahuje v molekule 2 benzenové kruhy spojené tříuhlíkovým řetězcem. Jsou uváděny jako samostatná skupina rostlinných barviv, protože se liší svými vlastnostmi od jiných fenolových pigmentů. Doposud je známo 4000 flavonoidních látek a stále jsou objevovány nové. Flavonoidy jsou odvozeny od flavanu, kyslíkaté heterocyklické sloučeniny 2H-chromenu, který je substituovaný v poloze C-2 fenylovou skupinou (Obrázek 13) [40].



Obrázek 13: Flavan [99]

### 3.1.1 Flavonoly

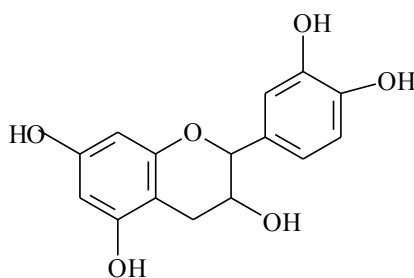
Důležitý flavonol v lidské výživě je kvercetin (Obrázek 14). Ve vysokých koncentracích se nachází v cibuli ( $300 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), jablkách ( $21 - 72 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), kapustě ( $100 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), červeném víně ( $4 - 16 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) a v zeleném a černém čaji ( $10 - 25 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) [97].



Obrázek 14: Kvercetin [100]

### 3.1.2 Flavanoly

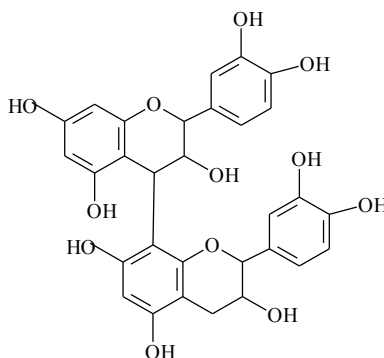
Flavanoly se vyskytují jako monomery katechiny (Obrázek 15) a polymery proanthokyanidy (Obrázek 16). Katechiny jsou obsaženy především v ovoci, bohatým zdrojem je dále zelený čaj a čokoláda. Šálek zeleného čaje obsahuje 200 mg katechinů. Černý čaj obsahuje méně monomerů flavanolů, protože podléhá fermentaci a ta je příčinou oxidace těchto monomerů za vzniku komplexnějších kondenzovaných polyfenolů známé jako teaflaviny a tearubigeny. V luštěninách nalezneme z flavanolů epigallokatechin gallát [101].



Obrázek 15: Katechin [97]

### 3.1.2.1 Proanthokyanidy

Proantokyanidy se strukturou řadí mezi polymerní flavanoly. V rostlinách jsou přítomny jako komplexní směsi polymerů s průměrným stupněm polymerace 4 – 11. Dále se vyskytují esterově vázány s kyselinou gallovou nebo ve formě dvojitě spojených dimerů [97].



Obrázek 16: Proantokyanid A [97]

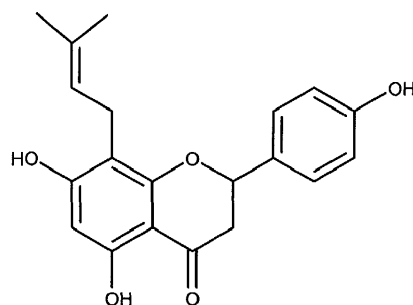
### 3.1.3 Antokyanidy

Antokyanidy jsou nejrozsáhlejší skupinou rostlinných barviv. Momentálně je známo více jak 300 různých druhů antokyanidů. Antokyanidy jsou glykosidy, jako aglykony obsahují různé sloučeniny. Všechny antokyanidy jsou odvozeny od jedné základní struktury, kterou je flavyliový (2-fenylbenzopyryliový) kation. Mezi faktory, které ovlivňují jejich barvu, patří struktura molekuly, přítomnost některých enzymů, působení záření, pH prostředí, teplota a přítomnost kyslíku. Intenzivní barvu mají v pH pod 3,5 [40].

### 3.1.4 Další flavonoidy

**Flavony** jsou s flavonoly nejrozšířenější žluté pigmenty rostlin. Do této skupiny patří 8-prenylnaringenin (Obrázek 17), 6-prenylnaringein a izoxantohumol, které jsou obsaženy v chmelu a citrusových plodech [40,102].

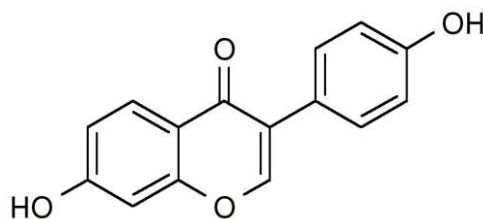




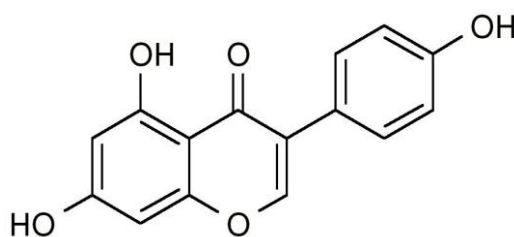
Obrázek 17: 8-prenylnaringenin [103]

**Favanony** jsou bezbarvé nebo světle žluté. Jejich rozšíření je malé a nemají téměř žádný význam. Ve vyšších koncentracích se flavanony nachází pouze v citrusovém ovoci. V luštěninách se vyskytují jako glykosidy odvozené od pinocembrinu [40].

**Izoflavony** byly prokázány ve vyšších koncentracích pouze v rostlinách čeledi bobovitých, nejvíce jsou obsaženy v sóji. Patří k nim především izoflavony daidzein (Obrázek 18) a genistein (Obrázek 19). Mají estrogení, ale i toxické účinky. Proto se s dalšími takto působícími sloučeninami řadí do přirozených toxických složek potravin, tzv. fytoestrogenů [40,97,102] Díky estrogením účinkům jsou významné pro prevenci klimakterického syndromu u žen [104].



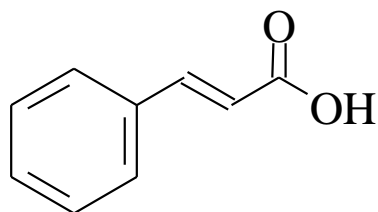
Obrázek 18: Daidzein [105]



Obrázek 19: Genistein [106]

### 3.2 Fenolické kyseliny

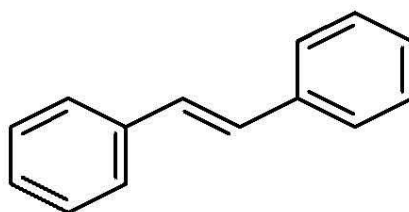
Fenolické kyseliny jsou přítomny v mnoha potravinách. Tvoří přibližně jednu třetinu polyfenolů v potravě. Zastoupení fenolických kyselin v naší stravě je tvořeno většinou hydroxykyselinami (Obrázek 20), které se nacházejí převážně ve formě esterů. Nejvíce zastoupenými kyselinami je kyselina kávová a kyselina ferulová a jejich estery. Kyselina ferulová je nejčastěji asociována s potravinovou vlákninou, je vázaná esterovou vazbou k hemicelulóze. Vyskytuje se v ovoci, zelenině a v kávě. Další fenolické deriváty, které patří do této skupiny, jsou kondenzované taniny. Fenolické kyseliny jsou v nich esterifikovány polyhydroxylujícími, nejčastěji glukózou [97,107].



Obrázek 20: Kyselina skořicová [97]

### 3.3 Stilbeny a lignany

Flavonoidům jsou strukturou a biochemickým původem příbuzné deriváty uhlovodíku stilbenu (Obrázek 21). Přirozeně se vyskytující stilbeny jsou substituované sloučeniny s dvěma benzenovými kruhy, které jsou spojené alifatickým dvouuhlíkatým řetězcem se strukturou C6-C2-C6. Jako přirozená barviva rostlin nemají prakticky žádný význam, ale řada sloučenin vykazuje významné biologické vlastnosti. Uplatňují se jako antimikrobní látky, z tohoto důvodu se některé stilbeny řadí mezi fytoalexiny. Vyskytují se v podzemnici olejné, ve slupkách bobulí révy vinné, v moštech a vínech [40].



Obrázek 21: Stilben [108]

Lignany jsou řazeny mezi fytoestrogeny, které jsou přítomny v rostlinné potravě. Jsou obsaženy ve lněném semínku, sóje, olivovém oleji, pšenici, žitě a víně. K lignanům patří sekoizolariciresinol, matairesinol, lariciresinol, pinoresinol a syringaresinol [109].

## 4 METODY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY A POLYFENOLICKÝCH LÁTEK

Antioxidační aktivita je definovaná jako schopnost sloučeniny inhibovat oxidační degradaci různých sloučenin. Antioxidační kapacita a reaktivita jsou dva lišící se pojmy. Antioxidační kapacita uvádí informaci o délce trvání antioxidačního účinku, zatímco reaktivita charakterizuje počáteční dynamiku průběhu antioxidačního procesu při určité koncentraci antioxidantu [110].

Studie prokazují korelaci mezi antioxidační aktivitou a prevencí některých onemocnění, např. kardiovaskulárních chorob, karcinogeneze, neurologických poruch a procesů stárnutí. Díky těmto pozitivním účinkům antioxidantů se zvyšuje zájem o stanovení antioxidační aktivity látek rostlinného původu [10,87,88].

V oblasti chemické analýzy a biologického hodnocení jakosti rostlinných produktů byly v posledních letech vypracovány metody, které umožňují stanovit tzv. celkovou antioxidační kapacitu vzorku (TAC – total antioxidant capacity). Principiálně se vzájemně liší a odvíjejí se od nich různé modifikace [110].

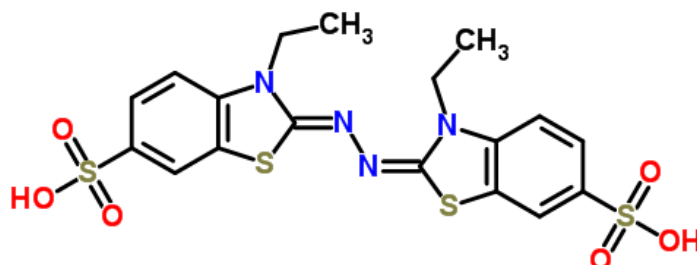
### 4.1 Stanovení antioxidační aktivity

Antioxidační aktivitu lze stanovit několika metodami. Tyto metody se dělí na metody založené na eliminaci radikálu, do kterých se řadí metoda ABTS, DPPH, ORAC a lipidově peroxidační metoda, a na metody založené na hodnocení redoxních vlastnostech látek, do kterých patří metoda FRAP [10].

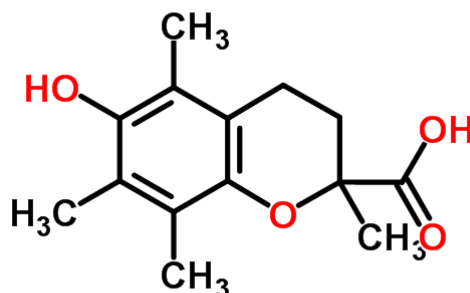
#### 4.1.1 ABTS

Metoda ABTS je základní a nejpoužívanější metoda, kterou se stanovuje celková antioxidační aktivita (TAA – total antioxidant activity). Je to metoda, která hodnotí eliminaci syntetických radikálů. Testuje schopnost vzorku nebo látek zhaset kationt – radikál  $ABTS^{\cdot+}$  (2,2'-azidobis(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonát, Obrázek 22)). Antioxidanty se chovají jako donory vodíku, zhašení radikálu  $ABTS^{\cdot+}$  se sleduje spektrofotometricky na základě změn absorpčního spektra  $ABTS^{\cdot+}$ . Nejčastější absorbance, při které se měří tyto změny, je při vlnové délce 734 nm. Kation-radikál  $ABTS^{\cdot+}$  se v reakční směsi generuje oxidací ABTS. Nejčastěji se používá systém ABTS/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/peroxidáza nebo

ABTS/metmyoglobin/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Dále existuje možnost využít i chemické oxidace, a to peroxidisíranem draselným nebo oxidem manganičitým [110,111].



Obrázek 22: ABTS [112]



Obrázek 23: Trolox [113]

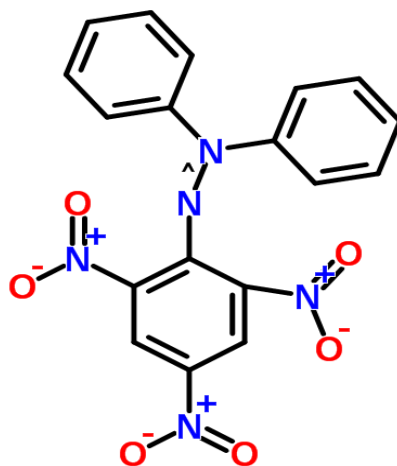
Při experimentálním měření jsou používány dva postupy. V prvním případě se antioxidant přidává do reakční směsi, ve které už byl vytvořen radikál ABTS<sup>•+</sup>, při druhém postupu je antioxidant v reakční směsi již přítomen při generování radikálu ABTS<sup>•+</sup>. Spíše se používá postup, při kterém se antioxidant přidává k radikálu ABTS<sup>•+</sup> již vyprodukovaném pomocí peroxidázy původ [110].

Tato metoda se také označuje jako metoda TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity), toto označení má z důvodu, že výsledná antiradikálová aktivita vzorku je srovnávána s antiradikálovou aktivitou syntetické látky Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina, Obrázek 23). Parametr TEAC je pro čisté látky definovaný jako

milimolární koncentrace Troloxu, která vykazuje stejnou antioxidační aktivitu jako testovaná látka při koncentraci  $1 \text{ mmol.l}^{-1}$  respektive  $1 \text{ mmol.kg}^{-1}$ . Pro směsi TEAC udává koncentraci Troloxu rovnající se antioxidační aktivitě vzorku. Tuto metodu je možné kombinovat i se separací látek pomocí HPLC s následnou detekcí radikálových zhášeců na základě reakcí s  $\text{ABTS}^{\cdot+}$ . Tato metoda je jednoduchá, rychlá a lze ji uplatnit v širokém spektru látek, které mají různý původ [10,110,111].

#### 4.1.2 DPPH

Tato metoda je jedna ze základních metod pro posouzení antiradikálové aktivity čistých látek, ale i různých směsných vzorků. Patří mezi metody, které hodnotí eliminaci syntetických radikálů. Jejím principem je reakce testované látky se stabilním radikálem difenylpikrylhydrazylem – DPPH (1,1-difenyl-2-(2,4,6-trinitrofenyl)hydrazyl, Obrázek 24). Při této reakci dochází k redukci radikálu a vzniká DPPH-H (difenylpikrylhydrazin). Nejčastějším způsobem sledování reakce je spektrofotometricky. Pokles absorbance při 517 nm se měří po uplynutí určitého konstantního času nebo se pracuje v kinetickém režimu [110].



Obrázek 24: DPPH [114]

Tento test lze uskutečnit i v mikrotitračních destičkách. Je možné použít i detekci HPLC, při které je hodnocen pík radikálu DPPH, tato varianta je vhodná u barevných vzorků, kdy se na rozdíl od spektrofotometrie zbarvení vzorku eliminuje [10].

Radikálová aktivita se u směsných vzorků vyjadřuje v ekvivalentech kyseliny askorbové nebo Troloxu (TEAC) podobně jako v případě metody ABTS. Jsou používány aplikace na

TLC (tenkovrstvá chromatografie), které jsou vhodné pro screening radikálové zhášecí aktivity směsných vzorků. Také je možná modifikace, kdy se kombinuje test se separací látek ze směsi metodou HPLC. Látky, které se rozdělí na koloně, reagují kontinuálně s DPPH a pík radikálu se detekuje spektrofotometricky [10,110,115].

#### 4.1.3 FRAP

Tato metoda je založena na redukcí železitých komplexů jako je TPTZ (2,4,6- tripyridyl-S-triazin), ferrikyanid aj., které jsou takřka bezbarvé, a po redukcí a eventuální reakci s dalším činidlem vytváří barvené produkty. Barevným produktem může být např. berlínská modř [110].

#### 4.1.4 Lipidově peroxidační metoda

Tyto metody se realizují v modelových systémech, které obsahují nenasycené mastné kyseliny a testovaný vzorek. Ve většině případů se přidává homogenát živočišné tkáně, např. jater nebo mozku. Iniaci lipidové peroxidace zajišťuje tetrachlormetan nebo peroxid [116].

#### 4.1.5 ORAC

Podstatou metody ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) je vytvoření peroxylového radikálu fykoeritrinu, který vznikne oxidací činidlem ABAP (2,2'-azobis-2-metylpropionamidium). Vzniklý radikál se stanovuje kvantitativně fluorometricky. Vyhodnocuje se rychlost úbytku signálu po přidání testovaného vzorku [116].

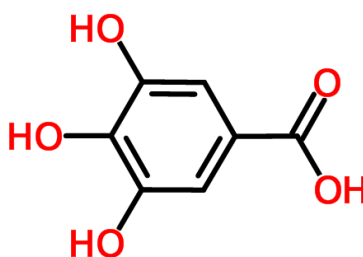
## 4.2 Stanovení celkového obsahu fenolických látek

Ke stanovení celkového obsahu fenolických látek (TPC – total phenolic content) se nejčastěji používá Folin-Ciocalteuova metoda (FCM), metoda Price a Butlera (PBM) a vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC) [117].

#### 4.2.1 Folin-Ciocalteuova metoda

Další označení pro tuto spektrometrickou metodu je Gallic Acid Equivalent method (metoda ekvivalentu kyseliny gallové, GAE), protože se v této metodě používá jako standart kyselina gallová (Obrázek 25). Výsledná hodnota obsahu polyfenolických látek se přepočítává na ekvivalentní množství standardu, tedy kyseliny gallové [117,118]

Folin-Ciocalteuho činidlo je čirá kapalina žluté barvy a obsahuje sloučeniny reagující s fenolickými sloučeninami. Může se také využívat ve formě spreje u různých chromatografických metod. Toto činidlo reaguje nejen s fenolickými sloučeninami ale i s vitamínem C. Obsahuje směs kyseliny fosforečno-wolframové ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) a kyseliny fosforečno-molybdenové ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ), která se po proběhnuté oxidaci fenolů redukuje na směs modrých oxidů wolframu ( $W_8O_{23}$ ) a molybdenu ( $Mo_8O_{23}$ ). Tato směs modrých pigmentů má maximální absorpci závislou na kvalitativním a/nebo kvantitativním složení směsi fenolů a na pH, které se upravuje přidáním uhličitanu sodného. Ve vědeckých studiích je uváděno, že nejvhodnější je přidání uhličitanu sodného až po smísení vzorku s činidlem [119]. Fenolické látky jsou v alkalickém prostředí tímto činidlem oxidovány. Redukční reakce se měří spektrometricky při vlnových délkách 550 – 765 nm [117,118,120].



Obrázek 25: Kyselina gallová [121]

#### 4.2.2 Metoda Price a Butlera

Principem metody je oxidace aniontu fenolátu na radikál fenolátu a zároveň dochází k redukci hexakynoželezitanu na hexakynoželeznan, tvoří se berlínská modř  $K_4[Fe(CN)_6]$  [117].

#### 4.2.3 Vysokoúčinná kapalinová chromatografie

Nejčastěji se separace polyfenolických látek provádí pomocí HPLC nebo kapilární elektroforézy. Používá se chromatografie na reverzní fázi s kolonami C18 a různými mobilními fázemi. Často se pracuje s kapalinovou chromatografií s UV/VIS detekcí, která zahrnuje fotodiodový nebo hmotnostní detektor [122].



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo sledovat vliv klíčení na antioxidační aktivitu a celkový obsah polyfenolických sloučenin ve vybraných vzorcích fazolí. Pro splnění tohoto hlavního cíle bylo potřeba splnit následující dílčí cíle:

- zpracovat literární rešerži zabývající se obecně fazolemi, antioxidační aktivitou a polyfenolickými sloučeninami
- naklíčit 7 druhů fazolí a v suchých i naklíčených semenech stanovit:
  - a) antioxidační aktivitu metodou ABTS
  - b) antioxidační aktivitu metodou DPPH
  - c) celkový obsah polyfenolických sloučenin metodou s Folin-Ciocalteuho činidlem
- získané výsledky porovnat, statisticky vyhodnotit a diskutovat s dostupnou odbornou literaturou

## 6 METODIKA PRÁCE

### 6.1 Použité chemikálie, přístroje a pomůcky

#### 6.1.1 Chemikálie

Folin-Ciocalteuovo činidlo (Sigma-Aldrich, USA)

Uhličitan sodný bezvodý (Lachema, Česká republika)

Kyselina gallová monohydrát (Acros Organics, Belgie)

Metanol (Penta, Česká Republika)

DPPH (Sigma-Aldrich, USA)

Trolox (Sigma-Aldrich, USA)

ABTS (Sigma-Aldrich, USA)

peroxodisíran draselný (Lachema, Česká republika)

kyselina octová (Penta, Česká Republika)

octan sodný (Penta, Česká Republika)

#### 6.1.2 Přístroje a pomůcky

Elektrický mlýnek Combi Star (Waldner Biotech, Rakousko)

Analytické váhy (Adam, AFA – 210 LC, Schoeller instruments, Česká republika)

Třepačka (Hettich, Německo)

Spektrofotometr Libra S6 (Biochrom, Velká Británie)

Mikropipety (Biohit, Finsko)

Filtrační papír (Filtrak No. 390)

Mikrofiltry 0,45  $\mu\text{m}$  (Cronus Syringe Filter, Chromservis)

Ponorný mixér (Braun, Německo)

Běžné laboratorní sklo a pomůcky

## 6.2 Analyzované vzorky

Analyzovaných sedm vzorků fazolí bylo zakoupeno v obchodě se zdravou výživou ve Zlíně, jejich bližší charakteristika je uvedena v Tabulce 11. Fotografie fazolí jsou přiloženy v příloze P I.

Tabulka 11: Charakteristika analyzovaných vzorků fazolí

Označení vzorku	Druh fazole	Prodejce	Země původu	Hmotnost balení
1.	adzuki	Country life s.r.o	Čína	500 g
2.	červená ledvina	Zdraví z přírody	Kanada	500 g
3.	černé oko	Country life s.r.o	USA	500 g
4.	mungo	Zdraví z přírody	Čína	500 g
5.	navy bio	Country life s.r.o	Čína	500 g
6.	pinto	Zdraví z přírody	Kanada	500 g
7.	strakatá velká	Zdraví z přírody	Čína	500 g

Analýza probíhala u syrových fazolí a následně i u naklíčených fazolí. Surové fazole byly rozemlety elektrickým mlýnkem na jemnou mouku a uskladněny v tmavých nádobkách max. 14 dní do provedení analýz. Před vlastním klíčením byly vzorky z každého druhu namočené v destilované vodě po dobu 24 hodin. Poté byly fazole umístěny na sterilní petriho misky na navlhčenou vatu a v průběhu dne byly 2x vlhčeny destilovanou vodou. Klíčení semen probíhalo na světle, po dobu 48 hodin. Fotografie naklíčených fazolí jsou taktéž přiloženy v příloze P I. Před analýzou byla naklíčená semena fazolí i s klíčky rozemleta tyčovým mixérem a poté ještě rozetřena v třecí misce, aby bylo dosaženo co největší homogenity analyzovaného materiálu.

Před vlastním stanovením antioxidační aktivity i celkového obsahu polyfenolů byly připraveny extrakty ze vzorků fazolí. Na analytických vahách navážené množství (1 g s přesností na 4 desetinná místa) homogenizovaných vzorků fazolí bylo extrahováno s 10 ml metanolu po dobu 24 hodin. Extrakce probíhala v nádobkách z tmavého skla, které byly umístěny v temnu na třepačce [123]. Z každého vzorku (surového i naklíčeného) byly tímto způsobem připraveny tři extrakty.

### 6.3 Stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS

#### 6.3.1 Pracovní postup

Jako první byl připraven radikál kationtu ABTS<sup>+</sup>, a to reakcí ABTS s K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>. Do odměrné baňky o objemu 10 ml bylo naváženo 0,018 g ABTS a doplněno po rysku destilovanou vodou. Takto byl připraven 3,5 nmol.l<sup>-1</sup> roztok ABTS. Dále byl připraven 0,06 mol.l<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> rozpuštěním 0,162 g v destilované vodě v 10 ml odměrné baňce. Poté bylo smícháno 10 ml roztoku ABTS s 0,2 ml K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> a směs byla ponechána 16 hodin ve tmě při pokojové teplotě.

Po vytvoření radikálu byl roztok ABTS<sup>+</sup> smíchán s octanový pufrům o pH 4,3 v poměru 1:39. Octanový pufr byl připraven těsně před stanovením smícháním 0,2 mol.l<sup>-1</sup> CH<sub>3</sub>COOH s 0,2 mol.l<sup>-1</sup> CH<sub>3</sub>COONa. U takto připravené reakční směsi byla změřena absorbance při 734 nm (A<sub>0</sub>). Měření probíhalo proti slepému vzorku, kterým byl octanový pufr.

Při měření vzorku bylo nejdříve smícháno 12 ml reakční směsi se 150 μl extraktu vzorku a směs byla poté ponechána 30 minut ve tmě. Po 30 minutách byla změřena absorbance připravené směsi proti octanovému pufru. Úbytek absorbance způsobený odbarvováním roztoku byl vypočten podle vztahu (8):

$$\text{Úbytek absorbance (\%)}: \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100 \quad (8)$$

kde A<sub>0</sub> absorbance reakční směsi

A<sub>1</sub> absorbance vzorku

Každý ze tří paralelně připravených extraktů byl proměřen třikrát. Postup byl modifikovaný podle zahraničních vědeckých studií [127,128].

#### 6.3.2 Kalibrační přímka

Jako standard byl použit trolox o koncentraci 0,04 μmol.25μl<sup>-1</sup>. Jeho ředěním byla připravena kalibrační řada o koncentracích 0,2, 0,4, 0,8, 1,2 a 1,6 nmol.μl<sup>-1</sup>. Měření kalibrační řady bylo provedeno stejným způsobem jako u vzorku, jen místo extraktu vzorku byl přidán trolox. Ze změřených hodnot absorbance (resp. úbytku absorbance vypočítaného dle vztahu (8)) byla vypracována kalibrační přímka a z její regresní rovnice byla vypočítána antioxidační aktivita ve vzorcích vyjádřená v mmol TEAC.kg<sup>-1</sup> vzorku.

## 6.4 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

### 6.4.1 Postup stanovení

V první řadě byl připraven zásobní roztok DPPH navážením 0,024 g DPPH do 100 ml odměrné baňky a doplněním po rysku metanolem. Z tohoto zásobního roztoku byl poté připraven pracovní roztok DPPH smícháním zásobního roztoku s metanolem v poměru 1:4,5.

Do kádinky bylo odpipetováno mikropipetou 450  $\mu\text{l}$  extraktu vzorku a k němu bylo přidáno 8,55 ml pracovního roztoku a poté byla kádinka vložena na 60 minut do tmy.

Absorbance byla měřena při vlnové délce 515 nm. Nejdříve byla změřena absorbance pracovního roztoku a následně i absorbance vzorků proti slepému vzorku (metanolu). Úbytek absorbance způsobený odbarvováním roztoku byl vypočten podle vztahu (8) stejně jako v případě metody ABTS. Každý ze tří paralelně připravených extraktů byl proměřen třikrát. Postup byl modifikovaný podle zahraničních vědeckých studií [125,127,129].

### 6.4.2 Kalibrační přímka

Postup měření kalibrační přímky byl stejný jako u měření vzorků, místo extraktu vzorku byl použit standard, opět byl použit Trolox. Nejprve byl připraven zásobní roztok troloxu v metanolu o koncentraci  $800 \text{ mg.l}^{-1}$ . Z tohoto zásobního roztoku byla ředěním připravena kalibrační řada o koncentracích 20, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 120, 140, 150 a  $160 \text{ mg.l}^{-1}$ . Ze změřených absorbancí byl vypočítán úbytek absorbance dle vztahu (8), a ze získaných hodnot byla sestavena kalibrační přímka. Z její regresní rovnice byla vypočítána antioxidační aktivita ve vzorcích vyjádřená v  $\text{mg TEAC.kg}^{-1}$  vzorku.

## 6.5 Stanovení celkového obsahu polyfenolických látek Folin-Ciocalteuovou metodou

### 6.5.1 Postup stanovení

Nejdříve byl připraven do 10 ml odměrné baňky slepý pokus, smícháním 0,5 ml Folin-Ciocalteuova činidla s 1,5 ml 20% roztoku  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  a následným doplněním po rysku destilovanou vodou.

Poté byl připraven vlastní vzorek. Do 10 ml odměrné baňky bylo napipetováno 0,5 ml Folin-Ciocalteuova činidla, 1,5 ml 20% roztoku  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 0,1 ml extraktu vzorku a vše doplněno destilovanou vodou po rysku.

Měření absorbance probíhalo po 30 minutách, kdy byl přidán extrakt vzorku. Pokud docházelo k zakalení vzorku, byla provedena filtrace přes mikrofiltry přímo do kyvety. Měření absorbance probíhalo při vlnové délce 765 nm, proti slepému vzorku za použití spektrofotometru Libra S6 (Obrázek 26). Každý ze tří paralelně připravených extraktů byl proměřen třikrát. Postup byl modifikovaný podle zahraničních vědeckých studií [124,125].



Obrázek 26: Spektrofotometr Libra S6 [126]

### 6.5.2 Kalibrační přímka

Měření kalibrační přímky bylo provedeno stejným způsobem jako u měření vzorků. Rozdíl byl jen v tom, že místo extraktu byl použit standard (kyselina gallová) o daných koncentracích a měření absorbance proběhlo po 30 minutách od přidání tohoto standardu. Kalibrační řada roztoků byla připravena ze zásobního roztoku standardu o koncentraci  $4000 \text{ mg.l}^{-1}$ , který byl rozpuštěn v metanolu. Kalibrační řada byla připravena ředěním zásobního roztoku na výsledné koncentrace 50, 100, 200, 400 a  $600 \text{ mg.l}^{-1}$ . Po změření absorbancí standardních roztoků byla vypracována kalibrační přímka a z její regresní rovnice byly vypočítány obsahy polyfenolických látek ve vzorcích fazolí vyjádřené jako ekvivalent standardu v  $\text{mg GAE.kg}^{-1}$ .

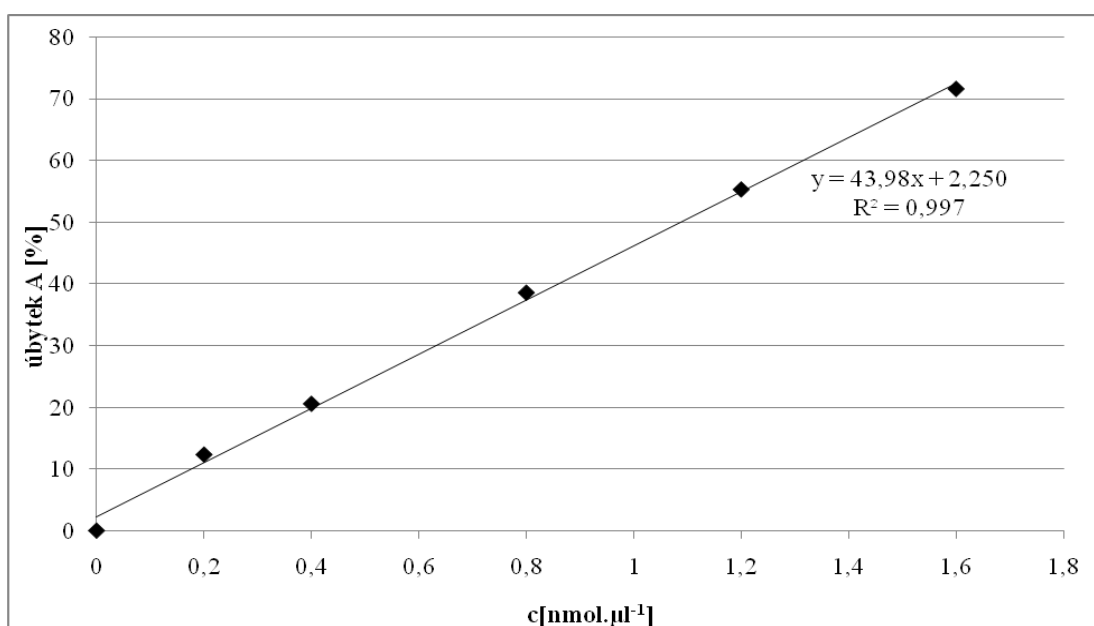
## 6.6 Statistické vyhodnocení výsledků

Získané výsledky byly staticky hodnoceny pomocí programu StatK25 na hladině významnosti 5 %. Byl použit parametrický test srovnávající střední hodnoty dvou nezávislých výběrů (Studentův t-test). Pro výpočet směrodatných odchylek byl využit MS Excel.

## 7 VÝSLEDKY A DISKUSE

### 7.1 Stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS

Stanovení oxidační aktivity pomocí metody ABTS bylo provedeno podle metodiky uvedené v kapitole 6.3.1. Kalibrační přímka je uvedena na Obrázku 27. Z její regresní rovnice byla vypočítána antioxidační aktivita vyjádřená v  $\mu\text{mol TEAC}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Výsledky tohoto stanovení jsou uvedeny v Tabulce 12.



Obrázek 27: Kalibrační křivka troloxu pro metodu ABTS

Antioxidační aktivita se u syrových vzorků fazolí pohybovala v rozmezí 298 – 8223  $\mu\text{mol TEAC}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejvyšší antioxidační aktivita byla naměřena u vzorku adzuki ( $P < 0,05$ ), druhá nejvyšší u červené ledviny ( $P < 0,05$ ). Nejnižší hodnota antioxidační aktivity byla stanovena u vzorku navy bio ( $P < 0,05$ ) a druhá nejnižší hodnota u fazole černé oko ( $P < 0,05$ ). U těchto fazolí byla antioxidační aktivita téměř 30x nižší než u fazolí adzuki. V případě naklíčených vzorků se antioxidační aktivita nacházela v intervalu 373 – 15467  $\mu\text{mol TEAC}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejvyšší hodnoty antioxidační aktivity u naklíčených vzorků byly naměřeny stejně jako u syrových fazolí u vzorku adzuki a červená ledvina ( $P < 0,05$ ). Nejnižší hodnoty antioxidační aktivity u naklíčených vzorků byly zjištěny ve vzorcích fazole navy bio a černé oko ( $P < 0,05$ ), u kterých byla antioxidační aktivita dokonce až 40x nižší.



Tabulka 12: Antioxidační aktivita stanovená pomocí metody ABTS ( $\mu\text{mol TEAC}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

	Druh fazole	Syrové	Klíčené
1.	Mungo	$2945 \pm 151^{\text{aA}}$	$4102 \pm 224^{\text{aB}}$
2.	Strakatá fazole	$6304 \pm 357^{\text{bA}}$	$8021 \pm 406^{\text{bB}}$
3.	Černé oko	$742 \pm 45^{\text{cA}}$	$984 \pm 57^{\text{cB}}$
4.	Červená ledvina	$7180 \pm 362^{\text{dA}}$	$12772 \pm 697^{\text{dB}}$
5.	Pinto	$5197 \pm 284^{\text{eA}}$	$7216 \pm 390^{\text{eB}}$
6.	Navy bio	$298 \pm 17^{\text{fA}}$	$373 \pm 21^{\text{fB}}$
7.	Adzuki	$8223 \pm 486^{\text{gA}}$	$15467 \pm 742^{\text{gB}}$

Pozn.: Výsledky jsou prezentovány jako průměr  $\pm$  SD ( $n = 9$ ). Průměrné hodnoty ve sloupcích následované stejným horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Syrové a klíčené vzorky byly statisticky hodnoceny zvlášť. Průměrné hodnoty v řádcích následované různým velkým písmenem se statisticky významně liší ( $P < 0,05$ ).

Významný nárůst antioxidační aktivity vlivem klíčení byl zjištěn u všech vzorků fazolí ( $P < 0,05$ ). Zatímco u fazolí adzuki a červená ledvina se antioxidační aktivita vlivem klíčení zvýšila téměř dvojnásobně, u ostatních druhů antioxidační aktivita vzrostla 1 – 1,5x. Vysoká antioxidační aktivita zjištěná u barevných fazolí koresponduje s pozorovaným vysokým obsahem polyfenolických látek, které jsou významnými antioxidanty.

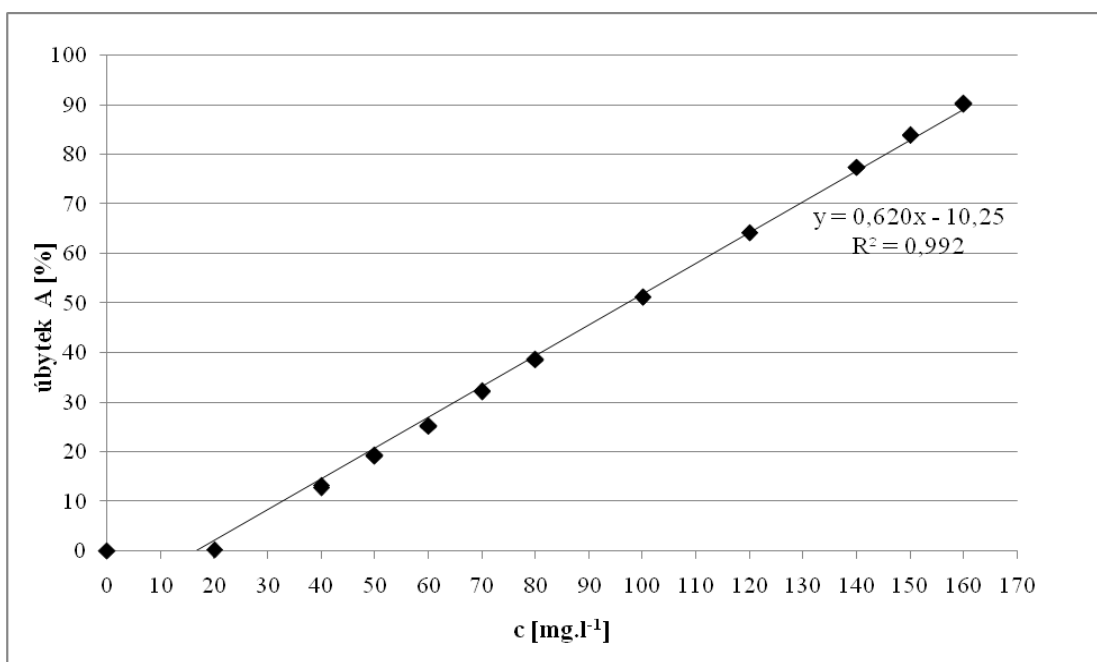
Ve vědeckém článku časopisu Food and Chemical Toxicology [130] byla stanovena antioxidační aktivita u syrových vzorků fazolí metodou ABTS. Analýzou byla zjištěna antioxidační aktivita u vzorku fazole červená ledvina ( $10,101 \pm 0,242 \mu\text{mol TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$ ), černé oko ( $9,344 \pm 0,217 \mu\text{mol TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$ ), mungo ( $7,22 \pm 0,063 \mu\text{mol TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$ ), navy ( $6,039 \pm 0,019 \mu\text{mol TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$ ) a pinto ( $22,678 \pm 0,673 \mu\text{mol TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Tato studie odpovídá výsledkům diplomové práce, nejnižší antioxidační aktivita byla stejně jako v našem případě stanovena u fazole navy. Číselně hodnoty úplně neodpovídají, nicméně postup stanovení antioxidační aktivity se v určitých bodech odlišoval.

Další publikace v časopise Food Chemistry [131] potvrzuje zvýšení antioxidační aktivity vlivem klíčení u vzorku fazole mungo. V této studii byla antioxidační aktivita stanovena u

vzorku munga s dobou klíčení dva až sedm dní. Syrový vzorek vykazoval antioxidační aktivitu  $27,0 \pm 0,37 \mu\text{mol TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$ . Dvoudenní naklíčený vzorek měl hodnotu  $30,0 \pm 0,26 \mu\text{mol TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$ , antioxidační aktivita se v dalších dnech klíčení zvyšovala, po sedmi dnech vykazoval vzorek hodnotu  $43,5 \pm 1,18 \mu\text{mol TEAC}\cdot\text{g}^{-1}$ . Výsledky této studie korespondují s výsledky této diplomové práce.

## 7.2 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Antioxidační aktivita stanovená metodou DPPH byla provedena dle metodiky uvedené v kapitole 6.4.1. Kalibrační přímka je uvedena na Obrázku 28. Z její regresní rovnice byla vypočítána antioxidační aktivita vyjádřená v  $\text{mg TEAC}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Výsledky stanovení jsou uvedeny v Tabulce 13.



Obrázek 28: Kalibrační křivka troloxu pro metodu DPPH

Syrové vzorky vykazovaly antioxidační aktivitu v intervalu  $416 - 1443 \text{ mg TEAC}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejvyšší hodnota antioxidační aktivity byla zjištěna u vzorku adzuki ( $P < 0,05$ ) a druhá nejvyšší hodnota u strakaté fazole ( $P < 0,05$ ). Nejnižší hodnota antioxidační aktivity byla stanovena u vzorku navy bio ( $P < 0,05$ ) a druhá nejnižší u fazole černé oko ( $P < 0,05$ ). Antioxidační aktivita těchto vzorků byla 2x – 3x nižší než u adzuki a strakaté fazole. U naklíčených vzorků se antioxidační aktivita pohybovala v rozmezí  $609 - 1732 \text{ mg}$

TEAC.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší antioxidační aktivita byla opět stanovena ve vzorku adzuki ( $P < 0,05$ ) a druhá nejvyšší u strakaté fazole ( $P < 0,05$ ). Dvě nejnižší hodnoty byly zjištěny ve vzorcích fazolí navy bio a černé oko ( $P < 0,05$ ), u kterých byla stejně jako u syrových vzorků pozorována 2x – 3x nižší antioxidační aktivita.

Tabulka 13: Antioxidační aktivita stanovená pomocí metody DPPH (mg TEAC.kg<sup>-1</sup>)

	Druh fazole	Syrové	Klíčené
1.	Mungo	840 ± 48 <sup>a</sup> A	973 ± 52 <sup>a</sup> B
2.	Strakatá fazole	1273 ± 64 <sup>b</sup> A	1440 ± 60 <sup>b</sup> B
3.	Černé oko	524 ± 27 <sup>c</sup> A	691 ± 44 <sup>c</sup> B
4.	Červená ledvina	1040 ± 59 <sup>d</sup> A	1184 ± 61 <sup>d</sup> B
5.	Pinto	912 ± 50 <sup>a</sup> A	1125 ± 59 <sup>d</sup> B
6.	Navy bio	416 ± 25 <sup>c</sup> A	609 ± 40 <sup>c</sup> B
7.	Adzuki	1443 ± 65 <sup>f</sup> A	1732 ± 67 <sup>f</sup> B

Pozn.: Výsledky jsou prezentovány jako průměr ± SD (n = 9). Průměrné hodnoty ve sloupcích následované stejným horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Surové a klíčené vzorky byly statisticky hodnoceny zvlášť. Průměrné hodnoty v řádcích následované různým velkým písmenem se statisticky významně liší ( $P < 0,05$ ).

Podobně jako u metody ABTS způsobil proces klíčení významné zvýšení antioxidační aktivity i u metody DPPH ( $P < 0,05$ ). U všech vzorků došlo cca k 1,1 – 1,4 násobnému zvýšení antioxidační aktivity. Opět lze zmínit souvislost mezi vysokou antioxidační aktivitou a vysokým obsahem polyfenolických látek, které byly pozorovány u fazolí adzuki, strakatá a červená ledvina, tedy u intenzivně zbarvených druhů (viz dále).

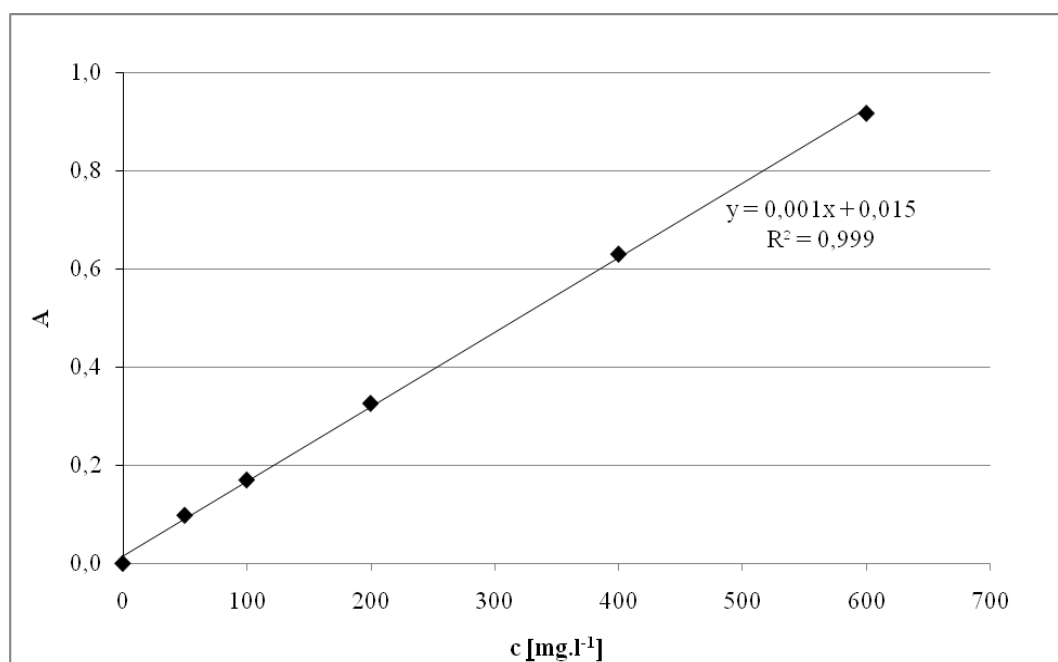
V zahraničním článku časopisu Food Chemistry [2] je publikováno stanovení celkové antioxidační kapacity metodou DPPH v syrových vzorcích fazole pinto, navy a mungo. Z této studie vyplývá, že nejvyšší hodnotu antioxidační kapacity z těchto vzorků vykazovala fazole pinto ( $567 \pm 93 \text{ U.g}^{-1}$ ). Nejnižší hodnotu vykazovala fazole navy ( $215 \pm 28 \text{ U.g}^{-1}$ ) a mungo se pohybovalo mezi těmito dvěma vzorky s hodnotou  $304 \pm 23 \text{ U.g}^{-1}$ . Tato studie

potvrzuje vyšší antioxidační aktivitu u vzorku pinto a nižší u vzorku navy bio, což se shoduje s výsledky v této práci.

Další studie v časopisu Food Chemistry [132] stanovovala, jak se mění antioxidační aktivita u vzorku fazole mungo vlivem klíčení. Tato studie prokázala zvýšení antioxidační aktivity po jednom dni klíčení o 143 % ve srovnání se syrovým vzorkem fazole mungo, což opět koresponduje s našimi výsledky.

### 7.3 Stanovení celkového obsahu polyfenolických látek

U vzorků syrových a naklíčených fazolí bylo provedeno stanovení celkového obsahu polyfenolických látek Folin-Ciocalteuovou metodou (viz. kapitola 6.5.1). Kalibrační přímka je uvedena na Obrázku 29. Z její regresní rovnice byl vypočítán celkový obsah polyfenolických látek ve vzorku vyjádřený v mg GAE.kg<sup>-1</sup>. Výsledky tohoto stanovení jsou zaznamenány v Tabulce 14.



Obrázek 29: Kalibrační křivka kyseliny gallové

Obsah polyfenolických látek v syrových fazolích se pohyboval v rozmezí 150 – 957 mg GAE.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší obsah polyfenolických látek byl stanoven u fazolí adzuki a červená ledvina ( $P \geq 0,05$ ). Nejnižší obsah polyfenolických látek byl zjištěn u fazole navy bio ( $P < 0,05$ ), která obsahovala 6x méně polyfenolických sloučenin než adzuki. U naklíčených

vzorků fazolí se celkový obsah polyfenolických sloučenin pohyboval v intervalu 487 – 1855 mg GAE.kg<sup>-1</sup>. Z naklíčených fazolí obsahovala nejvíce polyfenolických látek opět fazole adzuki ( $P < 0,05$ ) a nejnižší obsah byl stanoven u fazole navy bio a černé oko ( $P \geq 0,05$ ). U těchto druhů fazolí byl obsah polyfenolů téměř 4x nižší než u adzuki.

Tabulka 14: Obsah polyfenolických látek (mg GAE.kg<sup>-1</sup>)

	Druh fazole	Syrové	Klíčené
1.	Mungo	352 ± 20 <sup>a</sup> A	739 ± 45 <sup>a</sup> B
2.	Strakatá	743 ± 46 <sup>b</sup> A	1128 ± 59 <sup>b</sup> B
3.	Černé oko	262 ± 15 <sup>c</sup> A	512 ± 40 <sup>c</sup> B
4.	Červená ledvina	905 ± 52 <sup>d</sup> A	1703 ± 66 <sup>d</sup> B
5.	Pinto	591 ± 41 <sup>e</sup> A	924 ± 52 <sup>e</sup> B
6.	Navy bio	150 ± 8 <sup>f</sup> A	487 ± 27 <sup>c</sup> B
7.	Adzuki	957 ± 63 <sup>d</sup> A	1855 ± 103 <sup>f</sup> B

Pozn.: Výsledky jsou prezentovány jako průměr ± SD (n = 9). Průměrné hodnoty ve sloupcích následované stejným horním indexem se statisticky významně neliší ( $P \geq 0,05$ ). Syrové a klíčené vzorky byly statisticky hodnoceny zvlášť. Průměrné hodnoty v řádcích následované různým velkým písmenem se statisticky významně liší ( $P < 0,05$ ).

Folin-Ciocalteuovou metodou bylo prokázáno, že se obsah polyfenolických látek při klíčení fazolí u všech stanovovaných druhů statisticky významně zvýšil ( $P < 0,05$ ). Nárůst činil průměrně 1,5 – 2 násobek ve srovnání se syrovými vzorky, u fazole navy se obsah polyfenolů zvýšil více než 3x. Zvýšení celkového obsahu polyfenolických látek koresponduje s pozorovaným nárůstem antioxidační aktivity analyzované metodami ABTS a DPPH, protože polyfenoly jsou důležitými antioxidanty.

U fazolí adzuki, červená ledvina a strakatá (syrových i naklíčených) byl celkový obsah polyfenolických látek vysoký z důvodu jejich výrazného zbarvení, které je dáno vysokým obsahem flavonoidů, zejména antokyanových barviv [2]. Nejnižší obsah polyfenolických látek byl na druhou stranu zjištěn u vzorku černé oko a navy bio, které mají světlou, kré-

movou barvu, což poukazuje na menší obsah barviv s antioxidačním účinkem. Konečně, fazole mungo a pinto, které jsou zelené, resp. béžovo-hnědé, vykazovaly obsah polyfenolů mezi těmito extrémními hodnotami.

Výsledky z této analýzy potvrzují tvrzení o nárůstu polyfenolických látek vlivem klíčení publikovaných zahraničními články.

V odborné publikaci časopisu Food Chemistry [2] byl stanoven celkový obsah polyfenolických látek ve vzorcích fazole pinto ( $33,4 \pm 3,0 \text{ mg.g}^{-1}$ ), navy fazole ( $11,6 \pm 0,01 \text{ mg.g}^{-1}$ ), a fazole mungo ( $26,7 \pm 1,4 \text{ mg.g}^{-1}$ ). Nejnižší hodnota obsahu polyfenolických sloučenin z těchto vzorků vykazovala fazole navy bio, což se shoduje s výsledky v této diplomové práci.

V dalším zahraničním článku časopisu Journal of Agricultural and Food Chemistry [124] bylo provedeno stanovení celkového obsahu polyfenolických látek ve vzorku fazole mungo Folin-Ciocalteuovou metodou. Celkový obsah polyfenolických látek v syrovém vzorku byl stanoven na hodnotu  $214,7 \pm 10,7 \text{ mg GAE.100g}^{-1}$ . V této studii bylo prokázáno zvýšení obsahu polyfenolických látek vlivem klíčení na hodnotu  $966,4 \pm 58,3 \text{ mg GAE.100g}^{-1}$ . Klíčení mungo fazolí probíhalo 9 dní, nárůst polyfenolických látek je 4,5x ve srovnání se syrovými mungo fazolemi.

## ZÁVĚR

Fazole patří mezi významné zdroje nutričních látek, mají důležitou roli v jídelníčku především v rozvojových zemích. Jsou velmi důležitým zdrojem bílkovin, sacharidů, vitaminů skupiny B a minerálních látek. Jejich přínos je i v nízkém obsahu lipidů a především významný je obsah látek s antioxidačními vlastnostmi, kterými jsou např. polyfenoly.

V rámci této diplomové práce byly provedeny analýzy u vzorků fazolí mungo, strakatá velká, černé oko, červená ledvina, pinto, navy bio a adzuki. U všech vzorků byl stanoven celkový obsah polyfenolů Folin-Ciocalteuovou metodou a antioxidační aktivita metodou ABTS a DPPH, a to jak v syrovém stavu, tak po naklíčení.

Nejvíce polyfenolů a nejvyšší antioxidační aktivita byla zjištěna u intenzivně zbarvených fazolí – adzuki, červená ledvina a strakatá fazole. Nižší hodnoty byly zjištěny u méně zbarvených fazolí mungo a pinto a nejnižší hodnoty vykazovaly světlé fazole černé oko a navy. Dále bylo zjištěno, že klíčení fazolí způsobilo až několikanásobné zvýšení celkového obsahu polyfenolických látek i antioxidační aktivity.

Závěrem je možno říci, že fazole, které jsou intenzivněji zbarvené, obsahují více polyfenolických látek a dalších sloučenin s antioxidačními vlastnostmi, je tedy vhodné při konzumaci volit tyto druhy (např. fazole adzuki, červená ledvina a strakatá fazole). Zároveň je velice přínosné konzumovat fazole naklíčené, protože bylo všemi analýzami dokázáno, že klíčení má dobrý vliv na zvyšování obsahu těchto prospěšných látek s antioxidačními vlastnostmi. Pro další výzkum by bylo zajímavé doporučit stanovit obsah polyfenolů a antioxidační aktivitu zvlášť u děloh a klíčků naklíčených fazolí a dále sledovat tyto parametry v průběhu několikadenního klíčení.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] HRABĚ, Jan a Aleš KOMÁR. *Technologie, zbožíznalství a hygiena potravin*. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska ve Vyškově, 2003. ISBN 80-7231-107-7.
- [2] ZHAO, Y., S.K. DU, H. WANG, M. CAI. In vitro antioxidant activity of extracts from common legumes. *Food Chemistry*. 2014, roč. 152, č. 1, s. 462 – 466. ISSN 0308-8146.
- [3] Botanická charakteristika a hospodářský význam luskovin, In: *Agromanual* [online]. [cit. 2013-3-11]. Dostupné z: <http://www.agromanual.cz/images/product/download/luskoviny-ukazka.pdf>
- [4] PULKRÁBEK, Josef a Ivana CAPOUCHOVÁ. Luskoviny. In: *Zemědělské komodity* [online]. [cit. 2013-12-24]. Dostupné z: <http://www.zemedelskekomodity.cz/index.php/roslinna-vyroba-menu/luskoviny>.
- [5] ANTONÍN, Vladimír. *Luskoviny – pěstování a využití*. 1. vyd. České Budějovice: Kurant, 2009. ISBN 978-80-87111-19-2.
- [6] Kolektiv autorů. *Food, Nutrition, Physical Activity and the Prevention of Cancer: a Global Perspective*. Washinton DC: AICR. 2007. ISBN 978-0-9722-522-2-5.
- [7] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 1*. 2. vyd. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-866-5903-8.
- [8] STROSSEROVÁ, Alena a Jana DOSTALOVÁ. Luštěniny. *Výživa a potraviny*, 2009, roč. 5, s. 66 – 67. ISSN 1211-846X.
- [9] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2*. 2. vyd. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-866-5903-8.
- [10] PAULOVÁ, H., H. BOCHOŘÁKOVÁ, E. TÁBORSKÁ. Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vitro. *Chemické listy*. 2004, roč. 98, s. 174 – 179. ISSN 0009-2770.
- [11] Human nutrition in the developing world. In: *FAO* [online]. [cit. 2013-3-10]. Dostupné z: <http://www.fao.org/docrep/w0073e/w0073e06.htm>
- [12] Phaseolus beans: Post-harvest Operation. In: *FAO* [online]. [cit. 2013-3-10]. Dostupné z: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/inpho/docs/Post\\_Harvest\\_Compedium\\_-\\_Phaesolus\\_beans.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compedium_-_Phaesolus_beans.pdf)
- [13] Bilance rostlinných výrobků 2. pololetí 2012. In: *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2013-1-8]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/2012edicniplan.nsf/p/2108-12>.



- [14] Fazol obecný. In: *Zemědělská fakulta* [online]. [cit. 2014-1-1]. Dostupné z: [http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/2/fazol\\_obecny.html](http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/2/fazol_obecny.html)
- [15] Botanická charakteristika a hospodářský význam luskovin. In: *Agromanuál* [online]. [cit. 2014-1-1]. Dostupné z: <http://www.agromanual.cz/images/product/download/luskoviny-ukazka.pdf>
- [16] SLAVÍK, Bohumil. *Květena České republiky 4*. Praha: Academia, 1995. ISBN 80-200-0384-3.
- [17] Morfologie semen. In: *Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně* [online]. [cit. 2013-1-10]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_211\\_multitext/obecna\\_botanika/texty-organologie-morfologie\\_semen.html](http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/texty-organologie-morfologie_semen.html)
- [18] HOŘČIČKO, Petr a Ivo LYSONĚK. *Fazol obecný* [online]. [cit. 2013-1-5]. Dostupné z: [http://www.guh.cz/edu/bi/biologie\\_rostliny/html02/foto\\_129.html](http://www.guh.cz/edu/bi/biologie_rostliny/html02/foto_129.html)
- [19] Beans, kidney, all types, mature seeds, raw. In: *USDA* [online]. [cit. 2013-2-3]. Dostupné z: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4749?fg=&man=&lfacet=&count=&max=&sort=&qlookup=&offset=&format=Abridged&new=&measureby=>
- [20] PRUGAR, Jaroslav. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008. ISBN 80-8657-6-28-0.
- [21] VELÁZQUEZ, E., L.R. SILVA, Á. PEIX. Legumes: A Healthy and Ecological Source of Flavonoids. *Current Nutrition & Food Science*. 2010, roč. 6, č. 2, s. 109 – 144. ISSN 1573-4013.
- [22] BROUGHTON, W.J., et al. Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. *Plant and Soil*. 2003, roč. 252, č. 1, s. 55 – 128. ISSN 0032-079X
- [23] TRAHARANATHAN, R.N. a C. MAHADEVAMMA. Grain legumes – a boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*. 2003, roč. 14, č. 12, s. 507 – 518. ISSN 0924-2244.
- [24] SHARMA, A., B. S. YADAV, B.Y. RIRIKA. Resistant starch: Physiological Roles and Food Applications. *Food Reviews International*. 2008, roč. 24, č. 2, s. 193 – 234. ISSN 1525-6103.
- [25] AGUILERA, Y., M.A. MARTIN-CABREJAS, V. BENITEZ, E. MOLLA, F.J. LOPEZ-ANDREU, R.M ESTEBAN. Changes in carbohydrate fraction during dehyd-

- ration process of common legumes. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2009, roč. 22, č. 7, s. 678 – 683. ISSN 0889-1575.
- [26] HAN, IN HWA a BYUNG- KEE BAIK. Oligosaccharide Content and Composition of Legumes and Their Reduction by Soaking , Cooking, Ultrasound, and High Hydrostatic Pressure. *Cereal Chemistry*. 2006. roč. 83, č. 4, s. 428 – 433. ISSN 0009-0352.
- [27] GUILLON, Fabienne a Martine CHAMP. Carbohydrate fraction of legumes: uses in human nutrition and potential for health. *British Journal of Nutrition*. 2002, roč. 88, č. 3, s. 293 – 306. ISSN 0007-1145.
- [28] POWNAL, H., D. BRAUCHY, C. KILLINC, K. OSMUNDSEN, Q. PAO, C. PAYTON-ROSS, A. M. GOTTO, C. M. BALLANTYNE. Correlation of serum triglyceride and its reduction by omega- 3 fatty acids with lipid transfer activity and the neutral lipid compositions of high-density and low density lipoproteins. *Atherosclerosis*. 1999, roč. 143, č. 2, s. 285 – 297. ISSN 0021-9150.
- [29] TIWARI, Brijesh and Nampinder SINGH. *Pulse Chemistry and Technology*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2012. ISBN 978-1-84973-331-1.
- [30] BLATNÁ, Jarmila. *Výživa na začátku 21. století aneb o výživě aktuálně a se zárukou*. Praha: Společnost pro výživu, 2005. ISBN 80-2396202-7.
- [31] MESSINA, Mark. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1999, roč. 70, č. 3, s. 439 – 450. ISSN 1938-3207.
- [32] TRINIDAD, T.P, A. C. MALLILLIN, A. S. LOYOLA, R. S. SAGUM, R. R. ENCABO. The potential health benefits of legumes as a good source of dietary fibre. *British Journal of Nutrition*. 2010, roč. 103, č. 3, s. 569 – 574. ISSN 0007-1145.
- [33] HUMA, Nuzhat, et.al. Effect of soaking and cooking on nutritional quality and safety of legumes. *Nutrition & Food Science*. 2008, roč. 38, č. 6, s. 570 – 518. ISSN 0924-2244.
- [34] Human nutrition in the developing world. In: *Food and Agriculture Organization of the United Nations* [online]. [cit. 2013-3-11]. Dostupné z: [http://www.fao.org/docrep/w0073e/w0073e06.htm#P5740\\_675819](http://www.fao.org/docrep/w0073e/w0073e06.htm#P5740_675819).
- [35] MIŠURCOVÁ, Ladislava. *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka*. Dizertační práce. Zlín: UTB, 2009. ISBN 978-7318-874-0.

- [36] BUŇKA, F., V. NOVÁK, H. KADIDLOVÁ. *Ekonomika výživy a výživová politika I*. Zlín: UTB, 2006. ISBN 80-7318-429X.
- [37] Potravinářská vláknina. In: *Výzkumný ústav potravinářský Praha* [online]. [cit. 2013-4-2]. Dostupné z: <http://www.vupp.cz/czvupp/publik/06poster/06mbVlakninaPresentace.pdf>
- [38] Vláknina a její role ve zdravém stravování. In: *Potraviny dneška* [online]. [cit. 2014-3-1]. Dostupné z: <http://www.eufic.org/article/cs/nutrition/fibre/artid/vlaknina-zdravy-stravovani/>
- [39] HUANG, Z., R. YE, J. CHEN, F. XU. An improved method for rapid quantitative analysis of the insoluble dietary fiber in common cereals and some sorts of beans. *Journal of Cereal Science*. 2013, roč. 57, č. 3, s. 270 – 274. ISSN 0733-5210.
- [40] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 3*. 2. vyd. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-02-X.
- [41] Luskoviny. In: *Veterinární a farmaceutická univerzita Brno* [online]. [cit. 2014-3-4]. Dostupné z: <http://vfu-www.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/luskoviny.htm>
- [42] TOLEDO, M.N.V., L.C. ROCHA, A.G. SILVA, S.G.C. BRAZACA. Interaction and digestibility of phaseolin/polyphenol in the common bean. *Food Chemistry*. 2013, roč. 138, č. 2 – 3. s. 776 – 780. ISSN 0308-8146.
- [43] NASI, A., G. PICARIELLO, P. RERRANTI. Proteomic approaches to study structure, functions and toxicity of legume seeds lectins. Perspectives for the assessment of food quality and safety. *Journal of Proteomics*. 2009, roč. 72, č. 3, s. 527 – 538. ISSN 1874-3919.
- [44] SHI, J., S. JUN XUE, Y. MA, D. LI, Y. KAKUDA, Y. LAN. Kinetic study of saponins B in navy beans under different processing conditions. *Journal of Food Engineering*. 2009, roč. 93, č. 1, s. 59 – 65. ISSN 0260-8774.
- [45] GRAF, E. a J.W. EATON. Antioxidant functions of phytic acid. *Free Radical Biology and Medicine*. 1990, roč. 8, č. 1, s. 61 – 69. ISSN 0891-5849.
- [46] LAURENA, A., J.R. REVILLEZA, E. MENDOZA. Polyphenols, Phytate, Cyanogenic Glycosides, and Trypsin Inhibitor Activity of Several Philippine Indigenous Food Legumes. *Journal of Food Composition and Analysis*. 1994, roč. 7, č. 3, s. 194 – 202. ISSN 0889-1575

- [47] JABLONSKÝ, Ivan. *Pěstujeme klíčící osivo a výhonky*. 1.vyd. Praha: Grada, 2004. ISBN 80- 247-1114-1.
- [48] KOPEC, Karel. *Kvalitologie zahradnických produktů: nauka o hodnocení a řízení jakosti produktů a produkčních procesů*. 1. vyd. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978- 80-7375-198-2.
- [49] KOPEC, Karel. *Technologie nakličování jedlých semen: Studie o možnosti využití naklíčených semen pro rozšíření sortimentu potravinových surovin*. 1. vyd. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2002.
- [50] JAROLÍMKOVÁ, Stanislava. *Jak připravovat obiloviny, luštěniny, ořechy a semena*. 1. vyd. Praha: Motto, 2007. ISBN 978- 80-7246- 355- 8.
- [51] GABROVSKÁ, Dana. Nutritional and sensory quality of selected sprouted seeds. *High Pressure Research: An International Journal*, 2007, roč. 27, č. 1, s. 143 – 146. ISSN 0895-7959.
- [52] LEE, Cheang Kuan a Raquel KARUNANITHY. Effects of germination on the chemical composition of Glycine and Phaseolus beans. *Journal of the Science and Agriculture*. 1990, roč. 51, č. 4, s. 437 – 445. ISSN 0022-5142.
- [53] CHAMP, Martine. Non-nutrient bioactive substances of pulses. *British Journal of Nutrition*. 2002, roč. 88, č. 3, s. 307 – 319. ISSN 0007-1145.
- [54] LÓPEZ, A, T. EL-NAGGAR, M. DUENAS, T. ORTEGA, I. ESTRELLA, T. HERNÁNDEZ, P. GÓMEZ-SERRANILLOS, O. PALOMINO, E. CARRETERO. Effect of cooking and germination on phenolic composition and biological properties of dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*. 2013, roč. 138, č. 1, s. 547 – 555. ISSN 0308-8146.
- [55] KOPEC, Karel. *Technologie výroby zeleninových salátů: (studijní zpráva)*. Praha: Ústav vědeckotechnických pro zemědělství, 1992.
- [56] MOUDRÝ, Jan. *Kvalita zpracování a odbyt bioproduktů*. 1. vyd. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2001. ISBN 80-7040-526-0.
- [57] MOHAMED, K. Influence of Legume Processing Treatments Individually or in Combination on Their Trypsin Inhibitor and Total Phenolic Contents. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 2011, roč. 5, s. 1310 – 1322. ISSN 1991-8178.

- [58] FOSTER-POWELL, K., S. HOLT, J.C. BRAND-MILLER. International table of glycaemic index and glycaemic load values. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2002, roč. 76, č. 1, s. 5 – 56. ISSN 0002-9165.
- [59] KHAN, I., F. TABASSUM, A. KHAN. Glycaemic Indices and Glycaemic Loads of Various Types of Pulses. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2008, roč. 7, č. 1, s. 104 – 107. ISSN 1680-5194.
- [60] KOOPLE Joel. Chapter 27 – Nutrition and Blood Pressure. *Nutritional Management of Renal Disease*. 2013, s. 415 – 443. ISBN 978-01-2391-934-2.
- [61] MA, D.F., Soy isoflavone intake inhibits bone resorption and stimulates bone formation in menopausal women: meta – analysis of randomized controlled trials. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2008, roč. 62, č. 2, s. 155 – 161. ISSN 0954-3007.
- [62] MAHAN, L.K. and S. ESCOTT – STUMP. *Krause's Food and Nutrition Therapy*. 12. ed. St. Louis: Saunders/Elsevier, 2008. ISBN 978-14-3772-233-8.
- [63] Adzuki. In: *Home guides* [online]. [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://homeguides.sfgate.com/growing-adzuki-21045.html>
- [64] HARDMAN, L.L, E.S. OPLINGER, J.D. DOLL, S.M. COMBS. Adzuki beans. In: *Alternative Fields Crops Manual* [online]. [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/adzuki.html>
- [65] SMALL, Ernest. *Top 100 Food Plants*. Ottawa: NRC Research Press, 2009. ISBN 978-06-6019-858-3.
- [66] BAVEC, Franc and Martina BAVEC. *Organic Production and Use of Alternative Crops*. Boca Raton: CRC Press, 2006. ISBN 978-15-7444-617-3.
- [67] Adzuki. In: *Foodish* [online]. [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://www.foodish.eu/sortiment-vyrobyku/lusteniny/fazole/fazole-cervena-adzuki>
- [68] National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26. In: *Agricultural Research Service United States Department of Agriculture* [online]. 2013 [cit. 2013-12-18]. Dostupné z: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>
- [69] ROEHL, Evelyn. *Whole Food Facts: The Complete Reference guide*. Rochester: Inner Traditions / Bear & Co, 1996. ISBN 978-08-9281-635-4.
- [70] Red kidney Bean. In: *Therese Kerr* [online]. [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://theresekerr.com/certified-organic-red-kidney-bean-chocolate-cake/>

- [71] BALCH, Phyllis. *Prescription for Dietary Wellness*. New York: Penguin, 2003. ISBN 978-15-8333-147-7.
- [72] HALL, Anthony, et al. *Blackeye beans Production in California*. Oakland: UCANR Publications, 1996. ISBN 978-0-313-32764-3.
- [73] Black eye beans. In: *Melbury & Appleton* [online]. [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://www.melburyandappleton.co.uk/black-eye-beans---400g-6919-p.asp>
- [74] Vigna Radiata. In: *Rostliny* [online]. [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: [http://www.rostliny.net/rostlina/Vigna\\_radiata](http://www.rostliny.net/rostlina/Vigna_radiata)
- [75] Mungo. In: *Bio life* [online]. [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://www.bio-life.cz/clanky/tipy-a-rady/jak-naklicit-mungo-fazole.html>
- [76] Mungo. In: *Solusimasak* [online]. [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://solusimasak.com/bahan-dapur/mari-simak-beberapa-makanan-sehat-agar-cepat-hamil/>
- [77] Navy Bio. In: *Country Life* [online]. [cit. 2013-1-5]. Dostupné z: <http://www.countrylife.cz/fazole-navy-500-g-bio-country-life>
- [78] ROBERTS, Michael and Neil INGRAM. *Biology*. Cheltenham: Nelson Thornes, 2001. ISBN 978-0174387329.
- [79] FOUNTOULAKIS, M. and H. LAHM. Hydrolysis and amino acid composition analysis of proteins. *Journal of Chromotography A*. 1998, roč. 826, č. 2, s. 109 – 134. ISSN 0021-9673.
- [80] Navy Bio. In: *Bombastus* [online]. [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://www.bombastus.cz/Potraviny/Lusteniny/Bio-fazole-navy.html>
- [81] National plant germplasm system. In: *USDA* [online]. [cit. 2013-12-18]. Dostupné z: [http://www.ars-grin.gov/npgs/cgc\\_reports/phascgc.htm](http://www.ars-grin.gov/npgs/cgc_reports/phascgc.htm).
- [82] TAN, E.S., N. YING YUAN, CH. Y. GAN. Comparative study of physicochemical characteristics and functionalities of pinto bean protein isolate (PBPI) against the soybean protein isolate (SPI) after the extraction optimisation. *Food Chemistry*. 2014, roč. 152, s. 447 – 455. ISSN 0308-8146.
- [83] Pinto. In: *Canning basics* [online]. [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://www.canningbasics.com/canned-beans.html>
- [84] Scarlet Runner. In: *Zursun beans* [online]. [cit. 2013-1-3]. Dostupné z: <http://www.zursunbeans.com/beans/>

- [85] Fazole velká černá strakatá. In: *Bekoset* [online]. [cit. 2013-1-3]. Dostupné z: <http://www.bekoset.cz/produkty/lusteniny/fazole-velka-cerna-strakata-400g#bmDescription>
- [86] Fazole purpurová (černá strakatá). In: *Foodish* [online]. [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://www.foodish.eu/sortiment-vyrodku/lusteniny/fazole/fazole-purpurova-cerna-strakata>
- [87] DASGUPTA, Amitava. Chapter 1 – Introduction to Free Radicals and Body's Antioxidant Defence. *Antioxidant in Food, Vitamins and Supplements*. 2014, s. 1 – 18. ISBN 978-01-2405-872-9.
- [88] KAMILOGLU, Senem, et al., Evaluating the *in vitro* bioaccessibility of phenolics and antioxidant activity during consumption of dried fruits with nuts. *LWT – Food Science and Technology*. 2014, roč. 56, č. 2, s. 284 – 289. ISSN 0023-6438.
- [89] RACEK, Jaroslav. *Oxidační stres a možnosti jeho ovlivnění*. Praha: Nakladatelství Galén, 2003. ISBN: 80-7262-231-5.
- [90] CREIGHTON, Thomas E. *Physical and Chemical Basis of Molecular Biology*. Eastbourne: Helvetian Press, 2010. ISBN 978-0-9564781-0-8.
- [91] ŠTÍPEK, Stanislav. *Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a v nemoci*. Praha: Grada Publishing, 2000. ISBN 80-7169-704-4.
- [92] Radikálové poškození buněk. In: *Univerzita Karlova v Praze* [online]. [cit. 2013-4-6]. Dostupné z: <http://www.lf2.cuni.cz/Ustavy/biochemie/vyuka/radikaly.ppt>
- [93] BARTOVSKÁ, Ludmila. *Chemická kinetika*. Praha: VŠCHT, 2008. ISBN 978-80-7080-670-8.
- [94] HOUSTON, Paul L. *Chemical Kinetics and Reaction Dynamics*. New York: McGraw-Hill Science, 2001. ISBN 978-0072435375.
- [95] MORIYAMA, Michie and Kazuko OBA. Comparative study on the vitamin C contents of the food legume seed. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 2008, roč. 54, č. 1, s. 1 – 7. ISSN 0301-4800.
- [96] ŠIVEL, M., B. KLEJDUS, S. KRÁČMAR, V. KUBÁŇ. Lutein – významný karotenoid ve výživě člověka. *Chemické listy*. 2013, roč. 107, s. 456 – 463. ISSN 1213-7103.
- [97] TRNA, Josef a Eva TÁBORSKÁ. Přírodní polyfenolické antioxidanty. In: *Masarykova univerzita* [online]. [cit. 2013-3-10]. Dostupné z: [www.med.muni.cz/biochem/seminare/prirantiox.rtf](http://www.med.muni.cz/biochem/seminare/prirantiox.rtf).

- [98] ČEPIČKA, Jaroslav a Marcel KARABÍN. Polyfenolové látky piva – přirozené antio-  
xidanty. *Chemické listy*. 2002, roč. 96, č. 2, s. 90 – 95. ISSN 1213-7103.
- [99] Flavan. In: *Analyzer online* [online]. [cit. 2013-3-10]. Dostupné z:  
<http://www.analyzeronline.com/what-is-natural-product/>.
- [100] Kvercetin. In: *Toxicology* [online]. [cit.2013-3-10].  
<http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=print&sid=373>
- [101] MANACH, C., G. WILLIAMSON, CH. MORAND, A. SCALBERT, CH.  
REMESEY. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. *American  
Journal of Clinical Nutrition*. 2005, roč. 81, č. 1, s. 230 – 242. ISSN 0002-9165.
- [102] RICE, S., A. SAFFRON, S. A. WHITEHEAD. Phytoestrogens estrogen synthesis  
and breast cancer. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. 2008,  
roč. 108, č. 3 – 5, s. 186 – 195. ISSN 0960-0760.
- [103] 8-prenylnaringenin. In: *Data* [online]. [cit. 2013-3-10]. Dostupné z: [https://data.epo.org/publication-server/html-  
document?PN=EP1698332%20EP%201698332&iDocId=6727292](https://data.epo.org/publication-server/html-document?PN=EP1698332%20EP%201698332&iDocId=6727292).
- [104] MARIN, F.R., J.A. PEREZ-ALVAREZ, C. SOLER-RIVAS. Isoflavones as functio-  
nal food components. *Studies in Natural Products Chemistry*. 2005, roč. 32, s. 1177 –  
1207.
- [105] Daidzein. In: *Lclabs* [online]. [cit. 2013-3-10]. Dostupné z:  
<http://www.lclabs.com/PRODFILE/D-F/D-2946.php4>.
- [106] Genistein. In: *Lclabs* [online]. [cit. 2013-3-10]. Dostupné z:  
<http://www.lclabs.com/PRODFILE/G-K/G-6055.php4>.
- [107] BAGINSKY, C., Á. PEÑA-NEIRA, A. CÁCERES, T. HERNÁNDEZ, I.  
ESTRELLA, H. MORALES, R. PERTÚZE. Phenolic compounds composition in  
immature seeds of fava bean (*Vicia faba L.*) varieties cultivated in Chile. *Journal of  
Food Composition and Analysis*. 2013, roč. 31, č. 1, s. 1 – 6. ISSN 1096-0481.
- [108] Stilben. In: *Cole-Parmer* [online]. [cit. 2013-3-10]. Dostupné z:  
[http://www.coleparmer.com/buy/product/26440-trans-stilbene-96-500g-  
ac161045000.html](http://www.coleparmer.com/buy/product/26440-trans-stilbene-96-500g-ac161045000.html).
- [109] BEGUM, A.N., C. NICOLLETE, I. MILA, C. LAPIERRE, K. NAGANO, K.  
FUKUSIMA, S.M. HEINENON, H. ADLERCREUTZ, C. REMESY, A. SCALBERT.



- Dietary lignins are precursors of mammalian lignans in rats. *Journal of Nutrition*. 2004, roč. 134, č. 1, s. 120 – 127. ISSN 0022-3166.
- [110] ŠULC, M., J. LACHMAN, K. HAMOUZ, M. ORSÁK, P. DVOŘÁK, V. HORÁČKOVÁ. Výběr a hodnocení vhodných metod pro stanovení antioxidační aktivity červených a fialových odrůd brambor. *Chemické listy*. 2007, roč. 101, č. 7, s. 584 – 591. ISSN 1213-7103.
- [111] DAYAN, Nava. *Skin Aging Handbook – An Integrated Approach to Biochemistry and Product Development*. New York: William Andrew Publishing, 2008. ISBN 978-0-8155-1584-5.
- [112] ABTS<sup>+</sup>. In: *Royal Society of Chemistry* [online]. [cit. 2013-3-10]. Dostupné z: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.4576521.html>.
- [113] Trolox. In: *Royal Society of Chemistry* [online]. [cit. 2013-4-1]. Dostupné z: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.371117.html?rid=1ac654ea-f786-4f6b-a63a-2d3b489e8853>
- [114] DPPH. In: *Royal Society of Chemistry* [online]. [cit. 2013-3-10]. Dostupné z: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.2016757.html?rid=47aefd1c-914e-49a4-ba85-6a2efb3a4216>.
- [115] DECKER, Eric A. Elias, Ryan J. McCLEMENTS, D. JULIAN. *Oxidation in Foods and Beverages and Antioxidant Applications, Volume 1 – Understanding Mechanisms of Oxidation and Antioxidant Activity*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2010. ISBN 978-18-4569-648-1.
- [116] ZLOCH, Z., J. ČELACHOVSKÝ, A. AUJEZDSKÁ. *Stanovení obsahu polyfenolů a celkové antioxidační kapacity v potravinách rostlinného původu*. Plzeň: Ústav hygieny Lékařské fakulty UK, 2004.
- [117] STRATIL, P., V. KUBÁŇ, J. FOJTOVÁ. Comparison of the Phenolic Content and Total Antioxidant Activity in Wines as Determined by Spectrophotometric Methods. *Czech Journal of Food Science*. 2008, roč. 26, č. 4, s. 242 – 253. ISSN 1212-1800.
- [118] STRATIL, P., B. KLEJDUS, V. KUBÁŇ. Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. *Talanta*. 2007, roč. 71, č. 4, s. 1740 – 1751. ISSN 0039-9140.
- [119] CICCIO, N., M. T. LANORTE, M. PARAGGIO, M. VIGGIANO, V. LATTANZIO. A reproducible, rapid and inexpensive Folin – Ciocalteu micro – method in determi-

- ning phenolics of plant methanol extrakt. *Microchemical Journal*. 2009, roč. 91, č. 1, s. 107 – 110. ISSN 0026-265X.
- [120] ROVER, Marjorie and Robert BROWN. Quantification of total phenols in bio – oil using the Folin – Ciocalteu method. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2013, roč. 104, s. 366 – 371. ISSN 1873-250X.
- [121] Gallic Acid. In: *Royal Society of Chemistry* [online]. [cit. 2013-3-10]. Dostupné z: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.361.html?rid=ca5182a2-d47f-4b9a-8b02-5feb064dd3f4>.
- [122] GORBATSOVA, J., T. LOUGAS, R.VOKK, M. KALI JURAND. Comparison of the contents of various antioxidants of sea buckthorn berries using CE. *Electrophoresis*. 2007, roč. 28, č. 22, s. 4136 – 4142. ISSN 0173-0835.
- [123] GUAJARDO – FLORES, D., S. O. SERNA – SALDÍVAR, J. A. GUITÉRREZ – URIBE. Evaluation of the antioxidant and antiproliferative activities of extracted saponins and flavonols from germinated black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*. 2013, roč. 141, č. 2, s. 1497 – 1503. ISSN 0308-8146.
- [124] GUO, X., T. Li, K. Tang, R.H. LIU. Effect of germination on Phytochemical Profiles and Antioxidant activity of Mung Bean Sprouts (*Vigna radiata*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012, roč. 60, č. 44, s. 11050 – 11055. ISSN 0021-8561.
- [125] LIN Pei-yin and Hsi-Mei LAI. Bioactive Compounds in Legumes and Their Germinated Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006, roč. 54, č. 11, s. 3807 – 3814. ISSN 0021-8561.
- [126] Spektrofotometr Libra S6. In: *Fisher Scientific* [online]. [cit. 2013-1-5]. Dostupné z: <http://www.thermofisher.cz/produkty/spektrofotometr-libra-s6-vis>
- [127] FLOEGEL, A., D. KIM, S. CHUNG, S. I. KOO, O. K. CHUN. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011, roč. 24, s. 1043 – 1048. ISSN 0889-1575.
- [128] RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A.K., R. REYNOSO-CAMACHO, S. MENDOZA-DÍAZ, G. LOARCA-PINA. Functional and technological potential of dehydrated *Phaseolus vulgaris* L. flours. *Food Chemistry*. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.008>

- [129] LOPEZ-AMORÓS, M.L., T. HERNÁNDEZ, I. ESTRELLA. Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006, roč. 19, č. 4, s. 277 – 283. ISSN 0889-1575.
- [130] MARATHE, S. A., V. RAJALAKSHMI, S. N. JAMDAR, A. SHARMA. Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. *Food and Chemical Toxicology*. 2011, roč. 49, č. 9, s. 2005 – 2012. ISSN 0278-6915.
- [131] FERNANDEZ-ORONZO, R., J. FRIAS, H. ZIELINSKI, M. K. PISKULA, K. KOZLOWSKA, C. VIDAL-VALVERDE. Kinetic study of the antioxidant compounds and antioxidant activity during germination of *Vigna radiata* cv. *emerald*, *Glycine max* cv. *jutro* and *Glycine max* cv. *merit*. *Food Chemistry*. 2008, roč. 111, č. 3, s. 622 – 630. ISSN 0308-8146.
- [132] HUANG, X., W. CAI, B. XU. Kinetic changes of nutrients and antioxidant capacities of germinated soybean (*Glycine max* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.) with germination time. *Food Chemistry*. 2014, roč. 143, s. 268 – 276. ISSN 0308-8146.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

A	Absorbance
AACC	American Association of Cereals Chemists, Americká asociace cereálních chemiků
ABTS	2,29-azinobis-(3-ethylbenzotiazoline-6-sulfonová kyselina)
DDPH	1,1-difenyl-2-(2,4,6-trinitrofenyl)hydrazyl
FAO	Food and Agriculture Organization, Organizace pro výživu a zemědělství
FCM	Folin-Ciocalteova metoda
FRAP	Feric Reducing antioxidant potential
GAE	Gallic Acid Equivalent, ekvivalentní množství kyseliny gallové
HPLC	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie
LDL	Low density lipoprotein, lipoprotein s nízkou hustotou
ORAC	Oxygen Radical Absorbance capacity, schopnost pohlcování volných radikálů
PBM	Price and Butler Method, metoda Price a Butlera
RNS	Reactive nitrogen species, reaktivní forma dusíku
ROS	Reactive oxygen species, reaktivní forma kyslíku
TAC	Total antioxidant capacity, celková antioxidační kapacita
TAA	Total antioxidant activity, celková antioxidační aktivita
TEAC	Trolox equivalent Antioxidant Capacity
TPC	Total phenolic content, celkový obsah polyfenolů
USDA	United States Department of Agriculture, Americké ministerstvo zemědělství
UV	Ultrafialové záření
VIS	Viditelné záření

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1: Spotřeba luštěnin a fazolí v kg na osobu a rok v ČR [13].....	13
Obrázek 2: Fazol obecný [18].....	14
Obrázek 3: Morfologie semene Fazolu obecného [17].....	15
Obrázek 4: Klíčení semene fazolu [17].....	23
Obrázek 5: Fazole Adzuki [67].....	26
Obrázek 6: Fazole červená ledvina [70].....	27
Obrázek 7: Fazole Černé oko [73].....	28
Obrázek 8: Fazole Mungo [76].....	29
Obrázek 9: Fazole Navy [80].....	30
Obrázek 10: Fazole Pinto [83].....	31
Obrázek 11: Fazole Strakatá velká [86].....	33
Obrázek 12: Radikálové poškození buněk [92].....	35
Obrázek 13: Flavan [99].....	38
Obrázek 14: Kvercetin [100].....	39
Obrázek 15: Katechin [97].....	39
Obrázek 16: Proantokyanid A [97].....	40
Obrázek 17: 8-prenylnaringenin [103].....	41
Obrázek 18: Daidzein [105].....	41
Obrázek 19: Genistein [106].....	41
Obrázek 20: Kyselina skořicová [97].....	42
Obrázek 21: Stilben [108].....	42
Obrázek 22: ABTS [112].....	45
Obrázek 23: Trolox [113].....	45
Obrázek 24: DPPH [114].....	46
Obrázek 25: Kyselina gallová [121].....	48
Obrázek 26: Spektrofotometr Libra S6 [126].....	55
Obrázek 27: Kalibrační křivka troloxu pro metodu ABTS.....	56
Obrázek 28: Kalibrační křivka troloxu pro metodu DPPH.....	58
Obrázek 29: Kalibrační křivka kyseliny gallové.....	60

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Průměrný obsah základních živin ve 100 g suchých fazolí [19].....	15
Tabulka 2: Průměrný obsah minerálních látek v mg.kg <sup>-1</sup> suchých fazolí [9].....	17
Tabulka 3: Průměrný obsah vitaminů v mg.100g <sup>-1</sup> suchých fazolí [19].....	19
Tabulka 4: Průměrný obsah živin ve 100 g fazole Adzuki [68].....	26
Tabulka 5: Průměrný obsah živin ve 100 g fazole Červená ledvina [68].....	27
Tabulka 6: Průměrný obsah živin ve 100 g fazole Černé oko [68].....	29
Tabulka 7: Průměrný obsah živin ve 100 g fazole Mungo [68].....	30
Tabulka 8: Průměrný obsah živin ve 100 g fazole Navy [68].....	31
Tabulka 9: Průměrný obsah živin ve 100 g fazole Pinto [68].....	32
Tabulka 10: Průměrný obsah živin ve 100 g fazole Strakatá velká [68].....	33
Tabulka 11: Charakteristika analyzovaných vzorků fazolí.....	52
Tabulka 12: Antioxidační aktivita stanovená pomocí metody ABTS (μmol TEAC.kg <sup>-1</sup> )..	57
Tabulka 13: Antioxidační aktivita stanovená pomocí metody DPPH (mg TEAC.kg <sup>-1</sup> )....	59
Tabulka 14: Obsah polyfenolických látek (mg GAE.kg <sup>-1</sup> ).....	61

## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: FOTOGRAFIE SYROVÝCH A NAKLÍČENÝCH FAZOLÍ

## PŘÍLOHA P I: FOTOGRAFIE SYROVÝCH A NAKLÍČENÝCH FAZOLÍ



Fazole mungo



Fazole strakatá



Fazole černé oko





Fazole červená ledvina



Fazole pinto



Fazole navy bio



Fazole adzuki