

Vliv klíčení a vaření na stravitelnost a obsah vlákniny ve vybraných druzích fazolí

Bc. Martina Hozová

Diplomová práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martina Hozová**
Osobní číslo: **T11107**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv klíčení a vaření na stravitelnost a obsah vlákniny ve vybraných druzích fazolí**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Fazole, jejich historie a spotřeba, botanická charakteristika, chemické složení, klíčení, popis vybraných druhů
2. Vlákna, její druhy, složky, význam, metody stanovení
3. Stravitelnost, trávení základních živin, metody stanovení stravitelnosti

II. Praktická část

1. Stanovení stravitelnosti metodou in vitro ve vybraných druzích, suchých, naklíčených a vařených, semen fazolí
2. Stanovení neutrálně detergentní a hrubé vlákniny ve vybraných druzích, suchých, naklíčených a vařených, semen fazolí
3. Statistické hodnocení a diskuze získaných výsledků

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] BROWNLEE, IAIN A. The physiological roles of dietary fibre. Food Hydrocolloids. 2011, roč. 25, č. 2, s. 238–250. ISSN 1873–7137.

[2] GUILLON, F. and M. CHAMP. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. Food Research International. 2000, roč. 33, č. 3–4, s. 233–245. ISSN 0963–9969.

[3] LI, W., SHU, Ch., YAN, S. and Q. SHEN. Characteristics of Sixteen Mung Bean Cultivars and Their Protein Isolates. International Journal of Food Science & Technology. 2010, roč. 45, s. 1205–1211. ISSN 0950–5423.

[4] ISMÝKAL, Petr a Aleksandar MIKIČ. Historie pěstování luskovin v Evropě. Úroda. 2009, roč. 57, č. 11, s. 41–44. ISSN 0139–6013.

[5] IŽDÁRSKÝ, Josef a Vladimír BENDA. Biologie II. Praha: VŠCHT, 1992. ISBN 80–7080–168–9.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zuzana Bubelová, Ph.D.**

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **2. února 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **22. dubna 2015**

Ve Zlíně dne 8. dubna 2015


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

Příjmení a jméno: HOZOVÁ MARTINA

Obor: THERP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 4. 2. 2015

Martina Hozová

²¹ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

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

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

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

²² zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

²³ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

ABSTRAKT

V diplomové práci byly analyzovány vybrané druhy syrových, naklíčených a vařených fazolí (přesněji zástupců rodu *Phaseolus* a *Vigna*) z hlediska stravitelnosti a obsahu vlákniny. Teoretická část diplomové práce se zabývá botanickou charakteristikou fazolí, jejich chemickým složením a klíčením, v neposlední řadě také charakteristikou jednotlivých druhů fazolí, které byly v rámci diplomové práce analyzovány. Dále jsou definovány jednotlivé druhy vlákniny, její složky, metody jejího stanovení a její význam pro lidský organizmus. Poslední kapitola je pak věnována stravitelnosti, metodám jejího stanovení a trávení základních živin. Praktická část se pak zabývá stanovením sušiny, popele, hrubé a neutrálně detergentní vlákniny a následně stravitelnosti sedmi druhů fazolí jak v syrovém stavu, tak i po uvaření a naklíčení. Byl zjištěn pokles obsahu sušiny, popele, hrubé a neutrálně detergentní vlákniny vlivem klíčení a vaření oproti syrovým vzorkům. Na druhou stranu stravitelnost sušiny byla vlivem těchto úprav výrazně zvýšena.

Klíčová slova: fazole, klíčení, vaření, hrubá vláknina, neutrálně-detergentní vláknina, stravitelnost

ABSTRACT

Selected types of raw, germinated and cooked beans (*Phaseolus* and *Vigna* genera) were analysed in this thesis in terms of digestibility and fiber content. The theoretical part of the thesis deals with the botanical characteristics of beans, their chemical composition and germination and, last but not least, with the characteristics of particular kinds of beans, which were analyzed within the thesis. Furthermore, different types of fiber, its components, methods of its determination and its importance for the human organism are described. The last chapter is devoted to digestibility, methods of its determination and digestion of essential nutrients. The practical part deals with the determination of dry matter, ash, crude and neutral-detergent fiber and digestibility of seven types of beans, both raw, germinated and cooked. The decrease in dry matter, ash, crude and neutral-detergent fiber contents due to both germination and cooking were observed in contrast to the raw samples. On the other hand, the dry matter digestibility was markedly increased due to these treatments.

Keywords: beans, germination, cooking, crude fiber, neutral-detergent fiber, digestibility

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucí své diplomové práce Ing. Zuzaně Bubelové, PhD. za odborné vedení, cenné rady, připomínky, trpělivost a čas, který mi věnovala při zpracování diplomové práce. Dále také děkuji své rodině a především svému partnerovi a dceři za trpělivost a podporu, kterou mi poskytli.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 FAZOLE	13
1.1 HISTORIE A SPOTŘEBA.....	14
1.2 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA.....	14
1.2.1 Anatomická stavba semene fazolu.....	15
1.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ.....	16
1.3.1 Sacharidy.....	17
1.3.2 Lipidy.....	17
1.3.3 Bílkoviny.....	17
1.3.4 Vitaminy.....	18
1.3.5 Minerální látky.....	18
1.3.6 Antinutriční látky.....	19
1.4 KLÍČENÍ FAZOLÍ.....	20
1.5 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH DRUHŮ FAZOLÍ.....	22
1.5.1 Fazole adzuki.....	22
1.5.2 Fazole mungo.....	23
1.5.3 Fazole červená ledvina.....	24
1.5.4 Fazole černé oko.....	25
1.5.5 Fazole pinto.....	25
1.5.6 Fazole navy.....	26
1.5.7 Fazole strakatá velká.....	26
2 VLÁKNINA	28
2.1 DRUHY VLÁKNINY.....	29
2.1.1 Rozpustná vláknina.....	29
2.1.2 Nerozpustná vláknina.....	29
2.2 SLOŽKY VLÁKNINY.....	29
2.2.1 Celulóza.....	29
2.2.2 Hemicelulózy.....	30
2.2.3 Lignin.....	30
2.2.4 Pektiny.....	30
2.2.5 Inuliny.....	30
2.2.6 Rostlinné slizy.....	31
2.2.7 Modifikované škroby.....	31
2.2.8 Polysacharidy mořských řas.....	31
2.3 VÝZNAM VLÁKNINY PRO LIDSKÝ ORGANIZMUS.....	31
2.4 METODY STANOVENÍ VLÁKNINY.....	32
2.4.1 Stanovení vlákniny pomocí přístroje ANKOM ²²⁰ Fiber Analyzer.....	34
3 STRAVITELNOST	35
3.1 TRÁVENÍ ZÁKLADNÍCH ŽIVIN.....	35
3.1.1 Trávení sacharidů.....	35
3.1.2 Trávení lipidů.....	36
3.1.3 Trávení proteinů.....	36

3.2	METODY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI	37
3.2.1	Stanovení stravitelnosti s použitím inkubátoru Daisy.....	37
II	PRAKTICKÁ ČÁST	38
4	CÍL PRÁCE	39
5	METODIKA PRÁCE.....	40
5.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE, PŘÍSTROJE A POMŮCKY	40
5.1.1	Chemikálie	40
5.1.2	Přístroje a pomůcky.....	40
5.2	ANALYZOVANÉ VZORKY FAZOLÍ A JEJICH ÚPRAVA.....	41
5.3	STANOVENÍ SUŠINY A POPELE.....	42
5.3.1	Stanovení sušiny.....	42
5.3.2	Stanovení popele	43
5.4	STANOVENÍ VLÁKNINY	44
5.4.1	Stanovení hrubé vlákniny.....	44
5.4.2	Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny.....	45
5.5	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....	46
5.6	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	48
6	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	49
6.1	STANOVENÍ SUŠINY A POPELE.....	49
6.2	STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY	51
6.3	STANOVENÍ NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINY.....	53
6.4	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....	55
6.5	KORELACE MEZI STRAVITELNOSTÍ A OBSAHEM VLÁKNINY.....	56
	ZÁVĚR	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	59
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM TABULEK.....	72

ÚVOD

Luštěniny se v jídelníčku obyvatel objevily již ve středověku, kdy byly řazeny mezi dostupnou a výživově důležitou potravinu. V České republice se fazole pěstují spíše okrajově, pro potravinářské potřeby se dováží ze zahraničí [1, 2, 3]. Fazole patří mezi skupinu plodin, které nesou název luskoviny, zralá a suchá semena luskovin se pak nazývají luštěniny [4, 5, 6]. Mezi luštěniny se kromě fazolí řadí také hrách, čočka, cizrna, bob a sója. Sója bývá však některými autory řazena spíše mezi olejninu, a to především díky zvýšenému obsahu lipidů [4, 6, 7].

Fazole jsou bohatým zdrojem bílkovin, které, i když se svým složením přibližují složení bílkovin živočišných, jsou neplnohodnotné, díky absenci některých esenciálních aminokyselin, jako je metionin a tryptofan [7, 8, 9, 10]. Fazole obsahují dostatek aminokyseliny lyzinu, která je limitující u obilovin, a proto je vhodná kombinace právě fazolí a obilovin v potravě pro vyvážení tohoto aminokyselinového příjmu, který je pro správnou funkci organismu nezbytný. Další hojně zastoupenou složku fazolí tvoří sacharidy, zejména pak škrob [7, 9, 11]. Mezi zvláštní skupinu sacharidů patří u fazolí oligosacharidy, které způsobují nadýmání [12]. U syrových fazolí jsou pak zastoupeny vitaminy skupiny B, především kyselina listová, vitamin C je naopak hojně obsažen u fazolí, které byly ponechány naklíčit. Dále se ve fazolích nachází některé minerální látky jako je vápník, hořčík či draslík a malé množství lipidů [11]. Fazole jsou také významným zdrojem rozpustné i nerozpustné vlákniny, které ovlivňují funkce lidského organismu. Rozpustná vláknina má vliv na hladinu cholesterolu, která se při jejím dostatečném příjmu snižuje a omezuje tak riziko kardiovaskulárních onemocnění. Nerozpustná vláknina má pak pozitivní vliv na správnou funkci trávicí soustavy [13].

Vlivem kulinárních úprav jako je vaření a také prostým naklíčením fazolí dochází k zvýšení jejich stravitelnosti vlivem snížení obsahu antinutričních látek, a to zejména tříslovin, inhibitorů proteáz, saponinů a fytové kyseliny a lze též očekávat změny v obsahu vlákniny.

Diplomová práce pojednává o vlivu klíčení a vaření na obsah sušiny, popele, hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny a v neposlední řadě také na stravitelnost vybraných druhů fazolí (adzuki, mungo, červená ledvina, černé oko, pinto, navy, strakatá velká). Vláknina byla stanovena gravimetricky po působení roztoku kyseliny a zásady (hrubá vláknina),

resp. neutrálního roztoku detergentu (neutrálně-detergentní vláknina). Stravitelnost byla analyzována také gravimetricky po enzymatické hydrolýze pepsinem a pankreatinem.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 FAZOLE

Fazole řadíme mezi luštěniny, které mají v dějinách lidstva již dlouholetou tradici [14]. Luštěniny jsou vyluštěná zralá semena luskovin. Čerstvé (nezralé) plody a semena luskovin jsou známy jako lusková zelenina. Luskoviny patří mezi jednoleté rostliny čeledi *Fabaceae* – bobovité, která je mezi kvetoucími rostlinami považována za třetí největší. Co se počtu zastoupených druhů týče, patří k ní cca 16 000 – 19 000 druhů [15, 16].

Luštěniny se podílejí na zajištění dostatečného množství bílkovin. Obecně luštěniny obsahují i řadu vitaminů a minerálních látek nezbytných pro vývoj dětí a příznivě ovlivňují hladinu cholesterolu v krvi. Na našem trhu se v současné době nachází již nepřehledné množství různých druhů luštěnin, k těm nejvíce konzumovaným patří čočka, hrách, fazole a sója. Pokud chceme zařadit luštěninu do jídelníčku dítěte, můžeme tak učinit od 1. roku, ovšem postupně a po malých dávkách, a to nejprve loupané a mixované [14].

Luštěniny v sušeném stavu obsahují potřebné rostlinné bílkoviny, i když na rozdíl od živočišných bílkovin zde chybí ideální poměr všech esenciálních aminokyselin, které jsou pro vývoj lidského organismu nezbytné [17, 18]. Mezi limitující aminokyseliny luštěnin se řadí zejména metionin, dále pak cystein a tryptofan. Jejich konzumace je úzce spjata s konzumací obilovin, protože obiloviny obsahují více sirných aminokyselin a tryptofanu, které právě luštěniny postrádají a naopak luštěniny mají dostatečné množství lyzinu, který chybí zase obilovinám. Vhodným zkombinováním luštěnin a obilovin tedy organismus získá plnohodnotné bílkoviny potřebné pro svoji funkci [16, 17]. Vzhledem k faktu, že lidský organismus nedokáže bílkoviny přijímat a ukládat do „zásoby“, je zapotřebí jejich pravidelný přísun, ale na druhou stranu nesmí být překračován určitý pomyslný limit. V případě nadbytku bílkovin může dojít k poruchám funkce ledvin a dalších orgánů [19].

Při úpravě luštěnin suché luštěniny nejdříve přebereme a vytřídíme kusy nevhodné ke konzumaci (např. nahnílé, plesnivé). Následně je propereme ve vlažné vodě a namočíme po dobu 12 – 24 hodin. A nakonec luštěniny slijeme a vaříme ve vodě, dokud nezměkknou. Některé druhy luštěnin se však namáčet nemusí, např. červená čočka, která je loupaná a neobsahuje tak vnější slupky, které tvoří pevný obal, obsahující oligosacharidy a lektiny, způsobující nadýmání. Pro lepší stravitelnost je možné luštěniny povařit se saturejkou, majoránkou či je ponechat naklíčit [19].

Konzumace fazolí příznivě působí při řadě zdravotních potíží, především onemocnění srdečně-cévního a nervového systému, močového měchýře, ledvin, zácpě ale i jen při obyčejné únavě, kdy jsou dobrým zdrojem energie [20].

Konzumace fazolí a vůbec luštěnin u dětí se příliš nedoporučuje, vzhledem k jejich špatné stravitelnosti, kdy si s nimi dětský zažívací trakt nedokáže plně poradit. V jídelníčku těhotných a kojících žen se konzumace doporučuje pouze v omezeném množství. Stravitelnost zlepšíme jejich namáčením přes noc, slitím a následným vařením v čisté vodě. I když stravitelnější formou je konzumace naklíčených luštěnin [21].

1.1 Historie a spotřeba

Obliba fazolí je již historicky známa především na území Jižní Ameriky [15]. Do Evropy se fazole dostaly na počátku 16. století spolu se španělskými dobovateli Ameriky. Tvar semen připomíná ledviny, kterým konzumace fazolí prospívá. Známé jsou a byly především bílé fazole, které za dob objevitelských plaveb sloužily jako potrava námořníků a následně se staly velmi vydatným zdrojem potravy chudých lidí [21]. V řadě zemí, kde mají luštěniny své kořeny je jejich obliba a spotřeba stále vysoká, kolem 50 kg na osobu a rok, což se nedá říci u vyspělých zemí, kde až na výjimky je spotřeba naopak velmi nízká, přibližně 1 – 2 kg na osobu a rok [15]. V České republice je spotřeba luštěnin již delší dobu na úrovni 2,6 kg na osobu a rok, z čehož fazole zaujímají asi jen 0,9 kg [22].

1.2 Botanická charakteristika

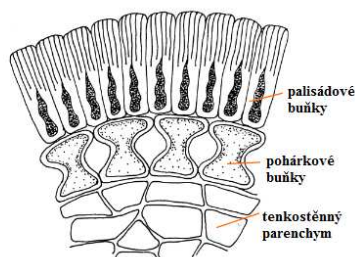
Fazol obecný se řadí mezi jednoleté popínavé rostliny dosahující, za vhodných podmínek, délky 2 metrů [14, 21]. V našich podmínkách je fazol rostlinou s významným rozvětvením kořene, který se nachází těsně pod povrchem půdy. Soukvětí fazolu tvoří 2 – 8 bílých, zelenobílých, růžových či červených květů [23]. Plodem je lusk, který se po uvaření může konzumovat v celku, pokud se nachází v době sklizně ve stádiu mléčné zralosti, nebo se vylopou pouze jednotlivá semena, ve stádiu plné zralosti [21]. Lusky jsou tvarově i velikostně rozmanité dle jednotlivých odrůd. Zelené lusky jsou významným zdrojem karotenu a vitamínu C, který je obsažen především v luskových chlopních. Rozmnožování probíhá samosprašně, ale může docházet i k cizosprašnosti. [23].

Výsev fazolí provádíme na jaře, až pomínou přízemní mrazíky, vzhledem k jejich citlivosti k mrazu [21]. V chladné půdě by mohla semena během fáze klíčení zahnívat. Ideální je výsev fazolí poté, co byla půda dostatečně prohřátá, cca na 12 °C [23, 24]. Pěstování fazolí

není nijak náročné, ideální je lehčí, propustná půda s pH v rozmezí 6 – 6,8, v případě použití popínavých odrůd nám mohou během růstu posloužit i jako dekorativní prvek. Věnovat pozornost bychom měli především mladým rostlinkám, které zpočátku vyžadují základní množství dusíku a mohou se také snadno stát středem zájmu slimáků [21, 24]. Popínavé druhy pak potřebují během růstu oporu, která brání lámání jednotlivých částí. Opora může být i rostlinného původu, kdy lze velmi dobře využít např. kukuřice. Sklízí se zelené lusky, které pokud nepodlehnu okamžité spotřebě, je možno zamrazit s předchozím krátkým spařením ve vroucí vodě a následným prudkým ochlazením a okapáním. Pokud sklízíme semena, je potřeba je sklízet ve stádiu žluté či plné zralosti. Pokud dojde ke sklizni ve stádiu žluté zralosti, je třeba semena ihned uvařit a zkonzumovat. Semena v plné zralosti bychom měli dosušit a uskladnit na suchém místě [21]. Fazole řadíme mezi rostliny, u kterých se na kořenech vyskytují hlízkovité bakterie rodu *Rhizobium*, které jsou schopné vázat vzdušný dusík a obohacovat jím půdu. Důsledkem toho zanechávají fazole po ukončení vegetace půdu s vyšším obsahem dusíku, než jaký se v ní vyskytoval před vysazením [24].

1.2.1 Anatomická stavba semene fazolu

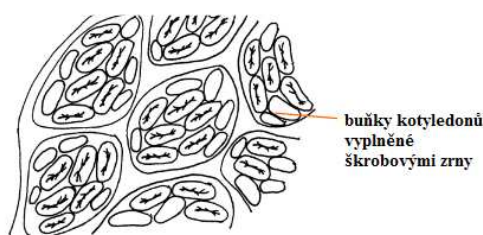
Povrch semene fazolu tvoří kožovité osemení (viz Obrázek 1), jehož povrch je pokryt tenkou blankou, která se nazývá kutikula. Těsně pod kutikulou lze nalézt vrstvu vysokých buněk sloupkovitého tvaru, které jsou uspořádány těsně vedle sebe, tzv. palisádových buněk, které mají vliv na tuhost slupky a barvu semen, vzhledem k obsahu barviva. Další vrstvu tvoří buňky pohárkové, které ovlivňují pružnost slupky, díky svému pohárkovitému tvaru, kdy dávají vzniku mezibuněčných prostor mezi svými středními částmi. Následuje tenkostěnný parenchym s cévními svazky [25, 26].



Obrázek 1: Řez osemením zrna fazolu [7]

Endosperm semeno fazolu neobsahuje, jelikož došlo k jeho zakrnění v průběhu zrání semene, stejně jako u některých dalších škrobnatých luštěnin [25, 26].

Největší část zrna je tvořena kotyledony (viz Obrázek 2), které kryje na povrchu tenká pokožka a vnitřní část tvoří škrobová zrna mající vzájemnou podobnost. Tvar škrobových zrn je oválný, uprostřed se vyskytuje štěrbina mající tvar písmene S [25].



Obrázek 2: Řez kotyledony [7]

1.3 Chemické složení

Průměrné chemické složení vybraných luštěnin je uvedeno v Tabulce 1. Složení fazolí je velmi rozmanité a z výživového hlediska velmi hodnotné [15, 20]. Fazole jsou bohatým zdrojem bílkovin, obsahují minimum tuků a žádný cholesterol. Díky obsahu sacharidů dodávají energii svalům a vyživují je dalšími živinami [18, 27].

Tabulka 1: Průměrné složení semen luštěnin [28]

	Hrách	Čočka	Fazole	Bob	Cizrna	Mungo
Voda (%)	10,4	10,5	11,4	10,6	10,7	9,7
Energie (kcal/100g)	346	346	345	350	368	345
Bílkoviny (%)	24,5	24,7	21,5	24,8	19,5	23,6
Tuk (%)	1,0	1,0	1,3	1,4	1,7	1,4
Sacharidy (%)	62,1	61,2	62,7	60,4	61,7	61,6
Vláknina (%)	6,3	10,4	10,6	14,9	6,1	9,2
Popel (%)	2,5	2,6	3,5	3,3	2,7	3,3

Pro vyspělé státy, ve kterých je celkově spotřeba tuku vysoká, jsou fazole vhodným zdrojem energie, díky obsahu škrobu a bílkovin bez současného příjmu tuku [29]. Ve fazolích a obecně vůbec v luštěninách jsou obsaženy i další důležité látky, jako jsou

vitaminy, minerální látky, nukleové kyseliny, polyfenolické látky, vláknina, ale také antinutriční a toxické látky [15, 20].

1.3.1 Sacharidy

Fazole jsou bohaté na obsah sacharidů, jejich podíl tvoří v průměru 45 – 50 % jejich hmotnosti, nicméně někteří autoři uvádějí až 62 % [28, 30]. Z velké části jsou obsaženy ve formě škrobu, který má především energetickou funkci pro lidský organizmus [10, 31].

Fazole se na rozdíl od jiných potravin rostlinného původu velkou měrou podílí na vzniku nadýmání, díky obsahu nestravitelných oligosacharidů, vlákniny a rezistentního škrobu [29]. Nestravitelné oligosacharidy (zejména pak rafinóza, stachyóza, verbazkóza a ajugóza) v důsledku absence enzymů nejsou tráveny v tenkém střevě a přecházejí do střeva tlustého, kde podléhají fermentaci, díky přítomné mikroflóře, za vzniku mastných kyselin s krátkým řetězcem a plynů (vodík, oxid uhličitý, metan), které způsobují trávicí problémy [15]. Obsah těchto oligosacharidů lze ve fazolích snížit díky několikahodinovému máčení před kuchyňským zpracováním. Vodu z tohoto máčení však nelze použít pro následnou kulinární úpravu fazolí, a tak dochází ke ztrátě i dalších vyluhovaných látek obsažených v máčecí vodě (např. vitaminů a minerálních látek). Další možností snížení obsahu oligosacharidů je naklíčení použitých fazolí, kdy dochází ke změně skladby obsažených sacharidů [9, 30, 32].

1.3.2 Lipidy

Přítomnost lipidů ve fazolích je limitní a pohybuje se kolem 1 – 1,5 %, které jsou složeny z 55 – 85 % z nenasycených mastných kyselin [15]. Ve významné míře ovšem záleží na druhu fazolí, typu půdy, klimatických podmínkách a dalších faktorech. Lipidy fazolí obsahují polynenasycené ω -3 a ω -6 mastné kyseliny, které působí proti vzniku osteoporózy a kardiovaskulárních onemocnění. Vlivem lipidů mají fazole svou tmavou barvu a nahořklou chuť způsobenou hydrolytickým a oxidačním žluknutím fosfolipidů [10, 32, 33, 34].

1.3.3 Bílkoviny

Fazole jsou významným zdrojem bílkovin (obsahují jich 21 – 24 %), jejichž kvalita je v závěsu ihned za bílkovinami živočišného původu. Lidé by však měli konzumovat jak rostlinné, tak živočišné bílkoviny, jelikož některé aminokyseliny jsou obsaženy pouze v živočišných tkáních, nikoli v rostlinných a neposkytují tedy plnohodnotnou a vyváženou

stravu. Limitujícími aminokyselinami bílkovin u fazolí jsou sírné aminokyseliny a tryptofan [7, 15, 35]. V syrových semenech fazole nacházíme z velké části zásobní protein fazeolin, který je základním determinantem nutriční kvality a kvantity proteinů [36]. Bílkoviny fazolí jsou tvořeny především globuliny a zásobními proteiny. K syntéze těchto proteinů dochází během dozrávání semene a pak dochází k jejich uskladnění, čehož se následně využije během procesu klíčení, kdy jsou využity jako stavební materiál pro vznik uhlíkové kostry a k zajištění zásob dusíku [35].

1.3.4 Vitaminy

Fazole jsou významným zdrojem vitaminů (viz Tabulka 2) rozpustných ve vodě, zejména niacinu a provitaminu A. Vitaminy rozpustné v tucích jsou přítomny jen v limitním množství, což má úzkou souvislost s nízkým obsahem lipidů ve fazolích obecně. Niacin se vyskytuje především v obalových vrstvách a loupáním se jeho obsah výrazně snižuje. Podílí se na mnoha buněčných reakcích a jeho nedostatečný přísun způsobuje kožní onemocnění projevující se praskáním a šupinatěním kůže vedoucím až k onemocnění zvaném pelagra [28].

Tabulka 2: Průměrný obsah vitaminů v semenech luštěnin (mg.100g⁻¹)
[28]

	Hrách	Čočka	Fazole	Bob	Cizrna	Mungo
Tiamin	0,8	0,5	0,7	0,5	0,5	0,6
Riboflavin	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
Niacin	2,7	2,3	2,2	2,5	1,7	2,5
Pyridoxin	0,2	0,5	0,4	0,4	0,6	0,4
Kyselina listová	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Kyselina pantotenová	1,7	1,8	0,8	1,0	1,3	1,7
β-karoten	90,8	34,9	11,3	47,4	29,1	54,1

1.3.5 Minerální látky

Definice minerálních látek pojednává o minerálních látkách jako o látkách, které zbydou ve vzorku potravin po úplné oxidaci organického podílu vzorku potravin na oxid uhličitý, vodu aj. Fazole a obecně luštěniny jsou bohatším zdrojem minerálních látek než například obiloviny [11, 37]. Nejvíce zastoupené minerální látky ve vybraných luštěninách uvádí Tabulka 3.

Tabulka 3: Průměrný obsah minerálních látek a stopových prvků v semenech luštěnin ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) [28]

	Hrách	Čočka	Fazole	Bob	Cizrna	Mungo
Fosfor	348,4	408,5	427,2	373,3	365,7	348,8
Draslík	991,9	970	1475,7	1503,1	1044,2	1192,2
Sodík	24,0	16,6	19,2	11,6	22,7	5,6
Vápník	38,3	59,3	117,3	97,8	165,0	124,8
Hořčík	135,6	180,7	152,3	214,7	202,7	243,6
Zinek	2,9	3,5	2,8	3,4	3,5	2,6
Mangan	1,1	1,3	1,3	4,6	2,1	1,1
Měď	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
Železo	5,2	8,1	7,5	6,7	6,2	8,8

1.3.6 Antinutriční látky

Antinutriční látky patří mezi látky narušující stravitelnost živin a výživovou hodnotu potravin. Ve fazolích ovlivňují aktivitu některých vitaminů, minerálních látek a enzymů. Mezi antinutriční látky fazolí lze zařadit třísloviny, inhibitory proteáz, lektiny, saponiny a kyselinu fytovou [38, 39].

Třísloviny řadíme mezi fenolické sloučeniny, které lze rozpustit ve vodě. Dle klasického rozdělení se dělí na třísloviny hydrolyzovatelné a třísloviny kondenzované. Hlavní osu hydrolyzovatelných bílkovin tvoří cukerný zbytek, gallová a *m*-digallová kyselina. Kondenzované třísloviny pak patří mezi třísloviny katechinového typu. V semenech fazolí je možno třísloviny najít v množství do $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Díky reakci s bílkovinami potravy zhoršují vstřebávání, s trávicími enzymy snižují chutnost a stravitelnost živin [40, 41].

Inhibitory proteáz mají bílkovinnou či polypeptidovou povahu, která spolu s proteolytickými enzymy vytváří poměrně stabilní komplexy s omezenou enzymovou aktivitou. Jejich funkce ve fazolích je především tvorba zásobních proteinů ve fázi klíčení. Díky bílkovinné povaze jsou termolabilní a za pomoci vyšší teploty dochází k jejich inaktivaci. Krátkodobým povařením pak lze snížit aktivitu inhibitorů trypsinu na akceptovatelnou úroveň pro lidský organizmus. Většinu antinutričních inhibitorů proteáz lze ze semen luskovin inaktivovat jejich povařením po dobu 15 – 30 minut. Jedná se o celkem účinnou formu snížení jejich množství oproti nakličování fazolí, kterým ani zdaleka nelze docílit takových výsledků [39, 40, 42].

Lektiny jsou řazeny mezi rostlinné albuminy, jedná se o bílkoviny nebo glykoproteiny, které se specificky vážou na mono- a oligosacharidy. V semenech fazolí se jejich obsah pohybuje

v rozmezí 1 – 10 g.kg⁻¹. Máčením fazolí po dobu 16 hodin při 22 – 25 °C se sníží množství lektinů na 4 – 6 % původního množství, samotné vaření pak už na snížení má pouze nepatrný vliv. Při klíčení semen po dobu 4 – 6 dnů dochází k významnému snížení koncentrace obsažených lektinů. Při nedostatečné úpravě namáčením, vařením či klíčením mohou lektiny obsažené ve fazolích způsobovat nevolnost a průjmy [39, 42, 43].

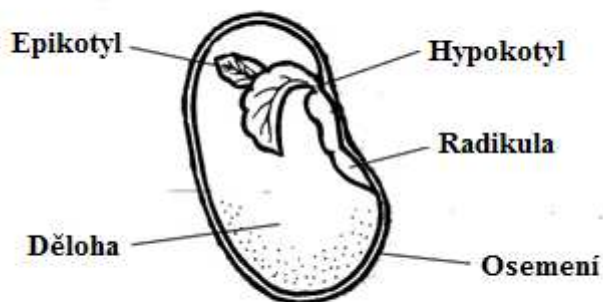
Saponiny řadíme mezi heteroglykosidy, jejichž název je odvozen od schopnosti smáčet se a vytvářet pěnu. Ve fazolích se jejich obsah pohybuje mezi 0,35 – 1,6 %. Jsou zodpovědné za typickou hořkost a trpkost. Jejich množství lze snížit důkladným umytím, máčením a případným odstraněním povrchových vrstev [39, 42, 44].

50 – 85 % fosforu nacházejícího se v semenech fazolí je uloženo ve formě kyseliny fytové. Vyskytuje se především v obalových vrstvách semen fazolí jako smíšená vápenatá a hořečnatá sůl (fytin). Její obsah ve fazolích se pohybuje v rozmezí 1 – 2 %. Máčením fazolí po dobu minimálně 12 hodin pak množství kyseliny fytové snížíme přibližně o 60 % původního množství [45].

1.4 Klíčení fazolí

Veškerému růstu předchází u rostlinných organizmů reprodukční fáze, tedy klíčení semene. Poté, co dojde k oplození, nastává mnohonásobné dělení zárodečné buňky, což vede k vytvoření klíčku [46]. Po dokončení vývojového rozrůznění lze na klíčku zřetelně pozorovat základy kořínku, stonku s vegetačním pupenem a prvními děložními listy [46, 47]. Dochází ke vzniku zásobních látek, které následně slouží jako zdroj energie pro klíčení. Semeno (viz Obrázek 3) je složeno z klíčku a zásobních látek, chráněné obalem. Za předpokladu příznivého prostředí semeno začíná klíčit a začíná jeho vývoj v rostlinu [46].

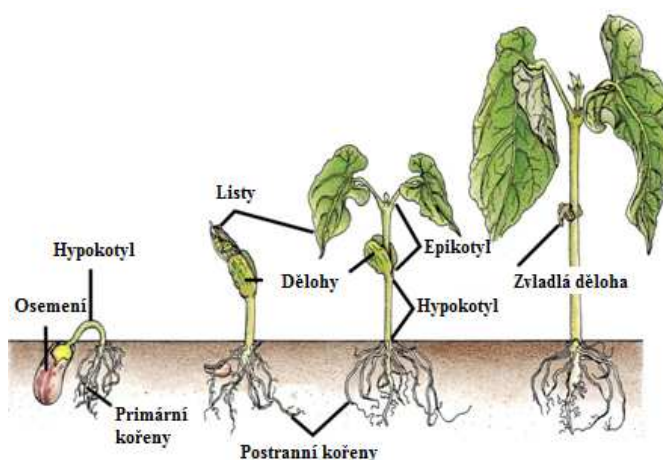
Při klíčení je důležitá dostatečná vlhkost, aby došlo k potřebným enzymovým reakcím, optimální teplota a dostatečný přísun kyslíku [46, 47]. Nová semena potřebují několik týdnů, aby biochemicky dozrála a byla schopna samostatného klíčení [46]. Klíčivost semen je pojem značící počet klíčících semen, která jsou schopna následného vývoje. Lze ji analyzovat za pomoci laboratorní zkoušky, kdy hodnotíme klíčivost během stanovené doby na kousku vaty. Následně lze podle normy stanovit v určených dnech nejprve energii (rychlost) klíčení a poté vlastní klíčivost vyjádřenou v procentech [47, 48].



Obrázek 3: Semeno fazolu [49]

Semena svou schopnost klíčit mohou ztratit i v optimálních podmínkách. Ke ztrátě klíčivosti dochází např. během skladování semen, kdy je narušena transkripce a translace nukleových kyselin a dochází k poklesu enzymové aktivity. K narušení jsou náchylnější semena sklizená nedostatečně vyzrálá či skladovaná za nevhodných podmínek [47].

Vzcházení fazolu (viz Obrázek 4) je epigeického charakteru (tzn. nadzemní) [47, 50, 51]. Ze semena vyroste kořínek (radikula), jehož vrchol se zakříví a vnikne do půdy, dochází k prodloužení epikotylu. Následně prodlužující se hypokotyl (podděložní článek) prorůstá půdou a vynáší nad ni dělohy, které se rozevřou, plní svou asimilační funkci a následně po vyčerpání všech živin zavadají a opadávají [50, 51].



Obrázek 4: Klíčení semene a vývoj fazolu [52]

Klíčení je řazeno mezi technologický postup, na základě kterého lze docílit snížení obsahu α -galaktosidů na 20 % původní hodnoty. Vlivem klíčení semen se zvyšuje enzymatická aktivita a dochází k porušení vnějšího obalu semene. Během naklíčování vzrůstá aktivita α -galaktosidázy, zvyšuje se obsah sacharózy a galaktózy, která je následně ihned využita při metabolických dějích v rostlině. [53]. Naklíčené zrno bychom měli sklízet od třetího dne, kdy velikost klíčků odpovídá délce 2,5 – 5 cm. Pozitiva klíčení jsou především v nárůstu obsahu vitaminů skupiny B, negativa pak v možném zvýšení počtu mikroorganismů přítomných v semeni [15].

Voda je základem pro fázi nabobtnání semen, což předchází fázi klíčení. Osemení je nejvíce propustné kolem pupku semene, kudy se voda dostává dovnitř. Semena se ve vodě nejdříve zvlní. Největší bobtnací schopnost má embryo, když pak kořínek embrya prorazí osemení, nastává další fáze zvýšené hydratace semene. Další nezbytnou podmínkou klíčení je přítomnost kyslíku. Požadavky na kyslík se musí brát v potaz především při setbě, kdy tyto požadavky rozhodují o hloubce zasetí semene. Menší semena lze set pod povrch půdy, kdežto větší vyžadují větší hloubku. Důležitým faktorem ovlivňující klíčivost je i teplota, kdy je zapotřebí rozlišovat kardinální teplotní body (minimum, optimum, maximum). Pro fazole platí teplotní minimum 8 – 10 °C, optimum 33 °C a maximum 37 °C, které se liší jednotlivými odrůdami, původem a stářím semen. Důležité je především teplotní minimum, které rozhoduje o době setby vzhledem k prohřátí půdy. V neposlední řadě může ovlivnit klíčivost také množství světla přijatého semeny. Různé druhy semen klíčí různou rychlostí v závislosti na intenzitě přijatého světla [47].

1.5 Charakteristika vybraných druhů fazolí

V následujících kapitolách jsou popsány druhy fazolí, které byly analyzovány v rámci této diplomové práce.

1.5.1 Fazole adzuki

Fazole adzuki nejsou řazeny k rodu *Phaseolus*, ale patří k rodu *Vigna*, jedná se o druh *Vigna angulgaris*. Z tohoto důvodu nemůžeme označení „fazole“ brát jako směrodatné, nicméně je běžně používáno, protože dříve byly některé rody druhu *Vigna* řazeny k rodu *Phaseolus* (včetně níže zmíněných fazolí mungo a černé oko, viz kapitoly 1.5.2 a 1.5.4). Fazole adzuki je původem z Číny [54, 55, 56, 57]. Pěstují se především v Japonsku, ale také v Itálii, Jižní Americe a USA [19]. Semena jsou drobného vzrůstu (asi 5 mm),

podlouhlá a temně červeného zbarvení (viz Obrázek 5); čím jsou tmavší, tím je větší podíl obsažených proteinů. Fazolky jsou specifické svou nasládlou oříškovou chutí i přípravou. Obsahují poměrně hodně bílkovin, esenciální aminokyseliny, vyjma tryptofanu a sirných aminokyselin [19, 54, 55, 56, 57]. Dále jsou zdrojem minerálních látek, obsahují především železo a vápník, dále pak fosfor, hořčík a draslík. Jejich konzumace by měla být zvýšena zejména při onemocnění ledvin, abscesech a tumorech [19, 55, 56, 57]. Energetická hodnota 100 g fazolek odpovídá 1430 kJ [20]. Velkou popularitu mají především v asijské a japonské kuchyni. V kuchyni je využíváme na přípravu salátů, kaší, polévek, ale i moučnicků, kdy je lze přidat do těsta spolu s rozinkami. Při úpravě těchto fazolí stačí namáčet cca 6 hodin, použitá voda se nemusí slévat a vaříme cca 45 minut [19, 58].



Obrázek 5: Fazole adzuki [58]

1.5.2 Fazole mungo

Fazole mungo nepatří k rodu *Phaseolus*, jedná se o rod *Vigna*, druh *Vigna radiata*. Fazole mají svůj původ v Asii a dodnes se hojně využívají především v asijské kuchyni ve formě klíčících semen [20, 21]. Patří mezi jednoletky, které mohou být jak popínavé, tak nikolí. Semena jsou lesklá, drobného vzrůstu (4 – 6 mm), olivově zeleného zbarvení (viz Obrázek 6) a chutí připomínající hrášek, jsou velmi šťavnatá a křupavá. Nutričně jsou velmi bohatá na sacharidy a proteiny, obsahují také řadu minerálních látek a vitaminů (např. vitamin A, C, B₁, vápník, železo, hořčík). Vzhledem k malému zastoupení oligosacharidů téměř

nezpůsobují nadýmání a výborně se hodí při dietách, jelikož mají nízkou energetickou hodnotu (100 g fazolek obsahuje 1020 kJ) [19, 20, 55, 56].

Naklíčená semena obsahují bílkoviny, hořčík, železo či kyselinu listovou. Aby byla nutriční hodnota zachována, je doporučena konzumace syrových či krátce blanžirovaných naklíčených semen [19]. Klíčky si lze dnes koupit již předpěstované, určené k přímé spotřebě do různých salátů, nebo pouze semena v plné zralosti, které si doma vyklíčíte dle potřeby za 1 – 2 dny, čímž získávají na oblibě v českých domácnostech, oproti ostatním druhům fazolí, dostupných v síti našich prodejen [21]. Při kuchyňské úpravě se nejdříve máčí 4 – 8 hodin a následně cca 45 minut vaří [58].



Obrázek 6: Fazole mungo [59]

1.5.3 Fazole červená ledvina

Původ tohoto druhu fazole (*Phaseolus vulgaris*) je ve střední Americe. Hojně oblíbená je v Mexiku, kde se z ní připravuje tradiční pokrm „Chilli con carne“ [19, 60, 61]. Semena jsou poměrně velkého vzrůstu, červeného až hnědého zbarvení (viz Obrázek 7) a nasládlé chuti [19, 61]. Čím tmavší barvu semena mají, tím je jejich chuť výraznější a proteiny v nich obsažené jsou lépe stravitelné [60]. Obsahují dostatek vlákniny, která vede k redukci cholesterolu [61]. Energetická hodnota 100 g fazolí odpovídá 1386 kJ [20]. V kuchyni se výborně hodí na přípravu pikantnějších pokrmů [19, 61]. Před přípravou se

namáčí 8 – 12 hodin a následně vaří cca 1,5 hodiny, z toho prvních 15 minut na prudkém plamenu [58]. Během přípravy jsou schopny absorbovat aroma použitých surovin [61].



Obrázek 7: Fazole červená ledvina [58]

1.5.4 Fazole černé oko

Fazole černé oko jsou řazeny k rodu *Vigna* a druhu *Vigna unguiculata*. Jedná se o druh fazole pocházející z jižní Afriky, kde se dodnes hojně pěstuje [19, 62, 63]. Je náročná na slunné podmínky s dostatkem vlhkosti, ale na rozdíl od ostatních druhů není zapotřebí ji přihnojovat. Květenství je fialové či bílé barvy, z kterého se následně tvoří dlouhé, tenké, tmavě zelené lusky, které dosahují v našich klimatických podmínkách délky až 1 m, odtud název českých botaniků dlouhatec čínský. Naše klimatické podmínky jsou tím pádem pro tvorbu lusků ideální, ale nikoli samotných semen, jelikož ty většinou nestihnou dozrát [63].

Název je odvozen od charakteristického černého „oka“, skvrny, na krémově bílém semeni (viz Obrázek 8). Její jemnou chuť je možno za pomoci různých druhů koření zvýraznit [19, 20, 62]. Nutričně je pak významný především vyšší obsah kyseliny listové, proto by měla být zařazena především do jídelníčku těhotných žen, jelikož podporuje zdravý vývoj centrální nervové soustavy dítěte [63]. V kuchyni ji využíváme pro přípravu polévek a zeleninových nákypů [19, 62]. Namáčí se 8 – 12 hodin a následně vaří cca 45 minut [58].

1.5.5 Fazole pinto

Fazole pinto (*Phaseolus vulgaris*) mají strakatá, středně velká semena, s nádechem pikantní chuti, s červenohnědou barvou (viz Obrázek 9) [20, 64]. V semenech jsou obsaženy oba základní typy vlákniny [64]. V kuchyni mají široké spektrum použití, díky

své moučné konzistenci, vhodné jsou především do polévek a zapečených pokrmů [19, 64]. Namáčí se 8 – 12 hodin a následně vaří cca 90 minut [58].



Obrázek 8: Fazole černé oko [65]



Obrázek 9: Fazole pinto [66]

1.5.6 Fazole navy

Fazole navy (*Phaseolus vulgaris*) mají jemnou chuť, obsahují bílkoviny a vlákninu, která vyrovnává hladinu krevního cukru, čímž se tento druh fazolí stává vhodným především pro diabetiky (viz Obrázek 10). Z minerálních látek je pak zastoupen draslík a sodík, jejichž vzájemný poměr přispívá k prevenci vysokého krevního tlaku [67]. Před zpracováním se namáčí 8 – 12 hodin a poté vaří po dobu 1,5 hodiny [58].

1.5.7 Fazole strakatá velká

Tento druh fazole (*Phaseolus vulgaris*) se vyznačuje silnější slupkou, zploštělými semeny o velikosti 1,5 – 2 cm, s charakteristickým strakatým hnědo-černo-červeným zbarvením

(viz. obrázek 11). V kuchyni nalézají uplatnění jako přísada zeleninových salátů, příloha k masu či k zapékání [20]. Namáčí se 12 – 24 hodin a následně vaří cca 1,5 – 2 hodiny, z toho první půlhodinu na prudkém plamenu [58].



Obrázek 10: Fazole navy [58]



Obrázek 11: Fazole strakatá velká [68]

2 VLÁKNINA

Definice vlákniny schválená roku 1988 komisí AACC (American Association of Cereal Chemists) zahrnující její příznivé účinky, říká, že vlákninu potravy tvoří jedlé části rostlin anebo analogické sacharidy, které jsou odolné vůči trávení a absorpci, které probíhají v tenkém střevě a jsou úplně či částečně fermentovány v tlustém střevě. Potravinová vláknina tudíž zahrnuje polysacharidy, oligosacharidy, lignin atd. [69].

Novější definice vlákniny podle Codex Alimentarius schválená v roce 2009 sestává z poznatků, že vláknina stravy je složena z rostlinných polysacharidů a ligninu, jež jsou odolné vůči hydrolýze trávicími enzymy. Tato definice popisuje vlákninu jako jednu ze tří kategorií uhlovodíkových polymerů (přirozeně se vyskytující jedlé uhlovodíkové polymery, uhlovodíkové polymery získané z potravin fyzikálními, chemickými nebo enzymatickými prostředky a syntetické uhlovodíkové polymery). Dříve platilo pouze tvrzení, že uhlovodíkové polymery musí mít stupeň polymerace vyšší než 3, čímž se vylučují mono a disacharidy. Nyní definice uvádí, že uhlovodíkové polymery by měly být složeny z deseti a více monomerních jednotek, nicméně zda budou do definice zahrnuty uhlovodíky s devíti monomerními jednotkami, je ponecháno pouze na vnitrostátních orgánech [70, 71].

Potravinová vláknina je nestravitelnou složku potravy, kvůli své částečné nebo úplné rezistenci k štěpení, prováděném enzymy v trávicím traktu člověka. Vláknina prochází nezměněna tenkým střevem a k fermentaci dojde až působením enzymů mikroflóry tlustého střeva za vzniku využitelných mastných kyselin (kyselina octová, máselná a propionová) [9, 72, 73, 74]. Její nedostatečné množství ve stravě zpomaluje průchod potravy tlustým střevem a způsobuje vznik zácpy [75]. Konečnými produkty fermentace jsou voda a plyny (oxid uhličitý, vodík a metan). Vlákninu nelze přímo využít jako zdroj energie, z 1g vlákniny lze získat jen cca 3kJ energie [9, 72, 73, 74]. Vláknina v dutině ústní působí jako stimulant vylučování slin, čímž přispívá k urychlení pocitu sytosti [75].

Vláknina je velmi důležitou složkou potravy, nicméně při jejím nedostatku a jeho řešení bychom měli množství vlákniny ve stravě navyšovat postupně, nikoli nárazově. Nárazové navýšení množství vlákniny v jídelníčku může vést k bolestem břicha a problémům s trávením [75]. Vlákninu můžeme nalézt v ovoci, zelenině, luštěninách či celozrnném pečivu [16].

2.1 Druhy vlákniny

Vlákninu dělíme dle rozpustnosti ve vodě na tzv. rozpustnou a nerozpustnou vlákninu, přičemž veškeré rostliny obsahují oba tyto typy, avšak v různých poměrech [76].

2.1.1 Rozpustná vláknina

Rozpustná vláknina v procesu trávení bobtná, protože dochází k vazbě vody, a navozuje pocit sytosti [75]. Nazýváme ji též jako vlákninu viskózní, fermentovatelnou [77]. Při jejím příjmu dochází ke zpomalení průchodu potravy trávicí soustavou, čímž je umožněna absorpce pro tělo potřebných, výživových látek a současně zbrzdění absorpce sacharidů z tenkého střeva do krve, čímž se zabrání nestálosti hladiny krevního cukru [78]. Mezi rozpustnou vlákninu řadíme některé hemicelulózy (obsažené např. v otrubách), pektin (ve slupkách některého ovoce a luštěnin), inulin, rostlinné slizy, modifikované škroby a polysacharidy mořských řas [69, 76].

Rozpustná vláknina je přítomna hlavně v ovoci, jako jsou banány, citrusové plody, jablka, hrušky, dále pak v mrkvi, luštěninách či lněném semínku [16].

2.1.2 Nerozpustná vláknina

Nerozpustná vláknina i přes dobrou absorpci vody v ní není rozpustná. [78]. Nerozpustnou vlákninu můžeme označit za vlákninu, která je neviskózní a nefermentovatelná [77]. Jejím úkolem je udržení střev v pohybu díky schopnosti změkčování stolice, čímž podporuje pravidelné vyprazdňování, proto se jejích účinků využívá při odstranění zácpy [77, 78]. Mezi nerozpustnou vlákninu řadíme celulózu (obsažena např. v ovoci a zelenině), lignin (v houbách) a některé hemicelulózy [69, 76].

Nerozpustná vláknina je obsažena zejména v luštěninách, ve slupkách brambor, jablek, hrušek, dále pak v obilovinách, ovesných vločkách a celozrnném pečivu a luštěninách [16].

2.2 Složky vlákniny

2.2.1 Celulóza

Celulóza je nejrozšířenější strukturální polysacharid vyšších rostlin. Je lineárním polymerem složeným z D-glukózových zbytků spojených $\beta(1-4)$ glykosidovými vazbami. Tyto glukózové jednotky jsou otočeny vůči sobě vzhledem k předchozí a v této konformaci jsou udržovány za pomoci intramolekulárních vodíkových vazeb. Díky těmto vazbám jsou

celulózová vlákna pevná a zároveň elastická. Tato celulózová vlákna jsou základem nerozpustné vlákniny [9, 79, 80, 81].

2.2.2 Hemicelulózy

Hemicelulózy jsou strukturní polysacharidy necelulózového charakteru, které vyplňují mezery mezi celulózovými vlákny. Jsou rozpustné ve zředěných alkalických roztocích a při klíčení semene dochází k jejich rozpadu na jednodušší cukry. Jsou zastoupeny především v buněčných stěnách, kde plní svoji opěrnou a zásobní funkci [9, 80, 82, 83].

Po chemické stránce jsou hemicelulózy heterogenními polymerními sloučeninami. Jejich přesné složení je poté odvozeno od druhu přírodního materiálu, ve kterém jsou obsaženy. Bývají složeny z hexóz, pentóz a cukerných kyselin [84].

2.2.3 Lignin

Lignin řadíme mezi polymery, jejichž funkcí je zpevnění buněčné stěny rostlinných buněk. Po chemické stránce je kopolymerem fenylpropanových jednotek odvozených od koniferylalkoholu, *p*-kumarylalkoholu a sinapylalkoholu. V zažívacím traktu nepodléhá rozkladu, dochází pouze ke štěpení vazeb mezi ligninem a ostatními polymery [9, 85].

2.2.4 Pektiny

Pektiny jsou strukturní polysacharidy proměnlivého složení, jejichž základ tvoří řetězec 25 – 100 jednotek kyseliny D-galaktouronové, které podléhají částečné esterifikaci metanolem. Pektiny vznikají v rostlinách především v růstové fázi. Jejich vysoký obsah je především v nezralých plodech, kde zajišťuje mechanickou odolnost. Se zráním plodů se jejich obsah postupně snižuje působením proteolytických enzymů a plody měknou [80, 86].

2.2.5 Inuliny

Inuliny řadíme mezi heterofruktany. Skládají se z lineárních řetězců D-fruktofuranóz, které většinou obsahují jako koncovou jednotku D-glukózu. Monosacharidové jednotky jsou mezi sebou spojeny vazbou β -(1→2). Lze je nalézt v hlízách topinambur, artyčoku [80, 87].

2.2.6 Rostlinné slizy

Slizy patří mezi neškrobové polysacharidy. Vyznačují se dobrou rozpustností ve vodě a tvorbou slizové hmoty. Většinou jsou to různými způsoby zesíťované makromolekuly polysacharidů na bázi pentóz – xylózy, čistých pentózanů – arabinózy či odpovídajících glykoproteinů [88, 89].

2.2.7 Modifikované škroby

Modifikované škroby jsou škroby, u nichž byla zachována alespoň jedna charakteristická vlastnost škrobu a jejichž vlastnosti jsou chemickým, biochemickým, fyzikálním nebo kombinovaným vlivem přizpůsobeny pro určitý účel. Proces modifikace má za cíl zvýraznění některé původní vlastnosti (např. viskozita, schopnost vazby vody) či potlačení nebo vytvoření vlastnosti nové. V České republice je nejvíce pro výrobu modifikovaného škrobu využíván škrob bramborový [90, 91].

2.2.8 Polysacharidy mořských řas

Polysacharidy mořských řas plní stavební funkci a slouží k zisku agarů, karagenanů a alginátů, které jsou využívány v hojné míře v potravinářském průmyslu jako zahušťovadla, stabilizační prostředky a želírující látky. Pro lidský organizmus jsou nestravitelné, vzhledem k faktu, že je střevní bakterie nedokáže využít [92].

2.3 Význam vlákniny pro lidský organizmus

Význam vlákniny ve výživě člověka je v současné době velmi probíranou problematikou a spočívá zejména v její ochranné funkci [72]. Vláknina sama o sobě nemá žádnou výživovou hodnotu, ale je důležitým faktorem v udržování dobrého zdravotního stavu a štíhlé linie (viz Tabulka 4). Zvýšení příjmu vlákniny vede ke snižování obezity, díky faktu, že jídlo s obsahem vlákniny putuje pomaleji trávicím traktem a tudíž se pocit hladu po konzumaci potravy dostaví později [93].

Její nízký příjem potravou koresponduje se zvyšujícím se rizikem civilizačních onemocnění jako je *diabetes mellitus*, nádorová onemocnění gastrointestinálního traktu či poruchy cévního systému a další. Naopak její dostatečný příjem ve stravě příznivě působí v prevenci aterosklerózy, ischemické choroby srdeční, rakoviny tlustého střeva či snížení tělesné hmotnosti [94].

Nerozpustná vláknina příznivě působí na trávení a vstřebávání živin lidským organismem. Podílí se na nárůstu objemu stolice, čímž snižuje množství hromadících se toxických látek v organismu a celkově urychluje průchod potravy přes trávicí trakt, což má příznivý účinek při prevenci vzniku nádorových onemocnění, jelikož je omezen kontakt toxických látek s buňkami tlustého střeva [95]. Negativem však zůstává, že kromě vazby látek toxických, dochází rovněž k vazbě látek pro tělo prospěšných. Vzhledem k tomuto faktu by mělo být množství konzumované vlákniny přiměřené. [93].

Mezi negativa vysokého příjmu vlákniny lze zařadit nadýmání, bolest břicha a s ním spojená průjemová onemocnění. Vysoký příjem vlákniny vede k rychlejšímu průchodu tráveniny zažívacím traktem, což vede ke snížení využitelnosti látek, přítomných v rostlinných zdrojích obsahujících rovněž vlákninu [96].

Potřeba vlákniny u zdravého jedince se pohybuje mezi 25 – 30 g denně [16, 76]. Nicméně spotřeba vlákniny v dnešní době je dosti podprůměrná a pohybuje se někde kolem 50 % potřebného denního příjmu [76]. Určité riziko by představoval příjem vlákniny vyšší než 60 g za den [96].

Tabulka 4: Účinky vlákniny na organismus [97]

Účinky	Nerozpustná vláknina	Rozpustná vláknina
Snížení přijímané energie	+++	+++
Omezení pocitu hladu	+	+++
Snížení hladiny glukózy v krvi	+	+
Snížení hladiny krevního cholesterolu	0	+++
Vyvázení toxických složek tráveniny	+	+
Podpora činnosti střev	+++	+
Urychlení průchodu tráveniny střev. traktem	+++	0
Žádoucí fermentace v tlustém střevě	0	+++

Vysvětlivky: 0 ... bez účinku; + ... slabý příznivý vliv; ++ ... zřetelný příznivý vliv; +++ ... velmi příznivý vliv

2.4 Metody stanovení vlákniny

Obecně lze říci, že stanovení vlákniny v potravinách je principiálně založeno na odstranění lipidů, hydrolýze a rozpuštění dalších složek ve vzorku a následném zvážení nerozpustného zbytku vzorku, za podmínek dané metody [98].

Stanovení veškeré vlákniny, vzhledem k rozmanitosti jejího složení je dosti obtížné [99].

K analýze lze využít tři typy metod:

1. neenzymaticko-gravimetrické
2. enzymaticko-gravimetrické
3. enzymaticko-chemické
 - a) enzymaticko-kolorimetrické
 - b) enzymaticko-chromatografické [99].

Neenzymaticko-gravimetrická metoda stanovení je již zastaralou metodou, která nedokázala zachytit potřebnou část potravinové vlákniny a sloužila k zachycení a zjištění vlákniny hrubé, která je složena z celulózy a ligninu. V 80. letech byla objevena metoda nová, enzymaticko-gravimetrická, kterou se dalo stanovit množství rozpustných a nerozpustných polysacharidů a ligninu a toto množství byla bráno jako potravinová vláknina. Enzymaticko-chemická metoda stanoví enzymaticky škrob a kolorimetricky, plynovou či vysoce účinnou kapalinovou chromatografií cukry [69].

Obecně lze říci, že metody gravimetrické jsou využívány na zjištění obsahu vlákniny zvážením vzorku, který byl podroben extrakci vhodnými činidly. Takto lze stanovit jednak podíl hrubé vlákniny, ale také jen podíl vlákniny nerozpustné v neutrálním či detergentním činidle. U novějších metod však lze stanovit i podíl rozpustné vlákniny. Metody kolorimetrické umožní na základě různých barevných reakcí stanovit celulózu, necelulózové polysacharidy i lignin. Dále lze využít metody, jejichž principem je stanovení jednotlivých monomerních složek vlákniny za pomoci vysokoúčinné kapalinové chromatografie [100].

V současnosti spolu s rozvojem poznatků týkajících se potravinové vlákniny se také rozvíjejí metody jejího stanovení, nicméně metoda, která by vyhovovala definici vlákniny, byla efektivní, rychlá, levná, jednoduchá a poskytovala komplexní kvantitativní a kvalitativní výsledky, doposud neexistuje [69, 72]. Nejvíce je pravděpodobně používána enzymaticko-gravimetrická AOAC (Association of Official Analytical Chemists) metoda a enzymaticko-chemická Englystova metoda. Englystova metoda využívá stanovení množství vlákniny potravy jako neškrobové polysacharidy za ignorace stanovení ligninu [101].

2.4.1 Stanovení vlákniny pomocí přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer

Metodika používaná při práci s přístrojem ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer (viz Obrázek 12) vychází z normalizovaného postupu stanovení hrubé vlákniny (CF), neutrálně-detergentní vlákniny (NDF), acido-detergentní vlákniny (ADF) a acido-detergentního ligninu (ADL). Při této metodě jsou využívány jednorázové filtrační sáčky typu F57 firmy ANKOM do kterých je zataven vzorek, za pomoci pulzní svářečky. Sáčky jsou následně vloženy do přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer, kde dochází k jejich promývání extrakčním činidlem. Takto je možno zpracovat zároveň 24 vzorků. Rozpustné složky vzorků jsou postupně uvolňovány přes stěny sáčků, zatímco nerozpustné částice zůstávají uzavřeny uvnitř. Samotné sáčky jsou odolné vůči působení kyselin a hydroxidů, jejich obsah popela a dusíku je zanedbatelný a nedochází k pohlcování vlhkosti. Díky využití filtračních sáčků odpadá postup samostatné filtrace, čímž je postup stanovení značně zjednodušen a je umožněno získání přesných a reprodukovatelných výsledků stanovení [102].



Obrázek 12: ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer [103]

3 STRAVITELNOST

Mezi nevýhody fazolí bychom určitě mohli zařadit nižší stravitelnost jejich bílkovin [15]. Stravitelnost představuje využitelnost živin přijatých v potravě organismem, čili množství živin, které bylo absorbováno zažívacím ústrojím [104]. Na snížení stravitelnosti fazolí se podílejí přítomné třísloviny, inhibitory některých enzymů a kyselina fytová. Lektiny a inhibitory enzymů lze deaktivovat delším povařením, třísloviny však zůstávají aktivní a mohou do nestravitelných komplexů vázat až 10 % přítomných bílkovin. Stravitelnost můžeme zlepšit odstraněním slupky ze semen, jelikož třísloviny se shromažďují právě nejvíce pod slupkou [15].

3.1 Trávení základních živin

Trávení potravy je souhrn procesů, kterých se účastní řada trávicích enzymů. Tyto enzymy pochází z různých částí zažívacího traktu od slinných žláz přes žaludek až po laminární membrány na povrchu střev [105]. Cílem trávení je získání živin z přijaté potravy. V rámci tohoto metabolického procesu jsou jednotlivé složky přijaté v potravě rozkládány na látky jednodušší, tak aby bylo umožněno jejich vstřebání v lidském těle [106].

Sacharidy, lipidy a proteiny nejsou v organismu vstřebávány přímo, ale musí nejdříve podlehnout procesu štěpení [94]. Při trávení dochází ke změně polysacharidů na oligosacharidy a následně na jednoduché cukry, ke štěpení lipidů na triacylglyceroly a následně na glycerol a mastné kyseliny, a ke štěpení bílkovin na aminokyseliny [106]. Chemický proces štěpení (hydrolyza), který je základem trávení, je podmíněn přítomností specifických enzymů proteinové povahy [94].

3.1.1 Trávení sacharidů

Trávení sacharidů začíná v ústech, kde za pomoci slinné α -amylázy dojde k rozštěpení škrobů na dextriny. Štěpení probíhá i při průchodu jícnem a chvíli v žaludku, než dojde k promísení potravy s kyselou žaludeční šťávou, která inaktivuje amylázu. Většina škrobu podléhá štěpení až ve střevě, kde působí pankreatická α -amyláza, dochází zde ke štěpení dextrinů na disacharidy, které jsou následně rozštěpeny v tenkém střevě až na monosacharidy pomocí specifických hydrolytických enzymů kartáčového lemu enterocytů – disacharidáz. Mezi disacharidázy lze zařadit např. maltázu, izomaltázu, sacharázu, trehalázu a laktázu [94, 107, 108]. Monosacharidy mohou být vstřebány v krvi a dopraveny do jater, odkud putují dále do tkání, kde jsou využity pro tvorbu ATP, nebo zde zůstávají

do zásoby ve formě glykogenu. V případě nadbytečného přísunu cukru dochází k jeho uložení ve formě tuku v tkáních [94].

3.1.2 Trávení lipidů

V lidské potravě se vyskytují především triacylglyceroly, složené z glycerolu a třech mastných kyselin, v menší míře pak cholesterol, estery cholesterolu a fosfolipidy. Lipidy se začínají štěpit v malé míře už v ústech a žaludku za pomoci slinné a žaludeční lipázy. Většina je však štěpena až v duodenu, kde mechanickým mísením a působením žlučových kyselin dochází k emulgaci tuku na tukové kapénky, čímž se umožní zvýšení povrchu, na kterém může docházet k štěpení lipidů působením pankreatické lipázy. Kromě pankreatické lipázy existuje také fosfolipáza A štěpící fosfolipidy, cholesterolesteráza štěpící estery cholesterolu, a kolipáza, která je nezbytná pro účinek pankreatické lipázy [94, 108, 109].

3.1.3 Trávení proteinů

Trávení proteinů začíná v žaludku, kde za přítomnosti HCl a enzymu pepsinu začíná denaturace bílkovin. V žaludku dojde k rozštěpení cca 10 – 20 % proteinů, které pak přejdou do duodena v podobě polypeptidů (peptonů). Enzymy z pankreatické šťávy (trypsin, chymotrypsin, karboxypeptidáza, elastáza) je pak dále rozštěpí na tripeptidy a dipeptidy, které v tenkém střevě podlehnou štěpení peptidáz střevní šťávy na aminokyseliny, které se vstřebají do krve. [94, 109, 110].

Pepsin řadíme mezi proteolytické enzymy vyskytující se v žaludku všech obratlovců, vyjma některých ryb. Je produkován pepsinogenními buňkami žaludku ve formě inaktivního proenzymu pepsinogenu, který v kyselém prostředí mění svou formu na aktivní pepsin. Jeho aktivita je nejvyšší při nízkém pH, které odpovídá prostředí žaludku (pH 1,5 – 3,5). Pokud se vyskytne v prostředí s pH vyšším než 6, podléhá denuraci. Produktem působení pepsinu na bílkoviny je tzv. pepton, který je směsí peptidů složených z 3 – 30 aminokyselinových zbytků [111, 112].

Dalším enzymem pankreatické šťávy je pankreatin, který je směsí enzymů lipázy, proteázy a amylázy. Tato směs vzniká v exokrinní části slinivky břišní ve formě inaktivních prekurzorů trávicích enzymů. Pankreatin pro laboratorní stanovení se získává z pankreatu savců, většinou vepřů. Pankreatická šťáva je hlavní šťávou účastnící se trávení, pankreatické enzymy v ní obsažené jsou pro trávení nezbytnou součástí [112].

3.2 Metody stanovení stravitelnosti

S ohledem na velké množství nutričně významných látek přijímaných potravou nelze stanovit jednotnou metodu pro zjištění stravitelnosti. Lze využít dvou typů metod založených na stanovení množství dusíku, a to metody *in vivo* a *in vitro*. Metodou *in vivo* se stanoví množství dusíku, které bylo spotřebováno v závislosti k přijatému a vyloučenému množství dusíku organismem. Metody *in vitro* pak simulují podmínky *in vivo* v laboratořích, kdy se stanoví suma spotřebovaného dusíku před a po působení proteolytickými enzymy [104].

3.2.1 Stanovení stravitelnosti s použitím inkubátoru Daisy

Jednou z možností stanovení stravitelnosti metodou *in vitro* je použití inkubátoru Daisy (viz Obrázek 13). Při stanovení se používá modifikovaná prováděcí metodika, využívaná při stanovení stravitelnosti krmiv „Stanovení stravitelnosti sušiny a organické hmoty pepsin-celulázovou metodou s použitím Daisy inkubátoru“ podle Třináctého. Princip inkubátoru tkví v simulování podmínek působení trávicích enzymů probíhajících v lidském těle. Pro stanovení stravitelnosti se využívá působení enzymu pepsinu (z vepřové žaludeční sliznice) a pankreatinu (z vepřové slinivky). Stravitelnost sušiny a organické hmoty se stanovuje působením jednotlivých enzymů na vzorky. Nejdříve na předložené vzorky působí HCl s obsahem pepsinu (simulace trávení v žaludku) a následně fosfátový pufr (pH 7,45) s obsahem pankreatinu (simulace trávení v tenkém střevě) [113].



Obrázek 13: Daisy inkubátor [114]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části diplomové práce bylo vypracovat literární rešerši týkající se fazolí (charakteristika vybraných druhů, chemické složení, klíčení), vlákniny (složky, význam) a stravitelnosti (trávení živin), jako podkladu pro zpracování praktické části.

Cílem praktické části diplomové práce bylo analyzovat vliv vaření a klíčení na obsah vlákniny a stravitelnost vybraných 7 druhů fazolí (4 zástupců rodu *Phaseolus* a 3 zástupců rodu *Vigna*) dostupných v běžné obchodní síti (fazole adzuki, mungo, červená ledvina, černé oko, pinto, navy a strakatá velká). Pro splnění tohoto cíle bylo potřeba stanovit obsah neutrálně-detergentní a hrubé vláknina za použití přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer a dále stanovit stravitelnost enzymaticko-gravimetrickou metodou *in vitro* za použití inkubátoru Daisy II. V neposlední řadě bylo cílem práce zjistit, zda spolu koreluje obsah vlákniny a stravitelnost fazolí.

5 METODIKA PRÁCE

5.1 Použité chemikálie, přístroje a pomůcky

5.1.1 Chemikálie

aceton p.a. (Ing. Petr Lukeš, ČR)

kyselina chlorovodíková (Ing. Petr Lukeš, ČR)

pepsin z vepřové žaludeční sliznice, aktivita 0,7 FIP-U/mg, (Merck KGaA, Německo)

pankreatin z vepřové slinivky, proteázová aktivita 350 FIP-U/g, lipázová aktivita 600 FIP-U/g, amylázová aktivita 7500 FIP-U/g USP, (Merck KGaA, Německo)

dihydrogenfosforečnan draselný (Ing. Petr Lukeš, ČR)

hydrogenfosforečnan disodný dodekahydrát (Ing. Petr Lukeš, ČR)

neutrálně-detergentní činidlo (obsahující disodnou sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogenfosforečnan sodný a laurylsulfát sodný) (ANKOM Technology, USA)

trietylen glykol (ANKOM Technology, USA)

hydroxid sodný (Lach-Ner, ČR)

siřičitan sodný (Lach-Ner, ČR)

kyselina sírová (Ing. Petr Lukeš, ČR)

α -amyláza (ANKOM Technology, USA)

5.1.2 Přístroje a pomůcky

inkubátor Daisy II (ANKOM Technology, USA)

digesční nádoby (ANKOM Technology, USA)

filtrační sáčky F 57, velikost pórů 50 μ m (ANKOM Technology, USA)

pulzní svářečka pro zatavování filtračních sáčků IMPULSE SEALER TYP KF-200H

analytické váhy EP 214 CM (OHAUS, USA)

muflová pec 018 LP (Elektrické pece Svoboda, ČR)

laboratorní sušárna VENTICELL (BMT Medical Technology s.r.o., ČR)

ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer (ANKOM Technology, USA)

elektrický mlýnek Combi-Star (Waldner Biotech, GmbH, Rakousko)

kuchyňský mixér (Braun, Německo)

hliníkové misky

exsikátor

porcelánové kelímky

běžné laboratorní sklo a pomůcky

5.2 Analyzované vzorky fazolí a jejich úprava

Pro analýzu bylo použito 7 vzorků různých druhů fazolí, a to fazole adzuki, mungo, červená ledvina, černé oko, pinto, navy bio a strakatá velká. Vzorky fazolí byly zakoupeny v prodejně zdravé výživy ve Zlíně. Bližší charakteristiku vzorků uvádí Tabulka 5.

Tabulka 5: Charakteristika použitých vzorků fazolí

Vzorek	Země původu	Výrobce
fazole strakatá velká	Čína	Zdraví z přírody
fazole pinto	Kanada	Zdraví z přírody
fazole červená ledvina	Kanada	Zdraví z přírody
fazole mungo	Čína	Zdraví z přírody
fazole adzuki	Čína	Zdraví z přírody
fazole černé oko	USA	COUNTRY LIFE s.r.o.
fazole navy bio	Čína	COUNTRY LIFE s.r.o.

Vzorky určené pro chemickou analýzu byly odebírány z neotevřeného PVC balení o hmotnosti 500 g. Fazole byly analyzovány jak v syrovém (neupraveném) stavu (100 g), tak po uvaření (100 g) a naklíčení (100 g).

Syrové fazole byly před vlastním stanovením pouze rozemlety pomocí elektrického mlýnku a následně uchovávány v uzavřených nádobách v suchu a temnu při teplotě do 25°C a relativní vlhkosti vzduchu do 70 %, ne déle než 1 měsíc.

Před analýzou vařených vzorků byly fazole namočeny ve studené vodě po dobu 4 – 24 h, dle použitého druhu, a následně uvařeny v čerstvé vodě do měkka dle návodu na obalu (45 – 120 min, dle použitého druhu). Uvařené fazole byly následně rozmixovány, uschovány v uzavřených nádobách a analyzovány do 24 h.

Pro analýzu naklíčených vzorků byly fazole nejdříve namočeny ve studené vodě (cca 1/2 h) a poté nechány 48 h klíčit při pokojové teplotě na navlhčeném vatovém podkladu. Během klíčení byly vzorky 2x denně vlhčeny. Nakonec byly vzorky rozmixovány a uschovány v uzavřených nádobách max. 24 h do provedení příslušných analýz.

5.3 Stanovení sušiny a popele

5.3.1 Stanovení sušiny

Definice sušiny vyplývá z definice vody, respektive vlhkosti potraviny. Vodu můžeme nalézt prakticky ve veškerých potravinách a to v různém množství a formách. Za vodu (resp. vlhkost) považujeme látky těkající ze vzorku za podmínek metody. Pevný zbytek vzorku poté, co byla odstraněna voda a těkavé látky, označujeme jako sušina. V běžné analytické praxi se ke stanovení sušiny využívá nepřímých metod, u nichž se voda a většina těkavých látek odstraňuje z analyzovaného vzorku sušením za předem definovaných podmínek. Jedná se o metody gravimetrické, které jsou založeny na zjištění úbytku hmotnosti vlivem sušení. V našem případě se jedná konkrétně o metodu sušení při teplotě 105°C do konstantní hmotnosti, která bývá obecně využívána u materiálů, které neobsahují vysoké množství cukrů [115, 116].

Hliníkové misky s víčkem byly sušeny v sušárně po dobu jedné hodiny při 105 °C a poté přemístěny do exsikátoru k vychladnutí. Vychladlé misky byly zváženy na analytických vahách a následně byl do nich navážen 1 g vzorku s přesností na čtyři desetinná místa. Misky se vzorky byly umístěny do sušárny předeřáté na 105 °C k vysušení do konstantního úbytku hmotnosti. Po vychladnutí v exsikátoru byly opět misky zváženy na analytických vahách a výsledkem byl průměr ze tří stanovení. Pro stanovení sušiny vařených a klíčených vzorků byl použit vysušený mořský písek [115].

Výpočet obsahu vlhkosti v % hm. byl proveden dle vztahu:

$$V = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100$$

kde V ... vlhkost vzorku [% hm.],

m_1 ... hmotnost prázdné vysušené misky (příp. misky s pískem) [g],

m_2 ... hmotnost misky se vzorkem (a příp. pískem) před vysušením [g],

m_3 ... hmotnost misky se vzorkem (a příp. pískem) po vysušení [g].

Výpočet obsahu sušiny v % hm. byl proveden dle vztahu:

$$S = 100 - V$$

kde S ... obsah sušiny [% hm.],

V ... obsah vody (vlhkosti) [% hm.].

5.3.2 Stanovení popele

Popel je množství nespalitelných anorganických látek, které zůstanou po spálení vzorku potravin v muflové peci při teplotě $550^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ [115].

Prázdné porcelánové kelímky byly dány vyžítat do muflové pece při teplotě 550°C na dobu 1 hodiny. Následně byly po vychladnutí v exsikátoru zváženy na analytických vahách a byl do nich navážen 1 g vzorku s přesností na čtyři desetinná místa. Kelímky byly umístěny do muflové pece, kde byly spalovány při 550°C po dobu 5,5 hodiny. Po uplynutí této doby, kdy došlo k dokonalému spálení (nepřítomnost výrazných černých bodů, které by charakterizovaly nedokonalé spalování) byly kelímky vloženy do exsikátoru a po jejich vychladnutí zváženy na analytických vahách [117]. Výsledkem byl průměr ze tří provedených stanovení.

Obsah popele v % hm. byl vypočten dle vztahu:

$$P = \frac{m_3 - m_1}{m_2} \cdot 100$$

kde P obsah popele [% hm.],

m_1 ... hmotnost prázdného vyžíhaného kelímku [g],

m_2 ... hmotnost navážky vzorku [g],

m_3 ... hmotnost kelímku se vzorkem po spálení [g].

5.4 Stanovení vlákniny

Stanovení hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny bylo provedeno na přístroji ANKOM220 Fiber Analyzer. Principem stanovení vlákniny vzorků potravin za pomoci přístroje ANKOM je využití technologie filtračních sáčků (FBT – Filter Bag Technology), kdy vzorek, který je uzavřen a zataven v sáčku uvolňuje rozpuštěné částice, které prochází stěnou sáčku do roztoku a naopak nerozpustné částice zůstávají uvnitř sáčku. Sáčky jsou odolné vůči působení hydroxidů a kyselin, mají nepodstatný obsah popele a nedochází u nich k vazbě vlhkosti [102].

5.4.1 Stanovení hrubé vlákniny

Hrubá vláknina, složená z celulózy a ligninu, je označována jako zbytek vzorku potravin po hydrolyze kyselinami a zásadami [71].

Pro stanovení byla provedena příprava roztoku H_2SO_4 ($c = 0,1275 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) a roztoku $NaOH$ ($c = 0,313 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Filtrační sáčky byly promyty v acetonu a ponechány samovolně vyschnout. Popsané sáčky byly zváženy (m_1) na analytických vahách a do každého sáčku byl vložen 1 g vzorku s přesností na 0,0001 g (m_2). Sáčky se vzorky byly zataveny, spolu s prázdným (korekčním) sáčkem. Obsah sáčků byl před vložením do přístroje ANKOM²²⁰ rovnoměrně rozprostřen. Po vložení sáčků do nosiče byl do přístroje nalit roztok H_2SO_4 ($c = 0,1275 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Bylo zapnuto míchání a topení ($100 \text{ }^\circ\text{C}$) a přístroj byl uzavřen na 45 minut, kdy docházelo k hydrolyze přítomných složek. Po odpuštění kyseliny pomocí vypouštěcího ventilu a otevření přístroje došlo k trojnásobnému propláchnutí horkou vodou (při každém proplachování bylo na 5 minut zapnuto míchání) a do přístroje byl nalit roztok $NaOH$ ($c = 0,313 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Jednotlivé složky byly opět podrobeny 45 minutové hydrolyze. Po odpuštění hydroxidu došlo opět k trojnásobnému proplachu horkou vodou a konečnému proplachu studenou vodou, aby došlo k ochlazení přístroje a jednotlivých sáčků. Poté byly sáčky vyjmuty, vysušeny za pomoci filtračního papíru a vloženy na dobu 3 minut do acetonu. Následně došlo k opětovnému vysušení filtračním papírem a sáčky byly ponechány odvětrat. Po odvětrání došlo k vysušení sáčků v sušárně při $105 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 4 hodin. Poté co došlo k vysušení sáčků, byly vloženy do exikátoru, po následném vychladnutí byly zváženy na analytických vahách (m_3). Každý sáček byl vložen do předem popsaneého, vyžíhaného a zváženeého

porcelánového kelímku a žíhán 5,5 hodiny při 550 °C. Po spálení byly kelímky umístěny do exikátoru k vychladnutí. Vychladlé kelímky byly zváženy na analytických vahách a byla zaznamenána hmotnost spáleného obsahu s přesností na čtyři desetinná místa (m_4) [102]. Výsledkem byl průměr za tři stanovení.

Obsah hrubé vlákniny v % hm. byl vypočten dle vztahu:

$$CF = \frac{(m_3 - m_1 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 \cdot c_2)}{m_2} \cdot 100$$

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1}$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1}$$

kde CF ... obsah hrubé vlákniny [% hm.],
 m_1 hmotnost prázdného sáčku [g],
 m_2 hmotnost navážky vzorku [g],
 m_3 hmotnost sáčku po vysušení [g],
 m_4 hmotnost popele po spálení [g],
 c_1 korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze,
 c_2 korekce hmotnosti sáčku po spálení,
 m_s hmotnost vysušeného prázdného sáčku [g],
 m_p hmotnost popele prázdného sáčku [g].

5.4.2 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Neutrálně-detergentní vláknina je nerozpustnou frakcí vlákniny, která je složena z celulózy, části hemicelulózy a ligninu, která se získá po mírné hydrolýze v neutrálním roztoku detergentu laurylsulfátu sodného, přičemž tzv. rozpustná frakce uniká během stanovení do inkubačního roztoku [71].

Bylo připraveno neutrálně-detergentní činidlo (NDC): 120 g činidla a 20 ml trietylglykolu bylo doplněno vodou do 2 l (pH = 6,9 – 7,1). Do 2 l NDC bylo přidáno 20 g siřičitanu sodného a 4 ml α -amylázy a došlo k zisku neutrálně-detergentního roztoku

(NDR). První část stanovení byla stejná jako v případě stanovení hrubé vlákniny (viz kapitola 5.4.1). Po vložení sáčků do nosiče byl do přístroje nalit NDR, bylo zapnuto míchání a topení (100 °C) a přístroj byl uzavřen na 75 minut. Po vypuštění roztoku pomocí vypouštěcího ventilu a otevření přístroje došlo k trojnásobnému propláchnutí horkou vodou, vždy se 4 ml α -amylázy. Konečný proplach byl proveden studenou vodou, aby došlo k ochlazení přístroje a jednotlivých sáčků. Další postup byl opět stejný jako v případě CF (kapitola 5.4.1) [113]. Výsledkem byl průměr za tři stanovení.

Obsah neutrálně-detergentní vlákniny v % hm. byl vypočten dle vztahu:

$$NDF = \frac{(m_3 - m_1 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 \cdot c_2)}{m_2} \cdot 100$$

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1}$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1}$$

kde NDF ... obsah neutrálně-detergentní vlákniny [% hm.],

m_1 hmotnost prázdného sáčku [g],

m_2 hmotnost navážky vzorku [g],

m_3 hmotnost sáčku po vysušení [g],

m_4 hmotnost popele po spálení [g],

c_1 korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze,

c_2 korekce hmotnosti sáčku po spálení,

m_s hmotnost vysušeného prázdného sáčku [g],

m_p hmotnost popele prázdného sáčku [g].

5.5 Stanovení stravitelnosti

Definice stravitelnosti uvádí, že se jedná o část přijaté potravy, kterou organizmus dokáže využít, tj. rozložit, vstřebat a zabudovat do svých struktur. Pro stravitelnost není důležité, jaké živiny jsou v potravě obsaženy, ale zda je daný organizmus dokáže využít. Stanovení

stravitelnosti sušiny (DMD) bylo provedeno kombinovanou hydrolýzou, pomocí enzymu pepsinu (proteázy) a pankreatinu (směs proteázy, amylázy a lipázy) [113, 118].

Do zvážených, v acetonu promytých a odvětraných filtračních sáčků (m_1) bylo naváženo 0,25 g vzorku s přesností na 0,0001 g (m_2). Sáčky se vzorky byly zataveny a spolu s prázdným (korekčním) zataveným sáčkem byly umístěny do inkubačních lahví v množství max. 25 kusů. Do každé inkubační láhve bylo přidáno 1,7 l roztoku HCl ($c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), který byl předem vytemperován na 40 °C a obsahoval 3 g rozpuštěného pepsinu. Láhve byly poté ihned umístěny do inkubátoru Daisy a inkubovány po dobu 4 hodin (odpovídá době trávení potravy v žaludku). Po vyjmutí z inkubátoru a inkubačních lahví byly sáčky několikrát řádně propláchnuty destilovanou vodou. Přebytečná voda byla odstraněna za pomoci filtračního papíru. Následně bylo jako inkubační roztok použito 1,7 l fosfátového pufru (KH_2PO_4 (9,078 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) a $\text{NaH}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ (23,889 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) v poměru 2:8) s pH 7,45, který byl vytemperován na 40 °C a obsahoval 3 g pankreatinu. Po uplynutí inkubační doby, jež činila 24 hodin (průměrná doba trávení potravy v tenkém střevě) byly inkubační láhve umístěny do sušárny nastavené na 80 °C po dobu 30 minut. Během této doby došlo k zmazování škrobu ve vzorcích. Následně byly sáčky opět několikrát promyty destilovanou vodou a přebytek vody byl odstraněn za pomoci filtračního papíru. Sáčky byly sušeny v laboratorní sušárně při teplotě 105 °C po dobu 24 hodin, následně uloženy do exikátoru a po jejich vychladnutí byly zváženy (m_3). Zvážené sáčky byly vloženy do předem vyžíhaného a zváženého porcelánového kelímku a spáleny v muflové peci při 550 °C za 5,5 hodiny. Po vyjmutí z muflové pece byly vloženy do exsikátoru, odkud byly po vychladnutí vyjmuty a zváženy (m_4) [118]. Výsledkem byl průměr ze 3 provedených stanovení.

Stravitelnosti sušiny v % hm. byla vypočtena podle vztahu:

$$DMD = 100 - \frac{100 \cdot DMR}{m_2 \cdot DM} = 100 - \frac{100 \cdot (m_3 - m_1 \cdot c_1)}{m_2 \cdot \frac{S \cdot m_s}{100}}$$

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1}$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1}$$

kde DMD ... stravitelnost sušiny vzorku [% hm.],

DMR ... hmotnost vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení [g],

DM obsah sušiny ve vzorku [g],

S obsah sušiny ve vzorku [% hm.],

m_1 hmotnost prázdného sáčku [g],

m_2 hmotnost navážky vzorku [g],

m_3 hmotnost sáčku po vysušení [g],

m_4 hmotnost popele po spálení [g],

m_s navážka vzorku na stanovení sušiny [g],

c_1 korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze,

c_2 korekce hmotnosti sáčku po spálení.

m_s hmotnost vysušeného prázdného sáčku [g],

m_p hmotnost popele prázdného sáčku [g],

5.6 Statistické vyhodnocení výsledků

Výsledky stanovení obsahu sušiny, popele, hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny a stravitelnosti byly podrobeny statistickému vyhodnocení za použití parametrického testu srovnávající střední hodnoty dvou nezávislých souborů na hladině významnosti 5 %. Ke statistickému hodnocení byl použit program StatK25. Pro výpočet směrodatných odchylek a korelačních koeficientů byl využit program MS Excel.

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

6.1 Stanovení sušiny a popele

Sušina a popel byly stanoveny dle metod uvedených v kapitole 5.3. Výsledné hodnoty obsahy sušiny a popele jsou uvedeny v % hm. jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou (SD) v Tabulkách 6 a 7.

Tabulka 6: Výsledky stanovení sušiny v analyzovaných vzorcích fazolí

Vzorek fazole	Sušina (%)		
	žádná úprava	vaření	klíčení
Strakatá velká	90,7 ± 2,3 ^a A	44,2 ± 1,5 ^a B	36,3 ± 1,4 ^{a,d} C
Pinto	90,6 ± 2,1 ^a A	44,1 ± 1,6 ^a B	39,0 ± 1,5 ^{b,d} C
Červená ledvina	91,0 ± 2,4 ^a A	42,9 ± 1,3 ^{a,d} B	39,6 ± 1,4 ^b C
Mungo	90,8 ± 2,1 ^a A	37,6 ± 1,2 ^{b,c} B	30,9 ± 1,2 ^c C
Adzuki	90,3 ± 2,0 ^a A	39,3 ± 1,3 ^{c,d} B	37,0 ± 1,3 ^d C
Černé oko	90,1 ± 2,3 ^a A	41,0 ± 1,5 ^d B	31,9 ± 1,3 ^c C
Navy bio	86,1 ± 1,9 ^b A	41,5 ± 1,4 ^d B	39,7 ± 1,5 ^b B

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 3). Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv druhu vzorku) následované různými horními indexy se statisticky významně liší (P < 0,05). Průměrné hodnoty v řádcích (vliv úpravy vzorku) následované alespoň jedním stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší (P ≥ 0,05).

Obsah sušiny byl stanoven pomocí vážkové metody usušením vzorků fazole v elektrické sušárně do konstantního úbytku hmotnosti. U vzorků, jež nebyly podrobeny žádné úpravě, se obsah sušiny pohyboval v rozmezí 86,1 – 91,0 %. Nejnižší průměrný obsah sušiny vykazoval vzorek fazole Navy bio (P < 0,05). U všech ostatních vzorků byl zjištěn vyšší obsah sušiny, rozdíl v těchto obsazích ovšem nebyl statisticky průkazný (P ≥ 0,05) a nelze tedy konstatovat, který vzorek měl nejvyšší obsah sušiny. Obecně by měl být obsah sušiny ve fazolích dle vyhlášky č. 329/1997 Sb. pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny

a olejnatá semena, v platném znění, nejméně 84 % (resp. maximální obsah vlhkosti je dle tohoto předpisu 16 %) [119]. Můžeme tedy říci, že námi získané výsledky splňují požadavky výše uvedené vyhlášky, přesněji Přílohy č. 6 – Smyslové a fyzikální požadavky na jakost luštěnin, luštěnin předvařených a luštěnin loupaných.

U vzorků, které byly upraveny vařením, se sušina pohybovala v rozmezí 37,6 – 44,2 %. Nejnižší obsah sušiny zde vykazoval vzorek fazole mungo a adzuki ($P \geq 0,05$), nejvyšší obsah pak měly vzorky fazole strakaté velké a fazole pinto ($P \geq 0,05$).

Vzorky, které byly ponechány naklíčit, měly hodnotu sušiny v rozmezí 30,9 % – 39,7 %. Nejnižší obsah sušiny byl zjištěn u vzorků fazole mungo a černé oko ($P \geq 0,05$). Nejvyšší hodnoty pak vykazovaly vzorky fazole navy bio a červená ledvina ($P \geq 0,05$).

Vlivem klíčení klesl obsah sušiny průměrně o 53,6 %, vlivem vaření o 48,4 % ve srovnání se syrovými vzorky ($P < 0,05$). Pokles obsahu sušiny souvisí s absorpcí vody během namáčení, klíčení a vaření vzorků fazolí [120].

Tabulka 7: Výsledky stanovení popele v analyzovaných vzorcích fazolí

Vzorek fazole	Popel v sušině (%)		
	žádná úprava	vaření	klíčení
Strakatá velká	4,6 ± 0,1 ^a A	2,0 ± 0,1 ^a B	1,8 ± 0,1 ^{a,d} C
Pinto	4,1 ± 0,1 ^b A	1,8 ± 0,1 ^b B	1,9 ± 0,1 ^a B
Červená ledvina	4,3 ± 0,1 ^c A	2,0 ± 0,1 ^a B	1,9 ± 0,1 ^a B
Mungo	3,0 ± 0,1 ^d A	1,1 ± 0,1 ^c B	1,2 ± 0,1 ^b B
Adzuki	3,8 ± 0,1 ^e A	1,4 ± 0,1 ^d B	1,4 ± 0,1 ^c B
Černé oko	3,3 ± 0,1 ^f A	1,4 ± 0,1 ^d B	1,4 ± 0,1 ^c B
Navy bio	4,5 ± 0,2 ^{a,c} A	2,0 ± 0,1 ^a B	1,7 ± 0,1 ^d C

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 3). Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv druhu vzorku) následované různými horními indexy se statisticky významně liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty v řádcích (vliv úpravy vzorku) následované alespoň jedním stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$).

Obsah popele byl stanoven po rozemletí či rozmixování (dle úpravy vzorku) a spálení vzorků v muflové peci. Výsledky byly přepočítány na sušinu syrových vzorků, aby mohly být vzájemně srovnány. V syrových vzorcích se obsah popele pohyboval v rozmezí 3,0 – 4,6 %. Nejnižší obsah popele vykazoval vzorek fazole mungo ($P < 0,05$). Nejvyšší obsah popele pak byl zaznamenán u vzorků fazole strakatá velká a navy bio ($P \geq 0,05$). Běžný obsah popele ve fazolích se pohybuje v rozmezí 3 – 4,5 % dle jednotlivých druhů, což ve většině koresponduje s námi získanými výsledky [121, 122].

U vzorků, které byly upraveny vařením, se obsah popele pohyboval v rozmezí 1,1 – 2 %. Nejnižší hodnoty vykazoval vzorek fazole mungo ($P < 0,05$). Nejvyšší hodnotu pak měly vzorky fazole strakatá velká, červená ledvina a navy bio ($P \geq 0,05$). Signifikantní pokles obsahu popele vlivem vaření byl průměrně 2,3 % v porovnání se syrovými vzorky fazolí ($P < 0,05$) a byl způsoben vyluhováním části rozpustných minerálních látek do vody během vaření vzorků [123].

Vzorky upravené klíčením obsahovaly v průměru 1,2 % – 1,9 % popele v sušině. Nejnižší hodnota byla zaznamenána u vzorku fazole mungo ($P < 0,05$). Nejvyšší hodnoty pak vykazovaly vzorky fazole pinto a červená ledvina ($P \geq 0,05$). K významnému poklesu obsahu popele vlivem klíčení, průměrně o 2,3 % v porovnání se syrovými vzorky ($P < 0,05$) došlo vlivem spotřeby části minerálních látek na procesy probíhající vlivem klíčení a též následkem vyluhování části minerálních látek během namáčení fazolí před klíčením [124, 125]. Obsah popele byl u všech vařených a klíčených vzorků (s výjimkou fazole strakaté a navy) srovnatelný ($P \geq 0,05$).

6.2 Stanovení hrubé vlákniny

Hrubá vláknina, která je nerozpustnou částí vlákniny (celulóza + lignin), byla stanovena dle metody uvedené v kapitole 5.4.1. Pro její stanovení se využilo kombinované hydrolýzy slabé kyseliny a slabé zásady. Výsledné hodnoty obsahu hrubé vlákniny byly přepočítány na sušinu a jsou uvedeny v % hm. jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou (SD) v Tabulce 8.

Tabulka 8: Výsledky stanovení hrubé vlákniny v analyzovaných vzorcích fazolí

Vzorek fazole	Hrubá vláknina v sušině (%)		
	žádná úprava	vaření	klíčení
Strakatá velká	6,3 ± 0,4 ^a A	2,4 ± 0,1 ^a B	3,1 ± 0,1 ^a C
Pinto	5,1 ± 0,2 ^b A	1,9 ± 0,1 ^b B	4,0 ± 0,1 ^b C
Červená ledvina	5,6 ± 0,2 ^c A	2,1 ± 0,1 ^c B	3,0 ± 0,1 ^a C
Mungo	3,6 ± 0,1 ^d A	1,0 ± 0,0 ^d B	2,6 ± 0,1 ^c C
Adzuki	5,3 ± 0,2 ^c A	2,3 ± 0,1 ^a B	3,7 ± 0,1 ^d C
Černé oko	2,9 ± 0,1 ^b A	0,9 ± 0,0 ^d B	1,9 ± 0,1 ^c C
Navy bio	6,0 ± 0,2 ^a A	2,6 ± 0,1 ^e B	3,7 ± 0,1 ^d C

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 3). Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv druhu vzorku) následované různými horními indexy se statisticky významně liší (P < 0,05). Průměrné hodnoty v řádcích (vliv úpravy vzorku) následované alespoň jedním stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší (P ≥ 0,05).

Z tabulky 8 lze vyčíst, že obsah CF v syrových vzorcích fazolí se pohybuje v rozmezí 5,1 – 6,3 %, vyjma fazole mungo a fazole černé oko, u nichž je obsah hrubé vlákniny značně menší (P < 0,05) než u ostatních analyzovaných druhů. Nejvyšší obsah CF byl pak stanoven u vzorku fazole strakatá velká a navy (P ≥ 0,05). Obvyklý obsah hrubé vlákniny ve fazolích se pohybuje dle některých zdrojů v rozmezí 5,7 – 7,6 %, což ve většině případů splňují i námi získané výsledky [122, 126, 127, 128].

U vzorků, které byly upraveny vařením, se obsah hrubé vlákniny pohyboval v rozmezí 0,9 – 2,6 %. Nejmenší obsah byl zjištěn u vzorku fazole černé oko a mungo (P ≥ 0,05), nejvyšší naopak u vzorku fazole navy bio (P < 0,05). Pokles obsahu hrubé vlákniny u vzorků upravených vařením byl v průměru 3,1 % (P < 0,05) a byl způsoben snížením obsahu celulózy, která je hlavní složkou hrubé vlákniny. Během vaření dochází k částečné degradaci celulózy na glukózu, což bylo prokázáno nejedním autorem [127, 129].

Vzorky upravené klíčením obsahovaly v průměru 1,9 – 4 % hrubé vlákniny. Nejnížší hodnotu vykazoval vzorek fazole černé oko (P < 0,05), nejvyšší pak vzorek fazole Pinto (P

< 0,05). Vlivem klíčení došlo rovněž k poklesu hrubé vlákniny oproti vzorkům syrovým, průměrně o 1,8 % ($P < 0,05$), což bylo způsobeno pravděpodobně spotřebováním části složek na procesy, které probíhají vlivem klíčení a též částečnou přeměnou celulózy na výchozí monosacharid, tj. glukózu [125, 130, 131].

6.3 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Neutrálně-detergentní vláknina, která je nerozpustnou částí vlákniny (celulóza + část hemicelulóz + lignin), byla stanovena dle metody uvedené v kapitole 5.4.2. Pro její stanovení se využilo mírné hydrolýzy v neutrálním roztoku detergentu laurylsulfátu sodného, přičemž tzv. rozpustná vláknina při vlastním stanovení uniká do inkubačního roztoku. Výsledné hodnoty obsahu neutrálně-detergentní vlákniny byly přepočítány na sušinu a jsou uvedeny v % hm. jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou (SD) v Tabulce 9.

Z tabulky 9 lze vyčíst, že jednotlivé výsledky v syrových vzorcích fazolí se pohybují ve velkém rozmezí 9,1 – 32,1 %. Nejnižší obsah byl stanoven u fazole černé oko ($P < 0,05$), naopak nejvyšší obsah vykazovala fazole navy bio ($P < 0,05$). Obvyklé hodnoty NDF ve fazolích se dle Americké databáze USDA pohybují průměrně v rozmezí 12,7 – 24,9 % v závislosti na druhu fazole [132].

U vzorků, které byly upraveny vařením, se obsah neutrálně-detergentní vlákniny pohyboval v rozmezí 3 – 19,2 %. Nejmenší a nejvyšší obsah byl zjištěn u vzorku fazole černé oko a navy bio ($P < 0,05$), stejně jako v případě neupravených vzorků. Signifikantní pokles obsahu neutrálně-detergentní vlákniny u vzorků upravených vařením byl průměrně 9,53 % ($P < 0,05$) a byl způsoben snížením obsahu celulózy a hemicelulóz (které jsou hlavními složkami neutrálně-detergentní vlákniny), které se vlivem vaření částečně rozložily na výchozí monosacharidy (glukózu v případě celulózy a arabinózu, xylózu a galaktózu v případě hemicelulóz) [9, 83, 129].

Vzorky upravené klíčením obsahovaly v průměru 5,4 – 23,7 % neutrálně-detergentní vlákniny. Nejnižší hodnotu vykazoval vzorek fazole černé oko ($P < 0,05$), nejvyšší pak vzorek fazole navy ($P < 0,05$), stejně jako u syrových a vařených fazolí. Vlivem klíčení došlo rovněž k poklesu NDF oproti vzorkům syrovým, v průměru o 6 % ($P < 0,05$), což bylo způsobeno pravděpodobně spotřebováním části složek na procesy, které probíhají vlivem klíčení a dále částečnou degradací polymerů na výchozí monosacharidy [9, 83].

Tabulka 9: Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny v analyzovaných vzorcích fazolí

Vzorek fazole	Neutrálně detergentní vláknina v sušině (%)		
	žádná úprava	vaření	klíčení
Strakatá velká	28,8 ± 0,9 ^a A	14,4 ± 0,5 ^a B	19,0 ± 0,6 ^a C
Pinto	17,2 ± 0,6 ^b A	9,7 ± 0,3 ^b B	12,3 ± 0,4 ^b C
Červená ledvina	22,5 ± 0,8 ^c A	11,2 ± 0,4 ^c B	15,7 ± 0,5 ^c C
Mungo	12,4 ± 0,5 ^d A	4,6 ± 0,2 ^d B	7,3 ± 0,3 ^d C
Adzuki	17,4 ± 0,6 ^b A	10,7 ± 0,4 ^c B	14,1 ± 0,4 ^c C
Černé oko	9,1 ± 0,4 ^e A	3,0 ± 0,1 ^e B	5,4 ± 0,2 ^f C
Navy bio	32,1 ± 0,9 ^f A	19,2 ± 0,6 ^f B	23,7 ± 0,8 ^g C

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 3). Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv druhu vzorku) následované různými horními indexy se statisticky významně liší (P < 0,05). Průměrné hodnoty v řádcích (vliv úpravy vzorku) následované alespoň jedním stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší (P ≥ 0,05).

Z hlediska příjmu hrubé i neutrálně-detergentní vlákniny je, dle získaných výsledků (viz Tabulky 8 a 9), vhodnější konzumovat naklíčené fazole, protože klíčené fazole obsahovaly statisticky významně vyšší množství CF i NDF (P < 0,05) než fazole vařené. Na druhou stranu je nutné zohlednit nestravitelnost vlákniny, která zapříčiňuje nižší využitelnost některých živin.

Po stanovení obsahu hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny bylo zjištěno, že obsah hrubé vlákniny je podstatně menší než obsah neutrálně-detergentní vlákniny (průměrně o 14,9 % u syrových vzorků, o 6,4 % u vařených vzorků a o 4,2 % u vzorků klíčených). Toto zjištění odpovídá faktu, že neutrálně detergentní vláknina je složena nejen z celulózy a ligninu, ale oproti hrubé vláknině také z některých hemicelulóz, jejichž obsah je značný, u jednotlivých druhů fazolí je pohybuje v hmotnostním rozmezí 12 – 20,3 % [129]. Hrubá vláknina navíc neudává úplné údaje o kvalitě vlákniny, na základě faktu, že dochází k ztrátě některých

nestravitelných částí, které unikají při stanovení do roztoku. Oproti tomu při stanovení neutrálně-detergentní vlákniny dochází k zachycení všech nerozpustných složek prakticky kvantitativně a NDF tedy vypovídá o obsahu nerozpustné vlákniny více než CF [130, 133].

6.4 Stanovení stravitelnosti

Stravitelnost slouží pro stanovení využitelnosti nutriční hodnoty potravin lidským organismem. Je definována jako množství živiny, které bylo vstřebáno zažívacím ústrojím. Principem *in vitro* stanovení byla kombinovaná hydrolyza vzorků pomocí pepsinu a pankreatinu v inkubátoru *Daisy* (viz kapitola 5.5). Stravitelnost jednotlivých vzorků byla vyjádřena jako stravitelnost sušiny a výsledky jsou uvedeny v % hm. jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou (SD) v Tabulce 10).

Tabulka 10: Výsledky stanovení stravitelnosti v analyzovaných vzorcích fazolí

Vzorek fazole	Stravitelnost sušiny (%)		
	žádná úprava	vaření	klíčení
Strakatá velká	47,8 ± 2,6 ^a A	83,8 ± 3,9 ^a B	77,4 ± 3,1 ^{a,c} C
Pinto	55,2 ± 2,7 ^{b,d} A	89,7 ± 4,0 ^{a,b} B	81,2 ± 3,7 ^{a,b,c} C
Červená ledvina	50,1 ± 2,7 ^{a,d} A	87,9 ± 3,9 ^{a,b} B	80,1 ± 3,6 ^{a,b,c} C
Mungo	61,5 ± 2,8 ^c A	90,5 ± 4,0 ^{a,b} B	83,2 ± 3,7 ^{a,b,c} C
Adzuki	54,0 ± 2,7 ^d A	88,3 ± 4,0 ^{a,b} B	80,9 ± 3,6 ^{a,b,c} C
Černé oko	69,8 ± 2,9 ^e A	91,2 ± 4,1 ^b B	85,3 ± 3,8 ^b B
Navy bio	46,3 ± 2,6 ^a A	85,1 ± 3,9 ^{a,b} B	78,5 ± 3,2 ^c C

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 3). Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv druhu vzorku) následované různými horními indexy se statisticky významně liší (P < 0,05). Průměrné hodnoty v řádcích (vliv úpravy vzorku) následované alespoň jedním stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší (P ≥ 0,05).

Stravitelnost sušiny syrových vzorků fazolí se pohybovala v rozmezí 46,3 – 69,8 %. Nejnižší stravitelnost vykazoval vzorek fazole navy bio (P < 0,05), naopak nejvyšší

stravitelnost vykazoval vzorek fazole černé oko ($P < 0,05$). Obvyklá stravitelnost syrových fazolí se pohybuje v rozmezí 46,7 – 66 % [125].

U vzorků, které byly uvařeny, se obsah stravitelnosti signifikantně zvýšil, průměrně o 33,1 % ($P < 0,05$) a pohyboval se v rozmezí hodnot 83,8 – 91,2 %. Nejnižší hodnota byla zjištěna u vzorku fazole strakatá velká ($P \geq 0,05$). Nejvyšší hodnota pak byla naměřena u vzorku fazole černé oko ($P \geq 0,05$).

U vzorků, které před stanovením byly ponechány naklíčit, došlo opět ke statisticky významnému zvýšení stravitelnosti oproti vzorkům syrovým, průměrně o 26 % ($P < 0,05$). Stravitelnost se u naklíčených vzorků fazolí pohybovala v rozmezí 77,4 – 85,3 %. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u vzorku fazole strakatá velká ($P \geq 0,05$). Nejvyšší stravitelnost pak vykazoval vzorek fazole černé oko ($P \geq 0,05$). Dobrá stravitelnost fazole černé oko koresponduje s nízkým obsahem vlákniny v tomto druhu, podobně jako horší stravitelnost a vysoký obsah vlákniny u fazole strakaté navy.

Vaření a klíčení fazolí má významný vliv na zlepšení stravitelnosti a nutriční hodnoty, jelikož tyto úpravy významně redukuje obsah vlákniny a antinutričních látek, které negativně působí na činnost některých vitaminů, enzymů a minerálních látek, a tím snižují stravitelnost a využitelnost základních živin [134, 135]. V mnoha odborných publikacích byl diskutován vliv vaření a klíčení na výrazné snížení obsahu nestravitelných oligosacharidů (rafinózy, stachyózy, verbaskózy a ajugózy), které způsobují plynatost a jsou jedním z důvodů nízké konzumace fazolí a obecně luštěnin. Bylo také zjištěno, že při vaření a klíčení je redukován obsah tříslovin, inhibitorů enzymů (zejména proteáz), lektinů, saponinů a kyseliny fytové – tedy hlavních antinutričních látek luštěnin [39, 42, 44].

Z hlediska stravitelnosti bylo v této práci prokázáno, že je výhodnější konzumovat fazole vařené než naklíčené, jelikož stravitelnost je u vařených vzorků vyšší, průměrně o 7,1 % ($P < 0,05$). Výjimkou je v tomto ohledu fazole černé oko, která vykazovala srovnatelnou stravitelnost po uvaření i naklíčení ($P \geq 0,05$).

6.5 Korelace mezi stravitelností a obsahem vlákniny

Pro zjištění vztahu mezi obsahem hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny a stravitelnosti byly vypočítány korelační koeficienty, které jsou uvedeny v Tabulce 11.

Tabulka 11: Korelační koeficienty mezi obsahem hrubé vlákniny (CF), neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) a stravitelností sušiny (DMD)

	CF	NDF	
Syrové fazole	0,9331	0,9796	DMD
Vařené fazole	0,8471	0,8950	DMD
Klíčené fazole	0,6377	0,9325	DMD

Z Tabulky 11 je patrné, že obsah vlákniny velmi dobře koreluje se stravitelností; s výjimkou korelace mezi CF a DMD u klíčených fazolí přesáhly všechny korelační koeficienty hodnotu 0,84. V případě syrových fazolí pak byly oba korelační koeficienty dokonce vyšší než 0,93. Bylo tedy potvrzeno, že s rostoucím obsahem vlákniny klesá stravitelnost a naopak, což je široce diskutovaný fakt [122, 125, 128]. Jak již bylo uvedeno v kapitole 6.3, NDF je vhodnějším ukazatelem obsahu nerozpustné vlákniny než CF [130, 133] a jak vyplývá z Tabulky 11, také lépe koreluje se stravitelností (korelační koeficienty jsou pro NDF vyšší u syrových, vařených i klíčených fazolí).

ZÁVĚR

Fazole jsou z nutričního hlediska pro lidský organizmus velice prospěšné a to především díky vysokému obsahu bílkovin, které jsou svou kvalitou významově ihned za bílkovinami živočišnými. Obsahují příznivé množství sacharidů, zvláště škrobu, neobsahují cholesterol, což má příznivý vliv v prevenci kardiovaskulárních a nádorových onemocnění. Svým vysokým obsahem oligosacharidů však způsobují nadýmání, což lze omezit několika hodinovým máčením před kulinární úpravou. A neméně podstatný je také obsah vlákniny, vitaminů (především skupiny B) a minerálních látek. Na druhou stranu jsou fazole zdrojem antinutričních látek.

V rámci diplomové práce byly analyzovány vzorky fazole adzuki, mungo, červená ledvina, černé oko, pinto, navy a strakatá velká. Analýzy vzorků byly provedeny jak v syrovém stavu, tak upraveném, a to vařením a klíčením. U všech vzorků bylo stanoveno množství sušiny, popele, hrubé, neutrálně-detergentní vlákniny a jejich stravitelnost.

Stanovení obsahu sušiny bylo provedeno vázkovou metodou a její průměrný obsah ve vzorcích fazolí byl u syrových vzorků 89,9 %, vařených 41,5 % a klíčených 36,3 %. Obsah popele byl stanoven spálením vzorků v muflové peci a jeho průměrný obsah ve vzorcích fazolí byl u syrových vzorků 3,9 %, vařených 1,7 % a klíčených 1,6 %. Vlivem vaření i klíčení tedy došlo k snížení obsahu sušiny a popele.

Stanovení obsahu vlákniny potravin patří k základním stanovením sloužící ke zjištění nutriční hodnoty potravin. Nejnižší obsah CF a NDF vykazoval vzorek fazole černé oko a to jak v syrovém, tak i vařeném a naklíčeném stavu. Nejvyšší obsah vlákniny pak byl ve většině případů zaznamenán u fazole navy a strakaté velké. Následkem vaření došlo ke zvýšení stravitelnosti průměrně o 33 % a klíčením o 26 %. Nejlepší stravitelnost, po obou úpravách, vykazoval vzorek fazole černé oko, naopak nejméně stravitelné byly fazole strakaté a navy. Tím bylo potvrzeno, že obsah vlákniny se podílí značnou mírou na stravitelnosti potravin.

Závěrem je možno říci, konzumaci fazolí lze doporučit, především s ohledem na vysoký obsah vlákniny, které je v dnešním jídelníčku lidí značný nedostatek. Obsah vlákniny zůstal ve fazolích relativně vysoký i po uvaření a naklíčení. Navíc došlo těmito úpravami k podstatnému zlepšení jejich stravitelnosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ODBOR ROSTLINNÝCH KOMODIT Mze ČR. *Situační a výhledová zpráva luskoviny*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2007. ISBN 978-80-7084-609-4
- [2] SILVA-CRISTOBAL, L. a kol. Chemical composition, carbohydrate digestibility, and antioxidant capacity of cooked black bean, chickpea, and lentil Mexican varieties. *Cyta-Journal of Food*. 2010, roč. 8, č. 1, s. 7 – 14. ISSN 1947-6345
- [3] LAHOLA, Josef a kol. *Luskoviny, pěstování a využití*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1990. ISBN 80-209-0127-2
- [4] HRABĚ, Jan a Aleš KOMÁR. *Technologie, zbožíznalství a hygiena potravin*. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska ve Vyškově, 2003. ISBN 80-7231-107-7
- [5] 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
- [6] HOUBA, Miroslav a kol. *Luskoviny: pěstování a využití*. České Budějovice: Kurent, 2009. ISBN 978-80-87111-19-2
- [7] TICHÁ, Markéta a Petra VYZÍNOVÁ. *Polní plodiny*. Brno: VFU, 2006, 41 s. ISBN 80-324-4371-8
- [8] LI, W., CH. SHU, S. YAN a Q. SHEN. Characteristics of sixteen mung bean cultivars and their protein isolates. *International Journal of Food Science & Technology*. 2010, roč. 45, č. 6, s. 1205 – 1211. ISSN 0950-5423
- [9] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 1*. 2. vyd. Tábor: OSSIS, 2002. 331 s. ISBN 80-86659-00-3
- [10] STROSSEROVÁ, Alena a Jana DOSTÁLOVÁ. Luštěniny. *Výživa a potraviny*. 2009, č. 5, s. 66 – 67. ISSN 1211-846X
- [11] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2*. Tábor: Osis, 2002. ISBN 80-866-59-01-1
- [12] MACHAIAH, J. P. a M. D. PEDNEKAR. Carbohydrate Composition of low dose radiation-processed legumes and reduction in flatulence factors. *Food Chemistry*. 2002, roč. 79, č. 3, s. 293-301. ISSN 0308-8146

- [13] POKLUDA, Robert. *Pěstujeme zeleninu*. 1. vyd., Velké Bílovice: TeMi, 2009. ISBN 978-80-87156-36-0
- [14] GREGORA, Martin a Dana ZÁKOSTELECKÁ. *Jídelníček kojenců a malých dětí*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009, 176 + 24 s. ISBN 978-80-247-2716-5
- [15] PRUGAR, Jaroslav a kol. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, 2008, 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2
- [16] HRNČÍŘOVÁ, D., J. RAMBOUSKOVÁ, A. BLAHOVÁ, P. DLOUHÝ a M. FLORIÁNKOVÁ. *Výživa a zdraví*. Praha: Ministerstvo zemědělství (Odbor bezpečnosti potravin) 2012, 39 s. ISBN 978-80-7434-071-0
- [17] DVOŘÁKOVÁ, Alena. *Jídlo jako jed, jídlo jako lék*. Praha: Reader's Digest Výběr, 1998, 400 s. ISBN 80-902069-7-2
- [18] CLARK, Nancy. *Sportovní výživa*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. 352 s. ISBN 978-80-247-2783-7
- [19] Fazole. In: *Natural centrum* [online]. [cit. 2013-11-29]. Dostupný z: <http://www.naturalcentrum.cz/vismo/dokumenty2.asp?id=1006>
- [20] Černé oko. In: *Fitweb.cz* [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupný z: <http://www.fitweb.cz/clanky/kuchyne/301725-cerne-oko-a-spol>
- [21] STAŇKOVÁ-KRÖHNOVÁ, Magdaléna. *Bylinky pro děti a maminky*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009, 264 s. ISBN 978-80-247-2312-9
- [22] Bilance rostlinných výrobků za 2. pololetí 2012. In: *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2015-03-04]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/2012edicniplan.nsf/p/2108-12>
- [23] Fazol. In: *Zemědělské komodity* [online]. [cit. 2013-12-09]. Dostupný z: <http://www.zemedelskekomodity.cz/index.php/roslinna-vyroba-menu/luskoviny/fazol>
- [24] Pěstování fazolí. In: *iReceptář.cz* [online]. [cit. 2013-11-29]. Dostupný z: <http://www.ireceptar.cz/zahrada/uzitkova-zahrada/pestovani-fazoli-pro-barevna-zrna-i-lahodne-lusky/>
- [25] Polní plodiny. In: *Luskoviny* [online] Veterinární a farmaceutická univerzita Brno [cit. 2015-01-20]. Dostupný z: <http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/luskoviny.htm>

- [26] HOSNEDL, V., J. VAŠÁK a L. MEČIAR. a kol. *Rostlinná výroba II (luskoviny, olejniny)*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 1998, 165 s. ISBN 80-213-0153-8
- [27] CLARK, Nancy. *Výživa pro běžce*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009, 104 s. ISBN 978-80-247-3121-6
- [28] POKORNÝ, Jan a Jana DOSTÁLOVÁ. Luštěniny, jejich složení a výživová hodnota. *Výživa a potraviny*. 1996, roč. 51, č. 5, s. 133 – 135. ISSN 1211-846X
- [29] HEDLEY, Cliff. *Carbohydrates in grain legume seeds*. Wallingford: CABI Publishing, 2001, 322 s. ISBN 0-85199-467-9
- [30] ŽDÁRSKÝ, Josef a Vladimír BENDA. *Biologie II*. Praha: VŠCHT, 1992. ISBN 80-7080-168-9
- [31] THARANATHAN, 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
- [32] HUMA, Nuzhat a kol. Effect of soaking and cooking on nutritional quality and safety of legumes. *Nutrition & Food Science*. 2008, roč. 38, č. 6, s. 570 – 577. ISSN 0034-6659
- [33] TIWARI, Brijesh a Nampinder SINGH. *Pulse Chemistry and Technology*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2012. ISBN 978-1-84973-331-1
- [34] HRABĚ, J., O. ROP a I. HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. Zlín: UTB, 2006. ISBN 80-7318-372-2
- [35] SAI, S., S. KETNAWA, P. CHAIWUT a S. RADWKUEN. Biochemical and functional properties of proteins from red kidney, navy and adzuki beans. *Asian Journal of Food and Agroindustry*. 2009, roč. 2, č. 4, s. 493 – 504. ISSN 1906-3040
- [36] BROUGHTON, William a kol. Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. *Plant and Soil*. 2003, roč. 252, č. 1, s. 55 – 128. ISSN 0032-079X
- [37] BLATNÁ, Jarmila. *Výživa na začátku 21. století aneb o výživě aktuálně a se zárukou*. Praha: Společnost pro výživu, 2005. ISBN 80-2396202-7
- [38] NORTON, G. Proteins inhibitors. In: D'EMELLO, J. P. F., C. M. DUFFUS a J. H. DUFFUS. *Toxic substance in crop plants*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1991, s. 68 – 106. ISSN 2319-670X

- [39] KONVIČNÁ-PIPALOVÁ, Sylva. *Studium nutriční hodnoty vybraných luštěnin*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, disertační práce, 2010
- [40] Luskoviny. In: *Veterinární a farmaceutická univerzita Brno* [online]. [cit. 2014-3-4]. Dostupné z: <http://vfu-www.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/luskoviny.htm>
- [41] TOLEDO, M.N.V., L.C. ROCHA, A.G. SILVA a 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
- [42] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 3*. 2. vyd. Tábor: OSSIS, 2002, 343 s. ISBN 80-86659-02X
- [43] CAVADA, B. S. a kol. Primary structures and function of plant lectins. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. 1993, roč. 5, č. 2, s. 193 – 201. ISSN 0103-3131
- [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, Ernst a John W. EATON. Antioxidant functions of phytic acid. *Free Radical Biology and Medicine*. 1990, roč. 8, č. 1, s. 61 – 69. ISSN 0891-5849
- [46] MIŠURCOVÁ, Ladislava. *Základy biologie*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2. vyd. 2008, 160 s. ISBN 978-80-7318-434-6
- [47] PROCHÁZKA, S., I. MACHÁČKOVÁ, J. KREKULE a J. ŠEBÁNEK. *Fyziologie rostlin*. Praha: Academia, 2003, 484 s. ISBN 80-200-0586-2
- [48] BEWLEY, Derek a Michael BLACK. *Seeds: physiology of development and germination*. New York: Plenum Press, 1985, 367 s. ISBN 0-306-41687-5
- [49] Stages of Germination. In: *National Gardening Association* [online]. [cit. 2013-12-14]. Dostupný z: <http://assoc.garden.org/onlinecourse/Part15.htm>
- [50] Klíčení. In: *Skripta ČZU* [online]. [cit. 2013-12-13]. Dostupný z: http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=130
- [51] MESSINA, Mark. J. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1990, roč. 70, s. 439 – 450. ISSN 0002-9165
- [52] Seed Germination and Early Development – Bean. In: *SUNY Cortland Facultyweb* [cit. 2013-12-14]. Dostupný z: <http://facultyweb.cortland.edu/klotz/GenericPage.asp?recID=201>

- [53] DOSTÁLOVÁ, Jana a Pavel KADLEC. Změny α -galaktosidů během technologického zpracování luštěnin. *Chemické listy*. 2003, roč. 97, č. 8, s. 779 – 780. ISSN 0009-2770
- [54] STRNADELOVÁ, Vladimíra a Jan ZERZÁN. *Radost ze zdravých dětí: preventivní i léčebná strava pro celou rodinu*. 2., rozš. vyd. Olomouc: ANAG, 2010, 416 s. ISBN 978-80-7263-620-4
- [55] JABLONSKÝ, Ivan. *Pěstujeme klíčící osivo a výhonky*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2005, 96 s. ISBN 80-247-1114-1
- [56] WIGMORE, Ann. *Klíčení rostlin*. Hodkovičky [Praha]: Pragma, 2007, 119 s. ISBN 978-80-7349-075-1
- [57] Adzuki. In: *Country Life* [online]. [cit. 2013-11-26]. Dostupný z: <http://www.countrylife.cz/fazole-adzuki-500-g-country-life>
- [58] Miniprůvodce světem fazolí. In: *Ihned.cz* [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupný z: <http://life.ihned.cz/c1-59350490-pruvodce-druhy-fazoli#fotogalerie-gf502484-1-2211050>
- [59] Mungo. In: *Depositphotos* [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupný z: <http://depositphotos.com/16242539/stock-photo-Mung-beans.html>
- [60] Červená ledvina In: *Country Life* [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupný z: <http://www.countrylife.cz/fazole-cervena-ledvina-500-g-country-life>
- [61] Červená ledvina. In: *Zdravíček* [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupný z: <http://www.zdravicek.cz/clanky/bio-fazole-cervena-ledvinka>
- [62] Černé oko. In: *Country Life* [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupný z: <http://www.countrylife.cz/fazole-cerne-oko-500-g-country-life>
- [63] Vigna čínská. In: *Abecedazahrady.cz* [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupný z: <http://abecedazahrady.dama.cz/clanek/vigna-cinska-divna-fazole-vtrhla-do-ceske-zahrady-i-kuchyne>
- [64] Pinto. In: *Bioobchod.cz* [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupný z: <http://www.bioobchod.cz/fazole-pinto-500g-bio-country-life/d-70390/>
- [65] Černé oko. In: *Foodish* [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupný z: <http://www.foodish.eu/sortiment-vyrobkulusteniny/fazole/fazole-cerne-oko>
- [66] Pinto. In: *Foodish* [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupný z: <http://www.foodish.eu/sortiment-vyrobkulusteniny/fazole/fazole-barevna-zihana>

- [67] Navy bio. In: *Country Life* [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupný z: <http://www.countrylife.cz/fazole-navy-500-g-bio-country-life>
- [68] Strakatá velká. In: *Foodish* [online]. [cit. 2013-11-30]. Dostupný z: <http://www.foodish.eu/sortiment-vyrodku/lusteniny/fazole/fazole-purpurova-cerna-strakata>
- [69] Vlákna v potravinách. In: *Výskumný ústav potravinársky* [online]. [cit. 2013-12-18]. Dostupný z: <http://www.vup.sk/index.php?start&mainID=1&navID=43>
- [70] van der KAMP, J. W., J. JONES, B. McCLEARLY a D. TOPPING. *Dietary fibre new frontiers for food and health*. Amsterdam: Wageningen Academic Publishers, 2010, 586 s. ISBN 978-90-8686-128-6
- [71] MCCLEARY, B. V. a kol. Collaborative Study Report: Determination of Insoluble, Soluble, and Total Dietary Fiber (Codex Definition) by an Enzymatic-Gravimetric Method and Liquid Chromatography. *Cereal Foods World*. 2011, roč. 56, č. 6 s. 238 – 247. ISSN 0146-6283
- [72] KOVÁČIKOVÁ, E., A. VOJTAŠŠÁKOVÁ, J. MOSNÁČKOVÁ, J. PASTOROVÁ, K. HOLČÍKOVÁ, E. SIMONOVÁ a M. KOŠICKÁ. *Vlákna v potravinách*. Nitra: ÚVTIP, 2003, 29 s. ISBN 80-89088-27-9
- [73] MÜLLEROVÁ, Dana. *Zdravá výživa a prevence civilizačních nemocí ve schématech*. Praha: Triton, 2003, 99 s. ISBN 80-7254-421-7
- [74] WILHELM, Zdeněk. *Výživa v onkologii*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2001, 191 s. ISBN 80-7013-326-0
- [75] Vlákna. In: *Zpravodajský server Lidových novin* [online]. [cit. 2013-12-18]. Dostupný z: http://www.lidovky.cz/vlaknina-jak-je-dulezita-a-kolik-bychom-jimeli-snist-f92-/dobra-chut.aspx?c=A100125_110517_dobra-chut_glu
- [76] Přínosy vlákniny. In: *Vlákna.cz* [online]. [cit. 2013-12-18]. Dostupný z: <http://www.vlaknina.estranky.cz/clanky/prinosy-vlakniny.html>
- [77] KVASNIČKOVÁ, Alexandra. *Sacharidy pro funkční potraviny: probiotika – prebiotika – symbiotika*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000, 81 s. ISBN 80-7271-001-X
- [78] Vlákna. In: *Vlákna.cz* [online]. [cit. 2013-12-18]. Dostupný z: <http://vlaknina.cz/>

- [79] HOZA, Ignác a Daniela KRAMÁŘOVÁ. *Potravinářská biochemie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005, 168 s. ISBN 80-7318295-5
- [80] DAVÍDEK, J., G. JANÍČEK, a J. POKORNÝ. *Chemie potravin*. Praha: SNTL, 1983, 629 s.
- [81] KADLEC, Pavel. *Procesy potravinářských a biochemických výrob*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003, 308 s. ISBN 80-7080-527-7
- [82] DUMITRIU, Severian. *Polysaccharides: structural diversity and functional versatility*. 2. vyd. New York: Marcel Dekker, 2005, 1204 s. ISBN 0-8247-5480-8
- [83] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 580 s. ISBN 978-80-86659-17-6
- [84] SAHA, Badal. C. Hemicellulose bioconversion. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 2003, roč. 30, č. 5, s. 279 – 291. ISSN 1367-5435
- [85] VODRÁŽKA, Zdeněk. *Biochemie II: Živý systém jako chemický stroj*. Praha: Academia, 1992, 135 s. ISBN 80-200-0441-6
- [86] KALÁČ, Pavel. *Organická chemie přírodních látek a kontaminantů*. České Budějovice: Jihočeská Univerzita, Zemědělská fakulta, 2001, 120 s. ISBN 80-7040-520-1
- [87] KULICOVÁ, Dagmar a kol. *Nauka o poživatinách*. Martin: Osveta, 2001, 159 s. ISBN 80-8063-165-4
- [88] ŠIMKO, M., Z. ČEREŠŇÁKOVÁ, D. BÍRO, M. CHRENKOVÁ, J. KOPČEKOVÁ, M. JURÁČEK a B. GÁLIK. *Sacharidy vo výžive prežívavcov*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2010. 141 s. ISBN 978-80-552-0337-9
- [89] HRABĚ, J., F. BUŇKA a I. HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu pro kombinované studium*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, 189 s. ISBN 978-80-7318-520-6
- [90] Škrob. In: *Fytomasa* [online]. [cit. 2013-12-19]. Dostupný z: <http://www.fytomasa.cz/cz/page/80/skrob-cukr.h13tml>
- [91] Postup výroby škrobu. In: *Lyckeby Amylex* [online]. [cit. 2013-12-19]. Dostupný z: <http://www.lyckeby.cz/cz/skrob/produkty/36>

- [92] MIŠURCOVÁ, Ladislava a Stanislav KRÁČMAR. Stanovení stravitelnosti produktů ze sladkovodních a mořských řas. *Potravinářstvo*. 2010, roč. 4, č. 1, s. 64 – 70. ISSN 1337-0960
- [93] Zdravá vláknina. In: *Penam* [online]. [cit. 2013-12-31]. Dostupný z: <http://www.penam.cz/cs/budte-fit/spravny-zivotni-styl/zdrava-vlaknina/>
- [94] HOLEČEK, Milan. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2006, 288 s. ISBN 80-247-1562-7
- [95] CROSBY, Guy. Lignans in Food and Nutrition. *Food Technology*. 2005, roč. 59, č. 5, s. 32 – 34. ISSN 0015-6639
- [96] PELIKÁN, Miloš. Obiloviny jako funkční potravina. *Potravinářská revue*. 2005, č. 4, s. 13 – 15. ISSN 1801-9102
- [97] KALAČ, Pavel. *Funkční potraviny: kroky ke zdraví*. České Budějovice: DONA, 2003, 130 s. ISBN 80-7322-029-6
- [98] Sacharidy. In: *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. [cit. 2013-12-20]. Dostupný z: <http://web.vscht.cz/~koplkr/Sacharidy.pdf>
- [99] ZAMRAZILOVÁ, Elvíra. *Vláknina potravy – význam ve výživě a v klinické medicíně*. Praha: Avicenum, 1989, 80 s. ISBN 08-092-89
- [100] TUNGLAND, B. C. a Diederick MEYER. Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2002, roč. 1, č. 3, s. 73 – 91. ISSN 1541-4337
- [101] MANAS, E. a Fulgencio CALIXTO-SAURA. Ethanolic precipitation: A source of error on dietary fibre determination. *Food Chemistry*. 1993, roč. 47, č. 4, s. 351 – 355. ISSN 0308-8146
- [102] TEPER, Ivan. ANKOM 220 – nový přístup ke stanovení vlákniny. *Krmivářství*, 2000, č. 4, s. 20 – 21. ISSN 1212-9992
- [103] Operator's Manual. In: *ANKOM technology* [online]. [cit. 2013-12-30]. Dostupný z: http://www.ankom.com/media/documents/A200series_Manual_RevB_011110.pdf
- [104] WONG, Ka-Hing a Peter Chi Keung CHEUNG. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds. Part II. *In vitro* protein digestibility and

- amino acid profiles of protein concentrates. *Food Chemistry*. 2001, roč. 72, č. 1, s. 11 – 17. ISSN 0308-8146
- [105] GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie*. Jinočany: H & H, 1995, 681 s. ISBN 80-85787-36-9
- [106] CAMPBELL, Neil a Jane REECE. *Biology*. San Francisco: Pearson/Benjamin Cummings, 2005. 1231 s. ISBN 0-8053-7146-X
- [107] JELÍNEK, Jan. *Biologie a fyziologie člověka a úvod do studia obecné genetiky*. Olomouc: Publisher, 2003, 223 s. ISBN 80-7182-138-1
- [108] TROJAN, Stanislav a kol. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2003, 771 s. ISBN 80-247-0512-5
- [109] MATOUŠ, Bohuslav. *Základy lékařské chemie a biochemie*. Praha: Galén, 2010, 540 s. ISBN 978-80-7262-702-8
- [110] KITTNAR, Otomar a kol. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2011, 790 s. ISBN 978-80-247-3068-4
- [111] SILBERNAGL, Stefan a Agamemnon DESPOPOULOS. *Atlas fyziologie člověka*. 3. vyd., Praha: GRADA, 2004, 435 s. ISBN 80-247-0630-X
- [112] KODÍČEK, Milan. Pepsin. In: *Biochemické pojmy: výkladový slovník* [online]. Praha: VŠCHT Praha, 2007 [cit. 2013-12-31]. Dostupný z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002_v1/hesla/pepsin.html
- [113] MIŠURCOVÁ, Ladislava. *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka*. Zlín: UTB ve Zlíně, Dizertační práce, 2008, 120 s.
- [114] Operator's Manual. In: *ANKOM technology* [online]. [cit. 2013-12-30]. Dostupný z: http://www.ankom.com/media/documents/D200_D200I_MANUAL_REV_B_101713.pdf
- [115] DAVÍDEK, Jiří a kol. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. Praha: SNTL, 1977
- [116] ČSN 46 1011-20. *Zkoušení obilovin, luštěnin a olejnin. Zkoušení luštěnin. Stanovení vlhkosti*. Praha: Český normalizační institut, 1988
- [117] ČSN ISO 2171. *Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich. Stanovení obsahu popela spalováním*. Praha: Český normalizační institut, 2008. 16 s.

- [118] SAMEK, Dušan. *Vliv kuchyňské úpravy na stravitelnost sójových produktů*. Zlín, 2009. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav chemie a technologie potravin
- [119] Vyhláška č. 329/1997 Sb. pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena, v platném znění [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_vyhlaska-1997-329-potraviny.html
- [120] ZHANG, L. a M. J. MCCARTHY. NMR study of hydration of navy bean during cooking. *Food Science and Technology*. 2013, roč. 53, č. 2 s. 402 – 408. ISSN 0023-6438
- [121] LISIEWSKA, Z., KMIĘCIK, W. a P. GĘBCZYŃSKI. Effect of maturity stages on the content of ash components in raw, frozen and canned broad beans. *Food Chemistry*. 1999, roč. 67, č. 2 s. 155 – 162. ISSN 0308-8146
- [122] KHATTAB, R. Y., ARNTFIELD, S. D. a C. M. NYACHOTI. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments, Part 1: Protein quality evaluation. *Food Science and Technology*. 2009, roč. 42, č. 6, s. 1107 – 1112. ISSN 0023-6438
- [123] PHILLIPS, Glyn O. a Peter A. WILLIAMS. *Handbook of food proteins*. 1st ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011. ISBN 978-1-84569-758-7
- [124] CAMACHO, L., C. SIERRA, R. CAMPOS, E. GUZMAN a D. MARCUS. Nutritional changes caused by germination of staple Chilean legumes. *Archivos Latinoamericanos de Nutrition*. 1992, roč. 42, č. 3, s. 283 – 290. ISSN 0004-0622
- [125] GHAVIDEL, R. A. a J. PRAKASH. The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and in vitro starch and protein digestibility of some legume seeds. *Food Science and Technology*. 2007, roč. 40, č. 7, s. 1292 – 1299. ISSN 0023-6438
- [126] COSTA, G.E.D.A., K.D.S. QUEIROZ-MONICI, S.M.P.M. REIS a C.D. OLIVERA. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*. 2006, roč. 94, č. 3, s. 327 – 330. ISSN 0308-8146

- [127] BRUMMER, Y., KAVIANI, M. a S. M. TOSH. Structural and functional characteristics of dietary fibre in beans, lentils, peas and chickpeas. *Food Research International*. 2015, roč. 67, č. 1 s. 117 – 125. ISSN 0963-9969
- [128] VASAGAM, K. P. K. a M. RAJKUMAR. Beneficial influences of germination and subsequent autoclaving of grain legume on proximate composition, antinutritional factors and apparent digestibility in black tiger shrimp, *Penaeus monodon* Fabricius. *Aquaculture Nutrition*. 2011, roč. 17, č. 2, s. 188 – 195. ISSN 1365-2095
- [129] REHINAN, Z., M. RASHID a W.H. SHAH. Insoluble dietary fibre components of food legumes as affected by soaking and cooking processes. *Food Chemistry*. 2004, roč. 85, č. 2, s. 245 – 249. ISSN 0308-8146
- [130] RAGHUVANSHI, R. S, S. SINGH, K. BISHT a D. P. SINGH. Processing of mungbean products and its nutritional and organoleptic evaluation. *International Journal of Food Science and Technology*. 2011, roč. 46, č. 7, s. 1378 – 1387. ISSN 0950-5423
- [131] AKPAPUNAM, M. A. a S. SEFA-DEDEH. Some physicochemical properties and anti-nutritional factor of raw, cooked and germinated Jack bean (*Canavalia ensiformis*). *Food Chemistry*. 1997, roč. 59, č. 1 s. 121 – 125. ISSN 0308-8146
- [132] USDA, *National Nutrient Database for Standard Reference* [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>
- [133] Stanovení vlákniny. In: *Veterinární a farmaceutická univerzita Brno* [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: http://soubory.vfu.cz/fvhe/Ustav_vyzivy_zvirat/chemicka_analyza_krmiv/metodiky/adfndf.pdf
- [134] CHITRA, U., U. SINGH a P. V. RAO. Phytic acid, in vitro protein digestibility, dietary fiber and minerals of pulses as influenced by processing methods. *Plant Foods for Human Nutrition*. 1996, roč. 49, č. 4, s. 307 – 316. ISSN 0921-9668
- [135] SWIECA, M., B. BARANIAK a U. GAWLIK-DZIKI. In vitro digestibility and starch content, predicted glycemic index and potential in vitro antidiabetic effect of lentil sprouts obtained by different germination techniques. *Food Chemistry*. 2013, roč. 138, č. 2 – 3, s. 1414 – 1420. ISSN 0308-8146

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AACC	American Association of Cereal Chemists
ADF	Acido-detergentní vláknina
ADL	Acido-detergentní lignin
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ATP	Adenosintrifosfát
CF	Hrubá vláknina
DMD	Stravitelnost sušiny vzorku
FBT	Technologie filtračních sáčků
NDČ	Neutrálně-detergentní činidlo
NDF	Neutrálně-detergentní vláknina
NDR	Neutrálně-detergentní roztok
OMD	Stravitelnost organické hmoty vzorku
P	Popel
PVC	Polyvinylchlorid
S	Sušina
SD	Směrodatná odchylka

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Řez osemním zrna fazolu [7]</i>	15
<i>Obrázek 2: Řez kotyledony [7]</i>	16
<i>Obrázek 3: Semeno fazolu [49]</i>	21
<i>Obrázek 4: Klíčení semene a vývoj fazolu [52]</i>	21
<i>Obrázek 5: Fazole adzuki [58]</i>	23
<i>Obrázek 6: Fazole mungo [59]</i>	24
<i>Obrázek 7: Fazole červená ledvina [58]</i>	25
<i>Obrázek 8: Fazole černé oko [65]</i>	26
<i>Obrázek 9: Fazole pinto [66]</i>	26
<i>Obrázek 10: Fazole navy [58]</i>	27
<i>Obrázek 11: Fazole strakatá velká [68]</i>	27
<i>Obrázek 12: ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer [103]</i>	34
<i>Obrázek 13: Daisy inkubátor [114]</i>	37

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Průměrné složení semen luštěnin [28]</i>	16
<i>Tabulka 2: Průměrný obsah vitaminů v semenech luštěnin (mg.100g⁻¹) [28].....</i>	18
<i>Tabulka 3: Průměrný obsah minerálních látek a stopových prvků v semenech luštěnin (mg.100g⁻¹) [28]</i>	19
<i>Tabulka 4: Účinky vlákniny na organismus [97].....</i>	32
<i>Tabulka 5: Charakteristika použitých vzorků fazolí.....</i>	41
<i>Tabulka 6: Výsledky stanovení sušiny v analyzovaných vzorcích fazolí</i>	49
<i>Tabulka 7: Výsledky stanovení popele v analyzovaných vzorcích fazolí.....</i>	50
<i>Tabulka 8: Výsledky stanovení hrubé vlákniny v analyzovaných vzorcích fazolí.....</i>	52
<i>Tabulka 9: Výsledky stanovení neutrálně-detergentní vlákniny v analyzovaných vzorcích fazolí.....</i>	54
<i>Tabulka 10: Výsledky stanovení stravitelnosti v analyzovaných vzorcích fazolí.....</i>	55