

Stravitelnost a obsah vlákniny ve vybraných druzích fazolí

Bc. Eliška Eliášová

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Eliška ELIÁŠOVÁ**
Osobní číslo: **T11613**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Stravitelnost a obsah vlákniny ve vybraných druzích fazolí**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Fazole, jejich chemické složení, význam ve výživě, nejběžnější druhy fazolí
2. Vlákna, její druhy a fyziologický význam
3. Trávicí trakt, trávení základních živin včetně působení trávicích enzymů

II. Praktická část

1. Stanovení neutrálně detergentní a hrubé vlákniny ve vybraných druzích fazolí
2. Stanovení stravitelnosti ve vybraných druzích fazolí



Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. MATOUŠ, B. a kol. Základy lékařské chemie a biochemie. Praha: Galén, 2010. 540 s. ISBN 978-80-7262-702-8
2. PAMPLONA-ROGER, G.D. Encyklopedie léčivých potravin. Praha: Advent-Orion, 2005. 385 s. ISBN 80-7172-542-0
3. LI, W., SHU, Ch., YAN, S., SHEN, Q. Characteristics of Sixteen Mung Bean Cultivars and Their Protein Isolates. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 45, s. 1205-1211. ISSN 0950-5423
4. LIN, P., LAI, H. Bioactive Compounds in Legumes and Their Germinated Products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54, s. 3807-3814. ISSN 0021-8561

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Zuzana Lazárková, Ph.D.

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce:

6. ledna 2012


Termín odevzdání diplomové práce:

21. května 2012

Ve Zlíně dne 15. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Eliška Eliášová, Bc.

Obor: THEVP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 7. 5. 2012

Eliška Eliášová

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola 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.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá stravitelností a obsahem vlákniny ve vybraných druzích fazolí. Teoretická část diplomové práce charakterizuje vybrané druhy fazolí, jejich chemické složení a význam ve výživě člověka. Také je zde definována vláknina, její chemické složení, rozdělení podle rozpustnosti ve vodě, vlastnosti a fyziologický význam. Poslední dvě kapitoly jsou pak věnovány trávicímu traktu a trávení základních živin včetně působení trávicích enzymů. Praktická část je zaměřena na stanovení obsahu vlhkosti, popele, neutrálně-detergentní a hrubé vlákniny (pomocí přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer) a stravitelnosti (pomocí inkubátoru Daisy II po vzájemné hydrolýze proteolytickými enzymy pepsinem a pankreatinem) v 10 vybraných druzích fazolí. Při analýze obsahu vlákniny bylo zjištěno, že nejvyšší průměrný obsah jak neutrálně-detergentní tak hrubé vlákniny byl stanoven u fazole navy bio. Dále bylo potvrzeno, že fazole mungo patří mezi nejlépe stravitelný druh fazolí.

Klíčová slova:

fazole, neutrálně-detergentní vláknina, hrubá vláknina, stravitelnost, pepsin, pankreatin

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the digestibility and fiber content in chosen bean varieties. Theoretical part of the thesis characterises selected beans, its chemical composition and importance in human nutrition. The thesis also defines the dietary fibre, its chemical structure, division according to water solubility, properties and physiological importance. Last two sections are devoted to digestive system and digestion of basic nutrients including the effect of digestive enzymes. The practical part is focused on the determination of moisture, ash, neutral detergent and crude fibre (using analyzer ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer) and digestibility (using incubator Daisy II after reciprocal hydrolysis by proteolytic enzymes pepsin and pancreatin) in 10 selected bean varieties. According to the results obtained it can be concluded that navy bio bean possessed the highest average content of both neutral detergent and crude fibre. Furthermore, it was confirmed that the mungo bean is one of the best digestible beans.

Keywords:

beans, neutral detergent fibre, crude fiber, digestibility, pepsin, pancreatin

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí své diplomové práce Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D. za vzorné vedení mé diplomové práce, za věnovaný čas a ochotu, cenné rady a připomínky, poskytnuté v průběhu zpracování práce. Ráda bych také poděkovala mé rodině, za podporu a pomoc během celého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 FAZOLE	14
1.1 FAZOL OBECNÝ (<i>PHASEOLUS VULGARIS</i> L.)	15
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ FAZOLÍ.....	16
1.2.1 Bílkoviny	16
1.2.2 Sacharidy	18
1.2.3 Lipidy	18
1.2.4 Vitaminy.....	18
1.2.5 Minerální látky	20
1.2.6 Polyfenolické látky.....	20
1.2.7 Antinutriční a toxické látky.....	23
1.3 ZDRAVOTNÍ ÚČINKY FAZOLÍ.....	26
1.4 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH DRUHŮ FAZOLÍ.....	26
1.5 LUŠTĚNINY JAKO FUNKČNÍ POTRAVINA.....	29
2 VLÁKNINA	31
2.1 DEFINICE A CHARAKTERISTIKA VLÁKNINY	31
2.2 DOPORUČENÝ PŘÍJEM VLÁKNINY	33
2.3 DRUHY VLÁKNINY.....	34
2.3.1 Rozpustná vláknina a její účinky	34
2.3.2 Nerozpustná vláknina a její účinky	35
2.4 FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY VLÁKNINY.....	35
2.4.1 Vliv vlákniny na tenké střevo	36
2.4.2 Vliv vlákniny na karcinom tlustého střeva.....	37
2.4.3 Vliv vlákniny na metabolismus cholesterolu	37
2.4.4 Vliv vlákniny na civilizační choroby	37
2.4.5 Vliv vlákniny na některé další nemoci.....	38
2.5 MOŽNÉ NEGATIVNÍ ÚČINKY VLÁKNINY	38
3 GASTROINTESTINÁLNÍ TRAKT	40
3.1 DUTINA ÚSTNÍ.....	41
3.1.1 Jazyk.....	41
3.1.2 Zuby	42
3.1.3 Slinné žlázy	42
3.2 HLTAŇ.....	42
3.3 JÍCEN	43
3.4 ŽALUDEK	43
3.5 TENKÉ STŘEVO	43
3.6 TLUSTÉ STŘEVO	44
3.7 ŽLÁZY TRÁVICÍ SOUSTAVY.....	44
3.7.1 Slinivka břišní	44
3.7.2 Játra	45
4 TRÁVENÍ ZÁKLADNÍCH ŽIVIN	46

4.1	TRÁVENÍ SACHARIDŮ	46
4.2	TRÁVENÍ BÍLKOVIN	47
4.3	TRÁVENÍ LIPIDŮ	48
II	PRAKTICKÁ ČÁST	50
5	CÍL PRÁCE	51
6	METODIKA PRÁCE.....	52
6.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE, PŘÍSTROJE A POMŮCKY	52
6.1.1	Chemikálie	52
6.1.2	Přístroje a pomůcky.....	52
6.2	ANALYZOVANÉ VZORKY	53
6.3	STANOVENÍ VLHKOSTI A POPELE	54
6.3.1	Stanovení vlhkosti	54
6.3.2	Stanovení popele	55
6.4	STANOVENÍ VLÁKNINY	55
6.4.1	Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny (NDF).....	56
6.4.2	Stanovení hrubé vlákniny (CF)	57
6.5	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....	58
6.6	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	61
7	VÝSLEDKY A DISKUZE	62
7.1	VÝSLEDKY A DISKUZE STANOVENÍ OBSAHU VLHKOSTI A POPELE	62
7.2	VÝSLEDKY A DISKUZE STANOVENÍ NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINY	63
7.3	VÝSLEDKY A DISKUZE STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY	65
7.4	VÝSLEDKY A DISKUZE STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....	66
	ZÁVĚR	70
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	72
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	81
	SEZNAM OBRÁZKŮ	82
	SEZNAM TABULEK.....	83

ÚVOD

Luštěniny jsou jedlá, zralá semena jednoletých druhů bobovitých rostlin, které vytvářejí lusky. Bobovité patří mezi nejrozsáhlejší čeledi rostlin na Zemi, zahrnující přes 800 rodů a 20 tisíc druhů na všech kontinentech. Mnoho z těchto zástupců jsou ekonomicky důležité plodiny, využívané pro rozmanité účely včetně potravin, krmiva pro hospodářská zvířata a množství technologických účelů. Kromě názvu bobovité se lze v literatuře setkat s označením luštinaté či motýlokvěté [1].

Mezi luštěniny jsou řazeny jako samostatná skupina fazole, čočka, hrách, cizrna, bob, sója. Sója se však dle některých autorů zařazuje mezi olejninu. Luštěniny slouží k lidské výživě již několik tisíciletí. Většina druhů má svůj původ v Asii, některé ve Střední a Jižní Americe [2].

Luštěniny obsahují značné množství bílkovin. Z hlediska obsahu aminokyselin se složení bílkovin blíží složení bílkovin živočišných, ale pro nedostatek esenciální aminokyseliny metioninu a tryptofanu jsou bílkoviny luštěnin, stejně jako ostatních rostlin, neplnohodnotné. V kombinaci s proteiny obilovin poskytují plnohodnotnou bílkovinu [2,3]. Další významnou látkovou skupinou luštěninových semen jsou sacharidy, z nichž (s výjimkou sóji) připadá hlavní podíl na škrob a vlákninu [2,4]. Zvláštní látkovou skupinu tvoří v luštěninách oligosacharidy, které jsou příčinou nadýmání [5]. Luštěniny jsou také významným zdrojem vitaminů skupiny B, zejména kyseliny listové. Naklíčené luštěniny jsou výborným zdrojem vitamínu C. Z minerálních látek v luštěninách nalezneme fosfor, vápník, železo, draslík, měď, mangan, zinek a mnoho dalších prvků [6]. S výjimkou sóji obsahují luštěniny velmi malé množství tuku, který je ale velmi hodnotný, protože obsahuje až 60 % prospěšných polynenasycených mastných kyselin [7].

V luštěninách se také vyskytují polyfenolické látky – v současnosti roste zájem o studium těchto přírodních látek, protože jejich příjem v potravě je dáván do souvislosti se snížením výskytu závažných nemocí, jako je rakovina a kardiovaskulární choroby [8]. Mezi antinutriční látky vyskytující se v luštěninách patří trísloviny, lektiny, inhibitory proteáz, purinové látky, saponiny a antigenní bílkoviny, které ovlivňují aktivitu některých enzymů, vitaminů a minerálních látek, stravitelnost a využitelnost základních živin, a tím také výživovou hodnotu potravin [9].

Luštěniny mají vysokou výživovou hodnotou a přispívají k prevenci řady civilizačních chorob, jako jsou např. kardiovaskulární choroby, diabetes, karcinom tlustého střeva

a obezita a podle posledních studií i rakovina prsu, osteoporóza, arterioskleróza a trombóza [10]. Také u některých antinutričních látek luštěnin byly zjištěny za určitých podmínek i pozitivní účinky na lidský organizmus. Je to např. kyselina fytová, která svým antioxidačním působením snižuje riziko rakoviny tlustého střeva [11]. K významným antioxidantům ze skupiny polyfenolických látek jsou řazeny také taniny. Taniny vykazují antibakteriální, antitumorový a antimutagenní účinek související s vysokou antioxidační aktivitou, ale na druhé straně příliš vysoký obsah taninu může působit antinutričně [2,12].

V dnešní době nepatří luštěniny u většiny lidí mezi často konzumované potraviny, i když by kvůli své výživové hodnotě měly být zařazovány do jídelníčku mnohem častěji. Mnohé z nich mají dokonce léčebné účinky. Na druhé straně je ovšem pravda, že mnozí lidé mají s jejich trávením potíže. Naštěstí však během tisíciletí jejich užívání lidé vymysleli způsoby, jak různými modifikacemi jejich přípravy těmto těžkostem předejít [13].

Teoretická část práce popisuje fazole z hlediska botanického a chemického. Pozornost je dále věnována vláknině, jejím druhům a fyziologickým účinkům. Další část práce byla věnována trávicímu traktu a trávení základních živin. V praktické části diplomové práce jsou popsány metody stanovení vlhkosti, popele, vlákniny a stravitelnosti a jsou zde zhodnoceny výsledky jednotlivých stanovení ve vybraných druzích fazolí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 FAZOLE

Dlouho se diskutovalo o tom, zda byla fazole do Evropy dovezena z Ameriky, nebo ji Evropané znali už před jejím objevením. Podle dostupných informací je zřejmé, že fazole byla na starém kontinentu součástí stravy již v dávnověku. V 8. století se ve Španělsku usadili Arabové a postupně přeměnili oblast, již dnes nazýváme Andalusie, na nejrozvinutější území tehdejšího světa, kde vzkvétalo umění, věda a zemědělství. Významný hispánsko-arabský lékař, známý jako „znamenitý doktor Abu Zacaria Ihaia“, který žil v Seville na přelomu 12. a 13. století, popisuje několik různých druhů fazolí. Uvádí, že „blahodárně působí na žaludek a mají velmi jemnou chuť“ [14]. Kolumbus do svého deníku poznamenal, že fazole spolu s kukuřicí a chilli paprikami tvořily základ stravy domorodých Američanů [15].

Tato velká fazole byla dovezena z Nového světa do Španělska a i hned si získala nadšené konzumenty, kteří si ji oblíbili pro její výbornou kvalitu a znamenitou chuť. Na rozdíl od jiných plodin, např. brambor a rajčat, se fazole rychle rozšířila do všech zemí celé Evropy. Většina druhů fazolí, které se dnes ve světě pěstují, pocházejí z Ameriky [14].

Fazole, stejně jako čočka, hrách, cizrna, sója a bob obecný patří mezi luštěniny. Velíšek [4] uvádí, že sóju lze řadit mezi luštěniny, ale zároveň je považována za olejninu, a to z důvodu vysokého obsahu tuku. Luštěniny byly od pradávna nepostradatelnou součástí denního jídla [16]. Dnes, kdy je možno snadno vyprodukovat mnoho jiných potravin, se jich používá dost málo, což je škoda, protože jsou zdravé, levné a mohou být připraveny velmi chutným způsobem. Mnohé z nich mají dokonce léčebné účinky [13,17].

Luštěniny jsou zralá suchá semena bobovitých (motýlokvetých) luskovin, které se vyznačují vysokým obsahem bílkovin a sacharidů. Luskoviny představují důležitou skupinu kulturních rostlin, které mají značný význam jak pro lidskou výživu, tak i krmení hospodářských zvířat [18]. Společně s obilovinami jsou luštěniny řazeny vzhledem k zrnu a jeho obdobnému složení a technologickému zpracování či uskladnění mezi zrniny [19].

Mezi luštěniny jsou zařazeny jako samostatná skupina: hrách setý (*Pisum sativum L.*), čočka jedlá (*Lens culinaris*), fazol obecný (*Phaseolus vulgaris L.*), cizrna beraní (*Cicer arietinum L.*), bob obecný (*Vicia faba L.*), sója luštinatá (*Glycine soja*), fazol mungo (*Vigna mungo*) [2].

1.1 Fazol obecný (*Phaseolus vulgaris* L.)

Rod *Phaseolus* má asi 36 druhů. Vyznačují se podobnými vlastnostmi jaké má velmi blízký rod *Vigna*. *Phaseolus vulgaris* L. se pěstuje pro potravinářské účely; zkrmuje se pouze odpad získaný při úpravě semen k obchodním účelům, nebo semena s různým poškozením. Odrůdy, které nemají u chlopní pergamenovou blánu, jsou využívány jako plodová zelenina. Tyto formy fazolu jsou keříčkovité nebo dlouhého vzrůstu (fazol tyčkový). K produkci suchých semen se využívá především odrůd nízkého, keříčkovitého vzrůstu [20].

Lodyha fazolu je poléhavá, popínavá pomocí úponků. Květy jsou dlouze stopkaté, 10 – 15 mm velké, kalich je zvonkovitý s 5 nestejnými výběžky, korunní lísky jsou bílé, růžové až fialové. Listy jsou dlouze řapíkaté s lístky 5 – 20 cm dlouhými. Semena mají různý tvar, velikost i barvu. Nejčastěji jsou ledvinitá nebo elipsoidní, 5 – 20 mm dlouhá a 4 – 12 mm široká. Barva semen je bílá, špinavě bílá, žlutá, žlutohnědá, hnědá, červenohnědá nebo fialová, jednobarevná, skvrnitá nebo mramorovaná [21]. Fazol obecný je znázorněn na Obr. 1.



Obr. 1. Rostlina fazolu obecného [22]

1.2 Chemické složení fazolí

Fazole jsou dobrým zdrojem bílkovin, sacharidů (hlavně škrobu), vlákniny, minerálních látek (fosforu, vápníku a draslíku). Z vitaminů fazole obsahují vitaminy skupiny B, dále vitamin C a vitamin E. Obsahují ve větším množství oligosacharidy, které způsobují nadýmání, proto jsou luštěniny hůř stravitelné. Fazole zpravidla obsahují 21 – 24 % bílkovin v sušině. Lipidů je u většiny druhů málo (0,8 – 2,6 %). Významné množství tuků v semeni má sója (18 – 22 %). Látkové složení fazolí v podstatě kopíruje chemickou skladbu ostatních luštěnin [14,21]. Hodnoty složení fazole na 100 gramů syrové jedlé části jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1. Složení fazole na 100 g syrové jedlé části [23]

Název nutrientu	Množství	Název nutrientu	Množství
Energetická hodnota	316 kcal = 1332 KJ	Vitamin B₂	0,22 mg
Proteiny	23,4 g	Vitamin B₃	5,1 mg
Lipidy celkové	1,6 g	Vitamin B₆	0,318 mg
Sacharidy celkové	61,5 g	Vitamin B₉	0,388 µg
Vláknina	15,9 g	Vitamin C	2,3 mg
Vitamin B₁	0,63 mg	Vitamin E	0,34 mg

1.2.1 Bílkoviny

Fazole obsahují značné množství bílkovin (21 – 24 %). Dle zdroje [3] fazole mungo obsahuje 20 až 33 % bílkovin. Bílkoviny fazolí jsou tvořeny zejména globuliny, které obsahují 18 – 40 % kyseliny glutamové a glutaminu. Z hlediska obsahu aminokyselin se složení bílkovin blíží složení bílkovin živočišných, ale pro nedostatek esenciální aminokyseliny metioninu a tryptofanu jsou bílkoviny luštěnin, stejně jako ostatních rostlin, neplnohodnotné [2,4]. Průměrný obsah esenciálních aminokyselin je uveden v Tab. 2.

Tab. 2. Obsah esenciálních aminokyselin
ve fazolích [14]

Aminokyselina	mg/100 g	%
Izoleucin	927	12
Leucin	1 685	22
Lyzin	1 593	21
Metionin	234	3
Fenylalanin	1 154	15
Treonin	878	11
Tryptofan	223	3
Valin	1 016	13
Celkem	7 710	100

Procentuální podíl proteinů, který se pohybuje podle druhu fazole od 21 do 24 %, je stejný, či dokonce vyšší než v potravinách živočišného původu, např. v rybím, hovězím a kuřecím masu (18 až 21 %). Relativně nízká výživová hodnota proteinů fazole je zapříčiněna nedostatkem metioninu a tryptofanu, esenciálních aminokyselin, které jsou jejím limitujícím faktorem. Pokud se ale fazole doplní jinými rostlinnými potravinami bohatými na metionin, například pšenicí, sezamovými a slunečnicovými semínky, organismus dostane všechny esenciální aminokyseliny ve správném poměru. Kombinací neplnohodnotných proteinů totiž lze tělu dodat plnohodnotné proteiny [14].

Uváděná stravitelnost proteinů fazole je 83 %, což je mnohem méně než v případě proteinů z vajec (99 %), mléka (98 %) a masa (97 %). To znamená, že organismus z fazole využije méně proteinů než z potravin živočišného původu. Bylo zjištěno, že nejlépe stravitelné jsou proteiny černé fazole, následně červené a nakonec bílé fazole [14]. Nižší stravitelnost je způsobena přítomností nestravitelných složek – vlákniny, oligosacharidů a některých antinutričních látek, zejména lektinů a purinových látek aj. O antinutričních látkách bude podrobněji pojednáno v kapitole 1.2.7.

1.2.2 Sacharidy

Ve fazolích je rovněž vysoký obsah sacharidů, jejich podíl tvoří přibližně 45 – 50 % [4]. Hlavním sacharidem fazolí je škrob. Obsah škrobu ve fazolích se v různých publikacích liší. Velíšek [4] uvádí 30 – 70 %, Benda [21] uvádí obsah škrobu v rozmezí 46 – 54 % [2,21]. Fazole je velmi bohatá na rostlinnou vlákninu, což platí o všech druzích luštěnin. 100 g sušené fazole poskytuje 15,2 g vlákniny, tedy více než polovinu doporučené denní dávky (DDD) pro dospělého člověka, což je 25 g. Vláknina ve fazoli pomáhá v prevenci zácpy a snižuje hladinu cholesterolu v krvi [14].

Za zmínku stojí účinky oligosacharidů obsažených v luštěninách – rafinózy, stachyózy, verbaskózy a ajugózy [4]. Žádná část lidského zažívacího traktu neprodukuje enzymy, schopné štěpit zmíněné oligosacharidy. Jsou tedy nestravitelné lidským trávicím ústrojím, jsou trávené až bakteriemi nacházejícími se v tlustém střevě, což způsobuje nadýmání (flatulenci) [5]. Vzhledem k tomu, že tyto oligosacharidy jsou rozpustné ve vodě, lze jejich obsah v luštěninách výrazně snížit několikahodinovým máčením ve vodě před kuchyňskou úpravou. Je přirozené, že tuto vodu pak již není vhodné použít při další přípravě luštěnin, čímž se samozřejmě částečně zbavujeme i v ní rozpuštěných minerálních látek a vitamínů [7]. Dalším velmi účinným prostředkem jak snížit nadýmavost luštěnin je klíčení. Při klíčení se spotřebovávají těžko stravitelné sacharidy, mění se na jednodušší formy a pokrm připravený z naklíčených luštěnin je pak lépe stravitelný. Při procesu klíčení vzrůstá obsah vitamínů C a E, jež svými antioxidačními účinky dále zvyšují zdravotní přínos luštěnin [24].

1.2.3 Lipidy

Lipidy jsou ve fazolích přítomny ve velmi malém množství, představují asi jen 0,8 – 2,6 % sušiny. Tuk fazolí je velmi hodnotný, protože obsahuje až 60 % polynenasycených ω -3 a ω -6 mastných kyselin, které mají preventivní účinek na kardiovaskulární choroby, diabetes a osteoporózu [7]. Fosfolipidy snadno podléhají hydrolytickému a oxidačnímu žluknutí, jehož důsledkem je tmavá barva a hořká chuť fazolí [25].

1.2.4 Vitaminy

Fazole jsou bohaté na vitaminy skupiny B, zejména tiamin, riboflavin, niacin, pyridoxin, kyselinu listovou a kyselinu pantotenovou. Dále jsou fazole významným zdrojem vitamínu C a lipofilního vitamínu E.

Tiamin (vitamin B₁) napomáhá srdeční činnosti a je důležitý pro správnou funkci nervové soustavy. Tiamin v lidském organismu působí ve formě tiaminpyrofosfátu, koenzymu nezbytného pro reakce energetického metabolismu [26]. Proto je důležité jeho příjem potravou přepočítávat vzhledem k předpokládanému energetickému výdeji. Ve fazoli je obsažen v množství 0,63 mg.100g⁻¹ [6,23,27].

Riboflavin (vitamin B₂) udržuje dobrý stav pokožky, podporuje činnost rohovky a sítnice, reguluje růstové a životní procesy [26]. Ve fazolích se nalézá v množství 0,22 mg.100g⁻¹ [23]. Riboflavin patří do skupiny flavinů. V biochemických systémech se vykytuje volný nebo vázaný ve formě koenzymů oxidoredukčních enzymů (flavinové nebo žluté enzymy). Nejběžnějšími jsou flavinmononukleotid (FMN) a flavinadeninukleotid (FAD) [26,27].

Kyselina nikotinová a její amid (vitamin B₃, PP, niacin) se aktivně podílí na mnohých chemických reakcích v buňkách [14]. Niacin je nezbytný pro činnost mozku, napomáhá při odbourávání některých složek cholesterolu a tuků a ovlivňuje činnost žaludku a střev. Amid nikotinové kyseliny je součástí nikotinamidadeninukleotidu (NAD⁺) a nikotinamidadeninukleotidfosfátu (NADP⁺) [27]. Ve fazolích je přítomna v množství 5,1 mg.100g⁻¹ [23].

Kyselina pantotenová (vitamin B₅) ovlivňuje nervovou koordinaci, zvyšuje imunitu a účastní se přeměny proteinů, sacharidů a lipidů. V přírodě se vyskytuje jen D-(+)-forma pantotenové kyseliny. Hlavními biologicky aktivními přirozenými formami pantotenové kyseliny jsou koenzym A (CoA) a protein nazývaný ACP (acyl carrier protein) [6].

Pyridoxin (vitamin B₆) se vyskytuje ve třech formách: pyridoxal, pyridoxol a pyridoxamin. Účinnou formou je pyridoxalfosfát [28]. Je významný při tvorbě hemoglobinu, podporuje regeneraci kůže a funkci nervového systému. Ve fazolích je přítomen v množství 0,318 mg.100g⁻¹ [14,23].

Kyselina listová (vitamin B₉) je nezbytná pro syntézu nukleových kyselin, při krvetvorbě a nepostradatelná je i pro správný růst a vývoj plodu. Kyselina listová je také v organismu využívána k hojení ran, tvorbě červených krvinek a především ve všech procesech, kdy dochází k buněčnému dělení [6,27]. Ve fazolích je přítomna v množství 0,388 μg.100g⁻¹ [23].

1.2.5 Minerální látky

Minerální látky potravin obvykle definujeme jako prvky obsažené v popelu potravin, nebo přesněji jako prvky, které zůstávají ve vzorku potravin po úplné oxidaci organického podílu na oxid uhličitý, vodu aj. Minerální podíl tvoří u většiny potravin 0,5 – 3 hmotnostních procent [6].

Obsah minerálních látek ve fazoli je vysoký, zvláště draslíku, fosforu, vápníku, hořčíku a železa. Obsah minerálních prvků obsažených ve fazolích se v různých publikacích liší. Vybrané publikované výsledky dle Velíška jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3. Obsah minerálních prvků ve fazolích [6]

Obsah mg.kg ⁻¹						
Na	K	Mg	Ca	P	S	Fe
200 – 400	12000	230 – 1800	300 – 1800	3700 – 4300	1100 – 1700	59 – 82

Hlavní funkcí sodíku a draslíku v organismu je udržovat s chloridem jako protiiontem osmotický tlak tekutin vně i uvnitř buněk a acidobazickou rovnováhu. Kromě toho jsou tyto prvky potřebné i pro aktivaci některých enzymů, např. sodík pro aktivaci α -amylázy a draslík pro aktivaci glykolytických enzymů a enzymů dýchacího řetězce. Draslík významně ovlivňuje svalovou aktivitu, zejména aktivitu srdečního svalu. Je pokládán za prvek, který zpomaluje vývoj sklerózy [6].

Hořčík a vápník mají řadu významných biochemických funkcí. Hořčík je nezbytný pro všechny metabolické děje, při kterých se tvoří, nebo hydrolyzuje ATP (adenosintrifosfát). Účastní se stabilizace makromolekul DNA a je nutný pro aktivaci některých enzymů, např. fosfotransferáz a fosfatáz. Hořčík zastává také významnou funkci jako součást chlorofylu. K hlavním biologickým funkcím vápníku patří kromě stavební funkce, ve vazbě na bílkoviny osteokalcin a osteonektin, účast na nervové a svalové činnosti. Vápník je nezbytný i pro srážlivost krve [6,26].

1.2.6 Polyfenolické látky

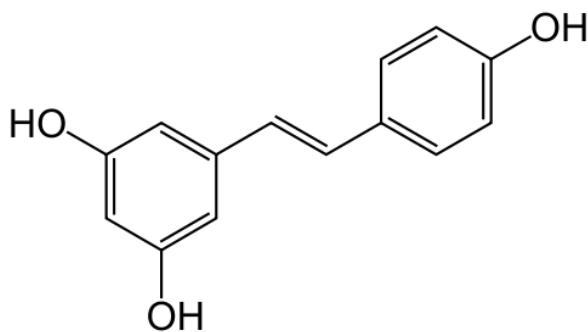
Polyfenoly jsou početnou skupinou látek, jejichž společným znakem je přítomnost jednoho nebo více aromatických jader substituovaných hydroxylovými skupinami, které určují sílu

jejich antioxidační aktivity [29]. Jsou zastoupeny flavonoidy, izoflavony, fenolickými kyselinami a taniny. U fazolí se obsah polyfenolických látek pohybuje v rozmezí 34 – 280 mg.100g⁻¹ sušiny [30].

Izoflavonoidy tvoří různorodou skupinu flavonoidů s jedinečnými účinky. Nacházejí se ve všech luštěninách, ale především v sóji (1 – 3 mg.g⁻¹) [31]. Sója upoutala pozornost vědců preventivním účinkem před srdečním onemocněním, úlevou od menstruačních a menopauzálních příznaků a v prevenci rakoviny [31,32]. Některé pozitivní účinky izoflavonoidů si zaslouží zmínku. Vážou se na receptory pro hormony ve tkáních prsu a prostaty a blokují navázání hormonů způsobujících rakovinu. Vazba na receptory umožňuje izoflavonoidům napodobovat účinek estrogenů. U menopauzálních žen snižují izoflavonoidy návaly horka, brání řídnutí kostí a zpomalují stárnutí. U žen s premenstruačním syndromem vyrovnávají izoflavonoidy hladinu hormonů a snižují napětí [32].

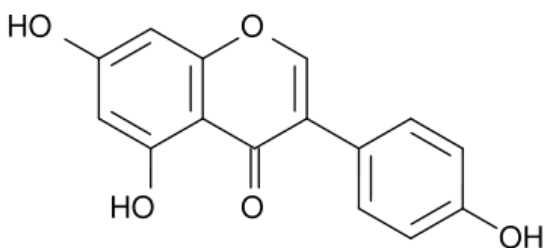
Luštěniny také poskytují dobrý zdroj fenolových kyselin. **Fenolové kyseliny** jsou vynikajícím antioxidantem a významně snižují oxidativní stres v těle. Každá z kyselin plní své specifické úkoly. Některé brání oxidaci LDL (low density lipoproteins – lipoproteiny s nízkou hustotou) cholesterolu a účastní se prevence aterosklerózy. Fenolové kyseliny v luštěninách velmi významně chrání tělo před oxidativním poškozením [31].

Resveratrol (3,5,4'-trihydroxystilben) (viz. Obr. 2) je fenolová látka, která se nachází minimálně v 72 rostlinných druzích. Lze jej řadit mezi fytoalexiny, sekundární metabolity rostlin, které se tvoří v rostlině jako odpověď na stresové situace [33,34]. V přírodě chrání resveratrol luštěniny před plísněmi a působí antioxidačně. U lidí chrání kardiovaskulární systém tím, že brání poškozování cévních stěn a adhezi krvinek k cévním stěnám [33]. Adheze buněk je hlavním faktorem v rozvoji arteriálního plátu, nakonec ústící v rozvoj aterosklerózy. Vědci z Kalifornské univerzity v Davisu a z Cornellovy univerzity předpokládají preventivní účinek resveratrolu před rakovinou. Tito vědci popsali u resveratrolu účinek antimutagení, bránící vzniku a rozvoji nádoru a pozitivní ovlivnění menopauzálních příznaků [32,35]. Že resveratrol chrání před srdečním onemocněním a rakovinou, se prokázalo v laboratorních pokusech (*in vitro*) a na zvířatech (*in vivo*). Vědci z Illinoiské univerzity v Chicagu zjistili, že resveratrol podporuje enzymovou detoxikaci jater a snižuje růst rakovinných buněk [32].



Obr. 2. Resveratrol [36]

V luštěninách se nacházejí také **izoflavony**. Mezi nejdůležitější izoflavony patří genistein (viz Obr. 3), daidzein a glycetin [37,38]. Nachází se ve všech luštěninách, ale nejvydatnějším zdrojem je sója a veškeré produkty z ní. Izoflavony působí protirakovinně a chrání před kardiovaskulárními nemocemi [38,39]. Izoflavony jsou strukturně podobné ženskému pohlavnímu hormonu estrogeneru. Vzhledem k této podobné struktuře mohou zasahovat do činnosti estrogeneru, např. vázat se na stejné estrogenové receptory na buňkách a tím regulovat množství estrogeneru a snižovat příznaky menopauzy. Tyto polyfenolické látky mají antioxidantní účinky, které zastavují růst rakovinných buněk prostřednictvím inhibice replikace DNA a snížením aktivity různých enzymů. Dále pomáhají v boji proti osteoporóze [38].



Obr. 3. Genistein [40]

K významným antioxidantům ze skupiny polyfenolických látek jsou řazeny také taniny. **Taniny** (patřící mezi trísloviny) se z hlediska odolnosti vůči kyselé hydrolyze dělí na hydrolyzovatelné (estery glukózy s kyselinou galovou) a kondenzované (proantokyanidiny), které se vyskytují v rostlinách ve větší míře. Jejich obsah v luštěninách se pohybuje v jednotkách až desítkách g/kg suché hmoty [41]. Taniny vykazují

antibakteriální, antitumorový a animutagenní účinek související s vysokou antioxidační aktivitou. V luštěninách se vyskytují především ve vnějších vrstvách zrn a jejich koncentrace je podstatně vyšší u barevných odrůd. Ze všech luštěnin jsou ve fazolích taniny obsaženy v největším množství, a to až 20 g.kg^{-1} . Tepelnou úpravou se jejich antioxidační aktivita příliš nemění [42]. Na druhé straně příliš vysoký obsah taninů může působit až antinutričně. O negativním působení taninů je pojednáno v následující kapitole.

1.2.7 Antinutriční a toxické látky

Fazole obsahují kromě látek prospěšných, jimiž se zabývaly předcházející kapitoly, také látky antinutriční a toxické, jako jsou například třísloviny, inhibitory proteáz, lektiny, purinové látky, saponiny, kyselina fytová a kyanogenní glykosidy. Antinutriční látky ovlivňují aktivitu některých enzymů, vitaminů a minerálních látek, stravitelnost a využitelnost základních živin, a tím také výživovou hodnotu potravin [9]. Kromě látek antinutričních se vyskytují i látky toxické, které mohou v závislosti na rozsahu dávky způsobit poškození organismu nebo onemocnění. Pokud jsou rostlinného původu, nazývají se toxiny [43].

Třísloviny (taniny) jsou fenolické sloučeniny rozpustné ve vodě a jejich výskyt je právě pro čeleď bobovitých charakteristický. Pohled na třísloviny je poměrně komplikovaný, jelikož patří sice mezi antinutriční látky, ale zároveň působí při nižším příjmu pozitivně. Jejich biologický účinek je dán schopností reagovat s bílkovinami. Reagují s bílkovinami potravy, čímž zhoršují jejich vstřebávání [2]. Nejvýrazněji se snížení absorpce projevuje u esenciálních aminokyselin metioninu a lyzinu. Kromě bílkovin potravy reagují také s trávicími enzymy. Taniny snižují chutnost, příjem a stravitelnost živin [2,41].

Inhibitory proteáz jsou přirozenými složkami semen fazolí a ostatních luskovin. Jedná se o látky bílkovinné či polypeptidové povahy vytvářející s proteolytickými enzymy poměrně stabilní komplexy s omezenou enzymovou aktivitou. Inhibitory proteáz lze řadit do několika skupin s podobnou chemickou strukturou, a tím i podobnými biologickými účinky. V semenech luskovin se vyskytují zejména dva níže uvedené [44]:

- inhibitory Kunitzova typu – vykazují specifitu vůči trypsinu
- inhibitory Bowman-Birkova typu – vykazují specifitu vůči trypsinu i chymotrypsinu

V rostlinách plní inhibitory proteáz několik funkcí. Slouží jako ochrana cytozolu proti endogenním proteázám uvolněným při porušení buněčných struktur. Dále mají funkci zásobních proteinů v době klíčení. Znalosti o antinutričním působení inhibitorů proteáz u člověka jsou zatím nedostatečné a odvozují se převážně ze znalostí získaných při výživě zvířat [9].

Vzhledem k tomu, že inhibitory proteáz jsou bílkovinné povahy, lze tepelným ošetřením jejich antinutriční aktivitu výrazně snížit. Například krátkodobým vařením lze snížit aktivitu trypsin inhibičních faktorů na fyziologicky akceptovatelnou úroveň. Většina antinutričně významných inhibitorů proteáz ze semen luskovin je inaktivováno varem po dobu 15 – 30 minut. Na druhou stranu naklíčení semen luskovin je poměrně málo účinnou cestou ke snížení jejich aktivity [44].

Lektiny jsou všechny proteiny alespoň s jedním centrem jiným než je aktivní (katalytické) centrum, kterým se proteiny reverzibilně váží na specifické monosacharidy a oligosacharidy. Mohou tvořit až 20 % z hmotnosti bílkovin v semenech luštěnin. Obsah lektinů v semenech fazolí se pohybuje v rozmezí 1 – 10 g.kg⁻¹ [9]. Obecnou vlastností rostlinných lektinů je jejich vysoká odolnost vůči štěpení proteolytickými enzymy. Dalším významným faktorem je intenzita vazby lektinů na sacharidy přítomné na povrchu lumenálního epitelu tenkého střeva. Díky své schopnosti shlukovat erythrocyty jsou také nazývány fytohemaglutiny. Nejzávažnější antinutriční účinky má lektin fazolu obecného PHA (fytohemaglutinin). Při vysoké konzumaci může způsobit závažné zdravotní problémy. Toxická dávka lektinů pro člověka je 150 – 200 mg, smrtelná dávka pak 20 g [44,45]. K inaktivaci lektinů se nejčastěji používá máčení a tepelná úprava, především vaření. Účinnost těchto operací závisí na době máčení, teplotě a na době tepelného zákroku. Samotné máčení není k detoxikaci dostačující. Např. máčením fazolí po dobu 16 hodin při teplotě 22 – 25 °C se sníží obsah lektinů jen asi o 4 – 5 %. Samotné vaření není rovněž vhodným způsobem detoxikace. Klíčením dochází v semenech ke značnému poklesu koncentrace lektinů. Doba klíčení potřebná k postačujícímu snížení množství lektinů je 4 – 6 dnů [9].

Fazole jsou zdrojem **purinových látek**, z kterých vzniká jako produkt jejich oxidace kyselina močová. Proto by jejich konzumaci měli vynechat nebo výrazně omezit lidé trpící dnou. Jedná se o onemocnění, kdy dochází k hromadění krystalů kyseliny močové v měkkých tkáních nebo kloubech. Luštěniny obsahují stejné množství purinových látek

jako maso, ale vláknina v nich obsažená značně snižuje jejich využitelnost, tudíž jejich skutečný příjem je nižší než u masa [17,45].

Saponiny jsou různorodou skupinou heteroglykosidů vyskytujících se převážně v rostlinách. Co se týče obsahu saponinů v semenech luskovin, pro fazole, stejně tak jako pro hrách a čočku, se uvádějí hodnoty v rozpětí 0,1 – 0,3 % hmotnosti [44]. Saponiny způsobují nežádoucí hořkost a trpkost luštěnin. Uplatňují se zpravidla nepříznivě v organoleptických vlastnostech potravin. V minulosti byly veškeré saponiny považovány výhradně za antinutiční a toxické látky. Z dnešního pohledu však jsou jen některé saponiny skutečně toxické. Toxický účinek spočívá v hemolýze erytrocytů aj. buněk a intestinální mukózy. Hlavní příčinou je interakce saponinů s cholesterolem v buněčných stěnách. Vysoké dávky toxických saponinů poškozují játra, může dojít až k selhání dýchání vedoucímu ke kómatu [9]. Nejvyššího snížení obsahu saponinů u luštěnin lze dosáhnout máčením a následným asi 40 hodinovým klíčením a povařením. Za těchto podmínek se sníží obsah saponinů až o 75 % [9,44].

Kyselina fytoová (*myo*-inositol-1,2,3,4,5,6-hexakisdihydrogenfosfát), je hlavní formou zásobního fosforu v semenech rostlin. Představuje 50 – 85 % fosforu v semenech fazolí a ostatních luštěnin. Vyskytuje se zde hlavně jako smíšená vápenatá a hořečnatá sůl, která se nazývá fytin [9]. Na jedné straně je kyselina fytoová považována za antinutriční látku, která snižuje využití fosforu, zinku, vápníku a mědi, zatímco na druhé straně potlačuje tvorbu reaktivních hydroxylových radikálů katalyzovanou železem, a má rovněž hypocholesterolemický účinek. Rozklad kyseliny fytoové je zabezpečen enzymem fytázou [11].

Kyanogenní glykosidy, kterých je známo asi 75, jsou nejdůležitějšími a nejrozšířenějšími kyanogeny mnoha rostlin konzumovaných jako složky lidské potravy nebo používaných jako krmiva hospodářských zvířat. Jsou to glykosidy 2-hydroxynitrilů, tj. glykosidy nitrilů 2-hydroxykarboxylových kyselin. Ve fazolu měsíčním (*Phaseolus lunatus*) jsou hlavními kyanogenními glykosidy lotaustralin a linamarin. Kyanogenní glykosidy nejsou toxické, toxické je pouze jejich rozkladem vznikající kyanovodík [9]. Akutní toxicita je způsobena inhibicí cytochromoxidázy kyanovodíkem v dýchacím řetězci a reakcí s hemoglobinem (vzniká kyanohemoglobin). Jestliže se konzumují čerstvé kyanogenní rostliny, které obsahují neporušené glykosidy, vzniká jen malé množství kyanovodíku, neboť v kyselém prostředí zažívacího traktu člověka a dalších monogastrických živočichů jsou enzymy

rozkládající kyanogenní glykosidy inhibovány a nedochází ani k chemickému rozkladu kyanogenů [43].

1.3 Zdravotní účinky fazolí

Hlavní terapeutické využití fazolí je založeno na jejich vysokém obsahu nukleových kyselin a bílkovin. Nukleové kyseliny se v našem střevě štěpí na nukleotidy a jako takové postupují krví do buněk. S jejich pomocí se buňky regenerují a omlazují. Bílkoviny jsou nenahraditelnou surovinou pro celou látkovou přeměnu v buňkách. Při jejich nedostatku tělesné buňky snižují svou aktivitu a následkem je únava, podrážděnost, neklid, poruchy soustředění, nervozita atd. [14, 46].

Vysoký podíl vlákniny ovlivňuje trávení, působí preventivně proti žaludečním a střevním potížím a snižuje riziko rakoviny tlustého střeva. Fazole totiž obsahují rostlinné fytoestragony, které brzdí aktivitu rakovinotvorných substancí [46].

Fazole jsou bohaté na železo, vápník, draslík a různé vitaminy ze skupiny B. V Asii jsou fazole používány jako preventivní a léčebný prostředek při střevních a oběhových potížích, proti snížené funkci sleziny a slinivky břišní. Tmavé, hnědé nebo červené fazole pozitivně působí při potížích ledvin a močového měchýře, zelené fazolové lusky při nemocech jater [14, 46].

Díky vysokému obsahu draslíku a zároveň nízkému obsahu sodíku jsou fazole ideální potravinou pro osoby trpící vysokým krevním tlakem (hypertenzí) [17]. Fazole jsou také bohatým zdrojem důležitých látek, jako jsou izoflavonoidy, izoflavony a fenolové kyseliny, které vykazují přirozené antioxidační vlastnosti [47].

1.4 Charakteristika vybraných druhů fazolí

Fazole červená ledvina je tradiční součástí jihoamerických pokrmů, je bohatá na bílkoviny, vitaminy a minerály. Červené fazole mají vysoký podíl vitaminů skupiny B, zejména kyseliny listové, který prospívá reprodukčním funkcím a urychluje hojení ran. Jsou také významným zdrojem bílkovin, regulujících energii v organismu, a vlákniny, důležité k udržení nízké hladiny cholesterolu a k podpoře peristaltiky střev. Obsahují

rovněž železo, důležitý prvek, jenž příznivě ovlivňuje tvorbu protilátek imunitního systému a bílých krvinek [48].

Fazole černá ledvina je velká fazole s lesklým černým povrchem. Čím je fazole tmavší, tím má výraznější chuť a její proteiny jsou stravitelnější [14,49]. Kromě výborné chuti působí v jídle též svojí výraznou barvou. Do Evropy se fazole černá ledvina dostala z Jižní Ameriky už za časů Kryštofa Kolumba. Dnes se pěstuje především v Thajsku a Číně, ale i v Karibské oblasti, kde je velice populární. Je nepostradatelnou součástí např. mexické kuchyně. Má mírně nasládlou chuť a připravuje se obdobným způsobem jako fazole červená ledvina [49].

Fazole mungo je původem ze severovýchodní Indie. Je převážně pěstována v Asii, Africe, Jižní a Severní Americe a Austrálii. Je výborným zdrojem vitaminů, minerálních látek a proteinů. V porovnání se sójou obsahuje také vysoký podíl esenciálních aminokyselin. Kromě toho je fazole mungo velmi populární orientální potravina, která má důležité funkce s ohledem na ostatní luštěniny, jako jsou její detoxikační, protizánětlivé a diuretické vlastnosti. Její bílkoviny pomáhají snižovat hladinu cholesterolu v krvi. Dalším příznivým přínosem fazolí mungo je nízký glykemický index, což znamená, že hladinu cukru v krvi zvyšuje jejich konzumace jen pozvolna. Proto jsou vhodné i pro diabetické pacienty. Efekt nasycení přetrvává po delší dobu. Mungo patří k nejlépe stravitelným druhům fazolí [3]. Mungo jsou malé, olivově zelené fazole (viz Obr. 4.)



Obr. 4. Fazole mungo [50]

Fazole bílá máslová se označuje také jako měsíční či lima boby. Fazole jsou velké, zploštělé, mají ledvinovitý tvar a bílou barvu. Po uvaření získají měkkou moučnatou konzistenci,

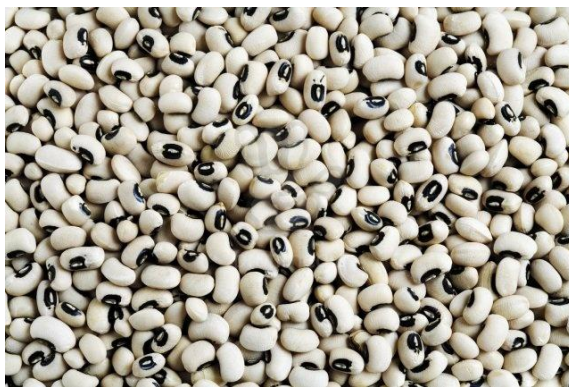
neztrácejí však tvar [15]. Měsíční fazole pochází ze Střední Ameriky a z oblasti And. Obsahují až 21 % bílkovin, 55 % sacharidů a pouze 1,5 % tuku. Mají vysoký podíl vitamínu B₅, který stimuluje tvorbu protilátek nezbytných při obraně organismu proti chorobám. Jsou důležitým zdrojem kyseliny listové a řady důležitých minerálů, především manganu, který brání rozvoji virových infekcí, a dále železa a zinku [48].

Fazole adzuki je drobná tmavočervená až hnědá fazole s nasládlou oříškovou chutí, která je oblíbená zejména v japonské kuchyni [15]. Fazole adzuki je bohatá na rozpustnou vlákninu, která pomáhá zbavit tělo cholesterolu. Je zdrojem hořčíku, draslíku, železa, zinku, mědi, manganu a vitamínu B₃ [51]. Díky vysoké hladině draslíku a naopak nízkému obsahu sodíku může významně snížit krevní tlak. Má nízké procento tuků a v kombinaci s obilninami plnohodnotně nahradí maso a další živočišné proteiny. Obsahuje také inhibitory proteáz, které potlačují růst nádorových buněk. Fazole adzuki (viz Obr. 5) jsou velice dobře stravitelné a mají blahodárný vliv na činnost ledvin [48,51].



Obr. 5. Fazole adzuki [52]

Fazole černé oko dostala svůj název podle charakteristické černé nebo žluté skvrny na krémově bílém podkladu. Má jemnou chuť, kterou lze zvýraznit přidáním různého koření. Je bohatým zdrojem kyseliny listové. Čím je fazole tmavší, tím má výraznější chuť a její proteiny jsou stravitelnější. Fazole černé oko (viz Obr. 6), která je u nás zatím k dostání poměrně vzácně, pochází z jižní Afriky, kde se dodnes ve velkém rozsahu pěstuje. Odtud se na začátku 18. století dostala s černými otroky do Ameriky. V současné době je jejím hlavním dodavatelem Kalifornie [14,15].



Obr. 6. Fazole černé oko [53]

Fazole pinto je středně velká strakatá fazole výborné, lehce pikantní chuti. Tento druh fazole je díky své moučné konzistenci vhodný pro široké použití. Obsahuje rozpustnou a nerozpustnou vlákninu. Fazole pinto je velmi populární na jihozápadě USA a v severozápadním Mexiku, kde pro mnoho obyvatel – podávaná s rýží a kukuřičnými plackami tortilla – představuje základní potravinu [14,15]. Fazole pinto je znázorněna na Obr. 7.



Obr. 7. Fazole pinto [54]

1.5 Luštěniny jako funkční potravina

Luštěniny v potravě nejsou jen dodavatelem hlavních živin a energie (bílkoviny, sacharidy), ale také obohacují stravu četnými nutričními a biologicky hodnotnými látkami, jako jsou např. vitaminy, ale také látkami balastního a ochranného charakteru, jejichž příznivé vlivy na některé fyziologické funkce trávicí soustavy, ochranné působení vůči cévním onemocněním, prevence nádorového onemocnění a další pozitivní vlastnosti jsou

dnes obecně známy. Z tohoto pohledu se luštěniny řadí do skupiny tzv. funkčních potravin, jež vedle vlákniny a dalších složek mají i zvýšený obsah „fytochemikálií“ (flavonoidy, polyfenoly aj.), jejichž zejména antioxidační funkce má preventivní účinky vůči řadě onemocnění [55,56].

Název funkční potraviny z angl. „functional food“ prodělal obsahový a názvoslovný vývoj. Obecně se funkční potravina definuje jako potravina, která kromě výživové hodnoty má také příznivý účinek na konzumenta tím, že:

- příznivě ovlivňuje fyzický a duševní stav
- posiluje přirozené obranné mechanismy proti škodlivým vlivům prostředí
- působí preventivně proti nemocem (nádorová onemocnění, kornatění tepen aj.)
- zpomaluje proces stárnutí

Je třeba uvést, že dosud existuje určitá nejednotnost, co je správné mezi funkční potraviny zařazovat, a také názvosloví (funkční potravina, nutraceutika, fytochemikálie) není ustálené [55,56].

Podle prof. J. Pokorného funkční potraviny jsou skutečné potraviny, podobají se běžným, konvenčním potravinám a konzumují se jako součást obvyklé stravy, ale obsahují průkazně vyšší obsah některých fyziologicky významných složek, anebo snižují riziko chronických chorob ve větší míře než běžné potraviny. Nepatří sem složky potravin, které mají sice příznivé zdravotní účinky, avšak již dlouho známé, jako jsou vitaminy a nezbytné minerální látky. Mezi funkční potraviny nepatří rovněž tzv. potravní doplňky vitaminů, stopových prvků, ale i řada přirozených antioxidantů a jiných látek podávaných ve formách obvyklých pro léky – tabletách, kapslích, extraktech apod. [56]. Účelem funkčních potravin je hlavně prevence, tj. příznivým působením předcházet onemocnění, nikoliv léčení nemoci ve stadiu jejího propuknutí [55].

Funkční potraviny nebo jejich účinné složky jsou převážně rostlinného původu, kromě luštěnin je velká pozornost věnována obilovinám, ovoci a zelenině, ale řadí se k nim i některé výrobky živočišného původu, např. probiotické jogurty, acidofilní mléko, rybí olej s vysokým obsahem (n-3) nenasycených mastných kyselin aj. [55,56].

2 VLÁKNINA

Polysacharidové polymerní formy vlákniny jsou známy jako přirozené složky potravy rostlinného původu po mnoha desetiletí. Přibližně od 60. let minulého století se jim přisuzuje značný nutriční význam, často potvrzovaný výsledky epidemiologických studií, experimentů na zvířatech i klinických zkoušek a interpretovaný zejména jako prevence některých nádorových onemocnění a kardiovaskulárních chorob, cukrovky II. typu, divertikulózy (vydutí) tlustého střeva, chronické zácpy aj. [57,58].

Mechanismus působení vlákniny se dlouho vysvětlovat poněkud mechanicky – vlastnostmi adsorpčními a absorpčními, bobtnavostí, kartáčovým čistícím efektem, urychlováním pasáže tráveniny trávicím ústrojím apod. [57,59]. V posledním desetiletí se názory na biologickou aktivitu a také na chemické složení a na zdroje vlákniny změnilo. Byly objeveny nové funkce „klasické vlákniny“ (celulóza, hemicelulóza, pektin aj.) a zejména její interakce s mikroflórou tlustého střeva. Na základě velké podobnosti v biologické aktivitě se k vláknině přiřazují nové typy primárních (potravních) nebo syntetických cukerných látek, které mají zpravidla oligosacharidovou povahu [60].

V těchto souvislostech se užívají novější odborné pojmy prebiotika (např. frukto- a jiné oligosacharidy), probiotika (např. bakteriální kultury ovlivňující složení střevní mikroflóry a její aktivitu) a synbiotika (obvykle komplex obou předchozích skupin, neboť *in vivo* působí navzájem a jsou zdrojem produktů velké biologické aktivity). Potraviny obsahující přídatné skupiny prebiotik a probiotik se pojmenovávají termínem širšího významového obsahu funkční potraviny. V tomto sdělení jsou shrnuty některé novější poznatky o složení, biologické aktivitě a praktické využitelnosti jednak tzv. klasické vlákniny, ale zejména mladší skupiny prebiotik, která se také přiřazuje k potravní vláknině [58].

2.1 Definice a charakteristika vlákniny

Vláknina je významnou, ale dříve opomíjenou součástí potravy. Vláknina potravy má za sebou dlouhou historii, ve které se jí mnozí vědci snažili definovat. Postupem času se z jednoduché a stručné definice stala definice mnohem podrobnější a tím i zároveň složitější [61]. Vláknina je nejvýznamnější funkční složkou a podstatou balastních látek, nacházejících se hlavně v povrchových vrstvách všech rostlinných produktů, tedy kromě luštěnin, také hlavně u obilovin, olejnin, brambor, v ovoci a v zelenině [56].

Pojem vláknina potravy (angl. dietary fibre) zahrnoval dříve celulózu, hemicelulózu, pektinové látky a lignin jako složky odolné vůči štěpení enzymy zažívacího traktu [62]. Soudobá charakteristika zahrnuje do vlákniny všechny polysacharidy, které nejsou využitelné v trávicím traktu, tedy počítají se tam i tzv. rezistentní škroby, což jsou nestravitelné části přírodního škrobu [61,63].

Definice vlákniny se časem postupně mění, jak jsou získávány nové poznatky [61]. Samotný název tak trochu vypovídá o struktuře a funkci vlákniny, jak je patrné z názvu v jiných jazycích (crude fibre – hrubá vláknina v angl., die Ballaststoffe – balastní látky v něm.). Vláknina je tvořena řadou komponentů, které jsou si podobny vláknitou strukturou, tvořenu dlouhými řetězci převážně sacharidových jednotek [56]. Vlákninu je možné podle vyhlášky č. 330/2009 Sb. v platném znění definovat jako polysacharidy s třemi nebo více monomerními jednotkami, které nejsou tráveny ani vstřebávány v tenkém střevě člověka, náležející do skupin:

1. jedlé polysacharidy přirozeně se vyskytující v potravě,
2. jedlé polysacharidy, které byly získány z potravních surovin fyzikálními, enzymatickými nebo chemickými prostředky a které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky, nebo
3. jedlé polysacharidy, které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky [64].

Pojem „vláknina“ bývá v literatuře vyjádřen různými termíny. Názvy, které se používají pro formulaci, jsou uvedeny Tab. 4. V České republice odborníci na výživu používají termín „vláknina potravy“ [65].

Tab. 4. Formulace vlákniny [65]

Anglický název	Anglická zkratka	Český překlad
crude fiber	CF	hrubá vláknina
dietary fiber	DF	vláknina potravy
plant fiber	PF	rostlinná vláknina
fiber	-	vláknina
nonpurified plant fiber	NPPF	surová rostlinná vláknina
purified plant fiber	PPF	čistá rostlinná vláknina
nonnutritive natural fiber	-	nevýživová přirozená vláknina
nonnutritive syntetic fiber	-	nevýživová syntetická vláknina
undigestible carbohydrate	UC	nestravitelné sacharidy
plantix	PX	plantix (celulóza, hemicelulóza, slizy, pektiny, gummy a lignin)
complantix	CCX	complantix (plantix doplněný o případné nestravitelné složky buněčných stěn)
partially digestible plant polymer	PDPP	částečně stravitelné rostlinné polymery
partially digestible biopolymer	PDB	částečně stravitelné biopolymery

Potravinová vláknina se vyznačuje částečnou nebo úplnou rezistencí vůči štěpení enzymy trávicího traktu člověka, s výjimkou rozpustné vlákniny (označujeme ji proto jako nestravitelnou složku potravy, která není přímo využitelná jako zdroj energie – je tudíž balastní). Množství získané energie z 1 g vlákniny se pohybuje kolem 3 kJ. Vláknina prochází v nezměněné formě tenkým střevem a k fermentaci dochází teprve účinkem enzymů mikroflóry tlustého střeva za vzniku využitelných mastných kyselin s krátkým řetězcem – propionová, octová a zejména máselná kyselina. Konečnými produkty fermentace vlákniny jsou voda a plyny (oxid uhličitý, vodík a metan) [4,66].

2.2 Doporučený příjem vlákniny

Stanovení jednoznačného doporučení pro denní příjem vlákniny je problematické. Vláknina není jedinou látkou, ale komplexem různých složek, které plní různé funkce

a většinou nejsou vzájemně zastupitelné. Doporučenou dávkou je proto obtížné jednoznačně vyčíslit, proto se často uvádějí orientační hodnoty, a to i z důvodu použití nejednotné metody pro stanovení obsahu vlákniny v potravinách [60].

Pro státy Evropské unie bylo v rámci projektu Dietary fibre intakes in Europe stanoveno doporučení v rozpětí 21 – 25,3 g vlákniny za den. V České republice existuje doporučení uvedené ve výživových doporučeních publikovaných v roce 2005, a to na úrovni 25 – 30 g vlákniny za den. Současná konzumace vlákniny u nás se však odhaduje na pouhých 10 – 15 g vlákniny za den [60]. Poměr rozpustné a nerozpustné vlákniny by měl být v poměru 1:3 [67]. Dle Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA) je pro správné fungování střev vhodný příjem 25 g vlákniny za den [68].

2.3 Druhy vlákniny

Existuje celá řada různých druhů vlákniny, které se často dělí na rozpustné a nerozpustné a dále je lze klasifikovat na zkvasitelné, slabě zkvasitelné či nezskvasitelné. Nejzákladnější dělení vlákniny je podle rozpustnosti na rozpustnou vlákninu (měkká) a vlákninu nerozpustnou (hrubá) [69].

2.3.1 Rozpustná vláknina a její účinky

Skupinu rozpustné vlákniny tvoří část hemicelulóz, β -glukany, pektinové látky, rostlinné slizy, polysacharidy mořských řas, modifikované škroby a modifikované celulózy. Tato část vlákniny váže značné množství vody, bobtná, tvoří viskózní roztoky a zvětšuje svůj objem. Rozpustná vláknina pozitivně ovlivňuje hladinu cukru a cholesterolu v krvi a vyskytuje se spíše v mladých rostlinách [4,56].

Hlavním nutričním významem ve vodě rozpustné vlákniny je, že slouží jako substrát pro fermentaci v tlustém střevě a významným způsobem ovlivňuje mikrobiální flóru tlustého střeva ve smyslu zvýšení počtu probiotických kmenů. Bakteriální fermentace v tlustém střevě konvertuje polysacharidy na mastné kyseliny s krátkým řetězcem (kyselina octová, propionová, máselná) a uvolňuje použitelnou energii [70].

Rozpustná vláknina zvyšuje viskozitu obsahu žaludku a střev, zpomaluje promíchávání jejich obsahu, omezuje přístup pankreatických amyláz a lipáz k substrátům a tím absorpci živin střevní stěnou. Tím se zpomalí průchod střevního obsahu a sníží se difuze živin, váží

se minerální látky (zejména ionty vápníku, železa, mědi a zinku) a modifikuje se tak jejich dostupnost. Část vázaných kationtů se uvolní při fermentaci v tlustém střevě [4,71]. Velký význam má vláknina i při redukčních dietách. Objemnější strava vyvolává dříve pocit nasycení a také déle setrvává v žaludku. Zdrojem rozpustné vlákniny je ovoce, zelenina a částečně obiloviny [72].

2.3.2 Nerozpustná vláknina a její účinky

Nerozpustná vláknina, někdy také nazývána jako hrubá vláknina, vodu dobře absorbuje, ale nerozpouští se v ní. Nerozpustná vláknina změkčuje stolicí, a tím udržuje obsah střev v pohybu. Následkem je pak ideální pravidelné vyprazdňování. Trávicím traktem prochází nestrávená, podporuje střevní funkci, vyplavuje z těla karcinogeny, žlučové kyseliny a cholesterol [73]. Nerozpustná vláknina nemůže být metabolizována bakteriemi tlustého střeva a je z hlediska nutričního nevyužitelná [70,74].

Skupinu nerozpustné vlákniny tvoří celulóza, část hemicelulóz a lignin. Tato část vlákniny je charakteristická silnými a pevnými vlákny. Tuto vlákninu získáme zvláště z obilovin, brukvovité a kořenové zeleniny (celulóza), nebo z dřevnaté kedlubny, mrkve a ředkviček (lignin). Množství rozpustné vlákniny obsažené ve fazoli je v rozmezí 7,2 – 12,4 % sušiny a množství nerozpustné vlákniny se pohybuje v rozmezí 9,1 – 9,6 % sušiny [56].

2.4 Fyziologické účinky vlákniny

Prevence a zlepšení střevních onemocnění bylo přisuzováno příznivému působení potravinové vlákniny již v sedmdesátých letech minulého století. Je tím rychlejší průchod a zvětšení objemu tráveniny v střevním traktu vlivem vyššího obsahu vlákniny, která bobtnáním váže vodu, odstraňuje chronické zácpy, snižuje výskyt divertikulózy, jakož i nádorová onemocnění, zejména tlustého střeva. Sliznice střeva není tak dlouho vystavena působení karcinogenních látek jak z tráveniny, tak i karcinogenů, vznikajících činností střevních bakterií i žlučových kyselin, vytvářených organismem úměrně s množstvím konzumovaných tuků [56].

Příznivým účinkem části vlákniny, zejména rezistentních škrobů, které jsou tráveny v tlustém střevu, je jejich fermentace za vzniku mastných kyselin a krátkým řetězcem (SCFA, short chain fatty acids) – octová, propionová a zejména máselná kyselina, která

brání proliferaci rakovinných buněk do stěvné stěny, přičemž diferencování normálních střevních buněk nebrání a jejich růst podporuje [56].

SCFA regulují kyselost v horní části tlustého střeva a tím snižují riziko vzniku nádorů. Fermentované složky rovněž přispívají k růstu mikrobiální flóry v tlustém střevě a mění jeho mikroflóru ve prospěch užitečných bifidogenních bakterií, a tím příznivě ovlivňují imunitní systém. Takto mohou obnovit rovnováhu střevní mikroflóry například i po léčbě antibiotiky, čehož se hojně využívá při rekonvalescenci. Mastné kyseliny rovněž podporují proliferaci epitelu tlustého střeva [72,74]. SCFA jsou rychle absorbovány, kyselina octová a zčásti i kyselina propionová jsou po resorpci portálním oběhem transportovány do jater, kde se podílejí na získávání energie tím, že jsou transformovány na glukózu a mastné kyseliny s delším řetězcem. Kvasné procesy mohou nahradit až 20 % klidového energetického výdeje. Část kyseliny propionové a kyselina máselná zůstávají ve střevní sliznici pro výživu kolonocytů. Mají zásadní důležitost pro metabolismus sliznice tlustého střeva, proliferaci a obnovování kolonocytů [56,69].

K dispozici je stále větší počet pramenů odborné literatury, které dokládají ochranné a preventivní účinky vlákniny v nemoci, zvláště pak při onemocnění tlustého střeva a kardiovaskulárního systému. Několik epidemiologických studií prokázalo, že nízký příjem vlákniny souvisí s mnoha onemocněními, jako je rakovina tlustého střeva, obezita, *diabetes mellitus* a poruchy zažívacího traktu, včetně zácpy a divertikulózy. Zvýšený příjem vlákniny může mít roli ve snižování rizika vzniku takovýchto onemocnění [69].

2.4.1 Vliv vlákniny na tenké střevo

V tenkém střevě se vláknina uplatňuje různě, podle svých fyzikálních a chemických vlastností. Jeho funkci příznivě ovlivňuje především vláknina nerozpustná [75].

V tenkém střevě zvětšuje vláknina obsah potravy a tím způsobuje zrychlení pasáže obsahu tenkého střeva a současně snižuje absorpci živin. Zhoršená dostupnost a rozpustnost živin v potravě vlivem nestravitelné vlákniny snižuje aktivitu pankreatických a střevních fermentů a tím využitelnost živin obsažených v potravě. Dále vláknina tlumí absorpci živin a současně zrychlení pasáže snižuje jak postprandiální glykémii, tak energetickou využitelnost potravy [76]. Vláknina mechanismem vazby žlučových kyselin přerušuje jejich enterohepatální cyklus a vede k mírnému poklesu cholesterolemie a snížení absorpce tuků z potravy [67].

2.4.2 Vliv vlákniny na karcinom tlustého střeva

Literární údaje uvádí, že 80 – 90 % všech nádorů se rozvíjí vlivem zevních faktorů. Vznik asi 35 až 40 % nádorů souvisí se způsobem výživy. Rozvoji většiny nádorů se proto lze bránit, je však nutné vědět, co vznik nádorů podporuje, či mu naopak zabraňuje. Rakovina tlustého střeva a konečníku (kolorektální karcinom) patří mezi závažné a nejčastěji se vyskytující zhoubná onemocnění ve střední i západní Evropě. Naše republika má ve statistikách výskytu a úmrtí na toto onemocnění prvořadé postavení [77].

Předpokladem účinku vlákniny v případě vzniku kolorektálního karcinomu je především ovlivnění střevní mikroflóry. Hnilobné bakterie, které převládají při stravě s vysokým obsahem živočišných bílkovin a nasycených tuků, přeměňují například žlučové kyseliny v karcinogeny. Dále je to zrychlení pasáže tráveniny gastrointestinálním traktem; proto je expozice (působení možných karcinogenů na sliznici tlustého střeva) kratší [78,79]. Hrubá vláknina navíc snižuje obsah sekundárních žlučových kyselin v tlustém střevě, které mohou zvyšovat riziko kolorektálního karcinomu. Tímto mechanismem má hrubá vláknina preventivní účinek proti vzniku metaplazií (přeměna tkáně) a nádorů tlustého střeva [67].

2.4.3 Vliv vlákniny na metabolismus cholesterolu

Největší účinek na snížení plazmatického cholesterolu má rozpustná vláknina (pektin, guarová guma). Účinek je vysvětlován vychytáváním žlučových kyselin a jejich vylučováním stolicí. Tím dochází ke zvýšené tvorbě žlučových kyselin z cholesterolu v játrech a k poklesu celkových zásob cholesterolu v organismu. Účinek vlákniny na snížení cholesterolu je velmi proměnlivý podle kvality a typu vlákniny. Vychytávání žlučových kyselin vlákninou nemusí být jediným mechanismem, který snižuje hladiny plazmatického cholesterolu. Kyselina propionová vznikající fermentací vlákniny v tlustém střevě má inhibiční účinek na jaterní HMG-CoA-reduktázu, která je klíčovým enzymem v syntéze cholesterolu [67].

2.4.4 Vliv vlákniny na civilizační choroby

Nízký příjem vlákniny souvisí v lidské populaci se vznikem civilizačních chorob, jako je například zácpa a její komplikace (divertikulóza, divertikulitida), vznik adenomu s možnou maligní sekvencí v kolorektální karcinom. Další civilizační chorobou je vznik žlučových kamenů, především kamenů žlučnickových s dalšími možnými komplikacemi – cholecystitidou, pankreatitidou atd. Dalšími chorobami, které mohou s nedostatečným

příjmem vlákniny souviset, jsou onemocnění způsobená vysokou hladinou cholesterolu a tepennou aterosklerózou, například ischemická choroba srdeční (ICHS; angina pectoris, infarkt myokardu). Mezi další choroby patří ischemická choroba tepen dolních končetin (ICHDK), cévní mozková příhoda ischemického typu, hypertenze apod. [78].

Strava s nízkým obsahem vlákniny, která obsahuje většinou také velké množství volných jednoduchých sacharidů, tuků a živočišných bílkovin, souvisí v epidemiologických studiích s vyšším výskytem maligních onemocnění – především kolorektálního, ale také karcinomu mammy (prsů) a pankreatu (slinivky břišní) [78].

2.4.5 Vliv vlákniny na některé další nemoci

Rozpustná vláknina zpomaluje trávení a absorpci sacharidů, čímž snižuje vzestup hladiny glukózy v krvi po požití stravy bohaté na sacharidy. Lidé trpící cukrovkou tak mohou lépe ovlivňovat hladinu glukózy v krvi. Strava s vysokým obsahem vlákniny může snížit riziko vzniku cukrovky [70].

Příjem vlákniny vede ke zpomalení a snížení rizika z příjmu kontaminované potravy. Na pokusech se zvířaty bylo např. prokázáno, že pšeničné otruby mohou vázat aflatoxin B1 (karcinogenní mykotoxin). Vláknina obilovin může díky své sorpční a iontovýměnné kapacitě ovlivňovat koncentraci některých mutagenních látek a těžkých kovů přijatých potravou [56].

Vláknina také pomáhá při snižování nadváhy, neboť rychlejším průchodem tráveniny a snížením vstřebáním tuků a jednoduchých cukrů se snižuje příjem energie potravou, k čemuž přispívá i správné vyprazdňování [70]. Vláknina rovněž zvyšuje pocit nasycení a pocit hladu se dostavuje později [56].

Seznam pozitivních účinků vlákniny není zdaleka vyčerpán. Je jen málo onemocnění, kdy podávání vlákniny (alespoň malých dávek) je zakázáno. Rozpustná vláknina bývá přidávána i při infuzní výživě či výživě sondou. Vláknina je podávána tekutou stravou, z důvodu udržení střev v činnosti [56].

2.5 Možné negativní účinky vlákniny

Nadměrný příjem vlákniny vysoce převyšující doporučené množství, může působit na lidský organizmus nepříznivě. Rostlinné zdroje vlákniny totiž obvykle obsahují i látky,

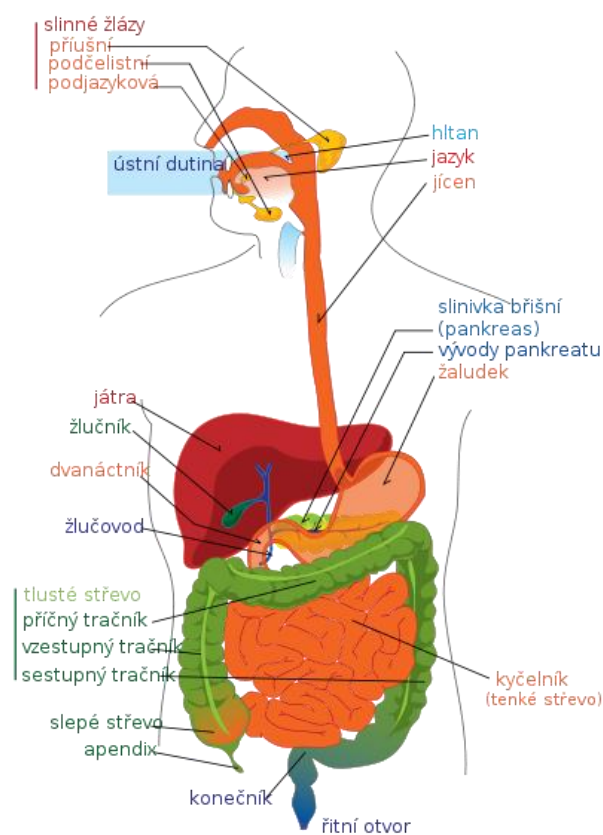
které snižují resorpci některých minerálních látek – zejména vápníku, železa, niklu, hořčíku aj. Strava s vysokým obsahem vlákniny může způsobit u některých jedinců nadýmání, bolesti břicha a průjmy [60]. Mezi další negativní účinky vlákniny patří rychlejší průchod tráveniny zažívacím traktem, čímž se snižuje jejich využitelnost a rovněž bývá upozorňováno na možnost interakce s některými léky [56]. Za rizikový příjem se považuje příjem vlákniny vyšší než 60 g za den. Celkově však pozitivní vlastnosti vlákniny výrazně převyšují [56, 60].

3 GASTROINTESTINÁLNÍ TRAKT

Tvorba a obnova tkání a veškerá činnost organismu vyžadují přísun látek z okolí. Spolu s vylučováním jejich zbytků a produktů je tento cyklus součástí látkové přeměny (metabolizmu), která je jednou z charakteristických vlastností života.

Trávicí, neboli gastrointestinální trakt (GIT) zajišťuje příjem, zpracování a vstřebávání energeticky bohatých součástí potravy (živin) i látek obsahujících nezbytné stavební a řídicí součásti organismu. Kromě těchto tří základních funkcí vykonává gastrointestinální systém řadu dalších, pro život nezbytných činností [80].

Trávicí trakt je svalová trubice, které začíná otvorem ústním a končí otvorem řitním [81]. Trávicí soustava (viz Obr. 8) je rozčleněna na tyto části: dutinu ústní s přídatnými slinnými žlázami, hltan, jícen, žaludek, tenké střevo se svými oddíly dvanáctníkem, lačníkem a kyčelníkem a střevo tlusté s jeho částmi. Funkčně jsou s trávicí soustavou spjaty dvě žlázy – slinivka břišní a játra [82].



Obr. 8. Trávicí soustava člověka [83]

Trávicí systém je rozdělen na určité prostory, jimiž musí potravina projít, a zbytky jsou vyloučeny mimo tělo. Tyto prostory lze pro zjednodušení dělit na tři části:

1. horní GIT (ústa, jícen, žaludek)
2. střední GIT (tenké střevo)
3. dolní GIT (kolon)

Jako čtvrtá část jsou uváděny akcesorní orgány podílející se na funkci GIT, ale ležící mimo vlastní trávicí trubici – slinné žlázy, játra a slinivka břišní [81,84].

Gastrointestinální trakt má tyto hlavní úkoly:

- mechanické a chemické zpracování potravy – trávení
- přestup selektovaných látek stěnou GIT – vstřebávání
- vyrovnávání nárazovitého příjmu potravy – skladování
- likvidace mikroorganismů vlastním imunitním systémem a trávením a rozrušení antigenní struktury látek – ochrana [84].
- odstraňování zplodin látkové výměny a některých škodlivých látek [80].

3.1 Dutina ústní

Dutina ústní patří k hlavové části trávicí trubice. Činností dutiny ústní je přijímána jak pevná strava (ukousnutí sousta), tak potravina tekutá (sání, pití). Potravina je mechanicky rozmělněována a smíšena se slinami [85,86]. Štěpením škrobu amylázou vznikají látky se sladkou chutí, umožňující rozeznat potraviny obsahující tuto významnou živinu, která sama chuť nemá. Chuťové receptory spolu s mechanoreceptory a termoreceptory dutiny ústní ve spolupráci s čichem zajišťují komplexní vjem chuti a kvality potravy [73,80]. Dutina ústní se skládá z jazyka, zubů a slinných žláz.

3.1.1 Jazyk

Jazyk (*lingua*) je svalový orgán, který je tvořen příčně pruhovanými svaly [87,88]. Na hranici kořene a hřbetu jazyka se nacházejí v bocích ohrazených papil chuťové pohárky sloužící k vnímání chuti přijímané potravy [87,89]. Při rozmělněování a posunu potravy zabezpečuje jazyk obalení sousta slinami a jeho vtlačení do hltanu. Posun potravy jazykem vyvolá podráždění stěny hltanu a zahájení polykacího reflexu [89]. Další významnou

funkcí jazyka je tvorba hlásek. Jazyk je součástí mluvidel, ke kterým dále patří např. rty, dásně, zuby a další orgány [87].

3.1.2 Zuby

Zuby (*dentes*) jsou tvrdé útvary vyčnívající z horní a dolní čelisti sloužící k uchopování a rozměňování potravy [73]. Pro tuto funkci jsou tvarově upraveny tak, aby jimi bylo možno potravu řezat – řezáky, trhat – špičáky, dělit a rozměňovat – zuby třenové a stoličky [86,87]. Každý zub se skládá z korunky vyčnívající z dásně, krčku a kořene [73,90].

3.1.3 Slinné žlázy

Slinné žlázy (*glandulae salivariae*) jsou dvojího typu. Jsou to jednak drobné žlázy, roztroušené všude ve sliznici dutiny ústní, jednak velké párové žlázy (příušní, podjazykové, podčelistní). Drobné žlázy produkují sliny neustále, a tak zvlhčují sliznici úst [91]. Velké slinné žlázy vyměšují velké množství slin na podněty chuťové, zrakové a čichové [88,91]. Sliny mají jednak funkci mechanickou, protože zvlhčují suchou potravu, slepují rozmělněné částičky a účastní se tak vytváření sousta, jednak funkci chemickou, štěpí složité látky na jednodušší. Sliny jsou bezbarvá vazká tekutina, jíž se denně produkuje 1 až 1,5 litru. Reakci mají přibližně neutrální až mírně kyselou. Obsahují 99 % vody, v níž je rozpuštěno asi 0,7 % látek organických a 0,3 % látek anorganických [91]. Sliny také obsahují slinnou amylázu (ptyalin), štěpící ve vodě nerozpustné polysacharidy až na rozpustnou, sladkou maltózu, dráždíci chuťové buňky. Součástí slin je také hlen, tvořený převážně mucinem, dodávající slinám hustotu a vazkost. Mucin má velký význam pro polykání, protože činí sousto kluzkým. Lysozym, obsažený ve slinách, ničí bakterie a choroboplodné zárodky [88,91].

3.2 Hltan

Hltan (*pharynx*) je svalnatý orgán, kterým začíná trávicí trubice. Hltan je společnou částí dýchací a trávicí soustavy. Rozlišujeme na něm 3 části, nosohltan, ústní část hltanu a hrtanovou část [88]. Z funkčního hlediska je hltan místem, kde dochází k definitivnímu oddělení vstupu do gastrointestinálního traktu a do dýchacích cest [84].

3.3 Jícen

Jícen (*oesophagus*) je svalová trubice dlouhá asi 25 – 32 cm. Prochází mezihrudní přepážkou a bránicí a ústí do žaludku. V horní části je tvořen příčně pruhovaným svalstvem, v dolní části svalstvem hladkým [88]. Svalovina jícnu vykonává při polykání peristaltické pohyby, takže sousto (i tekuté) prochází jícnem aktivně – je posunováno smršťováním svaloviny. V klidu jsou stěny jícnu přiloženy k sobě [87,89].

3.4 Žaludek

Žaludek (*gaster, ventriculus*) je nejširší část trávicí trubice, ležící v horní třetině břišní dutiny pod levou brániční klenbou. Má tvar ohnutého vaku. U dospělého člověka pojme 1 – 2 litry obsahu [87,89,91]. Žaludek zpracovává potravu mechanicky a chemicky, ale především je shromaždištěm (rezervoárem) potravy. Mechanické trávení je zajišťováno pomocí stahů žaludku, kterými se obsah promíchává a dále rozmělnuje [92]. Hybnost žaludečního svalstva je ovlivňována přímo náplní žaludku – a to jak množstvím, tak složením potravy. Chemická funkce žaludku je umožněna mechanickou úpravou potravy a zajištěna produkcí žaludeční šťávy [89]. Žaludeční šťáva je produkována žlázkami žaludeční sliznice. Její denní množství závisí na množství přijaté potravy, ale v průměru se tvoří asi 1,5 – 2 litry šťávy za 24 hodin. Žaludeční šťáva je čirá, bezbarvá a silně kyselá tekutina. Obsahuje kyselinu chlorovodíkovou, pepsin, chymozin, žaludeční lipázu a mucin. Více než 99 % šťávy tvoří voda [87,89].

3.5 Tenké střevo

Tenké střevo (*intestinum tenue*) je dlouhé 3 až 5 metrů a široké 3 centimetry. Jeho sliznice je fyziologicky bledě růžová, bohatě zřasená, s jemnými výběžky – klky [88]. Povrch tenkého střeva je obrovský, což je výhodné pro plnění hlavních funkcí této části GIT – dochází zde ke konečnému trávení potravy a vstřebávání živin [84]. Do počátečního oddílu – dvanáctníku (*duodenum*) se otvírá vývod žlučový a vývod slinivky břišní. Další oddíly jsou svinuty v četné kličky a zavěšeny k zadní stěně břišní tenkou zřasenou blanou – okružím. Horní 3/5 těchto kliček se nazývají lačník (*jejunum*), dolní 2/5 kyčelník (*ileum*). Mezi klky jsou ve sliznici jednoduché trubicovité žlázy, produkující slabě zásaditou

střevní šťávu. Šťáva obsahuje enzymy peptidázy, štěpící bílkoviny, lipázy, štěpící lipidy a amylázy, štěpící sacharidy. V horní části střeva se nacházejí buňky, které při styku s tráveninou začnou produkovat hormony sekretin a pankreozymín. Tyto hormony jsou krví zaneseny do slinivky břišní, která začne produkovat pankreatickou šťávu, obsahující enzymy pro trávení všech živin [88]. Průchod potravy tenkým střevem je relativně rychlý a trvá jen několik hodin [73,85].

3.6 Tlusté střevo

Tlusté střevo (*intestinum crassum, colon*) je konečným, asi 1,5 metru dlouhým oddílem trávicí trubice, který je charakteristický svým větším průsvitem a naředlou tmavší barvou. První oddíl tlustého střeva – slepé střevo je nejobjemnější. Dalšími oddíly střeva jsou v sestupný, sestupný a esovitý tračník a konečník [89]. Sliznice tlustého střeva není zřasena v klky [88].

Hlavní funkcí tlustého střeva je zahušťování potravy, vstřebávání vody, solí, vitaminů a také tvorba a vylučování formované stolice [91]. K zahuštěnému obsahu se přidává hlen, který slepuje nestrávené zbytky potravy. Zbytky potravy se účinkem kvasných a hnilobných bakterií žijících na střevní sliznici zkvašují a bílkoviny podléhají hnití. Bakterie kvasí cukry, tuky a těžce stravitelnou celulózu. Vzniká tak alkohol a různé plyny, např. vodík, metan a oxid uhličitý. Hnitím bílkovin se vytvářejí značně jedovaté látky jako např. fenol, sirovodík a tzv. mrtvolné jedy, zejména putrescín a kadaverin [89]. Naopak pozitivní je, že činností střevních bakterií (*Escherichia coli*) vznikají vitaminy B₁₂ a K. Poslední částí tlustého střeva je řiť. Řítním otvorem se při vyprazdňování (defekaci) dostává z těla stolice. Denně se vyloučí 100 – 300 g stolice v závislosti na charakteru stravy [88,91].

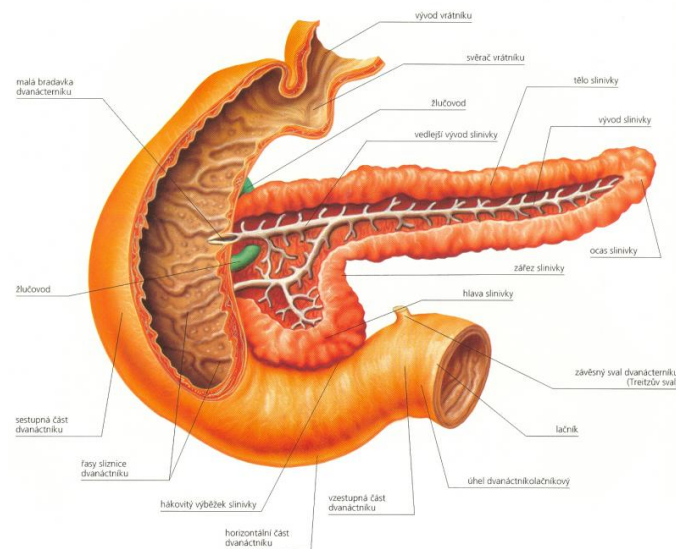
3.7 Žlázy trávicí soustavy

S vlastním trávicím ústrojím anatomicky i funkčně souvisí slinivka břišní a játra.

3.7.1 Slinivka břišní

Slinivka břišní (*pankreas*) je žláza s vnitřní (endokrinní) a vnější (exokrinní) sekrecí, uložená za žaludkem u zadní stěny dutiny břišní. Její délka je kolem 20 centimetrů.

Slinivka (viz Obr. 9) vylučuje endokrinně z Langerhansových ostrůvků hormon inzulin a glukagon, které regulují hladinu glukózy v krvi a exokrinně pankreatickou šťávu. Pankreatická šťáva je bezbarvá tekutina s pH 7 – 8, která je vylučována v množství 2 – 3 litry denně [93]. Součástí pankreatické šťávy jsou enzymy: trypsin, štěpící bílkoviny, lipázy, štěpící lipidy a amylázy štěpící sacharidy [88].



Obr. 9. Slinivka břišní [94]

3.7.2 Játra

Játra (*hepar*) jsou největší žlázou trávicího systému a celého těla, váží 1300 – 1700 g. Jsou uložena v pravé brániční klenbě a jsou žlázou s vnitřní sekrecí [87,89]. Při látkové přeměně mají játra nezastupitelný význam. Nadbytečná glukóza se v nich ukládá ve formě glykogenu. V játrech také dochází k tvorbě tuků ze sacharidů, dále je zde nadbytečný dusík předváděn na močovinu. V játrech se také odbourává hemoglobin a uvolněné železo se váže na feritin. Dochází zde také k syntéze látek potřebných pro normální srážlivost krve (protrombin, plazminogen, protein C). Játra jsou zásobárnou vitamínu B₁₂ a vitaminů rozpustných v tucích (A, D, E, K) a také se v nich tvoří velké množství tělesného tepla [88].

4 TRÁVENÍ ZÁKLADNÍCH ŽIVIN

Živiny obsažené v lidské potravě lze rozdělit na tři základní skupiny: sacharidy, lipidy a bílkoviny. Tyto živiny se štěpí na menší a jednodušší částice, jež se poté vstřebávají stěnou tenkého střeva, aby se nakonec dostaly do krevního oběhu. Ne všechno, co sníme, je stráveno. Část stravy, kterou se nepovede organismu rozložit, je z něj vyloučena. Nejmenší skupinu živin v lidské stravě tvoří proteiny, které jsou v ní zastoupeny asi z 20 – 25 %, a jsou rozloženy působením enzymů proteáz. Trávení lipidů, které tvoří 20 – 30 % v lidské stravě, katalyzují enzymy lipázy. Hlavní a nejdůležitější složkou lidské výživy představují sacharidy (50 – 60 % stravy). Sacharidy jsou přijímány hlavně ve formě škrobů, které trávicí systém štěpí za účasti enzymů amyláz [95]. O tom, jak jsou jednotlivé živiny tráveny, je pojednáno dále.

4.1 Trávení sacharidů

Sacharidy obsažené v potravě pokrývají největší část energetické potřeby organismu. V běžné potravě jsou obsaženy všechny typy sacharidů, monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy [96]. Sacharidy jsou různě stravitelné – od velmi dobře stravitelných zástupců až po hůře stravitelné sacharidy [88]. Polysacharidy patří mezi hůře stravitelné sacharidy, zvláště pak celulóza. Celulóza nemá pro člověka nutriční význam jako zdroj energie, ale je součástí vlákniny v potravě [84,85].

Trávení sacharidů začíná již v dutině ústní působením enzymu slinných žláz – ptyalinu (slinná α -amyláza) [95,97]. α -amyláza je endosacharidáza přítomná ve slinách a pankreatické šťávě. Slinná i pankreatická α -amyláza hydrolyticky štěpí škrob a glykogen na disacharid maltózu. Význam slinné α -amylázy je malý vzhledem ke krátké době jejího působení na potravu. Slinná α -amyláza se inaktivuje při pH 4,0 a nižším, což znamená, že v kyselém prostředí žaludku se její účinek zastaví. Pankreatická α -amyláza je tak hlavním enzymem zodpovědným za hydrolýzu škrobu a glykogenu. Hlavním produktem hydrolýzy je disacharid maltóza, trisacharid maltotrióza a v menší míře i oligosacharidy složené průměrně z osmi glukózových jednotek [96].

Konečná hydrolýza disacharidů na monosacharidy probíhá pomocí specifických hydrolytických enzymů kartáčového lemu enterocytů – disacharidáz. K nim patří maltáza,

sacharáza, izomaltáza, laktáza a trehaláza. Hlavními konečnými produkty trávení sacharidů jsou D-glukóza, D-fruktóza a D-galaktóza [96,97].

4.2 Trávení bílkovin

Přibližně 50 % bílkovin přítomných v gastrointestinálním traktu pochází z potravy, 25 % z trávicích šťáv a 25 % z odloupaných buněk střevní sliznice. Všechny bílkoviny nejsou stejně snadno stravitelné. Obtížně jsou tráveny například elastin, keratin a mucin. Proto může vrstva mucinu chránit žaludeční a střevní sliznici před působením vlastních proteáz [98]. Na trávení bílkovin se podílejí enzymy tvořené v žaludku, pankreatu a střevní sliznici (viz Tab. 5)

Tab. 5. Přehled enzymů štěpících proteiny v gastrointestinálním traktu [98]

Zdroj	Enzym (proenzym)	Aktivní forma (pokud se liší od enzymu)	Aktivátor	Účinek
žaludek	pepsinogen	pepsin	HCl	endopeptidáza
	rennin (chymozin)			kasein → parakasein
<i>pankreas</i>	trypsinogen	trypsin	enterokináza	endopeptidáza
	chymotrypsinogen	chymotrypsin	trypsin	endopeptidáza
	prokarboxypeptidáza	karboxypeptidáza	trypsin	exopeptidáza
	proelastáza	elastáza		endopeptidáza
enterocyty	aminopeptidázy			exopeptidáza
	dipeptidázy			dipeptid → 2 AA

Proteiny jsou hydrolyzovány peptidázami, které jsou specifické k jednotlivým peptidovým vazbám mezi aminokyselinami. Peptidázy dělíme na endopeptidázy, štěpící proteiny uvnitř molekuly, a exopeptidázy, které štěpí proteiny od karboxylového konce (karboxypeptidázy) nebo aminokonce (aminopeptidázy) [96].

Trávení bílkovin začíná v žaludku pomocí pepsinu produkovaného hlavními buňkami žaludeční sliznice v neaktivní formě jako pepsinogen, který je přeměněn na pepsin

působením kyseliny chlorovodíkové produkované krycími buňkami. Pepsin je endopeptidáza štěpící přednostně vazby, na kterých se podílejí aromatické aminokyseliny. Štěpí i kolagen, který tvoří hlavní složku pojiva ve svalové tkáni, tedy v mase. Kyselina chlorovodíková usnadňuje účinek pepsinu denaturací bílkovin a vytvořením optimálního pH (1,6 – 3,2). V žaludku novorozenců se při trávení proteinů uplatňuje rennin (chymozin), který přeměňuje za přítomnosti Ca^{2+} kasein na parakasein, který je následně štěpen pepsinem. Účinek pepsinu je ukončen vzestupem pH po promísení žaludečního chymu se střevním obsahem duodenu [98].

Vstup chymu do duodena aktivuje sekreci žaludeční pankreatické šťávy bohaté na řadu enzymů, pro jejichž účinek je nezbytné neutrální či slabě alkalické pH. Hlavní enzymy pankreatické šťávy štěpící bílkoviny jsou trypsin, chymotrypsin, karboxypeptidázy a elastáza. Všechny jsou secernovány v neaktivní formě a aktivními se stávají až v tenkém střevě. Trypsinogen se aktivuje na trypsin enterokinázou, chymotrypsinogen a prokarboxypeptidáza se aktivují na chymotrypsin a karboxypeptidázu trypsinem [96,98].

Poslední proces trávení přijatých bílkovin probíhá na enterocytech, kde štěpící enzymy jsou lokalizované na povrchové membráně buněk. Směs volných aminokyselin je vstřebávána přímo a oligopeptidy jsou aminopeptidázami a dipeptidázami štěpeny na volné aminokyseliny, dipeptidy a tripeptidy, které jsou transportovány do enterocytů [84,96].

4.3 Trávení lipidů

Dospělý člověk přijme během dne asi 70 – 150 g lipidů v potravě, z 90 % ve formě triacylglycerolů (tj. tuků) [85]. Zbytek pak tvoří cholesterol, jeho estery, glycerol-fosfolipidy, sfingolipidy a neesterifikované (volné) mastné kyseliny. Trávení lipidů, převážně triacylglycerolů, začíná v omezené míře již v dutině ústní lipázou produkovanou podjazykovými žlázkami. Tato lipáza je odolná vůči kyselému prostředí a pokračuje v trávení lipidů i v žaludku. V žaludku na triacylglyceroly, které mají mastné kyseliny s kratším řetězcem, působí žaludeční lipáza, jejíž pH optimum je kolem pH 7, a tak její účinnost u dospělých jedinců je velmi omezená. Uplatňuje se především u novorozenců, u nichž pH v žaludku není nízké a jejich strava obsahuje převážně mléčné

triacylglyceroly. U dospělých jedinců nehraje žaludeční lipáza významnou úlohu v trávení lipidů, které začíná prakticky až v duodenu [96,97]

Pro trávení lipidů v duodenu je nezbytná jejich emulgace vlivem žlučových kyselin, které zvětší povrch lipidových hydrofobních částic a umožní tak jejich kontakt s hydrolytickými enzymy. Triacylglyceroly, jejichž molekuly jsou příliš velké, a nemohou být proto přímo transportovány do střevních buněk, jsou štěpeny pankreatickou lipázou. Pankreatická lipáza přednostně odstraňuje mastnou kyselinu v poloze 1 a 3 [96]. To znamená, že produktem trávení je směs mono- a diacylglycerolů s mastnými kyselinami a glycerolem [84]. Pro činnost pankreatické lipázy je nezbytná kolipáza, secernovaná také pankreatem. Kolipáza umožňuje zachycení a stabilizaci pankreatické lipázy na rozhraní vodné a lipidové fáze.

Estery cholesterolu z potravy jsou hydrolyzovány působením pankreatické cholesterylesterhydrolázy (cholesterolesterázy) a produktem je cholesterol a volné mastné kyseliny [96]. Obdobně se na štěpení dalších lipidů (fosfolipidů, sfingolipidů) podílejí i ostatní enzymy pankreatické šťávy [85].

Trávení lipidů je také regulované cholecystokininem, peptidovým hormonem produkovaným buňkami mukózy duodena a horního jejunu, který působí jak na sekreci žluče, tak i na exokrinní buňky pankreatu. Snižuje rovněž motilitu žaludku, a tím reguluje množství tráveniny (chymu) přicházející do duodena. Dalším peptidovým hormonem vznikajícím ve střevních buňkách je sekretin. Sekretin zvyšuje produkci pankreatické šťávy a hydrogen uhličitanu potřebného k vytvoření optimálního pH střevního obsahu a zajišťuje tak optimální funkci trávicích enzymů [84,96].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo stanovit obsah neutrálně-detergentní a hrubé vlákniny ve vybraných druzích fazolí s použitím přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer a dále stanovit stravitelnost u vybraných produktů enzymaticko-gravimetrickou metodou *in vitro* s použitím inkubátoru Daisy II. Pro dosažení tohoto hlavního cíle byly stanoveny následující dílčí cíle:

- Zpracovat literární rešerši zabývající se obecně fazolemi a jejich chemickým složením, dále vlákninou a trávením základních živin
- U vybraných druhů fazolí stanovit obsah vlhkosti, popele, neutrálně-detergentní vlákniny, hrubé vlákniny a stravitelnosti
- Statisticky zhodnotit získané výsledky a diskutovat je s dostupnou odbornou literaturou

6 METODIKA PRÁCE

6.1 Použité chemikálie, přístroje a pomůcky

6.1.1 Chemikálie

HCl (35 % w/w), (Ing. Petr Lukeš, ČR)

fosfátový pufr KH_2PO_4 (9,078 g.dm⁻³), (Ing. Petr Lukeš, ČR)

fosfátový pufr $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ (23,889 g.dm⁻³), (Ing. Petr Lukeš, ČR)

aceton p.a., (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 6000 FIP-U/g, amylázová aktivita 7500 FIP-U/g USP, (Merck KGaA, Německo)

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

trietylglykol (ANKOM Technology, USA)

Na_2SO_3 (Lach-Ner, ČR)

α -amyláza (ANKOM Technology, USA)

H_2SO_4 (0,1275 mol.dm⁻³), (Ing. Petr Lukeš, ČR)

NaOH (0,313 mol.dm⁻³), (Lach-Ner, ČR)

6.1.2 Přístroje a pomůcky

inkubátor Daisy II (ANKOM Technology, USA)

digesční nádoby (ANKOM Technology, USA)

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

zařízení na svařování filtračních sáčků – IMPULSE SEALER, TYP KF-200H

analytické váhy EP 214 CM (OHAUS, USA)

váhy EK-600H (INSTUMENTENS)

muflová pec 018 LP (Elektrické pece Svoboda, ČR)

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

ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer (ANKOM Technology, USA)

kuchyňský mixér (Braun)

hliníkové misky

porcelánové kelímky

běžné laboratorní pomůcky a sklo

6.2 Analyzované vzorky

Veškeré analýzy byly provedeny u deseti druhů fazolí: fazole bílá ledvina, fazole bílá malá, bílá velká, fazole strakatá velká, fazole pinto, fazole červená ledvina, mungo, fazole adzuki, fazole černé oko a fazole navy bio, které byly zakoupeny v prodejně se zdravou výživou ve Zlíně. Bližší charakteristika vzorků je uvedena v Tab. 6.

Tab. 6. Charakteristika analyzovaných vzorků fazolí

Označení vzorku	Vzorek	Země původu	Výrobce
1.	fazole bílá ledvina	Kanada	Zdraví z přírody
2.	fazole bílá malá	Čína	Zdraví z přírody
3.	fazole bílá velká	Čína	Zdraví z přírody
4.	fazole strakatá velká	Čína	Zdraví z přírody
5.	fazole pinto	Kanada	Zdraví z přírody
6.	fazole červená ledvina	Kanada	Zdraví z přírody
7.	fazole mungo	Čína	Zdraví z přírody
8.	fazole adzuki	Čína	Zdraví z přírody
9.	fazole černé oko	USA	COUNTRY LIFE s.r.o.
10.	fazole navy bio	Čína	COUNTRY LIFE s.r.o.

Vzorky k chemickým analýzám byly odebírány z původního neotevřeného balení z PVC o hmotnosti 500 g. Vzorky fazolí byly uchovávány v suchu a temnu při podmínkách uvedených na obale, tj. při teplotě do 25 °C a vlhkosti do 70 %. Před vlastní analýzou byly vzorky fazolí rozemlety pomocí tyčového mixéru.

6.3 Stanovení vlhkosti a popele

Vlastnímu stanovení stravitelnosti, neutrálně-detergentní a hrubé vlákniny předcházelo stanovení vlhkosti a popele u zkoumaných vzorků.

6.3.1 Stanovení vlhkosti

Vlhkost lze definovat jako úbytek hmotnosti výrobku, vyjádřený v procentech, ke kterému dojde za podmínek definovaných mezinárodní normou. Za vlhkost (neboli vodu), jsou pokládány látky, které ze vzorku za podmínek metody vytěkají. Pevný zbytek vzorku po odstranění vody označujeme jako sušinu. Ke stanovení vlhkosti fazolí je nejčastěji používána vázková metoda, kterou je stanoven obsah sušiny ve vzorku. Výsledek je vyjádřen nejčastěji v hmotnostních procentech [99].

Pracovní postup

Do předem vysušených a zvážených hliníkových misek byl navážen na analytických vahách 1 g vzorku s přesností na čtyři desetinná čísla. Misky se vzorky byly umístěny do elektrické sušárny předehřáté na 105 °C a vzorek byl sušen cca 3 hodiny do konstantního úbytku hmotnosti. Po vychladnutí v exikátoru byly misky zváženy na analytických vahách. Výsledkem byl průměr ze tří provedených stanovení.

Obsah vlhkosti v % hm. byl vypočítán podle vztahu:

$$V = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100$$

kde V.....vlhkost vzorku v % hm.

m_0 ... hmotnost vysušené prázdné misky [g],

m_1 ... hmotnost misky se vzorkem před vysušením [g],

m_2 ... hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g].

Obsah sušiny (S) v % hm. byl vypočítán podle vztahu:

$$S = 100 - v$$

6.3.2 Stanovení popele

Popel je definován jako množství nespalitelných anorganických látek, které zůstanou po spálení zkoušeného vzorku v muflové peci při teplotě 550 ± 10 °C. Množství popele lze vypočítat po zvážení zbytku vzorku [99].

Pracovní postup

Do vyžíhaného a zváženého porcelánového kelímku byl navážen asi 1 g zkušební vzorku s přesností na 4 desetinná čísla. Kelímek byl umístěn do muflové pece a vzorek byl spalován po dobu 5 hodin při teplotě 550 °C. Po uplynutí této doby byl kelímek umístěn do exikátoru a po vychladnutí byl zvážen na analytických vahách. Postup byl proveden podle normy ČSN ISO 2171 [100]. Výsledkem byl průměr ze tří provedených stanovení.

Obsah popele v % hm. byl vypočítán podle vztahu:

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

kde P.....obsah popele v % (w/w)

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

m_2 ... hmotnost navážky vzorku [g],

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

6.4 Stanovení vlákniny

Stanovení neutrálně-detergentní a hrubé vlákniny bylo provedeno na přístroji ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer. Obecným principem stanovení vlákniny zkoumaných vzorků za pomoci přístroje ANKOM je využití technologie filtračních sáčků (FBT – Filter Bag Technology), kdy uzavřený a zatavený vzorek v sáčku uvolňuje rozpuštěné látky, které odchází stěnou sáčku do roztoku a naopak nerozpustné částice zůstávají uvnitř sáčku. Sáčky jsou odolné vůči působení hydroxidů a kyselin, mají zanedbatelný obsah popele a nepohlcují vlhkost.

Po naplnění a zatavení sáčků jsou vzorky uloženy do extrakční nádoby s refluxem přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer, který zahřívá a neustále protlačuje extrakční činidlo sáčkem. Takto je možné současně zpracovat až 24 vzorků současně, které projdou cca

60 minutovým procesem hydrolyzy a filtrace [101]. Přístroj ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer je zobrazen na Obr. 6.



Obr. 10. Ankom²²⁰ Fiber Analyzer [102]

6.4.1 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny (NDF)

Nejdříve byla provedena příprava neutrálně-detergentního činidla (NDC): 120 g činidla a 20 ml triethylglykolu 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 byl tak získán neutrálně-detergentní roztok (NDR).

Filtrační sáčky byly promyty v acetonu a poté nechány na vzduchu odvětrat. Sáčky byly poté popsány fixem na textil a zváženy na analytických vahách (m_1). Do každého filtračního sáčku bylo naváženo 0,5 g vzorku s přesností 0,0001 g (m_2) a sáčky byly zataveny. Jeden sáček byl ponechán prázdný – tzv. korekční sáček. Obsah sáčků byl před uložením do přístroje ANKOM²²⁰ rovnoměrně rozprostřen. Sáčky byly vloženy do nosiče (tři vzorky do jednoho oddílu). Do nádoby přístroje byl nalit neutrálně-detergentní roztok, bylo zapnuto míchání a topení (100 °C) a přístroj byl uzavřen. Po dosažení 100 °C probíhala analýza 75 minut. Po této době bylo míchání a topení vypnuto a pomocí vypouštěcího ventilu byl roztok vypuštěn. Po otevření víka byl přístroj propláchnut 3x horkou vodou vždy se 4 ml α -amylázy. Poslední proplach byl proveden studenou vodou k ochlazení přístroje a sáčků. Při každém proplachu bylo na 5 minut zapnuto míchání. Poté byly sáčky vyjmuty, vysušeny pomocí filtračního papíru a vloženy na 3 minuty do acetonu. Poté byly znovu vysušeny filtračním papírem a nechány odvětrat. Po odvětrání byly sáčky vloženy do sušárny na 4 hodiny při teplotě 105 °C. Po vychladnutí v exikátoru byly

zváženy na analytických vahách (m_3). Každý sáček byl poté vložen do předem vyžíhaného a zváženého porcelánového kelímku a žíhán při 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po spálení byly kelímky umístěny do exikátoru a po vychladnutí zváženy na analytických vahách s přesností na čtyři desetinná místa (m_4). Postup byl proveden podle [103]. Výsledkem byl průměr ze tří provedených stanovení.

Obsah neutrálně-detergentní vlákniny v % hm. byl vypočten pomocí 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 [%],

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].

6.4.2 Stanovení hrubé vlákniny (CF)

Byla provedena příprava H_2SO_4 ($c = 0,1275 \text{ mol.dm}^{-3}$): 14,16 ml 96 % H_2SO_4 do 2 l destilované vody a NaOH ($c = 0,313 \text{ mol.dm}^{-3}$): 25 g NaOH do 2 l destilované vody.

Postup stanovení byl stejný jako v případě NDF, s následujícími rozdíly. Po vložení sáčků do nosiče byl do přístroje nalit roztok H_2SO_4 , hydrolýza probíhala 45 minut. Po trojnásobném proplachu horkou vodou byl do přístroje nalit roztok NaOH, hydrolýza probíhala opět 45 minut. Opět následoval trojnásobný proplach horkou vodou a nakonec

byly sáčky propláchnuty studenou vodou. Další postup byl opět stejný jako v případě NDF. Postup byl proveden podle [103]. Výsledkem byl průměr ze tří provedených stanovení.

Obsah hrubé vlákniny v % hm. byl vypočten pomocí 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 [%],

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].

6.5 Stanovení stravitelnosti

Stravitelnost je definována jako část přijaté potravy, kterou organismus dokáže využít. To znamená tu část potravy, kterou organismus umí rozložit, vstřebat a následně zabudovat do svých struktur. Pro stravitelnost není rozhodující, co je obsaženo ve stravě, ale zda jsou dané látky dostupné pro organismus. Při stanovení stravitelnosti se vychází z předpokladu, že pokud jsou v organismu stráveny a využity bílkoviny, pak jsou využity i ostatní složky stravy [104].

Obecným principem stanovení stravitelnosti sušiny a organické hmoty u zkoumaných vzorků *in vitro*, za pomoci inkubátoru Daisy II, je inkubace vzorků v kyselém roztoku

s proteolytickým enzymem s následně provedenou hydrolyzou škrobu při zvýšené teplotě. Tento způsob může být modifikován podle použitého proteolytického enzymu. Stravitelnost sušiny (DMD, Dry Matter Digestibility) a organické hmoty (OMD, Organic Matter Digestibility) byla provedena kombinovanou hydrolyzou, pomocí enzymu pepsinu (proteázy) a pankreatinu (směs proteázy, amylázy a lipázy) [103]. Inkubátor DAISY II je zobrazen na Obr. 11.



Obr. 11. Inkubátor Daisy II [105]

Pracovní postup:

Byla provedena příprava roztoku HCl ($c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$): 5,2 ml HCl do 1,7 l destilované vody. Fosfátový pufr (pH 7,45) byl připraven smícháním KH_2PO_4 ($9,078 \text{ g.dm}^{-3}$) a $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$ ($23,889 \text{ g.dm}^{-3}$) v poměru 2:8 (3,09 g KH_2PO_4 a 32,49 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$ do 1,7 l destilované vody).

Do zvážených filtračních sáčků vypraných v acetonu (m_1) bylo naváženo 0,25 g zhomogenizovaného vzorku fazolí s přesností na 0,0001 g (m_2). Sáčky se vzorky byly zataveny a spolu s prázdným zataveným sáčkem – korekčním, byly umístěny do inkubačních lahví v množství maximálně 25 kusů. Do každé inkubační láhve bylo přidáno 1,7 l roztoku HCl předem vytemperovaného na 40 °C, ve kterém byly rozpuštěny 3 g pepsinu. Láhve byly ihned umístěny do inkubátoru Daisy a inkubovány po dobu 4 hodin (doba, po kterou se potrava obvykle drží v žaludku). Následně byly sáčky několikrát propláchnuty destilovanou vodou. Přebytečná voda byla odstraněna pomocí filtračního papíru. Dále bylo jako inkubačního roztoku použito 1,7 l fosfátového pufru

vytemperovaného na 40 °C, do kterého byly přidány 3 g pankreatinu. Po inkubační době 24 hodin (obvyklá doba pro trávení živin v tenkém střevu) byly inkubační láhve umístěny do sušárny na 80 °C po dobu 30 minut, za účelem odstranění (vysrážení) škrobu. Poté byly sáčky promyty destilovanou vodou, přebytečná voda byla odstraněna filtračním papírem. Sáčky byly sušeny v laboratorní sušárně při teplotě 105 °C po dobu 24 hodin a po vychladnutí v exikátoru zváženy (m_3). Následně byly sáčky vloženy do předem vyžíhaného a zváženého porcelánového kelímku a spáleny v muflové peci při 550 °C po dobu 5,5 hodin. Po vychladnutí v exikátoru byly zváženy (m_4). Postup byl proveden podle [103]. Výsledkem byl průměr ze tří provedených stanovení.

Stravitelnost vyjádřená jako stravitelnost sušiny a stravitelnost organické hmoty, byla vypočtena podle rovnic:

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

$$OMD = 100 - \frac{100 \cdot (DMR - AR)}{m_2 \cdot DM \cdot OM} = 100 - \frac{100 \cdot m_3 - m_1 \cdot c_1 - m_4 - m_1 \cdot c_2}{m_2 \cdot \frac{S \cdot m_s}{100} \cdot \frac{S - P}{100}}$$

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

OMD..... stravitelnost organické hmoty vzorku [%],

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

DM.....obsah sušiny ve vzorku [g],

S.....obsah sušiny ve vzorku [%],

AR..... hmotnost popele vzorku bez sáčku [g],

OM.....obsah organické hmoty v sušině vzorku [g],

P.....obsah popele ve vzorku [%],

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,

Výpočet korekcí:

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

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

m_s hmotnost vysušeného prázdného sáčku [g],

m_p hmotnost popele prázdného sáčku [g],

m_1 hmotnost prázdného sáčku [g].

6.6 Statistické vyhodnocení výsledků

Výsledky stanovení obsahu vlhkosti, popele, vlákniny a stravitelnosti byly podrobeny statistickému hodnocení s použitím parametrického testu srovnávající střední hodnoty dvou nezávislých výběrů (Studentův t-test) na hladině významnosti 5 %. Ke statistické analýze byl použit program StatK25.

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

7.1 Výsledky a diskuze stanovení obsahu vlhkosti a popele

Vlhkost a popel byly stanoveny podle metody uvedené v kapitole 6.3. Výsledky vyjádřené v % hm. jsou pro jednotlivé vzorky fazolí uvedeny v Tab. 7.

Tab. 7. Obsah vlhkosti, sušiny a popele v % hm.

Vzorek	Vlhkost	Sušina	Popel
1. Bílá ledvina	10,31 ± 0,061 ^a	89,69 ± 0,061 ^a	3,90 ± 0,036 ^a
2. Bílá malá	9,34 ± 0,108 ^b	90,66 ± 0,108 ^b	3,69 ± 0,006 ^b
3. Bílá velká	12,55 ± 0,065 ^c	87,45 ± 0,065 ^c	3,54 ± 0,012 ^{c,i}
4. Strakatá velká	10,81 ± 0,253 ^{d,k,l}	89,19 ± 0,253 ^{d,k,l}	3,79 ± 0,135 ^{a,b}
5. Fazole pinto	10,96 ± 0,138 ^{e,k}	89,04 ± 0,138 ^{e,k}	3,64 ± 0,086 ^{b,d,i,j}
6. Červená ledvina	9,96 ± 0,112 ^f	90,04 ± 0,112 ^f	3,42 ± 0,089 ^{e,c}
7. Fazole mungo	9,65 ± 0,108 ^g	90,35 ± 0,108 ^g	2,60 ± 0,016 ^f
8. Fazole adzuki	10,67 ± 0,015 ^{h,l}	89,33 ± 0,015 ^{h,l}	3,14 ± 0,055 ^{g,k}
9. Černé oko	11,38 ± 0,006 ⁱ	88,62 ± 0,006 ⁱ	3,13 ± 0,005 ^{h,k}
10. Navy Bio	14,64 ± 0,051 ^j	85,36 ± 0,051 ^j	3,54 ± 0,061 ^{c, ch,j}

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD. Průměrné hodnoty ve sloupcích se stejným horním indexem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$), hodnoty s různým horním indexem se statisticky liší ($P < 0,05$).

Obsah vlhkosti (Tab. 7) byl určen vázkovou metodou, usušením vzorků v sušárně do konstantního úbytku hmotnosti. Nejvyšší průměrný obsah vlhkosti byl zjištěn u fazole navy bio 14,64 % ($P < 0,05$). Vysokou vlhkost vykazovaly také fazole bílá velká (12,55 %) a fazole černé oko (11,38 %) ($P < 0,05$). U ostatních druhů fazolí byla stanovena vlhkost nižší, nejnižší vlhkost byla zjištěna u vzorku fazole bílé malé, a to 9,34 % ($P < 0,05$). Vlhkost se pohybovala v rozmezí 9,34 – 14,64 %, což znamená, že tyto hodnoty splňují požadavky vyhlášky č. 418/2000 Sb. na smyslovou, fyzikální a chemickou jakost luštěnin, podle které jsou maximální přípustné hodnoty vlhkosti bílé i barevné fazole nejvýše 16 % [106].

Ke stanovení obsahu popele (minerálních látek) byly vzorky fazolí rozemlety a spáleny v muflové peci. Průměrný obsah popelovin ve fazolích je podle zdroje [23] 3,9 %. V analyzovaných vzorcích fazolí se průměrný obsah popele pohyboval v rozmezí 2,60 – 3,90 %. Nejnižší obsah popele byl určen u fazole mungo, a to 2,60 % ($P < 0,05$). Li *et al* [3] ve své práci uvádí, že průměrný obsah popele analyzovaný z fazole mungo se pohybuje v rozmezí 2,19 – 3,04 %. U všech ostatních druhů fazole byl stanoven obsah popele vyšší než 3 %, přičemž nejvyšší množství popele bylo zjištěno u vzorku fazole bílá ledvina (3,90 %) ($P < 0,05$). McHargue *et al* [107] uvádí obsah popele ve fazoli bílá ledvina 3,92 %. U Vzorků fazole adzuki (3,14 %) a fazole černé oko (3,13 %) byly zjištěny téměř shodné výsledky obsahu popele ($P \geq 0,05$). Dle zdroje [108] se průměrný obsah popele ve fazoli adzuki pohybuje okolo 3,24 %. Lze tedy konstatovat, že námi zjištěné výsledky většinou korespondují s uvedenou literaturou.

7.2 Výsledky a diskuze stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Neutrálně-detergentní vláknina představuje nerozpustnou frakci vlákniny, která je složena z celulózy, hemicelulózy a ligninu, která byla získána po mírné hydrolýze v neutrálním roztoku detergentu laurylsulfátu sodného. Tzv. rozpustná vláknina uniká při vlastním stanovení do inkubačního roztoku. Obsah NDF v sobě zahrnuje všechny tři složky nerozpustné vlákniny, které jsou díky svým fyzikálně – chemickým vlastnostem (stabilita v neutrálním prostředí, nerozpustnost ve vodě) zachycovány téměř kvantitativně [109].

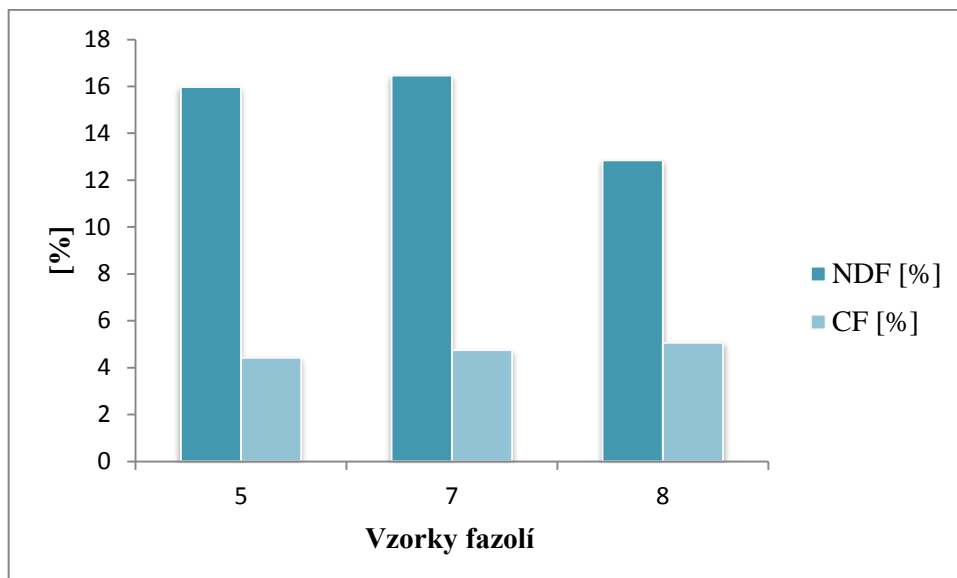
Neutrálně-detergentní vláknina byla stanovena podle metody uvedené v kapitole 6.4.1. Obsah NDF vyjádřený v % hm. je pro jednotlivé vzorky fazolí uveden v Tab. 8.

Tab. 8. Obsah NDF a CF v % hm.

Vzorek	NDF	CF
1. Bílá ledvina	24,78 ± 0,202 ^a	4,38 ± 0,119 ^a
2. Bílá malá	23,32 ± 0,349 ^{b,k}	4,31 ± 0,056 ^a
3. Bílá velká	23,65 ± 0,328 ^{c,k}	4,35 ± 0,274 ^a
4. Strakatá velká	18,91 ± 0,329 ^d	4,82 ± 0,083 ^b
5. Fazole pinto	15,97 ± 0,282 ^e	4,42 ± 0,160 ^a
6. Červená ledvina	23,74 ± 0,181 ^{f,k}	4,93 ± 0,193 ^c
7. Fazole mungo	16,46 ± 0,361 ^g	4,75 ± 0,189 ^d
8. Fazole adzuki	12,84 ± 0,480 ^h	5,07 ± 0,141 ^e
9. Černé oko	8,03 ± 0,149 ⁱ	3,67 ± 0,263 ^f
10. Navy Bio	28,53 ± 0,364 ^j	5,32 ± 0,089 ^g

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD. Průměrné hodnoty ve sloupcích se stejným horním indexem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$), hodnoty s různým horním indexem se statisticky liší ($P < 0,05$).

Z Tab. 8 vyplývá, že v jednotlivých vzorcích analyzovaných fazolí byly zjištěny velké rozdíly v obsahu neutrálně-detergentní vlákniny. Průměrný obsah neutrálně-detergentní vlákniny se pohyboval v rozmezí 8,03 – 28,53 %. Nejnižší obsah NDF (8,03 %) byl určen u fazole černé oko ($P < 0,05$), naopak nejvyšší množství NDF (28,53 %) bylo zjištěno u vzorku fazole navy bio ($P < 0,05$). Velmi podobné a vysoké obsahy neutrálně-detergentní vlákniny vykazovaly druhy fazole bílá malá, bílá velká a fazole červená ledvina. Obsah u těchto tří vzorků se pohyboval v rozmezí 23,32 – 23,74 % ($P \geq 0,05$). Americká databáze USDA (National Nutrient Database for Standard Reference) [110] uvádí u fazole bílá a červená ledvina 24,9 % vlákniny. Námi analyzovaný obsah NDF u analyzovaného vzorku fazole bílá ledvina činí 24,78 % a u vzorku červená ledvina 23,74 %. Lze tedy konstatovat, že u vzorku bílá ledvina naše naměřené výsledky korespondují s uvedenou literaturou, u vzorku červené ledviny je námi stanovený obsah vlákniny nižší pouze o 1 %.



Obr. 12. Průměrné obsahy NDF a CF ve vybraných vzorcích fazolí

Na Obr. 8 jsou znázorněny průměrné obsahy neutrálně-detergentní vlákniny ve vybraných vzorcích fazolí. Konkrétně jsou zobrazeny vzorky: fazole pinto (5), fazole mungo (7) a fazole adzuki (8). Z uvedeného obrázku vyplývá, že u fazole pinto byl stanoven obsah neutrálně-detergentní vlákniny 15,97 %. Dle Americké databáze USDA [110] je průměrný obsah vlákniny u fazole pinto 15,5 %. Ve vzorku fazole mungo bylo analyzováno 16,46 % NDF. Dle údaje uvedeného na obale, je obsah vlákniny ve fazoli mungo 16,3 %. U vzorku fazole adzuki byla naměřena průměrná hodnota 12,84 % NDF. Dle Americké databáze USDA [110] fazole adzuki obsahuje 12,7 % vlákniny a na obale je uveden obsah 12,5 % vlákniny. Lze tedy konstatovat, že naměřené výsledky z velké části korespondují s uvedenou literaturou.

7.3 Výsledky a diskuze stanovení hrubé vlákniny

Hrubá vláknina představuje nerozpustnou frakci vlákniny, která je složena z celulózy a ligninu. Pro její stanovení je použito slabé kyseliny a slabé zásady. Tzv. rozpustná vláknina uniká při tomto stanovení do inkubačního roztoku [109].

Hrubá vláknina (CF) byla stanovena podle metody uvedené v kapitole 6.4.2. Obsah CF vyjádřený v % hm. je pro jednotlivé vzorky fazolí uveden v Tab. 8.

Z uvedené Tab. 8. vyplývá, že hodnoty hrubé vlákniny v analyzovaných vzorcích fazolí se pohybují v rozmezí 3,67 – 5,32 %. Nejnižší obsah hrubé vlákniny (3,67 %) byl stanoven u fazole černé oko ($P < 0,05$), naopak nejvyšší množství hrubé vlákniny (5,32 %) bylo zjištěno u vzorku fazole navy bio ($P < 0,05$). Tyto dva vzorky vykazovaly také nejnižší a nevyšší množství neutrálně-detergentní vlákniny.

Na Obr. 8 jsou znázorněny průměrné obsahy hrubé vlákniny (CF) ve vybraných analyzovaných vzorcích fazolí: fazole pinto (5), fazole mungo (7) a fazole adzuki (8). Li *et al* [3] ve své práci uvádí, že průměrný obsah hrubé vlákniny ve vzorcích fazole mungo se pohybuje mezi 3,21 a 4,98 %. Námi stanovená hodnota hrubé vlákniny u analyzované fazole mungo činila 4,75 %, což s uvedenou literaturou koresponduje. U vzorku fazole pinto, byla stanovena hodnota CF 4,42 %. Pal *et al* [111] ve své práci uvádí, že průměrný obsah hrubé vlákniny ve fazoli pinto se pohybuje okolo 4,3 %. Stejný autor [111] uvádí i průměrný obsah CF u fazole mungo, a to 4,63 %. Námi naměřené množství hrubé vlákniny u vzorku fazole mungo činí 4,75 %. Lze tedy konstatovat, že naměřené výsledky korespondují s uvedenou literaturou.

Vyšší hodnoty hrubé vlákniny mohou efektivně chránit větší podíl živin (proteiny a sacharidy) před hydrolytickým štěpením, což ale vede ke snížení stravitelnosti [3].

Při stanovení obsahu CF a NDF u identických materiálů je často zjišťováno, že hodnoty obsahu NDF jsou vyšší, což samozřejmě souvisí s tím, že NDF, na rozdíl od CF zahrnuje též hemicelulózy. CF má ovšem o kvalitě vlákniny nízkou vypovídající schopnost. Příčinou jsou ztráty některých nestravitelných komponent, např. rozpustnost ligninu v alkáliích. Tyto deficity se výrazně liší dle typu a druhu rostliny. U hemicelulóz mohou dosahovat až 85 %, u celulózy 50 % a u ligninu dokonce 90 %. Přesnost korelace mezi CF a NDF různých typů rostlinných materiálů je tedy závislá hlavně na podílu hemicelulóz a ligninu v jejich buněčné stěně. [109].

7.4 Výsledky a diskuze stanovení stravitelnosti

Pro stanovení nutriční hodnoty každé potraviny je nutné kromě jednotlivých nutričních faktorů zjistit také jejich využitelnost lidským organismem neboli stravitelnost. Stravitelnost je dána množstvím živiny, které bylo absorbováno zažívacím ústrojím [103].

Stravitelnost vybraných druhů fazolí byla stanovena metodou *in vitro* s pomocí inkubátoru Daisy. Podle metodiky uvedené v kapitole 6.5 bylo provedeno stanovení stravitelnosti kombinovanou hydrolyzou pomocí enzymů pepsinu a pankreatinu. Stravitelnost vzorků fazolí byla stanovena v procentech jako stravitelnost sušiny a organické hmoty. Výsledky stanovení obou druhů stravitelnosti jsou uvedeny v Tab. 9.

Tab. 9. Obsah DMD a OMD v %

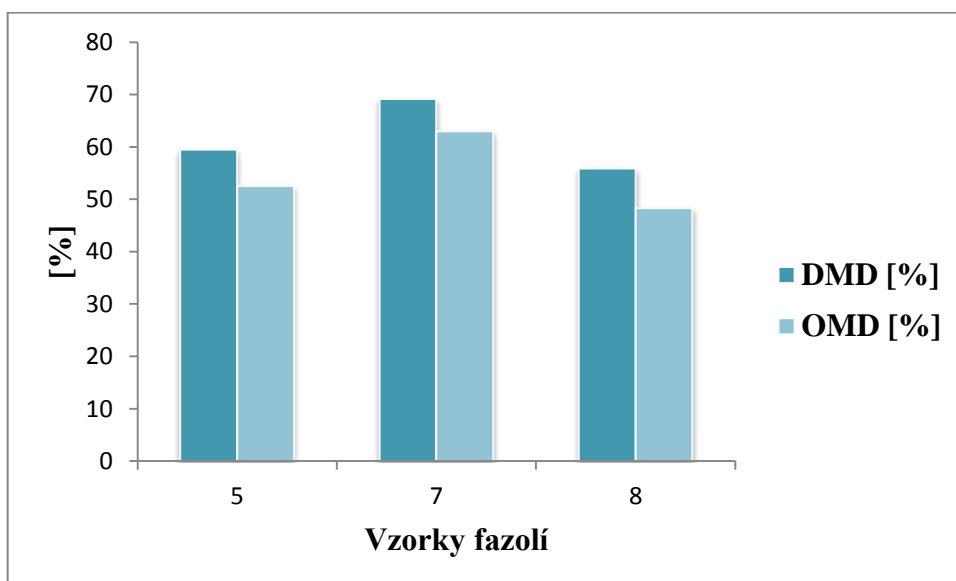
Vzorek	DMD	OMD
1. Bílá ledvina	55,51 ± 0,119 ^a	48,50 ± 0,089 ^a
2. Bílá malá	55,68 ± 0,056 ^b	48,98 ± 0,058 ^b
3. Bílá velká	57,77 ± 0,274 ^c	49,84 ± 0,298 ^c
4. Strakatá velká	66,39 ± 0,083 ^d	60,50 ± 0,033 ^d
5. Fazole pinto	59,51 ± 0,160 ^e	52,50 ± 0,091 ^e
6. Červená ledvina	62,11 ± 0,193 ^f	56,16 ± 0,165 ^f
7. Fazole mungo	69,14 ± 0,189 ^g	62,98 ± 0,105 ^g
8. Fazole adzuki	55,89 ± 0,141 ^h	48,31 ± 0,108 ^h
9. Černé oko	68,12 ± 0,263 ⁱ	62,41 ± 0,385 ⁱ
10. Navy Bio	47,05 ± 0,089 ^j	39,75 ± 0,118 ^j

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD. Průměrné hodnoty ve sloupcích se stejným horním indexem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$), hodnoty s různým horním indexem se statisticky liší ($P < 0,05$).

Obsah DMD se pohybuje v rozmezí 47,05 – 69,14 %. Nejvyšší stravitelnost, tj. 69,14 % byla zaznamenána u fazole mungo ($P < 0,05$), druhá nejvyšší hodnota byla stanovena také u vzorku fazole černé oko (68,12 %) ($P < 0,05$). Nejnižší stravitelnost (47,05 %) vykazovala fazole navy bio ($P < 0,05$). OMD se pohybovala v rozmezí 39,75 – 62,98 % a stejně tak jako u stanovení stravitelnosti sušiny, byly nejnižší hodnoty zaznamenány u fazole navy bio a naopak nejvyšší stravitelnost vykazovala fazole mungo. Nízká hodnota stravitelnosti jak sušiny, tak organické hmoty u vzorku fazole navy bio je s největší pravděpodobností způsobena vysokou přítomností nestravitelných složek vlákniny (obsah NDF i CF byl ze všech fazolí nejvyšší). Podobně, vysoká stravitelnost fazole mungo a zejména pak fazole černé oko je pravděpodobně zapříčiněna nízkým obsahem vlákniny.

Stravitelnost sušiny byly ve všech případech vyšší než stravitelnost organické hmoty, průměrně o 6 – 8 %. Ze statistického hlediska jsou hodnoty stravitelnosti sušiny, tak i organické hmoty všech vzorků rozdílné ($P < 0,05$).

Pamplona [14] uvádí, že nejlépe stravitelné jsou proteiny černé fazole, následně červené a nakonec bílé fazole. Platí, že čím jsou fazole tmavší, tím jsou její proteiny stravitelnější [53]. V našem experimentu nebyly černé fazole analyzovány, nicméně bylo zjištěno, že barevné fazole (např. mungo, pinto, fazole strakatá a červená ledvina) vykazovaly vyšší stravitelnosti (59,51 – 69,14 %) ($P < 0,05$) než fazole bílé (55,51 – 57,77 %), přičemž z bílých vzorků fazolí je nejlépe stravitelná fazole bílá velká ($P < 0,05$). Výjimkou v tomto ohledu byly barevné fazole adzuki a navy bio, u kterých byla stanovena nižší stravitelnost a naopak fazole černé oko, která je bílá, ale přesto byla velmi dobře stravitelná. Lze tedy konstatovat, že naměřené výsledky s uvedenou literaturou korespondují jen z části.



Obr. 13. Průměrné obsahy DMD a OMD ve vybraných vzorcích fazolí

Na Obr. 9 jsou znázorněny průměrné obsahy DMD a OMD ve vybraných vzorcích fazolí, konkrétně jsou zobrazeny fazole pinto (5), fazole mungo (7) a fazole adzuki (8). Pal *et al* [111] a Li *et al* [3] ve svých pracích uvádí, že fazole mungo patří mezi nejlépe stravitelný druh fazole. Mezi ostatními druhy fazolí totiž mungo vyniká absencí flatulentních oligosacharidů, tudíž nenadýmá a je i lépe stravitelná. Publikované výsledky korespondují s námi stanovenými výsledky, neboť fazole mungo vykazovala ze všech vzorků nejvyšší

stravitelnost ($P < 0,05$). Dle zdrojů [48,51] patří také adzuki mezi velmi dobře stravitelný druh fazolí, s čímž se ovšem naše výsledky poněkud rozcházejí, jak již bylo uvedeno výše.

Nižší hodnoty stravitelnosti jsou pravděpodobně způsobeny vyšším obsahem nestravitelných a antinutričních látek. Z nestravitelných složek je důležitý zejména obsah vlákniny. Antinutriční látky ovlivňují aktivitu některých vitaminů, enzymů a minerálních látek a tím snižují stravitelnost a využitelnost základních živin [9]. Semena fazolí mají tuhý, nestravitelný obal, proto se před konzumací vždy namáčí, aby slupka změkla. Syrové fazole jsou zdraví škodlivé, obsahují jedovaté látky lektiny, které se rozkládají až varem. Způsobů, kterými lze zvýšit stravitelnost fazolí je více. Kromě tepelného ošetření je velmi žádoucí i naklíčování semen. V naklíčeném semeni totiž stoupá obsah vitaminů a enzymů, mění se skladba sacharidů na lehce stravitelné a probíhají další prospěšné změny [9,24].

Podle venezuelských výzkumníků ze Simon Bolivar University v Caracasu je možné zvýšit nutriční hodnotu fazolí a redukovat nepříjemné vedlejší účinky konzumace (nadýmání, plynatost) pomocí fermentace s použitím vhodných bakterií. Protože látky produkující plyny (v případě fazolí to jsou α -galaktosidy, rafinóza, stachyóza, verbaskóza, ajugóza a rozpustná vláknina) se mohou redukovat působením přirozeného mléčného kvašení, zaměřili se výzkumníci na identifikování mikrobiální flóry, která by se k tomuto účelu mohla používat v průmyslovém měřítku. Nejprve byly analyzovány fermentované černé fazole a jako vhodné identifikovány bakterie *Lactobacillus casei* a *Lactobacillus plantarum*. Při fermentaci s použitím těchto bakterií bylo zjištěno, že se hladina rozpustné vlákniny snížila o 63,35 % a rafinózy o 88,6 %. Následným povařením za atmosférického tlaku byl snížen obsah antinutričních složek – trypsinových inhibitorů a taninů. Kromě toho se zlepšila i stravitelnost fazolí, a to *in vivo* i *in vitro*, což znamená, že konzument získá z fazolí více prospěšných živin. Výsledky publikované v časopisu Journal of the Science of Food and Agriculture potvrdily, že použitím mléčných bakterií k vyvolání fermentace fazolí je možno získat funkční potraviny se zvýšenou nutriční hodnotou [112].

ZÁVĚR

Fazole jsou vhodným zdrojem energie a bílkovin bez současného příjmu tuku. Fazole neobsahují cholesterol, naopak jsou zdrojem rostlinných sterolů, působících příznivě v prevenci kardiovaskulárních i nádorových onemocnění. Z hlediska výživového je zejména pro diabetiky významný jejich nízký glykemický index. Fazole jsou též zdrojem vlákniny, která vykazuje množství pozitivních vlastností. Na druhou stranu je vláknina spolu s antinutričními látkami obsaženými ve fazolích zodpovědná za snížení stravitelnosti.

V rámci zpracování diplomové práce byly analyzovány vzorky fazole bílá ledvina, fazole bílá malá, fazole bílá velká, fazole strakatá velká, fazole pinto, fazole červená ledvina, fazole mungo, fazole adzuki, fazole černé oko a fazole navy bio. U všech vzorků byl stanoven obsah vlhkosti, popele, neutrálně-detergentí a hrubé vlákniny a též stravitelnost.

Průměrný obsah vlhkosti u analyzovaných vzorků se pohyboval v rozmezí 9,34 – 14,64 %. Nejvyšší obsah vlhkosti byl zjištěn u fazole navy bio, naopak nejnižší vlhkost byla stanovena u fazole bílé malé. Průměrný obsah popele v analyzovaných vzorcích fazolí byl stanoven v rozmezí 2,60 – 3,90 %. Nejnižší obsah popele byl určen u fazole mungo, naopak nejvyšší množství popele bylo stanoveno u vzorku fazole bílá ledvina.

Obsah vlákniny patří k základním ukazatelům, které musí být stanoveny pro zjištění nutriční hodnoty potravin. Vláknina potravy v analyzovaných vzorcích byla stanovena na přístroji ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer jako neutrálně-detergentní vláknina (NDF) a hrubá vláknina (CF). Pro stanovení NDF byla hydrolýza vzorků provedena neutrálně-detergentním roztokem laurylsulfátem sodným a nehydrolyzovaný zbytek (celulóza, hemicelulóza a lignin) byl stanoven gravimetricky. Při stanovení CF byl gravimetricky stanoven nehydrolyzovaný zbytek, který představuje lignocelulózový komplex a hydrolýza je provedena slabou kyselinou a slabou zásadou.

Průměrný obsah neutrálně-detergentní vlákniny se pohyboval v rozmezí 8,03 – 28,53 %. Nejnižší obsah NDF byl určen u fazole černé oko, pinto a mungo, naopak nejvyšší množství NDF bylo zjištěno u vzorku fazole navy bio a bílá ledvina. Průměrný obsah hrubé vlákniny v analyzovaných vzorcích fazolí byl zjištěn v rozmezí 3,67 – 5,32 %. Nejnižší obsah CF byl stanoven opět u fazole černé oko, naopak nejvyšší množství CF bylo zjištěno u vzorku fazole navy bio a adzuki. Obsah NDF, který vyjadřuje celkovou

vlákninu (vedle nerozpustných součástí jsou stanoveny i částečně rozpustné hemicelulózy) by měly být vyšší než hodnoty CF. Tento předpoklad byl splněn u všech analyzovaných vzorků.

Stanovení stravitelnosti bylo provedeno enzymaticko-gravimetrickou metodou *in vitro* s použitím inkubátoru Daisy, při níž byla stanovena stravitelnost sušiny (DMD) a stravitelnost organické hmoty (OMD). Vzorky fazolí byly podrobeny kombinované hydrolyze pepsinem a pankreatinem pro simulaci trávení proteinů, lipidů i sacharidů v žaludku a tenkém střevě. Ve všech případech byla stravitelnost sušiny vyšší než stravitelnost organické hmoty.

DMD byla stanovena v rozmezí 47,05 – 69,14 %, OMD se pohybovala v rozmezí 39,75 – 62,98 %. Nejlepší stravitelnost byla zaznamenána u fazole mungo a černé oko. Naopak nejhůře stravitelná byla fazole navy bio a bílá ledvina. Vysoká stravitelnost fazole mungo a černé oko koresponduje se zjištěným nízkým obsahem vlákniny a nízká stravitelnost fazole navy bio a bílá ledvina naopak s obsahem vysokým.

Na stravitelnost fazolí má vliv obsah vlákniny a antinutričních látek, které jsou obsaženy v semenech fazolí, a které jsou příčinou jejich nižší stravitelnosti v syrovém stavu. Mezi antinutriční látky fazolí jsou zejména řazeny lektiny a inhibitory proteáz. Jejich obsah lze minimalizovat (a tím zvýšit stravitelnost) vhodnou úpravou před konzumací, například máčením, vařením či fermentací.

Závěrem je možno říci, že z výsledků analýzy vyplývá, že ke konzumaci lze doporučit zejména fazoli mungo a fazoli černé oko, které vykazovaly nejlepší stravitelnost. Fazoli mungo lze doporučit též s ohledem na absenci flatulentních oligosacharidů. Na druhou stranu je vhodné konzumovat též fazole navy bio, adzuki a bílá ledvina, protože obsahují vysoké množství zdraví prospěšné vlákniny. Pro tyto vlastnosti by konzumace fazolí a ostatních luštěnin neměla být opomíjena.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [2] SMÝKAL, Petr a Aleksandar MIKIČ. Historie pěstování luskovin v Evropě. *Úroda*. 2009, roč. 57, č. 11, s. 41-44. ISSN 0139-6013.
- [2] TICHÁ, Markéta a Petra VYZÍNOVÁ. *Polní plodiny*. Brno: VFU, 2006. ISSN 1725-5074.
- [3] 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.
- [4] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 1*. Tábor: Osis, 1999. ISBN 80-90239-3-7.
- [5] 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.
- [6] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2*. Tábor: Osis, 2002. ISBN 80-866-59-01-1.
- [7] STROSSEROVÁ, Alena a Jana DOSTÁLOVÁ. Luštěniny. *Výživa a potraviny*. 2009, č. 5, s. 66-67. ISSN 1211-846X.
- [8] SLANINA, Jan a Eva TÁBORSKÁ. Příjem, biologická dostupnost a metabolismus rostlinných polyfenolů člověka. *Chemické listy*. 2004, č. 98, s. 239-245. ISSN 1213-7103.
- [9] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 3*. Tábor: Osis, 2002. ISBN 80-866-59-02-X.
- [10] FRIAS, Juana *et al.* New functional legume foods by germination: effect on the nutritive value of beans, lentils and peas. *European Food Research and Technology*. 2002, roč. 215, č. 6, s. 472-477. ISSN 002-0602-2.
- [11] GRAF, Ernst a John W. EATON. Antioxidant functions of phytic acid. *Free Radical Biology and Medicine*. 1990, roč. 8, č. 1, s. 61-69.
- [12] REED, Jess D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science*. 1995, roč. 73, č. 5, s. 1516-1528. ISSN 0021-8812.
- [13] ŠTANZEL, Tomáš. Luštěniny, dar přírody. *Prameny zdraví* [online]. 2002, roč. 8, č. 6 [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: <http://www.magazinzdрави.cz/lusteniny-dar-prirody>

- [14] PAMPLONA-ROGER, George D. *Encyklopedie léčivých potravin*. Praha: Advent-Orion, 2005. ISBN 80-7172-542-0.
- [15] POBERSKÁ, H., J. STRÝČKOVÁ a K. TESLÍKOVÁ. *Pod pokličkou 2*. Praha: XYZ, 2006. ISBN 80-86864-75-827.
- [16] NIEUWENHUIS Rienke a Joke NIEUWELINK. *Cultivation of soya and other legumes*. Wageningen: Agromisa Foundation, 2005. ISBN 90-8573-011-2.
- [17] ŠKOCHOVÁ, Alena. Zaostrěno na luštěniny. *Svět potravin*. 2010, roč. 6, č. 10, s. 8-11.
- [18] VALÍČEK, Pavel *et al.* *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0939-6.
- [19] HRABĚ, J., A. KOMÁR a I. HOZA. *Technologie, zbožíznařství a hygiena potravin rostlinného původu*. Vyškov: VVŠ PV, 2003. ISBN 80-7231-107-7.
- [20] *Botanická charakteristika a hospodářský význam luskovin* [online]. [cit. 2012-01-12]. Dostupné z:
<http://www.agromanual.cz/images/product/download/luskoviny-ukazka.pdf>
- [21] ŽĎÁRSKÝ, Josef a Vladimír BENDA. *Biologie II*. Praha: VŠCHT, 1992. ISBN 80-7080-168-9.
- [22] *Fazol obecný* [online]. [cit. 2012-02-15]. Dostupné z:
http://www.bylinky.kvalitne.cz/fotky/fazol_obecny.jpg
- [23] *Centrum pro databázi složení potravin* [online]. [cit. 2012-03-23]. Dostupné z:
<http://www.czfcdb.cz/potravin/?id=90>
- [24] CHADIM, Vlastimil. *Luštěniny*. [online]. [cit. 2012-01-25]. Dostupný z:
<http://www.nutricoach.cz/lusteniny--c39>
- [25] HRABĚ, J., O. ROP a I. HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. Zlín: UTB, 2006. ISBN 80-7318-372-2.
- [26] HLÚBIK, Pavel a Libuše OPLTALOVÁ. *Vitaminy*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0373-4.
- [27] DAVÍDEK, J., G. JANÍČEK a J. POKORNÝ. *Chemie potravin*. Praha: SNTL, 1983.
- [28] MINÁRIK, Erich a Anton NAVARA. *Chémia a mikrobiológia vína*. Bratislava: Príroda, 1986.

- [29] HELMJA, K., M. VAHER, J. GORBATŠOVA a M. KALJURAND. Charakterization of bioactive compounds contained in vegetables of the Solanaceae family by capillary electrophoresis. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences Chemistry*. 2007, č. 56, s. 172-186.
- [30] CIEŠLIK, E., A. GREDA a W. ADAMUS. Contents of polyphenols in fruit and vegetables. *Food chemistry*. 2006, roč. 94, č. 1, s. 135-142. ISSN 03-08-8146.
- [31] TRNA, Jan a Eva TÁBORSKÁ. *Přírodní polyfenolické antioxidanty* [online]. [cit. 2012-01-25]. Dostupné z:
<http://www.med.muni.cz/biochem/seminare/prirantiox.rtf>
- [32] ZIMMERMAN, Marcia. *Barevná dieta*. Praha: Triton, 2004. ISBN 80-7254-456-X.
- [33] FREMONT, Lucie. Biological effects of resveratrol. *Life Science*. 2000, roč. 66, č. 8, s. 663-673. ISSN 1210-7816.
- [34] BURNS, Jennifer *et al.* Plant foods and herbal sources of resveratrol. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 2002, roč. 50, č. 11, s. 3337-3340.
- [35] ŠMIDRKAL, Jan *et al.* Resveratrol. *Chemické listy*. 2001, č. 10, s. 602-609. ISSN 1213-7103.
- [36] *Resveratrol Chemical Structure* [online]. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z:
<http://chemistry.about.com/od/factsstructures/ig/Chemical-Structures---R/Resveratrol-Chemical-Structure.htm>
- [37] MAZUR, Witold M. *et al.* Isoflavonoids and lignans in legumes: Nutritional and health aspects in humans. *The Journal of nutritional Biochemistry*. 1997, roč. 9, č. 4, s. 193-200.
- [38] LIN, Pei-Yin a Hsi-Mei LAI. Bioactive compounds in legumes and their germinated products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006, roč. 54, č. 11, s. 3807-3814. ISSN 0021-8561.
- [39] YU, Oliver. Production of the isoflavones genistein and daidzein in non-legume. *American Society of Plant Physiologists*. 2000, roč. 124, č. 2, s. 781-793. ISSN 9880-0402.
- [40] Genistein [online]. [cit. 2012-03-21]. Dostupné z:
<http://www.rdchemicals.com/chemicals.php?mode=details&mol_id=7833>

- [41] REED, Jess D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science*. 1995, roč. 73, č. 15, s. 1516-1528. ISSN 0021-8812.
- [42] POSPÍŠILOVÁ, Marta. Taniny v luštěninách. *Kvalita potravin*. 2007, roč. 7, č. 2, s. 24-26.
- [43] STRATIL, Pavel. *Antinutriční a toxické látky* [online]. [cit. 2012-02-24]. Dostupné z:
http://share.centrax.cz/CPO-9-13_Antinutricni_a_toxicke_latky,_str_337-378.pdf
- [44] KONVIČNÁ-PIPALOVÁ, Sylva. *Studium nutriční hodnoty vybraných luštěnin*. Brno, 2010. Disertační práce. Mendelova univerzita v Brně, Fakulta agronomická, Ústav výživy zvířat a pícninářství.
- [45] LALLES, J. P. Nutritional and antinutritional aspects of soyabean and field pea proteins used in veal calf production. *Livestock Production Science*. 1993, roč. 34, č. 3-4, s. 181-202.
- [46] OBERBEIL, Klaus a Christiane LENTZOVÁ. *Léčba ovocem a zeleninou*. Praha: Levné knihy, 2004. ISBN 80-7309-242-5.
- [47] SUTIVISEDSAK, Nongnuch *et al.* Microwave-assisted extraction of phenolics from bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Research International*. 2010, roč. 43, č. 2, s. 516-519. ISSN 0963-9969.
- [48] HAIGHOVÁ, Charlotte. *100 nej potravin pro imunitu, Jak si chránit zdraví*. Praha: Slovart, 2007. ISBN 978-80-7391-011-2.
- [49] *Fazole černá ledvina* [online]. [cit. 2012-01-08]. Dostupné z:
<http://www.countrylife.cz/fazole-cerna-ledvina-500-g-country-life>
- [50] *Fazole mungo* [online]. [cit. 2012-01-09]. Dostupné z:
<http://www.dietologie.cz/vyziva/potraviny-wiki/lusteniny/luskoviny.html>
- [51] MANDŽUKOVÁ, Jarmila. *Potraviny pro zdravou výživu od A do Z*. Praha: Vyšehrad, 2007. ISBN 978-80-7021-865-5.
- [52] *Fazole adzuki* [online]. [cit. 2012-02-19]. Dostupné z:
<http://hemphouse.cz/default/article-detail/173/>
- [53] *Fazole černé oko* [online]. [cit. 2012-02-12]. Dostupné z:
<http://www.foodish.eu/sortiment-vyrobyku/lusteniny/fazole/cerne-oko>

- [54] *Fazole pinto*. [online]. [cit. 2012-02-25]. Dostupné z: <http://www.canstockphoto.cz/pinto-fazole-8663478.html>
- [55] FRIAS, Juana *et al.* New functional legume foods by germination: effect on the nutritive value of beans, lentils and peas. *European Food Research and Technology*. 2002, roč. 215, č. 6, s. 472-477.
- [56] PELIKÁN, Miloš. Obiloviny jako funkční potravina. *Potravinářská revue*. 2005, č. 4, s. 13-15.
- [57] KENDALL, C., A. ESFAHANI a D. JENKINS. The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*. 2010, roč. 24, č. 1, s. 42-48. ISSN 0268005X.
- [58] ZLOCH, Zdeněk. Novější pojetí zdravotního významu vlákniny. *Výživa a potraviny*. 2004, roč. 59, č. 4, s. 64-66. ISSN 1211-846X.
- [59] JIMÉNEZ-ESCRIG, A. a F. J. SÁNCHEZ-MUNIZ. Dietary fibre from edible seaweeds: Chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. *Nutrition Research*. 2000, roč. 20, č. 4, s. 585-598.
- [60] BUŇKA, F., V. NOVÁK a H. KADIDLOVÁ. *Ekonomika výživy a výživová politika I*. Zlín: UTB, 2006. ISBN 80-7318-429X.
- [61] HA, M. A., M. C. JARVIS a J. MANN. Definition for Dietary Fibre. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2000, roč. 54, č. 12, s. 861-864. ISSN 0954-3007.
- [62] CHERBUT, C. *et al.* *Dietary fibre: Mechanism of action in human physiology and metabolism*. Paříž: John Libbey Eurotext, 1995. ISBN 2-7420-0096-8.
- [63] WILLEM, Jan *et al.* *Dietary fibre: New frontiers for food and health*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2010. ISBN 978-90-8686-128-6.
- [64] Vyhláška č. 330/2009 Sb., o označování výživové hodnotě potravin [online]. [cit. 2012-03-23]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1005990&nid=11816&hl=330/2009%20Sb.%29>
- [65] BENEŠOVÁ, Luisa. *Potravinářství '91*. Praha: Výzkumný ústav potravinářský, 1992. ISBN 80-85120-26-7.
- [66] WILHELM, Zdeněk *et al.* *Výživa v onkologii*. Praha: NCO NZO, 2004. ISBN 80-7013-410-0.

- [67] ZADÁK, Zdeněk. *Význam dietní vlákniny ve stáří*. [online]. [cit. 2012-03-02]. Dostupné z: http://www.geriatrickarevue.cz/pdf/gr_10_01_09.pdf
- [68] EFSA sets European dietary reference values for nutrient intakes [online]. [cit. 2012-01-15]. Dostupné z: <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/nda100326.htm>
- [69] NUTRICIA. *Význam vlákniny Multi Fibre v enterální výživě*. Praha: Nutricia Advanced Medical Nutrition, 2010. ISBN 978-80-254-7155-5.
- [70] TRINIDAD, T. Trinidad *et al.* The Potential Health Benefits of Legumes as a Good Source of Dietary Fibre. *British Journal of Nutrition*. 2010, roč. 103, č. 7, s. 569-574. ISSN 0007-1145.
- [71] ELOY, Fernández *et al.* *Netradiční plodiny pro diabetiky*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2811-7.
- [72] PRUGAR, Jaroslav. Funkční potraviny IX., vláknina a jiné polysacharidy. *d-test časopis pro spotřebitele*. Praha, 2004, č. 1, s. 26-28. ISSN 1210-731X.
- [73] LUKÁŠ, Karel *et al.* *Gastroenterologie a hepatologie pro zdravotní sestry*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1283-0.
- [74] FRŮHAUF, Pavel. Vlákna v dětské výživě. *Pediatric pro praxi*. 2007, č. 1, s. 12-16. ISSN 1802-4572.
- [75] ZAMRAZILOVÁ, Eva. *Vlákna potravy - význam ve výživě a v klinické medicíně*. Praha: Avicentrum, 1989. ISBN 08-092-89.
- [76] ZADÁK, Zdeněk. Význam dietní vlákniny ve výživě. *Medicína – zdravotnický portál*. [online]. [cit. 2012-02-26]. Dostupné z: http://www.medicina.cz/odborne/clanek.dss?s_id=602&s_ts=39206
- [77] ABRAHÁMOVÁ, J., L. BOUBLÍKOVÁ a D. KORDÍKOVÁ. *Rakovina tlustého střeva a konečníku*. Praha: Triton, 2001. ISBN 80-7254-204-4.
- [78] KOHOUT, Pavel. Může strava bohatá na vlákninu předcházet rakovině a infarktu? *Interní medicína pro praxi*. 2008, roč. 10, č. 12, s. 558-561. ISSN 1212-7299.
- [79] DIENSTBIER, Zdeněk a Evžen SKALA. *Co bychom měli vědět o rakovině*. Praha: Liga proti rakovině, 2011. ISBN 978-80-260-0674-9.

- [80] LANGMEIER, Miloš et al. *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2526-0.
- [81] SMITH, Margaret E. a Dion G. MORTON. *The digestive system: Systems of the body series*. Livingstone: Churchill Livingstone, 2010. ISBN 978-0-7020-3367-4.
- [82] HOZA, Ignác a Helena VELICHOVÁ. *Fyziologie výživy*, učební text, část 1. Učební text pro posluchače studijního oboru Technologie a řízení v gastronomii na CD. Zlín, 2005.
- [83] *Trávicí soustava člověka* [online]. [cit. 2012-02-05]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%A1vic%C3%AD_soustava_%C4%8Dlov%C4%9Bka
- [84] TROJAN, Stanislav et al. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0512-5.
- [85] KITTNAR, Otomar et al. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.
- [86] TSAIOUN, Katya a Steven A. KATES. *Admet for medicinal Chemists*. New Jersey: Wiley, 2011. ISBN 978-0-470-91511-0.
- [87] DYLEVSKÝ, Ivan. *Anatomie a fyziologie člověka*. Olomouc: Epava, 1998. ISBN 80-901-667-0-9.
- [88] JELÍNEK Jan. *Biologie a fyziologie člověka a úvod do studia obecné genetiky*. Olomouc: Publisher, 2003. ISBN 80-7182-138-1.
- [89] DYLEVSKÝ, Ivan. *Základy funkční anatomie*. Olomouc: Poznání, 2011. ISBN 978-80-87419-06-9.
- [90] SULLIVAN, Robert. *Digestion and Nutrition*. New York: Infobase Publishing, 2009. ISBN 1-60413-367-8.
- [91] SELINGER, V., R. VINAŘICKÝ a Z. TREFNÝ. *Fyziologie člověka pro fakulty tělesné výchovy a sportu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1983.
- [92] KONG, Fanbin a Paul R. SINGH. A human gastric simulator (HGS) to study food digestion in human stomach. *Journal of Food Science*. 2010, roč. 75, č. 5, s. 627-635. ISSN 0022-3166.
- [93] KŘIVÁNKOVÁ, Markéta a Milena HRADOVÁ. *Somatologie: pracovní sešit pro střední zdravotnické školy*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2989-3.

- [94] *Slinivka břišní* [online]. [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Photogallery_Detail.php?intSource=1&intImageId=90
- [95] ZAJONCOVÁ, Ludmila a Marek ŠEBELA. Amylasy – význam stanovení jejich activity. *Chemické listy*. 2007, č. 101, s. 36-43.
- [96] MATOUŠ, Bohuslav. *Základy lékařské chemie a biochemie*. Praha: Galén, 2010. ISBN 80-726-2702-3.
- [97] ZAZULA, R. a P. WOHL. Akutní pankreatitida. *Medicína pro praxi*, 2005, č. 4, s. 147-151.
- [98] HOLEČEK, Milan. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1562-7.
- [99] DAVÍDEK, Jiří *et al.* *Laboratorní příručka analýzy potravin*. Praha: SNTL, 1977.
- [100] ČSN ISO 2171. *Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich. Stanovení obsahu popela spalováním*. Praha: Český normalizační institut, 2008. 16 s.
- [101] TEPER, I. ANKOM 220 – nový přístup ke stanovení vlákniny. *Krmivářství*, 2000, č. 4, s. 20-21. ISSN 1212-9992.
- [102] *Ankom²²⁰ Fiber Analyzer* [online]. [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://www.ankom.com/instrument-manuals.aspx>
- [103] MIŠURCOVÁ, Ladislava. *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka*. Zlín, 2008. Dizertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav chemie a technologie potravin.
- [104] 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.
- [105] *Daisy II Incubator* [online]. [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://www.ankom.com/product/daisy-ii-incubator,-120v-domestic.aspx>
- [106] Vyhláška č. 418/2000 Sb. na smyslovou, fyzikální a chemickou jakost luštěnin [online]. [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://vfu-www.vfu.cz/vetleg/CD/predpisy/Potraviny/329-1997.htm>

- [107] McHARGUE, J. S. a W. R. ROY. The mineral, nitrogen and fat content of some varieties of mature bean seed and of string beans. *The Journal of Nutrition*. 2012, č. 3, s. 479-481.
- [108] SAI-UT, S. *et al.* Biochemical and functional properties of proteins from red kidney, navy and adzuki beans. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*. 2009, roč. 2, č. 4, s. 493-504. ISSN 1906-3040.
- [109] KOŠINOVÁ, Květa. *Stanovení vlákniny v netradičních cereáliích a rýži*. Zlín, 2011. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav chemie a technologie potravin.
- [110] USDA, *National Nutrient Database for Standard Reference* [online]. [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/list>
- [111] PAL, M., R. L. BRAHMACHARY a M. GHOSH. Comparative studies on physicochemical and biochemical characteristics of scented and non-scented strains of mung beans (*vigna radiata*) of indian origin. *Legume Research: An International Journal*. 2010, roč. 33, č. 1 s. 1-9. ISSN 0250-5371.
- [112] HALLIDAY, Jess. *Ferment beans for better nutrition and no flatulence, experts tell industry* [online]. [cit. 2012-02-18]. Dostupné z: <http://www.nutraingredients.com/Research/Ferment-beans-for-better-nutrition-and-no-flatulence-experts-tell-industry>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ACP	Acyl carrier protein
ATP	Adenosin trifosfát
CF	Hrubá vláknina
CoA	Koenzym A
DDD	Doporučená denní dávka
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
EFSA	European Food Safety Authority
FAD	Flavinadenin dinukleotid
FBT	Technologie filtračních sáčků
FMN	Flavinmononukleotid
GIT	Gastrointestinální trakt
HDL	High density lipoprotein
ICHS	Ischemická choroba srdeční
LDL	Low density lipoprotein
NAD ⁺	Nikotinamidadenin dinukleotid
NADP ⁺	Nikotinamidadenin dinukleotid fosfát
NDC	Neutrálně-detergentní činidlo
NDF	Neutrálně-detergentní vláknina
NDR	Neutrálně-detergentní roztok
P	Popel
PHA	Fytohemaglutinin
S	Sušina
SCFA	Short chain fatty acids

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Rostlina fazolu obecného.....	15
Obr. 2. Resveratrol.....	22
Obr. 3. Genistein.....	22
Obr. 4. Fazole mungo	27
Obr. 5. Fazole adzuki.....	28
Obr. 6. Fazole černé oko.....	29
Obr. 7. Fazole pinto	29
Obr. 8. Trávicí soustava člověka	40
Obr. 9. Slinivka břišní.....	45
Obr. 10. Ankom ²²⁰ Fiber Analyzer	56
Obr. 11. Inkubátor Daisy II.....	59
Obr. 12. Průměrné obsahy NDF a CF ve vybraných vzorcích fazolí	65
Obr. 13. Průměrné obsahy DMD a OMD ve vybraných vzorcích fazolí	68

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Složení fazole na 100 g syrové jedné části	16
Tab. 2. Obsah esenciálních aminokyselin ve fazolích	17
Tab. 3. Obsah minerálních prvků ve fazolích	20
Tab. 4. Formulace vlákniny	33
Tab. 5. Přehled enzymů štěpících proteiny v gastrointestinálním traktu.....	47
Tab. 6. Charakteristika analyzovaných vzorků fazolí.....	53
Tab. 7. Obsah vlhkosti, sušiny a popele v % hm.	62
Tab. 8. Obsah NDF a CF v % hm.	64
Tab. 9. Obsah DMD a OMD v %	67