

Stanovení vlákniny v různých druzích čočky

Bc. Silvie Pavlíčková

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. Silvie PAVLÍČKOVÁ**
Osobní číslo: **T10941**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Stanovení vlákniny v různých druzích čočky**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Stručně popsat botanickou charakteristiku luštěnin se zaměřením na čočku.
2. Popsat chemické složení čočky, uvést její hlavní nutriční parametry, pěstování, shrnout dovoz apod.
3. Popsat princip metod použitých v experimentální části, definovat pojem vláknina.

II. Praktická část

1. Zpracovat metodiku stanovení neutrálně detergentní a hrubé vlákniny.
2. Provést diskusi a formulaci závěru práce.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. VELÍŠEK, J. Chemie potravin 1, OSSIS, Tábor 1999
2. VODRÁŽKA Z. Biochemie, 1. vydání, ACADEMIA, PRAHA 1992
3. GRANT G. et al. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, second edition, Oxford 2003
4. VEGA R.C. et al. Minor components of pulses and their potential impact on human health, Food Research International, vol.43|2| 2010, 461-482 p.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Daniela Sumczynski, 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

ABSTRAKT

Teoretická část diplomové práce charakterizuje luštěniny s bližším zaměřením na čočku. Jsou zde uvedeny její nutriční parametry, chemické složení a její význam ve výživě člověka. V teoretické části je dále definována vláknina, její chemické složení, rozdělení podle rozpustnosti ve vodě, vlastnosti, fyziologické účinky a metody stanovení. Praktická část je zaměřena na stanovení obsahu neutrálně-detergentní a hrubé vlákniny ve vybraných druzích čočky pomocí přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer.

Klíčová slova: luštěniny, čočka, neutrálně-detergentní vláknina, hrubá vláknina

ABSTRACT

The theoretical part of the master thesis defines legumes with focus on lentil. Nutritive parameters, chemical composition and its importance to human nutrition are described. Fibre, its chemical composition, sorting according to solubility in water, physiological effects on human and determination methods are also defined in the theoretical part. The practical part is concerning about determination of content of neutral-detergent and crude fiber in selected sorts of lentil using ANKOM Fiber Analyzer instrument.

Keywords: legume, lentil, neutral-detergent fiber, crude fiber

Ráda bych poděkovala vedoucí diplomové práce Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za věnovaný čas, odborné vedení a poskytnutí cenných připomínek a rad, které mi poskytla při vypracování diplomové práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval(a). V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden(a) jako spoluautor(ka).

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 LUŠTĚNINY	10
1.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA LUŠTĚNIN	10
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ LUŠTĚNIN	11
1.3 ANTINUTRIČNÍ LÁTKY V LUŠTĚNINÁCH	13
1.3.1 Antinutriční látky termolabilní.....	13
1.3.2 Antinutriční látky termostabilní	13
1.3.3 Ostatní antinutriční látky.....	14
1.4 SPOTŘEBA LUŠTĚNIN	14
1.5 VYBRANÉ DRUHY LUŠTĚNIN	15
1.5.1 Hrách setý.....	15
1.5.2 Fazol obecný.....	15
1.5.3 Sója luštinatá	15
1.5.4 Čočka jedlá.....	16
2 VÝZNAM ČOČKY VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA	17
2.1 PŮVOD A PĚSTOVÁNÍ ČOČKY	17
2.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ČOČKY A JEJÍ NUTRIČNÍ PARAMETRY	18
2.3 OBCHODNÍ DRUHY ČOČKY	20
3 VLÁKNINA	21
3.1 DEFINICE VLÁKNINY	21
3.2 CHEMICKÁ STRUKTURA VLÁKNINY.....	23
3.2.1 Sacharidové složky vlákniny.....	23
3.2.2 Nesacharidové složky vlákniny.....	23
3.3 DĚLENÍ VLÁKNINY PODLE ROZPUSTNOSTI.....	24
3.3.1 Nerozpustná vláknina.....	24
3.3.1.1 Celulóza	24
3.3.1.2 Hemicelulóza	25
3.3.1.3 Lignin.....	27
3.3.2 Rozpustná vláknina	28
3.3.2.1 Pektin	28
3.3.2.2 Inulin.....	29
3.3.2.3 Rostlinné gummy a slizy.....	29
3.4 FYZIKÁLNÍ A FYZIOLOGICKÉ VLASTNOSTI VLÁKNINY.....	30
3.4.1 Schopnost vázat vodu a želírující vlastnosti	30
3.4.2 Mikrobiální degradace v zažívacím traktu	31
3.4.3 Schopnost vázat žlučové kyseliny a redukce cholesterolu	32
3.5 ZDROJE VLÁKNINY	32
3.5.1 Obsah vlákniny v luštěninách.....	33

3.6	METODY STANOVENÍ VLÁKNINY.....	34
3.6.1	Neenzymaticko-gravimetrické metody.....	35
3.6.1.1	Stanovení vlákniny podle Henneberga a Stohmanna.....	36
3.6.1.2	Stanovení vlákniny podle Van Soesta.....	36
3.6.2	Enzymaticko-gravimetrické metody	36
3.6.3	Enzymaticko-chemické metody	37
3.6.3.1	Englyst-Cummingsova metoda.....	37
3.6.3.2	Uppsala metoda.....	37
II	PRAKTICKÁ ČÁST	38
4	CÍL PRÁCE	39
5	METODIKA	40
5.1	POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY	40
5.2	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE	41
5.3	ANALYZOVANÉ VZORKY	41
5.4	SKLADOVÁNÍ A PŘÍPRAVA VZORKŮ	42
5.5	STANOVENÍ NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINY	43
5.5.1	Výpočet obsahu neutrálně-detergentní vlákniny	43
5.6	STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY.....	44
5.6.1	Výpočet obsahu hrubé vlákniny	45
6	VÝSLEDKY A DISKUSE	46
6.1	NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINA	46
6.2	HRUBÁ VLÁKNINA	47
	ZÁVĚR	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	52
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	57
	SEZNAM OBRÁZKŮ	58
	SEZNAM TABULEK.....	59

ÚVOD

Luštěniny jsou důležitou součástí lidské stravy už po několik tisíciletí a používají se jako potravina po celém světě. Důležitým aspektem je přítomnost vysoké koncentrace bílkovin, která je u většiny semen luštěnin nejméně dvakrát větší než u semen obilovin. Semena luštěnin jsou bohatá na vlákninu a obsahují také významné množství sacharidů, ale také řadu antinutričních látek, které snižují jejich biologickou hodnotu.

Čočka patří do čeledi bobovitých (*Fabaceae*) a podčeledi motýlokvětých (*Papilionaceae*) a je jednou z nejvýznamnějších luštěninových plodin na světě díky své výživové hodnotě. Čočka je bohatým zdrojem sacharidů, bílkovin, minerálních látek, vitaminů a vlákniny, která je obecně prospěšná lidskému zdraví.

Vláknina představuje nestravitelnou část rostlinné potravy. Je tvořena chemickými sloučeninami, především polysacharidy. Různé typy vlákniny obsažené v potravinách rostlinného původu mají specifické fyziologické, funkční a pro-nutriční vlastnosti. Podle rozpustnosti ve vodě lze vlákninu rozdělit na vlákninu nerozpustnou, kam patří celulóza, části hemice-lulóz, lignin a vlákninu rozpustnou, kterou tvoří pektiny, gumy a slizy. Vláknina působí na snížení glykemického indexu, proto je vhodná pro osoby s diabetem, působí preventivně proti rakovině a proti kardiovaskulárním chorobám. Vyšší příjem vlákniny má vliv na snížení krevního tlaku. Denní příjem vlákniny by měl dosahovat 20 – 30 g na osobu a den.

Praktická část diplomové práce byla zaměřena na stanovení neutrálně-detergentní a hrubé vlákniny ve vybraných druzích čočky. Stanovení bylo provedeno pomocí přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer a porovnání jejího obsahu v analyzovaných vzorcích bylo provedeno s výsledky publikovanými v odborné literatuře.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 LUŠTĚNINY

1.1 Obecná charakteristika luštěnin

Vyluštěná zralá semena luskovin se nazývají luštěniny, které botanicky náleží do čeledi bobovitých. Luskoviny jsou jednoleté druhy rostlin čeledi *Fabaceae* – bobovité, která je třetí největší čeledí mezi kvetoucími rostlinami a patří k ní 16 000 – 19 000 druhů, zařazených v přibližně 750 rodech. Pro potravinářské účely se používá téměř 60 domestikovaných druhů, ale pouze malá část z nich doznala většího rozšíření. Bobovité jsou významným rostlinným druhem a kulturní plodinou. Specifickou vlastností luskovin je pěstitelská hodnota, která pomáhá udržovat půdní úrodnost a zlepšovat fyzikální vlastnosti půdy. Luskoviny mohou mít zásadní vliv na pěstební systémy, jejich intenzitu a ekonomiku. Pozitivní je zejména schopnost symbiózy s hlízkovými bakteriemi, umožňující vyloučit nebo snížit spotřebu dusíkatých hnojiv. Mezi nejznámější luskoviny patří hrách, sója, vikev, bob, fazol a čočka, méně známé jsou pak hrachor, cizrna, podzemnice a vigna. Jejich nejdůležitější charakteristikou je vysoký obsah bílkovin v semenech, ale i v ostatních nadzemních orgánech. V Evropě a rovněž v ČR jsou pěstovány především pro krmné účely a jen v menší míře jako potravina. V našich podmínkách jsou nejvýznamnějšími luštěninami hrách, fazole, čočka a sója. Sója je ovšem také rovněž řazena mezi olejninu. V poslední době se na trhu nově objevily některé další druhy (např. cizrna, vigna, mungo a další) [1,2].

Plodem luštěnin je lusk, který se skládá ze dvou spojených obalů neboli chlopní. Ke vnitřní stěně je poutkem neboli provazcem připojeno 3 – 5 semen podle druhu a odrůdy. Při dozrávání chlopně pukají ve švech. Lusk zprostředkovává ochranu a výživu semen. Při zrání luštěnin jsou látky převáděny z lodyh do lusků a odtud do semen. Semena luštěnin jsou poměrně velká, tvrdá a převážně kulovitého tvaru. Na povrchu semen se nachází kožovité osemení. U některých luštěnin pak následuje endosperm. Uvnitř semene je uložen zárodek složený ze dvou děloh (kotyledonů) a klíčku. Osemení je na povrchu kryto tenkou blankou (kutikulou). Pod ní je vrstva vysokých sloupkovitých buněk postavených těsně vedle sebe, tzv. palisádových. Tyto buňky dodávají slupce pevnost a mohou obsahovat barviva, která dodávají semenům barvu. Pod nimi se nachází vrstva buněk pohárkových. Pohárkové buňky mají oba konce rozšířené, takže mezi jejich středními částmi vznikají mezibuněčné prostory, a tak umožňují pružnost slupky. Pod nimi je tenkostěnný parenchym s cévními svazky, který v hlubších vrstvách přechází v houbovitý parenchym. Endosperm se nachází pod

parenchymem a vyskytuje se pouze u bílkovinných luštěnin. Tvoří pouze malou část zrna a může být buď plně vyvinutý, složený z vnějších buněk aleuronových a vnitřních většinou slizových nebo může být zachován jen jeho zbytek. Dělohy zaujímají největší část semene. Na povrchu mají tenkou pokožku. Podle jejich obsahu se luštěniny dělí na škrobnaté a bílkovinné. U většiny luštěnin (např: hrách, čočka, bob, fazol, vikev) jsou vyplněny škrobovými zrny, která jsou si vzájemně podobná, mají oválný tvar a uprostřed štěrbinu ve tvaru S, často rozvětvenou. Tyto luštěniny se řadí ke škrobnatým. Druhá skupina jsou luštěniny bílkovinné. Jejich kotyledony jsou vyplněny bílkovinami a škrobových zrn obsahují jen málo [3].



Obr. 1 Morfologie čočky [4]

1.2 Chemické složení luštěnin

Luštěniny jsou hodnotnými potravinami s vyšším obsahem bílkovin. Obsahují v průměru 20 – 30 % bílkovin. Výjimkou jsou sojové boby (37 – 45 %). Luštěniny obsahují především zásobní proteiny a v menším množství proteiny enzymatické, regulační a strukturální, které slouží pro buněčnou aktivitu včetně syntézy zásobních proteinů. Bílkoviny luštěnin nejsou z biologického hlediska plnohodnotné (chybí především sirná aminokyselina metionin a dále tryptofan). Limitující aminokyselinou bývá právě metionin. V bílkovinách luště-

nin jsou zastoupeny především globuliny legumin, fazeolin, vicinin, konglutin a glycinin [5,6,7].

Průměrný obsah tuků je u luštěnin nízký (1 – 7 %), výjimku tvoří podzemnice olejná (45 %) a sójové boby (20 %). Lipidy jsou uloženy v kotyledonech. Luštěniny obsahují vysoké množství esenciálních mastných kyselin, neobsahují žádný cholesterol. Naopak nacházejí se zde rostlinné steroly důležité v prevenci kardiovaskulárních onemocnění. V tuku luštěnin se nachází rostlinný fosfatidylcholin (hlavně u sóji). Fosfolipidy podléhají snadno oxidačnímu a hydrolytickému rozkladu, jehož důsledkem je tmavá barva a hořká chuť [5,7,8].

Vysoký je také obsah sacharidů (25 – 65 %). Z monosacharidů jsou v malém množství přítomny glukóza a fruktóza a ve větším množství sacharóza (1 % a méně). Z oligosacharidů jsou zde zastoupeny rafinóza, verbaskóza, stachyóza a ajugóza (1 – 3 %). Tyto cukry jsou částečně využitelné bakteriemi tlustého střeva, které je metabolizují za tvorby plynů a jsou považovány za hlavní příčinu nadýmání při konzumaci luštěnin. Některé luštěny obsahují vysoký obsah škrobu [6,7].

Luštěniny také poskytují vysoký obsah vlákniny nerozpustné (celulóza, některé hemicelulózy aj.) a rozpustné, jejíž součástí jsou i pektinové látky. Většina luštěnin obsahuje 3 – 5 g vlákniny na 100 g suchých semen. Luštěniny jsou také zdrojem některých minerálních látek, zejména minoritních esenciálních prvků. Ve srovnání s obilovinami, mají luštěniny vyšší koncentrace vápníku a draslíku a také stopových prvků jako je železo, zinek a měď. Z minerálních látek je v luštěninách nejvíce zastoupen fosfor, vázán jako fosforečnan draselný. Z vitaminů se v malém množství vyskytují tiamin, riboflavin, niacin a karotenoidy. Kyselina listová se nachází především v čočce [5,6,7,8].

Luštěniny obsahují řadu bioaktivních látek, včetně enzymových inhibitorů, lektiny, fytáty, oligosacharidy a fenolické sloučeniny. Enzymové inhibitory mohou snížit stravitelnost bílkovin a lektiny mohou snížit vstřebávání živin. Po uvaření luštěnin mají tyto látky pouze malý účinek. Fytová kyselina může snižovat využitelnost některých minerálních látek (fosforu, zinku, vápníku a mědi), vykazuje antioxidační aktivitu a chrání DNA před poškozením. Obecně fenolické sloučeniny mají antioxidační a jiné důležité fyziologické a biologické vlastnosti. Tyto sloučeniny mohou mít doplňující a překrývající se mechanismy účinků zahrnující: modulaci detoxikačních enzymů, stimulaci imunitního systému, regulaci tuků a hormonálního metabolismu, antioxidační a antimutagenní účinky. Galakto-oligosacharidy

mohou způsobit nadýmání. Na druhou stranu, mohou mít některé bioaktivní látky také ochranné účinky [9].

1.3 Antinutriční látky v luštěninách

Nevýhodou luštěnin je jejich obtížnější stravitelnost. V některých jsou přítomny i určité antinutriční faktory, které se však vhodnými tepelnými zásahy inaktivují. Přítomny bývají v určitých druzích luštěnin též nitrilglykosidy, z nichž se enzymaticky uvolňuje kyanovodík. Avšak déle trvajícím máčením a následujícím povařením se kyanovodík prakticky odstraní [6].

1.3.1 Antinutriční látky termolabilní

Mezi termolabilní antinutriční látky patří inhibitory proteáz, které v přírodě slouží k ochraně rostlin před škůdci. V organismu působí inhibitory negativně na trávicí enzymy: pepsin, trypsin a chymotrypsin, tepelnou úpravou se jejich negativní působení ruší. Při klíčení luštěnin mají funkci zásobních proteinů a v průběhu klíčení se jejich aktivita značně snižuje, poněvadž proteolýzou vznikají jejich modifikované formy. Do této skupiny patří dále goitrogenní látky, které způsobují nedostatečnou biosyntézu hormonů štítné žlázy a lektiny, které se váží na specifické monosacharidy či oligosacharidy. Tyto látky se tepelnou úpravou denaturují [8,9].

1.3.2 Antinutriční látky termostabilní

Antinutriční látkou termostabilní obsaženou v luštěninách je kyselina fytová, která v kombinaci s vlákninou snižuje využitelnost železa. Její hlavní formou je smíšená vápenatá a hořečnatá sůl zvaná fytin. Nejvíce kyseliny fytové se nachází v podzemnici olejné a sójových bobech. Kyselina fytová se uplatňuje i pozitivně, neboť působí jako antioxidant a možný antikarcinogen. Hydrolýza kyseliny fytové nastává působením fytáz mikroorganismů tlustého střeva. Fytátový fosfor nacházející se v sójových bobech a čočce má sníženou biologickou využitelnost a nižší je i využitelnost dalších minerálních látek přítomných ve fytinu, zejména zinku, železa, též vápníku a hořčíku. Silný negativní účinek kyseliny fytové na vstřebávání minerálních látek je též v kombinaci s vlákninou, dochází k nižší využitelnosti železa [10]. Další termostabilní antinutriční látkou jsou oxaláty, proto se luštěniny

nedoporučují při tvorbě oxalátových ledvinových a močových kamenů a v jejich prevenci [8].

1.3.3 Ostatní antinutriční látky

Do skupiny antinutričních látek se dále řadí purinové látky, které se v luštěninách nacházejí ve větším množství, proto není vhodné podávání luštěninových pokrmů u onemocnění dnou. Vysoký obsah purinových látek je v čočce 1140 mg.kg^{-1} . Sójové boby jsou označovány jako velmi časté alergeny. K antinutričním látkám nacházejících se v luštěninách patří i taniny, jejichž vysoký obsah je ve fazolích, kde snižují stravitelnost a absorpci některých minerálních látek [10].

Nepříznivou vlastností je i obsah oligosacharidů (rafinóza, stachyóza, verbaskóza a ajugóza), jež způsobují flatulenci. Tato vlastnost je však kompenzována pozitivním působením těchto oligosacharidů, které se významně uplatňují jako prebiotika. Rovněž zvýšenou plynatost způsobují i rezistentní škrob a vláknina za přítomnosti střevní mikroflóry. Flatulentní působení lze snížit odstraněním vody, v níž byly luštěniny namočeny, ale tím současně dochází ke značným ztrátám vitaminů skupiny B, části bílkovin a minerálních látek [8].

1.4 Spotřeba luštěnin

Luskoviny se pro lidskou výživu využívají v různých formách, jako zralá suchá semena, nezralé lusky, nezralá zelená semena, naklíčená semena, extrahovaný protein aj. Ve světovém měřítku se nejvíce využívají fazole, v Evropě poměrně hodně hrách a čočka. Průměrná spotřeba luštěnin ve výživě je rozdílná. Konzumují se v rozsahu 1 až 25 kg na osobu a rok, celosvětový průměr je 7 kg, v Evropě 3,5 kg, v Indii 14 kg. V České republice je spotřeba velmi nízká, a to 1 až 2 kg na osobu a rok [11].

Ve většině zemí, kde mají luštěniny svůj původ a v řadě afrických zemí je spotřeba luštěnin i v současné době velmi vysoká a v některých dosahuje až 50 kg na osobu a rok. Naproti tomu ve vyspělých zemích jsou luštěniny, až na malé výjimky (především u vegetariánů), jednou z nejméně oblíbených potravinových komodit. Nejvíce se konzumuje hrách, a to přibližně 1,1 kg na osobu za rok, dále pak čočka 0,6 kg a fazole 0,5 kg. U hrachu zůstává tato hodnota zhruba na stejné úrovni již po několik desetiletí. Z nutričního hlediska je pro lidskou výživu nejvhodnější sója, která obsahuje asi 20 % oleje a přibližně 40 % bílkovin s

vysokou biologickou hodnotou. Pravidelnou konzumací sójových produktů se může snížit obsah cholesterolu, zejména typu LDL [12].

1.5 Vybrané druhy luštěnin

1.5.1 Hrách setý

Hrách setý (*Pisum sativum*) patří mezi naše nejrozšířenější luštěniny z čeledi bobovitých (*Fabaceae*) a podčeledi motýlokvětých (*Papilionoedae*). Hrách je jednoletý, popínavý, se sbíhavými a prorostlými listy. Plody jsou lusky 3 – 12 cm dlouhé se 3 – 10 semeny [13]. Oproti ostatním luštěninám obsahuje hodně sacharidů [2]. Nahořklou chuť způsobují saponiny. U sladkých odrůd je jejich množství kolem 0,1 – 0,2 %. K prodeji je nabízen hrách zelený, žlutý, celý, půlený, neloupaný nebo loupaný [8].

1.5.2 Fazol obecný

Fazol obecný (*Phaseolus vulgaris* L.) má více než 200 druhů, z nichž většina pochází z Ameriky, část z Asie. Používají se buď suchá semena, nebo zelené lusky. Pro sklizeň zelených lusků se pěstují odrůdy, které nemají v oplodí vnitřní pergamenovou vrstvu a sklerenchymatická vlákna ve švech lusků. Lusky mají různou velikost, semena jsou kulatá nebo ledvinovitá. Podle barvy a velikosti se rozlišují různé druhy fazolí [5]. Skvrnité fazole se tvarem semen neliší od jiných odrůd fazolu obecného, ale jsou béžové s hnědými skvrnami. Při vaření ztrácejí barvu, ale chuť zůstává. Velké bílé fazole se zaměňují s jinými typy fazolí. Bostonské fazole mají menší semena. Černé fazole mají sladkou chuť, borlotto fazole jsou oranžové barvy. Červené fazole jsou sladké a moučné. Cannellino fazole jsou krémo-vě bílé a mají vatovou konzistenci [14].

1.5.3 Sója luštinatá

Sója luštinatá (*Glycine max* L.) je krytosemenná, dvouděložná, samosprašná rostlina, která patří do čeledi bobovitých. Lodyha je přímá až popínavá, červenavě chlupatá, listy má dlouze řapíkaté, plstnatě chlupaté. Lusky obsahují až 5 semen [15]. Sója má mezi ostatními luskovinami výjimečné postavení, které je dáno chemickým složením semen, především vysokým obsahem bílkovin o poměrně vysoké výživové hodnotě, výborných funkčních vlastnostech (schopnost vázat vodu a tuk a transformace na strukturu, která má podobné

vlastnosti s vláknitými bílkovinami masa) a nízkou cenou ve srovnání s bílkovinami živočišnými [16].

1.5.4 Čočka jedlá

Čočka jedlá (*Lens esculenta*) je jednoletá samosprašná rostlina, keře dosahují výšky do 50 cm, na nichž jsou lusky s 1 – 3 semeny [7]. Patří k nejstarším kulturním plodinám. Její zralé lusky jsou jako zelenina konzumovány především v Indii, u nás je známa v podobě suchých zralých semen, odrůdově různě velkých a zbarvených od žluté a zelenožluté až po hnědou a oranžově červenou barvu. Čočka je stravitelnější než hrách. Je bohatá na vitaminy skupiny B a minerální látky. Obsah antinutričních látek je nízký [5].

Tab. 1 Průměrné složení semen luštěnin (%) [1]

	hrách	čočka	fazole	boby	cizrna	mungo
voda	10,4	10,5	11,4	10,6	10,7	9,7
bílkoviny	24,5	24,7	21,5	24,8	19,5	23,6
tuk	1,0	1,0	1,3	1,4	5,7	1,4
sacharidy	62,1	61,2	62,7	60,4	61,7	61,6
vláknina	6,3	10,4	10,6	14,9	6,1	9,2
popel	2,5	2,6	3,5	3,3	2,7	3,3
energie (kcal.100 g⁻¹)	346	346	345	350	368	345

2 VÝZNAM ČOČKY VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA

2.1 Původ a pěstování čočky

Historie čočky započala již velmi dávno. Nejranější archeologické nálezy čočky pocházejí z paleolitických a mezolitických vrstev jeskyně Franchthi v Řecku (z doby před 13 000 až 9 500 lety), z konce mezolitického období z Mureybit a Tell Abu Hureya v Sýrii a z doby kolem 8000 let př. n. l. z oblasti kolem Jericha v Palestině. Starověcí Řekové využívali čočku různými způsoby, včetně přípravy chleba [17].

Čočka, patřící do čeledi bobovitých (*Fabaceae*) a podčeledi motýlokvetých (*Papilionaceae*), je jednou z nejstarších kulturních rostlin a její plody se již v biblických časech považovaly za lidovou potravinu. Při stěhování národů se rozšířila po celé Evropě a Africe. Římané čočku dováželi z Egypta, který byl dlouhou dobu jejím hlavním producentem a vývozcem.

Dnes se čočka pěstuje především v Turecku, Kanadě, Indii (70 % světové produkce), dále ve Španělsku, Chile, Argentině a USA. Celosvětová produkce luštěnin je z větší části určena pro lidskou výživu, zvláště v rozvojových zemích. Podle publikovaných odhadů činila celková světová spotřeba luštěnin v letech 2001 – 2003 průměrně 55 mil. tun za rok. Z tohoto množství představovala globální lidská spotřeba zhruba 65 % (převážně v rozvojových zemích), krmné užití cca 25 % (zejména v rozvinutých zemích) a zbylých 10 % připadalo na osivo a ostatní [18,7].

U nás ji najdeme hlavně na jihozápadní Moravě, v Polabí a Pooohří. Problémem pěstování čočky je její mimořádná citlivost k povětrnostním podmínkám a malá odolnost k chorobám. Velká část světové produkce čočky je produkována tradičními zemědělskými metodami, přičemž mohou být pěstovány jako součást systému střídání plodin, nebo jako vedlejší plodiny. Rozsáhlé intenzivní pěstování a průmyslové zpracování těchto luskovin jako potraviny se však vyskytuje jen v některých oblastech. Nicméně, produkce těchto potravin se bude muset výrazně zvýšit, aby splňovaly požadavky rostoucí světové populace. K popularitě čočky přispívá rozmanitost odrůd a skutečnost, že je k dispozici v kteroukoli roční dobu. Existují i různé vzácnější odrůdy, jako např. Champagne nebo Beluga. V našich prodejnách můžeme nakoupit velkozrnnou a drobnozrnnou čočku i stále oblíbenější červenou čočku, která má jemnou a delikátní chuť [16]. I když je čočka velmi přizpůsobivá různým

oblastem pěstování, její složení se velmi liší v závislosti na regionu, klimatu, půdním složení a způsobu pěstování. Hodnota sacharidů se může pohybovat mezi 500 až 697 g.kg⁻¹, bílkovin mezi 184 až 355 g.kg⁻¹ a lipidů mezi 15 až 25 g.kg⁻¹ [19].

Tab. 2 Sklizňová plocha luskovin – hlavní pěstební oblasti (rok 2006 – dle FAO statistiky) [11]

Druh	sklizňová plocha (mil.ha)	hlavní pěstební oblasti	mil.ha	další oblasti pěstování	mil.ha
fazol	26,54	Asie	13,40	Latinská Amerika	7,10
hrách	6,73	Asie	2,20	Evropa Severní Amerika	1,80 1,70
čočka jedlá	3,85	Asie	2,80	Severní Amerika	0,70
sója luštinatá	92,99	Latinská Amerika	40,50	Severní Amerika Asie	30,20 18,60

2.2 Chemické složení čočky a její nutriční parametry

Čočka je důležitým zdrojem bílkovin, sacharidů a vlákniny. V tomto druhu luštěnin je v průměru zastoupeno 23,8 % bílkovin, 2,1 % tuku, 53,9 % sacharidů, 4,9 % celulózy a 2,8 % minerálních látek [3]. Čočka je vysoce koncentrovaná potravinu, která obsahuje jen 11,2 % vody, což z ní činí jedinečný zdroj energie (338 kcal.100 g⁻¹). Většina této energie pochází z proteinů a sacharidů, protože čočka obsahuje velmi malé množství tuků [20].

Bílkoviny čočky jsou špatně rozpustné v neutrálním nebo alkalickém vodním prostředí, pokud jde o celá semena. Naopak rozpustnost je vysoká, pokud jsou semena zbavená slupky. To může být důsledkem odstranění tríslovin obsažených ve slupce. Globulinové proteiny mají obecně nízký obsah sirných aminokyselin [19].

Z esenciálních aminokyselin obsahuje čočka leucin 18,59 g.kg⁻¹, izoleucin 10,63 g.kg⁻¹, lyzin 17,30 g.kg⁻¹, metionin 2,93 g.kg⁻¹, fenylalanin 12,61 g.kg⁻¹, treonin 9,66 g.kg⁻¹, tryptofan 2,81 g.kg⁻¹ a valin 11,32 g.kg⁻¹.

Lipidy zastupují monoenoové mastné kyseliny – kyselina olejová 2,06 g.kg⁻¹, polynenasycené mastné kyseliny – kyselina linolová 3,69 g.kg⁻¹, α -linolenová 0,81 g.kg⁻¹, nasycené mastné kyseliny 2,60 g.kg⁻¹. V čočce jsou obsaženy také fosfolipidy v množství 2,50 g.kg⁻¹ [16].

V čočce jsou zastoupeny především oligosacharidy stachyóza 19 – 31 %, rafinóza 3 – 5 % a verbaskóza 12 – 14 %. Čočka obsahuje také vlákninu, která má vysokou vazebnou kapacitu pro žlučové kyseliny *in vitro* a také podporuje trávení ve střevech *in vivo*. Stejně jako u jiných druhů vlákniny je vláknina čočky obecně považována za prospěšnou. Vlákninu nerozpustnou tvoří celulóza, lignin a některé hemicelulózy, rozpustnou vlákninu např. pektinové látky a některé hemicelulózy [16]. Tyto polysacharidy mají u rostlin stavební funkci, kde vytužují a zpevňují pletiva, dodávají rostlinám pevnost a elasticitu. Podstatnou částí stěn buněk rostlin a hlavní součástí podpůrných tkání rostlin tvoří celulóza. Stavební materiál rostlin vzniká spojením několika paralelně uspořádaných celulózových řetězců stabilizovaných vodíkovými vazbami, přičemž tmel mezi nimi vytvářejí další polysacharidy tzv. hemicelulózy (obsahují jako stavební jednotky různé monosacharidy – D-xylózu, D-galaktózu, L-arabinózu, D-glukózu a uronové kyseliny). Matrici, v níž jsou uloženy celulózové fibrily buněčných stěn, tvoří též pektiny, pektinové kyseliny a lignin [21].

Čočka, vzhledem k vyššímu množství nestravitelných sacharidů, má nízký glykemický index. Dokáže proto zmírnit výkyvy energie tím, že udržuje hladinu glukózy v krvi. Kromě toho, že tělu dodává pomalu se uvolňující energii, je účinná i proti únavě, protože doplňuje zásoby železa a vitaminů skupiny B [22].

Pozoruhodné je velké množství draslíku a fosforu, ale čočka zásobuje naše tělo i hořčíkem, vápníkem, železem a zinkem. Za zmínku stojí i množství vitaminů řady B (B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₉). 100 g syrové čočky obsahuje následující množství živin:

- proteiny (28,1 g): více než polovina DDD (53 %),
- vlákninu (30,5 g): představuje skoro 125 % DDD,
- vitamin B₁ (0,475 mg): téměř jednu třetinu DDD (32 %),

- vitamin B₆ (0,535 mg): více než čtvrtinu DDD (27 %),
- vitamin B₉ (433 µg): více než dvojnásobek DDD (216 %),
- hořčík (107 mg): skoro jednu třetinu DDD (31 %),
- železo (9 mg): 90 % DDD,
- draslík (905 mg): téměř polovinu DDD (45 %),
- zinek (3,61 mg): přibližně čtvrtinu DDD (24 %),
- měď (0,852 mg): více než polovinu DDD (57 %) [23].

V čočce byly zjištěny i bioaktivní látky, jako saponiny, flavonoidy, kyselina fenolová a inhibitory proteáz, které si náš organizmus neumí sám vyrobit [18]. V čočce se nachází poměrně vysoký obsah kyseliny fytové (0,49 %) [8].

2.3 Obchodní druhy čočky

Čočka patří mezi nejoblíbenější luštěniny. U nás se v současnosti pěstuje jen minimálně, dovážíme ji především z Kanady. Rozlišujeme čočku velkozrnnou a drobnozrnnou, která je barvy béžové, hnědé, červené, zelené i černé. V obchodní síti je čočka loupaná i neloupaná. Čočka je velmi používanou potravinou jihoasijské kuchyně a rozemletím se z ní získává čočková mouka. V Indii se konzumují listy a mladé lusky jako zelenina [8].

Různé odrůdy čočky se obvykle rozlišují a nazývají podle barvy. V evropské kuchyni je oblíbená zejména zelená čočka, při vaření si udržuje tvar. Tmavá francouzská čočka je vysoce ceněná jako jedna z nejlepších. Nerozváří se. Žlutá čočka vzhledem ke svému asijskému původu je často označovaná indickým výrazem "dal". Běžně se připravuje ochucená kari jako hlavní pokrm nebo jako příloha. Indická hnědá čočka nazývaná také "masoor dal" se při vaření změní na kaši. Červená čočka se vyskytuje nejvíce na Středním východě.

Mezi odrůdami jsou značné rozdíly ve velikosti zrn. Všechny druhy mají plochý diskovitý tvar, ale liší se velikostí a prodávají se púlené nebo celé. Púlená červená čočka je například hlavní potravinou na Středním východě, kde se obvykle kombinuje s rýží. Je jedinou luštěninou, která se před vařením nemusí máčet [15].

3 VLÁKNINA

3.1 Definice vlákniny

Vláknina patří v širokém podvědomí spotřebitelů mezi významné zdravotně prospěšné složky potravin. Obsah tohoto termínu však prošel v minulých letech značnými změnami. Hipsley (1953) poprvé použil termín „vláknina potravy“ pro nevyužitelné sacharidy rostlinného původu nestrávené a neresorbované v horní části lidského trávicího ústrojí (tj. v žaludku a tenkém střevě). Trowell (1972) definoval vlákninu jako potravu, která zahrnuje zbytky rostlinné buněčné stěny neštěpitelné lidskými trávicími enzymy. Tato definice byla později rozšířena o nestravitelné polysacharidy, jako jsou např. gummy, slizy, modifikované celulózy, oligosacharidy a pektiny. Postupem času vznikaly další definice vlákniny potravy zohledňující její fyziologický význam nebo analytické postupy stanovení specifickými metodami [24,25,26,30].

Poměrně dlouhou dobu byla vláknina vymezena jako rostlinné polysacharidy kromě škrobu. Vývoj však přinesl poznatek, že nestravitelná je i část škrobu, označovaná jako škrob rezistentní. Významnou složkou je také lignin, který není polysacharidem. Do potravin se začaly přidávat i sacharidy fyzikálně nebo chemicky upravené, nebo dokonce syntetizované, které neodpovídají označení rostlinné či přírodní polysacharidy. Za výstižnou lze považovat definici Nizozemské zdravotní rady: „Vlákninu potravy tvoří látky, které nejsou stráveny či vstřebány v tenkém střevu člověka, s chemickou strukturou sacharidů či látek obdobných, lignin a příbuzné látky“ [26]. V roce 2000 byla navržena definice vlákniny potravy podle Americké asociace chemiků z oblasti cereálií (AACC - American Association of Cereal Chemists). „Vlákninu potravy tvoří jedlé části rostlin nebo analogické sacharidy, které jsou rezistentní k trávení a absorpci v tenkém střevě člověka, přičemž v tlustém střevě dochází k jejich úplné nebo částečné fermentaci“ [27].

Složky potravinové vlákniny byly podle AACC definovány následovně:

- neškrobové polysacharidy a rezistentní oligosacharidy: celulóza, hemicelulóza (arabinoxylany, arabinogalaktany), polyfruktózy (inulin, oligofruktózy), galaktooligosacharidy, gummy, slizy, pektiny,

- analogické sacharidy: nestravitelné dextriny, rezistentní maltodextriny (z kukuřice a jiných zdrojů), rezistentní dextriny brambor, syntetické sloučeniny na bázi sacharidů – polydextróza, metylcelulóza, hydroxypropylmethylcelulóza, nestravitelný (rezistentní) škrob,
- lignin,
- složky doprovázející komplexy neškrobových polysacharidů a ligninu v rostlinách: vosky, fytáty, saponiny, taniny aj. [28].

V roce 2008 vydala Komise Evropských společenství směrnici 2008/100/ES, kterou se mění směrnice Rady 90/496/EHS o nutričním označování potravin, pokud jde o doporučené denní dávky, převodní faktory pro energetickou hodnotu a definice. Směrnice 2008/100/ES byla zahrnuta do Sbírky zákonů ČR ve vyhlášce č. 330/2009 Sb., kterou se mění vyhláška č. 450/2004 Sb., o označování výživové hodnoty potravin.

Podle směrnice Rady 2008/100/ES se vlákninou rozumí uhlovodíkové polymery se třemi nebo více monomerními jednotkami, které nejsou tráveny ani vstřebávány v tenkém střevě lidského organismu a náleží do těchto kategorií:

- jedlé uhlovodíkové polymery přirozeně se vyskytující v přijímané potravě,
- jedlé uhlovodíkové polymery, které byly získány z potravních surovin fyzikálními, enzymatickými nebo chemickými prostředky a které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky,
- jedlé uhlovodíkové polymery, které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky.

Ve směrnici 2008/100/ES jsou mimo jiné zahrnuty i další požadavky na vlákninu. Látky spadající pod tuto definici musí vykazovat jeden nebo více prospěšných fyziologických účinků (zkracuje dobu průchodu tráveniny střevy, zvyšuje objem stolice, je zkvasitelná mikroflórou tlustého střeva, snižuje celkový krevní cholesterol, snižuje krevní hladiny LDL cholesterolu, snižuje postprandiální krevní glukózu nebo snižuje hladinu krevního inzulinu). Uhlovodíkové polymery rostlinného původu vyhovující definici vlákniny, mohou být v rostlinách úzce svázány s ligninem nebo dalšími složkami, které nejsou na bázi uhlovodíků, např. fenolovými sloučeninami, vosky, saponiny, fytázami, kutinem, fytosteroly. Tyto látky, jsou-li úzce svázány s uhlovodíkovými polymery rostlinného původu a extrahovány

při analýze vlákniny s těmito uhlovodíkovými polymery, lze považovat za vlákninu. Jsou-li však tyto látky od uhlovodíkových polymerů odděleny, pak se za vlákninu nepovažují [29].

3.2 Chemická struktura vlákniny

Složení a struktura vlákniny se liší od rostliny k rostlině. Tyto rozdíly jsou také dané určitou funkcí části rostliny a fází zrání buněčné stěny (strukturální složky), které dávají rostlině fyzickou stabilitu. Vlákna jako taková je složena z vysoce propojených polymerů na bázi cukru a fenolické báze (hemicelulózy a pektinových fenolických látek a glykoproteinů a proteoglykanů) v matici amorfni struktury s několika propletenými mikrovláknami celulózy. Komponenty buněčné stěny jsou úzce propojeny prostřednictvím vazeb se sacharidy a bílkoviny. Vlákna se skládá ze sacharidových a nesacharidových polymerů [30].

3.2.1 Sacharidové složky vlákniny

Celulóza a β -glukany jsou zpravidla nerozvětvené polymery, které obsahují převážně glukózové zbytky. β -glukany mají smíšené β (1 \rightarrow 3) a β (1 \rightarrow 4) glykosidové vazby. Kromě své odolnosti vůči enzymům lidského trávicího traktu, umožňují tyto vazby lepší vzájemné propojení vodíkových vazeb než vazby α (1 \rightarrow 4) škrobu. To umožňuje vytvoření pevně kondenzovaných krystalických struktur uvnitř mikrovláken celulózy. Xylóza je součástí primárního řetězce hemicelulózy a guarové a arabské gumy a sekundárního řetězce rostlinných gum a pektinů. Arabinóza je součástí primárního řetězce rostlinných gum a sekundárního řetězce hemicelulózy a pektinu. Hemicelulóza představuje významný podíl vlákniny, která je složena především z arabinózy a xylózy v obilovinách a z xylózy a glukózy v ovoci a zelenině. Pektinové látky jsou převládající v citrusových plodech. Jsou také přítomny v malém množství v zelenině, luštěninách a obilovinách [30].

3.2.2 Nesacharidové složky vlákniny

Minoritní komponenty vlákniny hrají také důležitou roli strukturální. Tyto polymery jsou glykoproteiny (ovoce, zelenina, luštěniny) a bílkoviny (obiloviny), fenolické estery (obiloviny) a lignin (zdrvenatělé tkáně ovoce, zeleniny a obilovin). Lignin má zvláštní význam, protože zpomaluje fermentaci vlákniny. Jedná se o komplex skupiny fenyl-propanových polymerů tvořících se kondenzací aromatických alkoholů a je obzvláště důležitý pro vytvoření strukturální stability. Vzhledem k tomu, že jedlé rostlinné tkáně jsou spotřebovávány

relativně nezralé, jejich buňky jsou nediferencované a nezdřevnatělé. Ve většině ovoce a zeleniny představuje lignin pouze malou část vlákniny. V některých rostlinných tkáních mohou být obsaženy kutin, vosky nebo suberin. Tyto sloučeniny jsou směsí lipidů, bílkovin a sacharidů, které tvoří vodotěsnou blánu na vnější buněčné stěně rostlin. Jsou obzvláště odolné vůči trávení a fermentaci a zhoršují stravitelnost ostatních buněčných komponent rostlinných pletiv [30].

3.3 Dělení vlákniny podle rozpustnosti

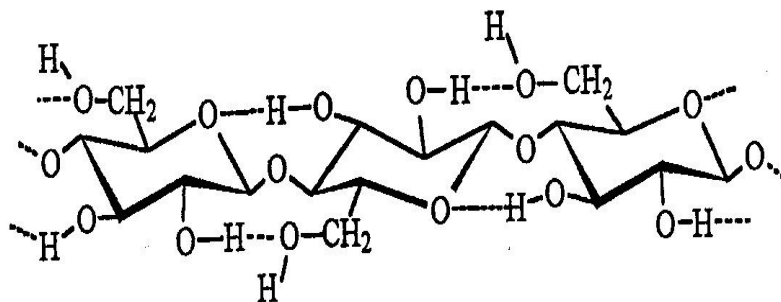
3.3.1 Nerozpustná vláknina

Je to část rostlinného materiálu, která zůstává po parciální chemické digesci. Nerozpustnou vlákninu lze označit za vlákninu neviskózní a nefermentovatelnou. Zkracuje průchod intestinálním traktem, významně neovlivňuje metabolismus sacharidů nebo lipidů a nemá vliv na intraluminální pH. Její přítomnost v trávicím traktu může vést ke zbytnění střevní mukózy. Nerozpustná vláknina má příznivý účinek při střevních potížích (zejména při zácpě). Má čistící schopnosti v trávicím ústrojí, především ve střevní části. Nerozpustnou vlákninu tvoří hlavně celulóza, lignin a některé části hemicelulóz [31,32].

3.3.1.1 Celulóza

Celulóza je základním strukturním polysacharidem buněčných stěn vyšších rostlin a je nejrozšířenější vysokomolekulární látkou v přírodě. Spolu s hemicelulózou a ligninem patří k tzv. látkám stavebním, protože tvoří podstatnou část stěn rostlinných buněk a podpůrných rostlinných pletiv [13]. Jedná se o lineární polymer obsahující až 15 000 D-glukózových zbytků spojených β (1 \rightarrow 4) glykosidovými vazbami. Každá z vázaných glukózových jednotek v řetězci je otočena vzhledem k předchozí a v této poloze je udržována intramolekulárními vodíkovými vazbami. Celulóza je štěpena enzymy bakterií a plísní (celulázami). Jsou to endogenní enzymy, které štěpí β (1 \rightarrow 4) D-glykosidické vazby za vzniku oligosacharidu a celobiózy. Monogastriční živočichové nemají tyto celulolytické enzymy a celulóza je pro ně tedy nevyužitelným polysacharidem. Jednotlivé makromolekuly celulózy interagují vzájemně díky vodíkovým můstkům a tvoří ve stěnách rostlinných buněk trojrozměrné struktury, které se nazývají celulózová vlákna nebo celulózové mikrofibrily [33]. Molekuly celulózy jsou vedle sebe uloženy ve vláknitém uspořádání, vykazují krystalickou strukturu. Krystalické mikrofibrily celulózy jsou uloženy v amorfním gelu, složeném hlavně z hemi-

celulózu a pektinových látek s malým množstvím bílkovin. Vlákňité uspořádání molekul celulózy umožňuje tvorbu molekulárních vodíkových vazeb a dodává celulózovým vláknům pevnost a elasticitu [34].

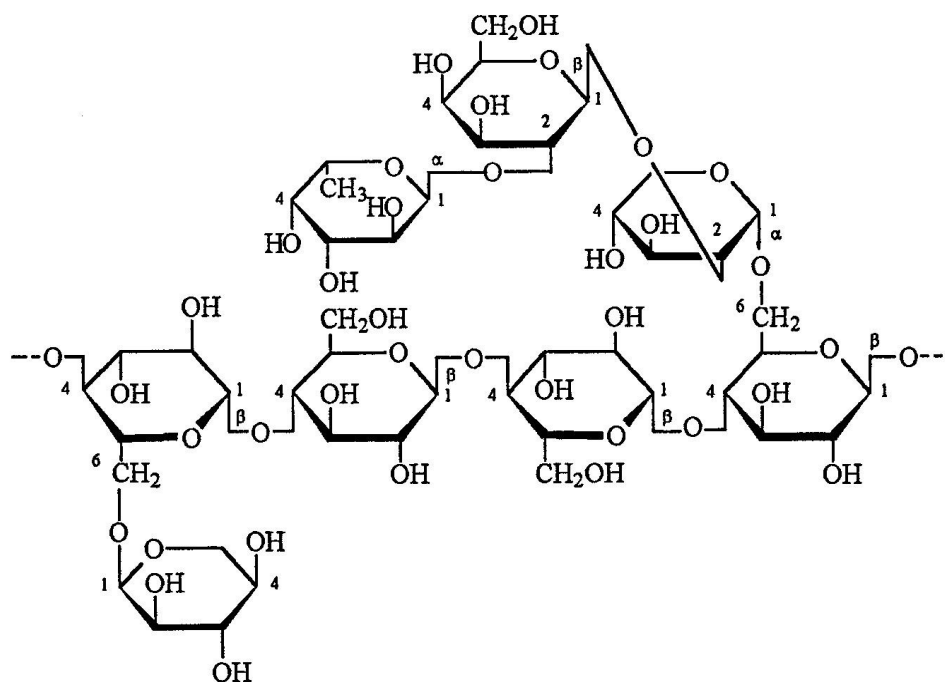


Obr. 2 Lineární řetězec celulózy stabilizovaný vodíkovými vazbami [33]

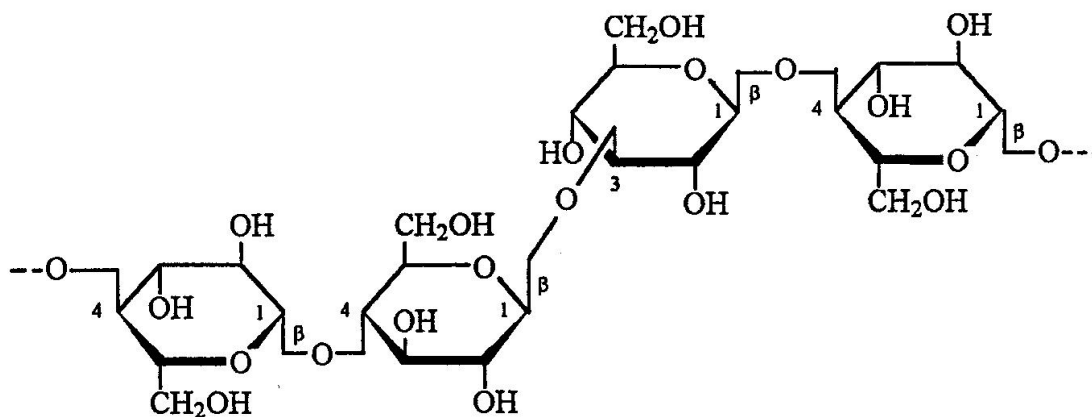
3.3.1.2 Hemicelulóza

Hemicelulózy jsou strukturální necelulózové polysacharidy buněčných stěn rostlin, které vyplňují prostory mezi celulózovými vlákny. Mezi hemicelulózy se řadí dvě skupiny polysacharidů: heteroglukany a heteroxylany.

Hlavními strukturálními heteroglukany jsou xyloglukany a β -glukany. Základem molekuly xyloglukanů je β -D-(1 \rightarrow 4)-glukan (celulóza) s jednotkami D-xylopyranózy v postranních řetězcích, které jsou vázány na glukózu α (1 \rightarrow 6) glykosidovými vazbami. Xyloglukany hemicelulózového typu jsou dominantními hemicelulózami buněčných stěn ovoce, většiny zelenin, okopanin a luštěnin. Xyloglukany jsou z větší části nerozpustné složky vlákniny. β -glukany se nacházejí v buněčných stěnách vyšších rostlin a ve větším množství v semenech některých obilovin, jsou z části rozpustnou, částečně nerozpustnou složkou vlákniny. Rozpustnost β -glukanů ve vodě závisí především na jejich struktuře. Čím více je v molekule vazeb β (1 \rightarrow 4) tím nižší je rozpustnost polymerů [33,34].



Obr. 3 Základní struktura xyloglukanů hemicelulózového typu [33]



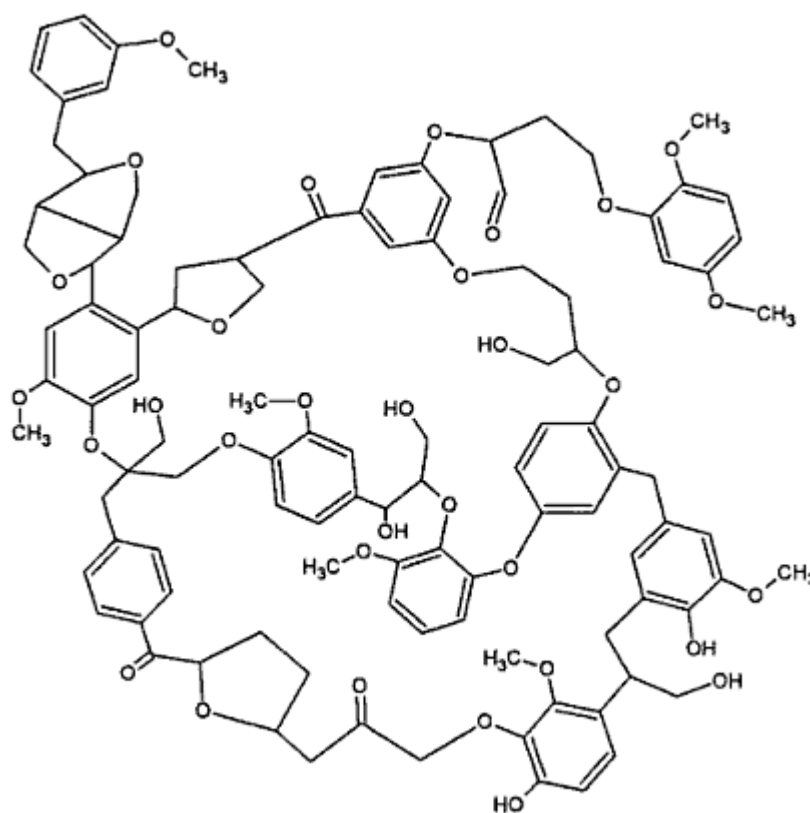
Obr. 4 Základní struktura β -glukanů [33]

Druhou skupinu hemicelulóz tvoří heteroxylyny, jejichž hlavní řetězec je tvořen D-xylanopyranózovými jednotkami vzájemně vázanými vazbami β (1 \rightarrow 4). Terminální jednotkou je α -L-arabinofuranóza. Xylóza bývá substituována dvěma molekulami arabinofuranózy, která tvoří krátké postranní řetězce spojené vazbami β (1 \rightarrow 2), β (1 \rightarrow 3) a β (1 \rightarrow 5). Tyto heteroxylyny se nazývají arabinoxylany. Rozpustné arabinoxylany jsou důležitými složkami pšeničné a hlavně žitné mouky. Heteroxylyny jsou hlavními polysacharidy

primárních buněčných stěn jednoděložných rostlin (jejich vegetativních částí) a lignifikovaných buněk jednoděložných i dvouděložných rostlin. Vyskytují se především v obilovinách [33].

3.3.1.3 Lignin

Lignin je polymer, který vyztužuje a zpevňuje buněčné stěny rostlin. Je součástí matrice, v níž jsou uloženy celulóзовé fibrily [13]. Z chemického hlediska se jedná o kopolymer fenylypropanových jednotek odvozených od koniferylalkoholu, *p*-kumarylalkoholu a sinapylalkoholu. Fenylypropanové jednotky jsou nepravidelně vázány do trojrozměrných struktur eterovými vazbami (C-O-C) nebo vazbami mezi dvěma atomy uhlíku (C-C). Lignin je kovalentně vázán na polysacharidy buď přímo prostřednictvím cukerných zbytků nebo nepřímo prostřednictvím ferulové kyseliny, kterou jsou některé polysacharidy esterifikovány. Lignin se vyskytuje v cévnatých rostlinách, kterým poskytuje mechanickou oporu a zároveň zvyšuje nepropustnost buněčných stěn rostlin. V zažívacím traktu se lignin nerozkládá, štěpí se pouze vazby mezi ligninem a ostatními polymery [33].



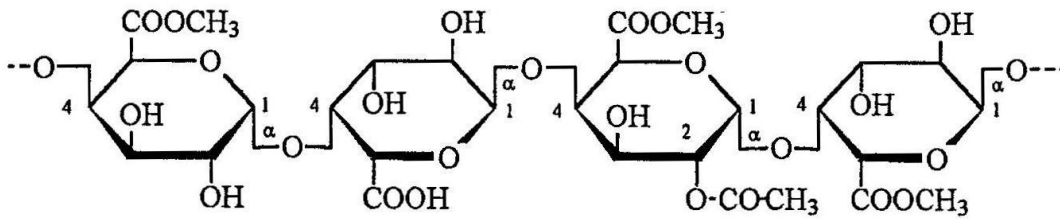
Obr. 5 Struktura ligninu [35]

3.3.2 Rozpustná vláknina

Mezi rozpustnou vlákninu patří pektin, inulin, rostlinné gummy a slizy. Rozpustná vláknina zvyšuje viskozitu obsahu trávicího traktu, zpomaluje promíchávání jeho obsahu a omezuje přístup pankreatických amyláz a lipáz k substrátům a tím vstřebávání živin stěvnou. 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. Rozpustná vláknina je částečně štěpena trávicími enzymy již v horní části zažívacího traktu na rozdíl od nerozpustné vlákniny, která odolává působení enzymů i v tenkém střevě a je spolu s rozpustnou vlákninou metabolizována pouze mikroorganismy tlustého a slepého střeva [32]. Konečnými produkty jsou plyny (oxid uhličitý, vodík a metan) a nižší mastné kyseliny (octová, propionová a máselná) [33].

3.3.2.1 Pektin

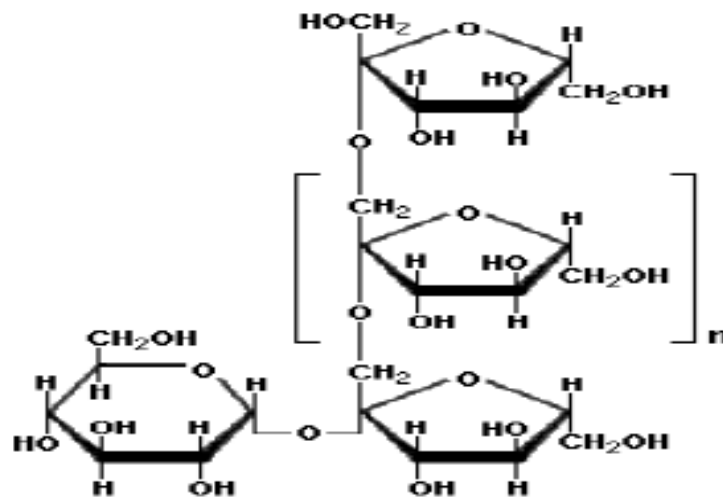
Pektiny jsou strukturální polysacharidy, jejichž základem je řetězec 25 – 100 jednotek kyseliny D-galaktouronové, částečně esterifikované metanolem. Jednotky galaktouronové kyseliny jsou spojeny α (1 \rightarrow 4)-glykosidickými vazbami. Podle stupně esterifikace jsou pektiny rozděleny do dvou skupin. Vysokoesterifikované pektiny jsou esterifikovány z 55 až 74 %. U nízkoesterifikovaných pektinů je stupeň esterifikace nižší (15 až 44 %) [33,34]. Nachází se v pletivech vyšších rostlin a je součástí stěn primárních buněk a mezibuněčných prostor. Podílí se na textuře ovoce a zeleniny. Vysoký obsah pektinu je přítomen v nezralých plodech a zdužnatělých kořenech, kde zajišťují jejich mechanickou tuhost. Komplex pektinů s celulózą se označuje jako protopektin. V období zrání se pektiny postupně odbourávají působením příslušných pektolytických enzymů a plody měknou. Protopektin je ve vodě nerozpustný a hydrolýzou se rozkládá na pektin a pektinové kyseliny. Ve své molekule obsahuje vedle částečně metylovaných polygalaktouronových kyselin také D-galaktany a L-arabany. Nerozpustný protopektin se enzymem protopektinázą přeměňuje na rozpustný pektin. Významnou vlastností pektinu je pozitivní vliv na metabolismus glukózy a snižování LDL-cholesterolu. Pektiny se nacházejí prakticky ve všech druzích ovoce a zeleniny [34,36].



Obr. 6 Základní struktura pektinu [32]

3.3.2.2 Inulin

Stavební jednotkou inulinu je D-fruktóza a skládá se z lineárních řetězců D-fruktózy vázaných β (1 \rightarrow 2)-glykosidickými vazbami. Tyto řetězce tvoří asi 35 – 100 molekul fruktózy a terminální molekulou je vždy glukóza. Glukózové jednotky se nacházejí i uprostřed řetězce [34].

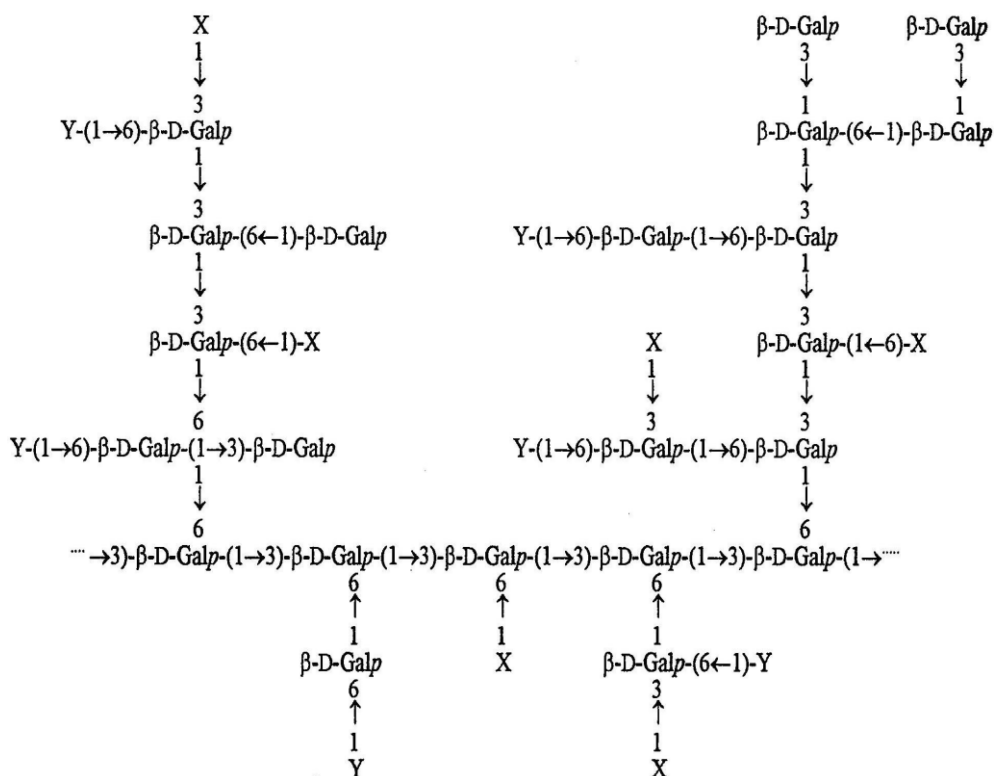


Obr. 7 Inulin [37]

3.3.2.3 Rostlinné gummy a slizy

Rostlinné gummy (klovatiny) jsou lepivé šťávy, které samovolně vytékají z pletiv při napadení mikroorganismy nebo při mechanickém poškození. Na vzduchu tuhnou v pevné gumovité hmoty. Rostlinné slizy se vyskytují v plodech a semenech některých rostlin. Gummy i slizy jsou označovány jako tzv. kyselý polysacharidy, které jsou tvořeny z arabinózy, ga-

laktózy a ramnózy. Mohou také obsahovat glukuronovou a galaktouronovou kyselinu, xyulózu, fruktózu a manózu. Rostlinné gummy a slizy jsou polydisperzní, rozvětvené struktury, řadí se mezi hydrokoloidy. V potravinářství se rostlinné gummy využívají jako složky poutající vodu. Disperze nebo roztoky těchto látek jsou viskózní a mohou se vytvářet i gely. Mezi nejběžnější patří arabská a guarová guma, tragant a karaja [33,34].



Obr. 8 Základní chemická struktura arabské gummy [33]

3.4 Fyzikální a fyziologické vlastnosti vlákniny

3.4.1 Schopnost vázat vodu a želírující vlastnosti

Vláknina váže vodu adsorpcí a absorpcí. Voda může být také udržována mimo vlákna matice a označuje se jako voda volná. Velikost částic, chemické složení a struktura vlákniny ovlivňuje schopnost vázat vodu. Při navázání vody dochází k tvorbě gelovité konzistence vlákniny a ta může zvyšovat viskozitu gastrointestinálního obsahu, čímž dochází ke zpomalenému vyprazdňování žaludku, difúzi a absorpci nutričních látek. Tvorba gelů znamená

spojení polymerních jednotek do forem síťových zón. Gely jsou uzavřeny vodou a dalšími složkami v roztoku do formy pevné trojrozměrné struktury.

Některé rozpustné vlákniny, jako jsou β -D-glukany ovesa, jsou po rozpuštění ve vodě viskózní, zatímco jiná vlákna, např. vlákna pektinů, vykazují želírující vlastnosti. Zvýšení viskozity vlákniny v roztoku ovlivňuje také molekulární hmotnost. Dlouhé polymerní řetězce vážou vodu a tím zvyšují viskozitu roztoku. Vysoce rozpustné vlákniny, jako vysoce rozvětvené polymery nebo polymery s krátkým řetězcem (arabská guma, inulin a oligosacharidy) snižují viskozitu. Některé z nestrukturálních komponent vlákniny mohou také zvýšit viskozitu. Přímé měření viskozity produkované určitou koncentrací vlákniny ve stravě ukázalo malý účinek nízkoesterifikovaného pektinu a významný nárůst účinku vysoce esterifikovaného pektinu [27,30,38].

3.4.2 Mikrobiální degradace v zažívacím traktu

V tlustém střevě se část vlákniny potravy štěpí působením enzymů bakteriální střevní flóry. Tento proces se nazývá fermentace. Většina vlákniny zůstává nedegradovatelná, dokud nedosáhne tlustého střeva, kde rozsah fermentace závisí na zdroji a struktuře vlákniny, na přítomnosti specifických prvků v matici vláken, na zdroji dusíku, bakteriální adaptaci a času prostupu vlákniny tlustým střevem. Stupeň degradace se také mění podle typu polysacharidu. Rozpustná vláknina je zcela zfermentována v tlustém střevě (pektiny, rostlinné gumy a slizy), zatímco nerozpustná vláknina je téměř nezfermentovatelná (celulóza, hemicelulóza). V průměru 70 – 80 % z celkové vlákniny smíšené stravy (např. ovoce, zelenina, luštěniny a obiloviny) je degradováno střevními bakteriemi. Lignin a celulóza podléhá štěpení asi ze 40 %, hemicelulózy v závislosti na rozpustnosti ve vodě asi z 56 – 87 %, téměř kompletně se štěpí pektiny a další ve vodě rozpustné složky vlákniny [25,27,30]. Primárními produkty fermentace vlákniny způsobené mikroby v tlustém střevě jsou oxid uhličitý, vodík, metan a krátké řetězce mastných kyselin [39].

Příjem vlákniny potravy ovlivňuje četné metabolické procesy, včetně absorpce živin, sacharidů a metabolismus tuků a sterolů. V tlustém střevě ovlivňuje strukturu a funkci střevní bariéry a elementy imunitní funkce [30,38].

Nerozpustná vláknina má čistící schopnosti v trávicím ústrojí. Čistí střeva nejen mechanicky, ale také chemicky, díky své schopnosti vázat na sebe velké množství vody a v ní rozpuštěné chemické, mnohdy toxické látky a cholesterol. Svým mechanickým působením

očisťuje střeva od usazených nečistot a dále urychluje vyprazdňování. Rozpustná vláknina snižuje hladinu cholesterolu a snižuje riziko srdečního infarktu. V žaludku mírně snižuje kyselost žaludečního obsahu a zpomaluje jeho vyprazdňování, navozuje pocit plnosti žaludku a sytosti. Má tzv. prebiotický účinek, tzn. je růstovým faktorem pro žádoucí střevní mikroflóru nazývanou probiotika. Dále potlačuje růst nežádoucí mikroflóry, čímž snižuje i množství produktů jejich fermentačních pochodů [32].

Vláknina má řadu účinků na lidský organizmus. Působí různými mechanismy na řadu onemocnění (nádorová onemocnění, *diabetes mellitus*, obezita, kardiovaskulární choroby, gastrointestinální poruchy), je účinným prostředkem pro lidi trpících na zácpu, hemoroidy, žlučnickové obtíže, ovlivňuje absorpci minerálních látek a uplatňuje se také při prevenci zubního kazu. V souvislosti s některými onemocněními se teprve její účinek zkoumá (Crohnova choroba, ulcerózní kolitida a apendicitida) [22,23,25,32].

3.4.3 Schopnost vázat žlučové kyseliny a redukce cholesterolu

Rozpustná vláknina (zejména lignin a pektin) má schopnost adsorbovat žlučové kyseliny. Záleží také na velikosti částic. Menší částice mají menší schopnost vázat vodu a žlučové kyseliny. Nekonjugované žlučové kyseliny jsou vázány na pektinové složky vodíkovými vazbami a lignin zřejmě váže žlučové kyseliny prostřednictvím hydrofilních interakcí. Rozpustná viskózní vláknina má schopnost také mírně snižovat cholesterol zvýšením lumenální viskozity a preventivní reabsorpcí cholesterolu. Propionová a octová kyselina, vznikající fermentací potravinové vlákniny ve střevech, jsou schopny inhibovat jaterní syntézu cholesterolu. Skutečný *in vivo* mechanismus redukce cholesterolu v organismu není doposud známý [30].

3.5 Zdroje vlákniny

Vláknina se vyskytuje přirozeně ve všech rostlinách. Na její obsah v potravinách a surovinách rostlinného původu mohou mít vliv různé faktory jako je typ půdy, klima, odrůda rostlin, doba skladování apod. Hlavním zdrojem nerozpustné vlákniny jsou především obiloviny, celozrnné pečárenské výrobky (chléb, pečivo, těstoviny, ovesné vločky). Nerozpustná vláknina je obsažena také ve slupkách jablek, hrušek, hroznů, brambor apod. Rozpustná vláknina se nachází zejména v ovoci a zelenině (citrusové plody, banány, jablka,

hrušky, rybíz, šípky, mrkev, kapusta aj.) Mezi další zdroje vlákniny patří hrách, sója, čočka, ořechy, mák, sušené ovoce [40].

Pokrmy s vyšším obsahem vlákniny bývají obecně sytější. Denní příjem vlákniny by měl dosahovat 20 – 30 g, u nás je ale stále podstatně nižší (cca 10 – 15 g). Příjem vyšší než 60 g již není účelný, naopak může způsobit sníženou resorpci živin a případně i průjem [41].

Tab. 3 Potraviny s vysokým obsahem vlákniny [41]

druh potraviny	vláknina (g.100 g ⁻¹)
pšeničné otruby	45
lněné semínko	38
pšeničné klíčky	18
sója	18
fazole	15
sušené fíky	12
celozrnné pečivo	8 – 10

3.5.1 Obsah vlákniny v luštěninách

V roce 2006 byla provedena studie, kde se u vybraných luštěnin provedly chemické rozborry včetně stanovení všech typů vlákniny u syrových a vařených vybraných druhů luštěnin. Výsledky studie jsou uvedeny v tabulce č. 3 [42]. U fazolí může být nerozpustná vláknina zastoupena z 92 až 100 % z celkového obsahu vlákniny a u čočky z 99,7 %. Zbývající procenta z této hodnoty jsou složena z rozpustné vlákniny, což představuje jen velmi malou část (do 3,2 %) z celkové vlákniny těchto luštěnin [43].

Tab. 4 Obsah hrubé vlákniny v syrových luštěninách a obsah rozpustné a nerozpustné vlákniny v luštěninách po tepelném zpracování [42].

druh luštěniny	obsah nerozpustné vlákniny (%)	obsah rozpustné vlákniny (%)	obsah hrubé vlákniny (%)
hrách	20,3	1,73	10,4
fazole	19,9	2,42	8,55
cizrna	13,9	0,00	9,88
čočka	19,0	1,44	6,83

Některí autoři uvádějí celkový obsah vlákniny u sóji $18 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, u fazolí $15 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a u hrášku $5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ [40]. Z toho rozpustné vlákniny v luštěninách je obsaženo u čočky $114,3 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, u hrachu $140 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ u fazole $160 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a u sóji $151,8 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Nerozpustné vlákniny je zastoupeno v čočce $37,1 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, v hrachu $512 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, ve fazoli $40,2 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a v sóji $57,8 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ [8]. Zastoupení celulózy v luštěninách je 6,4 % u hrachu, 3,8 % u fazolí, 4,9 % u čočky a 4,2 % u sóji [5].

3.6 Metody stanovení vlákniny

Jednotná a mezinárodně uznávaná metoda stanovení vlákniny potravy dodnes neexistuje. Různé postupy zahrnují různé složky, takže i uváděné hodnoty se liší a v souvislosti s tím i doporučovaný zjišťovaný příjem v různých zemích [26]. První modifikaci metody stanovení vlákniny na principu hydrolýzy rostlinných krmiv provedl v roce 1806 Einhof. V roce 1814 Davy izoloval vláknitý zbytek z krmiva vyvařením ve vodě a alkoholu. V roce 1832 Sprengel použil na stanovení celulózy oxidační hydrolýzu v prostředí kyseliny, hydroxidu draselného a chlorové vody. V roce 1857 Schulze stanovoval vlákninu oxidační hydrolýzou v prostředí kyseliny dusičné a chlorečnanu draselného. V roce 1859 Henneberg s Stohmannem vypracovali způsob hydrolytické metody na principu dvoustupňové hydrolýzy krmiva v slabě kyselém a v slabě zásaditém prostředí. Nezhydrolyzovatelný podíl obsahoval celulózu včetně dusíkatých látek hemicelulózy, minerálních látek a ligninu. V roce 1864 tento nezhydrolyzovaný zbytek krmiva nazvali termínem hrubá vláknina.

V roce 1931 Scharrer a Kurschner vypracovali analytický způsob stanovení vlákniny, který byl časově méně náročný a dával přibližně shodné výsledky s metodou kyselé a alkalické hydrolyzy podle Henneberg-Stohmanna. Koncem 50. let minulého století se objevily nové modifikace analytických metod stanovení vlákniny, které konfrontují štěpení strukturních polysacharidů v zaživacím ústrojí. Van Soest a kol. v roce 1963 použily k analýze strukturních polysacharidů rostlinného původu tenzidy v kyselém nebo neutrálním prostředí. Tento způsob vedl ke stanovení tzv. acidodetergentní vlákniny. Výsledkem hydrolyzy v prostředí neutrálního roztoku tenzidu (laurylsulfát sodný upravený na pH 7) byl zbytek nazván neutrálně-detergentní vláknina.

Následně došlo i k rozvoji enzymatických metod, jejichž principem je šetrná postupná degradace rostlinných materiálů celulytickými, amylolytickými a proteolytickými enzymy. Jedná se tedy o simulaci průběhu trávení v zaživacím ústrojí. V 1935 Williams a Olmsted použili pankreatin pro odstranění škrobu a proteinu a následně byla použita kyselá hydrolyza a stanovení jednotlivých cukerných frakcí. V roce 1975 Hellendoor a kol. použili pro hydrolyzu proteinu pepsin a pro následnou hydrolyzu škrobu pankreatin. Izralsen v roce 1978 používal pro separaci vlákniny pepsin, pankreatin a teplotně stabilní α -amylázu. Problémem enzymatických metod byla nízká selektivita používaných enzymů. V současné době lze ale vyrobit velmi selektivní enzymové preparáty a využití enzymů pro stanovení vlákniny se stává velmi atraktivní. V roce 1984 Prosky a kol. vynalezl enzymatickou metodu pro stanovení celkové vlákniny potravy (TDF – Total Dietary Fibre). Tato metoda zahrnuje i vodorozpustnou složku vlákniny. Metoda vychází z podstaty rezistence analytu (vlákniny) k trávicím enzymům. Dochází k enzymatické eliminaci doprovodných složek vlákniny a stanovení hmotnosti nedegradovaného zbytku. [44,45,46].

3.6.1 Neenzymaticko-gravimetrické metody

Neenzymaticko-gravimetrické metody zahrnují metodu podle Henneberga a Stohmanna, která kvantifikuje hrubou vlákninu (celulózu, hemicelulózu a lignin) a metodu podle Van Soesta, která je používána při stanovování neutrálně-detergentní vlákniny (celulóza, hemicelulóza a lignin) a acido-detergentní vlákniny (celulóza a lignin). Gravimetrické metody užívají ke stanovení množství vlákniny vážení zbytku po extrakci některými činidly.

3.6.1.1 Stanovení vlákniny podle Henneberga a Stohmanna

Hrubá vláknina je stanovena jako zbytek substrátu rostlinného původu po dvoustupňové hydrolýze ve slabě kyselém prostředí kyseliny sírové a slabě zásaditém prostředí hydroxidu za přesně definovaných podmínek. Představuje zbytky stavebních složek buněčných stěn rostlin. V průměru se skládá z 20 % hemicelulóz, 10 – 50 % ligninu a 50 – 90 % celulózy. Metoda je vhodná pro stanovení vlákniny v rostlinném materiálu [44,47].

3.6.1.2 Stanovení vlákniny podle Van Soesta

Neutrálně-detergentní vláknina zahrnuje zbytek buněčných stěn rostlinných pletiv izolovaný po hydrolýze v prostředí roztoku pufru při pH 7 a účinné látky laurylsulfátu sodného za definovaných podmínek. Zbytek tvoří celulóza, hemicelulózy a lignin. V reziduu bývá také ve stopových množstvích organicky vázaný dusík a minerální podíl, který je tvořen oxidem křemičitým. Acido-detergentní vláknina je zbytek buněčných stěn rostlinných pletiv izolovaný po kyselé hydrolýze reagenční směsí cetyltrimetylamonium bromidu v roztoku kyseliny sírové za definovaných podmínek. Zbytek tvoří lignocelulózový komplex. Na koncepci frakcionace lignocelulózového komplexu navazuje stanovení acidodetergentního ligninu dle Van Soesta. Acido-detergentní lignin je nerozpustný zbytek po hydrolýze acidodetergentní vlákniny 72% roztokem kyseliny sírové za definovaných podmínek [44,46].

3.6.2 Enzymaticko-gravimetrické metody

Podstatou enzymaticko-gravimetrického stanovení vlákniny je odstranění škrobu a bílkovin ze vzorku působením trávicích enzymů (termostabilní α -amylázy, amyloglukosidázy a proteázy). Zbytek tvoří vláknina a minerální látky. Rozpustné neškrobové sacharidy se vysrážejí etanolem. Nerozpustná vláknina se oddělí od rozpustné vlákniny filtrací a stanoví se gravimetricky. Od nerozpustného zbytku se musí odečíst bílkoviny, které se nerozrušily působením proteázy, popel a slepý pokus. Vláknina potravy se stanoví jako součet rozpustných a nerozpustných polysacharidů (celulóza, hemicelulóza, pektin, jiné neškrobové polysacharidy, část rezistentního škrobu a lignin) [44,46,48].

Při stanovení jsou vzorky vystaveny teplotě 95 – 100 °C s termostabilní α -amylázou. Tímto dojde ke tvorbě gelu, hydrolýze a depolymeraci škrobu. Dále jsou vzorky inkubovány při 60 °C s proteázou pro rozpuštění a depolymeraci proteinu a dále s amyloglukosidázou pro hydrolýzu fragmentu škrobu na jednotky glukózy. Po enzymatické hydrolýze se k vzorkům přidá asi čtyřnásobek hmotnosti etanolu. Tím dojde k vysrážení rozpustné vlákniny a od-

stranění nepolymerizovaných proteinů a glukózy. Zbytek je zfiltrován a promyt 75% etanolem, 95% etanolem a acetonem, sušen a zvážen. Jeden vzorek je použit pro stanovení proteinu, druhý pro stanovení popele. Celková vláknina je výsledkem hmotnosti zfiltrovaného a vysušeného zbytku po odečtení podílu proteinu a popele [44,47].

3.6.3 Enzymaticko-chemické metody

Enzymaticko-chemické metody stanovení vlákniny zahrnují enzymaticko-kolorimetrické a enzymaticko-chromatografické analýzy jednotlivých složek vlákniny. Těmito metodami se stanoví škrob enzymaticky a monomery polysacharidů plynovou nebo vysoko účinnou kapalinovou chromatografií, kterou se stanoví jednotlivé složky vlákniny [25,28,48].

3.6.3.1 Englyst-Cummingsova metoda

Englyst-Cummingsova metoda slouží pro stanovení neškrobových polysacharidů, kde jsou škrob a proteiny vystaveny enzymatické hydrolyze v roztoku dimetylsulfoxidu. Po přidavku etanolu se neškrobové polysacharidy hydrolyzují kyselinou sírovou. Kapalinovou nebo plynovou chromatografií jsou detekovány neutrální sacharidy a kolorimetrickými metodami jsou analyzovány uronové kyseliny. Celkový obsah neškrobových polysacharidů je dán součtem stanoveného množství hexóz, pentóz a uronových kyselin [48].

3.6.3.2 Uppsala metoda

Metoda Uppsala je enzymaticko-chromatografickou metodou, která slouží ke stanovení neutrálních polysacharidů, uronových kyselin, Klasonova ligninu a TDF. Škrob je hydrolyzován α -amylázou a amyloglukosidázou. Rozpustné složky vlákniny jsou vysráženy etanolem. Po kyselé hydrolyze jsou neutrální sacharidy stanoveny plynovou chromatografií, uronové kyseliny kolorimetricky a Klasonův lignin gravimetricky [49].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části bylo popsat botanickou charakteristiku luštěnin se zaměřením na čočku, popsat její chemické složení, uvést hlavní nutriční parametry čočky a její pěstování v České republice a ve světě. Dalším cílem teoretické části bylo definovat a popsat vlákninu, uvést její fyziologické účinky na lidské zdraví a uvést principy metod jejího stanovení.

Cílem praktické části bylo provést stanovení obsahu neutrálně-detergentní a hrubé vlákniny ve vybraných druzích čočky s použitím přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer.

5 METODIKA

5.1 Použité přístroje a pomůcky

- Analytické váhy AFA 210 LC
- ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer, ANKOM Technology
- Běžné laboratorní pomůcky a sklo
- Elektrická muflová pec VEB ELECTRO BAD FRANKENHAUSEN
- Exsikátor
- Filtrační papír
- Laboratorní sušárna Venticell, BMT a.s., MMM-Group
- Mixér MR 6560 MCA
- Porcelánové kelímky
- Sáčky Ankom Fiber, F 57
- Tavička PENTA



Obr. 9 ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer [50]

5.2 Použité chemikálie

- Neutrálně-detergentní činidlo (NDČ) obsahující disodnou sůl kyseliny etylendiaminotetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogenfosforečnan sodný a laurylsulfát sodný
- Aceton
- α -amyláza
- H_2SO_4 ($0,1275 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$)
- NaOH ($0,313 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$)
- Siřičitan sodný
- Trietylglykol
- Redestilovaná voda
- Neutrálně-detergentní roztok (NDR), příprava:
 - 120 g neutrálně-detergentního činidla + 20 ml trietylglykolu + destilovaná voda do 2 l ($\text{pH} = 6,9 - 7$), (ANKOM Technology, New York)
 - přídavek 20 g siřičitanu sodného (Lachema o. p. Brno) + 4 ml α -amylasy (ANKOM Technology, New York)

5.3 Analyzované vzorky

Celkem bylo analyzováno 7 druhů čočky:

- vzorek č. 1: červená čočka loupaná – celá (BIO), 500 g, baleno v PE sáčku
 - země původu: Turecko
 - nutriční hodnoty nebyly výrobcem uvedeny na obalu
 - min. trvanlivost do 20.8.2012
- vzorek č. 2: čočka žlutá Mung dál, 375 g, baleno v PE sáčku
 - země původu: Indie
 - nutriční hodnoty nebyly výrobcem uvedeny na obalu
 - min. trvanlivost do 28.10.2012

- vzorek č. 3: čočka tmavozelená Bio, 500g, baleno v PE sáčku
 - země původu: Kanada
 - nutriční hodnoty nebyly výrobcem uvedeny na obalu
 - min. trvanlivost do 21.4.2012
- vzorek č. 4: čočka velkozrná, 500 g, baleno v PE sáčku
 - země původu: EU
 - nutriční hodnoty nebyly výrobcem uvedeny na obalu
 - min. trvanlivost do 30.6.2012
- vzorek č. 5: čočka červená neloupaná, 500 g, baleno v PE sáčku
 - země původu: Turecko
 - nutriční hodnoty nebyly výrobcem uvedeny na obalu
 - min. trvanlivost do 30.6.2012
- vzorek č. 6: čočka Beluga (BIO), 500 g, baleno v PE sáčku
 - země původu: Kanada
 - nutriční hodnoty ve 100 g výrobku: 1283 KJ (304 kcal), 23,4 g bílkoviny, 40,6 g sacharidy, 1,6 g tuky
 - min. trvanlivost do 10.3.2012
- vzorek č. 7: čočka zelená Bio, 500 g, baleno v PE sáčku
 - země původu: Itálie
 - nutriční hodnoty nebyly výrobcem uvedeny na obalu
 - min. trvanlivost do 19.8.2012

5.4 Skladování a příprava vzorků

Vzorky byly zakoupeny v pěti baleních od každého druhu čočky. Každé balení určitého druhu mělo stejnou šarži a datum minimální trvanlivosti. Polovina každého balení byla rozemleta, uložena do vzorkovnic a byla skladována v temnu v klimatizované laboratoři při teplotě 23 °C. Takto připravené vzorky nebyly skladovány déle než 1 měsíc.

5.5 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Neutrálně-detergentní vláknina je nerozpustná frakce vlákniny, která je složena z celulózy, hemicelulózy a ligninu. Byla získána po mírné hydrolyze v neutrálním roztoku detergentu laurylsulfátu sodného. Rozpustná vláknina při tomto stanovení uniká do inkubačního roztoku. Stanovení bylo provedeno v přístroji ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer.

Pro stanovení neutrálně-detergentní vlákniny byla provedena příprava NDC (120 g činidla a 20 ml trietylglykolu do 2 l destilované vody) a NDR (20 g siřičitanu sodného a 4 ml α -amylázy do 2 l destilované vody).

Filtrační sáčky byly promyty v acetonu a poté nechány na vzduchu odvětrat. Sáčky byly popsány fixem na textil a zváženy (hmotnost m_1). Do každého sáčku bylo naváženo 0,5 g vzorku s přesností na 0,0001 g a sáčky byly pomocí tavičky zataveny (hmotnost m_2). Jeden sáček byl ponechán prázdný (tzv. korekční sáček). Obsah sáčku byl před uložením do přístroje rovnoměrně rozprostřen. Sáčky byly vloženy do nosiče přístroje, kde byl následně nalit NDR. Bylo zapnuto míchání a topení na 100 °C a nastaven čas na 75 minut. Po uplynutí stanovené doby bylo vypnuto míchání s topením a pomocí vypouštěcího ventilu byl NDR vypuštěn. Následoval proplach přístroje třikrát horkou vodou vždy se 4 ml α -amylázy. Poslední proplach byl proveden studenou vodou sloužící k ochlazení přístroje a sáčků. Při každém proplachu bylo na 5 minut zapnuto míchání. Po proplachu byly sáčky z přístroje vyjmuty, vysušeny pomocí filtračního papíru a vloženy na 3 minuty do nádoby s acetonem. Poté byly znovu vysušeny filtračním papírem a byly nechány odvětrat. Tyto sáčky byly následně vloženy do sušárny o teplotě 105 °C na 4 hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru byly sáčky zváženy (hmotnost m_3). Každý sáček byl potom vložen do předem zváženého porcelánového kelímku a žihán při 550 °C 5,5 hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru byly tyto kelímky se spáleným vzorkem zváženy (hmotnost m_4).

5.5.1 Výpočet obsahu neutrálně-detergentní vlákniny

Neutrálně-detergentní vláknina (NDF) v % byla vypočtena podle rovnice:

$$\text{NDF} = \frac{(m_3 - m_1 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 \cdot c_2)}{m_2} \cdot 100 \quad (1)$$

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (2)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (3)$$

m_1 hmotnost prázdného sáčku v g,

m_2 hmotnost navážky vzorku v g,

m_3 hmotnost sáčku po vysušení v g,

m_4 hmotnost popele v g,

c_1 korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze v g,

c_2 korekce hmotnosti sáčku po spálení v g,

m_s hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolýze v g,

m_p hmotnost popele prázdného sáčku v g.

5.6 Stanovení hrubé vlákniny

Hrubá vláknina je nerozpustná frakce vlákniny, která je složená z celulózy a ligninu. Pro její stanovení bylo použito slabé kyseliny a slabé zásady. Při tomto stanovení uniká rozpustná vláknina do inkubačního roztoku. Stanovení bylo provedeno v přístroji ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer.

Pro stanovení hrubé vlákniny byly připraveny následující koncentrace použitých chemikálií: H_2SO_4 o koncentraci $0,1275 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (14,16 ml 96% H_2SO_4 do 2 l destilované vody) a NaOH o koncentraci $0,313 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (25 g NaOH do 2 l destilované vody).

Filtrační sáčky byly promyty v acetonu a poté nechány na vzduchu odvětrat. Tyto sáčky byly následně popsány fixem na textil a zváženy (hmotnost m_1). Do každého sáčku byl navážen 1g zhomogenizovaného vzorku s přesností na 0,0001 g a sáčky byly pomocí tavičky zataveny (hmotnost m_2). Jeden sáček byl prázdný, sloužící jako tzv. sáček korekční. Obsah sáčku byl před uložením do přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer rovnoměrně rozprostřen. Sáčky byly vloženy do nosiče analyzátoru a následně byla do něj nalita H_2SO_4 , bylo zapnuto míchání a topení na $100 \text{ }^\circ\text{C}$ a přístroj byl uzavřen. Doba byla stanovena na 45 minut. Po uplynutí této doby byl přístroj vypnut a pomocí vypouštěcího ventilu byla vypuštěna

těna kyselina. Po otevření víka byl obsah přístroje i se vzorky propláchnut třikrát horkou vodou. Pak byl do přístroje nalit NaOH a bylo zapnuto míchání a topení. Doba působení NaOH byla opět 45 minut. Poté bylo vypnuto míchání a topení a pomocí vypouštěcího ventilu byl hydroxid vypuštěn. Po otevření víka přístroje byl přístroj propláchnut třikrát horkou vodou. Poslední proplach byl proveden studenou vodou pro ochlazení přístroje a sáčků. Po každém naplnění analyzátoru vodou bylo na 5 minut zapnuto míchání. Sáčky byly z nosiče následně vyjmuty, vysušeny pomocí filtračního papíru a vloženy na 3 minuty do acetonu. Poté byly sáčky znovu sušeny filtračním papírem, nechaly se odvětrat a byly vloženy do sušárny o teplotě 105 °C na 4 hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru byly zváženy (hmotnost m_3) a každý sáček byl vložen do předem zváženého porcelánového kelímku a žihán při 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru byl porcelánový kelímek zvážen a byla zaznamenána hmotnost spáleného obsahu (m_4).

5.6.1 Výpočet obsahu hrubé vlákniny

Hrubá vláknina (CF) v % byla vypočtena podle následující rovnice:

$$CF = \frac{(m_3 - m_1 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 \cdot c_2)}{m_2} \cdot 100 \quad (4)$$

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (5)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (6)$$

m_1 hmotnost prázdného sáčku v g,

m_2 hmotnost navážky vzorku v g,

m_3 hmotnost sáčku po vysušení v g,

m_4 hmotnost popele v g,

c_1 korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze v g,

c_2 korekce hmotnosti sáčku po spálení v g,

m_s hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolýze v g,

m_p hmotnost popele prázdného sáčku v g.

6 VÝSLEDKY A DISKUSE

6.1 Neutrálně-detergentní vláknina

Neutrálně-detergentní vláknina představuje zbytek buněčných stěn rostlinných pletiv izolovaný po mírné hydrolýze v neutrálním roztoku detergentu laurylsulfátu sodného za definovaných podmínek.

Neutrálně-detergentní vlákninu tvoří nerozpustná frakce vlákniny, která je složena z celulózy, hemicelulózy a ligninu. Hodnoty NDF, které vyjadřují celkovou vlákninu (vedle nerozpustných součástí jsou stanoveny i částečně rozpustné hemicelulózy) byly stanoveny gravimetricky. Díky svým fyzikálně chemickým vlastnostem jako je nerozpustnost ve vodě a stabilita v neutrálním prostředí jsou tyto složky vlákniny zachycovány téměř kvantitativně. Rozpustná vláknina při tomto stanovení uniká do inkubačního roztoku. Stanovení bylo provedeno na přístroji ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer.

Obsah NDF byl stanoven v každém jednotlivém vzorku třikrát. V tabulce č. 5 jsou uvedeny získané výsledky NDF v analyzovaných vzorcích.

Tab. 5 Obsah neutrálně-detergentní vlákniny (NDF)

	analyzované vzorky	NDF (%)	± SD
1	čočka velkozrnná	6,05	± 0,03
2	čočka červená neloupaná	9,48	± 0,06
3	čočka červená loupaná	7,30	± 0,12
4	čočka Beluga (Bio)	10,52	± 0,02
5	čočka tmavá zelená (Bio)	9,14	± 0,14
6	čočka žlutá Mung dál	7,71	± 0,02
7	čočka zelená (Bio)	6,40	± 0,13

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ze třech stanovení ± směrodatná odchylka (SD)

Hodnota NDF byla nejvyšší v analyzovaných vzorcích čočky Beluga, kde byl zjištěn obsah NDF 10,52 % a u čočky červené neloupané, kde byl stanoven obsah NDF 9,48 %. Dále v pořadí následovala čočka tmavá zelená, u které byla zjištěná hodnota nepatrně nižší 9,14 %. Nižší hodnoty NDF byly stanoveny u čočky žluté Mung dál s hodnotou NDF 7,71 % a čočky červené loupané se stanoveným obsahem NDF 7,30 %. Nejnižší hodnoty NDF byly zjištěny u čočky velkozrné (6,05 %) a u čočky zelené (6,40 %). Rozdíl v hodnotách NDF byl způsoben přítomností obalových vrstev semena čočky. Lupané druhy čočky vykazovaly hodnoty NDF nižší.

Několik autorů zkoumalo vliv tepelného zpracování na obsah NDF u vybraných druhů luštěnin včetně čočky. Výsledky analýz ukázaly, že obsah NDF u čočky se mění v závislosti na způsobu zpracování. Například tlakový a mikrovlnný ohřev snížily hodnotu NDF o 28 – 35 % a 21 – 24 %. Snížení obsahu NDF je způsobeno částečným rozkladem celulózy a hemicelulózy na jednodušší sacharidy. Obsah celulózy byl významně snížen vlivem tlakového tepelného opracování o 17 – 35 % a obsah hemicelulózy byl snížen o 37 – 42 % [51,52]. Na změnu obsahu NDF v luštěninách má vliv i máčení zrn ve vodě a v roztoku hydrogenuhličitanu sodného. Namáčení v roztoku hydrogenuhličitanu sodného způsobilo výrazné zvýšení obsahu NDF v čočce, zejména zvýšením hemicelulózy o 44 – 59 % a celulózy o 5,6 – 12,6 % [52].

Hodnoty NDF také ovlivňuje přítomnost obalových vrstev luštěnin. Při odstranění svrchních slupek loupáním se obsah NDF sníží a naopak [53].

6.2 Hrubá vláknina

Hrubá vláknina je stanovena jako zbytek substrátu rostlinného původu získaný po dvou-
stupňové hydrolýze ve slabě kyselém prostředí kyseliny sírové a slabě zásaditém prostředí hydroxidu za přesně definovaných podmínek.

Hrubá vláknina je nerozpustná frakce vlákniny, která je složena z celulózy a ligninu. Tzv. rozpustná vláknina uniká při tomto stanovení do inkubačního roztoku. Stanovení bylo provedeno na přístroji ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer. Při stanovení CF byl gravimetricky stanoven nehydrolyzovaný zbytek, který představuje lignocelulózový komplex.

Obsah CF byl stanoven v každém jednotlivém vzorku třikrát. V tabulce č. 6 jsou uvedeny získané výsledky hrubé vlákniny.

Tab. 6 Obsah hrubé vlákniny (CF) ve vzorcích čočky

	analyzované vzorky	CF (%)	± SD
1	čočka velkozrnná	1,90	± 0,15
2	čočka červená neloupaná	5,67	± 0,03
3	čočka červená loupaná	3,39	± 0,06
4	čočka Beluga (Bio)	5,35	± 0,02
5	čočka tmavá zelená (Bio)	4,42	± 0,12
6	čočka žlutá Mung dál	4,77	± 0,03
7	čočka zelená (Bio)	3,86	± 0,05

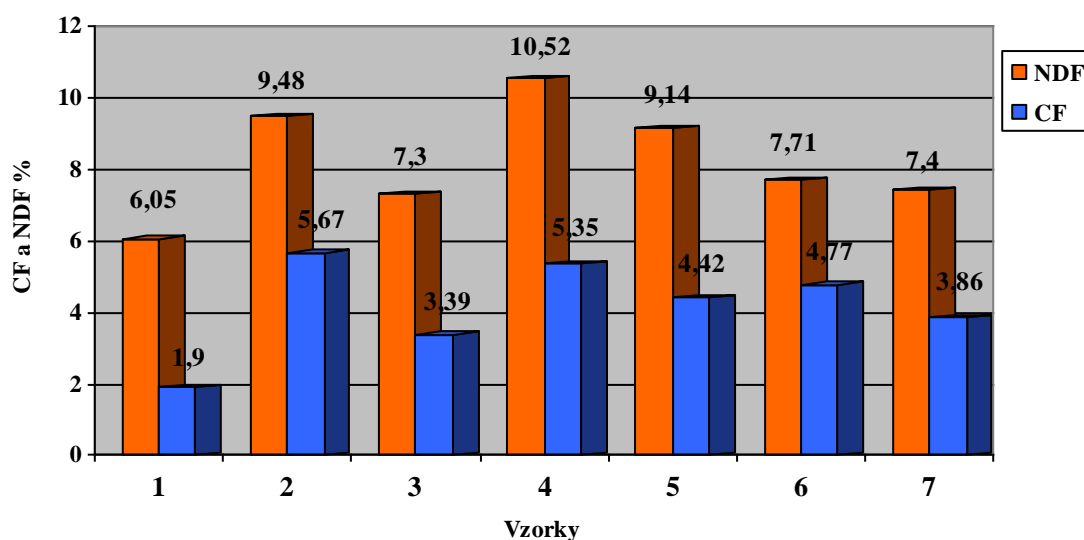
Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ze třech stanovení ± směrodatná odchylka (SD)

Nejvyšší hodnota CF byla zjištěna v analyzovaných vzorcích čočky červené neloupané (5,67 %) a čočky Beluga (5,35 %). O něco nižší hodnoty CF vykazovala čočka žlutá Mung dál, u které byla zjištěn obsah CF 4,77 %. Dále v pořadí následovala čočka tmavá zelená, u které byl v porovnání zjištěn obsah CF nepatrně nižší (4,42 %). Nižší hodnoty CF byly zjištěny u čočky zelené s hodnotou CF 3,86 % a čočky červené loupané s nepatrně nižším obsahem CF 3,39 %. Nejnižší hodnoty CF byly zjištěny u čočky velkozrnné (6,05 %) a u čočky zelené (6,40 %).

V mnoha studiích byly v luštěninách zjišťovány nutriční parametry včetně obsahu hrubé vlákniny. V různých druzích čočky se obsah CF pohyboval v rozmezí od 6,3 – 8,14 g.100 g⁻¹ [42,54,55]. Obsah CF loupané čočky je nižší v porovnání s hodnotou CF čočky celé neloupané.

Obsah CF ve vařené čočce je nižší než u čoček syrových. Obsah CF se mění v závislosti na způsobu zpracování čočky. Průměrný obsah CF v syrové celé neloupané čočce je 7,5 %, ve vařené celé čočce je obsah CF snížen na 4,6 %. U syrové čočky loupané je obsah CF snížen na 3,9 % a vařená čočka loupaná má obsah CF nejnižší s hodnotou 1,8 % [56]. Obalové vrstvy semena obsahují nejvíce vlákniny, tudíž v loupaných semenech čočky se vyskytuje poměrně nižší obsah. Kromě toho, změkčením rozpustných vláken tepelným zpracováním

dojde ke snížení obsahu, zatímco u nerozpustné vlákniny může být zvýšen v důsledku vzniku komplexů s bílkovinami při vaření [57]. Kromě loupání a vaření má vliv na obsah CF v čočce i klíčení, máčení, fermentace, lisování a tepelné zpracování [38].



Obr. 10 Srovnání obsahu neutrálně-detergentní (NDF) a hrubé vlákniny (CF) ve vzorcích

Při stanovení obsahu CF a NDF u identických materiálů je často zjišťováno, že hodnoty obsahu NDF jsou vyšší. Rozdíl hodnot mezi CF a NDF různých typů rostlinných materiálů je dán podílem hemicelulóz a ligninu v jejich buněčné stěně. CF má nízkou vypovídající schopnost o kvalitě vlákniny. Příčinou jsou ztráty některých nestravitelných komponent, např. rozpustnost ligninu v alkáliích. Tyto ztráty se výrazně liší dle typu a druhu rostliny. U hemicelulóz mohou dosahovat až 85 %, u celulózy 50 % a u ligninu dokonce 90 %.

Hodnoty NDF vyjadřující celkovou vlákninu (vedle nerozpustných součástí jsou stanoveny i částečně rozpustné hemicelulózy), by měly být vyšší než hodnoty CF představující ligno-celulóзовý komplex. Získané výsledky ukazují, že hodnoty NDF analyzovaných vzorků čočky jsou vyšší než hodnoty CF.

Semena luštěnin jsou zdrojem vlákniny, která obsahuje jak hrubou vlákninu, tak i vlákninu neutrálně-detergentní. Většina luštěnin obsahuje 3 – 5 g vlákniny na 100 g suchých semen. Převážná část vlákniny se vyskytuje se v osemeni. Kompozičně semena luštěnin obsahují různé množství ligninu a celulózy, hemicelulózy a pektiny, rostlinné gumy a slizy [7,20].

Z luštěnin mají nejvyšší obsah vlákniny sojové boby (14,2 %) a mungo (9,4 %). V čočce je celkový obsah vlákniny 10,4 % a ve fazolích 10,6 %. Nejnižší obsah vlákniny má hrách (6,3 %) a cizrna (6,1 %) [1]. Z celkového obsahu vlákniny je v čočce zastoupeno 4,9 % celulózy [3]. U čočky může být nerozpustná vláknina zastoupena z 99,7 % z celkového obsahu vlákniny. Zbývající procenta z této hodnoty jsou složena z rozpustné vlákniny, což představuje jen velmi malou část z celkové vlákniny [43].

V porovnání s některými literárními zdroji, kde byl stanoven obsah NDF v luštěninách včetně čočky (23,4 – 29,8 %) byla zjištěná hodnota NDF u analyzovaných vzorků pomocí přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer nižší (6,5 – 10,52 %) [51,52]. Tyto zdroje uvádí hodnoty NDF u neupravených syrových semen čočky. Příčinou nižších hodnot mohla být tedy nepřítomnost obalových vrstev u většiny vzorků čočky.

Podle uvedených literárních zdrojů, ve kterých byly publikovány hodnoty CF v luštěninách, se v různých druzích čočky pohybovaly v rozmezí od 6,3 – 8,14 % [42,54,55]. U analyzovaných vzorků pomocí přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer byly zjištěny hodnoty nižší (1,9 – 5,67 %).

ZÁVĚR

Tato práce shrnuje poznatky o luštěninách se zaměřením na čočku, definuje vlákninu a zabývá se složením, vlastnostmi, fyziologickými účinky a metodami stanovení vlákniny. Zjištění obsahu vlákniny patří k základním ukazatelům nutriční hodnoty luštěnin.

Luštěniny jsou významným zdrojem vlákniny, která má obecně pozitivní účinek pro lidské zdraví. Přesto je spotřeba luštěnin v České republice velmi nízká a pohybuje se kolem 1 až 2 kg na osobu a rok. Celkový příjem vlákniny v potravě činí méně než 25 g denně, což neodpovídá DDD. Nedostatečný příjem vlákniny v potravě se pak může projevit různými chorobami jako např. zvýšením hladiny LDL cholesterolu, zvýšením postprandiální krevní glukózy nebo zpomalenou peristaltikou střev. Čočka obsahuje vlákninu, která má vysokou vazebnou kapacitu pro žlučové kyseliny a také podporuje trávení ve střevech. Vlákninu nerozpustnou tvoří celulóza, lignin a některé hemicelulózy, rozpustnou vlákninu např. pektinové látky a některé hemicelulózy.

Vláknina potravy ve vzorcích čočky byla stanovena na přístroji ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer jako vláknina neutrálně-detergentní a hrubá vláknina. Při stanovení CF byl gravimetricky stanoven nehydrolyzovaný zbytek, který představuje lignocelulózový komplex a hydrolýza je provedena slabou kyselinou a slabou zásadou. Při stanovení NDF byla hydrolýza vzorku provedena neutrálně-detergentním roztokem laurylsulfátem sodným a nehydrolyzovaný zbytek (celulóza, hemicelulóza a lignin) byl stanoven gravimetricky. Hodnoty NDF vyjadřují celkovou vlákninu (vedle nerozpustných součástí jsou stanoveny i částečně rozpustné hemicelulózy). Výsledné hodnoty NDF byly tedy vyšší než u stanovení CF.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HRABĚ, J., KOMÁR, A. *Technologie, zbožiznalství a hygiena potravin*. III. část, Vyškov, 2003, s. 76, ISBN 8072311077
- [2] LAHOLA, J. a kol. *Luskoviny, pěstování a využití*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha: 1990. 223s. ISBN 80-209-0127-2.
- [3] TICHÁ, M., VYZÍNOVÁ, P. *Polní plodiny*. Brno: VFU, 2006. 44 s.
- [4] Čočka. [online]. [cit. 2012-24-04] dostupný z WWW: <http://leccos.com/index.php/clanky/cocka>
- [5] HRABĚ, J. a kol. *Technologie výroby potravin rostlinného původu : pro kombinované studium*. 1.vyd. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, s. 97-100, ISBN 978-80-7318-520-6
- [6] JANÍČEK, G., HALAČKA, K. *Základy výživy*. 1.vyd. Praha : SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1985, s. 136.
- [7] GRUSAK, M., A. *Legumes*. Encyclopedia of Human Nutrition (Second Edition), 2005, p. 120-126
- [8] BULKOVÁ, V. *Rostlinné potraviny*. 1.vyd. Brno : Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011, s. 73-75, ISBN 978-80-7013-532-7
- [9] VEGA, R., C., PIŇA, G., L., OOMAH, B., D. *Minor components of pulses and their potential impact on human health*. Food Research International, vol. 43, 2010, p. 461–482
- [10] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin* 2.vyd. Tábor : OSSIS, 2002, s. 214-216, ISBN 808-66-5901-1
- [11] *Luštěniny*. [online]. [cit. 2012-02-04] dostupný z WWW: <http://www.dietologie.cz/vyziva/potraviny-wiki/lusteniny/luskoviny.html>
- [12] *Botanická charakteristika a hospodářský význam luskovin*. [online]. [cit. 2012-02-04] Dostupný z WWW: <http://www.agromanual.cz/images/product/download/luskoviny-ukazka.pdf>
- [13] PETR, J. a kol. *Hrách a bob*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha: 1973. 169s.

- [14] *Zdravé luštěniny*. [online]. [cit. 2012-02-24] dostupný z WWW: <http://www.eklasa.cz/spotrebitel/magazin/clanek/:zdrave-lusteniny>
- [15] JAHODÁŘ, L., *Farmakobotanika semenné rostliny*, 1. vyd. Praha: Karolinum, 2006, p. 117.
- [16] KADLEC, P., a kolektiv, *Technologie potravin I.*, 1.vyd., Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2007, p. 196. ISBN 80-7080-509-9.
- [17] BOWDEN, J. *150 nejzdravějších potravin na světě*. 1. vyd. Praha: Fortuna Libri, 2007, 406 p. ISBN 978-80-7321-534-7
- [18] *Luskoviny. Situační a výhledová zpráva*. [online]. [cit 2012-02-17]. Dostupný z WWW: http://eagri.cz/public/web/file/2852/LUSKOVINY12_04.pdf
- [19] SCHLET, S. *100 potravin pro zdraví*. 1. vyd. Praha: Euromedia Group, k. s. – Ikar, 2008, 248 p. ISBN 978-80-249-0991-2
- [20] GRANT, G. DUNCAN, M., ALONSO, R., MARZO, R. *Peas and Lentils*. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition), 2003, pp. 4433-4440
- [21] VODRÁŽKA, Z. *Biochemie. Kniha druhá- Živý systém jako chemický stroj*. 1.vyd. Praha : ACADEMIA, 1992, s. 39-50, ISBN 80-200-0600-1
- [22] PAMPLONA-ROGER, G. D. *Encyklopedie léčivých potravin*. Praha: Advent-Orion, 2004, p. ISBN 80-7172-542-0
- [23] BARTIMEUSOVÁ, P. *100 nej léčivých potravin*. Praha: Nakladatelství Slovart, 2009, p. ISBN 978-80-7391-275-8.
- [24] CUI, S. W. *Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties and Applications*. New York: CRC Press, 2005. ISBN 0-4893-1574-3.
- [25] ZAMRAZILOVÁ, E. *Vláknina potravy: význam ve výživě a v klinické medicíně*. Praha: Avicentrum, 1989. ISBN 08-092-89.
- [26] KALAČ, P. *Soudobý pohled na vlákninu potravy*. Výživa a potraviny. Zpravodaj pro školní stravování, 2006, č. 6, s. 160.
- [27] TUNGLAND, B. C., MEYER D. *Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2002, vol. 19, p. 73-92.
- [28] KOVÁČIKOVÁ, E., VOJTAŠŠÁKOVÁ, A., MOSNÁČKOVÁ, J., PASTOROVÁ, J., HOLČÍKOVÁ, K., SIMONOVÁ, E., KOŠICKÁ, M. *Vláknina v potravinách*. 1.vyd. Bratislava: Výzkumný ústav potravinásky, 2003. 30 s. ISBN 80-89088-27-9.

- [29] *Směrnice komise 2008/100/ES ze dne 28. 10. 2008*. Úřední věstník ES, OJ L 285/9.
- [30] MONGEAU, R., BROOKS, S., P., J. *Dietary Fiber- Properties and Source*. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition), 2003, pp. 1813-1823
- [31] KVASNIČKOVÁ, A. *Sacharidy pro funkční potraviny: probiotika-prebiotika symbiotika*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000. ISBN 80-7271-001-X.
- [32] BERÁNKOVÁ, J. *Potřebná, ale stále deficitní vláknina*. *Potravinářská Revue* 7, 2010, č. 1., 30-31 s.
- [33] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902391-3-7.
- [34] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J. *Chemie potravin*. Praha: SNTL, 1983, ISBN 04-815-83.
- [35] CARRAHER, CH. E., SEYMOUR, R. B. *Giant Molecules: Essential Materials for Everyday Living and Problem Solving*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003. ISBN 0-471-27399-6.
- [36] KALACH, P. *Organická chemie přírodních látek a kontaminantů*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2001. ISBN 80-7040-520-1.
- [37] *Oligo- a polysacharidy rostlinného a živočišného původu*. [online]. [cit. 2012-02-13]. Dostupný z WWW: <http://www.vscht.cz/lam/new/VKzCHPrirL9.pdf>.
- [38] TOSH, S., M., YADA, S. *Dietary fibres in pulses seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications*. *Food Research International*, vol. 43, 2010, p.450-460.
- [39] SCHNEEMAN, B., O. *Dietary fiber and gastrointestinal function*. *Nutrition Research*, vol. 18 [4], 1998, p.625-632
- [40] BENEŠOVÁ, L. a kol. *Potravinářství '91*. Praha: Výzkumný ústav potravinářský, 1992. ISBN 85120-26-7.
- [41] *Vláknina. Bezpečnost potravin*. [online]. [cit. 2012-10-04]. Dostupný z WWW: <http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=76601>
- [42] ALMEIDA-COSTA, G.E., QUEIROZ-MONICI, K., REIS, P.,M., S.,M., Oliveira, A.C. *Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes*. *Food Chemistry*, vol. 94, 2006, p. 327-330.
- [43] BEDNAR, G. E., PATIL, A. R., MURRAY, S. M., GRIESHOP, C. M., MERCHEN, N. R., FAHEY, G. C., *Starch and fiber fractions in selected food and fe-*

- ed ingredients affect their small intestinal digestibility and fermentability and their large bowel fermentability in vitro in a canine model.* Journal of Nutrition, 2001, vol. 131, p. 276–286.
- [44] LUTONSKÝ, P., PICHL, I. *Vláknina (chemické zloženie, metódy stanovenia, význam vo výžive)*. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1983.
- [45] RICHTER, M., TŘINÁCTÝ, J., HARAZIM, J. *Vývoj hodnocení obsahu vlákniny. Krmivářství*. 2000, 4, s. 28-30.
- [46] RODRÍGUEZ, R., JIMÉNEZ, A., FERNÁNDEZ-BOLANOS, J., GUILLÉN, R., HEREDIA, A. *Dietary fibre from vegetable product as a source of functional ingredients.* Trends in Food Science & Technology, vol. 17 [1], 2006, p. 3-15.
- [47] CEIRWYN, S. J. *Analytical chemistry of foods*. New York: Chapman & Hall. ISBN 0-8342-1298-6.
- [48] NIELSEN, S. S. *Food analysis*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003. ISBN 0-8342-1298-6.
- [49] THEANDER, O., AMAN, P., WESTERLUND, E., ANDERSON, R., PETTERSSON, D. *Total dietary fiber determined as neutral sugar residues, uronic acid residues, and Klason lignin (The Uppsala Method): collaborative study.* Journal of AOAC International. 1995, 78, p. 1030-1044.
- [50] ANKOM₂₂₀ Fiber Analyzer [online]. [cit. 2012-27-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.eprotech.co.kr/ankom220.htm>>.
- [51] RENIHAN, Z., RASHID, M., SHAH, W., H. *Insoluble dietary fibre components of food legumes as affected by soaking and cooking processed.* Food Chemistry, vol. 85, 2004, p. 245-249.
- [52] REHMAN, Z., SHAH, W., H. *Domestic processing effects on some insoluble dietary fibre components of various food legumes.* Food Chemistry, vol. 87, 2004, p. 613-617
- [53] DALGETTY, D.D, BAIK, B., K. *Isolation and characterization of cotyledon fibers from peas, lentils, and chickpeas.* Cereal Chemistry, vol. 80 [3], 2003, p. 310–315
- [54] ZIA-UL-HAQ, M., AHMAD, S., ASLAM SHAD, M., IQBAL, S. QAYUM., M., AHMAD, A., LUTHRIA, D., L., AMAROWICZ, R. *Compositional studies of lentil (Lens culinaris Medik.) cultivars commonly grown in Pakistan.* Pakistan Journal of Botany. Vol 43, [3], 2011, p. 1563-1567.

- [55] HELFNAWY, T., H. *Effect of processing methods on nutritional composition and anti-nutritional factors in lentils (Lens culinaris)*. Annals of Agricultural Science, vol. 56, [2], 2011, p. 57-61.
- [56] AL-TIBI, A., M., H., TAKRURI, H., R., AHMAD M., N. *Effect of Dehulling and Cooking of Lentils (Lens Culinaris, L.) on Serum Glucose and Lipoprotein Levels in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats*. Malaysian Journal of Nutrition, vol. 16, [3], 2010, p. 409 – 418.
- [57] WANG, N., HATCHER, D., W., TOEWS, R., GAWALKO, E., J. *Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (Lens culinaris, L.)*. Food Science Technology, vol. 42, 2009, p. 842–848.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AACC Americká asociace chemiků v oblasti cereálií

CF Hrubá vláknina

DDD Doporučená denní dávka

NDF Neutrálně-detergentní vláknina

NDČ Neutrálně-detergentní činidlo

NDF Neutrálně-detergentní roztok

PE Polyetylen

SD Směrodatná odchylka

TDF Celková vláknina

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Morfologie čočky [4]	11
Obr. 2 Lineární řetězec celulózy stabilizovaný vodíkovými vazbami [33]	25
Obr. 3 Základní struktura xyloglukanů hemicelulózového typu [33]	26
Obr. 4 Základní struktura β -glukanu [33]	26
Obr. 5 Struktura ligninu [35]	27
Obr. 6 Základní struktura pektinu [32]	29
Obr. 7 Inulin [37]	29
Obr. 8 Základní chemická struktura arabské gumy [33]	30
Obr. 9 ANKOM ²²⁰ Fiber Analyzer [50]	40
Obr. 10 Obsah neutrálně-detergentní (NDF) a hrubé vlákniny (CF) ve vzorcích	47

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Průměrné složení semen luštěnin (%) [1]	16
Tab. 2 Sklizňová plocha luskovin – hlavní pěstební oblasti (rok 2006 – dle FAO statistiky) [11]	18
Tab. 3 Potraviny s vysokým obsahem vlákniny [41]	33
Tab. 4 Obsah hrubé vlákniny v syrových luštěninách a obsah rozpustné a nerozpustné vlákniny v luštěninách po tepelném zpracování [42]	34
Tab. 5 Obsah neutrálně-detergentní vlákniny (NDF)	46
Tab. 6 Obsah hrubé vlákniny (CF) ve vzorcích čočky	47